

„ RUDARSTVO 2011“ / „ MINING 2011“

II simpozijum sa međunarodnim učešćem „RUDARSTVO 2011“

*II International Symposium „MINING 2011“*

**STANJE I PERSPEKTIVE U RUDARSTVU  
I ODRŽIVI RAZVOJ**

**MINING PRESENT STATE AND FUTURE  
PROSPECTS  
AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

**ZBORNİK RADOVA**

*PROCEEDINGS*

Vrnjačka Banja  
10. – 13. Maj, 2011



ТЕКО Костолац д.о.о.



РБ КОЛУБАРА д.о.о.



**RIO**

PRIVREDNO DRUŠTVO  
REKULTIVACIJA I  
OZELENJAVANJE  
ZEMLJIŠTA RIO KOSTOLAC



Rudarski  
Institut  
Beograd



**TRPCHA**

Farmakom mb  
KONGERN

## ZBORNİK RADOVA / PROCEEDINGS

II simpozijum sa međunarodnim učešćem „RUDARSTVO 2011“  
STANJE I PERSPEKTIVE U RUDARSTVU I ODRŽIVI RAZVOJ

*II International Symposium „MINING 2011“*  
*MINING PRESENT STATE AND FUTURE PROSPECTS AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT*

**Urednik / Editor:** dr Miroslav R. Ignjatović, Privredna komora Srbije, Beograd

**Recenzenti / reviewers:**

Prof.dr Ljubiša Andrić, Srbija  
Prof.dr Nadežda Čalić, R. Srpska  
Prof. Dr Miroslav Ignjatović, Srbija  
Prof.dr Stoyan Groudev, Bugarska  
Doc. Dr Omer Musić, BiH  
Dr Ratomir Stanić, Crna Gora  
Prof.dr Milorad Grujić, Srbija

**Uređivački odbor / Editorial Board:** dr Miroslav R. Ignjatović, dr Nikola Majinski, Ljiljana Tanasijević, dr Živko Sekulić, dr Duško Đukanović, dr Mirko Ivković

**Izdavač / Publisher:** Privredna komora Srbije

**Za izdavača / For Publisher:** Ljiljana Tanasijević

**Štampa / Printed by:** „Akademska izdanja“ d.o.o., Zemun

**Tiraž / Copies:** 400 primeraka

**ISBN 978 – 86 – 80809 – 61 - 8**

**Svi radovi u zborniku su recenzovani / All papers in Proceedings are reviewed**

**Ovaj zbornik radova štampan je uz finansijsku pomoć Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije**

## **ORGANIZATORI / ORGANIZER**

INSTITUT ZA TEHNOLOGIJU NUKLEARNIH I DRUGIH MINERALNIH SIROVINA  
*INSTITUTE FOR TECHNOLOGY OF NUCLEAR AND OTHER MINERAL RAW MATERIALS*

INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR  
*INSTITUTE FOR MINING AND METALLURGY*

RUDARSKI INSTITUT  
*MINING INSTITUTE*

PRIVREDNA KOMORA SRBIJE  
*SERBIAN CHAMBER OF COMMERCE*

## **PROGRAMSKI (NAUČNI) ODBOR / SCIENTIFIC COMMITTEE**

Prof. dr Ljubiša Andrić, ITNMS, Beograd; Prof. dr Nebojša Gojković, Rudarsko - geološki fakultet, Beograd; Prof.dr Nadežda Čalić, Rudarski fakultet, Prijedor, R. Srpska; dr Dragan Zlatanović, Ministarstvo životne sredine, rudarstva i prostornog planiranja; Prof. dr Miroslav Ignjatović, Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor; Prof.dr Nebojša Vidanović, RGF, Beograd; Prof.dr Marijana Krivokapić, Univerzitet Crna Gora, Prirodno matematički fakultet, Podgorica; Prof.dr Miodrag Denić, JP PEU; Prof.dr Milorad Grujić, RTB grup, Bor; Stoyan Groudev, Univerzitet za rudarstvo i geologiju, Sofija, Bugarska; Prof.dr Blagoje Nedeljković, Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica; dr Milorad Pantelić, Kolubara Metal; Prof.dr Nedo Đurić, Tehnički institut, Bijeljina; Prof dr Ratimir Stanić, Rudnik uglja, Pljevlja; dr Biserka Dimiskovska, Univerzitet „Ćirilo i Metodije“, Makedonija; doc. dr Milivoj Vulić, Univerzitet u Ljubljani, Slovenija; dr Milan Lončarević, NIS Gaspromneft; dr Mirko Ivković, JP PEU, Resavica; doc. dr. sc. Omer Musić, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet u Tuzli; dr Dimča Jenić, RTB BOR Grup; Mr Marko Babović, JP EPS; dr Sonja Vidojković, PD TENT; dr Živko Sekulić, ITNMS, Beograd; dr Milenko Ljubojev, Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor; mr Srđa Kovačević, JPPK Kosovo, Obilić; Prof. dr Božo Dalmacija, PMF Departman za hemiju, Novi Sad; dr Miroslav R. Ignjatović, Privredna komora Srbije, Beograd; Prof. dr Rodoljub Stanojlović, Tehnički fakultet, Bor; Dr Vladimir Malbašić, Rudarski fakultet, Prijedor; Prof.dr Željko Kamberović, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd.

## **ORGANIZACIONI ODBOR / ORGANIZING COMMITTEE**

dr Miroslav R. Ignjatović, Privredna komora Srbije; dr Nikola Majinski, Privredna komora Srbije; Ljiljana Tanasijević, Privredna komora Srbije; Miodrag Nikolić, RTB Bor grupa; Zoran Teodorović, Ministarstvo životne sredine, rudarstva i prostornog planiranja; Dragan Vukotić, JP EPS; dr Duško Đukanović, JP PEU, Resavica; dr Dragan Milanović, Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor; dr Vladan Milošević, ITNMS, Beograd; Ivana Simović, Rudarski institut, Zemun; Svetolik Maksimović, JP EPS; Goran Budimlić, rudnik Kovin; Snežana Vuković, JP PEU, Resavica; Radosav Milić, PD RB Kolubara; Desimir Stević, PD TEKO, Kostolac; Snežana Lekić Kojić, JP EPS; mr Zvonimir Milijić, RTB BOR Grup; Bojo Vuković, Rudnik Gacko; Relja Dragić, Rudnik Ugljevik;

## **POČASNI ODBOR / COMMITTEE OF HONOUR**

Mr Zlatko Dragosavljević, državni sekretar, Ministarstva životne sredine, rudarstva i prostornog planiranja; Dr Aca Marković, JP EPS; Nebojša Čeran, PD RB Kolubara, Lazarevac; Dragan Jovanović, PD TEKO Kostolac; Blagoje Spaskovski, RTB BOR grup; Dragan Radaković, JPPK Kosovo, Obilić; Goran Bojić, JP PEU, Resavica; Predrag Radanović, NIS Gaspromneft; Aco Ilić, rudnik Rudnik; Prof.dr Zvonko Gulušija, ITNMS, Beograd; Dragan Dražović, Rudarski Institut, Zemun; Prof.dr Vlastimir Trujić, Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor; Miroslav Bogićević, Farmakom MB, Dr Anto Gajić, Rudnik Ugljevik; Mr Rajko Dukić, rudnik Milići; Dragoljub Mučibabić, Rudnik Gacko.

## P R E D G O V O R

Nakon održanog prvog simpozijuma „Rudarstvo 2010” na Tari, i zaključaka koji su nas usmerili i obavezali na dalje aktivnosti u popularizaciji rudarske struke i unapređenju poslovanja privrednih subjekata i naučnih institucija, organizovan je novi skup sa temom: STANJE I PERSPEKTIVE U RUDARSTVU I ODRŽIVI RAZVOJ

Drugi simpozijum sa međunarodnim učešćem „RUDARSTVO 2011“ doprineće razvoju rudarskog sektora Srbije u naredni period. Nakon višegodišnjeg odsustva ulaganja u rudarstvo, tehnološkog zaostajanja i poslovanja sa gubicima, nebrige oko zaštite životne okoline, izazvalo je niz problema i očekuje se period konsolidovanja, a potom razvoja i ekonomskog oporavka, koji će u jednom delu biti praćen i vlasničkom transformacijom.

U rudarstvu Srbije, prema najavama, očekuju se veliki investicioni ciklusi. Najavljuju se poslovi, koji će biti usmereni ka povećanju kapaciteta površinskih kopova uglja, kao i modernizacije rudnika uglja sa podzemnom eksploatacijom. Pored toga se planira i revitalizacija rudarske opreme u rudnicima obojenih metala, koji će dovesti do uspešnijeg poslovanja i približavanja na nivo od pre ekonomske krize.

Posebno treba posvetiti pažnju projektima, koji se odnose na zaštitu životne sredine i zakonskoj regulativi usaglašenoj sa propisima EU.

Postoje razlozi koji upućuju na optimizam i o njima treba govoriti, ali se ne sme zapostaviti kritičko mišljenje. Politiku razvoja rudarstva u celini i konkretne projekte valja staviti pod stručnu ekspertizu, analizirati i saopštiti javnosti. Velika ulaganja su, bez sumnje, šansa za razvoj, ne samo rudarstva nego i privrede i društva, ukoliko se strategija razvoja rudarstva postavi na realne osnove, i organizovano realizuje.

Celokupan poslovni ambijent subjekata rudarskog sektora ne možemo posmatrati izolovano od zemalja koje nas okružuju i koristeći zajedničko iskustvo i mogućnost međusobnog ekonomskog povezivanja može se doprineti bržem razvoju rudarstva.

Za uspešnost ovog skupa kao i održavanja kontinuiteta veliku zahvalnost i podršku dugujemo svim učesnicima, autorima kao i privredi, koji su nam pomogli i omogućili da se ovaj skup održi.

Urednik

# SADRŽAJ / CONTENTS:

## Plenarna predavanja / Plenary Presentations

➤ <b>Dragan Zlatanović</b> .....	1
METODOLOGIJA ZA UTVRĐIVANJE OCENE STANJA I PERSPEKTIVA RUDNIKA ASSESSMENT METHODOLOGY FOR DETERMINING SITUATION AND PERSPECTIVES OF MINES	
➤ <b>Nebojša Čeran, Vladan Radovanović</b> .....	11
OSTVARENJE STRATEGIJE RAZVOJA RB KOLUBARA DO 2015. GODINE STRATEGY FOR MINING BASIN „KOLUBARA“	
➤ <b>Božo Kolonja, Veselin Bulatović, Miroslav Ivković</b> .....	16
POVEĆANJE KAPACITETA PK DRMNO NA 12 MILIONA TONA UGLJA GODIŠNJE INCREASE CAPACITY OF THE OPEN PIT" DRMNO" TO 12 MILLION TONS OF COAL PER YEAR	
➤ <b>Dimča Jenić</b> .....	25
PERSPEKTIVE I RAZVOJ RUDARSKE INDUSTRIJE U RTB BOR	
➤ <b>Goran Bojić, Zlatko Dragosavljević, Miodrag Denić</b> .....	43
AKTUELNO STANJE I PROBLEMATIKA RUDNIKA UGLJA SA PODZEMNOM EKSPLOATACIJOM CURRENT STATE OF COAL MINES WITH UNDERGROUND EXPLOATATION	
➤ <b>Milan Radunović, Obrad Kecman, Tanja Mihajlović, Damir Hamzić, Thomas von Schwarzenberg, Silvia Gause, Jörg Schlenstedt, Dušan Đurić</b> .....	52
PROJEKAT „NOVI KOVIN“ PROJECT „NOVI KOVIN“	
➤ <b>Ratomir Stanić, Miodrag Gomilanović</b> .....	64
VIZIJA PROIZVODNJE UGLJA I ENERGIJE IZ UGLJA U CRNOJ GORI VISION FOR PRODUCTION OF COAL AND ENERGY FROM COAL IN MONTENEGRO	
➤ <b>Cvijetko Jovanović, Vladimir Bjelić</b> .....	72
STANJE I PERSPEKTIVE PROIZVODNJE UGLJA U B I H ZA POTREBE ENERGETSKOG SEKTORA STATE AND PROSPECTS OF COAL PRODUCTION IN B&H FOR THE ENERGY SECTOR	
➤ <b>Edin Lapandić, Amir Brigić, Ekrem Bektašević</b> .....	79
INDUSTRIJA UGLJA NA POČETKU TREĆEG MILENIJUMA COAL PRODUCTION AT THE BEGINING OF THE THIRD MILLENNIUM	
➤ <b>Cvijetko Stojanović</b> .....	88
ANALIZA STANJA I STRATEŠKI PRAVCI RAZVOJA RUDARSKOG KOMPLEKSA UGLJEVIK SITUATION AND STRATEGY OF MINING COMPLEX UGLJEVIK	
➤ <b>Rajko Dukić, Miloš Đokanović, Miroslav Todorović</b> .....	92
ISTRAŽIVANJE I KORIŠĆENJE NEMETALNIH MINERALNIH SIROVINA U SISTEMU KOMPANIJE BOKSIT MILIĆI THE RESEARCHING AND USING NON-METAL MINERAL OMMODITIES IN THE COMPANY "BAUXITE" MILIĆI	
➤ <b>Ljubiša Andrić, Ivana Jovanović, Vladan Milošević, Dejan Todorović</b> .....	99
AKTUELNA PROBLEMATIKA NEMETALIČNIH MINERALNIH SIROVINA U RUDARSTVU CURRENT ISSUES OF NONMETALLIC MINERAL RESOURCES IN MINING	
➤ <b>Miroslav Ignjatović, Vojka Gardić, Snežana Ignjatović, Miroslava Maksimović, Dragan Milanović, Miroslav R. Ignjatović, Radmilo Rajković</b> .....	101
ULJNI ŠKRILJCI KAO ENERGETSKA SIROVINA ZA DOBIJANJE SINTETIČKE NAFTE SA ZAKONSKOM REGULATIVOM IZ OBLASTI ZAŠTITE VAZDUHA OIL SHALE AS AN ENERGY SOURCE FOR OBTAINING SYNTHETIC OIL WITH LEGISLATION IN THE FIELD OF AIR PROTECTION	
➤ <b>Duško Đukanović</b> .....	122
ANALIZA TEHNIČKO-TEHNOLOŠKOG PROCESA PROIZVODNJE UGLJA U RUDNICIMA JP PEU RESAVICA ANALYSIS OF TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL PROCESS OF PRODUCTION OF COAL MINES IN JP PEU	
➤ <b>Nikola Majinski, Miroslav Ignjatović, Sonja Vidojković</b> .....	128
DINAMIKA POSLOVNOG UDRUŽENJA, OSNOVA STRATEGIJE ODRŽIVOG TEHNOLOŠKOG RAZVOJA PREDUZEĆA DYNAMIC BUSINESS ENVIRONMENT BASE, FOR STRATEGIC SUSTAINABLE ENTERPRISE	

➤ <b>Dragan M. Zlatanović</b> .....	138
RUDARSTVO IZMEĐU NACIONALNIH I PRIVATNIH INTERESA	
➤ <b>Predrag Golubović, Dimča Jenić, Miomir Mikić</b> .....	149
PROSTORNO PLANIRANJE U FUNKCIJI POVRŠINSKIH KOPOVA U RTB BOR	
➤ <b>Jovan Kon, Miroslav Crnčević</b> .....	157
NOVI ZAKONSKI PROPISI SISTEMA OSMATRANJA I OBAVEŠTAVANJA DEPONIJA JALOVINA	
➤ <b>Ljubiša Stević, Desimir Stević, Nebojša Mišić, Živko Stević</b> .....	167
KORIŠĆENJE PROSTORA POVRŠINSKOG KOPA UGLJA ZA POTREBE ODLAGANJA PEPLA IZ TE "KOSTOLAC"	
➤ <b>Cvjetko Jovanović, Dimšo Milošević</b> .....	177
ZBRINJAVANJE OTPADA IZ TERMOELEKTRANA B I H	
➤ <b>Svetomir Maksimović, Igor Miljanović, Aleksandar Petrovski, Milena Josipović-Pejović</b> .....	184
PRIMENA STRUKTURNIH MODELA U UPRAVLJANJU INTEGRISANIM PRIVREDNIM DRUŠTVOM KOLUBARE I TENT-a	
➤ <b>Mašan Trifunović, Velibor Popović, Momčilo Momčilović</b> .....	195
MJESTO I ZNAČAJ PREOSTALIH REZERVU UGLJA U "KOSTOLAČKOM UGLJENOM BASENU" KAO SIROVINSKE BAZE ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE U REPUBLICI SRBIJI	
➤ <b>Dejan Filipović</b> .....	203
UPOTREBA HIDROGEOLOŠKOG MODELA U DUGOROČNOM PLANIRANJU EKSPLOATACIJE UGLJA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA RB "KOLUBARA", LAZAREVAC	
➤ <b>Miodrag Kezović</b> .....	210
GENEZA KOLUBARSKOG BASENA	
➤ <b>Dragan Vučković, Vlado Gajić</b> .....	219
OTVARANJE POVRŠINSKOG KOPA „UGLJEVIK ISTOK“	
➤ <b>Mašan Trifunović, Veselin Bulatović</b> .....	227
RAZMATRANJE MOGUĆNOSTI PROMJENE IZVOZA UGLJA NA PK "DRMNO" SA POSTOJEĆE ZAPADNE NA ISTOČNOJ STRANI KOPA U CILJU STVARANJA BOLJIH USLOVA ZA RACIONALNI RAZVOJ KOPA	
➤ <b>Dragica Jagodić Krunić, Vesna Jovičić</b> .....	236
IZMEŠTANJE REKE KOLUBARE U FUNKCIJI OTVARANJA NOVIH POVRŠINSKIH KOPOVA U KOLUBARSKOM LIGNITSKOM BASENU - II FAZA IZMEŠTANJA REKE KOLUBARE SA PRITOKOM PEŠTAN	
➤ <b>Zlatko Ječmenica, N. Listeš, R. Tomić, S. Renovica G. Đokić</b> .....	247
GEOLOŠKA GRAĐA LEŽIŠTA UGLJEVIK - ISTOK I PRAVCI BUDUĆIH GEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA	
➤ <b>Aleksandar Avramović, Marinković Vladislav, Marko Dragičević</b> .....	253
HIDRODINAMIČKE KARAKTERISTIKE ZAPADNOG KOSTOLAČKOG UGLJENOG BASENA, SA KONCEPTOM OTVARANJA RUDNIKA I OCENOM UTICAJA NA REŽIM PODZEMNIH VODA	
➤ <b>Ristovski Ljiljana, Arsenijević Svetlana, Nikolić Ruža, Jovičić Vesna</b> .....	268
OTKOPAVANJE I TRANSPORT UGLJA U JUŽNOJ ZAVRŠNOJ KOSINI POVRŠINSKOG KOPA "POLJE D"	
➤ <b>Omer Musić, Halid Čičkušić, Šefik Sarajlić</b> .....	274
OPTIMALNI PARAMETRI OTKOPA KOMORNE METODE SA PROTOČNIM PROVJETRANJEM NA PRIMJERU RUDNIKA LIGNITA „BUKINJE“	
➤ <b>Dimšo Milošević, Relja Dragić, Nikolija Perić</b> .....	283
ANALIZA POUZDANOSTI KOMBINOVANIH SISTEMA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA	
➤ <b>Klara Konc Janković, J. Negrojević, Dragan Dražović</b> .....	289
PRIMENA NOVE TEHNOLOGIJE PRIPREME I TRANSPORTA PEPELA I ŠLJAKE U VIDU GUSTE HIDROMEŠAVINE U TE KOLUBARA – B	
➤ <b>Nešić D, Simić Ž., Milovanović I., Miljević T.</b> .....	294
ANALIZA MOGUĆNOSTI PRIMENE SAVREMENIH SOFTVERSKIH PAKETA IZ OBLASTI RUDARSTVA U PROJEKTOVANJU POVRŠINSKIH KOPOVA	
➤ <b>Nadežda Stevanović-Petrović, Branislava Bukvić, Dragan Buhač</b> .....	303
REŠENJE SISTEMA ZA ODVODNJAVANJE POVRŠINSKOG KOPA POLJE „E“, KOLUBARSKI UGLJONOSNI BASEN, SRBIJA	
➤ <b>Radiša Đurić, Dragan Milošević, Momčilo Momčilović</b> .....	308
PROJEKTOVANE UŠTEDE U ODRŽAVANJU POMOĆNE MEHANIZACIJE PRIMENOM UREĐAJA ZA UPRAVLJANJE MOTORNIM ULJEM CENTINEL, MIKROFILTRACIJU ULJA KLEENOFIL I UGRADNJOM PREDPREČISTAČA VAZDUHA CYKLON	
➤ <b>Nadica Drljević</b> .....	318
RAZVOJ I PRIMENA TEHNOLOŠKOG MODELA RADA BAGERA ZA POTREBE OPERATIVNOG PLANIRANJA UPRAVLJANJA KVALITETOM UGLJA NA PRIMERU TAMNAVSKIH KOPOVA	
➤ <b>Simić D., Lazarev S, Mihajlović B, Vasojević LJ. Ljubičić M., Simić V.</b> .....	325

➤ <b>Zoran Ilić, Bosiljka Kitanović</b> .....	338
PROMENE EKSPLOATACIONIH KOLIČINA UGLJA NA POVRŠINSKOM KOPU „POLJE D“	
➤ <b>Šešlija Miodrag, Lasica Nenad, Saša Bošković, Zoran Koprivica</b> .....	346
TEHNOLOGIJA OTKOPAVANJA UGLJANA PK „GRAČANICA“ GACKO SA POSEBNIM OSVRTOM NA RAD DROBILIČNIH POSTROJENJA SB 1315 I SB 1515	
➤ <b>Ranko Stojanović, Boško Vuković</b> .....	353
PRIMJENA HIDRAULIČNIH BAGERA KAŠIKARA NA SELEKTIVNOJ EKSPLOATACIJI UGLJA NA POVRŠINSKOM KOPU "GRAČANICA" GACKO	
➤ <b>Blagoje Spaskovski, Milorad Grujić, S.Mustecić, D.Vagner</b> .....	362
UVOĐENJE NOVIH REAGENASA U POBOLJŠANJU TEHNOLOŠKIH PARAMETARA U FLOTACIJI MAJDANPEK	
➤ <b>Taško Maneski, Milorad Pantelić, Mirko Bućan, Vladimir Ilić</b> .....	369
PRODUŽENJE STRELE ODLAGAČA TRANSPORTNOG SISTEMA RBB BOR-A NA KOPU VELIKI KRIVELJ SA 30 m NA 45 m	
➤ <b>Radmilo Rajković, Miroslav Ignjatović, Branislav Rajković, Daniel Kržanović</b> .....	378
ODVODNJAVANJE AKUMULIRANIH VODA PK BOR GOULD PUMPAMA	
➤ <b>Dragan Milanović, Daniela Urosević Zoran Marković<sup>1</sup>, Srđana Magdalinović, Miroslav Ignjatović, Vesna Ljubojev, Suzna Stanković</b> .....	385
STABILNOST SUSPENZIJE U FUNKCIJI FINOĆE MLEVENJA I UTICAJ NA TEHNOLOŠKE REZULTATE PROCESA FLOTIRANJA KORISNIH KOMPONENATA IZ TOPIONIČKE ŠLJAKE	
➤ <b>Milan Đorđević</b> .....	395
SISTEMI ZA AUTOMATSKO UZORKOVANJE	
➤ <b>Branislav Pašajlić</b> .....	402
NFORMATIKA, INFORMACIONI SISTEMI, MODELIRANJE I RAZVOJ SOFTVERA	
➤ <b>Branislav Radošević, Bogdan Radošević</b> .....	408
CENTRALNO-PLANSKI (KOMUNISTIČKI) I TRŽIŠNO ORIJENTISANI (KAPITALISTIČKI) PRINCIP LICENCIRANJA U GEOLOGIJI - KOMPARATIVNA ANALIZA	
➤ <b>Dragoljub Laković</b> .....	411
VODOUGLJENE EMULZIJE MOGUĆNOST PRIMENE U JP EPS-u I TRŽIŠTU SRBIJE	
➤ <b>Rajko Dukić, Dragan Simić, Branko Perišić</b> .....	424
TRŽIŠNA VALORIZACIJA VANBILANSNOG BOKSITA UZ MAKSIMALNO ISKORIŠTENJE SIROVINSKE BAZE U KOMPANIJI „BOKSIT“ MILIČI	
➤ <b>Neđo Đurić, Martinović M., Radovanović S., Đurić A.</b> .....	431
MOGUĆNOST KORIŠTENJA GEOTERMALNE ENERGIJE ZA POTREBE INDUSTRIJSKIH ZONA I, II i III U BIJELEJINI	
➤ <b>Zoran Jakovljević, Slobodan Spasić, Tea Spasojević</b> .....	438
EKONOMSKO-FINANSIJSKI INSTRUMENTI EKOLOŠKE POLITIKE RACIONALNOG KORIŠĆENJA MINERALNIH RESURSA	
➤ <b>Željko Kamberović, Zvonimir Milijić, Dragan Marinković, Boban Todorović, Jasminka Šerović, Zoran Petrović, Marija Korać</b> .....	445
INTEGRAL APPROACH TO ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT FOR MINING AND METALLURGICAL ACTIVITIES	
➤ <b>Marina Vučković, Novica Momčilović, Vesna M. Krstić Snežana Đorđević</b> .....	452
UPRAVLJANJE OPASNIM I NEOPASNIM OTPADOM U RB „KOLUBARA“ D.O.O. OGRANAK „PRERADA“ – VREOCI	
➤ <b>Vesna M. Krstić, Tijana Marinković, Snežana Đorđević, Marina Vučković</b> .....	458
SKLADIŠTENJA OTPADA U RB „KOLUBARA“ D.O.O. OGRANAK „PRERADA“	
➤ <b>Milislav Tomić, Miodrag Tomić, Miodrag Đurović, Lana Ristić, Vlatka Tadić</b> .....	464
UPRAVLJANJE ŽIVOTNOM SREDINOM U VELIKIM INDUSTRIJSKIM SISTEMIMA U SRBIJI	
➤ <b>Milena Dalmacija, Božo Dalmacija, Srđan Rončević, Miljana Prica, Elvira Karlović, Dejan Krčmar, Ljiljana Rajić</b> .....	472
ZELENA REMEDIJACIJA - UPOTREBA LETEĆEG PEPELA U TRETMANU SOLIDIFIKACIJE/STABILIZACIJE	
➤ <b>Ljiljana Rajić, Božo Dalmacija, Svetlana Ugarčina Perović, Milena Dalmacija, Srđan Rončević, Elvira Karlović</b> .....	478
KONVENCIONALNA ELEKTROREMEDIJACIJA KAOLINA ZAGAĐENOG Ni, Cu I Pb	
➤ <b>Miro Maksimović, Rajko Đorojević</b> .....	484
UPUSTVO O NAČINU POŠUMLJAVANJA NA ODLAGALIŠTIMA POVRŠINSKIH KOPOVA	

➤ <b>Snežana Vuković, Miomir Živković</b> .....	492
ORGANIZOVANJE FUNKCIJE ZAŠTITE OD POŽARA U PD RB „KOLUBARA“ U SKLADU SA NOVIM ZAKONOM	
➤ <b>Veroslava Malešević</b> .....	500
ZNAČAJ PRIMENE PROCESA ODSUMPORAVANJA DIMNIH GASOVA U PD TEKO KOSTOLAC	
➤ <b>Milovan Rakijaš</b> .....	504
NEKI PRIMERI MOGUĆIH SANACIJA I REKULTIVACIJA STARIH KOMUNALNIH DEPONIJA ČVRSTOG OTPADA (KDČO) U SRBIJI SA POSEBNIM OSVRTOM NA REMEDIJACIJU GEOLOŠKE SREDINE I PODZEMNIH VODA	
➤ <b>P. Stjepanović, D. Lazić, M. Žugić</b> .....	514
PROMENA TEHNOLOGIJE DEPONOVANJA PEPELA I ŠLJAKE NA „SREDNJEM KOSTOLAČKOM OSTRVU“	
➤ <b>Tanja Salić, Milan Kamberović</b> .....	521
UTICAJ PRAŠINE NA POJEDINA RADNA MESTA U RUDNICIMA SA PODZEMNOM EKSPLOATACIJOM	
➤ <b>Dragica Jovanović, Ljiljana Biševac</b> .....	527
UTICAJ TREPČINE FLOTACIJE NA ŽIVOTNU SREDINU LEPOSAVIČA I OKOLINE	
➤ <b>Nenad Malić, Una Matko-Stamenković, Miladin Trbić</b> .....	534
MOGUĆA KONTAMINACIJA DEPOSOLA POVRŠINSKOG KOPA RAŠKOVAC TOKSIČNIM ELEMENTIMA	
➤ <b>Bogoljub Vučković<sup>2</sup>, Duško Nešić<sup>3</sup></b> .....	540
BEYOND 2010, ODRŽIVI RAZVOJ NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA UGLJA RB "KOLUBARA" – ŠTA POSLE ZAVRŠETKA OTKOPAVANJA UGLJA?	
➤ <b>Aleksandar Rakić, Vojislav Filipović, Ivana Rakić, Zoran Racić, Vladislav Vasiljević, Duško Obradović</b> .....	552
REKULTIVACIJA ODLAGALIŠTA JALOVINE I DEPONIJE PEPELA I ŠLJAKE PD RB KOLUBARA I TE VELIKI CRLJENI - IZVOĐENJE RADOVA NA TERENU	
➤ <b>Jasminka Đorđević-Miloradović, Miroljub Miloradović, Nataša Savić</b> .....	556
MIKROBIOLOŠKA AKTIVNOST DEPOSOLA JALOVINE SPOLJNOG ODLAGALIŠTA PK DRMNO-KOSTOLAC	
➤ <b>Ruzica Lekovski, Radmilo Rajković, Miomir Mikić</b> .....	564
ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE CEROVA OD VODA SA POVRŠINSKIH KOPOVA CERVO1 I CERVO2.	
➤ <b>Davorin Žnidarić</b> .....	569
RUDARENJE U ZASAVJU I SMANJENJE NEGATIVNIH EKOLOŠKIH POSLEDICA, ZBOG EKSPLOATACIJE MRKOG UGLJA, SA ERM METODAMA	
➤ <b>Rade Guberinić, Zlatko Dragosavljević, Slobodan Kokerić</b> .....	578
REKONSTRUKCIJA IZVOZNOG POSTROJENJA IZVOZNOG OKNA, SANACIJA IZVOZNOG OKNA I SPUŠTANJE IZVOZA SA K+240 m NA K+170 m U JAMI RMU „SOKO“	
➤ <b>Slobodan Kokerić, Miodrag Denić, Nikola Lilić</b> .....	584
EKSPLOATACIJA METANA U RUDNIKU MRKOG UGLJA „SOKO“, POKRETAČ ENERGETSKE EFIKASNOSTI U RUDNIKU	
➤ <b>Mirko Ivković, Jovo Miljanović</b> .....	592
ISTRAŽIVANJA UZROKA I POSLEDICA POVREĐIVANJA ZAPOSLENIH U JAMAMA RMU "REMBAS" – RESAVICA ZA PERIOD 2000-2010	
➤ <b>Miroslav Ignjatović, Radmilo Rajković, Branislav Rajković, Dragan Milanović, Milan Popović</b> .....	599
ANALIZA STABILNOSTI PK PROGORELICA METODOM BISHOP I PROGRAMOM PLANE FAILURE ANALYSIS	
➤ <b>Omer Musić, Jože Kortnik, Halid Čičkušić, Šefik Sarajlić</b> .....	604
ORJENTACIJA I NAČIN OSIGURANJA VEZNOG USKOPA PRI PROLAZU MEHANIZOVANOG ŠIROKOG ČELA U RUDNIKU „MRAMOR“	
➤ <b>Saša Mitić, Zlatko Belić, Dragan Milojević</b> .....	614
PROJEKTOVANJE I IZRADA JAMSKOG MAGACINA EKSPLOZIVNIH SREDSTAVA U RUDNIKU "RUDNIK" -RUDNIK	
➤ <b>Mirjana Stojanović, Mirko Grubišić, Jelena Milojković, Zorica Lopičić, Marija Mihajlović, Tatjana Šoštarić</b> .....	622
MINERALNA ĐUBRIVA NA BAZI PRIRODNIH FOSFATA I MODIFIKOVANOG ZEOLITA	
➤ <b>Ljiljana M. Dimitrijević, Dragana Krstić</b> .....	629
RAZVOJ POVRŠINSKOG KOPA KAMENOLOMA KRUŠEVICA“ ZBOG POVEĆANE POTRAŽNJE ZA KAMENOM	



➤ <b>Ljubiša Obradović, Daniela Urošević, Vojka Gardić, Aleksandar Milenković</b> .....	635
FIZIČKO-MEHANIČKA KARAKTERIZACIJA ISTALOŽENOG MATERIJALA IZ FILTER TALOŽNIKA POGONA KOLUBARA-PRERADE U VREOCIMA SA OSVRTOM NA VALORIZACIJU MATERIJALA U ENERGETSKE SVRHE	
➤ <b>Vladan Marinković, Miroslava Maksimović, Goran Pačkovski, Milenko Jovanović, Snežana Ignjatović</b> .....	644
IZRADA GEOMODELA LEŽIŠTA KVARCNE MINERALNE SIROVINE “KAONA” KOD KUČEVA SA PRORAČUNOM REZERVI PROGRAMOM ZA MODELOVANJE LEŽIŠTA I PROJEKTOVANJE POVRŠINSKIH KOPOVA MINEX 5.2.3.	
➤ <b>Kenan Mandžić, Elvir Babajić, Erna Mandžić, Alisa Babajić</b> .....	651
UTICAJ STRUKTURNE GRAĐE NA ČVRSTOĆU KRUPNOZRNOG GABRA	
➤ <b>Živko Sekulić, Vladimir Jovanović, Aleksandra Daković, Zoran Sekulić</b> .....	658
OKRUPNJAVANJE UGLJENE PRAŠINE U CILJU VALORIZACIJE I ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE	
➤ <b>Vladimir Cvetkovski, Vesna Conić, Suzana Dragulović, Milovan Vuković, Milena Cvetkovska</b> .....	663
RAZVOJ BIOTEHNOLOGIJE ZA POLIMETALNI SULFIDNI KONCENTRAT	
➤ <b>Vladimir D. Jovanović, Živko T. Sekulić, Slavica R. Mihajlović, Milan M. Petrov, Branislav B. Ivošević</b> .....	670
PONOVA UPOTREBA OTPADNOG GIPSA I PEPELA U CEMENTNOJ INDUSTRIJI OKRUPNJAVANJEM POSTUPKOM PELETIZACIJE	
➤ <b>Milenko Jovanović, Miroslava Maksimović, Vladan Marinković, Goran Pačkovski, Snežana Ignjatović</b> .....	676
KVALITET I MOGUĆNOSTI PRIMENE GABRA IZ LEŽIŠTA UKRASNOG KAMENA “CRNA REKA” KOD ŽAGUBICEŽ	
➤ <b>Mihajlović B., Simić D., Lazarev S., Ljubičić M. i Simić V.</b> .....	682
PRIMENA BAZIČNIH STENA U ZAVISNOSTI OD NJIHOVOG KVALITETA	
➤ <b>Nikolić J., Grujičić Lj. Maksimović M.</b> .....	690
PROBLEMATIKA EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA ALUVIJALNIH NANOSA U SRBIJI	
➤ <b>Elvir Babajić, Kenan Mandžić, Alisa Babajić, Erna Mandžić</b> .....	695
UTICAJ HEMIJSKOG SASTAVA NA OTPORNE PARAMETRE DIJABAZA NA KAMENOLOMU RIBNICA	
➤ <b>Mirko Grubišić, Zoran Vuković, Nataša Savić, Mirjana Stojanović, Jelena Milojković, Siniša Stojković</b> .....	700
NOVE MERE I TEHNOLOGIJE U BIOLOŠKOJ REKULTIVACIJI ZEMLJIŠTA NA SPOLJAŠNJEM ODLAGALIŠTU DRMNO	
➤ <b>Siniša Stojković, Milinko Radosavljević, Titomor Obradović</b> .....	706
AKTUELNA PROBLEMATIKA IZRADE STUDIJA O PROCENI UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU ZA PROJEKTE EKSPLOATACIJE MINERALNIH SIROVINA	
➤ <b>Marko Popović</b> .....	712
PRIMENA GEOSINTETIČKIH MATERIJALA KOMPANIJE “NAUE GmbH&Co.KG” KOD IZGRADNJE DEPONIIJA SVIH TIPOVA OTPADA U OKVIRU RUDARSKIH KOMPLEKSA	
➤ <b>Radmila Pivić, Aleksandra Stanojković, Srboljub Maksimović, Dragan Čakmak</b> .....	719
FIZIČKO-HEMIJSKE KARAKTERISTIKE DEPOSOLA RUDARSKOG BASENA KOLUBARE I PREDLOG MERA POPRAVKE	
➤ <b>Milan Petrov, Živko Sekulić, Vladimir Jovanović, Branislav Ivošević, Miloš Đokanović</b> .....	726
MOKRO MLEVENJE KVARCNOG PESKA I ODREĐIVANJE SPECIFIČNOG KAPACITETA MLINA NA BAZI TEORIJE SLIČNOSTI	
➤ <b>B.Grbović, M. Spasojević, M.Ignjatović, J.Mićić, M. Grbović</b> .....	734
TEHNOLOŠKI POSTUPAK ODSTRANJENJA BALASTNE MASE MEĐUSLOJNE JALOVINE IZ ROVNOG UGLJA SA RASLOJENIH DELOVA KOLUBARSKIH LIGNITSKIH LEŽIŠTA	

# **METODOLOGIJA ZA UTVRĐIVANJE OCENE STANJA I PERSPEKTIVA RUDNIKA**

## **ASSESSMENT METHODOLOGY FOR DETERMINING SITUATION AND PERSPECTIVES OF MINES**

**Dragan M. Zlatanović<sup>1</sup>, Lato Pezo<sup>2</sup>, Vladimir Milisavljević<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup> Ministarstvo životne sredine, rudarstva i prostornog planiranja, Republika Srbija; <sup>2</sup> Institut za opštu i fizičku hemiju, Beograd; <sup>3</sup> Rudarsko geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu*

### **Sažetak**

Za utvrđivanje osnovnih principa na kojima bi se zasnivala metodologija za utvrđivanje ocene stanja i perspektiva rudnika, polazi se od definisanja ključnih tehničko-tehnoloških i ekonomskih faktora, ali i od uspešnosti samog procesa tržišnog prilagođavanja. On ne zavisi samo od rudnika pojedinačno, već i od sveukupnog okruženja koje u većoj ili manjoj meri utiče na njegove perspektive. Stoga i značaj ovog istraživanja ide u pravcu proučavanja fenomena reformi u rudarskoj industriji, kako na nivou rudarskih preduzeća tako i same tranzicije privrede ka tržišnoj ekonomiji, koju treba razumeti u celini ukupnih ekonomskih, socijalnih, političkih, kulturoloških, pa i demografskih specifičnosti svakog pojedinačnog regiona ili lokalne zajednice, države koja sprovodi reforme kao i samog sektora u kome se reforme sprovode.

***Ključne reči:** rudarstvo, metodologija, aspekti uticaja, indikatori performansi*

### **Abstract**

To establish the basic principles on which would be based methodology for condition assessment and perspectives of mines, the paper starts with defining the key technical, technological and economic factors, but also from of success of the process of market adjustment. It depends not only on individual mines, but also the overall environment to a greater or lesser extent affects their perspective. Hence the importance of this research going in the direction of studying the phenomenon of reforms in the mining industry, both at the level of mining companies and the transition to market economy, which needs to be understood as a whole overall economic, social, political, cultural, and demographic characteristics of each region or local community, the state which is implementing reforms and the sector in under the reforms.

***Key words:** mining, methodology, aspects of impacts, performance indicators*

### **UVOD**

Mineralne sirovine su neobnovljiv prirodni resurs i nakon više vekova i decenija eksploatacije na tlu Srbije, došlo je vreme da o svom mineralnom bogatstvu razmišljamo i zaključujemo drugačije nego pre deset, dvadeset ili pedeset godina. Jasno je da sada ne raspoložemo mineralnim bogatstvom koje u eksploataciji može davati visoke profite, da su kvaliteti i sadržaji korisnih minerala opali i da su se pogoršali proizvodni i tehnički uslovi eksploatacije.

Zato je potrebno da se ukaže na stvarno stanje u eksploataciji mineralnih sirovina i uslovima u kojima se ona obavlja, procene i analiziraju planovi i programi moguće revitalizacije i obnavljanja rudarske proizvodnje uz obezbeđivanje stabilne tržišne pozicije, jednom rečju, oceni stanje i perspektiva tj. utvrdi

moćnost njihove konsolidacije. Znači da novonastali uslovi privređivanja rudarskih preduzeća predstavljaju okvir za definisanje samog pojma konsolidacije rudnika koji podrazumeva održivo privređivanje rudnika u tržišnim uslovima.

## **PRETHODNA ISKUSTVA**

Savremeno investiranje u rudarstvo, odvija se u uslovima brojnih neizvesnosti i rizika. Prate ga stalne promene prirodnih, tehničkih, tržišnih, urbanih, ekoloških, finansijskih, društvenih i drugih uslova privređivanja. Naučno-tehnički progres donosi nove, propulzivnije tehnologije, nove materijale, nove energente i novu produktivnu tehničku opremu. Menjaju se tržišni uslovi, uslovi prodaje gotovih proizvoda i usluga i uslovi naplate potraživanja iz poslovnih odnosa. Stalne su promene urbanih, ekoloških i drugih uslova vezanih za lokaciju rudnika. Menjaju se društveni i preduzetnički odnosi u procesu funkcionisanja jednog rudarskog preduzeća.

Sve te promene, direktno ili indirektno, pozitivno ili negativno, utiču na rudarsko preduzeće ili projekat - njihovu rentabilnost i prinosnu sposobnost. Zato je prirodna težnja svih investitora da što potpunije procene i predvide verovatnoću nastajanja promene uslova privređivanja i njen uticaj na ekonomiju preduzeća/projekat u koji žele da investiraju raspoloživi kapital.

Na osnovu dugogodišnjeg iskustva u svetskim rudnicima pokazalo se da za pouzdanu procenu i predviđanje verovatnoće nastajanja promena uslova privređivanja, koja omogućuju investitorima da pozitivne promene optimalno koriste, a da se od uticaja negativnih promena maksimalno štite treba posmatrati kao naučno-stručni problem.

Upoređujući naša dosadašnja iskustava u sprovođenju reformi u rudarskom sektoru u odnosu na svetska iskustva i iskustava zemalja u regionu, ključni elementi programa ovih reformi nisu sporni, već su sporne razlike u pogledu redosleda poteza. Sem toga, sporne su razlike u pogledu brzine reformi, kao i kakva i kolika ekonomska i politička uloga države treba da bude u ovom sektoru privrede.

Tokom poslednjih 15 godina, značajan, a i dalje rastući broj rudarskih preduzeća je bio uključen u procese privatizacije, restrukturiranja, ukрупnjavanja, strateških partnerstva i zajedničkih poduhvata. Ove promene su omogućavale rudarskim preduzećima da otkrivaju nove kapitalne resurse i reaguju na promene u rudarskoj industriji, međutim one takođe mogu predstavljati i veliki trošak i nepredvidivi rizik.

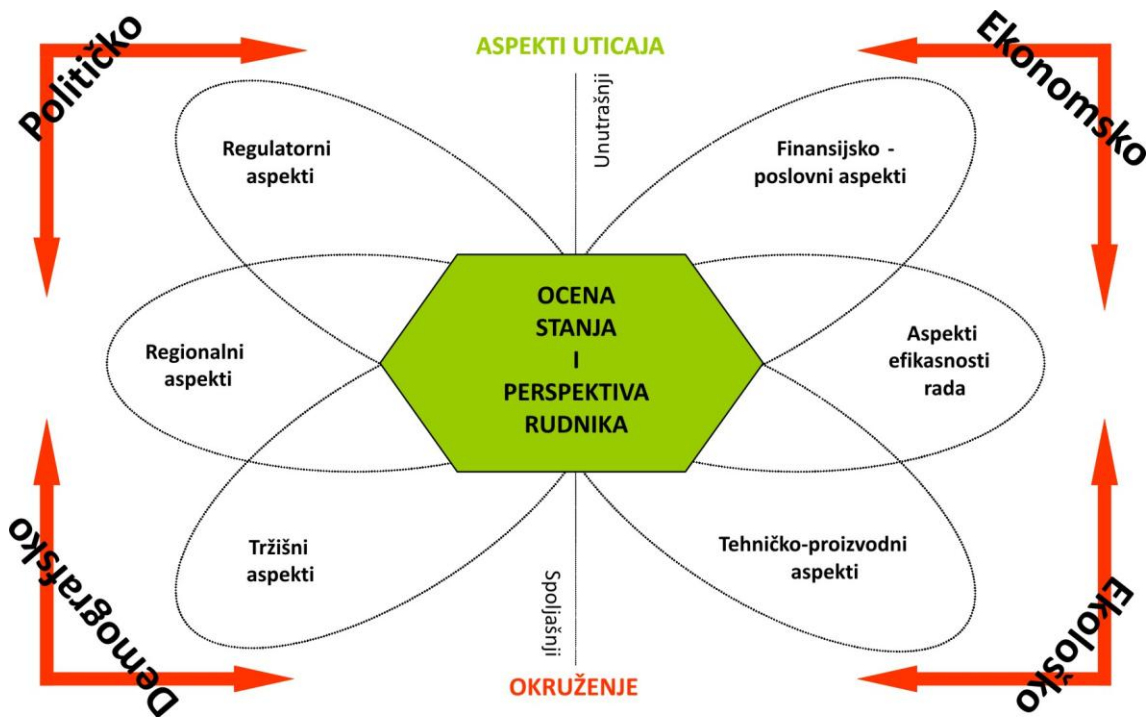
## **METODOLOGIJA ZA UTVRĐIVANJE OCENE STANJA I PERSPEKTIVA**

Kada je reč o našim rudnicima, polazeći od iskustava drugih, nameće se potreba istraživanja i usvajanja adekvatne metodologije za definisanje Modela kojim bi se vršila ocena stanja i perspektiva rudnika. Ovakva istraživanja će biti prilagođena da sagledaju sve aspekte koji u većoj ili manjoj meri utiču na konsolidaciju rudnika uzimajući u obzir nasleđe prošlih vremena, kao i potrebu uklapanja u sveopšte društvene reforme, vlasničku transformaciju i tranziciju ka tržišnom načinu privređivanja.

Naime, u ovom radu akcenat se stavlja na značaj istraživanja u utvrđivanju takve metodologije koja će biti bazirana na postavkama uravnoteženosti unutrašnjih i spoljašnjih uticajnih faktora izraženih preko kvantitativnih i kvalitativnih parametara.

Ključni faktori analize unutrašnje procene se uglavnom odnose na geološki potencijal, tehničke mogućnosti rudnika, efikasnost rada, investicioni potencijal i budući razvoj. Ključni faktori analize spoljašnje procene se većinom odnose na poslovno okruženje, regionalnu razvijenost i geografsku lokaciju tržišta, slika 1.

Cilj analize spoljašnjih mogućnosti i pretnji je da se proceni da li rudarsko preduzeće može iskoristiti mogućnosti i izbeći pretnje, kada se suoči sa nekontrolisanim spoljašnjim okruženjem, kao što je promenljivost cena, politička nestabilnost, društvena tranzicija, promene zakonskih okvira, tabela 1. Cilj analize unutrašnjih prednosti i nedostataka je procena načina na koji rudarsko preduzeće obavlja eksploataciju mineralnih sirovina sa aspekta rentabilnosti, produktivnosti i ekonomičnost rada.



Slika 1. Okruženje i aspekti uticaja na ocenu stanja i perspektiva rudnika

Tabela 1. Izbor ključnih faktora analize stanja i perspektiva rudnika kod utvrđivanja Modela

<i>Unutrašnji aspekti uticaja</i>	<i>Faktori</i>
Tehničko-proizvodni aspekti	Mineralne sirovine i uslovi za rudarske aktivnosti*
	Stepen istraženosti ležišta
	PPS i trend proizvodnje
	Iskorišćenost izgrađenih kapaciteta
	Raznovrsnost i kvalitet proizvoda
Aspekti efikasnosti rada	Projektovani vek rudnika
	Kvalitet upravljačke strukture
	Kvalifikovanost radne snage
Finansijsko poslovni aspekti	Produktivnost
	Investicioni potencijal
	Finansijska snaga (Zeta Altmanov test)
<i>Spoljašnji aspekti uticaja</i>	Komercijalna isplativost (IRR/DS (CAP Model))
	<i>Faktori</i>
Regulatorni aspekti	Politički rizik
	Ekonomski rizik

---

	Poslovni rizik
Regionalni aspekti	Ekonomska razvijenost lokalne zajednice*
	Društvena razvijenost lokalne zajednice*
	Zaštita životne sredine*
	Nivo stručnog obrazovanja*
Tržišni aspekti	Potražnja za mineralnim sirovinama (lokal.i/ili global.)
	Konkurentnost i stabilnost cena na tržištu
	Aдекватna transportna infrastruktura
	Industrijska povezanost

---

\*preuzimaju se indikatori kao parcijalni kompozitni indeksi iz analize rudarskih regiona  
Ispunjavanjem oba cilja može se odgovoriti na pitanje moguće konsolidacije rudnika, odnosno ocenama aspekta se sagledavaju ograničenja pojedinačnih rudnika sa mogućom projekcijom daljih koraka ka ispunjavanju početnih pretpostavki koji dovode do konsolidacije rudarskih preduzeća.

*Iz razloga što spoljašnje okruženje može značajno da doprinese ubrzanju, ali i usporenju procesa konsolidacije rudnika, posebna pažnja će se dati promenama u društvu koja su direktno ili indirektno vezana za uspešnost tranzicije u rudarstvu i rizicima koji ih prate. Među njima je, posebno, važno analizirati i proceniti rizike koji prate finansiranje rudarskih projekata kako bi na odgovarajući način dobili odgovore na pitanja perspektivnosti i buduće isplativosti rudnika.*

Činjenica da rudarstvo ima značajan ekonomski, socijalni i ekološki uticaj na region gde rudnici imaju potencijal da značajno doprinesu koristima za stanovništvo kroz kreiranje direktnog i indirektnog zapošljavanja, prenosa znanja, poboljšanje kapaciteta zdravstva i obrazovanja, poboljšanje infrastrukture i kreiranje poslovnih prilika za mala i srednja preduzeća.

Na isti način, otvaranje rudnika, eksploatacija, uticaj na životnu sredinu i neizbežno zatvaranje rudnika može takođe proizvesti značajan negativan efekat na lokalno stanovništvo ograničavajući im neka prava i utičući na tradicionalni način života.

Polazeći od načina na koji se zasnivaju strategije lokalnog odnosno regionalnog razvoja, a uzimajući u obzir potrebu da se kompozitna ocena regionalnog značaja rudarstva uključi u Model ocene stanja i perspektive rudnika, detaljno će biti obuhvaćena sa 5 aspekta posmatranja. Kao najvažniji aspekti **razvoja** uzeti su: 1. Stanje i perspektive za rudarske aktivnosti; 2. Lokalni ekonomski razvoj, 3. Lokalni društveni (socijalni) razvoj, 4. Zaštita životne sredine i 5. Nivo obrazovanosti, pri čemu se **uspeh** meri njihovom ravnotežom.

U normalnim uslovima rudarske proizvodnje moguće je da se pre izgradnje odgovarajućih rudarskih proizvodnih objekata detaljno i realno proanaliziraju svi aspekti koji su od bitnog uticaja na budući rad i poslovanje rudarskih preduzeća.

Najveći uticaj u ovom smislu proizlazi iz činjenice da je u rudarstvu znatno naglašen faktor promenljivih prirodnih uslova. Oni potiču iz činjenice da je genezom stvoreno ležište sa posebnim karakteristikama i specifičnostima koje čine da nema opštih rešenja, već da svako ležište treba posebno tretirati i rešavati vodeći računa prvenstveno o ležišnim uslovima.

Zato se često dešava da se faze istraživanja, projektovanja, otvaranja i eksploatacije ležišta prilagođavaju postojećim prirodnim uslovima, iako usvojena rešenja nisu uvek tehnički i ekonomski najracionalnija. U tom smislu je geografska lokacija ležišta potencirana, jer ako želimo neko ležište da eksploatišemo, tada će se graditi železnička, putna i energetska infrastruktura ili će se korisnik približiti ležištu i prerađivačke kapacitete graditi u blizini rudnika. Samim tim, povoljna infrastruktura, a time i geografska povezanost i pristup do tržišta igraju jednu od značajnih aspekata uspešnog funkcionisanja rudnika.

U rudnicima često se susrećemo sa neizvesnostima u planiranju proizvodnje koja može biti prouzrokovana iz različitih izvora kao što su neujednačena raspodela kvaliteta rudnih rezervi, geo-tektonskih uslova, pouzdanost opreme, potrebe za infrastrukturom, performanse metoda eksploatacije i prerade mineralne sirovine. I pored toga što se ulažu napor da se pravilno isplaniraju, ovakve operativne neizvesnosti, moraju da se izbalansiraju kako bi se poboljšala fleksibilnost u planiranju rada rudnika.

Dokazano je da u upravljanju rudnikom, najveći opseg ušteda je moguć u početnim fazama planiranja, u okviru ali i delimično izvan studija izvodljivosti. Ovde, projektni tim eksperata ima veću slobodu da istraži alternative i proceni rizik koristeći različite tehničke i ekonomske kriterijume. Kada je rudnik već otvoren, broj alternativa se smanjuje eksponencijalno kako rad rudnika napreduje. Iako je optimizacija fokusirana na nivo proizvodnje i troškove, za trajan cilj upravljanja rudnikom, mnoge ključne odluke sačinjene su tokom inicijalne faze planiranja. Naknadno planiranje ima tendenciju da prati proizvodne planove. Modifikacije se sprovode samo kada su neophodne zbog promena u finansijskim, tehničkim ili socijalnim aspektima. Fleksibilnost u bilo kakvom planu predstavlja sposobnost da se suočava sa takvom promenom.

Iz navedenih razloga, pored tradicionalnog inženjerstva i druga ograničenja treba uzeti u obzir kod utvrđivanja metodologije i definisanja modela ocene stanja i perspektiva. Shodno tome, na osnovu najnovijih saznanja i ličnih istraživanja postavljen je osnov za definisanje integrisanog, multidisciplinarnog i kompleksnog modela za ocenu stanja i perspektiva rudnika. Primena modela je koncipirana da ispunjava zahtevani stepen univerzalnosti modela, odnosno primeni na rudnike bez obzira o načinu i vrsti mineralne sirovine koja se eksploatiše. Kao što je i pomenuto, prvi korak je prepoznavanje indikatora performansi preko kojih je moguće pratiti stalne promene kako sa stanovišta pojedinačnog rudarskog preduzeća/projekta tako i sa strane njegovog okruženja.

To se može postići struktuiranjem problema prognoziranja, a njegovo rešavanje zahteva uključivanja više osoba (eksperata) u cilju objektivnijeg definisanja kriterijuma za dodelu težina atributima, generalizovanja preferencija pojedinih grupa atributa, definisanja kompozitnog normalnog vektora ocena, definisanja rangova i kompozitnog vektora prognoze (primena Delfi metode).

Proces prognoze je izuzetno kompleksan, zbog, po pravilu fazi (fuzzy) prirode indikatora, uključivanja velikog broja atributa i složenosti korelativnih veza.

## **METODE ISTRAŽIVANJA**

Za razliku od dosadašnjih analitičkih metoda ocene rizika jednog rudarskog preduzeća, polazna koncepcija za definisanje modela ocene stanja i perspektiva je baziranje na koncepciji balansa (uravnoteženosti), što podrazumeva određivanje sveukupne relativne značajnosti grupa obeležja, oslanjajući se u postupku na interne i eksterne faktore koji utiču na performanse rudarskog preduzeća.

Ovo upućuje na zaključak da proces prognoze nije moguće potpuno matematičko-modelski i računarski automatizovati i da se pragmatično rešenje problema može tražiti u hibridnom pristupu, kombinovanjem ekspertskih znanja i logističke podrške koju pružaju matematička i računarska tehnika. Stoga je u radu primenjeno više naučnih metoda, od kojih se ističe Delfi metoda, AHP metoda, Fuzzy logika, SWOT analiza, metodologija usklađenih ciljeva (Balance Scorecard), Benchmarking tehnika kao i matematičko-informatički alati GIS, Visual Basic i Excel. Primenom tehnika uravnoteženosti uticajnih aspekata na ocenu stanja i perspektiva rudnika baziranom na potencijalima razvoja rudarstva, moguće je u odgovarajućoj meri oceniti uticaj unutrašnjih i spoljašnjih faktora na rudarske aktivnosti kako stanja tako i njihove perspektivnosti.

## FAZE ISTRAŽIVANJA

Polazeći od definisanih metoda istraživanja i postavljene metodike istraživanja, za definisanje modela, utvrđuju se sledeće faze istraživanja: pripremna faza, uvodna faza, ekspertska procena i sinteza indikatora, hibridni model ocene rudnika, testiranje modela i ocena stanja i perspektiva rudnika i/ili ležišta, slika 2.

U **pripreмноj fazi** se vrši izbor rudnika kao i selekcija rudarskih regiona odnosno opština u kojima se nalaze rudnici na kojima će se model testirati i koji će rezultati ujedno poslužiti za verifikaciju modela. Izbor rudnika, svakako zavisi od činjeničnog fonda relevantnih informacija kojima se u trenutku razmatranja raspolaže. Izbor rudarskih regiona obuhvaćenih analizom utvrđuju njihov značaj koji imaju sa izgrađenim najbližim prilazima, naseljenim mestima, elektro-energetskom mrežom, putnom infrastrukturom, povoljnom hidrografijom i sl., koji su dostupni pa su niski zahtevi za izgradnjom nove infrastrukture, raspoloživosti obučenog osoblja u toj oblasti, čak uzimajući u obzir i činjenicu da će većina ljudi zahtevati dodatnu obuku rukovanja sa modernom rudarskom mehanizacijom i opremom. Rudnici koji su obuhvaćeni analizom u primeni modela ocene stanja i perspektiva, mogu biti geografski diversifikovani na teritoriji Srbije i pored demografske razlike, razlikuju se i po vrsti mineralne sirovine, metodama eksploatacije, instaliranim kapacitetima, proizvodnim rezultatima, broju zaposlenih radnika, stepenu mehanizovanosti, uslovima i stepenu opasnosti, finansijskim rezultatima, tržištima i mnogim drugim.

Za **uvodnu fazu** istraživanja korišćena je sva raspoloživa dokumentacija o rudnicima. Prikupljenim informacijama je data odgovarajuća težina, ali se nije ocenjivala verodostojnost i tačnost preuzetih informacija. Izrađeni poslovni planovi, studije i programi, koji sagledavaju mogućnosti revitalizacije i modernizacije rudnika, bilo da su oni objektivno sagledani ili predstavljaju subjektivne stavove i želje rukovodstva rudnika, su prihvaćene ne toliko kao tačne, već kao ulazni podatak koji je za Model neophodan. Samim tim, ulazna greška za sobom povlači i grešku u rezultatu. Time se ne dokazuje da je Model neispravan ili netačan, već će predstavljena ocena kao takva biti precenjena ili potcenjena. To znači da će morati ponovo da se sagledavaju odgovarajući pokazatelji u slučaju negativne ocene perspektive datog rudnika.

Faza **ekspertske procene i sinteze indikatora**, je sledeći korak za izradu modela konsolidacije i ogleda se u prepoznavanje indikatora performansi preko kojih je moguće pratiti stalne promene kako sa stanovišta pojedinačnog rudarskog preduzeća/projekta tako i sa strane njegovog okruženja. Za potencijale promena svakako dominantnu ulogu imaće oni indikatori koji prikazuju promene u delu povećanja iskorišćenosti kapaciteta, produktivnosti, veku eksploatacije, ali među najvažnijim indikatorima biće ekonomsko-finansijski pokazatelji (diskontna stopa i interna stopa rentabiliteta), kao i promene u političko-poslovnom okruženju.

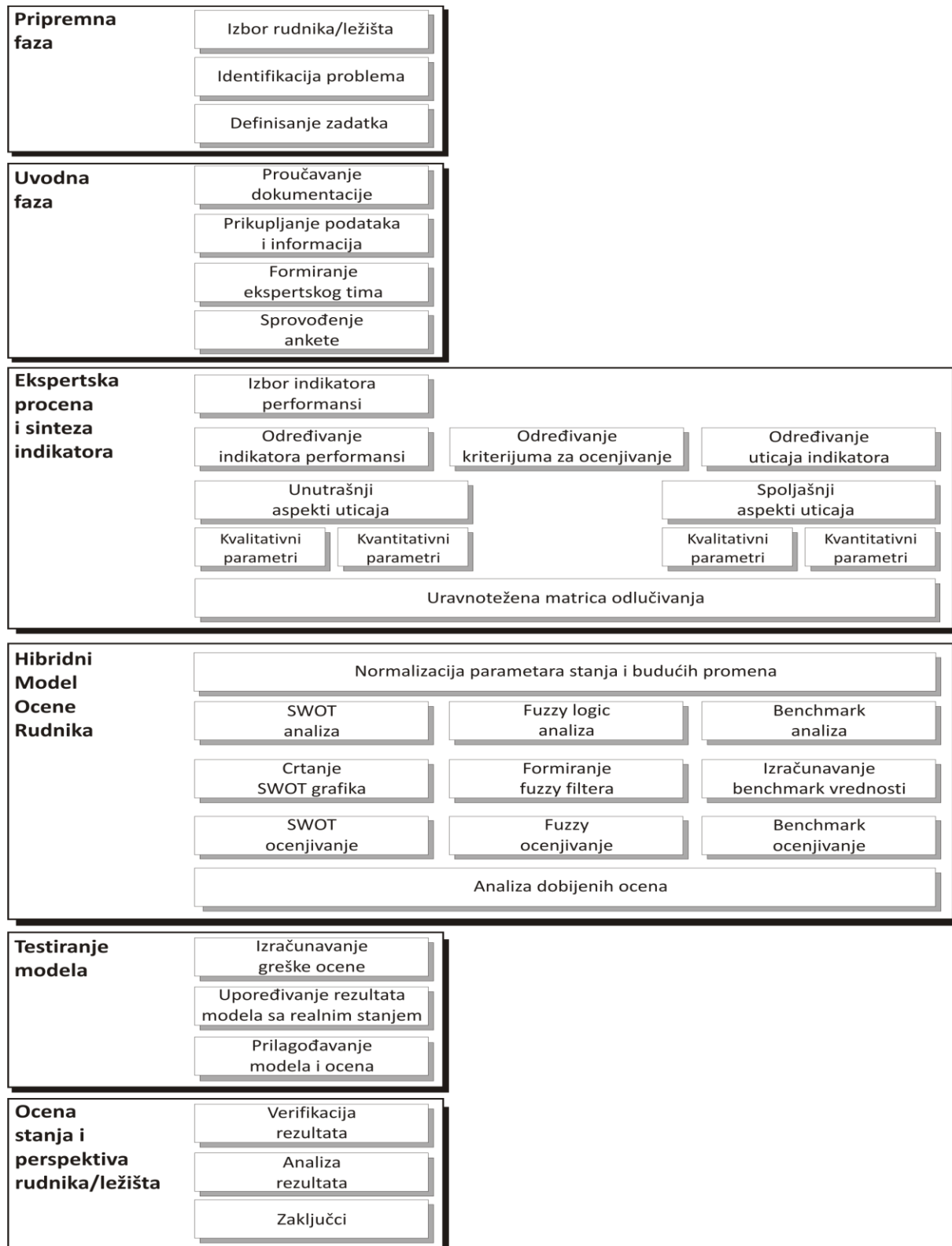
Nakon izbora uticajnih faktora kao i definisanja liste indikatora koja obuhvata sve izabrane jedinice posmatranja i kriterijume za njihovo poređenje, rešavanje problema kvalitativnih ocena i prognožiranja zahteva uključivanja više eksperata. Interval skala je pogodan način da se izvrši kvantifikacija kvalitativnih kriterijuma u skali od 1-5. Svakako da je moguće formirati standardni skup lingvističkih izraza koji se mogu kvantifikovati u datoj skali (na primer za ocenu uticaja: *veoma jak, jak, umeren, slab, veoma slab*). U cilju objektivnije kvantifikacije kvalitativnih kriterijuma fazifikacija je način da se uvažavaju neodređenosti koje su prisutne kod iskazivanja lingvističkih promenljivih. Matrica odlučivanja postaje kvantifikovana po svakom kriterijumu i takvu matricu nazivamo uravnotežena Matrica odlučivanja.

U fazi modeliranja korišćenjem **Hibridnog Modela Ocene Rudnika**, vrši se normalizacija vrednosti indikatora, što znači da se vrednosti indikatora svedu na interval 0-1. Normalizacija matrice odlučivanja,

može se vršiti vektorskom i linearnom normalizacijom. Dakle, ako za jedan kvalitativan kriterijum koristimo jedan standardni skup izraza i pripadajuću skalu za kvantifikaciju, a za drugi kvalitativan kriterijum drugi skup koji se razlikuje po broju elemenata skupa, ali i po rasponu skale, onda postoji opasnost da se ne uspostavi relativni odnos između ta dva kriterijuma na korektan način. Zato se mora utvrditi jedinstven način kvantifikovanja kvalitativnih indikatora.

Identifikacijom faktora iz spoljašnjeg (eksternog) i unutrašnjeg (internog) okruženja, njihovom sistematizacijom na šanse i pretnje, odnosno snage i slabosti, SWOT analiza predstavlja alat za planiranje strategije kojim se sučeljavaju interne snage i slabosti rudnika sa eksternim šansama i pretnjama. Na ovaj način SWOT analiza kombinuje procenu internih faktora sa onima koji dolaze iz eksternih izvora na tržištu, u poslovnom i regionalnom okruženju i nad kojima rudnik nema kontrolu. SWOT analiza predstavlja ključni proces koji se koristi u situacionoj analizi. Rudnik bi trebalo da aktivira snage, prevaziđe slabosti, iskoristi šanse i da se odbrani od pretnji. Ovo je jedan od najznačajnijih segmenata čitavog planskog procesa, gde će SWOT analiza omogućiti zainteresovanim stranama (investitorima) da sagledaju da li će rudnik zaista biti u stanju da ostvari plan. Odnosno, kolike su mu šanse da se konsoliduje i koje će prepreke biti prisutne.





Slika 2. Faze istraživanja u cilju definisanja Modela za ocenu stanja i perspektiva rudnika

Kombinovanjem Fuzzy ekspertskog sistema sa testom uravnoteženosti obezbeđuju se objektivne težinske ocene i obavljanje komplikovanog istovremenog poređenja više opština / rudnika / projekata po SWOT analizi.

Kvantifikovani SWOT ne samo da unapređuje navedene metode, već ih razvija na osnovu Matrice odlučivanja. Objekti posmatranja (rudnici / opštine) se postavljaju u 4 kvadranta, a prema koordinatama koje odgovaraju njihovim kategorijama. Razlika se sastoji u tome da se na ordinatu nanose pokazatelji spoljašnjeg okruženja (mogućnosti, pretnje), a na apscisu unutrašnjeg okruženja (prednosti-šanse, slabosti).

Za izračunavanje i poređenje vrednosti koordinata unutrašnjih i spoljašnjih procena i njihov prikaz u polju sa 4 kvadranta, prvo treba sabrati unutrašnje i spoljašnje rezultate rudnika koji se porede, a zatim se od zbira oduzima "benchmark" vrednost. Ovaj rezultat predstavlja koordinatu rudnika u matrici SWOT analize. Vrednost koordinate će biti između -1 i +1. Rudnik poseduje prednosti i mogućnosti ako su vrednosti koordinata veće od "benchmark" vrednosti, dok je rudnik komparativno slabiji i suočava se sa slabostima kada su koordinate manje od "benchmark" vrednosti.

U fazi analize funkcionalnosti i **testiranja modela** primenjuje se AHP metoda da identifikuje i analizira nekonzistentnost donosioca odluka u procesu rasuđivanja i vrednovanja elemenata hijerarhije. Čovek je, naime, retko konzistentan pri procenjivanju vrednosti ili odnosa kvalitativnih elemenata u hijerarhiji. AHP na određen način ublažava ovaj problem tako što odmerava stepen nekonzistentnosti i o tome obaveštava donosioca odluka. Ako je stepen konzistentnosti manji od 0,10, rezultat je dovoljno tačan i nema potrebe za korekcijama u poređenjima i ponavljanju proračuna. Treba, međutim, napomenuti da se u praksi često dešava da stepen konzistentnosti bude veći od 0,10, a da se izabrani kriterijum ipak zadrži kao najbolja. Shodno tome, u modelu je prihvaćen stepen konzistentnosti od 0,15.

**Ocena stanja i perspektiva rudnika**, kao poslednja faza modela, određuje da li analizirani rudnik treba smatrati kao važnim, ako on ima takve aspekte koji ga pozicioniraju u grupu rudnika koji mogu privući nečiji interes sa tržišta bilo kao potencijalnog investitora bilo kao strateškog kupca sirovine.

Uvodeći konsolidacionu liniju kao donju granicu komercijalne isplativosti rudnika, ocenjuju se perspektive rudnika bazirane na njihovim srednjoročnim planovima i programima razvoja i predlažu mere revizije i ponovnog sagledavanja poslovnih planova.

## **ZAKLJUČAK**

Osnovna hipoteza od koje se pošlo u istraživanjima je da eksploatacija ležišta mineralnih sirovina predstavlja složen proces koji objedinjuje više aspekata od prirodnih pa do tržišnih.

Do sada je u našim naučno-istraživačkim aktivnostima samo fragmentarno izučavana oblast koja se odnosi na utvrđivanje metodologije za definisanje ocene stanja i perspektiva kojom bi se obuhvatio široki spektar uticajnih aspekata od prirodnih, tehničkih, ekonomskih, tržišnih, ekoloških, demografskih, ali i društvenog, regionalnog i nacionalnog aspekta. Stoga, prikazana metodologija u ovom radu obuhvatila je više naučnih metoda, od kojih se ističe Delfi metoda, AHP metoda, Fuzzy logika, SWOT analiza, Benchmarking tehnika kao i matematičko-informatički alati GIS, Visual Basic i MS Excel i treba da bude potpuniji i svestraniji uvid u dosada ne osvetljene strane ove problematike.

Definisan model ocene stanja i perspektiva može obezbediti naučnu i stručnu podršku u donošenju operativnih, strateških i investicionih odluka kako u početnoj fazi planiranja tako i kod samog praćenja realizacije projekta, ali i kao mogućnost komparativnog ocenjivanja sopstvene pozicije među rangiranim rudnicima i pored velike različitosti među njima.

**LITERATURA**

- [1] Dr Dragan Zlatanović, Doktorska disertacija, DEFINISANJE MODELA KONSOLIDACIJE RUDNIKA SA PODZEMNOM EKSPLOATACIJOM U SRBIJI, Rudarsko geološki fakultet, 2010.
- [2] Mr Dragan Zlatanović, Dr Lato Pezo, Mr Vladimir Milisavljević, ODREĐIVANJE STEPENA MEĐUZAVISNOSTI RUDNIKA I LOKALNIH ZAJEDNICA, časopis Rudarski radovi br.16, 2008.
- [3] Mr Dragan Zlatanović, Aleksandar Štrumberger, QUANTIFYING MINING PERFORMANCE INDICATORS: SPATIAL INFORMATION AND GIS TECHNOLOGY AS A TOOL IN THE MINING INDUSTRY, mart 2009.
- [4] The World Bank, THE USE OF SECTORAL AND PROJECT PERFORMANCE INDICATORS IN BANK-FINANCED INDUSTRY AND MINING OPERATIONS, A First Edition Note, Felix Remy, Mamadou Barry, Industry and Energy Department, April 1995.
- [5] The World Bank, LED & MINING (Local Economic Development and Mining), CD Manual, 2009.
- [6] Robin Evans, SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND RISK MANAGEMENT IN THE MINERALS INDUSTRY, Centre for Social Responsibility in Mining, Sustainable Minerals Institute, University of Queensland, AUSIMM, 2004.  
[http://www.csr.uq.edu.au/docs/AUSIMM\\_rde\\_2004.pdf](http://www.csr.uq.edu.au/docs/AUSIMM_rde_2004.pdf)
- [7] R. Craig Johnson, Esq., Michael R. McCarthy, Esq., ESSENTIAL ELEMENTS AND RISKS IN BANKABLE FEASIBILITY STUDIES FOR MINING TRANSACTIONS, Parsons Behle & Latimer, Salt Lake City, Utah, March 2001.
- [8] Mihail Arandarenko i tim, MAPA TRŽIŠTA RADA SRBIJE: OCENA REGIONALNIH RIZIKA I POTENCIJALA, Centar za visoke ekonomske studije, Beograd 2006.

# **STRATEGIJA RAZVOJA RUDARSKOG BASENA „KOLUBARA”**

## **STRATEGY FOR MINING BASIN „KOLUBARA“**

**Nebojša Čeran, Vladan Radovanović**

*RB Kolubara, Lazarevac*

### **Abstrakt**

**Usvojena Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine** definisala je rast energetske potrebe i proizvodnje električne energije uz povećano učešće domaćih energetske izvora. Analiza rasta potrošnje energije u narednom periodu kazuje da je neophodno realizovati projekte izgradnje TE Kolubara B ( 2 h 350 MW) i novog bloka TENT B3 ( 700 MW ). Pri tome bi jedan kapacitet snage od 700 MW zadovoljio očekivani rast potrošnje, a drugi bi predstavljao zamenski kapacitet za stare, neefikasne i ekološki neprihvatljive blokove. Izgradnja novog kapaciteta je dugoročno ekonomski isplativija od ulaganja u opremu za zaštitu životne sredine na neefikasnim postrojenjima i omogućava racionalnije raspolaganje ograničenim rezervama uglja. Kolubarski ugljeni basen raspolaže dovoljnim količinama uglja kvaliteta koji može uz odgovarajuća investiciona ulaganja da podrži ovakav razvojni trend proizvodnje električne energije koji je u skladu sa osnovnim principima održivog razvoja (energetska i ekološka efikasnost). Takođe, analize i očekivani trendovi razvoja potrošnje i potencijala proizvodnih kapaciteta ukazuju na opravdanost ovakvog pristupa. Do 2015. godine planirano je gašenje 4 najstarija bloka, a zatim i ostalih blokova snage do 200 MW zbog slabe efikasnosti i velikog potrebnog ulaganja u njihovu revitalizaciju.

### **Uvod**

U periodu od 2000. godine preduzet je niz aktivnosti na obnovi, modernizaciji, unapređenju efikasnosti i povećanju pouzdanosti proizvodnih postrojenja u termoelektranama. Najveći izvori sredstava za ove namene su dolazili iz donatorskih sredstava u grant formi i dodelom tzv. "soft" kredita. Uslovi za dobijanje ovih sredstava i veoma loše stanje postrojenja u elektranama su opredelili da je najznačajniji deo sredstava usmeren na revitalizaciju termoelektrana. Na ovaj način se generisala situacija da su od 2006. godine mogućnosti proizvodnje električne energije prevazišle proizvodne mogućnosti rudarskih kapaciteta na čijem potencijalu se bazira bilansiranje elektroenergetskog sistema. Razumljivo je da bi se bez intenzivnog ulaganja u proširenje i modernizaciju postojećih rudarskih postrojenja ova disproporcija dalje uvećavala. S druge strane, finansijski potencijal "Elektroprivrede Srbije" nije omogućio da se posle 1990. godine nastavi investicioni ciklus izgradnje novih proizvodnih kapaciteta i otvaranje novih rudnika uglja koji su zamenski kapaciteti za postojeće na kojima je završena eksploatacija ili je pri kraju. Poseban problem je što su investicioni ciklusi u rudarstvu duži i da za otvaranje novih kopova treba vreme od najmanje 5 do 7 godina.

Dalja odlaganja investicionih ulaganja u rudarski sektor od 2012. godine rezultiraće manjkom u proizvodnji uglja od 7-8 miliona tona. Zajedničko za rudike je da je oprema stara preko 35 godina (izuzimajući rudnik Tamnava Zapadno polje) i da je neophodno izvršiti njenu revitalizaciju i modernizaciju ili zamenu sa novom visokoautomatizovanom i produktivnijom, što mora da bude rezultat tehno-ekonomskih analiza. Jedan od osnovnih segmenata modernizacije je i povećanje automatizacije procesa uz racionalizaciju radne snage i povećanje vremenskog i kapacitetnog iskorišćenja. Takođe, sistem održavanja je zastareo, neefikasan, skup i opterećen velikim brojem radnika, te je neophodno hitno izvršiti racionalizaciju i modernizaciju opreme i procesa održavanja.

Kao posledica dugogodišnjeg nefunkcionisanja za savremeno društvo uobičajenih institucija odgovornih za izgradnju stambenih i infrastrukturnih objekata, veliki problem predstavlja eksproprijacija i divlja gradnja. Zbog problema sa preseljenjem sela Vreoci ugrožena je proizvodnja na površinskom kopu "Polje D" i površinskom kopu "Veliki Crljeni".

Planirana investiciona sredstva za projekte otvaranja novih površinskih kopova uglja ("Polje E" i "Radljevo") i proširenje postojećih na susedna eksploataciona polja ("Polje C" i "Polje G") su više od 2 milijarde evra, od čega, po značaju, treba izdvojiti sledeće projekte:

*Tabela br. 1 Planirana investiciona sredstva*

	<b>Pozicija</b>	<b>Ukupne investicije ( mil. € )</b>	<b>Za period do 2015. god. ( mil. € )</b>
1	Revitalizacija opreme u RB "Kolubara"	25,9	25,9
2	PK "Tamnava Zapadno polje" (završetak investicione izgradnje)	228,7	228,7
3	Proširenje "Polja D" u zoni Vreoca	220,2	220,2
4	Proširenje "Polja B" u "Polje C"	150	150
5	PK "Polje E" (zamenski kop za PK "Polje D")	639,5	387,4
6	"Kolubara", PK "Radljevo"	947	585 (do2020.)
	<b>Ukupno</b>	<b>2 211,3</b>	<b>1 597,3</b>

Finansiranje ovako velikih razvojnih planova je moguće ostvariti samo kombinovanim izvorima, i to:

- Strateškim partnerstvom, prvenstveno u hitne nove proizvodne kapacitete (PK "Radljevo");
- Povoljnim kreditnim aranžmanima uz učešće države kao garanta;
- Promenom cenovne politike električne energije, koja trenutno nije dovoljna ni za finansiranje projekta zaštite životne sredine.

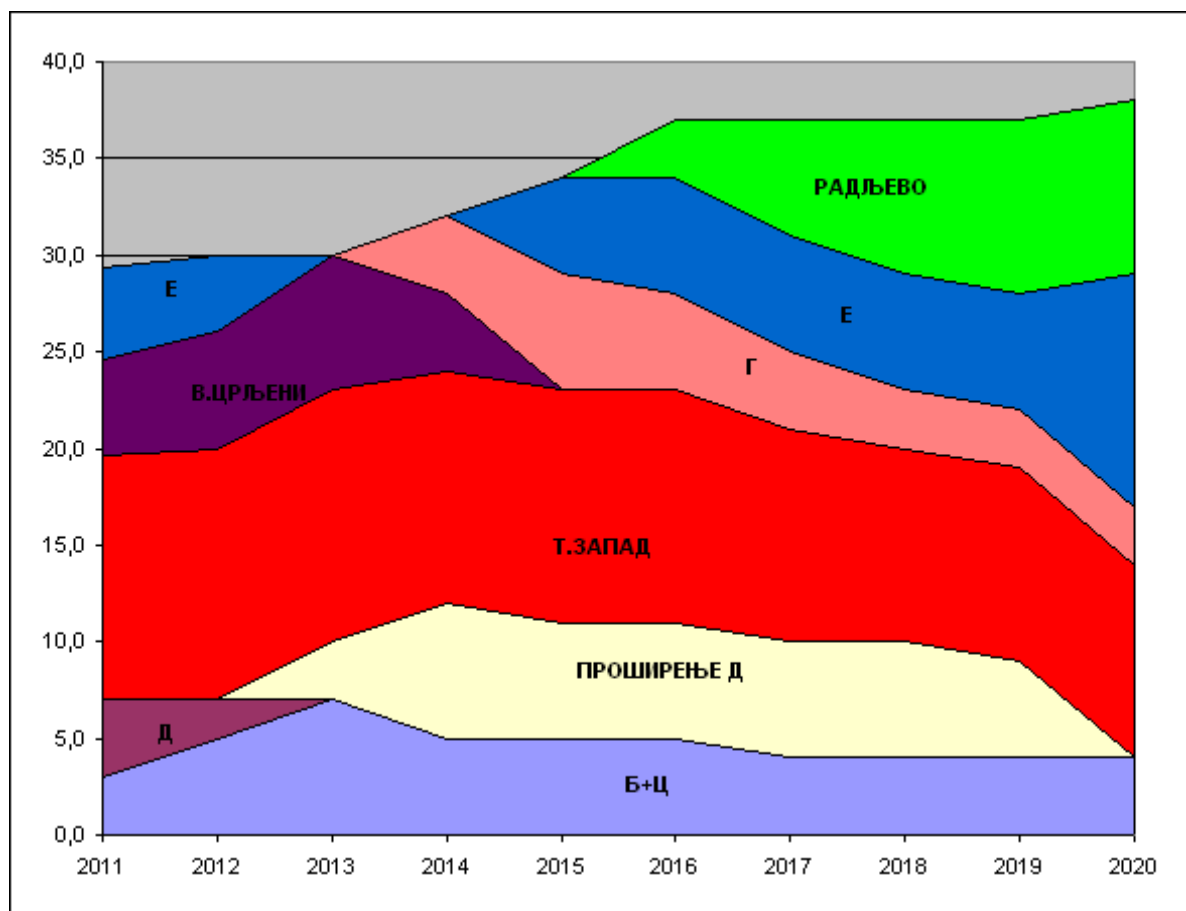
### **Rudarski basen Kolubara**

**U rudarskom basenu Kolubara** je vrlo složena situacija kao nikada do sada. Naime, neki kopovi su završili eksploataciju ("Tamnava Istočno polje"), neki se bliže kraju ("Polje D"), a zamenski kapaciteti nisu otvoreni (uz brojna nerešena pitanja), odnosno neki od kopova ne mogu da ostvare projektovanu godišnju proizvodnju uglja. Složenu situaciju najbolje ilustruje sledeća projekcija proizvodnje uglja koja je prikazana numerički i grafički.

## Rudarstvo 2011 / Mining 2011

Tabela br. 2 Projekcija proizvodnje uglja do 2020. god. ( x 10<sup>6</sup> t )

god.	Polje	Polje	Proš.	Tamnava	Veliki	Južno	J.Krilo	Polje	Ukupno
	B+C	D	Polje D	Zapad	Crljeni	polje G	Polje E	Radljevo	
2011	3,0	4,0		12,6	5,0		4,8		29,4
2012	5,0	2,0		13,0	6,0		4,0		30,0
2013	7,0		3,0	13,0	7,0				30,0
2014	5,0		7,0	12,0	4,0	4,0			32,0
2015	5,0		6,0	12,0		6,0	5,0		34,0
2016	5,0		6,0	12,0		5,0	6,0	3,0	37,0
2017	4,0		6,0	11,0		4,0	6,0	6,0	37,0
2018	4,0		6,0	10,0		3,0	6,0	8,0	37,0
2019	4,0		5,0	10,0		3,0	6,0	9,0	37,0
2020	4,0			10,0		3,0	12,0	9,0	38,0
Ukupno	46,0	6,0	39,0	115,6	22,0	28,0	49,8	35,0	341,4



Do 2000. godine proizvodnja uglja se odvijala na 4 površinska kopa („Polje D“, „Tamnava zapad“, „Tamnava istok“ i „Polje B“), a u vremenu od 2010. godine do 2020. godine proizvodnja uglja će se odvijati na 6 površinskih kopova („Polje C“, „Polje D“, „Tamnava zapad“, „Veliki Crljeni“, „Polje G“, „Polje E“ i „Polje Radljevo“).

**Preduslovi** koje je neophodno ostvariti za gore navedenu proizvodnju uglja su:

1. Da izmeštanje Vrečkog groblja počne u maju 2011. god. a da bude završeno do kraja 2012. god.,
2. Da Baroševačko groblje bude izmešteno 2013. god.,
3. Da do kraja 2014. godine bude regulisana reka Peštan, izmešten put Vreoci-Arandelovac, izmeštena industrijska pruga i uređen industrijski krug,
4. Da do kraja 2012. god. bude regulisana reka Kolubara u II fazu
5. Da do kraja 2013. god. bude izmeštena Ibarska magistrala.

**U zapadnom delu basena** (PK "Tamnava zapadno polje" i PK "Veliki Crljeni") situacija je bolja od one u istočnom delu basena ("Polje D" i "Polje B/C"). Naime, na PK "Tamnava Zapadno polje" završena je instalacija novog BTO sistema čime su stvoreni preduslovi za dostizanje projektovanog kapaciteta od 12 miliona tona uglja godišnje. Za kompletno zaokruženje investicionog ciklusa ovog kopa preostalo je da se uvede sistem za upravljanje kvalitetom uglja (projektna dokumentacija je završena, u pripremi je tender), da se izvrši nabavka odlagača za međuslojnu jalovinu i nabavka dodatnog bagera i linije za ugalj). Na PK "Veliki Crljeni" otkopavanje uglja je u skladu sa projektom, mada postoje veći problemi sa eksproprijacijom. Za nastavak eksploatacije, nakon zatvaranja ovog kopa (na susednom eksploatacionom polju–„Polje G“), neophodno je izmestiti deo Ibarske magistrale i izvršiti izmeštanje reke Kolubare (druga faza).

Pored navedenog u završnoj fazi je izrada projektne investicione dokumentacije za otvaranje PK „Radljevo“, koji bi trebalo da počne sa proizvodnjom uglja 2016. godine, ukoliko se realizuje projekat izgradnje novog termokapaciteta.

**U istočnom delu basena**, zbog nerešnog pitanja izmeštanja sela Vreoci, kao i kašnjenja u pripremnim radovima za otvaranje zamenskog kapaciteta ("Polje E") situacija je znatno komplikovanija. U cilju uvažavanja posledica prethodno navedenog stanja preduzete su mere i urađena investiciono tehnička dokumentacija za povećanje kapaciteta na površinskom kopu "Polje B/C" najpre na 2,4, zatim na 3, a zatim na 5 pa i 7 miliona tona uglja godišnje sa otkopavanjem odlagališta "Istočna kipa". Da bi se ovaj projekat realizovao neophodno je izmestiti groblje u Baroševcu, zameniti način odvoza uglja (instalirati transportere sa gumenom trakom umesto železničkog transporta), nabaviti jedan BTO sistem i stabilizovati unutrašnje odlagalište. Termini za realizaciju ovih aktivnosti su veoma kratki (najkasnije kraj 2011.) i zahtevaju znatna materijalna sredstva u kratkom periodu. Podizanje kapaciteta na ovom kopu je veoma bitno tokom prelazne faze do otvaranja površinskog kopa „Polje E“.

Projekat preseljenja sela Vreoci i groblja predstavlja najurgentniji projekat ne samo u „Kolubari“ nego i u EPS-u. Naime, krajnji rok za preseljenje groblja u Vreocima je kraj 2012. godina. Do tog vremena postoje rezerve na ovom kopu. U suprotnom slučaju već 2013. godine može doći do značajnog deficita u količinama uglja koji se isporučuje iz istočnog dela basena, i taj deficit će trajati do dostizanja projektovanog kapaciteta na "Polju E". Ovaj deficit može biti umanjen dodatnim povećanjem kapaciteta na ostalim kopovima, kao i otkopavanjem dela uglja "Polja E" iz "Polja D", ali to neće biti dovoljno da se nadomeste sve potrebne količine uglja.

Već kod izrade elektroenergetskog bilansa za 2011. godinu preduzete su mere za ublažavanje ovog deficita smanjenjem isporuke uglja termoelektranama sa izrazito visokom specifičnom potrošnjom (TE Morava i TEK), kao i smanjenje količina sušenog uglja na minimum, samo za prioritetne potrošače i maksimalnim smanjenjem isporuke i prodaje komadnog sirovog uglja. Ova smanjenja će trajati do trenutka prevazilaženja problema u kapacitetima kopova.

**Ovo je i trenutno najveći problem u ostvarivanju strategije razvoja energetike u Srbiji do 2015. godine i njega treba hitno rešavati.**

Kada su u pitanju kapaciteti za snabdevanje novih termoblokova treba konstatovati da je u prethodnom periodu učinjen značajan napredak u pripremi tehničke dokumentacije. Naime, u prethodnom periodu najpre je izrađena studija "Usporedna tehno-ekonomska analiza godišnje proizvodnje uglja od sedam miliona tona sa površinskih kopova Radljevo i Južno polje za potrebe nove termoelektrane", a zatim i "Studija izbora ograničenja i otvaranja površinskih kopova Južno Polje i Radljevo sa komparativnim prikazom tehno-ekonomskih aspekata eksploatacije uglja za izbor prioritetnog snabdevača ugljem TE-TO Kolubara B". Obe Studije su pokazale značajne prednosti otvaranja i eksploatacije na PK Radljevo. Urađena je "Studija opravdanosti izgradnje PK Radljevo".

Plan razvoja površinskih kopova uglja za potrebe snabdevanja postojećih i novih elektrana jasno govori da je ugalj osnovni energetske resurs Srbije u narednom periodu.

Ugalj ima dugoročnu perspektivu i dobru konkurentnu poziciju u proizvodnji električne energije u Srbiji kao najjeftiniji domaći primarni energent. Umereno povećanje cene električne energije u dužem vremenskom periodu je rezultat korišćenja uglja kao osnovnog energenta u Srbiji. Do 2020. godine fokus će biti na revitalizaciji i povećanju efikasnosti opreme za proizvodnju lignita, uvođenju opreme za homogenizaciju uglja i isporuku uglja deklarisanog kvaliteta, kao i na modernizaciji postojećih i izgradnji novih termoelektrana, a samim tim i poboljšanju energetske efikasnosti.

Proizvodnja veće količine električne energije uz smanjenje emisije SO<sub>2</sub> je zadatak koji će biti stavljen pred proizvođače električne energije u termoelektranama, ali i pred proizvođače uglja na površinskim kopovima. Taj zahtev koji je posledica sve strožijih zahteva koji dolaze iz Evrope i sveta mora biti deo strategije Elektroprivrede Srbije u neposrednoj budućnosti.



# **POVEĆANJE KAPACITETA POVRŠINSKOG KOPA DRMNO NA 12 MILIONA TONA UGLJA GODIŠNJE**

## **INCREASE CAPACITY OF THE OPEN PIT "DRMNO" TO 12 MILLION TONS OF COAL PER YEAR**

**Božo Kolonja<sup>1</sup>, Veselin Bulatović<sup>2</sup>, Miroslav Ivković<sup>2</sup>**

*1- Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2- PD TEKO KOSTOLAC*

### **APSTRAKT**

Lignit kao energetska sirovina za Republiku Srbiju ima državni značaj, posebno ako se uzme u obzir da se oko 70% električne energije u Republici Srbiji dobija sagorevanjem ovog energenta. Kostoločki ugljeni basen, sa planiranim povećanjem kapaciteta na 12 mil. tona, zajedno sa revitalizovanim blokovima TE "Kostolac - A" i dovodenjem blokova TE "Kostolac - B" u punu pogonsku spremnost i izgradnjom novog bloka od 350 MW u narednom periodu treba da postane jedan od najpouzdanijih snabdevača EPS-a električnom energijom. U radu se sagledavaju tehnički aspekti povećanja kapaciteta P.K. "Drmno" i procena nedostajuće osnovne opreme i investicija za istu.

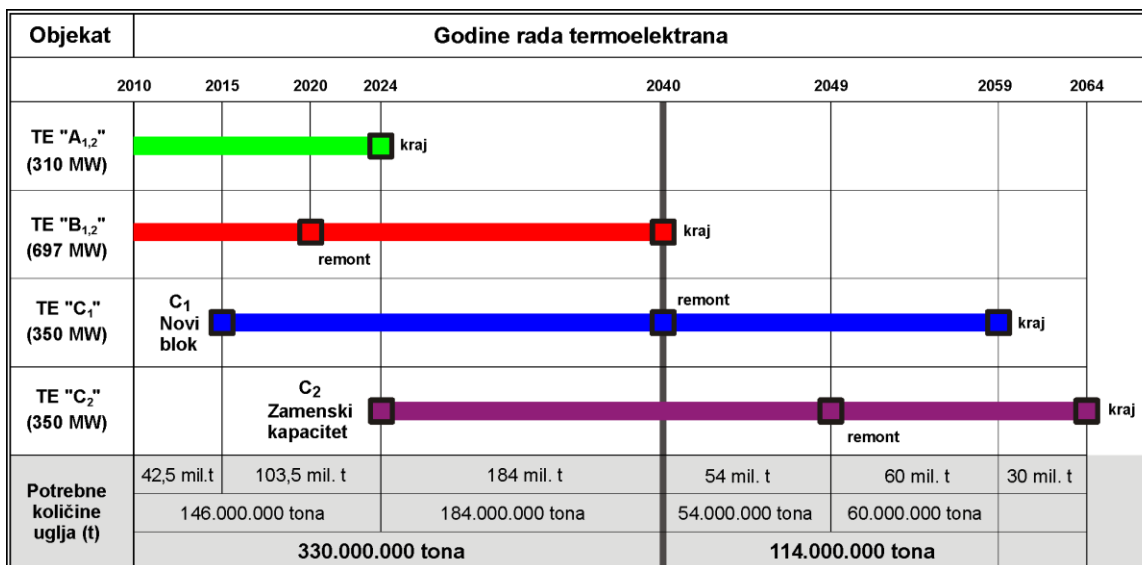
### **ABSTRACT**

Exploitation reserves and quality of open cut mine Drmno with favorable conditions for the development of exploitation make opportunity to raise capacity to 12 million tons of coal annually in the period from 2015 to 2040 year. With construction of a new unit of 350 MW in 2015 TE-KO Kostolac could have a total of 1397 MW. This thermal power capacity could be achieved dynamically and reliably with the available supply of coal exploitation until 2040 year. This would allow efficient use of available resources of coal in the most rational way to increase the production cost of electricity, which would maximize the effects of the thermal system Kostolac.

### **1. Uvod**

Imajući u vidu Strategiju razvoja energetskog sektora i opredelenje Elektroprivrede Srbije da se ide u izgradnju novog termoenergetskog bloka u sistemu TE-KO Kostolac, nametnula se i potreba za sagledavanjem mogućnosti povećanja kapaciteta površinskog kopa "Drmno" i određivanja maksimalno moguće završne konture površinskog kopa u cilju određivanja eksploatacionih količina uglja.

Projektovani vek rada blokova na lokaciji TE Kostolac "A" posle remonata je do 2024. godine kada se planira zamenski kapacitet od 350 MW, slika 1. Blokovi na lokaciji TE "Kostolac - B" su najnoviji u sistemu EPS-a i njihov rad je planiran do 2020. godine, kada sledi njihova revitalizacija, a potom nastavak eksploatacije do 2039. godine. Izgradnja novog bloka, snage 350 MW planirana je 2015. godine. Za kontinualan rad svih blokova u termoelektranama "Kostolac" ukupne snage oko 1350 MW, uključujući i proizvodnju oko 500.000 t komadnog uglja za široku potrošnju, potrebno je da površinski kop "Drmno", otkopa i isporuči oko  $12 \times 10^6$  t uglja godišnje.



Slika 1. Dinamika eksploatacije i razvoja termoelektrana u Kostolcu

## 2. Rezerve i kvalitet uglja ležišta Drmno

Na osnovu rezultata geološkog istražnog bušenja, izvršenih laboratorijskih ispitivanja i utvrđivanja kvaliteta sirovine izvršeno je okonturivanje i proračun rezervi uglja u ležištu Drmno. Istočna i južna granica ležišta uglja definisana je geološkim uslovima, isklinjenjem i erozijom. Uslovnu severnu granicu ležišta predstavlja reka Dunav jer se ugljeni sloj kontinuirano prostire ispod Dunava i prelazi u ležište Kovin. Zapadna granica je veštačka i poklapa se sa istočnom granicom susednog ležišta uglja Ćirikovac. Na osnovu stepena istraženosti u ležištu su izdvojene rezerve B i C<sub>1</sub> kategorije. Prikaz geoloških rezervi, po kategorijama i klasama, sa prosečnim parametrima kvaliteta uglja stanjem na dan 31.XII.2007. godine (Elaborat o rezervama uglja u ležištu Drmno, GEORAD d.o.o.), dat je u tabeli 1.

Tabela 1.

Kategorija	Geološke rezerve uglja, tona		
	Bilansne	Vanbilansne	Ukupno
B	187.029.356	107.639.929	294.669.285
C <sub>1</sub>	216.416.957	107.667.196	324.084.153
B+C <sub>1</sub>	403.446.314	215.307.125	618.753.439
W= 40,31%	Ss= 0,61%	C-fix= 17,91%	$\gamma= 1220 \text{ kg/m}^3$
A= 17,31%	Sa= 0,52%	V= 25,16%	GTS=11,30 MJ/kg
Su= 1,13%	Koks= 34,47%	sag.= 42,75%	DTS= 9,87 MJ/kg

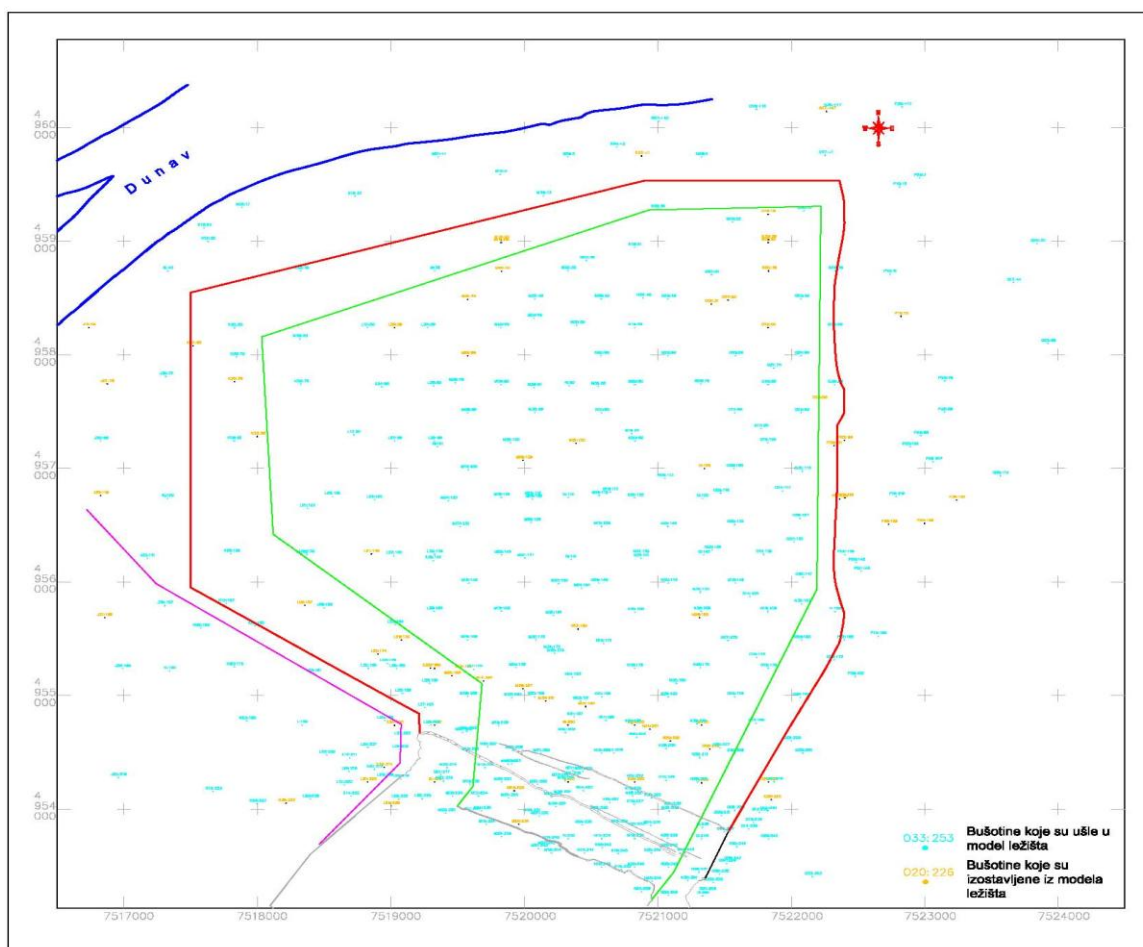
## 3. Geološki model ležišta

**Baza podataka** - Iz geološke baze koja je sadržala 414 bušotina, nakon analize podataka izbačeno je 26 bušotina (netačni podaci, prazne bušotine, duplikati...). Baza sa 388 bušotina importovana je u Minex. Sve bušotine podeljene su na tri perioda bušenja: pre 2005. godine, od

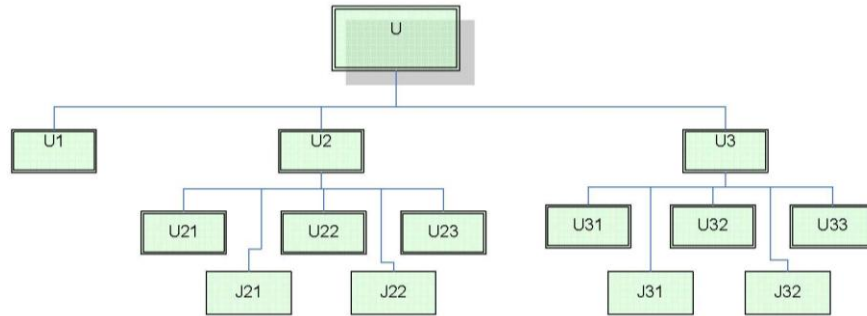
2005 do 2007. godine i 2008.godine. Geološki (stratigrafski) model je napravljen na podacima sa 320 bušotina, od kojih je 180 imalo podatke o kvalitetu, i na osnovu njih je napravljen model kvaliteta uglja (DTE, vlaga, pepeo). Na slici 2. je dat položaj bušotina korišćenih za izradu geološkog modela, kao i bušotine koje su izbačene iz modela.

**Modeliranje ležišta** - geološki model je razvijen korišćenjem specijalizovanog softverskog paketa *Minex*. Bazu podataka istražnih radova *Minex* prevodi u svoju strukturu podataka koja obuhvata četiri celine: osnovne podatke o lokacijama i geometriji bušotina, podatke o litologiji kartiranih intervala, podatke o analizama uzoraka i podatke o stratigrafiji, odnosno podatke o definisanim slojevima.

Podaci o stratigrafiji u osnovnoj bazi nisu postojali, već je na osnovu litoloških članova definisana osnovna koncepcija hijerarhije slojeva. Detaljnom analizom litoloških profila svih bušotina iz baze napravljen je stratigrafski niz, po kome je urađeno šifriranje slojeva na svakoj bušotini. Hijerarhija slojeva definisanih u modelu ležišta Drmno data je na slici 3. Pored uglja urađena je i podela otkrivke, kao i međuslojne jalovine, prema litološkom sastavu.

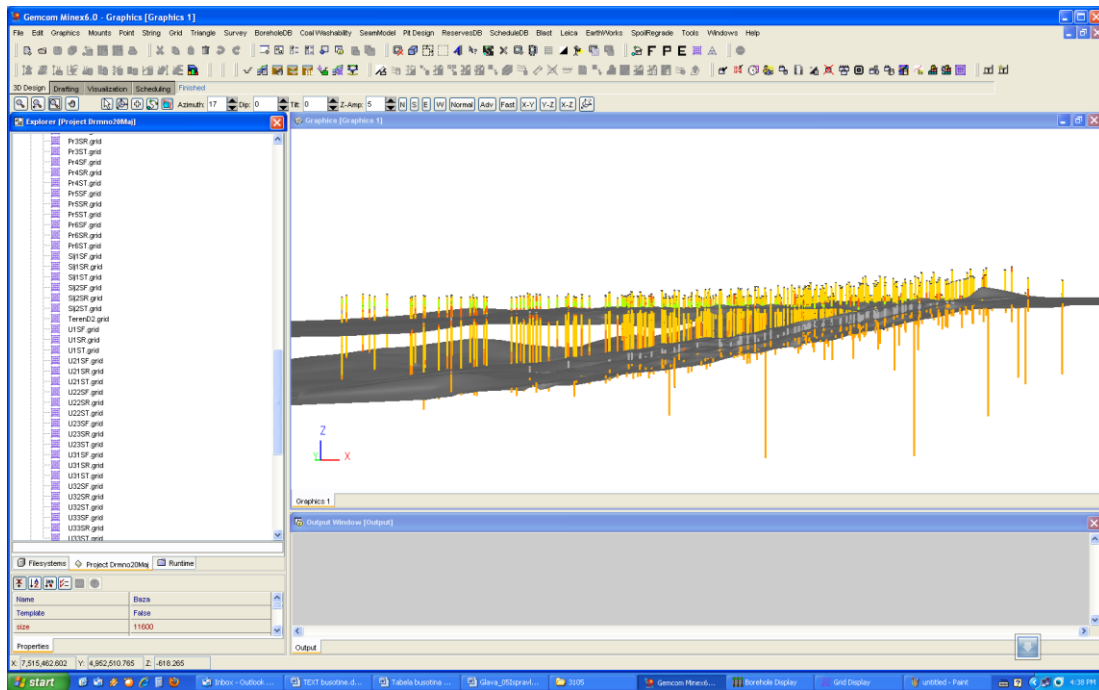


Slika 2. Karta lokacija bušotina

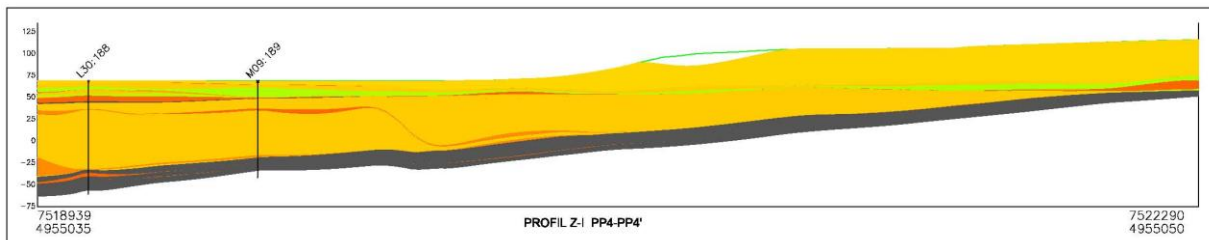


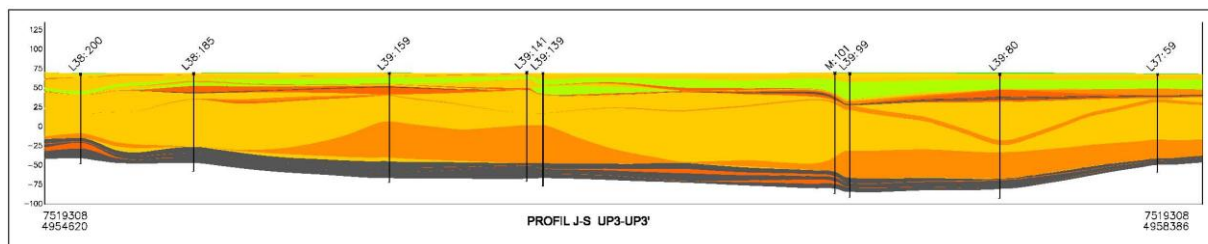
Slika 3. Hijerarhija slojeva strukturnog modela uglja

Na slici 4. dat 3D prikaz strukturnog modela ležišta u radnom okruženju *Minex-a*. Kao primer 2D prikaza strukturnog modela na slici 5. prikazani su karakteristični profili strukturnog modela u pravcu zapad-istok i u pravcu jug-sever.



Slika 4. 3D vizuelizacijom dela strukturnog modela ležišta Drmno





Slika 5. Karakteristični profili strukturnog modela ležišta Drmno

#### **4. Okonturenje površinskog kopa Drmno**

Okonturenje površinskog kopa "Drmno" za kapacitet od  $12 \times 10^6$  tona uglja godišnje izvršeno je na osnovu sledećih kriterijuma:

- snabdevanja termoelektrana „Kostolac“ ugljem u količini od  $11,5 \times 10^6$  t godišnje u periodu od 2015. godine pa na dalje,
- snabdevanja široke potrošnje ugljem u količini od  $0,5 \times 10^6$  t godišnje,
- bilansnih geoloških rezervi i kvaliteta uglja (Elaborat o rezervama, 2007. godine),
- maksimalnog iskorišćenja geoloških rezervi u ležištu,
- maksimalnog obezbeđenja kosina kopa u zoni arheološkog nalazišta Viminacijum, i
- položaj postojećih infrastrukturnih objekata (termoelektrane, Viminacijuma, naseljenih mesta i reke Dunav.

Granica kopa na zapadnoj strani određena je na osnovu položaja objekata TE "B", zaštićenog prostora arheološkog nalazišta Viminacijum i geološke granice ležišta. Postavljena je tako što je ostavljen sigurnosni pojas širine 150 m prema navedenim objektima i prostire se paralelno sa granicom zaštićene zone arheološkog parka Viminacijum severno prema Dunavcu. Dalje prema severo-zapadu granica na uglju je određena uvažavajući kriterijum moćnosti otkrivke, koeficijenta otkrivke, debljinu III ugljenog sloja i dubinu zaleganja ugljenog sloja.

Severna granica kopa je određena rekom Dunav, odnosno ostavljanjem sigurnosnog pojasa na terenu minimalne širine 0.5 km (uska zona na severo-zapadnom rubu kopa) a prosečne širine oko 0,7 km prema Dunavu. Istočna granica na terenu je određena (idući od severa ka jugu) ostavljanjem sigurnosnog pojasa prema naseljenom mestu Kličevac, a dalje prema jugu granicom isklinjenja ugljenog sloja odnosno granicom bilansnih rezervi i ostavljanjem sigurnosnog pojasa prema novoj trafo stanici i objektima za održavanje pomoćne mehanizacije. Granicu kopa sa južne strane predstavlja završno stanje rudarskih radova u martu 2010. godine.

Nagibi završnih kosina kopa određeni su na osnovu geomehaničke analize stabilnosti završnih kosina uz odgovarajuće koeficijente sigurnosti prema objektima na terenu. Generalni nagib završnih kosina na otkrivci kreće se od  $13^\circ$  (sa koeficijentom sigurnosti 1,5 prema selu Drmno i Kličevac, arheološkom nalazištu Viminacijum i reci Dunav) do  $15^\circ$  u ostalim delovima površinskog kopa.

Ovakvom figurom završne konture površinskog kopa „Drmno“ zahvaćena je površina na terenu od 2.450 ha, dok zahvaćena površina na krovini uglja iznosi 1.920 ha. Situaciona karta ograničenja površinskog kopa „Drmno“ data je na slici 6.

Ukupne eksploatacione količine uglja javljaju u dva ugljena sloja (II i III ugljeni sloj), koji ne predstavljaju homogene geološke strukture već se odlikuju prisustvom jalovih proslojaka (po dva jalova proslojka u oba ugljena sloja), tabela 2.

*Tabela 2.*

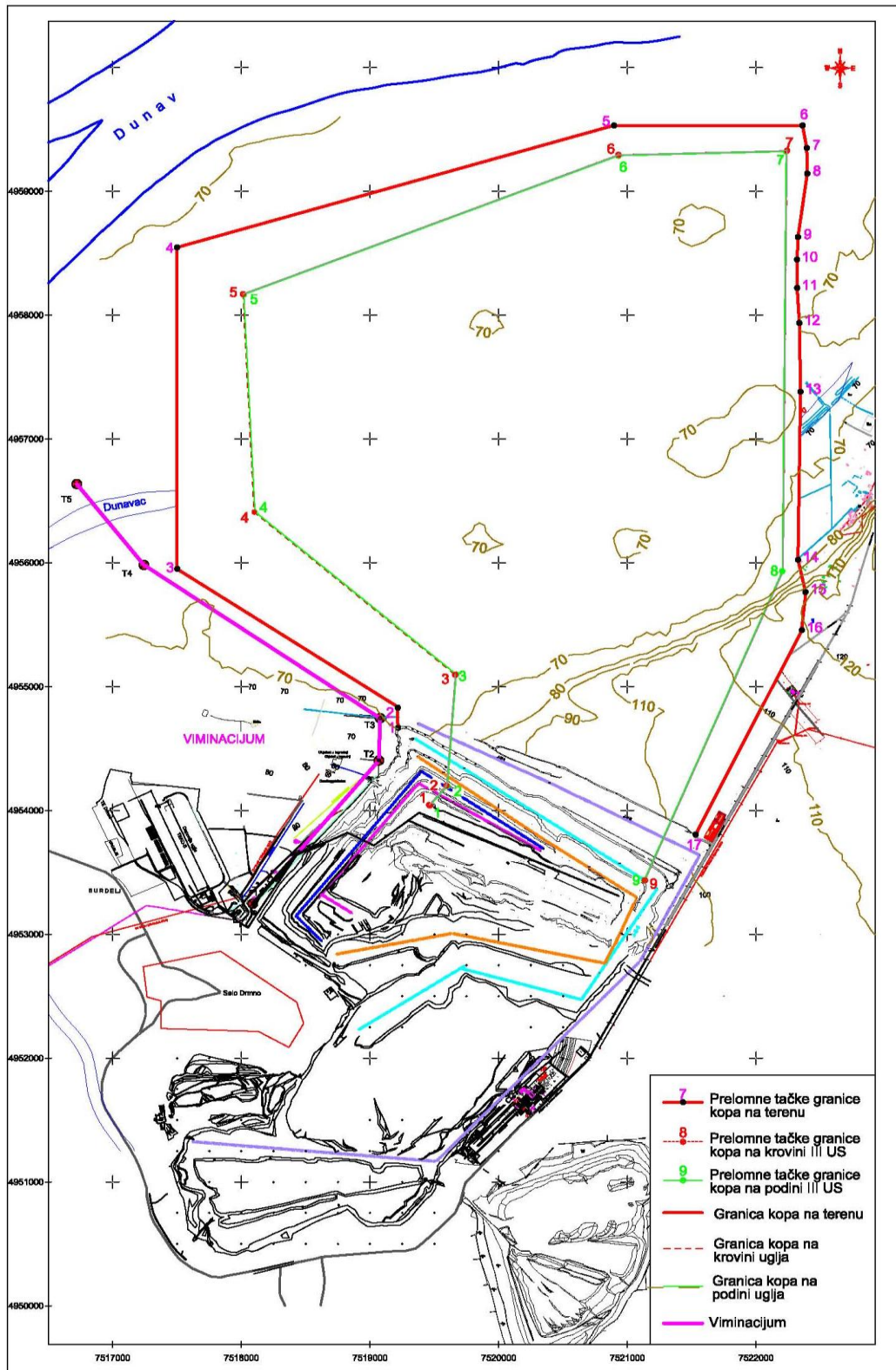
<b>II Ugljeni sloj</b>		<b>III Ugljeni sloj</b>	
Proslojak	Količina (t)	Proslojak	Količina (t)
1. proslojak U_II_1	7136909	1. proslojak U_III_1	126.438.360
2. proslojak U_II_2	6271808	2. proslojak U_III_2	93.153.100
3. proslojak U_II_3	5894762	3. proslojak U_III_3	89.942.060
<b>Ukupno II ugljeni sloj:</b>	<b>19.303.478</b>	<b>Ukupno III ugljeni sloj:</b>	<b>309.533.520</b>
<b>Sveukupno (II+III ugljeni sloj):</b>		<b>328.836.998</b>	

Proračun ukupne količine otkrivke i interslojne jalovine u ograničenoj konturi kopa prikazan je u tabeli 3.

*Tabela 3..*

-	Direktna otkrivka, m3			<b>1.553.757.528</b>
-	Interslojna jalovina (II ugljeni sloj), m3	J_II_1	1.014.079	<b>1.058.176</b>
		J_II_2	44.097	
-	Interslojna jalovina (III ugljeni sloj), m3	J_III_1	9.406.638	<b>14.284.206</b>
		J_III_2	4.877.568	
		<b>Ukupno:</b>		<b>1.569.099.910</b>

Prosečni koeficijent otkrivke, koji predstavlja odnos ukupne količine otkrivke prema masi uglja iznosi 4.77 čm<sup>3</sup>/t.



Slika 5. Granice P.K. "Drmno" na terenu, krovini i podini III ugljenog sloja

## 5. Potrebna oprema, kapaciteti i investicije

Vertikalna podela otkrivke i uglja na etaže je urađena na osnovu: projektovanih kapaciteta bagera, tehnoloških karakteristika bagera, geomehaničkih parametara radne sredine, sigurnog ostvarivanja projektovanog kapaciteta na uglju, potrebne dinamike napredovanja, kao i obezbeđenja dovoljne kopljučine otkrivenog uglja na godišnjem nivou.

Maksimalna moćnost uglja je 25 m u centralnom i zapadnom delu, a maksimalna debljina otkrivke u zapadnom delu kopa iznosi oko 140 m, tako da je vertikalna podela kopa i raspored BTO i BTD sistema izvršen tako da se ove visine uspešno mogu otkopavati sa raspoloživom opremom.

Za godišnji kapacitet od 12 miliona tona uglja godišnje, potrebni godišnji kapaciteta na otkrivci iznosi oko 57.500.000 m<sup>3</sup>, na osnovu čega je određen je potreban broj bagera i njihov prostorni raspored na otkrivci i uglju. Za godišnji kapacitet od 12 miliona tona uglja potreban je jedan novi BTO i BTD sistem u odnosu na Studiju opravdanosti za kapacitet kopa Drmno od 9 miliona tona godišnje.

Novi BTO sistem treba da ima sledeće karakteristike: rotorni bager kapaciteta oko 7000 m<sup>3</sup>/h, odlagač kapaciteta 8.500 m<sup>3</sup>/h i sistem od pet transportera širine 2000 mm i pogona 4×1000kW.

Novi BTD sistem treba da ima sledeće karakteristike: rotorni bager kapaciteta oko 3.500 m<sup>3</sup>/h i sistem od dva transportera širine 1600 mm i dužine 3000 metara.

Vertikalna podela na šest BTO sistema je određena na osnovu kapaciteta izabranih bagera i njihovih visina kopanja. Projektovani godišnji kapaciteti bagera i projektovane visine etaža na otkrivci prikazani su u tabeli 4.

Tabela 4.

Sistem	Bager	Godišnji kapacitet (čm <sup>3</sup> )	Maksimalna visina kopanja bagera (m)	Projektovana visina etaže (m)
<b>VII BTO</b>	SRs 470.20/3	1.500.000	20	1
<b>VI BTO</b>	<b>Novi bager</b>	12.000.000	32	25
<b>V BTO</b>	SRs 2000.32/5	12.000.000	32	25
<b>IV BTO</b>	SRs 2000.32/5	12.000.000	32	23
<b>III BTO</b>	SRs 2000.28/3	10.000.000	28	20
<b>II BTO</b>	SRs 1300.26/5	6.000.000	26	20
	SRs 470.20/3	1.500.000	20	12
<b>I BTO</b>	SRs 470.16/1.5	1.500.000	16	10
	ERs 710.17.5/13	1.500.000	13	9
<b>Ukupno:</b>		<b>58.000.000</b>	<b>219</b>	<b>145</b>

Podela ugljenog sloja na etaže je izvršena na osnovu prostornog položaja ugljenog sloja i kapaciteta bagera koji su projektovani da rade na uglju. Rudarsko-geološki uslovi diktirali su kose etaže na uglju, sa napredovanjem fronta rudarskih radova paralelno od juga prema severu.



Na II ugljenom sloju predviđen je rad postojećeg bagera SHs 630 u sistemu sa tri transportera širine 1400 mm i dužine 3500 metara.

Na III ugljenom sloju projektovane su tri etaže. Na prvoj etaži novi rotorni bager otkopava visinski blok, i isti se prostire na čitavoj širini fronta od istočne do zapadne granice kopa. Na drugoj etaži visinski blok otkopava rotorni SRs 800.16/1,5. Na prvoj podetaži treće etaže visinski radi bager SRs 400.16/1, a na drugoj podetaži dubinski radi bager vedričar ERs 710.17.5/13. Projektovani kapaciteti bagera i visine etaža na uglju prikazani su u tabeli 5.

Tabela 5.

Sistem	Bager	Godišnji kapacitet (t)	Maksimalna visina kovanja bagera (m)	Projektovana visina etaže (m)
<b>II US_BTD</b>	SHs 630	1.000.000	10	4
<b>III US_BTD</b>	<b>Novi bager</b>	4.000.000	16	8
	SchRs 800.16/1,5	4.000.000	26	8
	SRs 400.16/1,5	2.000.000	17	do 5
	ERs 710.17.5/13	1.000.000	13	do 3
<b>Ukupno:</b>		<b>12.000.000</b>	<b>83</b>	<b>24</b>

Procena investicija za nedostajuću osnovnu opremu za potrebe realizacije kapaciteta površinskog kopa "Drmno" za kapacitet od  $12 \times 10^6$  tona uglja godišnje iznosi:

1. Novi BTO sistem treba da ima sledeće karakteristike: rotorni bager kapaciteta oko  $7000 \text{ m}^3/\text{h}$ , odlagač kapaciteta  $8.500 \text{ m}^3/\text{h}$  i sistem od pet transportera širine 2000 mm, dužine 8000 m i pogona  $4 \times 1000 \text{ kW}$ . Ukupno procenjena vrednost sistema je oko 75.000.000 €.
2. Novi sistem na uglju treba da ima sledeće karakteristike: rotorni bager kapaciteta oko  $3.500 \text{ m}^3/\text{h}$  sa samohodnim transporterom i sistem od dva transportera širine 1600 mm i dužine 3000 metara. Ukupno procenjena vrednost sistema je oko 25.000.000 €.

**Ključni preduslov** za realizaciju ovog kapaciteta na uglju je nabavka i puštanje u rad novog sistema na uglju najmanje godinu dana pre postizanja planirane proizvodnje od 12 miliona tona uglja godišnje.

## 6. Zaključak

Eksploatacione rezerve i kvalitet uglja površinskog kopa Drmno uz povoljne uslove razvoja eksploatacije, otvaraju mogućnost podizanja kapaciteta na 12.000.000 tona uglja godišnje u periodu od 2015. do 2040. godine. Izgradnjom novog bloka od 350 MW 2015. godine, TE-KO Kostolac bi raspolagao sa ukupno 1.397 MW. Ovaj termoenergetski kapacitet bi se mogao dinamički ostvariti i pouzdano snabdevati sa raspoloživim eksploatacionim količinama uglja na do 2040. godine. Na ovaj način bi se omogućilo efikasno iskorišćenje raspoloživog resursa uglja na najracionalniji način uz ekonomično povećanje proizvodnje električne energije čime bi se postigli maksimalni efekti termoenergetskog sistema Kostolac.

# **PERSPEKTIVA I RAZVOJ RUDARSKE INDUSTRIJE U RTB-BOR**

## **PERSPECTIVES AND DEVELOPMENT OF THE MINING INDUSTRY IN RTB BOR**

**Dimča Jenić<sup>1</sup>; Predrag Golubović<sup>1</sup>, Milenko Savić<sup>2</sup>, Danijel Kržanović<sup>3</sup>**

*1 - RTB BOR, 2 - RDS-Bor, 3 - IRM-Bor*

### **Izvod**

Kompanija RTB Bor Grupa je jedini proizvođač bakra i plemenitih metala u Srbiji. Proizvodnja se u kontinuitetu odvija počev od 1903. god. na lokalitetima u Boru i Majdanpeku. Danas se eksploatacija rude bakra obavlja u Borskom delu basena u ležištima Veliki Krivelj, u jami Bor i u ležištu „Severni Revir“ u Majdanpeku, u postojećim kapacitetima sa zastarelom tehnologijom. To ukazuje na potrebu definisanja novog strateškog plana razvoja proizvodnje bakra u RTB-Bor i njegovu implementaciju u praksi. Strateški plan proizvodnje bakra se zasniva na overenim geološkim rezervama rude bakra od preko 2,5 milijarde tona, na mogućnosti povećanja kapaciteta eksploatacije rude nabavkom nove visokokapacitivne rudarske mehanizacije, rekonstrukciji i nabavci nove flotacijske opreme i rekonstrukciji topionice i izgradnji nove fabrike sumporne kiseline, čime će se postići veći tehnološki rezultati i zaštita životne sredine prema najvišim ekološkim standardima.

**Ključne reči:** proizvođač bakra, plemeniti metali, strateški plan, visokokapacitivna oprema, rekonstrukcija topionice, fabrika sumporne kiseline, životna sredina

### **Abstract**

The company RTB Bor is the only producer of copper and precious metals in Serbia. Production has been continuously going on since 1903 at sites in the Bor and Majdanpek areas. Today, copper ore is mined in the Bor area, in the Veliki Krivelj open pit mines, in the underground pit of Bor and in the "North Mining District" in Majdanpek, with existing facilities and with outdated technology. This indicates the need for defining a new strategic plan for the development of copper production in RTB Bor and its implementation in practice. Strategic plan of copper production is based on verified geological reserves of copper ore of over 2.5 billion tons, on the possibility of increasing the capacity of ore supply with new high-capacity mining equipment, reconstruction and acquisition of new flotation equipment, reconstruction of a new smelter and building of a new sulfuric acid plant in order to achieve higher technological results and better environmental protection along with highest environmental standards.

### **UVOD**

Globalna industrija rudarstva u svetu doživela je veliki procvat od 2004. do 2008. godine. Cene metala, gde spada i bakar, dostigle su najveći nivo u realnim uslovima. Posle manjeg pada cene bakra krajem 2008. god. i početkom 2009. god., cena bakra je bila u stalnom usponu, tako da je u toku 2011. god. dostigla prosečnu vrednost od oko 9.500 USD/t katodnog bakra. Ove uvodne napomene treba da pokažu koliko su mineralni resursi, odnosno rudne rezerve u kompaniji RTB-Bor sa aspekta njihove revalorizacije i proizvodnje bakra i plemenitih metala, značajni za perspektivni razvoj i stabilnost poslovanja kompanije.

## **1. PERSPEKTIVA RUDARSKE INDUSTRIJE U RTB-BOR**

Velike promene u svetskoj proizvodnji bakra, nastale krajem prošlog i početkom ovog veka, svakako nameću potrebu sagledavanja i preispitivanja perspektive proizvodnje bakra u Boru i Majdanpeku u svetlu

tih promena. Pri tome se moraju imati u vidu nekoliko veoma važnih činjenica, kao što su: 1) količine i kvalitet raspoloživih rudnih rezervi, 2) tendencije osiromašenja rudnih rezervi u svetu, 3) strukturu svetske proizvodnje bakra sa aspekta kvaliteta prirodnih resursa i troškova proizvodnje, 4) razvoj tehnike i tehnologije, 5) cenu bakra i osnovne faktore koji određuju njihovo dugoročno kretanje, 6) izgrađene rudničke i metalurške kapacitete, 7) kadrovski potencijal i stečeno iskustvo u ovoj oblasti i 8) raspoložive infrastrukturne, komunalne i druge objekte. Procene perspektiva razvoja ove proizvodnje moraju biti sveobuhvatne, zasnovane na svim relevantnim činjenicama, ali i na realnim sagledavanjima budućih kretanja u svetskoj proizvodnji.

### 1.1. RUDNE REZERVE, MINEROLOŠKI POTENCIJAL RTB-BOR

Ukupne geološke rudne rezerve RTB-Bor po lokalitetima date su u tabeli br. 1:  
TABELA 1 - Geološke rudne rezerve u RTB-Bor

Ležište	Ruda (t)	Cu (%)	Cu (t)	Au (g/t)	Au (kg)	Ag (g/t)	Ag (kg)
„Borska reka“	1.007.832.732	0.53	5.374.128	0.16	163.978	1.69	1.708.084
„T.Roš“, „P2A“ i „Brezonik“	14.664.684	0.73	106.428	0.25	3.710	1.59	23.294
„T“	220.998	5.11	11.308	2.62	579	7.23	1.598
„Veliki Krivelj“	617.877.887	0.31	1.969.766	0.056	34.683	0.243	150.445
„Depo topioničke šljake“	8.230.246	0.72	58.846	0.28	2.321	4.50	37.036
„Cerovo“	319.377.890	0.31	990.392	0.15	46.168	0.86	275.399
„Kraku Bugaresku Cementacija“	70.092.715	0.30	208.235	0.09	6.104	1.20	83.983
„Južni Revir“	404.596.830	0.32	1.298.936	0.18	70.842	1.34	539.980
„Severni Revir“ (procenjene)	210.502.353	0.32	677.729	0.25	52.712	2.02	424.203
UKUPNO	2.653.396.335	0.40	10.695.768		381.097		3.244.022

Iz prikazane tabele može se videti da su:

- **Ukupne geološke rezerve u jamskoj eksploataciji (A+B+C1) ..... 1.022.718.414 t**
- Ukupna količina bakra..... 5.491.864 t
- Ukupna količina zlata ..... 168.267 kg
- Ukupna količina srebra ..... 1.732.976 kg
- **Ukupne geološke rudne rezerve u površinskoj eksploataciji (A+B+C1) ..... 1.630.677.921 t**
- Ukupna količina bakra ..... 5.203.904 t
- Ukupna količina zlata ..... 212.830 kg
- Ukupna količina srebra..... 1.511.046 kg

Rezerve koje se na ekonomski isplativ način mogu eksploatisati su bilansne rudne rezerve:

- <b>Ukupne bilansne rudne rezerve</b>	
<b>u podzemnoj eksploataciji (A+B+C1).....</b>	<b>320.950.251 t</b>
- Ukupna količina bakra .....	1.622.554 t
- Ukupna količina zlata .....	65.988 kg
- Ukupna količina srebra .....	520.457 kg
- <b>Ukupne bilansne rudne rezerve</b>	
<b>u površinskoj eksploataciji (A+B+C1) .....</b>	<b>756.972.102 t</b>
- Ukupna količina bakra .....	2.501.268 t
- Ukupna količina zlata .....	75.458 kg
- Ukupna količina srebra .....	517.262 kg

Dovoljno istražene rudne rezerve u Boru i Majdanpeku mogu obezbediti eksploataciju bakra u narednih 50-60 godina sa godišnjim kapacitetom proizvodnje od 80-85.000 tona bakra, ne računajući potencijalne i nove rezerve koje će biti istražene. U pogledu kvaliteta, rudna ležišta Bora i Majdanpeka, sa prosečnim sadržajem bakra u rudi od 0,40%, u svetskim razmerima spadaju u grupu siromašnih ležišta. Prosečan sadržaj u ležištima aktivnih rudnika i rudnika u razvoju sa klasičnim metodama eksploatacije, krajem 2000. godine u zapadnom svetu, u Evropi bez Rusije, iznosio je oko 0,77%. Sadržaj bakra u ovim rudnicima je veoma različit: 70% rudnih rezervi ima prosečan ili veći sadržaj bakra u rudi, dok 30% ima, u različitim rasponima, niži sadržaj od prosečnog. Niži sadržaj bakra u rudnim rezervama ovih rudnika u odnosu na prosečan sadržaj u rudi koja se sada eksploatiše (0,89%), ukazuje da će, perspektivno, rudna ležišta Bora i Majdanpeka biti u povoljnijoj poziciji u rasporedu svetske proizvodnje bakra. Što se tiče pratećih metala, ležišta Majdanpeka imaju vrednost ovih metala iznad prosečnih vrednosti u svetu, dok je najveće ležište, Borska reka, približno na nivou tih vrednosti. Veliki Krivelj i druga značajnija ležišta i sa ovog stanovišta pripadaju grupi siromašnih ležišta.

Položaj, dubina, oblik, moćnost, lokacija i druga svojstva rudnog ležišta, veoma su važne komponente kvaliteta rudnih rezervi. One značajno utiču na nivo kapitalnih ulaganja i troškove proizvodnje i u pojedinim slučajevima eksploatacija može biti i tehnički neizvodljiva zbog visokih troškova proizvodnje i velikih investicija.

Iako je sadržaj bakra u rudi veoma važan faktor proizvodnje bakra, sa aspekta perspektive proizvodnje bakra u Boru i Majdanpeku, mnogo je važniji raspored svetske proizvodnje prema nivou troškova i mesto koje može imati ta proizvodnja u tom rasporedu. Sadržaj bakra u rudi, kao što smo videli, i nije uvek presudan faktor nivoa troškova pojedinih rudnika i zemalja proizvođača bakra i u mnogim slučajevima pozitivni efekti natprosečnog sadržaja mogu biti umanjeni ili u celosti poništeni negativnim uticajem drugih faktora, među kojima su posebno značajni uslovi eksploatacije mikro i makro lokacija, potrebna infrastruktura, sadržaj pratećih metala, odnos rude i jalovine i sl. Analize pokazuju da, pod uslovom da se izvrši modernizacija proizvodnih kapaciteta, bitno poveća produktivnost rada i smanje troškovi na nivo savremenih rudnika u svetu, proizvodnja bakra iz rudnih ležišta Bora i Majdanpeka objektivno bi mogla imati povoljnije mesto u rasporedu svetske proizvodnje prema nivou troškova u odnosu na mesto koje ima prema sadržaju bakra u rudi.

Povoljnije mesto proizvodnje bakra iz ležišta u Boru i Majdanpeku, u rasporedu svetske proizvodnje sa aspekta nivoa troškova, može se objasniti povoljnom lokacijom ovih ležišta, integrisanim rudarskim i metalurškim kapacitetima, niskim troškovima transporta koncentrata rafinisanog bakra i reporomaterijala, povećanjem tehnološkog iskorišćenja metala iz rude i koncentrata, decenijskim iskustvom i znanjem u ovoj oblasti, niskim zaradama radnika i drugim prednostima.

Posebno je važno imati u vidu i da se oko 90% rudnih rezervi nalazi u zahvatu aktivnih rudnika, što omogućuje maksimalno korišćenje već izgrađenih proizvodnih kapaciteta, nisu potrebna veća dodatna ulaganja u infrastrukturne, stambene, komunalne i druge objekte, a nova ulaganja u rekonstrukciju, modernizaciju i proširenje proizvodnih kapaciteta čini 30-35 % investicija u nove kapacitete. To su velike prednosti proizvodnje bakra iz ovih ležišta u odnosu na mnoga druga ležišta u svetu. Potpuno je pogrešno isplativost eksploatacije ovih ležišta u kraćem periodu posmatrati nezavisno od već izgrađenih kapaciteta koji su u funkciji.

Nizak sadržaj bakra u rudi i relativno visoki troškovi čine ovu proizvodnju veoma osetljivom na promene tržišnih cena bakra, te se krupne razvojne odluke u ovoj oblasti mogu donositi samo na osnovu sagledavanja dugoročnih tendencija, pri čemu treba imati u vidu da se svetske cene bakra, u dužem periodu, ne formiraju na nivou prosečnih troškova proizvodnje u svetu, već se kreću iznad tih troškova da bi se pokrili troškovi marginalnih proizvođača bakra.

Perspektive rudničke proizvodnje bakra u Boru i Majdanpeku treba posmatrati prvenstveno u kontekstu prerade koncentrata u metalurškim kapacitetima u Boru. Svaka druga alternativa je ekonomski nepovoljnija, jer podrazumeva veće troškove proizvodnje i prodaje. U slučaju prerade koncentrata bakra u drugim kapacitetima, samo transportni troškovi bi iznosili 100 do 150 dolara po toni bakra, čime bi isplativost proizvodnje u ovim rudnicima bila umanjena. Rekonstrukcijom i modernizacijom ovih kapaciteta, pored konačnog rešenja ekoloških problema, stvaraju se uslovi za dugoročnu proizvodnju od 65-80.000 tona katodnog bakra iz domaćih i uvoznih sirovina, zavisno od projektovanog kapaciteta, a ekonomski efekti su, u celini, znatno povoljniji. Važno je imati u vidu i potrebe za bakrom u zemlji sve prednosti snabdevanja iz sopstvenih izvora, što je, takođe, veoma značajno sa stanovišta ocene perspektive ove proizvodnje.

## **2.0. RAZVOJ RUDARSKE INDUSTRIJE U RTB-BOR**

U prethodnom poglavlju dati su najvažniji elementi za ocenu perspektive proizvodnje bakra u RTB Bor. Potpunija ocena zahteva detaljnije analize svakog rudnog ležišta, uvažavajući sve specifičnosti koje se pritom pojavljuju. Na osnovu tih elemenata generalno se može zaključiti da postoje realne pretpostavke za dugoročnu proizvodnju bakra iz ležišta Bora i Majdanpeka, i da ta proizvodnja može biti isplativa pod pretpostavkom da se proizvodni kapaciteti znatno povećaju i modernizuju u skladu sa savremenim dostignućima u razvoju tehnike i tehnologije i poboljšaju ekonomski parametri. Sa osiromašenjem rudnih ležišta u svetu i razvojem nauke i tehnike, ekonomski značaj rudnih ležišta Bora i Majdanpeka biće sve veći, pa zato ležišta u Boru i Majdanpeku predstavljaju veliki privredni potencijal naše zemlje koje treba u okviru strateškog razvoja najracionalnije iskoristiti.

Strateški razvoj RTB-Bor u oblasti rudarske proizvodnje bakra baziraće se na masovnoj eksploataciji rude bakra površinskim načinom otkopavanja na ležištima Veliki Krivelj, Cerovo u Boru i ležištu „Južni Revir“ u rudniku bakra Majdanpek.

Takođe značajni činilac strateškog razvoja RTB-Bor predstavljaće i proizvodnja rude jamskom eksploatacijom iz postojećih manjih bogatih rudnih tela bakrom i zlatom, kao i budućom eksploatacijom ležišta „Borska Reka“.

## **2.1. OSNOVNA KONCEPCIJA DUGOROČNE PROIZVODNJE U RTB BOR**

Dugoročno planiranje proizvodnje u kompaniji RTB – Bor u narednih deset do petnaest godina baziraće se na:

1. Masovnoj eksploataciji površinskim načinom otkopavanja u
  - Rudniku bakra Cerovo, (ležište Cerovo 1 i Cerovo 2, Cerovo Primarno i Drenova), sa kapacitetom od  $2.5 \times 10^6$  tona rude godišnje u I fazi i sa kapacitetom od  $5,0 \times 10^6$  t rude godišnje u II fazi.
  - Rudniku bakra Veliki Krivelj sa kapacitetom od  $10.6 \times 10^6$  tona rude godišnje
  - Rudniku bakra Majdanpek – ležište „Južni Revir“ sa kapacitetom od  $8.5 \times 10^6$  tona rude godišnje.
2. Intenzivnijoj podzemnoj eksploataciji u ležištu „Borska Reka“ posle utvrđivanja adekvatne metode otkopavanja sa očuvanjem okoline i izgradnje potrebnih infrastrukturnih objekata pripreme, razrade, odvodnjavanja i provetravanja jame.
3. Primeni novih tehnologija u rudarstvu i metalurgiji.

### **2.1.1. POVRŠINSKI KOP I POGON PRERADE U RUDNIKU CEROVO**

Rudnik bakra Cerovo, nalazi se na oko 25 km severozapadno od Bora. Otvoren je 1993. god., a privremeno zatvoren decembra 2002. god. U sadašnjim uslovima postoje realne mogućnosti da se rudnik ponovo otvori. Na površinskom kopu Cerovo postoji sva potrebna infrastruktura: pristupni putevi, vodovodna i kanalizaciona mreža, elektroenergetsko napajanje sa trafostanicom i benzinskom pumpom, telefonska mreža, sistem odvodnjavanja itd. Takođe postoji postrojenje za pripremu i preradu rude do nivoa mlevenja sa pripadajućom infrastrukturom. U periodu rada rudnika pulpa se hidrotransportom dužine 14 km transportovala do flotacije u Boru gde se vršila flotacijska koncentracija i dobijao koncentrat. Godišnja proizvodnja je bila 2.500.000 t rude.

Postojeća infrastruktura će biti i dalje u funkciji za buduću proizvodnju uz neohodnu rekonstrukciju, revitalizaciju i dogradnju.

Pipremajući se za ponovno pokretanje rudnika izvršena je defektaža opreme, instalacija agregata i objekata na tehnološkoj liniji za preradu rude. Na osnovu obavljene defektaže izvršena je procena investicionih ulaganja za dovođenje celog pogona u funkcionalno stanje za instalisani kapacitet od 2,5 mt rude godišnje, a odnosi se na:

- Mašinske i elektro radove na primarnom, sekundarnom i tercijalnom drobljenju i mlevenju sa zgušnjivačem;
- Merno regulacionu tehniku primarnog, sekundarnog i tercijalnog drobljenja i mlevenja.
- Sanaciju postojećeg hidrotransporta pulpe i izgradnja nove deonice do flotacije Veliki Krivelj.

### **2.1.2. MOGUĆI KONCEPT RAZVOJA RUDNIKA CEROVO**

Dalji planirani razvoj rudarstva na ovom lokalitetu zasniva se na nastavku proizvodnje na kopu Cementacija 1 i otvaranju novog kopa Cementacija 2. U narednoj fazi otvoriti ležište Cerovo – primarno i Drenova.

Proizvodnja do nivoa mlevenja obavljala bi se u postojećim kapacitetima u Cerovu, a dalji transport pulpe obavljao bi se novim hidrotransportom do flotacije Veliki Krivelj sa kapacitetom od 2.500.000 t rude godišnje u I fazi, a sa 5.000.000 t rude godišnje u II fazi u zavisnosti od mogućnosti izgradnje nedostajućih prerađivačkih kapaciteta.

Razmatrajući mogući dalji koncept razvoja rudarstva na lokalitetu ležišta Cerovo, izvršena je optimizacija otkopavanja površinskim kopovima na osnovu određenih tehnoeekonomskih parametara eksploatacije.

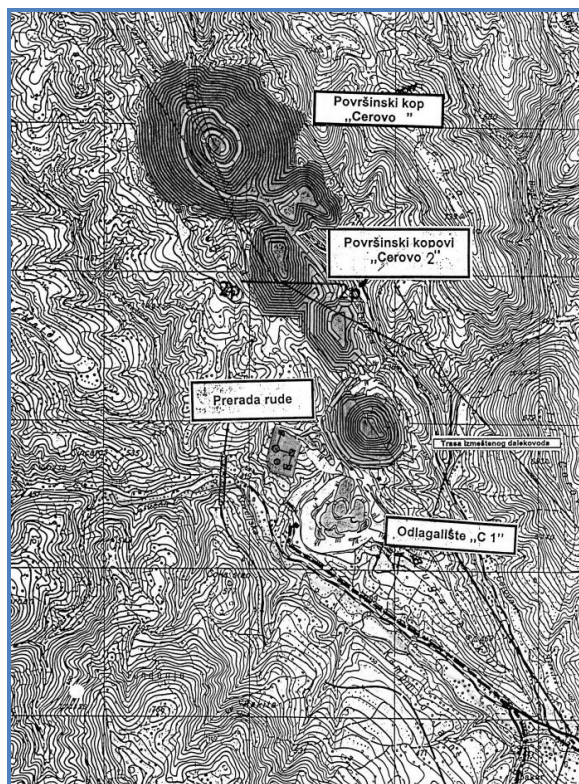
Na osnovu izvršene optimizacije programskim paketom „GEMCOM“ i „WHITTLE“ , definisane su granice kopova i izvršen obračun masa.

U narednoj tabeli dat je zbirni obračun za kopove Cementacija 1 i 2 (C1/C2) i za kopove Cerovo CPD (Cerovo – primarno i Drenova):

**Tabela 2. Zbirna tabela obračuna za kopove Cementacija 1/2, Cerovo CPD**

<b>Elementi</b>	<b>CEMENTACIJA 1 i 2</b>	<b>Cerovo CPD</b>	<b>UKUPNO</b>
<b>Ruda (t)</b>	<b>30911833</b>	<b>98 295 751.0</b>	<b>129,207,584</b>
<b>Jalovina (t)</b>	<b>22151493</b>	<b>100,769,987.0</b>	<b>122,921,480</b>
<b>Iskop (t)</b>	<b>53,063,326</b>	<b>199,065,738</b>	<b>252,129,064</b>
<b>Cu (t)</b>	<b>94,698.30</b>	<b>327,968.000</b>	<b>422,666.3</b>
<b>Ag (kg)</b>	<b>37,191.12</b>	<b>106,517.000</b>	<b>143,708.1</b>
<b>Au (kg)</b>	<b>2,771.06</b>	<b>16413.7</b>	<b>19,184.8</b>
<b>Cu (%)</b>	<b>0.306</b>	<b>0.334</b>	<b>0.327</b>
<b>Ag (%)</b>	<b>1.203</b>	<b>1.084</b>	<b>1.112</b>
<b>Au (%)</b>	<b>0.090</b>	<b>0.167</b>	<b>0.148</b>

Ukupne eksploatacione rudne rezerve se mogu povećati novom optimizacijom kopova obzirom na trend rasta cena metala na svetskom tržištu.



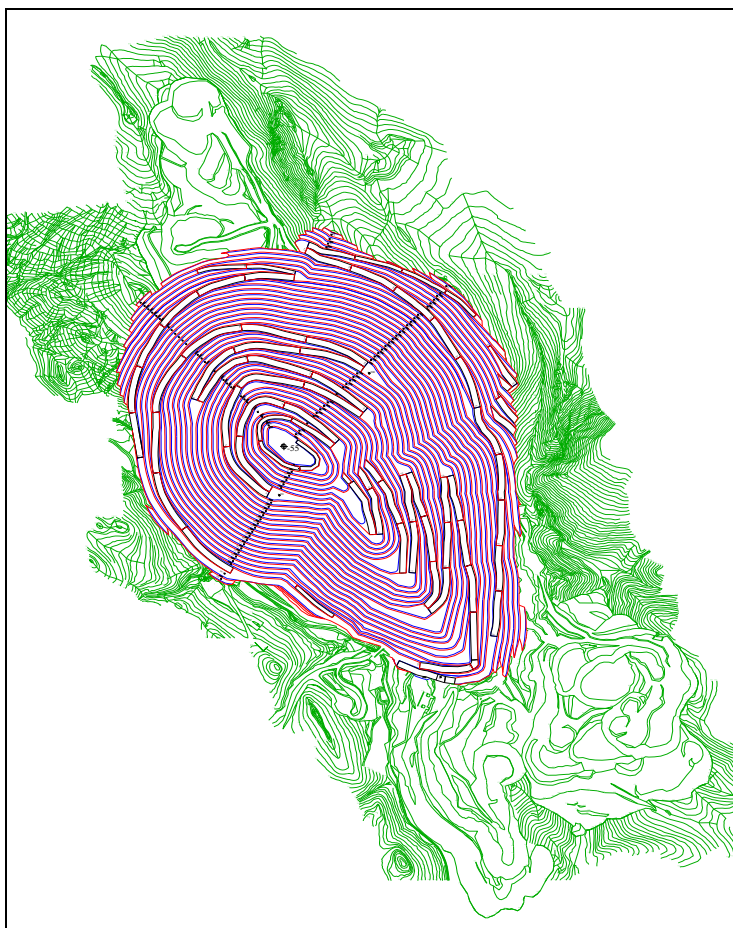
Slika 1 Eksploataciono polje rudnika Cerovo

## 2.2. RUDNIK BAKRA VELIKI KRIVELJ

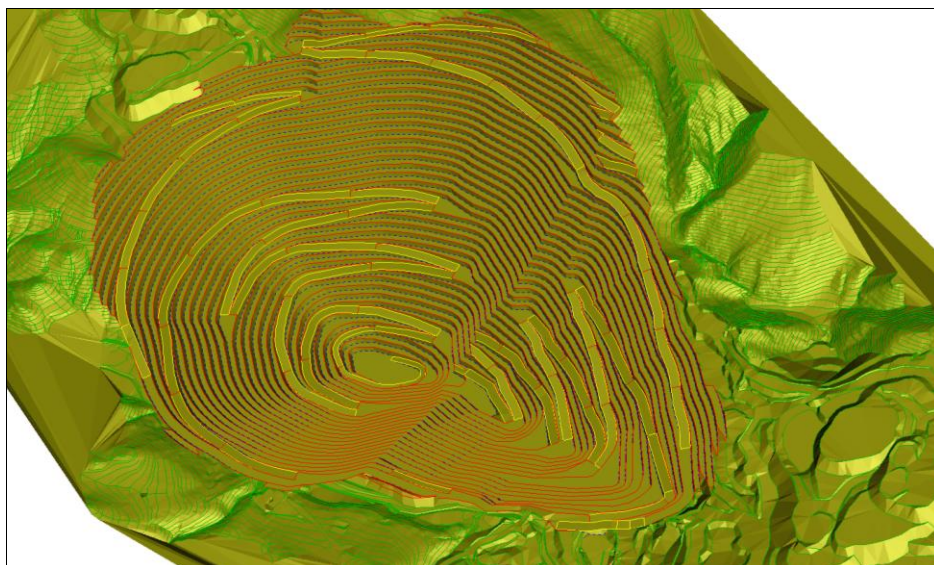
### 2.2.1. KONCEPT RAZVOJA POVRŠINSKOG KOPA VELIKI KRIVELJ

Na osnovu overenih rezervi A, B i C<sub>1</sub> kategorije (*Elaborat o rezervama ležišta bakra „Veliki Krivelj“, stanje 30.06.2010*, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, 2010. godina) i zahteva u pogledu godišnjeg kapaciteta otkopavanja rude od 10,6 miliona tona i perioda eksploatacije od 20 godina, konstruisan je površinski kop u konačnoj konturi do K-55, prikazan na slikama 2 i 3.





*Slika 2. Izgled završne konture kopa I Faze (2D prikaz)*



*Slika 3. Izgled završne konture kopa I Faze (3D prikaz)*

Kop je visinsko-dubinskog tipa, razvijen u 41 etaži. Generalni ugao kopa kreće se od  $32,5^\circ \div 35,4^\circ$  zavisno od stenske sredine i dubine kopa.

Koncepcijski razvoj kopa u narednom dvadesetogodišnjem periodu eksploatacije opredeljen je na osnovu sledećih uslova:

- maksimalnom iskorišćenju ležišta;
- održanju kontinuiteta u otkopavanju rude, sa pripadajućim količinama otkrivke;
- mogućnosti otkopavanja partija rude sa različitim sadržajima bakra i pravljenje određenog odgovarajućeg kompozita;
- stvaranje mogućnosti za nesmetan rad više jedinica primenjene osnovne opreme, odnosno njihov rad na različitim lokacijama na kopu;
- obezbeđenje potrebne sigurnosti, kako pri izvođenju rudarskih radova, tako i nakon završetka otkopavanja na površinskom kopu.

Da bi se postigli maksimalni ekonomski efekti eksploatacije, tj što veća vrednost PV za odabranu konačnu granicu kopa, kao i s obzirom na stanje rudarskih radova na površinskom kopu, njegov dalji razvoj definisan je kroz 4 faze. Koncepcija otkopavanja sastoji se u tome da dve i više faza budu u istovremenom radu čime se postiže kontinuitet na otkopavanju rude, mogućnost usrednjavanja sadržaja rovne rude, što podrazumeva više aktivnih otkopnih radilišta na rudi i održanje kontinuiteta na raskrivanju ležišta.

Povećanje kapaciteta otkopavanja rude sa sadašnjih 8,5 miliona tona na 10,6 miliona tona na godišnjem nivou neminovno zahteva pored proširenja flotacijskih kapaciteta za preradu rude i značajno povećanje količina raskrivke po godinama.

Maksimalna potrebna količina jalovine koja omogućava kontinuitet na otkopavanju rude, za godišnji kapacitet od 10,6 miliona tona, iznosi 20,4 miliona tona, a otkopavaće se u periodu od 2011. do 2018. godine, a zatim konstanto opada. Ova količina jalovine zahteva povećanje kapaciteta na:

- utovaru i transportu iskopina
- transportu jalovine transportnim sistemom za jalovinu.

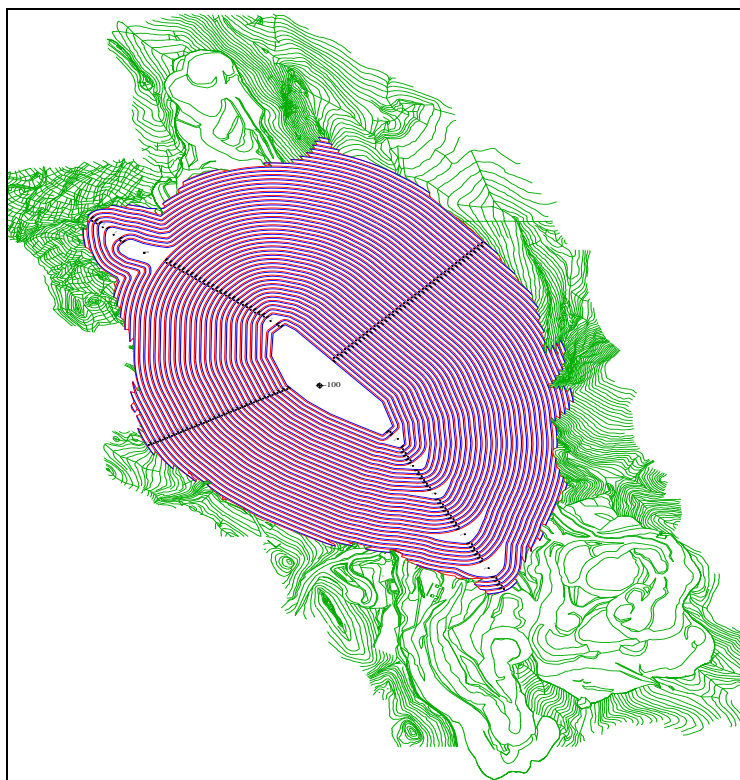
Iz tih razloga u toku je montaža druge drobilice na transportnom sistemu za jalovinu, čime će se postići projektovani kapacitet. Drobilica će naizmenično raditi u dvostrukom režimu – režim drobljenja rude i režim drobljenja jalovine. Startovaće sa radom od jula 2011. godine.

**Ukupne eksploatacione količine rude i jalovine za konačno usvojenu konturu površinskog kopa Veliki Krivelj za vek eksploatacije od 20 godina, I faza, iznose:**

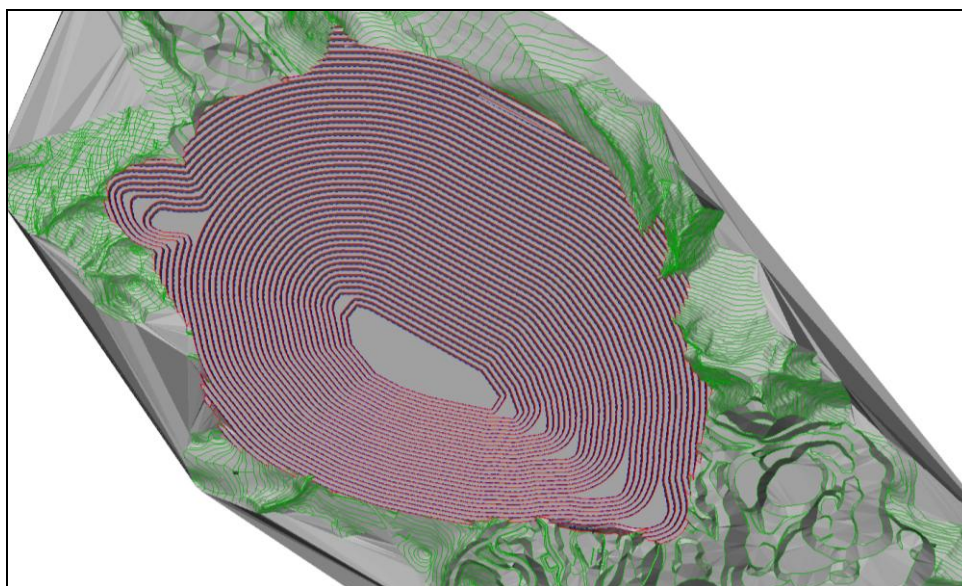
- ❖ ukupna količina iskopina, t ..... 446 078 484
- ❖ količina jalovine, t ..... 233 481 038
- ❖ količina rude, t ..... 212 597 445
- ❖ granični sadržaj bakra u rudi, %  $C_u$  ..... 0,150
- ❖ prosečan sadržaj bakra u rudi, %  $C_u$  ..... 0,316
- ❖ koeficijent raskrivke, t/t ..... 1,098

#### **NASTAVAK RADA KOPA VELIKI KRIVELJ**

Na osnovu bilansnih rudnih rezervi ležišta Veliki Krivelj, moguće je nastaviti eksploataciju. Za iste tehno – ekonomske uslove definisana je granica kopa za naredni period od 20 godina, odnosno za ukupni period eksploatacije od 40 godina, kojim se zahvata više od 50 % rezervi rude u ležištu i predstavlja II fazu razvoja kopa do K-100. Konstrukcija kopa data je na slikama 4. i 5.



Slika 4. Izgled završne konture II Faze bez transportnih puteva (2D prikaz)



Slika 5. Izgled završne konture II Faze bez transportnih puteva (3D prikaz)

Osnovni eksploatacioni parametri II faze su:

- ❖ ukupna količina iskopina, t ..... 466 695 144
- ❖ količina otkrivke, t ..... 269 634 381

- ❖ količina rude, t ..... 197 060 764
- ❖ granični sadržaj bakra u rudi, %  $C_u$  ..... 0,150
- ❖ prosečan sadržaj bakra u rudi, %  $C_u$  ..... 0,332
- ❖ koeficijent otkrivke, t/t ..... 1,368

Osnovni eksploatacioni parametri za konačnu granicu kopa K-100 su:

- ❖ ukupna količina iskopina, t ..... 912 773 628
- ❖ količina otkrivke, t ..... 503 115 419
- ❖ količina rude, t ..... 409 658 209
- ❖ granični sadržaj bakra u rudi, %  $C_u$  ..... 0,150
- ❖ prosečan sadržaj bakra u rudi, %  $C_u$  ..... 0,324
- ❖ koeficijent otkrivke, t/t ..... 1,228

### **2.3. RUDNIK BAKRA MAJDANPEK POVRŠINSKI KOP „JUŽNI REVIR“**

Proizvodnja rude i bakra u koncentratu u Rudniku bakra Majdanpek datira još od pre pedeset godina na kopovima Južni i Severni Revir. Trenutno je aktivan kop na Severnom Reviru, ali u okviru dugoročnog programa razvoja proizvodnje, biće obrađeno otkopavanje ležišta „Južni Revir“, kao ležište sa overenim geološkim rudnim rezervama i nekadašnjim usvojenim konceptom eksploatacije iz 1997. god. Od tada pa do 2005. god. radovi su se delimično odvijali po tom konceptu u vrlo nepovoljnim ekonomskim uslovima za proizvodnju, a nakon toga potpuno se odustalo od realizacije koncepta, kada je kop „Južni Revir“ prestao sa radom.

U sadašnjim uslovima, povećanjem cene bakra na svetskom tržištu, a posebno kreditnom podrškom od strane Vlade Republike Srbije, stvoren je mnogo povoljniji privredni ambijent, a kupovinom nove visokokapacitivne rudarske mehanizacije stvoreni su uslovi za raskrivanje ležišta „Južni Revir“ i povećanje proizvodnje rude u rudniku bakra Majdanpek sa sadašnjih 3,7 MT na 8,5 MT rude godišnje.

Za potrebe izrade dugoročnog plana proizvodnje bakra u RTB-Bor, definisana je nova strategija razvoja rudnika bazirana na postojećim rudnim rezervama i ciljnim kapacitetom prerade rude od 8,5 miliona tona rude godišnje, pri čemu su maksimalno uvaženi novonastali tržišni uslovi, odnosno znatno povećanje cene bakra na svetskom tržištu.

Zbog toga su geološke rudne rezerve, sa stanjem radova maj 2010. god. obračunate za granični sadržaj od 0,15% Cu, a u prethodnom elaboratu granični sadržaj je bio 0,20 % Cu. Ukupne količine rude od K+545 do K-100 za granični sadržaj 0,15 % Cu iznose 480.089.282 t srednjeg sadržaja 0.316 % Cu, 1.351 g/t Ag i 0.176 g/t Au.

Sagledavanje mogućeg razvoja proizvodnje bakra i plemenitih metala u ovom referatu, treba da definiše osnovne elemente otkopavanja za period 2011 – 2023 godine vodeći računa o mogućnostima održanja daljeg razvoja otkopavanja. Ovo će biti prva faza razvoja kopa do K+65, a konačna dubina će biti K-100 u sledećoj fazi razvoja kopa.

#### **2.3.1. KONCEPT RAZVOJA RUDNIKA BAKRA MAJDANPEK**

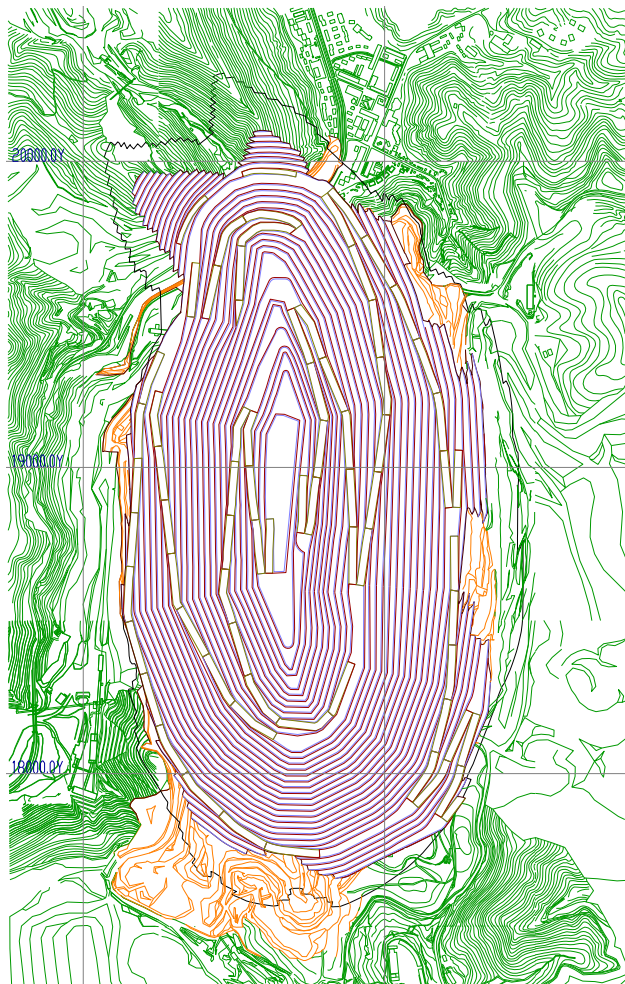
Koncept razvoja rudnika bakra Majdanpek je zasnovan na proširenju, odnosno rekonstrukciji površinskog kopa „Južni Revir“, kojim će se omogućiti ostvarivanje kapaciteta od 8,5 miliona tona rude godišnje u

periodu do 2023.godine, što predstavlja prvu fazu razvoja kopa. Rekonstrukcijom površinskog kopa projektovan je kop od K+575 do K+65 (dubina kopa 530m) sa dužom osom kopa od 2650 m i kraćom osom od 1250 m i sa generalnim uglom kosine od 38°, 39° i 40°.

Obračun masa za otkopavanje, sa stanjem kopa od 01.01.2001., izvršen je Gemcom softverom na osnovu blok modela ležišta, a zahvaćene iskopine u ovom zahvatu, utvrđene optimizacijom granice kopa i dinamikom otkopavanja softverom Whittle 4D FX, iznose:

Ruda	94.212.906 t
Srednji sadržaj bakra u rudi	0.389 % Cu
Količina bakra u rudi	366.773 t
Sadržaj zlata u rudi	0.234 g/t
Količina zlata u rudi	22.072 kg
Sadržaj srebra u rudi	1.513 g/t
Količina srebra u rudi	142.559 kg
Jalovina	202.557.651 t
Iskopine	296.770.558 t
Srednji koeficijent raskrivke	2.15

Izgled kopa u prvoj fazi do K+65 dat je na slici 6.

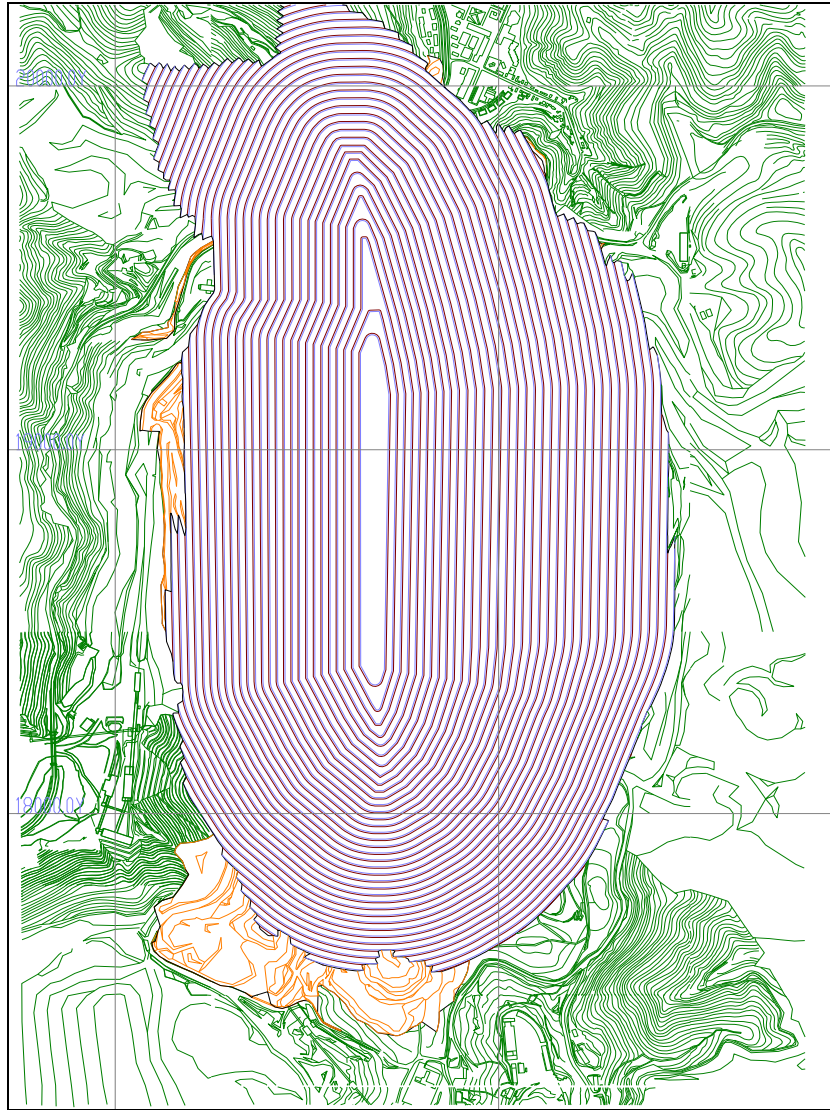


*Slika 6. Izgled završne konture kopa u I fazi na K+65*

### **NASTAVAK RADA KOPA JUŽNI REVIR**

Optimizacijom granice kopa pri istim tehno-ekonomskim uslovima, moguće je nakon završetka prve faze nastaviti dalju eksploataciju do konačne ekonomske granice.

Izgled kopa proširenog do konačne ekonomske granice II faza prikazan je na slici 7.



Slika 7. Izgled završne konture kopa u II fazi

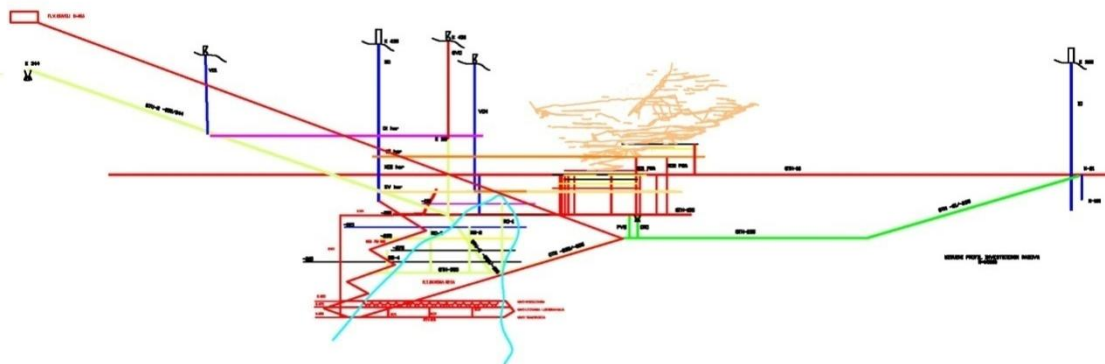
Osnovni eksploatacioni parametri za konačnu granicu kopa su:

- ❖ ukupna količina iskopina, t ..... 620 429 481
- ❖ količina otkrivke, t ..... 428 948 898
- ❖ količina rude, t ..... 191 480 583
- ❖ granični sadržaj bakra u rudi, %  $C_u$  ..... 0,150
- ❖ prosečan sadržaj bakra u rudi, %  $C_u$  ..... 0,365
- ❖ količina bakra u rudi, t ..... 699 436
- ❖ srednji sadržaj zlata, g/t ..... 0,207
- ❖ količina zlata, kg ..... 39 625
- ❖ srednji sadržaj srebra, g/t ..... 1,489
- ❖ količina srebra, kg ..... 285 042
- ❖ koeficijent otkrivke, t/t ..... 2,240

## **2.4. LEŽIŠTE “BORSKA REKA”**

U ležištu "Borska reka" proračun ukupnih geoloških rezervi zahvaćenih blok modelom u konturi graničnih sadržaja 0,3%Cu koji pripadaju A,B,C1 i C2 kategorijama između etaža k+25 m i k -995 m iznosi preko milijardu tona rude i preko 5,5 miliona tona bakra, a u kategorijama A,B i C1 iznosi 556,9 miliona tona rude i 3,15 miliona tona bakra sa pratećim elementima (zlato, srebro, molibden, sumpor i dr.). Bilansne rezerve overene su na osnovu podataka istraživanja i izvršene su tehno-ekonomske ocene u delu ležišta iznad k-455 m. Do ovog nivoa obračunato je ukupno oko 320 miliona tona rude sa 0,50%Cu, 0,204 g/t Au i 35,89 g/t Mo. Kompanija RTB Bor nema mogućnost investiranja u otvaranje ležišta "Borska reka", ali se pruža mogućnost strateškog partnerstva sa potencijalnim investitorom. Rezerve rude iznad XVII horizonta k-155 m iznose preko 20 000 000 t rude sa sadržajem 0,5%Cu; 0,187 g/t zlata; 1,66 g/t srebra; 40,7 g/t molibdena.

Pored rudnog ležišta na XVII horizontu izgrađeno je postrojenje primarnog drobljenja sa tehnološkom linijom transporta i izvoza rude. Ležište je otvoreno i dobrim delom razrađeno za otkopavanje iznad XVII horizonta, tako da su potrebna mala investiciona sredstva i kratak vremenski period za izradu dodatnih prostorija i objekata. Studijom koju je izradio Rudarsko geološki fakultet iz Beograda utvrđeno je da je tehnički moguće izvršiti otkopavanje rude u otkopnom zahvatu iznad XVII horizonta otkopnom metodom sa očuvanjem površine i sa ekonomski prihvatljivim efektima. Zaključkom Studije konstatovano je da otkopavanje rude iznad XVII horizonta ni u kom slučaju ne ugrožava i ne umanjuje efekat otkopavanja ležišta "Borska reka" ispod XVII horizonta i ne isključuje primenu metode sa zarušavanjem. Jedna od potencijalnih varijanti otkopavanja ležišta "Borska reka" prikazana je na slici 8.



*Slika 8. Izgled potencijalne varijante otkopavanja ležišta "Borska Reka"*

## **3.0. PRIMENA NOVIH TEHNOLOGIJA U RUDARSTVU I METALURGIJI**

U kompaniji RTB-Bor tokom novog razvojno-investicionog ciklusa primenjivaće se i nove tehnologije koje imaju za cilj osavremenjavanje tehnologije, smanjenje troškova proizvodnje i maksimalnu zaštitu životne sredine.

Zbog velikog zagađenja životne sredine, kao posledica rada postojeće tehnologije odlaganja flotacijske jalovine i postojeće tehnologije topljenja koncentrata, uvešće se nove tehnologije odlaganja flotacijske jalovine u obliku paste i nova tehnologija topljenja koncentrata (fleš smelting) u topionici u Boru.



### **3.1. NOVA TEHNOLOGIJA ODLAGANJA JALOVINE PROCESA PRIPREME I KONCENTRACIJE U KOMPANIJI RTB-BOR**

U svetu se oko 98 % jalovina nastalih iz novih postrojenja procesa pripreme i koncentracije obojenih metala kao i ugljeva tretira na novi način, pretvaraju se u pastu i kao takve odlažu. Postoje svetski poznate firme iz USA, Kanade, Australije i Evrope koje se bave projektovanjem, izradom opreme i inženjeringom postrojenja za pravljenje paste kao i njenom odlaganju (The PasteGroup, Klohn Crippen Berger, WesTech, Dorr-Oliver Eimco, Golder Asc. (Paste Tec), Outokumpu i dr.

Danas preko 40 postrojenja u svetu za odlaganje jalovine iz procesa prerade koristi tehnologiju zgušnjavanja i odlaganja jalovine u obliku paste. Pasta tehnologija najviše se koristi za odlaganje jalovina iz procesa prerade boksita (crveni mulj), olovo-cinkanih ruda, ruda nikla, ruda zlata, a u zadnje vreme ruda bakra.

#### Tehničko-tehnološki razlozi

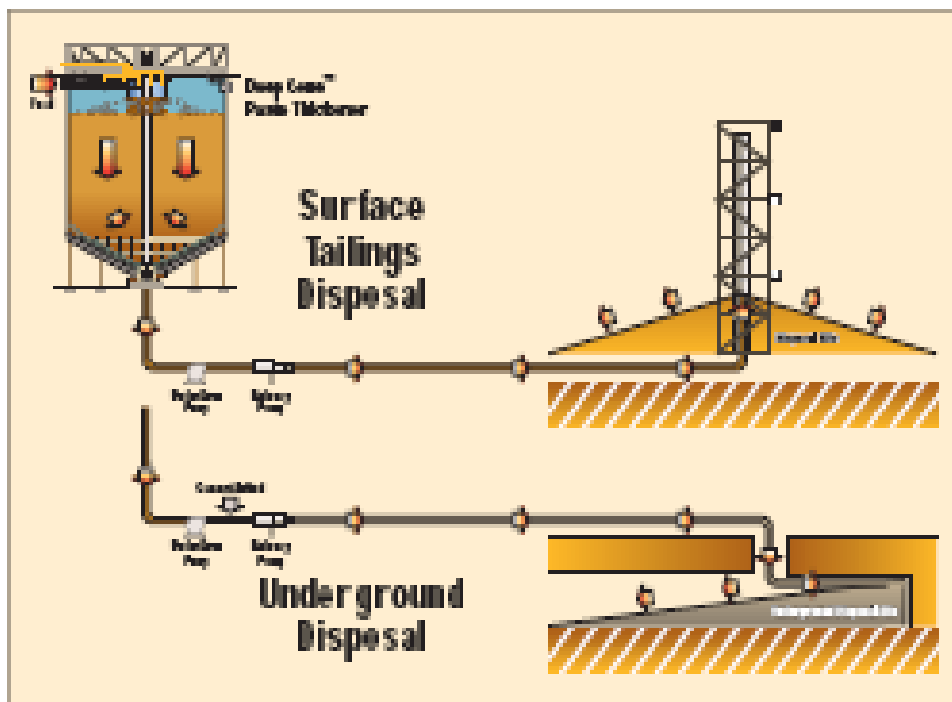
- maksimalni povraćaj vode u proces,
- totalno zapunjenje pomoću paste,
- jednostavnija gradnja potrebnih objekata,
- izostanak problema u cevovodima pri pušanju i zaustavljanju pumpi.

#### Ekološki razlozi

- prednosti vezane za mesto smeštaja (nema visokih barana i opasnosti od njihovog ekscesa, jalovina u obliku paste slabije se kreće a samim tim ne može da ugrozi ostale površine, mogućnost naknadnog odlaganja ostale rudničke jalovine, npr. raskrivke sa KOP-ova što takođe smanjuje potrebne površine za rudnički otpad, brza rekultivacija površina koja može da počne dok je jalovište i dalje u operativnoj upotrebi i smanjeno aerozagađenje jer je stvaranje prašine sa brana i polja minimalno).

#### Ekonomski razlozi

- iako su investicioni troškovi odlaganja jalovine u obliku paste veći od investicionih troškova odlaganja jalovine na tradicionalan način, zbog nižih operativnih troškova i smanjeni troškovi zaštite sredine, ukupni troškovi odlaganja jalovine u obliku paste su manji nego ukupni troškovi odlaganja jalovine procesa pripreme i koncentracije na klasičan način tj. sa visokim branama.



Slika br. 2 Načini odlaganja flotacijske jalovine u obliku paste

Pre 15-20 godina upotreba pasta tehnologije za tretman jalovine iz procesa pripreme i koncentracije smatrana je rizičnom i skupom opcijom. U zadnjih 10 godina pasta tehnologija za tretiranje jalovine se usavršila i postala vodeća tehnologija za tretman jalovine. Pokazala je sve svoje prednosti u odnosu na klasičan tretman jalovine i iz tih razloga kompanija RTB Bor, sagledavši te prednosti, prihvatila opciju da jalovine iz procesa pripreme i koncentracije koje će nastati u budućnosti tretira ovom tehnologijom odlaganja.

Kontaktirane su svetski poznate firme koje se bave pasta tehnologijom i u saradnji sa njima RTB Bor će do kraja 2015. god. početi sa primenom pasta tehnologije za odlaganje jalovine iz procesa pripreme i koncentracije iz flotacije Veliki Krivelj.

### 3.2. NOVA TEHNOLOGIJA TOPLJENJA KONCENTRATA BAKRA I REKONSTRUKCIJA TOPIONICE BAKRA U BORU

Primenom nove tehnologije topljenja koncentrata bakra u Boru ostvariće se sledeći važni ciljevi:

1. Radikalno će se rešiti ekološki problemi u Boru, kako bi Bor postao mesto pogodno za život;
2. Uvođenjem savremenih tehnologija povećava se efikasnost u proizvodnji i ekonomičnost poslovanja i ojačava konkurentska sposobnost preduzeća;
3. Obezbeđuju se savremeni kapaciteti za preradu sopstvenih koncentrata i proizvodnju bakra i plemenitih metala, koji su od posebnog strateškog značaja za državu Srbiju;
4. Izbegava se zaustavljanje topionice i sprečava otpuštanje velikog broja radnika, što bi produbilo i inače velike socijalne probleme u Boru;
5. Uz rudarsku proizvodnju stvaraju se uslovi za normalno snabdevanje prerađivačke industrije u Srbiji na bazi domaćeg bakra što će značajno uticati na nacionalnu ekonomiju i neto devizne efekte.

Rekonstrukcijom postojeće topionice bakra u boru i uvođenjem fleš-smelting tehnologije treba da se obezbedi:

- Proizvodnju oko 80.000 t bakra godišnje (60.000 t iz domaćih i 20.000 t iz uvoznih koncentrata);
- Tehnološko iskorišćenje metala 98 %;
- Vezivanje sumpora do nivoa od 98 %;
- Maksimalnu tehnološki opravdanu energetska efikasnost;
- Niske operativne troškove;
- Poštovanje svih ekoloških standarda.

**Tehnološki koncept rekonstrukcije je sledeći:**

- Zamena postojeće tehnologije prženja i topljenja autogenom fleš tehnologijom topljenja i to ugradnjom jedne linije kapaciteta oko 400.000 t koncentrata godišnje;
- Rekonstrukcija linije za tretman konvertorskog gasa;
- Izgradnja nove fabrike sumporne kiseline za preradu svih tehnoloških gasova;
- Zatvaranje ciklusa otpadnih voda i njihov tretman pre ispuštanja;
- Izgradnja sistema za tretiranje otpadnih gasovitih tokova.

Program rekonstrukcije topionice bakra u Boru podržava Vlada Republike Srbije.

U toku je priprema terena za početak izgradnje.

Procenjena vrednost investicija je oko 135 miliona €.

Procenjeni rok za realizaciju programa rekonstrukcije je 36 do 39 meseci.

***Literatura***

1. *Studija izvodljivosti kombinovane eksploatacije rude bakra na ležištima Kraku Bugaresku Cementacija i Cerovo, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, 2009.godine*
2. *Dopunski rudarski projekat otkopavanja ležišta Veliki Krivelj za kapacitet od 10,6 MT rude godišnje (IRM-Bor, 2011. god.)*
3. *Cvetanović N. (2005), Bakar u svetu, Bor*

# **AKTUELNO STANJE I PROBLEMATIKA RUDNIKA UGLJA SA PODZEMNOM EKSPLOATACIJOM**

## **CURRENT STATE OF COAL MINES WITH UNDERGROUND EXPLOATATION**

**Goran Bojić<sup>1</sup>, Zlatko Dragosavljević<sup>2</sup>, Miodrag Denić<sup>1</sup>**

*1 – JPPEU, Resavica 2 – Ministarstvo životne sredine, rudarstva i prostornog planiranja*

### **Abstrakt**

Posmatrajući ležišta uglja, odnosno čvrstih fosilnih goriva (ugalj i uljni škriljci) koja se mogu eksploatirati nekom od metoda podzemnog otkopavanja, može se konstatovati da ovaj resurs, dugoročno predstavlja veoma respektabilan energetska potencijal, s obzirom na bilansirane rezerve. Ako se ima u vidu usvojena Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine koja je definisala rast energetska potreba i proizvodnje električne energije uz povećano učešće domaćih energetska izvora, treba svakako razmišljati o izgradnji novih termoenergetska objekata na područjima ležišta sa značajnim rezervama uglja. Treba posebno naglasiti da bi se izgradnjom ovih termoenergetska objekata (TE Štavalj, TE-TO Zaječar i revitalizacija TE „Morava“) osim razvoja rudnika, omogućilo otvaranje novih radnih mesta, ravnomerni regionalni razvoj, zaustavljanje iseljavanja ljudi iz oblasti gde se nalaze rudnici, očuvanje višenacionalne strukture na peštarskoj visoravni i niz drugih pozitivnih efekata koji bi rezultirali rastom broja stanovnika i standarda stanovništva na prostorima gde su ležišta rudnika sa podzemnom eksploatacijom uglja. Na kraju, treba napomenuti da je nedavna kriza snabdevanja gasom evropskih zemalja, sigurnosni problem kod nuklearnih elektrana, vratila u prvi plan nekoliko bitnih principa svake energetska politike:

- sigurnost snabdevanja energijom, važnost pravilnog izbora optimalne kombinacije goriva i energenata, više snabdevača energijom i energentima, maksimalno korišćenje lokalnih goriva u obezbeđivanju energije za stanovništvo i industriju, što je uslov za energetska bezbednost države.

**Ključne reči:** Strategija, povećanje proizvodnje, ravnomerni regionalni razvoj

### **Resume**

Observing coal bearings, respectively solid fossil fuels (coal and oil shale) which can be exploited by one of the methods of underground exploitation, we can ascertain that this resource could be respectable energy potential for a long terms, regarding balance reserves. If we consider Strategic of energetic development of Republic of Serbia until year 2015. which has defined growth of energetic needs and production of electric energy along with higher involvement of domestic energetic sources, we should certainly think about construction of thermoenergetic objects on areas covering bearings with significant coal reserves. We should especially accent that construction of these thermoenergetic objects (TE-TO Štavalj and TE-TO Zaječar and revitalization of TE „Morava“) except mines development, would allow opening of new work places, balanced regional development, stopping of moving people from the areas where mines are located, keeping multinational structure on Pešter Hill, and a lot of other positive effects which could result in growth of population and living standard in the areas where mines with underground exploitation are located. In the end, we should notice that recent gas supplying crises of European countries and safety problems in nuclear plants, brought back in the first plan a few important principles of every energetic policy:

- certainty of energy supplying, importance of proper selection of optimal combination of fuel and energents, more suppliers of energy and energents, maximal use of local fuels in providing energy for population and industry, which is the condition of energetic security of any country.

**Key words:** Strategy, increase production, balanced regional development

## Uvod

Strategijom razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine definisani su Prioritetni programi razvoja energetskog sistema saglasno ciljevima energetske politike Srbije. Program Prioriteta pod nazivom „Tehnološke modernizacije postojećih rudnika uglja sa podzemnom eksploatacijom, otvaranje novih rudnika uglja i drugih sirovina sa energetske potencijalom i uvođenje novih i ekološko prihvatljivih tehnologija“ definisan je za sektor proizvodnje energetskih sirovina iz rudnika sa podzemnom eksploatacijom uglja u Srbiji.

U periodu do kraja 2010. godine proizvodnja uglja iz aktivnih rudnika JP PEU predviđena Strategijom nije ostvarena. Razloga za to ima više, a jedan od osnovnih je nedostatak sredstava za unapređenje i modernizaciju procesa proizvodnje. Za period do kraja 2012. godine, planira se povećanje proizvodnje iz JP PEU na nivo od 720.000 tona, što je manje od nivoa predviđenog Strategijom (1.350.000 t). Da bi se ostvario nivo proizvodnje koji predviđa Strategija, potrebno je pored modernizacije postojećih kapaciteta, pripremiti i aktivirati nove.

Činjenica je, da su najveći resursi energetskih izvora u Srbiji upravo čvrsta fosilna goriva, a siguran energetski izvor je samo onaj koji potiče iz sopstvenih energetskih resursa. Razvijene zemlje sveta pa i one koje poseduju bilo kakve energetske sirovinske potencijale, redovno ih istražuju i ažurno bilansiraju, pogotovo ako se radi o neobnovljivim energetskim sirovinama kao što su fosilna goriva.

Srbija nije imala pravi pristup razrešenju globalnih energetskih kriza koje su ostavile dubok negativan trag kod zemalja u razvoju. Već kod prve energetske krize svetskih razmera (1965. god). u momentu kada industrija uglja dostiže maksimum u svom proizvodnom razvoju, država napušta do tada ozbiljnu brigu o razvoju energetike, i to upravo kada 1964. godine dostiže svoj maksimum u proizvodnji uglja putem podzemne eksploatacije od **2.574.188** tona.

Od tada proizvodnja uglja konstantno opada, što se najbolje vidi iz naredne tabele:

Tabela 1. Proizvodnja uglja po godinama od 1970. do 2010. godine

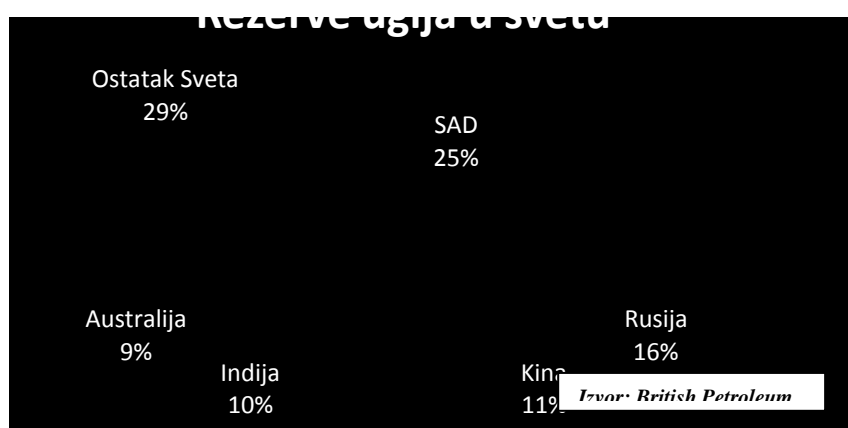
Godina	Proizvodnja (t)	Godina	Proizvodnja (t)	Godina	Proizvodnja (t)
1970	1.476.096	1994	686.393	2003	540.658
1975	1.300.269	1995	662.445	2004	534.261
1980	1.035.924	1996	651.239	2005	551.960
1985	1.035.870	1997	697.943	2006	491.809
1990	861.571	1998	634.013	2007	450.800
1991	954.180	1999	579.202	2008	513.000
1992	960.973	2000	623.230	2009	520.981
1993	687.765	2001	549.159	2010	552.186

Preorijentacija na energetska goriva (nafta i gas) iz uvoza u narednih desetak godina košta Srbiju gubitka proizvodnih kapaciteta i fizičkog uništenja najvećeg broja rudnika sa podzemnom eksploatacijom uglja. Ostatak rudnika gubi, sve do danas, svoju razvojnu komponentu, a time i korak sa savremenim i modernim proizvodnim dostignućima u industriji uglja, prelazeći na teret društva i sopstvenog standarda, jer se ukupna proizvodnja uglja iz podzemne eksploatacije svela, početkom XXI veka, u jednom trenutku čak i ispod 500.000 tona na godišnjem nivou. Kompleksnost uslova eksploatacije, novi tržišni uslovi i sve teža ostvarljivost profita doveli su podzemnu eksploataciju uglja u veoma teško stanje čiji će dalji opstanak zavisi od njene spremnosti za reorganizacijom i uvođenjem novih tehnologija u svim fazama

eksploatacije uglja. Uprkos sve većem broju izgrađenih nuklearnih elektrana i uvećanoj proizvodnji struje iz obnovljivih energetske izvora, uglj će još dugo biti dominantna sirovina za proizvodnju električne energije.

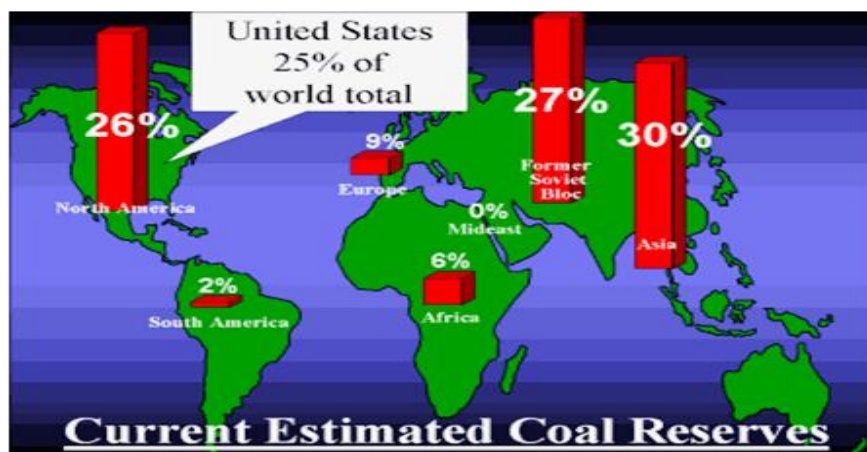
### 1.0. Rezerve uglja

Rezerve uglja u svetu iznose skoro bilion tona ( $909 \times 10^9$  t, a potrošnja  $6,94 \times 10^9$  t, *Izvor: International Energy Outlook, 2010*), a najveća koncentracija poznatih rezervi nalazi se u četiri države: SAD 25%, Rusija 16%, Kina 11% i Australija 9%. Iako su podaci o svetskim rezervama uglja približni, one su neiscrpne za duži vremenski period, koji se procenjuje na preko 100 godina. Prema tome, uglj trenutno nije deficitarna energetska sirovina ali je svakako količinski limitirana, a u ukupnim svetskim rezervama fosilnog goriva učestvuje sa preko 70%.



Slika 1. Raspored uglja u svetu

U ukupnim bilansnim rezervama uglja u Srbiji kameni uglj učestvuje sa 1%, mrki uglj sa 17%, a lignit sa 82%. Dok u svetskoj ekonomiji mrko-lignitski ugljevi imaju drugorazredni značaj, u ekonomiji Srbije ovi ugljevi imaju prioritetni značaj.



Slika 2. Raspored rezervi uglja u svetu

Za razliku od Evropske unije koja je odavno napustila koncept dominantnog oslanjanja na uglj kao primarni energent i supstituisala ga naftom i prirodnim gasom, u Srbiji je uglj još uvek osnovni primarni energent.

Više od 74 % ukupnih rezervi uglja u Srbiji (oko  $18,4 \cdot 10^9$ t) nalazi se u Kosovsko- metohijskom basenu, u Kolubarskom basenu se nalazi 14 %, u Kostolačkom 9 %, i ostalo 3 %.

Od ukupne proizvodnje uglja u svetu skoro 2/3 se dobija iz rudnika sa podzemnom eksploatacijom, odnosno oko 4,0 milijarde tona godišnje. U strukturi proizvodnje u Srbiji, PEU učestvuje sa 1,6 % u fizičkom i 3,1 % u energetsom obimu.

Figure 6. World net electricity generation by fuel

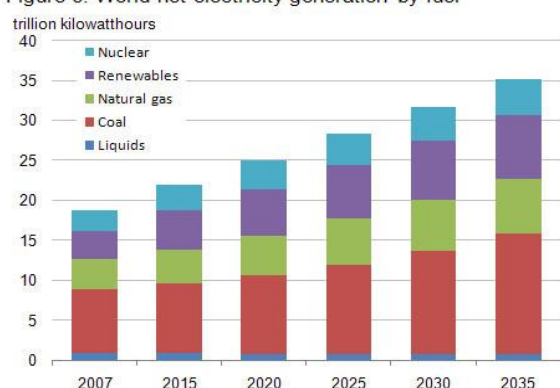
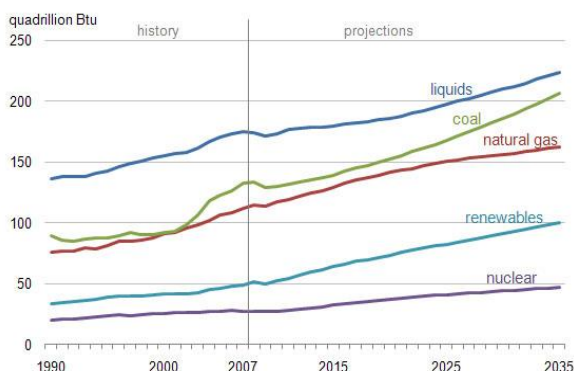


Figure 2. World marketed energy use by fuel type



Slika 3. Ukupna potrošnja energenata u svetu ,tečna goriva, prirodni gas, uglj, nuklearna energija i obnovljivi izvori energije. (Izvor: *International Energy Outlook, 2010*).  
1 mrd tona, približno = 18,7 Kvadriliona Btu (Britanska termička jedinica)

Da bi se ostvarila ovakva proizvodnja, neophodno je imati i moćnu visokoproduktivna mehanizaciju koja pored izuzetno visokih učinaka i velike produktivnosti, stvara uslove i za bezbedniji, efikasniji, pouzdaniji i humaniji rad.

### 1.1. Stanje geoloških i eksploatacionih rezervi uglja u Srbiji

Stanje geoloških i eksploatacionih rezervi uglja u aktivnim rudnicima sa podzemnom eksploatacijom, prikazano je u tabeli 2. Pregled eksploatacionih rezervi i energetski potencijal ležišta rudnika JP PEU, izražen je u GJ i Mtoe.

Tabela 2. Eksploatacione rezerve i energetski potencijal ležišta aktivnih rudnika

Rudnici	Geološke rezerve (t)	Eksploatacione rezerve (t)	DTE (kJ/kg)	GJ	Mtoe 1 toe=41,868 GJ
Vrška Čuka	1.506.900	1.114.755	21.110	23.532.478	562.063
Ibarski rudnici	2.573.120	2.444.464	14.934	36.506.465	871.942
REMBAS	6.535.799	5.264.436	18.100	95.286.292	2.275.874
Bogovina	2.033.740	1.862.992	16.615	30.955.150	739.351

Soko	58.022.430	38.294.804	18.239	698.458.927	16.682.405
Jasenovac	1.186.200	830.340	16.057	13.332.769	318.448
Lubnica	13.528.900	10.146.675	14.349	145.594.640	3.477.468
Štavalj (C. polje)	10.070.000	6.344.100	12.541	79.561.358	1.900.290
<b>U k u p n o:</b>	<b>95.457.089</b>	<b>65.709.717</b>		<b>1.123.228.046</b>	<b>26.827.841</b>

Jedna tona ekvivalentne nafte (Mtoe) iznosi 41,868 GJ ili 11,630 MWh električne energije ili 2 t kamenog uglja odnosno 5,586 t sirovog lignita.

Ukupna energetska vrednost eksploatacionih rezervi uglja iz aktivnih ležišta iskazana kroz GJ, pomnožena sa jediničnom cenom uglja koja iznosi 1,75 €/GJ, vrednost prirodnog kapitala izračunata po ovoj metodologiji iznosila oko dve milijardi €.

Ovde treba napomenuti da se bilansne rezerve uglja u ležištima u Srbiji, koje se mogu otkopati podzemnom eksploatacijom, procenjuju na oko 860 miliona tona (aktivni rudnici, ukupno ležište Štavalj, Ćirikovac i mala ležišta).

Po predhodno primenjenoj metodologiji obračuna, ukupna vrednost prirodnog kapitala u ležištima koja se mogu otkopati podzemnom eksploatacijom iznosi oko 25 h 10<sup>9</sup> €.

## 2. Tržište i pitanje cene uglja u Srbiji

Tržište uglja u sektorima industrija i široka potrošnja u Srbiji, snabdeva se iz četiri izvora: JP EPS (PD Kolubara, PD Kostolac), JP PEU, Rudnik Kovin i iz uvoza.

Od ukupne proizvodnje uglja za 2011 god, JP PEU planira da "TE Morava" isporuči 350.000 t, a ostalih 326.000 t sektorima industrije i široke potrošnje u Srbiji. U tabeli 3 dat je pregled isporuke uglja u TE Morava u poslednjih pet godina:

Tabela 3. Plasmani uglja iz JP PEU u TE „Morava“

Godina	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.
Tona	118.394	150.889	176.350	241.000	350.000 <sup>1)</sup>

1) – plan isporuke uglja za 2011 god

Energetskim bilansom za 2011 god predviđeno je snabdevanje ugljem TE Morava iz sledećih izvora: 350.000t JP PEU Resavica, 360.000t PD Kolubara i 90.000t PD Kostolac.

Posebno strateško pitanje podzemne eksploatacije kao i ostalih proizvođača uglja u Srbiji, predstavlja pitanje cene. Cena uglja u Srbiji od 1990. godine predstavlja socijalnu kategoriju a i danas je cena uglja u Srbiji niža od cene uglja u zemljama u okruženju, a višestruko niža od cena koje su na evropskom tržištu.

## 3. Programi obnavljanja i istraživanja novih ležišta uglja

Pored navedenih rudnika uglja, u Srbiji je u manjoj ili većoj meri istraženo preko 25 lokaliteta, koji mogu biti predmet kompleksne tehničko-ekonomske analize sa realnim očekivanjem da veći broj može dati pozitivne efekte u proizvodnji uglja.



Imajući u vidu zahteve za potrebnim kapacitetom proizvodnje uglja i za primenom savremene mehanizovane tehnologije podzemne eksploatacije, s jedne strane, kao i geološke rezerve, geomehaničke karakteristike i kvalitet uglja s druge strane, u cilju objektivnijeg sagledavanja mogućnosti podzemne eksploatacije ležišta uglja iz rudnika koji su navedeni kao zamenski kapaciteti, potrebno je nakon rezultata predmetne analize, preduzeti sledeće aktivnosti:

- izvršiti doistraživanje ležišta i izvršiti dodatna geofizička ispitivanja u funkciji definisanja seizmo-tektonskih uslova,
- pristupiti izradi studije izvodljivosti za ležišta koja se mogu otkopati podzemnom eksploatacijom,
- izraditi analize uticaja na životnu sredinu eksploatacije i korišćenja uglja iz pomenutih ležišta.

#### **4. Programi modernizacije i revitalizacije postojećih kapaciteta za proizvodnju**

Prvi osnovni program prioriteta Strategije razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine, se odnosi na JP PEU Resavica – "Uvođenje nove tehnologije otkopavanja za PEU i 'gašenje' neperspektivnih rudnika PEU" sa ciljem da se do 2015. godine sektorima industrije i opšte potrošnje obezbedi 1,5 Mt kvalitetnog uglja. Za realizaciju ovog programa predviđena su ulaganja od 65 mil. €. (*Izvor: Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine, Min. rudarstva i energetike Republike Srbije, 2004.*)

Prema geološkim potencijalima uglja, mogućnosti mehanizovanja sistema eksploatacije, infrastrukturi, tržišta i planovima JP PEU, moguće je nivo proizvodnje podići do 2014 godini blizu milion tona (sa ciljem od 1.500.000 tona u 2017 godini, i krajnjim ciljem od 2,5 - 3,0 miliona tona uz otvaranje novih ležišta), što se vidi u tabeli 4:

Tabela 4. Plan proizvodnje za period od 2011. do 2014. godine

Godina	2011.	2012.	2013.	2014.
Ib. rudn	150.000	150.000	200.000	200.000
Rembas	140.000	150.000	200.000	200.000
Soko	125.000	150.000	200.000	250.000
Jasenovac	64.000	70.000	70.000	70.000
Štavalj	82.000	100.000	100.000	100.000
Lubnica	78.000	100.000	150.000	150.000
Ostali	37.000	-	-	-
Ukupno	676.000	720.000	920.000	970.000



Slika 4. Odnos proizvodnje, izrada rud. prostorija i plasmana uglja

Da bi se ostvarila ovakva proizvodnja, neophodno je imati i adekvatnu mehanizaciju, koja pored visokih učinaka i velike produktivnosti, stvara uslove i za bezbedniji, efikasniji, pouzdaniji i humaniji rad.

#### 4.1. Investiciona izgradnja

U cilju osposobljavanja rudnika za povećanje i dostizanje planirane proizvodnje, neophodna je izrada novih kapitalnih investicionih rudarskih prostorija za otvaranje i razradu pojedinih ležišta i nabavka neophodne tehničko-tehnološke opreme. Planirana dinamika izrade prostorija u naredne 3 godine je na nivou od oko 11.000 m kapitalnih jamskih prostorija, odnosno 38.000 m koliko treba ukupno uraditi u JP PEU.

Izradom predviđenog obima kapitalnih prostorija u vrednosti od 15.500.000 €, otvoriće se oko 36.000.000 t uglja, što znači da koeficijent otvaranja po toni uglja iznosi:

$$K_o = 11.000/36.000.000 = 0,0306 \text{ sm/t}$$

„Strategijom restrukturiranja i privatizacije JP PEU Resavica“ jedan broj ležišta se zatvara ili konzervira (Vrška Čuka, Bogovina, Jarando, Senjski rudnik) i po tom osnovu se smanjuje broj zaposlenih sa sadašnjih 4048 na oko 3900. S obzirom da u strukturi troškova proizvodnje najveće učešće imaju upravo troškovi zaposlenih, jasno je da se povećanjem proizvodnje i smanjenjem broja radnika, uspešnost poslovanja podiže na viši nivo, što se može videti kroz parametar produktivnosti:

Planirana produktivnost za 2011 godinu je:

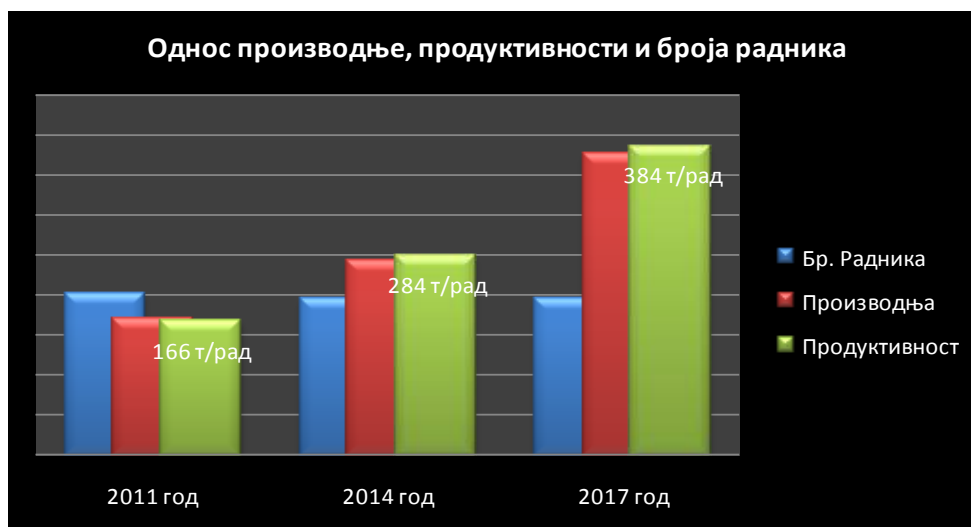
$$676.000 \text{ t}/4.048 = 166 \text{ t/radniku}$$

Projektovana produktivnost za 2014 godinu je:

$$970.000 \text{ t}/3.900 = 248 \text{ t/ radniku}$$

Projektovana produktivnost za 2017 godinu je:

$$1.500.000 \text{ t}/3.900 = 384 \text{ t/ radniku}$$



Slika 5. Odnos proizvodnje, broja radnika i produktivnosti

**Коефицијент укупних инвестиционих улагања** (израда рударских просторија, техничко-технолошка опрема и опрема за личну и колективну безбедност) по тони отворених резерви угља, износи:

Укупна улагања ----- 50.500.000 €  
 Отворене експлоатационе резерве угља ----- 36.000.000 т  
 $K_u = 1,40 \text{ €/t}$

С обзиром да је степен потпуног познавања лежишта на незадовољјавajuћем нивоу за оптимални избор механизованог откопавања угља, а у циљу за достизање нивоа од око милион тона угља у 2014. години, односно на 1,5 милиона тона у 2017. години, за механизовану израду рударских просторија и механизовано откопавање угља, примениће се различити системи прилагођени условима лежишта, а то су:

- Комбајни за механизовану израду рударских просторија,
- Механизована хидраулична подграда за откопавање угља,
- Хидрауличне покретне секције за механизовано откопавање угља,
- Опрема за транспорт и сервисирање рудника,
- Автоматизација процеса и
- Опрема за личну и колективну безбедност рудара.

Вредност неопходне опреме креће се на нивоу од око 35 милиона €. Оsvајање и увођење нове технологије код механизованог откопавања угља, а нарочито за континуирану израду подземних просторија и висок степен механизације и автоматизације, осигурава велике брзине напредовања, скраћује време инвестиционе изградње и омогућује одржавање производног капацитета на високим нивоу.

## 5. Стратешки правци развоја ЈП РЕСАВИЦА

Основа визија ЈП РЕСАВИЦА јесте исплатива подземна експлоатација угља која ће учествовати у подизању енергетског потенцијала државе и омогућити континуирано, ефикасно и исплативо снабдевање квалитетним угљевима.

Основне циљеве ЈП РЕСАВИЦА могуће је дефинисати кроз следеће процесе.

Kratkoročni ciljevi su:

- Promena organizacione strukture preduzeća,
- Rast proizvodnje,
- Rast produktivnosti,
- Smanjenje troškova po jedinici proizvoda,
- Povećanje isporuke uglja TE Morava,
- Ekonomska politika cene uglja.

Srednjoročni ciljevi:

- Stratesko partnerstvo kod izgradnje novih termoenergetskih objekata TE-TO Štavalj i TE-TO Zaječar i partnerstvo sa TE "Morava",
- Značajno povećanje proizvodnje uglja,
- Spregnut rad sa termoenergetskim objektima,
- Otvaranje novih radnih mesta i ravnomerni regionalni razvoj.

Dugoročni ciljevi:

- Otvaranje novih proizvodnih kapaciteta za ležišta koja su van JP PEU, uz spregnut rad sa termoenergetskim objektima (Desp. basen, Zapadno moravski basen, Ćirikovac).

Iz gore navedenih ciljeva jasno se definiše proces reforme podzemne eksploatacije uglja, odnosno, reforme je potrebno vršiti prema novoj strategiji koja bi za osnovu imala strateške ciljeve. Nova strategija podzemne eksploatacije uglja podrazumeva da se u prvoj fazi rudnici organizaciono strukturiraju i orjentišu prema potencijalnim strateškim ciljevima (TE Štavalj, TE-TO Zaječar i TE "Morava" Svilajnac) a zatim, da se kroz izbor investitora za izgradnju i ravitalizaciju ovih termoenergetskih objekata, pripreme rudnici za drugu fazu strateškog povezivanja sa ovim potrošačima uglja. Na ovaj način izgradili bi se novi termoenergetski objekti dispergovani na prostoru Srbije, što sa aspekta energetske bezbednosti i efikasnosti ima nesumnjiv značaj, a ujedno bi se omogućio razvoj rudnika koji bi svoje ciljeve planirali prema potrebama ovih potrošača.

Dugoročni ciljevi PEU su vezani i za ležišta koja su trenutno van JP PEU, a mogu se otkopavati jedino podzemnom eksploatacijom. Za realizaciju ovih strateških ciljeva, koji se ogledaju u spregnutom radu rudnika sa termoenergetskim objektima, uz ostvarivanje godišnje proizvodnje uglja od 2,5-3,0 miliona tona, potrebno je uložiti oko 200 milion €, za geološka istraživanja, rudarske radove, infrastrukturu i opremu za mehanizaciju i automatizaciju tehnološkog procesa rada.

## **PROJEKAT „NOVI KOVIN“**

### **PROJECT „NOVI KOVIN“**

**Milan Radunović<sup>1</sup>, Obrad Kecman<sup>1</sup>, Tanja Mihajlović<sup>1</sup>, Damir Hamzić<sup>1</sup>, Thomas von Schwarzenberg<sup>2</sup>, Silvia Gause<sup>2</sup>, Jörg Schlenstedt<sup>3</sup>, Dušan Đurić<sup>4</sup>**

*1 - Energy Consulting and Engineering doo, Novi Sad; 2 - RWE, Nemačka; 3 - LMBV Nemačka; 4 - Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“*

#### **Abstrakt**

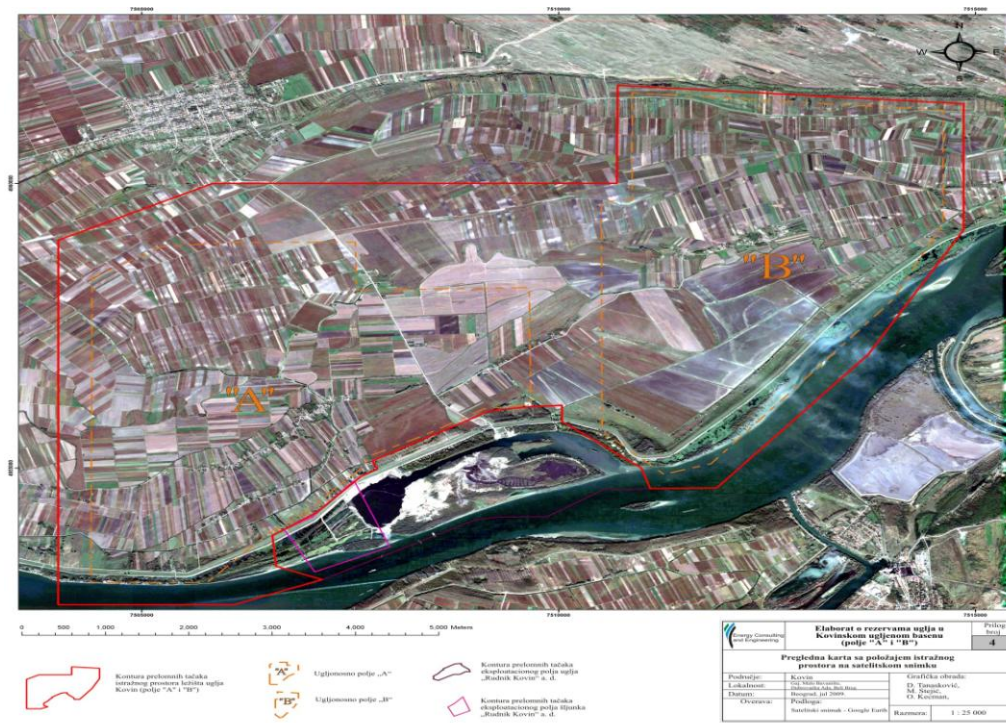
Projekat „Novi Kovin“ obuhvata izgradnju rudnika u branjenom delu ugljenog basena Kovin i termoelektrane 600MW instalisanog kapaciteta. Nosilac Projekta je Privredno društvo Energy Consulting and Engineering doo iz Novog Sada. Projekat izgradnje rudnika u branjenom delu ugljenog basena i termoelektrane je obuhvaćen Strategijom razvoja energetike AP Vojvodine i Prostornim planom Republike Srbije. Prostorni plan Republike Srbije je predvideo mogućnost eksploatacije uglja i vode u branjenom delu ugljenog basena Kovin. Samim tim realizacija Projekta Novi Kovin uslovljena je mogućnošću uspostavljanja koegzistencije eksploatacije uglja i vode na istom prostoru.

#### **1. Uvod**

Ležište uglja i šljunka „Kovin“ se nalazi u južnom Banatu, između Gaja i Dubovca, u ataru sela Malo Bavanište i Beli breg. Udaljeno je oko 50 kilometara od Beograda u pravcu istoka i administrativno pripada opštini Kovin.

Ležište uglja „Kovin“ predstavlja severni deo jedinstvenog sedimentacionog prostora (basena) Kostolac-Kovin, koji je rekom Dunav razdvojen. Samo ležište „Kovin“ je podeljeno na dva dela, na zapadni pod nazivom polje „A“ i istočni pod nazivom polje „B“. Oba polja su sa branjene od poplava strane nasipa uz obalu Dunava, što je ujedno najperspektivniji i najveći deo ležišta. U nebranjenom delu ležišta razvijena je podvodna eksploatacija koja se odvija u okviru Privrednog društva Rudnik za podvodnu eksploataciju uglja Kovin.

U branjenom delu basena, polja su razdvojena prelaznom zonom širine oko 1,5km (na kojoj je predviđena lokacija teroelektrane) u kojoj je i sloj uglja erodovan, dok je šljunak kontinuirano razvijen u oba polja. Istraživanje ležišta je vršeno fazno, počev od 1977. godine uz kontinuiranu izradu investiciono tehničke dokumentacije.



Slika 1: Snimak istražnog prostora

Privredno društvo Energy Consulting and Engineering doo, Novi Sad (u daljem tekstu ECE), je dostavilo Pismo o namerama Ministarstvu rudarstva i energetike Republike Srbije i Pokrajinskom sekretarijatu za energetiku i mineralne sirovine AP Vojvodina 2007. i 2008. godine sa predlogom da se ovaj Projekat realizuje po principima Javno Privatnog Partnerstva.

U maju 2008. god. ECE je dobio rešenje od nadležnog državnog organa za izvođenje istraživanja rezervi uglja u branjenom delu ugljenog basena Kovin (Rešenje br. 115-310-00070/2008-02 od 8. maja 2008. god.). Nakon geoloških istraživanja 629 bušotina i provere ranije utvrđenih rezervi. ECE je dobila potvrdu o overenim bilansnim rezervama mineralnih sirovina koju je izdao Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine AP Vojvodine (Dokument br. 115-310-00285/2009-02). Pripremajući se za izradu dokumentacije za dobijanje Odobrenja za eksploataciju, ECE je u saradnji sa predstavnicima Vlade Vojvodine, Pokrajinskog sekretarijata za energetiku i mineralne sirovine AP Vojvodine, Pokrajinskog sekretarijata za arhitekturu, urbanizam i graditeljstvo AP Vojvodine i Pokrajinskog sekretarijata za zaštitu životne sredine i održiv razvoj AP Vojvodine, izradio procedure izrade potrebne dokumentacije, projektne zadatke za pojedine segmente i nakon sprovedene tenderske procedure izabrao izvršioce, konsultante. Od predstavnika Vlade postavljen je zahtev da se kao prvi korak uradi Ekspertsko mišljenje o mogućnosti uspostavljanja koegzistencije eksploatacije uglja i potencijalnog regionalnog izvorišta Kovin-Dubovac. Ukoliko ekspertsko mišljenje ukaže na mogućnost koegzistencije bez narušavanja kvaliteta i potrebnih količina vode, moguće je pristupiti daljnim aktivnostima na izradi dokumentacije za dobijanje Odobrenja za eksploataciju. Pri tome zahtevano je i da Državni revizor u saradnji sa Tehničkim fakultetom Novi Sad izvrši reviziju Ekspertskog mišljenja i da se uradi Studija uslova postizanja koegzistencije eksploatacije vode i uglja.

Ugovori za izradu dokumentacije potpisani su sa sledećim kompanijama:

- RWE i LMBV iz Nemačke

- Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, JP Zavod za urbanizam Vojvodine i Institut za urbanizam i arhitekturu Srbije - IAUS, EcoLogica Urbo, Srbija

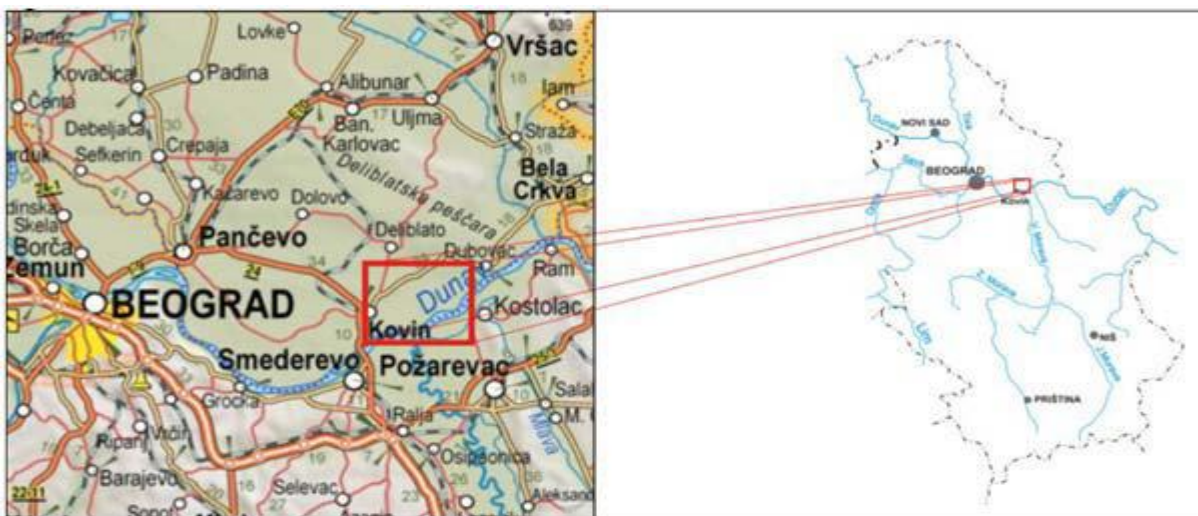
Ekspertsko mišljenje o mogućnosti koegzistencije uglja i potencijalnog regionalnog izvorišta pijaće vode Kovin-Dubovac uradili su Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ i LMBV. Reviziju Ekspertskog mišljenja uradio je Državni revizor i Tehnički fakultet Novi Sad. Rezultati ekspertskog mišljenja su prezentirani na sastanku u decembru 2010. godine predstavnicima Vlade Vojvodine, Pokrajinskog sekretarijata za arhitekturu, urbanizam i graditeljstvo AP Vojvodine, Pokrajinskog sekretarijata za zaštitu životne sredine i održiv razvoj AP Vojvodine i Pokrajinskog sekretarijata za energetiku i mineralne sirovine AP Vojvodine. Zaključeno je da je potrebno nastaviti sa izradom dokumentacije po zadatim projektnim zadacima. Urađena je i Studija prostornog obuhvata i baze podataka o zemljištu i drugim nepokretnostima od značaja za razvoj Kovinskog ugljenog basena (JP Zavod za urbanizam Vojvodine i IAUS) i pokrenuta inicijativa za donošenje odluke nadležnih organa, Vlade i Skupštine AP Vojvodina, o izradi Prostornog plana posebne namene.

Izrada dokumentacije za dobijanje Odobrenja za eksploataciju nalazi se u završnoj fazi. U radu je dat presek stanja Projekta, prikaz dosadašnjih rezultata i prikaz samog Projekta.

## **2. Prikaz projekta „Novi Kovin“**

### **2.1. Lokacija i područje**

Budući rudnik uglja Kovin nalazi se na oko 11 km istočno od Kovina i 60 km istočno od Beograda. Nalazi se neposredno na severnoj obali reke Dunav, u regionu Malo Bavanište i Dubovaca (Slika 2). Budući rudnik se nalazi na obali reke Dunav i odvojen je od Dunava nasipima. Da bi se izbeglo plavljenje ovo područje se odvodnjava kanalima i veštačkim pumpanjem vode.



Slika 2: Lokacija projekta “Novi Kovin”



Slika 3/4: Lokacija dva otkopna polja A i B i postojećih rudnika lignita Kostolac na suprotnoj strani Dunava

Ležište uglja "Kovin" predstavlja severni deo jedinstvenog sedimentacionog prostora (basena) Kostolac-Kovin, koji je rekom Dunav razdvojen. Samo ležište «Kovin» je podeljeno na dva dela, na zapadni pod nazivom polje "A" i istočni pod nazivom polje "B". Oba polja su odbrambenim nasipom uz obalu Dunava podeljena na branjene i nebranjene delove. Najperspektivniji i najveći deo ležišta se nalazi u branjenoj zoni.

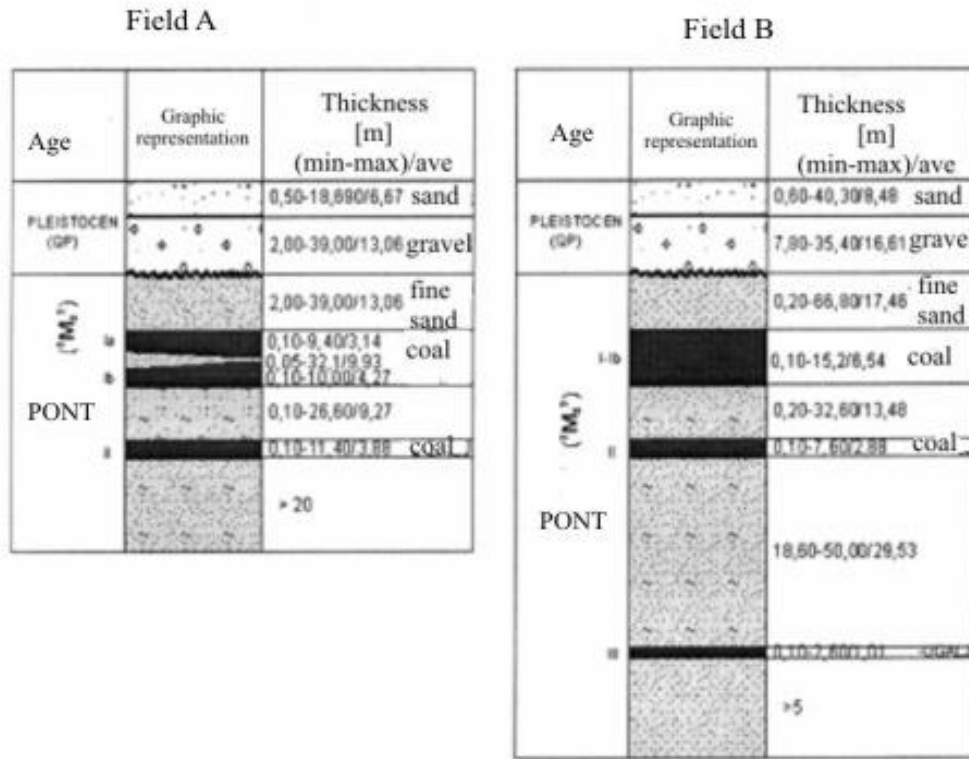
Polja su razdvojena prelaznom zonom širine oko 1,5km (na kojoj je predviđena lokacija teroelektrane) u kojoj je i sloj uglja erodovan, dok je šljunak kontinuirano razvijen u oba polja. Istraživanje ležišta je vršeno fazno, počev od 1977. godine uz kontinuiranu izradu investiciono tehničke dokumentacije.

## **2.2. Geološka situacija**

Slika 5 je šematski prikaz geološke situacije. Gornje slojeve karakteriše Kvartarni red do skorijih rečnih terasa reke Dunav sa eolskim peščanim dinama na jugu. Rečne terase se uglavnom sastoje od šljunka i peska. Kvartarni sedimenti su odvojeni od terciarnih (Pliocene) peskova i prašine umetnutim ugljenim slojevima. Antiklinalna struktura u području budućeg rudnika Kovin je približila ugljene slojeve površini tako da se ugalj može naći na dubinama između 20 m i oko 60 m. Južno od Dunava nalazi se rudnik Kostolac sa ekvivalentnim ugljem, u otvorenom kopu lignita, gde se eksploatacija vrši konvencionalnim rotacionim bagerom.

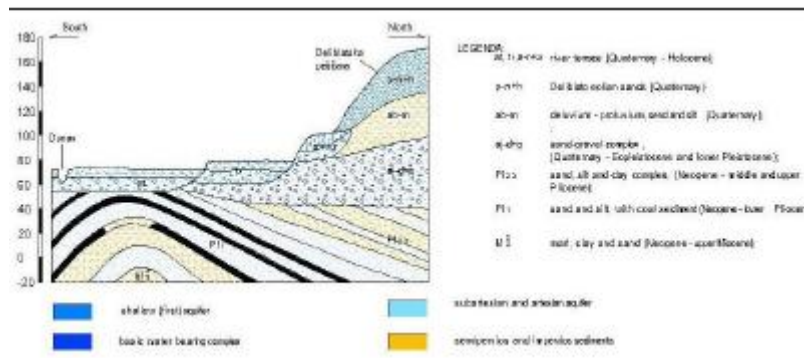
Geološki podaci o ova dva odvojena otkopna polja "Polje A" i "Polje B" dati su na slici 5.





Slika 5: Tipičan geološki profil polja A i B

Ispod toga, u proseku 7 metara debelom pešćanom horizontu razvija se sloj šljunka debljine 13 do 16 m, koji je od značajne ekonomske vrednosti. Zatim sledi gornji fini pešćani horizont iz doba pliocena debljine 13 do 17 metara odvojen erozionom diskordancijom. Ispod toga se razvija prvi ugljeni sloj. Ovaj ugljeni sloj je podeljen u polju A dok je u polju B kompaktno. Ovaj sloj ima prosečnu debljinu oko 5 do 8 metara. Drugi sloj je odvojen od prvih slojeva još jednim slojem peska promenljive debljine (u proseku 11 m). Drugi sloj je vrlo promenljive debljine (prosečno 3-4 m). Između polja A i polja B većina uglja je erodirala, pa tu eksploatacija nije moguća.



Slika 6: Šematski geološki presek Kovin-Dubovac

### 2.3. Rezerve uglja /resursi i kvalitet uglja

Geološke rezerve uglja prijavljene 2009. iznose oko 275.000.000 tona. Nalazište „Kovinski basen” je prirodno podeljeno na dva dela:

Zapadni deo - Polje "A" sa 138.500.000 tona i,

istočni deo - Polje "B" sa 136.500.000 tona.

ECE je izračunao ekonomske rezerve 2010. godine po ruskoj metodi proračuna bilansnih rezervi i one su reda veličine 180 miliona tona (Polje A+B – tabela 1).

Polje	Sloj	Kategorija	Bilansne rezerve (m3)	gu (t/m3)	Bilansne rezerve (t)
"A"	Ia	B	8.763.438	1,2	10.516.126
		C1	4.342.862		5.211.434
		B+C1	13.106.300		15.727.560
	I-Ib	B	48.164.691	1,24	59.724.217
		C1	7.460.059		9.250.473
		B+C1	55.624.750		68.974.690
	II	B	18.751.439	1,26	23.626.813
		C1	3.762.261		4.740.449
		B+C1	22.513.700		28.367.262
	Ukupno	B+C1	91.244.750		113.069.512
"B"	I-Ib	B	9.110.400	1,25	11.388.000
		C1	27.045.900		33.807.375
		B+C1	36.156.300		45.195.375
	II	B	9.949.940	1,28	12.735.923
		C1	9.097.510		11.644.813
		B+C1	19.047.450		24.380.736
	Ukupno	B+C1	55.203.750		69.576.111
"A+B"	<b>Sve ukupno</b>	<b>B+C1</b>	<b>146.448.500</b>		<b>182.645.623</b>

**Tabela 1: Rezerve uglja za eksploataciju**

Prema ovim podacima radi se o tipičnom lignitu sa visokim sadržajem pepela i umerenim sadržajem zapaljivog sumpora, relativno velike kalorične vrednosti.

### 2.4. Podzemna voda

U aluvijalnoj ravni Kovin-Dubovac ima nekoliko vodonosnih slojeva, po ivici i severno, u oblastima Deliblatske peščare. Aluvijalna ravan se karakteriše vodonosnim slojevima kvartarnih šljunkasto peskovitih sedimenata i peska u interstratifikovanim peskovima ugljene serije.

Ovi vodonosni slojevi obuhvataju podzemne rezervoare – akvifere različitog stepena, hidrauličkih mehanizama i režima. Svi akviferi su hidraulički povezani, direktno ili indirektno.

U aluvijalnoj ravni reke Dunav, vodonosni sloj “prvog” akvifera je od kvartarnog šljunka i šljunkovitog peska. Dunav definiše južnu granicu sa kojom je akvifer u direktnom hidrauličnom kontaktu.

U centralnom delu aluvijalne ravni “prvi” akvifer je u direktnom hidrauličkom kontaktu sa akviferima koji su umetnuti između ugljenih slojeva. Posle puštanja u rad projekta Gvozdena Vrata režim “prvog” akvifera je trajno izmenjen. Sada je to podarteški akvifer, gde se sistem sastoji od mreže kanala, samopraznećih bunara i pumpnih stanica (14 m<sup>3</sup>/s) koji otiču u Dunav, održavaju nivo podzemne vode na dubini od 1.0 do 1.5 m od površine tla, tako da se aluvijalna ravan može koristiti za poljoprivredu. “Prvi” akvifer se primarno puni infiltriranjem vode iz reke Dunav, a sekundarno iz podzemnih voda koje teku iz glavnog vodonosnog sloja u jugoistočnom delu Deliblatske peščare i infiltriranjem padavina. “Prvi” akvifer se puni i podzemnom vodom koja ulazi donjih akvifivera.

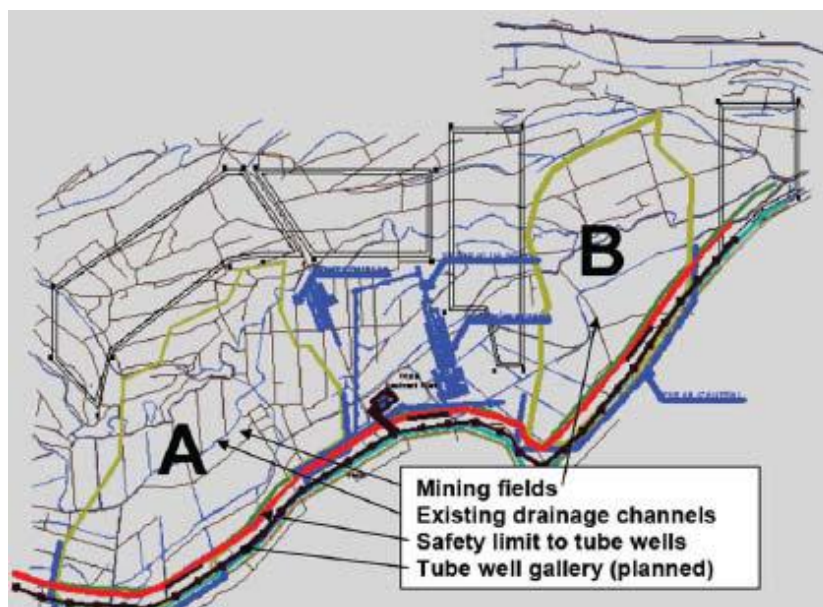
Stanje podzemnih voda u basenu je od značaja pošto se planira da se gornji akvifer koristi kao glavni izvor podzemnih voda za regionalni vodovod Dubovac-Zrenjanin-Kikinda nakon klasičnog tretmana vode.

Prifizibiliti studija gradnje regionalnog vodovoda Dubovac-Zrenjanin-Kikinda (J. Cerni, 2006), predviđa optimalni kapacitet od 200 l/s po kilometru rečne obale. Podzemna voda iz “prvog” akvifera u području Kovin-Dubovac može da se koristi za komunalno vodosnabdevanje. Kvalitet podzemne vode u podarterskim akviferima formiranim u vodonosnim slojevima peščanih međuslojeva, utvrđen je analizom (prema propisima o ispravnosti vode za piće), koja je izvršena 2010. za potrebe izrade Studije o koegzistenciji novog podvodnog rudnika uglja Kovin i regionalnog izvora podzemnih voda.

Na sastanku sa predstavnicima Vlade AP Vojvodine 4. avgusta 2010, utvrđene su procedure izrade dokumenata za projekat Novi Kovin. Zaključeno je da je prvi korak pribavljanje stručnog mišljenja o koegzistenciji eksploatacije vode i uglja. Ukoliko takvo ekspertsko mišljenje pokaže da je koegzistencija moguća, ECE će početi izradu studije o koegzistenciji eksploatacije vode i uglja. Na istom sastanku su definisani i predmet i obim projekta i zadaci za sve aspekte pripreme dokumentacije za projekat Novi Kovin.

Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi” i LMBV International, Nemačka su pripremili dokument „Mišljenje o koegzistenciji proizvodnje uglja i vode” koji obuhvata metode otkopavanja i mogućnost koegzistencije eksploatacije. Ovaj dokument je osnova za studiju koegzistencije proizvodnje vode i uglja u kojoj će biti dat detaljan prikaz uslova koegzistencije sa objašnjenjima.

Ovo stručno mišljenje je analizirano na sastanku sa predstavnicima Vlade AP Vojvodine 16. decembra 2010. i usvojeno je mišljenje da je koegzistencija moguća. Pored toga, zaključeno je da treba pribaviti revizorsko mišljenje Tehničkog fakulteta iz Novog Sada. Tehnički fakultet je potvrdio nalaze ekspertske mišljenja o mogućnosti koegzistencije eksploatacije vode i uglja.



Slika 7: Kovin - prikaz dva ugljonosna polja i postojeće mreže drenažnih kanala sa maksimalnim proširenjem rudnika prema budućoj galeriji crpnih bunara

## 2.5. Metod eksploatacije

Metod eksploatacije je podvodno kopanje lignita, dok se raskrivka i međusloj šljunkovitog peska i gline posebno otkopava istim rotacionim bagerom. Gornji slojevi do dubine od oko 10 metara bi se mogli otkopavati u budućnosti pomoću plivajućih hidrauličkih kašika. Otpadni materijal koji se iskopa rotacionim bagerom za rad pod vodom, pumpama se izbacuje na skladišnu deponiju gde se odvija process čišćenja i separacije da bi se odvojili različiti materijali po veličini zrna. Ugalj koji se kopa pod vodom se usisava velikim pumpama u cevovod i transportuje na skladište. Sistem iskopavanja je vrlo osetljiv na horizontalno pozicioniranje plivajućeg bagera kašikara i rad rotacionog uređaja na određenim dubinama. Zbog alata za rezanje pogodan je za eksploataciju lignita pod vodom. Ostali bagerski sistemi nemaju tu silu rezanja da mogu da kopaju relativno tvrd ugalj u poređenju sa peskom i mekom glinom. Bager za rezanje uglja koji se sada koristi ima dužinu strele od samo 40 metara. Pošto postoji mogućnost da se otkopavaju ugljeni slojevi na većim dubinama, sadašnja tehnologija ovih rotacionih kopača se mora unaprediti.

Od značaja je i sledeće:

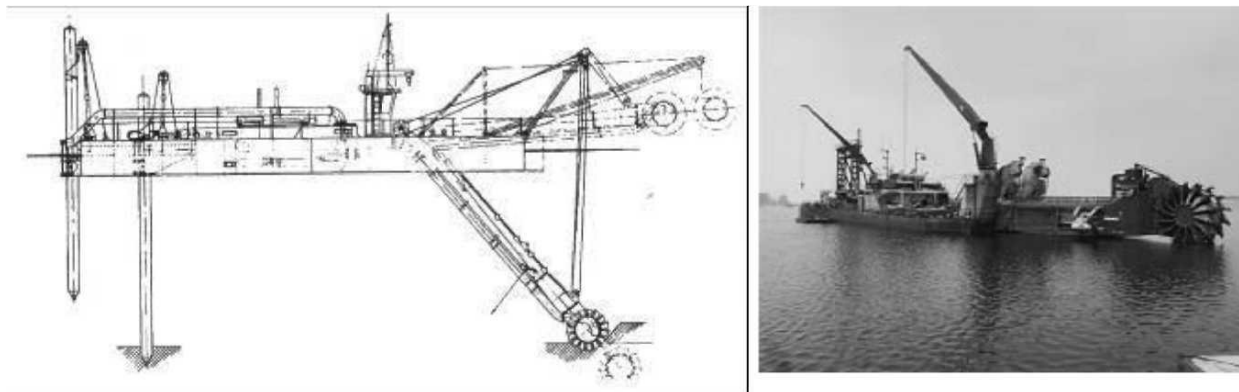
- Granica između zone eksploatacije vode i zone rudnika:

Treba razmotriti određenu udaljenost linije bunara na kojoj se projektuju budući bunari od granice rudnika.

Ova udaljenost između ostalog zavisi od nivoa vode koji se održava u rudniku i nivoa podzemne vode. Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi” je preporučio udaljenost od 200 metara. Ova udaljenost će smanjiti bilansne rezerve uglja.

- Novi rudarski basen Kovin je odvojen od Dunava branom radi zaštite zaleđa od dunavskih voda.

Velika plivajuća oprema će zahtevati da se na brani otvori jedan privremeni prolaz kao ulaz u zonu rudnika. U tom slučaju je potrebno određeno zemljište brane. Ovo, međutim, ne predstavlja problem u pogledu planova za eksploataciju vode.



Slika 8. Tipična plivajuća oprema za eksploataciju uglja koja će se koristiti u Kovinu (Patzold et. al, 2008)

- Velike površine na severu i delimično između zona otkopavanja su predviđene za smeštaj raskrivke dok se ne bude razmatrala dubinska deponija. Hidraulični transport u ova područja nije problem. Takođe, veličina prostora je dovoljna.
- Mora se uzeti u obzir i deponija pepela kao prostor koji bi se obložio glinom (kao što se to radi u Evropi), po mogućstvu dalje od galerije cevnih bunara. Odlaganje raskrivke je 'čist' materijal i ne zahteva posebne mere izolacije;
- Otvorena voda na kraju operacija otkopavanja treba da se locira, ako je moguće, u blizini proizvodnje vode. Ovo jezero će sadržati otkopani uglj i početne količine raskrivke i međuslojeva.
- Operacije otkopavanja rude će početi tamo gde je koeficijent otkrivke (odnos m3 otkrivke / t uglja) najpovoljniji. Izgleda da je to južni deo polja A. Ovo će biti predmet daljeg istraživanja.
- Izbor i specifikacija opreme za hidrauličko otkopavanje treba da se utvrde. Hidrauličko otkopavanje na dubinama od preko 40m je uobičajeno, ali ne za uglj. Deo studije izvodljivosti obrađuje zahteve u pogledu opreme i tehničku izvodljivost (efikasnog) iskopavanja uglja ispod vode.

## 2.6. Termoelektrana

ECE planira da izgradi novu termoelektranu na ugljenom basenu Kovin koja treba da radi na lignit iz obližnjih kovinskih ugljenih polja A i B. Električna energija bi se isporučivala javnoj elektro mreži. Nova termoelektrana će se projektovati za maksimalnu instalisanu snagu od 600 MWel. i realizovati kao standardna termoelektrana. Ovaj projekat će biti jedna od važnih jedinica elektroenergetskog sistema Srbije za proizvodnju električne energije. U pogledu njene strukture termoelektrana na lignit izvešće se kao termoelektrana sa jednim ili dva bloka, tj. jednom jedinicom od 600 MW ili dve jedinice od 300 MW. Najnovija i najekonomičnija projektna rešenja (Slika 9) koristiće se u toku izgradnje uzimajući u obzir sledeće osnovne zahteve:

- ekonomičan rad sa visokom energetsom efikasnošću ( $\eta_{neto} > 41\%$  za jedinicu 300 MW, 12% za jedinicu 600 MW)
- visoku raspoloživost (>90%)
- dug radni vek (35 godina)
- rešenja za lako održavanje i opravku

- pouzdan i fleksibilan rad u skladu sa direktivama izdatim od strane srbijanskog operatora prenosnog sistema.

Termoelektrana će moći da radi u opsegu opterećenja od 50%-100% uz minimalno smanjenje energetske efikasnosti. Takođe kod rada sa delimičnim opterećenjem, koji će se smatrati slučajem stalnog opterećenja, pogoršanje efikasnosti svešće se na minimum. Proizvedena električna energija se isporučuje na naponskom nivou 400 kV.



Slika 9: Tipični jedan Blok 300 MW

## **2.7. Aspekti zaštite životne sredine**

Područje istražne lokacije rudnika „Novi Kovin“ se uglavnom koristi kao obradivo zemljište. Poljski usevi i razne vrste žitarica i kukuruza su glavni proizvodi. Stočarstvo je ograničeno na mala stada ovaca i koza na brani reke Dunav i pojedinačna stada goveda. Drveće i žbunje su ograničeni na odvodne kanale. Specijalizovani biotopi su Bavanište, koje treba da se izmesti.

### *Mogući efekti projekta rudnika na životnu sredinu*

#### Zemljište:

- uklanjanje celog gornjeg sloja (humusa)

#### Voda:

- Sukcesivno izmeštanje sistema kanala
- Usecanje u sloj podzemnih voda (izdani 1/2)
- Zamućenost površinske vode na stvarnom mestu kopanja
- Promena ravnoteže ugljen dioksida i atmosferskih aerosolnih padavina
- spajanje izdana 1 i izdana 2

#### Flora/ fauna:

- sukcesivno uništavanje postojećih biotopa i staništa vodozemaca, reptila, beskičmenjaka (insekti i paukovi), ptica i sitnih sisara:

#### Pejzaž/infrastruktura

- Izmeštanje dva sela

- Sukcesivna promena namene zemljišta
- Promena iz ruralnog područja u industrijsko područje

Nakon razgradnje formiraće se novi pejzaži sa raznovrsnim biotopima i staništima. Razviće se mogućnosti za turističku namenu. Gubitak obradivog zemljišta ne može se u potpunosti uravnotežiti.

#### *Moguća mere ublažavanja*

##### Zemljište:

Uklonjen gornji sloj (humus) će se skladištiti i stavljati na unutrašnje i spoljašnje deponije.

##### Voda:

Postojeći sistem odvodnog kanala mora da se izmesti. Rizik od slučajnog narušavanja podzemnih voda u toku eksploatacije biće svedeno na minimum kroz stalno praćenje procesa eksploatacije. Biće uspostavljen adekvatan plan upravljanja rizikom i adekvatna oprema za sakupljanje ulja i ostalih opasnih supstanci.

##### Flora/fauna:

Kroz eksploataciju sve postojeće strukture (obradivo zemljište i kanali) biće uništeni. Promena namene zemljišta od obradivog zemljišta do jezera i sveže rekultivisanih unutrašnjih deponija stvoriće širi dijapazon biotopa nego ranije.

##### Pejzaž/infrastruktura:

Preseljenje sela Beli Breg i Malo Bavanište je neophodno za uspešan projekat eksploatacije rudnika. Razgovori i pregovori sa stanovnicima će rano početi i naći će se nove lokacije za naselja u bližoj okolini. Postojeći pejzaž će biti uspešno promenjen u novi post-eksploatacioni pejzaž. U planu rekultivacije biće opisani glavni ciljevi i istražena kasnija namena.

##### Arheologija:

Postoji mala crkva i groblje u području koje se neće eksploatirati i oni će ostati nedirnuti.

Nakon razgradnje neće biti moguće stvoriti pejzaž kakav je bio pre eksploatacije. Postojeće masovni deficit iskopanog uglja i čvrstog šljunka. Na kraju će biti formirano nekoliko jezera. Nove obradive površine biće razvijene na unutrašnjim deponijama. Stanje životne sredine biće raznovrsnije od sadašnjeg i daće šanse biološkoj raznolikosti. Jezera otvaraju mogućnost za kasniju turističku namenu.

#### *Mogući efekti projekta termoelektrane (TE) na životnu sredinu*

##### Voda:

- Poremećaj toka podzemnih voda ispod TE može prouzrokovati porast nivoa podzemnih voda na uzvodnoj strani.
- Rizik od zagađenja podzemnih voda otpadnim vodama, tečnim ili rastvorljivim radnim materijalom
- Proizvodnja sanitarne otpadne vode

##### Vazduh:

- Emisija aero zagađivača, kao što su sumporni oksidi (SO<sub>x</sub>), azotni oksidi (NO<sub>x</sub>), ugljen dioksid (CO<sub>2</sub>), čađ i prašina sa sadržajem teških metala.

##### Zemljište:

- Naslage pepela i gipsa

### *Zaštitne mere*

Termoelektrana će se podići na području sa nivoom podzemnih voda. Oticanje bilo koje opasne tečnosti ili rastvorljivog radnog materijala sprečiće se gustim zidom. Izgradiće se postrojenje za tretman sanitarne otpadne vode ili cevovod do postrojenja za tretman otpadnih voda pre ispuštanja u javnu kanalizaciju. Emisija aero zagađivača će se svesti na minimum pomoću filtera i absorbera. Ostaci pepela i gipsa će se odlagati u specijalno konstruisane deponije sa zaptivanjem od gline. U izradi je i plan upravljanja rizikom i adekvatna oprema za borbu protiv mogućih opasnosti i akcidenata.

### **3. Trenutne aktivnosti na realizaciji Projekta**

Aktivnosti na realizaciji projekta “Novi Kovin” koje se mogu u ovom trenutku svrstati kao osnovne mogu se grupisati u sledeće celine:

- Izrada dokumentacije za dobijanje dozvole za eksploataciju a na osnovu Potvrde o rezervama,
- Aktivnosti na izradi dokumentacije za partnerstvo sa Državom u realizaciji Projekta,
- Izrada dokumentacije neophodne za priključenje na 400kV mrežu, a u skladu sa procedurama EMS-a.

### **4. ZAKLJUČAK**

Realizacija projekta “Novi Kovin” predstavlja nastavak aktivnosti započetih sedamdesetih godina prošlog veka. U period od 2007. godine u Energy Consulting and Engineering-u do danas obavljene su obimne aktivnosti, uložena značajna sredstva i stvorena osnova za realizaciju izgradnje rudnika i termoelektrane. Izgradnja ovog energetskeg objekta je od značaja za energetske sistem Srbije ali istovremeno predstavlja značajan potencijal za razvoj južnog Banata, Vojvodine i Srbije. Iskustvo stečeno u realizaciji projekta “Novi Kovin”, pa i u realizaciji dosadašnjih faza, predstavljaće osnovu za realizaciju drugih projekata, stvaranje novih kadrova.

Posebno terba naglasiti da se realizacija projekta po principima javno privatnog partnerstava u projektu ovog obima prvi put sprovodi kod nas. Stečena iskustva u realizaciji predstavljaće značajni kadrovski potencijal za realizaciju novih projekata.

Uspešna realizacija je i podsticaj investitorima da ulažu u energetske potencijal Srbije. Svaki korak u realizaciji projekta “Novi Kovin” predstavlja i signal da je investicija u Srbiji sigurna i to posebno u energetske sektoru gde je ciklus investicije dugoročan, složen, vezan za lokalnu regulativu, a povraćaj uloženi sredstava dugoročan.

### **Literatura:**

- Tehnička dokumentacija Projekta “Novi Kovin”
- PATZOLD V., GRUHN G., DREBENSTEDT C. (2008): DER NASSABBAU –ERKUNDUNG GEWINNUNG, AUFBEREITUNG, BEWERTUNG, SPRINGER VERLAG BERLIN HEIDELBERG.
- BUKUROV M., LJUBICIC B. (2006): FEASIBILITY STUDY BASIS FOR BUILDING OF ENERGY TECHNOLOGY COMPLEX KOVIN (11\*106 COAL T/A, 4000 HA) ETC KOVIN, UNIVERZITET U NOVOM SADU, FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA INSTITUT ZA ENERGETSKI, PROCESNI I EKOLOŠKI INŽENJERING, NOVI SAD.



# VIZIJA PROIZVODNJE UGLJA I ENERGIJE IZ UGLJA U CRNOJ GORI

## VISION FOR PRODUCTION OF COAL AND ENERGY FROM COAL IN MONTENEGRO

**Ratomir Stanić, Miodrag Gomilanović**

*Rudnik uglja A.D. Pljevlja, Crna Gora*

### **Rezime**

Strategijom razvoja energetike do 2025. godine Crna Gora je detaljnije definisala pravce u ovoj oblasti. U radu se prikazuju planovi i mogući kapaciteti proizvodnje uglja i energije iz uglja na bazi raspoloživih rezervi u pljevaljskom i beranskom području, za period do kraja ovoga vijeka. Rad obrađuje i vrstu energije i njenu namjenu.

**Ključne riječi:** ugalj, rezerve, električna energija, toplotna energija.

### **Abstract**

In the Energy Development Strategy until 2025. years, Montenegro has defined the detailed directions in this field. The paper presents the plans and the potential capacity of coal production and energy from coal, based on available reserves in the area of Pljevlja and Berane, for the period until the end of this century. The paper deals with the kind of energy and its purpose.

**Key words:** coal, reserves, electricity, heating energy.

## **1. UVOD**

Crna Gora raspolaže sa izgrađenim kapacitetima za proizvodnju električne energije od 868 MW, od čega 649 MW u hidroelektranama, 210 MW u termoelektrani i 9 MW u malim hidroelektranama. Prosječna godišnja proizvodnja iz ovih elektrana je oko 2.500 GWh, što potrebe ove države zadovoljava sa 60 – 70 % . Nasuprot tome energetske potencijali Crne Gore, na bazi hidropotencijala, omogućuju da se na rijekama sa prirodnim tokom izgrade kapaciteti za godišnju proizvodnju od 7.000 GWh ( sada 1.600 GWh ), a sa prevođenjem voda 11.000 GWh. Bilansne rezerve uglja u Pljevaljskom basenu i Beranskom basenu od oko 220 miliona tona takođe stvaraju mogućnost za gradnju značajnih kapaciteta za proizvodnju električne i toplotne energije. Crna Gora nema proizvodnju nafte i gasa. Istraženo područje kopna i mora, svrstano ( za sada ) u niskoperspektivno područje, je sa procijenjenim potencijalom od 470 miliona TEN. Energija sunca, vjetra i bio mase, je u skromnim veličinama, i znatno ispod potencijalnih mogućnosti.

## **2. ENERGETSKI POTENCIJAL UGLJA**

U Crnoj Gori registrovane su dvije vrste uglja: mrko-lignitski u više basena i ležišta na području opštine Pljevlja i mrki na prostoru opštine Berane. Istina, na prostoru Skadarskog jezera registrovan je i djelimično istražen ( Podhumski zaliv ) i treset, ali on još uvijek nije vrednovan i ocijenjen da li je to energetska, agromineralna, hemijska i belneološka mineralna sirovina. Mrko- lignitski ugalj na području Pljevalja se već više od 50 godina eksploatiše površinskim načinom, dok se mrki ugalj u Beranama

eksploatiše jamskim načinom. Stepenn istraženosti ugljeva je različit. To je i razlog što se one iskazuju kao: industrijske, eksploatacione, bilansne i potencijalne.

### **Ležišta uglja na području opštine Pljevlja**

Na prostoru opštine Pljevlja, u neposrednoj okolini grada i šire, nalazi se više ležišta. Ona se u energetskom i tehničko-tehnološkom smislu ipak dijele na Pljevaljski basen i Maočki basen.

Centralni Pljevaljski basen, zajedno sa Ljuće-Šumanskim basenom i ležištem uglja Bakrenjače, prostire se na površini od oko 16 km<sup>2</sup>. i najveći je basen u Opštini. Otilovički basen nalazi se istočno od Pljevaljskog, na šestom kilometru putnog pravca Pljevlja – Bijelo Polje, a na istom putnom pravcu, na udaljenosti 20 km. je Mataruški basen površine oko 4,5 km.<sup>2</sup>

Maočki basen nalazi se na istom putnom pravcu ( prema Bijelom Polju ) oko 30 km. Površine je oko 10 km<sup>2</sup>, i po rezervama uglja je drugi po veličini u opštini Pljevlja.

U svim basenima ugljonosna serija je sediment srednje-miocenske starosti sa izdvojenim glavnim ugljenim slojem i mogućnošću pojave povlatnih i podinskih sekundarnih slojeva i proslojaka uglja. Podinu ugljonosnih slojeva redovno čine ugljonosne gline manje ili više laporovite i pjeskovite, kao i ugljevite gline, dok je povlata u ugljenom basenu najčešće laporac, Jedino u Maočkom ugljenom basenu povlatu čine uglavnom gline, pjeskovite, laporovite, laminarne i dr.

Generalno kvalitet ugljonosnog paketa opada po vertikali, tako da su podinske partije ugljeva nižeg kvaliteta, sa mogućim pojavnim izuzetcima.

### **Rezerve i kvalitet uglja**

U tabeli koja slijedi date su bilansne i eksploatacione rezerve ugljeva sa srednjom vrijednosti toplotne moći uglja u pojedinim basena na prostoru Pljevaljske opštine.

<b>Region</b>	<b>Basen</b>	<b>Ležišta</b>	<b>Bilansne rezerve</b>	<b>Eksploatacione rezerve ( u t. )</b>	<b>Toplotna vrijednost (kJ/kg )</b>
<b>P L J E V L J A</b>	<b>Centralni</b>	<b>Potrlica</b>	46.747.598	41.643.032	10.893
		<b>Kalušići</b>	13.808.391	13.150.848	11.439
		<b>Grevo</b>	2.288.757	2.265.373	12.812
		<b>Rabltlje</b>	5.486.126	5.224.882	13.633
	<b>Drugi gravitirajući</b>	<b>Šumani I</b>	811.856	246.000	8.000
		<b>Otilovići</b>	3.421.000	3.258.952	10.510
		<b>Mataruge</b>	7.749.000	7.044.545	8.115
<b>Bakrenjače</b>		1.332.313	1.199.082	10.914	
<b>Maoče</b>		<b>Maoče</b>	109.900.000	104.666.667	12.504
<b>Ukupna vrijednost</b>	<b>Centralni</b>		68.330.872	62.284.135	
	<b>Drugi gravitirajući</b>		13.314.169	11.748.579	
	<b>Maoče</b>		109.900.000	104.666.667	12.504
<b>UKUPNO</b>			191.545.041	178.699.381	

U Pljevaljskom ugljenom basenu, sa gravitirajućim basenima, revirima : „Potrlica“, „Cementara“, „Kalušići“, „Grevo“, „Rabitlje“, „Ljuće-Šumani“, „Bakrenjače“, „Otilovići“ i „Mataruge“, eksploatacija uglja je izvjesna i prema sadašnjem stepenu saznanja – opravdana. Istina, dio ležišta na ovom prostoru je ( u sadašnjim uslovima ) vanbilansan, u prvom redu zbog izuzetno značajnih arheoloških iskopina i infrastrukturnih objekata.

### **Energetski potencijal**

Na osnovu podataka datih u tabeli i navedene konstatacije, energetski potencijal Pljevaljskog ugljenog basena, izražen preko eksploatacionih rezervi uglja, iznosi:

$$E_{p1} = DTE \text{ (MJ/kg)} \times P \times 10^9 \text{ (kg)}$$

$$E_{p1} = 10,4 \text{ (MJ/kg)} \times 74 \times 10^9 \text{ (kg)} = 769,6 \times 10^9 \text{ (MJ)}$$

$$\text{Kako je } MJ = 1/3,6 \text{ kWh} = 0,2778 \text{ kWh}$$

$$E_{p1} = 769 \times 10^9 \times 0,2778 = 213,63 \approx 213 \text{ TWh}$$

Analogno proračunu energetskog potencijala Pljevaljskog ugljenog basena, energetski potencijal Maočkog ugljenog basena je:

$$E_{p2} = DTE \text{ (MJ/kg)} \times P \times 10^9 \text{ (kg)}$$

$$E_{p2} = 12,5 \text{ (MJ/kg)} \times 104,6 \times 10^9 \text{ (kg)} \times 0,2778$$

$$E_{p2} = 363,72 \approx 363 \text{ TWh}$$

Ukupan energetski potencijal uglja na području opštine Pljevlja, a uzimajući u obzir eksploatacione rezerve, iznosi:

$$E_p = E_{p1} + E_{p2}$$

$$E_p = 213 \text{ TWh} + 363 \text{ TWh} = 576 \text{ TWh}$$

Obzirom da je izračunata potencijalna energija samo za utvrđene eksploatacione rezerve pljevaljskog područja, i da se u sadašnjim uslovima može valorizovati u termo-energetskim objektima pri postojećoj tehnologiji ( stepen korišćenja iznosi oko 30% ), to je moguće proizvesti električnu energiju:

- U Pljevaljskom ugljenom basenu 213  
TWh x 0,3 = 63,9 ≈ 64 TWh
- U Maočkom ugljenom basenu  
363TWh x 0,3 = 108,9 ≈ 109 TWh
- Ukupno  
64 TWh + 109 TWh = 173 TWh

Primjenom novih tehnologija proizvodnje električne energije iz uglja, povećava se stepen iskorišćenja električne energije uglja 0,42, pa bi izgradnjom ovih termo-blokova energetski potencijal uglja sa pljevaljskog područja iznosio:

- Pljevaljski ugljeni baseni sa gravitirajućim basenima

$$E_{p1} = 213 \text{ TWh} \times 0,42 = 89,46 \text{ TWh}$$

- Maočki basen

$$E_{p2} = 363 \text{ TWh} \times 0,42 = 152,46 \text{ TWh}$$

- Ukupno pljevaljsko područje

$$E_p = E_{p1} + E_{p2}$$

$$E_p = 89,46 + 152,46 = 241,92 \text{ TWh}$$

Raspoloživa energija u pljevaljskom području omogućuje nastavak proizvodnje električne energije iz uglja dugoročno, ne samo u okviru postojećih kapaciteta (TE„Pljevlja" snage 210 kWh i proizvodnje od 1 do  $1,2 \times 10^9$  kWh), već značajno većih, kao i proizvodnju toplotne energije i toplifikaciju grada Pljevalja.

Mogućnost proizvodnje toplotne energije – očekivani efekti

Izgradnjom TE„Pljevlja I" stvorile su se povoljne mogućnosti za proizvodnju toplotne energije i toplifikaciju grada Pljevalja. U tom cilju urađena je obimna tehno-ekonomska dokumentacija koja je pokazala opravdanost, kako sa aspekta ekonomičnosti, tako i značajne pozitivne efekte za smanjivanje zagađenja životne sredine, posebno u zimskom periodu.

Osnovni podaci toplifikacionog sistema:

- Bazni toplotni izvor: Termoelektrana „Pljevlja",
- Vršni izvor: Proširena kotlarnica u TE„Pljevlja" i kotlarnica KID„V.Jakić",
- Eksploatacioni vijek toplifikacionog postrojenja: 25 godina,
- Način izvođenja: fazno II faze,
- U prvoj fazi prve dvije godine predstavljaju izgradnju i puštanje u pogon toplifikacionog sistema instalisane snage toplotne potrošnje od 35 MJ/s,
- Faktor stvarnog toplotnog opterećenja: 0,733,
- Instalisana snaga toplotnih potrošača: I faza – 35 MJ/s, II faza – 1001,7 MJ/s,
- Maksimalna potrebna snaga toplotnog izvora: I faza – 25,7 MJ/s, II faza – 75 MJ/s,
- Broj grejnih dana: 219/god,
- Broj grejnih sati dnevno i godišnje: Kod temperatura ispod 0°C predviđa se rad 24 h dnevno sa sniženim opterećenjem u noćnom periodu (8 h), a kod viših temperatura predviđa se rad sa prekidom od 8 h dnevno. Prosječan broj sati rada godišnje je 3900 h, što daje prosječan broj od 17,8 h 7 dan,
- Dužina magistralnog primarnog voda: I faza – 4550 m, II faza – 4770 m,
- Dužina primarne vrelovodne mreže (od magistrale do podstanice): na početku I faze – 8,83 km, na kraju druge faze – 19,32 km,
- Broj podstanica: I faza – 36, II faza – 66,
- Dužina sekundarne mreže: I faza – 13 km, II faza – 18 km,

Tehno-ekomonski efekti toplifikacije grada Pljevalja

- Smanjenje količina sagorelog uglja u gradu u sadašnjim ložištima sa niskim stepenom iskorišćenja koji rade bez uređenja za zaštitu okoline od zagađivanja,
- Povećava se kvalitet grijanja u odnosu na postojeći,
- Tehno-ekonomski efekti , kako na nivou elektrane kao proizvodnog sistema, tako i na nivou EES CG
  - Povećava se stepen iskorišćenja bloka TE„Pljevlja",
  - Smanjenje cijene kWh na pragu elektrane,
  - Ušteda primarne energije oko 80 GWh/god, odnosno uštede uglja prosječne kalorične moći 9.200 kJ/kg oko 32.000 t/god,
  - Smanjuje se neracionalna potrošnja električne energije za grijanje.
- Snižava se nivo emisije štetnih materija u okolinu i poboljšava ekološka situacija u gradu,
- Uposljene domaće građevinske, mašinske, elektro i druge operative.

## **1. Ležišta uglja na području opštine Berane**

U okolini grada Berana, na sjeveroistočnom dijelu Crne Gore, u kotlinskim zaravnima gornjeg toka rijeke Lima i njegovih pritoka, registrovana su dva basena mrkog uglja: Beranski ( ležišta: „Petnjik“, „Zagorje“ i „Berane“, a ležište „Budimlje“ je već iscrpljeno), površine oko 28 km<sup>2</sup>, i Polički ugljeni basen ( ležište „Police“), površine oko 18 km<sup>2</sup>. Ugljeni baseni su na nadmorskoj visini od 650 do 800 mnv, a razdvojeni su planinskim masivom Jejevice (946 mnv). U ovom dokumentu, u širem smislu, oba ugljena basena se tretiraju kao Beranski ugljeni basen.

### **Rezerve i kvalitet uglja**

Intezivnija istraživanja dubinskim bušenjem na čitavom području beranskog ugljenog basena počela su sredinom, a nastavljena do 80-tih godina, prošlog vijeka. Istraživanja su vršena parcijalno, nekozistentno, bez utvrđivanja svih pratećih parametara i izrade odgovarajućih studija i elaborata.

**Ležište „Petnjik“** (sa 160 bušotina) ima 4 ugljena sloja (glavni i 3 podinska). Nivo istraženosti je primjeren, uz neophodnost dopunskih istraživanja za prekategorizaciju i izradu tehničke dokumentacije. Elaboratom, ovjerenim od strane nadležnog organa, utvrđene su rezerve (stanje 31.12.2001 god.) u iznosu od:

- geološke ( bilansne, vanbilansne, potencijalne : B, C<sub>1</sub> i C<sub>2</sub> katategorije ) .. 24.276.804 t.
- bilansne (B, C<sub>1</sub> kategorije)..... 13.165.945 t.
- eksploatacione (B i C<sub>1</sub> kategorije) .....10.532.756 t.

Napomena. Eksploatacione rezerve utvrđene su na osnovu gubitaka pri eksploataciji od 20%, što je nerealno. Realni gubici su oko 30%, zavisno od primijenjene tehnologije i izbora opreme.

**Ležište „Police“** (sa 134 bušotine, od čega je u proračunu uzeto samo 48) ima više slojeva uglja, od kojih samo glavni ima ekonomsku vrijednost. Nivo istraženosti i dokumentovanosti je izuzetno nizak i nezadovoljavajući je. Elaboratom nadležnog organa (stanje 31.12.1975. god.) utvrđene su rezerve samo na dijelu ležišta sela Dragosava u iznosu:

- geološke (bilansne i vanbilansne: B i C<sub>1</sub> kategorije) .....19.817.000 t.
- bilansne (B i C<sub>1</sub> kategorije) ..... 11.795.423 t.

Napomena: Opšta je ocjena da se na ovom prostoru mogu očekivati znatno veće rezerve, a što treba istraživanjima i dokazati.

**Ležište „Zagorje“** (sa 38 bušotina) ima 3 ugljena sloja. Nivo istraženosti je jako nizak. Elaboratom iz 1970. godine utvrđene su rezerve u iznosu:

- geološke (bilansne i vanbilansne C<sub>1</sub> kategorije) ..... 3.530.802 t.
- bilansne (C<sub>1</sub> kategorije) ..... 3.348.690 t.

Napomena: Podaci upućuju na zaključak da se na ovom prostoru mogu očekivati eksploatacione rezerve za površinsku eksploataciju.

Kvalitet uglja ležišta „Petnjik“ je slijedeći:

- vlaga ( % )..... 22,58
- pepeo ( % )..... 25,54
- sumpor ukupni ( % )..... 1,61
- sumpor sagorljiv ( % )..... 1,03
- sumpor u pepelu ( % )..... 0,62
- koks ( % )..... 46,84
- C-fix ( % )..... 23,78
- sagorljive materije ( % )..... 54,13
- isparljive materije..... 30,78
- GTE ( kJ/kg )..... 15.143
- DTE ( kJ/kg )..... 13.030
- zapreminska masa ( t/m<sup>3</sup>)..... 1,30

Kvalitet uglja ostalih ležišta je približno isti kao kod ležišta „Petnjik“, s tim što je DTE kod ležišta „Police“ niži (11.760 kJ/kg).

### **Energetski potencijali**

Ukupne bilansne rezerve u Beranskom području koje obuhvata ležišta „Petnjik“, „Police“ i „Zagorje“ iznose 25.667.869 t. Realno je očekivati da će gubitak pri eksploataciji uglja iznositi oko 30%, pa će samim tim eksploatacione rezerve biti oko 18.000.000 t. Energetski potencijal eksploatacionih rezervi iznosi:

$$E_p = DTE \text{ (MJ/kg)} \times P \times 10^9 \text{ (kg)}$$

$$E_p = 12,35 \text{ (MJ/kg)} \times 18 \times 10^9 \text{ (kg)}$$

$$E_p = 222,46 \times 10^9 \times 0,2778$$

$$E_p = 62 \text{ TWh}$$

Raspoloživa električna energija primjenom postojećih klasičnih tehnologija za proizvodnju električne energije iznosi:

$$E_p = 62 \times 0,3 = 18,6 \text{ TWh}$$

Primjenom novih tehnologija za proizvodnju električne energije stepena iskorišćenja povećalo bi se sa postojećih 0,3 na 0,42 pa raspoloživa energija koja se može dobiti iz uglja beranskog ugljenog basena na osnovu eksploatacionih rezervi iznosi

$$E_k = 62 \times 0,42 = 24,04 \text{ TWh}$$

Energetski potencijal uglja beranskog područja izračunat na bazi eksploatacionih rezervi nije značajan s obzirom na geološke rezerve uglja koje su procjenjene na oko 150.000.000 t. Ovo ukazuje da istraženost ovog basena nije zadovoljavajuća, pa se nameće potreba geološkog istraživanja ovog basena i utvrđivanja ukupnih bilansnih i eksploatacionih rezervi uglja.

## **POSTOJEĆE TE I DUGOROČNE PROCJENE NOVIH TE DO KRAJA XXI VIJEKA**

Rezerve uglja u Crnoj Gori koncentrisane su na prostorima pljevaljske i beranske opštine. Ugalj pljevaljskog ugljenog područja čija eksploatacija je počela 1952.g od 1981.godine izgradnjom TE "Pljevlja" koristi se za proizvodnju električne energije, industrijsku i široku potrošnju. TE "Pljevlja I" snage 210 KW je jedini proizvođač električne energije iz uglja u Crnoj Gori. Toplotna energija, pored lokalnih kotlarnica prvenstveno u Pljevljima, proizvođena je u toplani u okviru Fabrike celuloze u Beranama.

Ugalj je najznačajnija mineralna sirovina u Crnoj Gori i predstavlja, pored hidropotencijala, vrlo važan prirodni resurs. Step en istraženosti je vrlo visok u pljevaljskom području , a nedovoljan u beranskom.

Rezerve uglja na pljevaljskom području mogu zadovoljiti za industrijsku i široku potrošnju i značajan udeo u proizvodnji električne energije. Definisanje eksploatacionih rezervi uglja u beranskom području zahtijevaju dodatne istražne radove. Trenutne istražene eksploatacione rezerve omogućavaju proizvodnju električne i toplotne energije do 2020.god. kao i određenih količina za industrijsku i široku potrošnju.

### **Mogući pravci razvoja proizvodnje električne i toplotne energije iz uglja**

Ugalj je izuzetno značajan energetski potencijal Crne Gore i iznosi u

- Pljevaljskom području ..... 576 TWh
- Beranskom području ..... 62 TWh

---

Ukupno	638 TWh
--------	---------

Iz ovog energetskog potencijala moguća proizvodnja električne energije je sa:

- pljevaljskog ugljenog područja ..... 241,92TWh
- beransko ugljenog područja ..... 26,14 TWh

-----  
ukupno ..... 268,06 TWh  
=====

Ako bi se računao energetski potencijal uglja beranskog ugljenog područja na bazi geoloških rezervi isti bi bio značajno veći od prikazanog što ukazuje na potrebu perspektivnosti daljih geoloških istraživanja. Energetski potencijal uglja u Crnoj Gori svakako je osnova za razvoj proizvodnje uglja, električne i toplotne energije iz uglja dugoročno.

Strategijom razvoja energetike Crne Gore do 2025.god definisan je plan razvoja proizvodnje električne i toplotne energije iz uglja. Plan obuhvata:

- Revitalizaciju postojeće TE “Pljevlja I” i Rudnika uglja AD-Pljevlja
- Izgradnj TE “Pljevlja II” sa toplifikacijom grada Pljevalja.

Ugalj u Crnoj Gori iako ima značajan energetski potencijal ipak ima i ograničene rezerve koje se moraju racionalno koristiti. U daljoj fazi istraživanja ne treba očekivati povećanje rezervi, iako je istraženost beranskog ugljenog basena nedovoljna i jedino u ovom basenu moguće je značajnije povećanje bilansnih rezervi uglja. Pljevaljski basen je generalno dosta istržen i sa velikim stepenom sigurnosti količine i kvalitet uglja neće se bitno promijeniti kroz planirana doistraživanja.

Ugalj je neobnovljiv resurs pa sa tog aspekta i njegova eksploatacija mora biti planirana u okvirima prognoza razvoja proizvodnje energije iz uglja na svedskom nivou. Sve dosadašnje prognoze ukazuju da u XXI vijeku ugalj će biti jedan od oslonaca proizvodnje električne energije, bez obzira na sve nedostatke kao gorivo koje ekološki nije najpodobnije.

Pravci razvoja proizvodnje uglja i električne energije iz uglja u Crnoj Gori u velikoj mjeri definisani su Strategijom razvoja energetike do 2025.god. Bez obzira na nedostatak analitičkog pristupa dati razvoj proizvodnje električne energije iz uglja mora se prihvatiti kao početna faza, jer značajna ostvarena ulaganja u blok I TE “Pljevlja” ograničavaju određene varijante koje su mogle biti u opticaju. Pored toga eliminizacija u Strategiji proizvodnje električne i toplotne energije u Beranama u period do 2025.god. nije objektivno obrazložena iako je nesporn energetski potencijal na kom se može bazirati izgradnja TE snage 110 MW.

Ako uvažimo rješenja data Strategijom razvoja energetike do 2025. godine, razvoj treba ostvarivati fazno sa ciljem potpunog iskorišćenja rezervi uglja i proizvodnje električne i toplotne energije iz uglja.

**I faza** – period do 2015god. U ovom periodu stabilizovala bi se proizvodnja uglja u Rudniku uglja od 1.500.000 t godišnje i izvršile pripreme za povećanje kapaciteta. Proizvodnja električne energije iz uglja vršila bi se u postojećem bloku TE “Pljevlja”, i pripreme za gradnju bloka II. U Beranskom području potrebno je izvršiti geološka doistraživanja u cilju kvalitetnog i kvantitetnog definisanja rezervi uglja.

**II faza** – period 2015- 2025 god. Proizvodnja uglja u pljevaljskom području iznosila bi 2,6 – 2,8 miliona tona a električna i toplotna energija proizvodila bi se u TE “Pljevlja” I i II. Takođe u ovom period izvršila bi se toplifikacija Pljevalja sa konzumom od 63 MJ/sek. U Beranskom ugljenom basenu nakon završetka faze istraživanja i postojećih utvrđenih rezervi uglja izgradila bi se TE snage 110 MW.

**III faza** - period posle 2025 god. Do 2025 god. izvršene bi bile pripreme i otvaranje površinskog kopa “Maoče” godišnjeg kapaciteta 3,0 – 3,5 miliona tona. Na bazi maočkog uglja treba izgraditi TE snage 300 – 500 MW.

Ovakvim faznim radom omogućuje se kontinuitet i dugoročni razvoj eksploatacije uglja i električne energije iz uglja u Crnoj Gori.

Proizvodnja električne energije iz uglja po fazama bi iznosila:

I faza – blok I TE “Pljevlja”.....	≈ 1.300.000 GWh/god
II faza – blok I i II TE “Pljevlja” i TE – „Berane“.....	3.200.000 GWh/god
III faza – blok II TE “Pljevlja”, TE-« Berane » i TE-« Maoče »....	3.900.000 GWh/god



# **STANJE I PERSPEKTIVE PROIZVODNJE UGLJA U B i H ZA POTREBE ENERGETSKOG SEKTORA**

## **STATE AND PROSPECTS OF COAL PRODUCTION IN B&H FOR THE ENERGY SECTOR**

**Cvjetko Jovanović\*, Vladimir Bijelić\*\***

*\*RiTE Ugljevik a.d. Ugljevik, Republika Srpska, \*\* Elektroprivreda Republike Srpske- Banja Luka*

### **Abstrakt**

Električna energija se u BiH isključivo proizvodi iz uglja i hidro potencijala. Učešće uglja u proizvodnji električne energije Bosne i Hercegovine iznosi oko 60%. Drugim riječima ugalj je i dalje vodeći energent za proizvodnju električne energije kao i u ukupnom učešću potrošene primarne energije svih energetske resursa. Proizvodnja uglja u BiH ima trend stalnog raste, kao što je slučaj i sa proizvodnjom i potrošnjom električne energije. U sektoru eksploatacije uglja posluje 14 rudnika koji učestvuju u planovima energetske bilansa za električnom energijom u termoelektanama u Tuzli i Kaknju u Federaciji BiH, kao i dva rudnika u Republici Srpskoj, koji obezbjeđuju ugalj za termoelektane Ugljevik i Gacko. Eksploatacija i proizvodnja uglja u rudnicima za sada prate potrebe termoelektana, koje na godišnjem nivou potroše oko 9,6 miliona tona uglja za proizvodnju električne i toplotne energije.

**Ključne reči:** ugalj, energija, perspektiva

### **1. SADAŠNJE STANJE RUDNIKA UGLJA**

Gotovo svi rudnici uglja u BiH suočavaju se sa neriješenim proizvodnim problemima koji ih dovode u opasnost, ukoliko se ti problemi brzo ne riješe, da neki od njih dožive finansijski krah, prestanak proizvodnje i na kraju zatvaranje. To bi značilo da termoelektane, bez obzira na svoju pogonsku spremnost, ne bi imale energetske gorivo za proizvodnju električne energije. Zašto je to tako? Prvi i osnovni razlog takvog stanja leži u dosadašnjem položaju rudnika i odnosu države, kao većinskog vlasnika, prema ovoj vrsti privredne djelatnosti. Nekompetentni partijski kadrovi i poslovne strukture utemeljene zakonom i postavljene po partijskoj i nacionalnoj pripadnosti samo su još više pogoršali ionako teško stanje.

U proteklom periodu, a ništa bolje se ne može očekivati i u narednim godinama, doći će do kašnjenja i zaostajanja realizacije strateških razvojnih projekata u rudarstvu i energetici i zbog ograničenog pristupa međunarodnim finansijskim izvorima. Države u regionu, pa i ostale zemlje iz bivše Jugoslavije postižu brži napredak u reformama rudarstva i energetike, jer nisu opterećene unutrašnjim nacionalno-stranačkim trvenjima kao što je to slučaj sa Bosnom i Hercegovinom.

Kao ilustracija takvog stanja najočitije se to može potvrditi kroz nekoliko ilustrativnih primjera:

1. Današnju Bosnu i Hercegovinu karakteriše dezintegracija sistema i podijeljenost energetske sektora, kao jednog od najbitnijih vitalnih segmenata u ekonomiji svake zemlje. Disharmonija nadležnosti i kompetencija u energetske sektoru Bosne i Hercegovine, koji nikada nije bio u nadležnosti države Bosne i Hercegovine nego entiteta, proizvodi veliko kašnjenje, objektivno mogućeg bržeg sveukupnog razvoja i korišćenja podrške međunarodnih finansijskih izvora i

projekata. U sektoru elektroenergetike Bosne i Hercegovine djeluju tri odvojene elektro kompanije; JP EPBiH (EPBIH), Sarajevo sa termoelektranama u Tuzli i Kaknju; JP Elektroprivreda HZHB (EPHZHB), Mostar bez termoelektrana i Mješoviti Holding Elektroprivreda Republike Srpske (ERS), Trebinje sa termoelektranama Gacko i Ugljevik.

2. B i H je jedina zemlja u regionu i u svijetu koja na državnom nivou, nema zakonom regulisana pitanja iz oblasti energetske sektora. Državna strategija razvoja energetske sektora najavljivana je godinama, a što pored ostalog predstavlja i jedan od kratkoročnih prioriteta Evropskog partnerstva koji je zacrtan tokom 2008. godine. Republika Srpska nedavno je usvojila nacrt Strategije razvoja energetike Republike Srpske, dok je FBiH ranije izradila strateški plan i program razvoja za FBiH, ali taj plan još uvijek nije usvojen. *Pri izradi ovih dokumenata nije postojala neophodno potrebna koordinacija među entitetima, niti je proces javnih konsultacija transparentno organizovan.* I ova kao i brojne druge analize dosad provedene, pokazuju da je nedostatak sveobuhvatne državne energetske strategije, te investicionih planova i transparentnih procedura izbora investitora, velika prepreka značajnijim ulaganjima u sektor energetike kao najvećeg potencijala za državu. Nije sporno da je B i H jedina zemlja u regionu koja ima pozitivan bilans u izvozu električne energije, a osma zemlja u Evropi po hidropotencijalima koji se za sada koriste sa svega 37%. Takođe, se procjenjuje da BiH ima najveće prirodne potencijale na Balkanu za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora, koji su za oko 30% veći od prosjeka zemalja Evropske Unije.
3. B i H još nema Zakon o energiji i energetske efikasnosti iako je to predviđeno potpisanim i ratifikovanim Energetskom poveljom – ECT,
4. Ne postoji Energetski bilans na nivou države kojim se definišu energetske potrebe i potrošnja energije, projekcija dugoročnog izvoza električne energije, te energetske razvojni planovi za duži vremenski period.
5. B i H nema ni Energetsku statistiku na nivou države koja je neophodna za objavljivanje u međunarodnim statističkim dokumentima.

Po pitanju energije Bosna i Hercegovina pripada regionalnom tržištu jugoistočne Evrope (South-East European Regional Energy Market ), koje čine države članice Evropske Unije: Austrija, Grčka, Mađarska, Italija, Slovenija, Bugarska, Rumunija, te regionalne članice: Albanija, Bosna i Hercegovina, Hrvatska, Makedonija, Srbija, Turska, i Crna Gora

Kada su u pitanju primarni energetske bilansi, B i H uveliko zavisi od uvoza energenata i on iznosi oko 32 % ukupnih energetske potreba, od čega na naftu i naftne derivate otpada 26 % a na prirodni gas oko 6 %. To odgovara približno odnosima koji su vladali još tokom 1990. godine.

Prema detaljnim analizama koje daje Medunarodna agencija za energiju – IEA, iz Pariza, zadovoljenje potreba za energijom neće doći u pitanje, jer postoje dovoljne količine energije, kao i to da su potvrđene energetske rezerve koje mogu podmiriti planirani porast potrošnje do 2020. godine pa i kasnije. Nafta će biti raspoloživa kroz cijeli period do 2030. godine, a dokazane su i dovoljne rezerve uglja i prirodnog gasa, kao i ruda za nuklearno gorivo. Međutim biće neophodno potrebna velika finansijska sredstva za investiranje u energetske infrastrukturu, kao uslov da bi se mogli eksploatirati potvrđeni prirodni energetske resursi.

## 2. REZERVE UGLJA KAO RESURS U RAZVOJU ENERGETSKOG SEKTORA

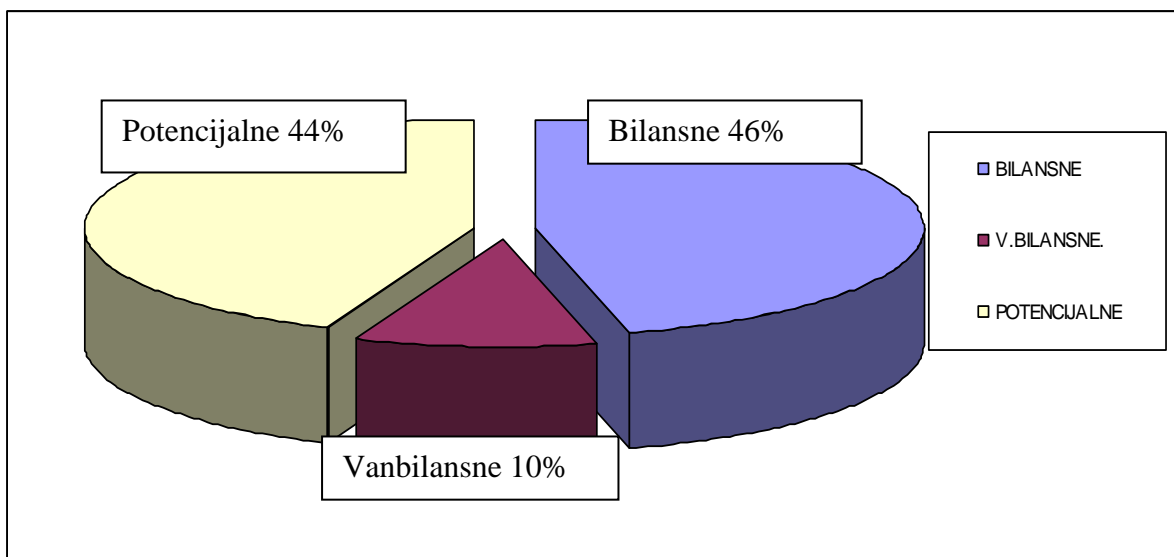
Od svih energetske resursa fosilnog porijekla u BiH, za sada se samo eksploatiše uglj, koji se u BiH nalazi u značajnim količinama, i to mrki uglj i lignit. On predstavlja osnovu za energetske budućnost BiH. Najvažniji je i nezamjenjiv domaći primarni energetske resurs. Radi navedenog, kad je u pitanju sektor uglja, neophodno je ovome posvetiti mnogo više pažnje kao temeljnog uslova za sagledavanje energetske budućnosti Bosne i Hercegovine u proizvodnju elektroenergije kao njenog jedinog realnog izvoznog proizvoda. Zbog svega toga i na osnovama tih rezervi treba razvijati proizvodnju električne i toplotne energije iz uglja. Rezerve ovih ugljeva su takvog obima i kvaliteta da se sa istim može dugoročno planirati proizvodnja električne i toplotne energije iz uglja u do sada ostvarenim relacijama za potrebe BiH u narednih najmanje 50 godina.

Struktura rezervi uglja u BiH po entitetima

tabela 1

Vrsta uglja u BiH po entitetima		R e z e r v e u (000) tona				
		Bilansne (A+B+C)	Vanbilansne (A+B+C1)	Potencijalne (C2+D1+D2)	Ukupno geološke	Eksploataci one (A+B+C)
R. S.	Lignit	390 113	72 530	46 946	509 619	352 769
	Mrki	320 862	33 787	166 017	520 666	225 578
	Ukupno	710 975	106 317	212 993	1 030 285	578 356
F. B. i H.	Lignit	1 051 874	323 944	1 339 512	2 715 330	677 851
	Mrki	894 974	173 377	996 192	2 064 543	677 885
	Ukupno	1 946 848	497 321	2 335 704	4 779 873	1 355 736
Σ B. I. H.	Lignit	1 441 987	396 474	1 386 488	3 224 949	1 030 620
	Mrki	1 215 836	207 164	1 162 205	2 585 200	903 472
	Ukupno	2 657 823	603 638	2 548 693	5 810 158	1 934 092

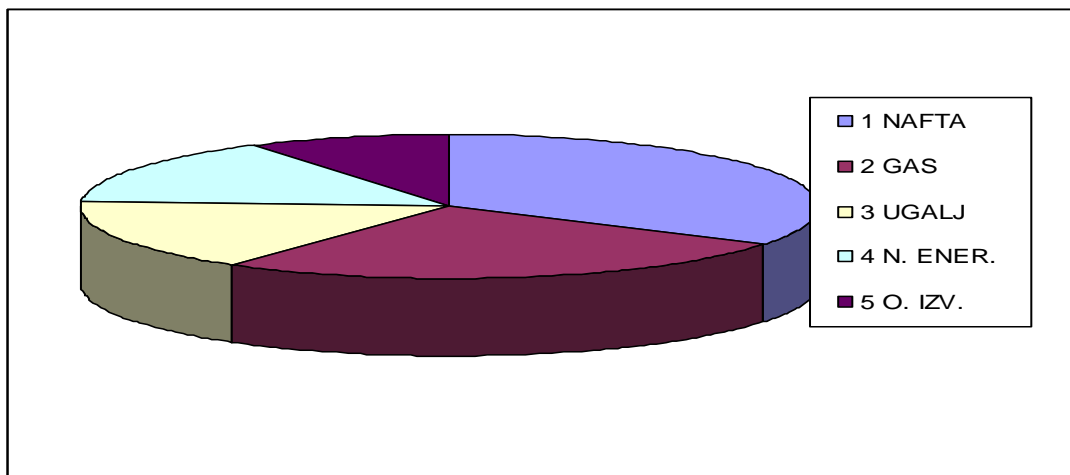
Kako se iz tabele vidi eksploatacione rezerve uglja u BiH iznose skoro dvije milijarde tona a to je eksploatacija uglja za narednih najmanje 100 godina, uz visok stepen godišnjeg povećanja proizvodnje. Struktura rezervi uglja u BiH data je na sledećem grafikonu iz koga se vidi da je stepen istraženosti ugljeva dosta nizak i da su bilansne rezerve 46%, vanbilansne 10% a potencijalne rezerve 44%, što je nezadovoljavajuće.



Sl. 1 Struktura rezervi uglja u BiH na kraju 2009. godine

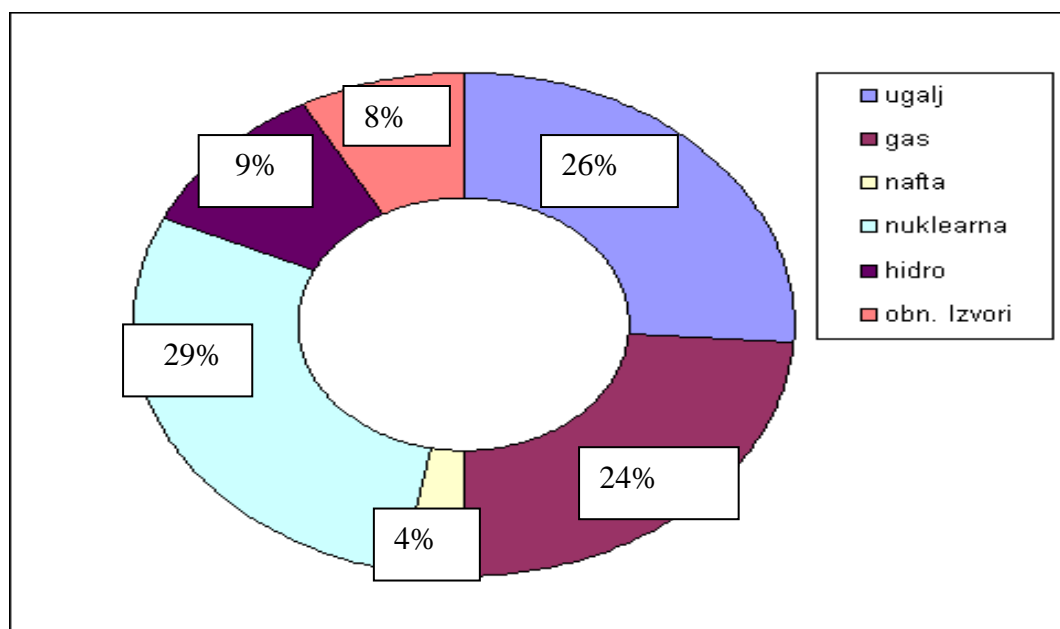
Za razliku od BiH, u većini zemalja Evropske Unije, prisutan je stalni trend pada proizvodnje uglja, jer su zapadnoevropske zemlje jednim dijelom iscrpile rezerve konkurentnog uglja a njegov nedostatak nadoknađuju sve većim uvozom jeftinog uglja iz prekomorskih zemalja. Na taj način razvijene zemlje kao što su Nemačka, Francuska i Engleska privremeno smanjuju vlastitu proizvodnju uglja i čuvaju svoje prirodne resurse za buduće vrijeme kada se neminovno očekuje porast cijena uglja na svjetskom tržištu.

Na grafikonu Sl.2 prikazane su potrebe primarne energije u državama EU na kraju 2009. godine, iz koga se vidi da se u zapadnoj Evropi sve više koristi prirodni gas i oni energetske izvori koji imaju manji uticaj na zagađenje životne sredine, ali samo dok im je svjetska cijena još uvijek povoljna, bez obzira što većinu ove energije uvoze.



Sl. 2. Grafikon energetske potrebe u EU u 2009. godini

Planirana proizvodnje električne energije u Evropskoj Uniji krajem 2009. godini prikazana je na grafikonu Sl. 3, iz koje se vidi da je učešće nuklearne energije 29% zatim uglj sa 26% i gas sa 24%. Svi ostali izvori učestvuju sa 21%. Visoko prosječno učešće nuklearne energije u proizvodnji elektroenergije zemalja EU proizašlo je zbog Francuske i Njemački koje u značajnom obimu koriste nuklearnu energiju za proizvodnju električne energije u svojim zemljama.



Sl. 3. Plan proizvodnje električne energije u EU 2009. godine

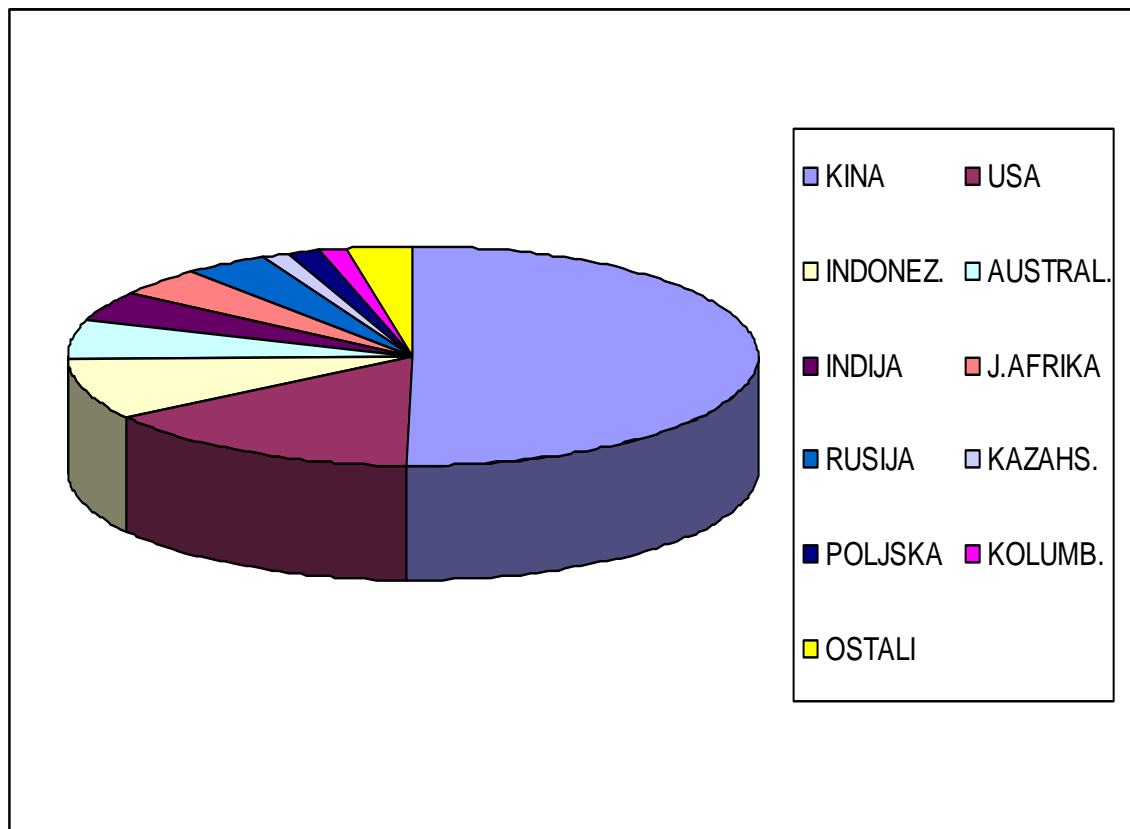
Za razliku od EU koja je značajno smanjila proizvodnju vlastitog uglja, velike svjetske sile stalno povećavaju svoju proizvodnju uglja, tako da je na kraju 2009. godine svjetska proizvodnja dostigla skoro šest milijardi tona. U tabeli br.2 i na grafikonu Sl. 4 prikazana je proizvodnja 10 najvećih proizvođača uglja iz koga se vidi da Kina proizvodi oko 50% uglja u svijetu.

**NAJVEĆI PROIZVOĐAČI UGLJA U SVIJETU 2009. GODINE**

(miliona tona)

Tabela br. 2

r.b.	ZEMLJA	2005	2006	2007	2008	2009
1	Kina	2226	2482	2459	2761	2971
2	USA	951	990	981	1007	919
3	INDIJA	398	427	425	490	526
4	AUSTRALIJA	301	309	323	325	335
5	INDONEZIJA	140	169	231	246	263
6	J. AFRIKA	240	244	244	236	247
7	RUSIJA	222	233	241	247	229
8	KAZAHSTAN	79	92	83	104	96
9	POLJSKA	98	95	90	84	78
10	KOLUMBIJA	61	64	72	79	73
11	OSTALI	256	234	293	266	187
UKUPNO: SVIJET		4973	5339	5442	5845	5924



Sl. 4 Grafikon najvećih proizvođača uglja u svijetu 2009. godine

### 3. EKONOMSKA BUDUĆNOST I PERSPEKTIVA UGLJA U ENERGETSKOM SEKTORU

Samoodrživi ekonomski razvoj eksploatacije uglja u rudnicima Bosne i Hercegovine, kako u sektoru energetike, tako i na tržištu uglja za industriju i široku potrošnju, od vitalnog je značaja i usko povezan sa nekoliko bitnih strukturalnih faktora od kojih su u ponajvažnija sledeća tri:

♦ *Hitno restrukturisanje*, koje podrazumeva savremenu reorganizaciju u rudnicima, uz modernizaciju tehnologije i zastarjele mehanizacije, i zbrinjavanje viška zaposlenih radnika. Ovom aktivnošću bi se omogućila povoljnija cijena uglja iz rudnika za proizvodnju konkurentne električne i toplotne energije na evropsko tržište, kao i cijena uglja za izvoz na regionalna tržišta uglja.

♦ *Korporatizacija* bi omogućila dugoročnu sigurnost plasmana i proizvodnje uglja, a time i električne i toplotne energije iz termoelektrana za krajnje korisnike. Ovim bi se zaokružio prirodan sistem koji je po prirodi stvari predodređen, ali nikada do sada nije izveden. Ovim postupkom bi se uprostio dosadašnji mehanizam posrednih službi u kupoprodajnim odnosima, osigurala bi se razvojna komponenta za rudnike uglja, koji bi se onda mogli koncentrisati na podizanje kvaliteta poslovanja i osiguranje jeftinije i ekonomičnije proizvodnje uglja. Elektroprivreda BiH bi konačno morala posvetiti dužnu pažnju rudnicima uglja, kao realnoj i nezamjenjivoj komponenti u proizvodnji kako električne tako i toplotne energije.

◆ *Istraživanje novih načina pripreme i upotrebe uglja* za primjenu na ostalim tržištima van elektroenergetskog sektora, za dio uglja koji bi se proizvodio za ostale potrošače, rasterećeno bi se prišlo novim rješenjima za njihovo kvalitetnije snabdijevanje. Pod pojmom kvalitetnije podrazumjevaju se viši oblici prerade uglja i podizanje njegove upotrebne vrijednosti, redukcijom pepela, sumpora, i vlage, uz prihvatljive cijene.

#### **4. ZAKLJUČCI**

► Bosna i Hercegovina raspolaže sa dovoljnim rezervama mrkog uglja i lignita, što čini značajan prirodni resurs i zbog toga predstavlja dovoljnu osnovu i snažan razlog za njegovo korištenje u proizvodnji električne i toplotne energije u 21. stoljeću. To je naročito značajno budućom izgradnjom modernih termoblokova u kojima stepen iskorištenja energije goriva iznosi iznad 50%.

► Ugalj kao primarni energetska resurs u BiH, ima stratešku i nezamjenjivu ulogu. Samoodrživi razvoj i opstanak rudnika uglja u BiH uslovljen je njihovim restrukturiranjem što podrazumijeva njihove organizacione, finansijske, tehnološke i kadrovske reforme u što kraćem roku.

► Posebno i urgentno za sva ležišta uglja treba utvrditi stanje rezervi svih kategorija, a posebno eksploatacionih, pri čemu posebnu pažnju treba posvetiti jasnom definisanju vanbilansnih rezervi i gubitaka pri eksploataciji ležišta uglja. Na taj način bi se došlo do realnih saznanja o raspoloživosti rezervi uglja u BiH. Ovo u krajnjem slučaju treba uraditi paralelno sa razvojem aktivnosti na planiranju i definisanju kapaciteta budućih termoenergetskih objekata.

► Takođe, rudarsko-geološku legislativu i regulativu treba što prije usaglasiti sa standardima Evropske Unije i drugim međunarodnim standardima;

► Što prije uraditi urbanu strategiju stanja i razvoja rudnih ležišta, a posebno uglja, kako bi se pod hitno uticalo na razvoj urbanih prostora koji svojim nekontrolisanim razvojem veoma ugrožavaju stanje rezervi i ekonomsku opravdanost eksploatacije ugljenih resursa;

► U procesu pripreme, eksploatacije, prerade i upotrebe uglja, potrebno je što prije prepoznati evropske standarde, posebno ekološke, i izraditi realnu osnovu kako što prije doći do tih vrijednosti. Savremenom tehnologijom čišćenja uglja od njegovog negorivog balasta (mineralne mase, vlage i sumpora), prije upotrebe u industriji i širokoj potrošnji, moguće je obezbijediti konkurentnost uglja u narednom dugoročnom periodu. Ovo bi se posebno moglo odnositi na manja rudarska preduzeća u bilo kom obliku vlasništva ona bila.

#### **5. LITERATURA**

1. Cvijetko Jovanić: Reforme u elektroenergetskom sektoru BiH. 38. Međunarodno oktobarsko savetovanje rudara i metalurga, Lepenski Vir 2006. Godina,
2. Cvjetko Jovanović: «Modernizacija rudnika uglja BiH sa površinskom eksploatacijom Međunarodni stručni simpozijum. Dubrovnik 2006. Godina,
3. Cvjetko Jovanović: «Stanje i perspektive u proizvodnji uglja na Balkanu», II Balkanski rudarski kongres, Beograd, 2007. godina,
4. Vlada Republike Srpske:«Strategija razvoja energetike Republike Srpske do 2030. godine Banja Luka 2010.
5. Vlada Federacije BiH: «Strateški plan i program razvoja energetska sektora F BiH» Sarajevo, mart 2009. godina,
6. ANNUAL REPORT 2010 «Facts and Trends 2009/2010»
7. EURACOAL: «European Association for Coal and Lignite»
8. COAL Industry Advisory Board: “The Role of Coal in the Post-2012 Greenhouse Gas Reduction Agreement” 9. Coal Facts 2009 Edition

# INDUSTRIJA UGLJA NA POČETKU TREĆEG MILENIJA

## COAL PRODUCTION AT THE BEGINNING OF THE THIRD MILLENNIUM

Edin Lapandić<sup>1</sup>, Amir Brigić<sup>2</sup> Ekrem Bektašević<sup>3</sup>

<sup>1</sup>

*JP Elektroprivreda BiH d.d. Sarajevo,*

<sup>2</sup>

*RMU „Banovići“, Banovići, BiH*

<sup>3</sup>

*„BBM VAREŠ“ d.o.o. Vareš, BiH*

### REZIME

Svjesni smo značaja i važnosti koju energija zauzima u cjelokupnim društveno-ekonomskim odnosima u svijetu. Međutim, često smo nemoćni pred manipulacijom, podacima o stanju rezervi energenata te značajem fluktuacije cijena fosilnih goriva na svjetskom tržištu. Da bi izbjegli zamke površnih zaključaka, mora se imati pregled primarnih energetske resursa, njihove geografske raspoređenosti, predviđenog trajanja, te osnovnih karakteristika proizvodnje, trgovine i potrošnje pojedinih primarnih energenata. Brzina razvoja alternativnih izvora energije u svijetu ne prati rastuće potrebe za energijom, pa su klasični oblici izvora energije još uvijek nezamjenjivi, zato ne iznenađuje činjenica da su u svijetu ugalj i rudnici uglja vruća investicijska tema. Prema postojećim podacima posljednjih godina od ukupne količine iskopanog uglja 76% se koristi za proizvodnju električne energije. U strukturi ukupne potrošnje energije udio ugalja iznosi 24,7%, dok u proizvodnji električne energije isti učestvuje sa oko 39%. Ovaj odnos se nije značajnije mijenjao posljednjih 30 godina i sada iznosi oko 4800 (TWh) godišnje (11). Potrebe za električnom energijom u svijetu su u stalnom porastu. Isti trend rasta potrošnje je primjetan i u Bosni i Hercegovini i njenom okruženju. U radu je dat osvrt na rezerve, proizvodnju, potrošnju uglja te kretanje cijena uglja u svijetu.

**Ključne riječi:** ugalj, električna energija, proizvodnja, rezerve, potrošnja, cijene.

### RESUME

Nowadays, we are aware of importance of energy in the world. But, we are mistaking very often by information about the state of sources of energy nad fossil fuel price fluctuation on the world market. So, to avoid traps of been uninformed, we have to have a clear picture of primary power resources, their geographical locations, predicted existance as well as basic details of way of production, trading and usage of some of these power sources. Development rate is not following growing needs for energy, so the typical sources of energy are still unreplaceable and the fact that coal mines are hot investment topic in the world is not surprising. According to last years information, from total amount of produced coal, only 76% has been used for electrical energy production. When we look at energy usage, coal takes a part of 24,7%, while in production of electrical energy coal is participating with 39%. This relation has not been changing for the last 30 years and now it is about 4800 (TWh) per year (11). The need for electrical energy in the world is in constant growing what applies for Bosnia and Herzegovina and surrounding. In this work there is a review at power sources, coal production and usage as well as price trend in the world.

**Key words:** coal, electrical energy, production, reserves, usage, price.

### 1. UVOD

Ugalj je goriva tvar a sastoji se pretežno od ostataka, odnosno produkata raspada biljaka u dalekoj prošlosti. Proces nastanka uglja baziran je na naučnoj tezi, i isti nije u potpunosti razjašnjen.

Okvirno se proces nastanka može podeliti na dvije faze:

- pripremna faza ili faza humifikacije i
- faza ugljenifikacije (karbonizacije) (3).



U prvoj fazi se vrši akumulacija, izmjena i transformacija organske supstance u treset, odnosno sapropel. Ovo se ostvaruje na površini zemlje u vodenoj sredini, pod dejstvom mikrobiotičkog faktora i u anaerobnim uslovima (3). Faza traje desetinama hiljada godina.

Faza ugljenifikacije obuhvata proces u kojima se treset, odnosno sapropel, putem dijageneze i metamorfizma pretvaraju u lignit, smeđi ugalj, kameni ugalj i antracit (3). Ova faza se odvija u dijelovima zemljine kore gde postoje anaerobni uslovi i adekvatan pritisak i temperatura (3). U ovom procesu se ostvaruje povećanje procenta ugljenika u organskoj supstanci, uz smanjivanje procenta kiseonika, vodonika i azota. Imamo niz sukcesivnih pretvaranja: biljni ostaci i drvo-treset-lignit-smeđi ugalj-kameni ugalj (9). Taj proces je trajao stotinama miliona godina.

Nema opšte kvalifikacije za vrste uglja, pogotovu za one niže ogrevne moći. U statistikama koje objavljuje Ekonomska komisija Ujedinjenih naroda smatra se da je kameni ugalj onaj kome je gornja

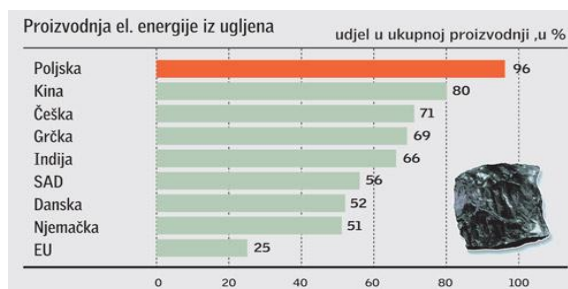
Ugalj	Gustina (t/m <sup>3</sup> )	Toplotna moć (MJ/kg)	Vlaga (%)	Isparljivi sastojci (u % suve materije)	Sadržaj ugljenika (u % suve materije)
Drvo	0,2-1,3	14,7	SUVO	80	50
Treset	1	6,3-8,4	60-90	65	55-65
Lignit	1,2	7,5-12,6	30-60	50-60	65-70
Smeđi ugalj	1,25	16,7-29,3	10-30	45-50	70-80
Kameni ugalj	1,3-1,35	29,3-35,6	3-10	7-45	80-93
Antracit	1,4-1,6	35,6-37,7	1-2	4-7	93-98

toplotna moć 23,9 (MJ/kg) i veća (9). Može se ocijeniti da je granica između smeđeg uglja i lignita toplotna moć od 12,6 (MJ/kg) (9). Oko 70% termoenergetskih postrojenja upotrebljavaju kameni ugalj a ostala koriste smeđi ugalj i lignit (15). Kameni ugljevi se dijele u

tri podskupine:

- plinski ugljevi sa sadržajem isparljive tvari 35% - 50%,
- srednji ugljevi sa sadržajem isparljive tvari 19% - 35%,
- mršavi ugljevi sa sadržajem isparljive tvari 10% - 19% (15).

Od svih fosilnih goriva uglja ima najviše, a ima i najdužu povijest upotrebe. Arheolozi su pronašli dokaze koji ukazuju da su Rimljani u Engleskoj koristili ugalj u drugom i trećem vijeku (9). U Sjevernoj Americi Indijanci su u 14. vijeku koristili ugalj za kuhanje, grijanje i izradu keramike (9). U 18. vijeku Englezi su otkrili da se ugalj spaljuje čišće i na većoj temperaturi od drvenog ugalja (9). Industrijska revolucija bila je prvi pravi pokretač upotrebe uglja. James Watt izumio je motor ne paru (parni stroj koji je koristio ugalj za proizvodnju pare), ovo je omogućilo da strojevi obavljaju posao koje su prije obavljali ljudi ili životinje. Tokom 19. vijeka brodovi i vozovi su bili glavno sredstvo za transport, a koristili su parni stroj za pogon. U tim parnim strojevima koristio se ugalj za proizvodnju pare. 1880. godine ugalj je prvi put upotrijebljen za proizvodnju električne energije (9). Ugalj je u svijetu najizdašniji i široko rasprostranjeno fosilno gorivo i predstavlja osnovni energetski resurs na kome se temelji razvoj privrede mnogih zemalja. Međunarodna energetska agencija (IEA) očekuje povećanje potrošnje uglja od 43% u vremenu od 2000 do 2020. godine (15). Bitno je napomenuti da se izgaranjem uglja proizvodi i ispušta u atmosferu oko 9 milijardi tona CO<sub>2</sub>, a 70% od tog iznosa odnosi se na proizvodnju električne energije (15). Neke druge procjene govore da na proizvodnju električne energije otpada jedna trećina od ukupno preko 25 milijardi tona svjetskih emisija CO<sub>2</sub> (15). Udio uglja u proizvodnji električne energije, za pojedine zemlje prikazan je na slici 1. Proizvodnja električne energije u Poljskoj i Kini u potpunosti ovisi od uglja, i ovaj energent predstavlja okosnicu elektroenergetskog sistema tih zemalja. Cilj i zadatak istraživanja u ovom radu je, da se na jednom mjestu



Slika 1. Udio uglja u proizvodnji električne energije

prikaže opće stanje industrije uglja na početku trećeg milenija. Koristeći podatke iz eminentnih svjetskih baza za obradu podataka o rezervama, proizvodnji i cijenama uglja, želimo da budućim istraživačima olakšamo posao tako što ćemo na jednom mjestu prezentirati stanje od početka profesionalnog ažuriranja podataka do kraja 2007. godine.

## 2. REZERVE UGLJA

Tabela 2. Reserve uglja na kraju 2007. godine (2)					
Zemlja - (million tona)	Kameni (antracit i bituminoz ni) ugalj	Ostali (Sub- bituminozni i lignit) ugljevi	Ukupno	% u ukupnom	Odnos R/P
USA	112261	130460	242721	28,6	234
Kanada	3471	3107	6578	0,8	95
Meksiko	860	351	1211	0,1	99
<b>Ukupno Sjeverna Ameriaa</b>	<b>116592</b>	<b>133918</b>	<b>250510</b>	<b>29,6</b>	<b>224</b>
Brazil	-	7068	7068	0,8	*
Kolombia	6578	381	6959	0,8	97
Venezuela	479	-	479	0,1	60
Ostali S. & Cent. Amerika	172	1598	1770	0,2	*
<b>Ukupno S. &amp; Cent. America</b>	<b>7229</b>	<b>9047</b>	<b>16276</b>	<b>1,9</b>	<b>188</b>
Bugarska	5	1991	1996	0,2	66
Češka republika	1673	2828	4501	0,5	72
Njemačka	152	6556	6708	0,8	33
Grčka	-	3900	3900	0,5	62
Mađarska	199	3103	3302	0,4	336
Kazahstan	28170	3130	31300	3,7	332
Poljska	6012	1490	7502	0,9	51
Rumunija	12	410	422	□	12
Ruska Federacija	49088	107922	157010	18,5	500
Španija	200	330	530	0,1	29
Turska	-	1814	1814	0,2	24
Ukraina	15351	18522	33873	4,0	444
Velika Britanija	155	-	155	□	9
Ostali Europa & Eurasia	1025	18208	19233	2,3	278
<b>Ukupno Europa &amp; Eurasia</b>	<b>102042</b>	<b>170204</b>	<b>272246</b>	<b>32,1</b>	<b>224</b>
Južna Afrika	48000	-	48000	5,7	178
Zimbabve	502	-	502	0,1	234
Ostali Afrika	929	174	1103	0,1	*
Bliski Istok	1386	-	1386	0,2	*
<b>Ukupno Bliski Istok &amp; Afrika</b>	<b>50817</b>	<b>174</b>	<b>50991</b>	<b>6,0</b>	<b>186</b>
Australija	37100	39500	76600	9,0	194
Kina	62200	52300	114500	13,5	45
India	52240	4258	56498	6,7	118
Indonesia	1721	2607	4328	0,5	25
Japan	355	-	355	□	249
Novi Zeland	33	538	571	0,1	124
Sjeverna Korea	300	300	600	0,1	20
Pakistan	1	1981	1982	0,2	*
Južna Korea	-	135	135	□	47
Tajland	-	1354	1354	0,2	74
Vietnam	150	-	150	□	4
Ostali Azia i Pacifik	115	276	391	□	29
<b>Total Asia Pacific</b>	<b>154216</b>	<b>103249</b>	<b>257465</b>	<b>30,4</b>	<b>70</b>
<b>Ukupno Svjetske</b>	<b>430896</b>	<b>416592</b>	<b>847488</b>	<b>100,0</b>	<b>133</b>
Od toda Europska Unia	8427	21143	29570	3,5	50
OECD	162490	194420	356910	42,1	168
Bivši Sovjetski Savez	93609	132386	225995	26,7	463
Ostali EMEs	174797	89786	264583	31,2	70

Tabela 3. Dokazane rezerve uglja (11)

Vrsta uglja	milijardi tona
Kameni ugalj	510
Smeđi ugalj	279
Lignit	196
Ukupno	985

Dva velika pojasa nalazišta kamenog uglja obavijaju Zemlju. Jedno je na sjevernoj polulopti i polazi od sjevernoameričkog kontinenta, preko srednjeg dijela Evrope i bivšeg SSSR-a do Kine. Drugi pojas polazi od južnog Brazila, preko južne Afrike do istočne Australije. Pripadaju mu i nalazišta u Indiji (7,3). Sjeverna polulopta posjeduje najveće rezerve uglja i smještene su prvenstveno između 35 i 50 stepeni sjeverne geografske širine. Rezerve uglja su dobro istražene, pogotovo u razvijenim zemljama. Svjetske rezerve kamenog i smeđeg uglja iznose oko 789 milijardi tona. Najveće svjetske rezerve smeđeg uglja i lignita nalaze se između 35 i 70 stepeni geografske širine na Sjevernoj i Južnoj polulopti (3). Svjetske rezerve smeđeg uglja i lignita iznose oko 475 milijardi tona, a najveće rezerve se nalaze u SAD, Njemačkoj, Rusiji, Australiji, Kini (oko 80% svjetskih rezervi lignita). Sa trenutnom godišnjom potrošnjom od oko 3,7 milijardi tona godišnje (kamenog i smeđeg uglja) i 0,9 milijardi tona lignita, uglja ima dovoljno za 220 godina eksploatacije. Raspodjela rezervi ovog energenta je neravnomjerna. Svega 6 zemalja raspolaže sa 75% svih svjetskih rezervi uglja. U posljednjih nekoliko godina dodatna su istraživanja još uvećala iznose rezervi. Gledano geografski, Južna Amerika je kontinent s najmanje rezervi uglja

- samo 2.2% svjetskih rezervi. Afrika je također u lošem položaju s rezervama - samo 6%, a od tih 6% Južna Afrika ima 90% rezervi (9).

U Sjedinjenim Američkim Državama u posljednjih 10 godina proizvodnja uglja stagnira i povećana je za 4,88% na današnjih 1039,2 miliona tona. Uočljiv je pad proizvodnje uglja u Europi i bivšem Sovjetskom Savezu, zbog prelaska na čišća fosilna goriva. U ostalim regijama, a naročito u Aziji, proizvodnja uglja je povećana. Da se primijetiti da nema značajne razmjene uglja među regijama, jer se ugalj uglavnom troši na mjestu proizvodnje.

U tabeli 2. su dati podaci o rezervama uglja (u milionima tona) kao i odnos rezervi prema proizvodnji (R/P). Vidi se da su dokazane rezerve uglja dostatne za oko 220 godina eksploatacije uglja sadašnjim tempom.

Tabela 4. Zemlje sa najvećim rezervama uglja (3)

Zemlja	%
SAD	25
Rusija	16
Kina	12
Australija	9
Indija	7,5
Njemačka	6
Ostali	24,5
<b>Ukupno</b>	<b>100</b>

### 3. PROIZVODNJA UGLJA

Kina je danas najveći proizvođač uglja u svijetu i na ovom mjestu se nalazi neprekidno od 1985. godine. Ova zemlja je od 1981. godine proizvela gotovo 12,5 milijardi tona uglja. U posljednje vrijeme u Kini se pojavila napetost zbog nedostatka uglja, kao i zbog njegovog poskupljenja, što je na kraju izazvalo nedovoljnu opskrbu strujom. Kina je trenutno druga zemlja proizvođač energenata u svijetu, a istovremeno i druga zemlja potrošač energije (4). U 2007. godini kineska prosječna potrošnja energenata bila je



Slika 2. Geografska raspoređenost uglja u Kini

tačno dvije milijarde i 650 milijona tona standardnog uglja. Međutim, zbog velikog broja stanovnika, potrošnja energenata po glavi stanovnika u Kini je dosegla samo 62% svjetskog prosjeka (4). U strukturi kineske energetike, vodeće mjesto zauzima uglj, oko 70% od ukupnih energenata (4). Radi poboljšavanja energetske situacije u Kini, Državna uprava za energente predlaže korištenje obnovljivih izvora energije za što postoji veliki potencijal, uključujući izradu odgovarajućih političkih smjernica za podsticaj razvoja obnovljive energije i planiranje izgradnje još više objekata u tom domenu. Posljednjih nekoliko godina brzo se razvijala eolska energija. Po instaliranom kapacitetu eolskih generatora Kina zauzima peto mjesto u svijetu. Osim toga, centralna vlada je uložila ogromne investicije u iskorištavanje solarne energije na Tibetskoj visoravni za proizvodnju struje. Kina je također najveći svjetski potrošač bojlera na sunčevu energiju

Tabela 5. Proizvodnja uglja u svijetu 1981 – 2007. godina (2)

Država / oblast (million tona)	1981	1985	1990	1995	2000	2005	2006	2007	% u ukupnom
USA	747,3	801,6	933,6	937,1	974,0	1026,5	1054,8	1039,2	18,7
Kanada	40,1	60,7	68,4	75,0	69,2	67,6	66,0	69,4	1,2
Meksiko	3,0	5,2	6,9	9,3	11,3	10,8	11,5	12,2	0,2
<b>Ukupno Sj. America</b>	<b>790,5</b>	<b>867,6</b>	<b>1008,9</b>	<b>1021,4</b>	<b>1054,5</b>	<b>1104,8</b>	<b>1132,3</b>	<b>1120,8</b>	<b>20,1</b>
Brazil	5,7	7,7	4,6	5,2	6,8	6,3	5,9	5,9	0,1
Kolombia	4,0	9,0	20,5	25,7	38,2	60,6	67,3	71,7	1,5
Venezuela	^	^	2,2	4,4	7,9	7,2	7,5	8,0	0,2
stalor S. & Cent. Amerika	1,7	1,8	2,5	1,4	0,6	0,5	1,2	1,0	w
<b>Ukupno S. &amp; Cent. Am.</b>	<b>11,4</b>	<b>18,5</b>	<b>29,8</b>	<b>36,7</b>	<b>53,6</b>	<b>74,5</b>	<b>81,8</b>	<b>86,6</b>	<b>1,8</b>
Bugarska	29,2	30,9	31,7	30,8	26,4	26,4	27,5	30,4	0,2
Češka Republika	117,7	122,8	102,8	74,3	65,2	62,0	62,4	62,6	0,8
Francuska	22,7	18,9	13,6	8,9	4,1	0,6	0,5	0,3	w
Njemačka	492,8	521,6	426,7	245,9	201,0	202,8	197,1	201,9	1,6
Grčka	27,3	35,9	51,9	57,7	63,9	70,6	64,8	62,5	0,3
Mađarska	26,0	24,0	17,6	12,2	14,0	9,6	10,0	9,8	0,1
Kazahstan	n/a	130,8	131,4	83,4	74,9	86,6	96,2	94,4	1,5
Plojska	198,6	249,4	215,3	200,7	162,8	159,5	156,1	145,8	2,0
Rumunija	36,9	46,6	38,2	41,1	29,3	31,1	34,9	35,4	0,2
Ruska Federacija	n/a	395,2	395,3	262,8	258,3	298,3	309,9	314,2	4,7
Spanija	35,6	39,8	36,0	28,5	23,5	19,4	19,2	18,2	0,2
Turska	21,0	40,0	47,4	55,1	66,6	61,7	64,9	76,6	0,5
Ukraina	n/a	189,0	164,9	83,8	81,0	78,8	80,2	76,3	1,3
Velika Britanija	127,5	94,1	92,8	53,0	31,2	20,5	18,5	17,0	0,3
Ostaliir Europa & Eurasia	781,3	100,5	101,7	62,2	62,8	64,1	66,4	68,8	0,5
<b>Ukupno Eropa &amp; Eurasia</b>	<b>1916,7</b>	<b>2039,6</b>	<b>1867,2</b>	<b>1300,5</b>	<b>1164,8</b>	<b>1192,0</b>	<b>1208,6</b>	<b>1214,2</b>	<b>14,2</b>
<b>Ukupno Bliski Istok</b>	<b>0,7</b>	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>	<b>1,1</b>	<b>1,0</b>	<b>1,1</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>w</b>
Južna Afrika	130,4	173,5	174,8	206,2	224,1	244,4	256,8	269,4	4,8
Zimbabve	2,9	3,1	5,5	5,5	4,4	2,9	2,1	2,1	w
Ostali Afrika	2,6	2,4	2,3	2,3	2,0	1,8	1,7	1,7	w
<b>Ukupno Afrika</b>	<b>135,9</b>	<b>179,0</b>	<b>182,6</b>	<b>214,1</b>	<b>230,6</b>	<b>249,0</b>	<b>260,6</b>	<b>273,2</b>	<b>4,9</b>
Australija	126,9	166,6	210,4	245,3	310,9	378,8	385,3	393,9	6,9
Kina	616,5	872,3	1079,9	1360,7	1299,2	2204,7	2373,0	2536,7	41,1
India	130,1	157,5	223,3	289,0	334,8	428,4	449,2	478,2	5,8
Indonezija	0,4	2,0	10,7	41,8	77,0	152,7	181,1	174,8	3,4
Japan	17,7	16,4	8,3	6,3	3,1	1,1	1,4	1,4	w
Novi Zeland	2,2	2,4	2,6	3,5	3,6	5,3	5,8	4,6	0,1
Pakistan	1,6	2,2	2,8	3,2	3,2	3,5	3,9	3,6	0,1
Južna Koreja	19,9	22,5	17,2	5,7	4,2	2,8	2,8	2,9	w
Taïland	1,7	5,2	12,4	18,4	17,7	20,9	19,0	18,3	0,2
Vietnam	6,0	5,6	5,1	6,9	11,6	32,6	38,9	41,2	0,7
Ostali Asia i Pacifik	52,8	61,8	56,2	38,0	36,7	43,4	42,6	44,3	0,7
<b>Ukupno Asia i Pacifi</b>	<b>975,7</b>	<b>1314,5</b>	<b>1628,9</b>	<b>2018,8</b>	<b>2102,0</b>	<b>3274,3</b>	<b>3503,0</b>	<b>3699,9</b>	<b>59,0</b>
<b>Ukupno svjetske</b>	<b>3831,0</b>	<b>4420,4</b>	<b>4718,6</b>	<b>4592,6</b>	<b>4606,4</b>	<b>5895,6</b>	<b>6187,2</b>	<b>6395,6</b>	<b>100,0</b>
Od toga: Europska Unija	1131,5	1201,3	1036,0	761,9	630,8	609,8	597,7	590,5	5,7
OECD	2043,9	2239,8	2261,2	2022,5	2014,0	2103,6	2125,7	2124,4	33,0
Bivši Sovjetski Savez	710,5	726,4	703,8	433,6	417,1	467,3	489,6	488,3	7,6
Ostali EMEs	1076,6	1454,2	1753,6	2136,5	2175,3	3324,6	3571,8	3782,8	59,5

Tabela 6. Top 10 - najveći proizvođači uglja (2)

Država (million tona)		1981	1985	1990	1995	2000	2005	2006	2007
1.	Kina	616,5	872,3	1079,9	1360,7	1299,2	2204,7	2373,0	2536,7
2.	USA	747,3	801,6	933,6	937,1	974,0	1026,5	1054,8	1039,2
3.	India	130,1	157,5	223,3	289,0	334,8	428,4	449,2	478,2
4.	Australia	126,9	166,6	210,4	245,3	310,9	378,8	385,3	393,9
5.	Ruska Federacija	n/a	395,2	395,3	262,8	258,3	298,3	309,9	314,2
6.	Južna Afrika	130,4	173,5	174,8	206,2	224,1	244,4	256,8	269,4
7.	Njemačka	492,8	521,6	426,7	245,9	201,0	202,8	197,1	201,9
8.	Indonezija	0,4	2,0	10,7	41,8	77,0	152,7	181,1	174,8
9.	Poljska	198,6	249,4	215,3	200,7	162,8	159,5	156,1	145,8
10.	Kazakhstan	n/a	130,8	131,4	83,4	74,9	86,6	96,2	94,4

Postoje razni podaci o energetskej vrijednosti uglja. Prema BP jedna tona ekvivalentne nafte u energetskom pogledu iznosi oko 1.5 tona kamenog i mrkog uglja i oko 3 tone lignita. Također, važi približan odnos između tone ekvivalentne nafte i tone uglja: toe/t = 0,5 – 0,6 (9).

Tabela 7. Najveći potrošači uglja (milioni tona ekvivalentne nafte) (2)

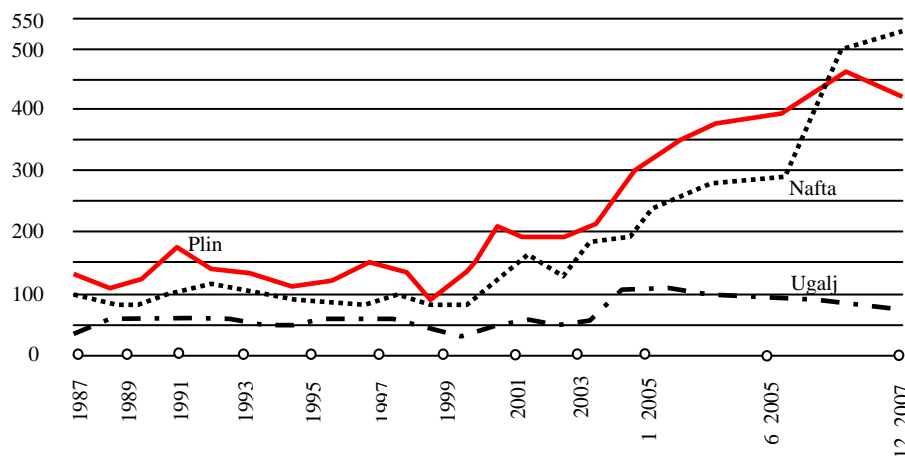
Država		1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2007
1.	Kina	165,6	196,5	250,9	305,1	410,7	529,9	694,6	667,4	1088,8	1311,4
2.	USA	291,8	309,1	319,1	388,6	440,4	483,1	506,2	569,0	574,2	573,7
3.	India	35,5	37,6	48,1	56,7	72,5	95,5	125,0	144,2	184,4	208,0
4.	Japan	43,6	60,2	54,4	57,6	73,7	76,0	86,2	98,9	121,3	125,3
5.	Južna Afrika	24,7	27,4	35,2	43,5	66,2	71,3	77,4	81,9	91,9	97,7
6.	Ruska Fed.	n/a	n/a	n/a	n/a	195,6	180,6	119,4	105,2	94,2	94,5
7.	Njemačka	163,5	151,7	128,3	139,6	147,6	129,6	90,6	84,9	82,1	86,0
8.	Južna Koreja	5,0	5,6	8,0	13,2	22,0	24,4	28,1	43,0	54,8	59,7
9.	Poljska	59,5	70,2	83,7	101,6	99,9	80,2	71,7	57,6	55,7	57,1
10.	Taiwan	3,0	2,7	1,9	3,8	7,1	11,0	16,9	28,7	38,1	41,1

SAD su povećale proizvodnju na 1039,2 milijona tona, ali je sve manje uglja raspoloživo za izvoz. Manjak vlastite proizvodnje SAD podmiruju bilateralnim ugovorom između njih i Kanade. SAD uvoze i ugalj iz Kolumbije zbog jeftinog transporta do obale. Svjetska potrošnja uglja raste po godišnjoj stopi od 7% (14). Na taj trend prvenstveno utiče ekonomija Republike Kine, koja sa 28% učestvuje u svjetskoj potrošnji tog goriva i ona je od 1965. godine 8 puta povećala potrošnju. Od top deset potrošača uglja u svijetu (tabela 7.) samo Njemačka i Poljska su smanjile potrošnju uglja, dok su ostale zemlje znatno povećale. Njemačka privreda konstantno ima trend smanjenja potrošnje uglja, tako da je u posljednjih 40-ak godina ukupna potrošnja uglja smanjena za 80 miliona tona. Isti trend bilježi i Poljska koja je u odnosu na 1980. godinu smanjila potrošnju ovog energenta za nepunih 50 miliona tona uglja. Zemlja sa najvećim rezervama uglja SAD od 1965. godine udvostručila je potrošnju. Pored Republike Kine i SAD kao sve ozbiljniji potrošači su Indija, Japan i Južna Afrika. Primećuje se da Kina, SAD i Indija troše većinu proizvedenog uglja, dok su Australija (231 miliona), Indonezija (108 miliona), Rusija (76 miliona) i Južnoafrička Republika (73 miliona) najveći izvoznici uglja u svijetu. Kao ozbiljni izvoznici ovdje se pojavljuju još i Kina (72), Kolumbija (56), SAD (45), Kanada (28) i Poljska (21). Najveći uvoznici uglja su Japan (178 miliona tona), Južna Koreja (77 miliona tona) i Tajvan (61 miliona tona), a od zemalja Evrope, Velika Britanija (44 miliona tona) Njemačka (38 miliona tona).

#### 4. CIJENA UGLJA

Tržište uglja kao i ostalih mineralnih resursa je specifično tržište na kome se cijene formiraju pod utjecajem raznoraznih ekonomskih i van-ekonomskih parametara. Zbog toga, preciznije i dugoročno prognoziranja cijena ovog resursa nije moguće i predstavlja nezahvalan posao.

U posljednjoj deceniji primijetan je rast troškova proizvodnje uglja u svijetu. Taj rast je posebno izražen u Evropskim zemljama, gdje su rudnici stariji i znatno dublji nego u ostalim dijelovima svijeta. Zbog toga se eksploatacija uglja u evropskim zemljama, usled nedostatka rezervi vrši na sve većim dubinama što zahtijeva i dodatne troškove eksploatacije



Slika 3. Kretanje cijena plina, nafte i kamenog uglja u svijetu

i uvećava gubitak rezervi i do 30% od bilansnih (12). U strukturi proizvodnih troškova, najveću ulogu igraju troškovi rada, zbog angažovanja velikog broja radnika. Osim ovih troškova kroz istoriju se pokazalo da cijena uglja pored svih faktora u velikoj mjeri ovisi i od cijene nafte u određenom vremenskom periodu. Međutim po mišljenju londonskog "The Economist" cijena uglja veoma slabo će se vezati za cijenu nafte; ugalj se nabavlja iz raznih zemalja i nije vezan za ranjivost naftovoda, mada teška goriva, nafta i plin su jeftiniji, u ovom momentu njihove cijene mogu još rasti (5). Ugalj i cijena uglja odavno su prestali da budu samo ekonomska kategorija, ona se naime, sve više socijalizira i politizira, pa čak i u onim zemljama koje još uvijek u dobroj mjeri u ekonomskom životu upražnjavaju klasične tržišne principe, zakone tržišta i slobodnu konkurenciju. Ipak, proizvodnja uglja je najčešće dio dugoročne razvojne strategije mnogih zemalja

##### 4.1. Dosadašnje kretanje cijena uglja na svjetskom tržištu i trendovi rasta cijena

Početakom 21. vijeka cijene energenata su naglo rasle. Od 2002-2007. godine cijena uglja je porasla sa 31,65 na 86,60 US\$ po toni, dok je cijena gasa gotovo 3 puta veća u odnosu na navedeni period. Nasuprot naglom rastu cijene tih energenata, cijena električne energije je u tom periodu u svijetu porasla samo za 30%. Kretanje cijena plina, nafte i kamenog uglja u svijetu prikazano je na slici 3. U oblasti ugljeva, predmet međunarodne trgovine je isključivo kameni ugalj. Manje kvalitetni ugljevi (smeđi i lignit) nisu predmet međunarodne trgovine, ali se koriste u zemljama proizvođačima. Cijene uglja su samo donekle pratile promjene cijene nafte i plina i uglavnom su bile stabilne, ali od 2004. godine cijena uglja na evropskom tržištu naglo je porasla, gotovo 200%.

#### 5. DISKUSIJA

Do sada je bilo veoma teško doći do stvarnih pokazatelja o stanju uglja u svijetu. Opća zbivanja u poslednjim desetljećima na prostorima ex Jugoslavije zaustavila su naučnotehnički progres u rudarstvu kao i prodor novih ideja i informacija. Ta zbivanja uz nagli odliv naučnih radnika rezultirala su smanjenim

istraživanjima uslijed čega su informacije koje se nude u literaturi šture. Obzirom da se posljednjih godina istraživanja u rudarstvu zahuktavaju osjeća se sve veća potreba za tačnim podacima.

Pretraživanjem stručne literature koja nam je bila dostupna, uočili smo da se podaci razlikuju ili su neprecizni. Mnoge literature obrađuju samo određeni period itd. Pretraživanjem dostupne literature i svjetske baze podataka koje su prikazane u literaturi ovog rada, prezentirali smo opće stanje u industriji uglja, završno sa 2007. godinom. Preciznost koju smo prikazali u prezentaciji podataka, zahvaljujemo prvenstveno naučnotehničkom razvoju informacionih tehnologija u čemu prednjači internet.

## **6. ZAKLJUČAK**

Električna energija, kao oplemenjeni i univerzalno iskoristivi energetska oblik, ima posebnu društvenu važnost. Prema dosadašnjim analizama potrošnja električne energije zavisi od bruto društvenog proizvoda po stanovniku kao i od broja stanovnika. Pošto broj stanovnika u svijetu raste, a jednoj četvrtini stanovništva ovaj vid privilegije nije uopšte dostupan, to može biti razlog ubrzane potražnje za električnom energijom u narednom periodu. Prema pisanju stručnog časopisa Biodiesel Magazine koga izdaje međunarodna tvrtka BBI International procjenjuje se da će do 2030. godine porasti svjetska potrošnja električne energije za nepunih 100%, od današnjih 16.100 (TWh) na 31.600 (TWh) godišnje (15). Glavni dio te potrošnje pokrivat će elektrane na uglj (28%) i kombi elektrane na prirodni plin (28%) (15). Nuklearna će energija u 2020. godini pokrivati oko 19% potrošnje, umjesto današnjih 32% (15). U pojedinim se scenarijima predviđa porast udjela obnovljivih izvora energije na oko 23% (15). Prema procjenama stručnjaka, fosilna goriva će i nadalje pokrivati najveći dio rasta potrošnje električne energije u svijetu. U 2030. godini fosilna goriva će pokrivati oko 70% potrošnje električne energije (15). Obnovljivi izvori energije će igrati značajnu ulogu u svjetskoj primarnoj energetska strukturi, dok će u nekim zemljama svijeta porasti uloga i važnost nuklearne energije.

Dakle, uprkos svim problemima koji prate upotrebu uglja u proizvodnji električne energije, njegovo korištenje u zadovoljavanju svjetskih potreba za električnom energijom biće i idućih desetljeća neizbježno. Može se reći, da uglj ne samo da je jedan od najvažnijih izvora energije, (u SAD-u primjerice pokriva polovinu tamošnjih potreba za električnom energijom) već sve više dolazi u fokus mnogih vlada a tako i vlade FBiH. Također, dobar dio rudarskih kompanija dosad se nije odlučivao na preuzimanja preduzeća za proizvodnju uglja iz vrlo pragmatičnog razloga (neizvjesnosti o održivosti ovog izvora energije), danas se ta svijest lagano mijenja.

Pod pritiskom neodgodivog investiranja u nove proizvodne kapacitete, ali i svijesti o ekološkim i klimatološkim posljedicama korištenja fosilnih goriva, u svijetu se ulažu velika sredstva u unaprjeđenje tehnologije korištenja uglja. Prilikom pretvaranja uglja dolazi do veoma velike emisije ugljičnog dioksida, pa se dio javnosti uz razna udruženja za zaštitu okoline protivi takvim postrojenjima. Međutim, kao što je rečeno procjene analitičara govore da će se u idućim godinama brojne zemlje sve više oslanjati na uglj kojem u prilog idu velike rezerve i dakako niža cijena u odnosu na druge izvore. Očekivanja o snažnijem iskorištavanju ove sirovine baziraju se i na najnovijim znanstvenim dostignućima, odnosno razvoju novih tehnologija čija primjena smanjuje ispuštanje štetnih plinova. Neka dostignuća tog razvoja, poput visoke termičke efikasnosti procesa i ostvarivanja niskog nivoa zagađenja okoline, sastavni su dio komercijalne ponude energetske opreme na svjetskom tržištu. Tehnologije proizvodnje električne energije iz fosilnih goriva s nultom emisijom CO<sub>2</sub> u atmosferu još nisu razvijene do nivoa komercijalne isplativosti, ali realno je očekivati da će se i to ostvariti idućih desetljeća. Dostignuća u razvoju tehnologija čistog uglja u svijetu se uzima u obzir pri strateškom planiranju izgradnje proizvodnih kapaciteta, jer se jedino oslanjanjem na raznorodne primarne energente, pa jednim dijelom i na uglj, može dugoročno osigurati pouzdanost snabdijevanja električnom energijom. Rast cijena nafte uz iscrpljivanje njezinih rezervi potiče naučne i poslovne zajednice na potragu za novim načinima dobivanja goriva. Velike američke rezerve uglja (27% svjetskih zaliha), potaknule su raspravu u SAD-u o ulaganju u razvoj Fischer-Tropschovog procesa,

tehnologije kojom je moguće iz uglja sintetizirati gorivo (dizel i neke vrste benzina) za pokretanje vozila (9). No tehnologija je još preskupa i predstavlja potencijalnu opasnost za okoliš (9). Ulaganja bi se isplatila ako cijena nafte ostane veća od 50 dolara po barelu, ali kao nuspojava nastajalo bi previše ugljičnog dioksida, tako da skeptici zasad pretežu nad zagovornicima šire primjene te tehnologije (9). Zbog intenzivnog razvoja rudarske nauke, kao rezultat imamao da istražene rezerve uglja više rastu nego potrošnja, što ulijeva sigurnost u proizvodnju električne energije na duži vremenski period. Obzirom da uglja imamo za nekih 200 godina to je sasvim dovoljno vremena za razvoj sofisticiranih tehnologija koje će proizvoditi električnu energiju iz obnovljivih izvora energije po prihvatljivim cijenama, uslovima i zahtjevima

## **LITERATURA**

- 1 <http://www.blog.hr/print/id/1615124920>
- 2 <http://bp.com>
- 3 <http://bs.wikipedia.org>
- 4 <http://croatian.cri.cn>
- 5 <http://www.economist.com>
- 6 <http://gina.blog.hr>
- 7 <http://www.izvorienergije.com/ugljen.htm>
- 8 <http://www.mapsofword.com>
- 9 <http://www.poslovni.hr/54995.aspx>
- 10 <http://powerlab.fsb.hr/osnoveenergetike>
- 11 <http://sr.wikipedia.org>
- 12 Izet Ibreljić, 1995. godine  
Savremena industrija uglja, Rudarski institute Tuzla, Tuzla.
- 13 L. Weber, G. Zsak 2007. godina  
World-mining-data International Organizing Committee for the World Mining Congresses,  
Vienna / Wien.
- 14 V. Valent, M. Krgović, M. Kršikapa, S. Nikolić  
Energijski potencijal u svetu i njihov značaj u celulozno-papirnoj industriji, Tehnološko-  
metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija.
- 15 Ž. Bogdan, S. A. Živković, V. Dokmanović, J. Merić, Tehnologije čistog ugljena u strategiji  
razvoja elektroenergetskog sustava, Energija, god. 56 (2007), br. 4., str.400, 401, 402, 407, .



# **ANALIZA STANJA I STRATEŠKI PRAVCI RAZVOJA RUDARSKOG KOMPLEKSA UGLJEVIK**

## **SITUATION AND STRATEGY OF MINING COMPLEX UGLJEVIK**

**Cvjetko Stojanović**

*Rudnik i termoelektrana Ugljevik, Republika Srpska*

### **Abstract**

Neizvjesnost poslovanja savremenih rudarskih organizacija uslovljena je dinamičnim i složenim ekonomskim, društvenim i političkim okruženjem koje dovodi do novih pravaca u poslovanju. Kada je riječ o ekonomskom okruženju, maksimalni profit i minimalni troškovi, odnosno najveća dodata vrijednost su primarni ciljevi poslovanja. Društveni uticaj podrazumijeva društvene vrijednosti rudarske organizacije, posebno razvojni uticaj, sociološki aspekt kao i uticaj na ekološki sistem. Političko okruženje je posebno važno za rudarske organizacije, naročito u pogledu donošenja važnih strateških odluka. Državna zakonska regulativa, institucionalni okvir i politički ambijent u zemlji uslovljavaju zajedničko djelovanje svih faktora okruženja na razvoj Ugljevičkog ugljenog basena i uspješan opstanak preduzeća u turbulentnoj sredini.

**Ključne reči:** ugalj, razvoj

### **1. UVOD**

Rudnik i Termoelektrana Ugljevik kao nosilac eksploatacije u Ugljevičkom ugljenom basenu je poslovna organizacija sa nizom specifičnosti koje je razlikuju u odnosu na sve druge poslovne organizacije. Neke od specifičnosti su:

- poseban uticaj države,
- posebno tržište,
- mineralna sirovina koja se tretira kao nacionalno blago,
- neobnovljivost rudnih rezervi,
- lokacijska predisponiranost mineralne sirovine,
- upotrebna vrijednost mineralne sirovine,
- ekološki uticaj rudarskih radova na okolinu, i tako dalje.

Pomenute specifičnosti bitno usložnjavaju realni sistem u kojem funkcioniše Rudnik i Termoelektrana Ugljevik i zbog toga je strateški menadžment kao poslovni proces veoma važan za njeno poslovanje. Međutim, ovo preduzeće nije u potpunosti prepoznalo i uvažila savremene trendove i njima generisane zahteve, pa nijednim strateškim dokumentom nije opredijelila buduće pravce i dinamiku razvoja Ugljevičkog ugljenog basena u kontekstu cjelovitog društveno-ekonomskog razvoja prije svega preduzeća, a potom i lokalne samouprave i na kraju cijele države.

Strateškim dokumentom treba da se prikupe, analiziraju i prezentuju podaci i informacije relevantne za odlučivanje i to, od podataka o postojećim resursima, zakonskom okviru, institucionalnom okviru, relevantnim akterima i zainteresovanim stranama, do podataka o trenutnom stanju eksploatacije, njenom uticaju na okolinu, ekonomskom i socijalnom značaju.

Konačno, budući da se okolnosti relevantne za određivanje optimalnih politika upravljanja mijenjaju u vremenu, strateški dokument u potpunosti postiže svoj cilj ako posluži da se na njegovim osnovama, kroz vrijeme, uspostavi sistem održivog upravljanja preduzećem kroz proces strateškog menadžmenta.

## **2. AD HOC ANALIZA STANJA UGLJEVIČKOG UGLJENA BASENA**

Ad hoc analiza stanja i mogućih strateških pravaca razvoja Ugljevičkog ugljenog basena omogućila je vrlo korisnu „dijagnostiku“ niza problema, od kojih treba izdvojiti sledeće kao značajnije:

Prvi skup problema u razvoju preduzeća i basena generalno proističe iz nedovoljne komunikacije među zainteresovanim stranama (država, lokalna samouprava, preduzeće), koje bi kroz saradnju trebalo da osmisle i dogovore program strateškog upravljanja basenom. Kao posledica toga još uvijek se na zna strateški pravac rješavanja pitanja učešća u vlasništvu Elektrogospodarstva Slovenije ali ni budući pravac restrukturiranja preduzeća

Drugi skup problema na razvoju preduzeća, ujedno i najveći, posledica je postavljene koncepcije razvoja Ugljevičkog basena koji se bazira na dugoročnom programu razvoja energetskog kompleksa Rudnik i Termoelektrana Ugljevik, koji je urađen sredinom sedamdesetih godina prošlog vijeka. Ovim programom predviđena je sukcesivna izgradnja 4 bloka po 300 MW instalisane snage. Kao što je poznato do sada je izgrađen samo jedan blok termoelektrane za čije potrebe je otvoren površinski kop Bogutovo Selo. Navedenim programom za Termoelektranu Ugljevik II predviđena je eksploatacija ležišta Ugljevik-Istok. Za Termoelektranu Ugljevik III predviđena je eksploatacija ležišta Deliči, Jama Slatina i Jama Mlini, dok je za Termoelektranu Ugljevik IV predviđena eksploatacija ležišta Peljave, Priboj, Tobut, koja su samo djelimično istražena.

Treći skup problema vezan je za zaštitu životne sredine. Iako je za sada otvoren samo jedan površinski kop u okviru Ugljevičkog ugljenog basena, već sada se kristališu problemi sa narušavanjem primarnog ekosistema na velikim površinama na kojima je neophodno ponovo uspostaviti relativno stabilne multifunkcionalne ekosisteme u cilju ekonomske i ekološke valorizacije i poboljšanja uslova za život u zdravijoj životnoj sredini.

Isto tako činjenica je da su u dosadašnjem radu prisutni mnogi nedostaci sa aspekta rekultivacije i revitalizacije devastiranog područja:

- ne postoje prostorni planovi područja posebne namjene;
- biološka rekultivacija je realizovana samo na dijelovima odlagališta;
- projekti biološke rekultivacije su rađeni za relativno male površine, a projektani nisu imali zadatak sagledavanja basena u cjelini.

Četvrti skup problema se odnosi na kapacitativno iskorišćenje. Ostvarena produktivnost u dosadašnjem radu je oko 2000 tona uglja po radniku godišnje. U razvijenim kompanijama godišnja proizvodnja po radniku uobičajeno prelazi 5000 tona. Osim kapaciteta po zaposlenom ne postoji ni detaljna analiza iskorišćenja kapaciteta kao ni analiza pouzdanosti rada opreme na površinskom kopu koja bi trebalo da ukaže na dalje pravce nabavke opreme.

Peti skup problema čini geološka istraženost ugljenog basena, obzirom da pojedine dijelove basena karakteriše neujednačena i nedovoljna istraženost koja uzrokuje nedovoljno poznavanje kvalitativnih i kvantitativnih karakteristika uglja ovog basena. U takvoj situaciji, kada nije u potpunosti sagledana perspektiva ležišta, sa aspekta ne samo uglja već i drugih, pratećih mineralnih sirovina, nije moguće ni stvarati perspektivu preduzeća, koja mora da bude u direktnoj funkciji mineralnih resursa. Jedna sveobuhvatna studijska analiza postojećih geoloških istražnih radova, sistematizacija rezultata analize sa programom i dinamikom daljih istraživanja, svakako bi mogla da bude odlična osnova za buduće upravljanje mineralnim resursima Ugljevičkog ugljenog basena u funkciji ukupnog razvoja.

Šesti skup problema je vezan za organizaciju preduzeća i integralno upravljanje podržano informacionim sistemom. organizacija preduzeća ne prati savremene organizacione trendove pa je preduzeće i danas organizovano po funkcionalnom modelu. Sve uspješne kompanije, ne vezano za oblast djelovanja, organizovane su procesno, sa tim da rudarske kompanije, zbog realizacije velikog broja projekata, obavezno, unutar organizacije imaju implementiranu organizaciju za upravljanje projektima. Ovakve savremene organizacije, obavezno prate integralni upravljački orjentisani informacioni sistemi.

### **3. KONTEKST I CILJEVI IZRADE STRATEŠKOG DOKUMENTA**

#### **3.1. Kontekst strateškog dokumenta**

Za prevazilaženje postojećih problema vezanih za dalji razvoj, preduzeća analiziraju svoje postojeće stanje, slabosti i jake strane i moguće pravce razvoja anticipiranjem budućih stanja preduzeća i okruženja kroz **Strategiju razvoja**. Strategija razvoja Ugljevičkog ugljenog basena treba da predstavlja racionalno reagovanje preduzeća na događaje iz sredine u kojoj obavlja osnovu društvenu misiju i realizuje svoje poslovne ciljeve. Izbor strategije razvoja rudarskog kompleksa Ugljevik u osnovi je izbor osnovnih puteva i načina za ostvarenje misije organizacije i definisanih poslovnih ciljeva.

Kroz proces pripreme i izrade Strategije treba da se promoviše:

- Integralni i participativni pristup planiranju razvoja rudarskog sektora u funkciji termoelektrane Ugljevik i ukupnog razvoja lokalne i šire društvene zajednice;
- Efikasno i efektivno upravljanje razvojem rudarskog kompleksa;
- Međusektorsku saradnju;
- Uključivanje svih zainteresovanih strana - rudarskog kompleksa, termoelektrane, lokalne zajednice i institucionalnog okvira;
- Racionalno upravljanje resursima kojima se obezbeđuje održiva proizvodnja kako uglja tako i drugih pratećih mineralnih sirovina;
- Stvaranje povoljnih ekonomskih uslova, kako za rudarski kompleks tako i za termoelektranu i lokalnu i širu zajednicu, u skladu sa zahtjevima za očuvanje životne sredine;
- Planiranje, kojim se obezbeđuju društveni, ekonomski i ekološki standardi;
- Uključivanje zaposlenih;
- Održivi obrasci života, zdravlja i bezbjednosti na radu zaposlenih;
- Korporativna odgovornost.

Pri pripremi i izradi Strategije treba da se uzmu u obzir svi relevantni rezultati naučnih i praktičnih istraživanja kao i primjeri dobre svjetske prakse, a koji se odnose na strategije razvoja rudarskog sektora.

#### **3.2. Cilj izrade strateškog dokumenta**

Osnovna namjena Strategije je da utvrdi parametre za efikasno i efektivno upravljanje eksploatacijom uglja u kontekstu održivog upravljanja cjelokupnim prostorom rudarskog kompleksa Ugljevik, sa svim njegovim komponentama, sa osnovnim ciljem da se zadovolje potrebe termoelektrane za ugljem i uz stalno nastojanje da rudarska delatnost bude pozitivni činilac razvoja, obzirom na njen ukupni uticaj na okolinu, ljude i druge sadržaje u prostoru. Strategija treba da postavi rudarski kompleks u kontekst ukupnog ekonomskog razvoja preduzeća Rudnik i Termoelektrana Ugljevik, a na bazi analize razvojnih alternativa, razmotri i predloži modele, programe, planove i projekte održivog razvoja rudarskog kompleksa, odredi poslovne ciljeve i razvojne pravace i održi stabilni ekonomski rast. Praktično, iz Ad hoc analiziranih šest grupa problema treba definisati planove i programe koji će razvoj usmjeriti ali i održavati u dobrom pravcu.

Osnovni cilj Strategije je:

- da uspostavi efektivan, efikasan i održiv sistem koji prepoznaje, uvažava i uključuje sve relevantne aktere i zainteresovane strane i
- omogući da, rudarski kompleks, kao vrijedan prirodni neobnovljivi resurs ali i poslovni resurs postane ono što objektivno može biti - značajan element cjelokupnog skladnog održivog razvoja ZP RiTE Ugljevik a.d. Ugljevik

Proritetni zadaci u izradi Strategije su:

- Uspostavljanje procesa integralnog strateškog planiranja;
- Definisane vizije strateškog razvoja, zasnovane na jasnim analizama trenutne situacije;
- Povećanje nivoa svijesti u upravljanju razvojem rudarskog kompleksa kroz inovativan proces upravljanja resursnim, ekonomskim, tehničko-tehnološkim i ukupnim društveno odgovornim razvojem.

Strategija razvoja treba da:

- Definiše osnovne ciljeve i strateške pravce razvoja rudarskog kompleksa Ugljevik koji se zasnivaju na analizi i realnoj ocjeni raspoloživih resursnih mogućnosti;
- Sagleda ključne razvojne mogućnosti sa stanovišta stvaranja konkurentske prednosti;
- Posveti pažnju investicijama kao ključnom generatoru ukupnog poslovnog rasta;
- Pokaže da se dostignuti nivo razvoja može u kontinuitetu povećavati ako se razvoj bude bazirao na uvođenju novih tehnologija, većoj efikasnosti i efektivnosti ljudskih, materijalnih, finansijskih i prirodnih resursa;
- Sagleda uticaj postojeće organizacije na budući razvoj;
- Ocjeni stanje poslovnih procesa i sagleda potrebu njihovog redizajna u funkciji daljeg razvoja organizacije;
- Analizira postojeće stanje informacionog sistema i predloži mjere za njegov dalji razvoj kao jednog od ključnih elemenata ukupnog razvoja;
- Ocjeni postojeće stanje ljudskih resursa u kontekstu najvažnijeg resursa za ukupan razvoj poslovne organizacije i predloži mjere za njihov dalji razvoj;
- Ukaže na primjenu savremenih trendova i tehnologija, svjetskih standarda kvaliteta, zaštite životne sredine i sigurnosti i zaštite zdravlja zaposlenih i predloži dalje pravce u funkciji ukupnog razvoja rudarskog kompleksa;
- Analizira postignuti nivo društvene odgovornosti i predložiti mjere za dalji kontinualni rast korporativne odgovornosti.

#### **4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA**

Strateški dokument razvoja Ugljevičkog ugljenog basena treba da predstavlja sistematski način da se upravlja budućnošću ovog basena na osnovama širokog konsenzusa i zajedničke vizije svih zainteresovanih strana o boljoj, prosperitetnijoj i prije svega održivoj zajedničkoj budućnosti. To je proces utvrđivanja ključnih parametara i usaglašavanja oko najvažnijih ciljeva razvoja basena. Principijelno, razvojnim procesima bolje je upravljati nego ih prepustiti stihiji. Zapravo, izrada strateškog dokumenta je suštinski pozitivna suprotnost stihiji i sanaciji posledica poslovnih aktivnosti preduzeća usled njenog odsustva. Strateški dokument se može okarakterisati kao društveno, ekonomski i ekološki opravdana i generalno nužna aktivnost usmjerena ka realno ostvarivim ciljevima uređenja, organizovanja, upravljanja i zaštite prostora i resursa ugljevičkog ugljenog basena. Ovako koncipirani ciljevi afirmišu strateški dokument u jedan od najkompleksnijih i najznačajnijih mehanizama savremenog upravljanja prostorom i njegovim dugoročnim i svrsishodnim razvojnim perspektivama (ekonomskim i ekološkim). Nasuprot, alternativa je nastavljanje već duboko podmakle privredne, resursne, ekološke i druge devastacije ovog prostora, a time i sužavanje ukupnih razvojnih perspektiva.

# ISTRAŽIVANJE I KORIŠTENJE NEMETALNIH MINERALNIH SIROVINA U SISTEMU KOMPANIJE „BOKSIT“ MILIĆI

## THE RESEARCHING AND USING NON-METAL MINERAL OMMODITIES IN THE COMPANY "BAUXITE" MILIĆI

**Rajko Dukić, Miloš Đokanović**  
*AD "Boksit" Milići, Republika Srpska, BiH*

### IZVOD

U ovom radu su prikazana istraživanja nemetalnih mineralnih sirovina vezano za rezerve, kvalitet, tehnologiju prerade i njihovu primjenu. Dokazani parametri govore o opravdanosti budućih ulaganja u istraživanja i nove programe čime će se značajno proširiti proizvodna struktura i obezbijediti veće prisustvo Kompanije „Boksit“ na tržištu.

**Ključne riječi:** nemetalne sirovine, rezerve, kvalitet, tehnologija prerade

### ABSTRACT

This work presents the study of non-metallic mineral resources in relation to reserves, quality, processing technology and their application. Proven parameters shows that future investments in researching and new programs are justified, which will significantly expand the production structure od Bauxite company and also provide grand presence of Bauxite company in the Market.

**Key words:** non-metallic materials, reserves, quality, processing technology

### UVOD

Kompanija „Boksit“ iz Milića RS pored istraživanja i eksploatacije rude boksita bavi se istraživanjem i eksploatacijom nemetalnih mineralnih sirovina. Neke od ovih nemetalnih sirovina korištene su vijekovima za potrebe lokalnog stanovništva, a poslednjih nekoliko decenija pristupljeno je organizovanom istraživanju i industrijskoj proizvodnji odnosno valorizaciji tih sirovina. Značajan doprinos istraživanju nemetalnih mineralnih sirovina dao je prije sto godina poznati austrougarski geolog Fridrih Katzer, koji je inače radio na geološkim kartiranjima BiH.

Mineralne sirovine od posebnog značaja na kojima se poslednjih godina radi na istraživanju i eksploataciji su:

- karbonatni krečnjaci,
- kvarcni pijeskovi i pješčari,
- bigar i bigrasti pijesak,
- tufovi kao arhitektonsko-građevinski materijal-zeoliti,
- kvarciti,
- mermerisani krečnjaci.

#### Krečnjaci CaCO<sub>3</sub>

Na površinskom kopu „Gradina“ u Zaklopači koji je u eksploataciji 30 godina obračunate eksploatacione rezerve su 9.250. 000 m<sup>3</sup>, a potencijalne i prognozne rezerve se kreću oko 100.000 000 m<sup>3</sup>. Radi se o dosta kvalitetnom krečnjaku sa malim sadržajem primjesa što omogućava njegovu višestranu primjenu.

Na kopu je izgrađena separacija krečnjaka za proizvodnju građevinskih frakcija kapaciteta 100 000 m<sup>3</sup> godišnje rastresitog kamena, koja je sastavljena od prihvatnog bunkera, eksentričnog dozatora, udarne rotacione drobilice 840x800 m<sup>3</sup>, mlina BL-5, sita i transportnih traka i do sada su se na ovoj separaciji proizvodile standardne frakcije -4+0 mm, -8 +4 mm, -16 +8 mm, -31,5 +16 mm, -63 +31,5mm, tampon i separisani šut. Navedene frakcije se koriste za izradu betona, izradu nosećih (tampon) slojeva na putevima, izradu mješavina za asfalt za gornje noseće slojeve na putevima, itd.

1993. godine je izvršena industrijska proba pečenja krečnjaka sa PK „Gradina“ granulacije -120+80mm u količini od 2 000 tona u šećerani Pećinci što je imalo za cilj da se sazna mogućnost primjene krečnjaka za proizvodnju kreča. Zaključak je da se radi o krečnjaku izvrsnog kvaliteta gdje pri pečenju nije bilo pojava sinterovanja u peći ni većih količina pijeska poslije gašenja kreča.

#### Kvarcni pijeskovi i pješčari

Krajem 80-ih godina prošlog vijeka kompanija „Boksit“ je zbog smanjenja troškova otkrivke pri eksploataciji boksita, koja se sastojala između ostalih i od kvarcnih pijeskova, sagradila separaciju sa flotacijom i sušarom kapaciteta 140.000 tona prerade kvarcne sirovine godišnje.

Zbog ratnih dešavanja separacija je prestala sa radom ali je nakon ispitivanja zahtjeva i potreba tržišta, a prije svega uvažavajući zahtjev i potrebe Boksitovog strateškog partnera fabrike glinice „Birač“ iz Zvornika koja kvarc koristi za proizvodnju vodenog stakla, pristupilo se rekonstrukciji, dogradnji i doopremanju postrojenja separacije sa ciljem da se obezbjedi kvalitet i granulati koji tržište traži, jer su uslovi tržišta za kvalitetom vrlo rigorozni.

Korisnički zahtjev fabrike „Birač“ za kvalitetom je sledeći:

komponenta	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	G.Ž
%	min. 99	max. 0,04	max. 0,50	max. 0,10	max 0,10	max 0,0002	max 0,25

Imajući sve ovo u vidu Kompanija „Boksit“ je 2010. godine pokrenula proizvodnju kvarcnih pijeskova i pješčara sa PK „Bijela Stijena“ Skočić kod Zvornika. Eksploatacione rezerve kvarcnog pijeska su A+B=759.882 tona, a rezerve C<sub>2</sub>=427.000 tona, koje se dodatnim ispitivanjima mogu prevesti u bilansne. Prosječni hemijski sastav rovnog pijeska je sledeći:

Sadržaj komponenti u %

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	G.Ž
95,3-96,5	2,04-2,95	0,08-0,14	0,17-0,40	0,16-0,32	0,16-0,20	0,13-0,25	0,03-0,05	0,006	u tragovima	0,35-0,50

Granulometrijski sastav rovnog pijeska je sledeći:

Otvor sita (mm)	3,0	2,0	1,0	0,6	0,3	0,1	-0,1
Ostatak na situ (%)	18,90	16,08	14,00	13,07	15,33	15,74	6,88

Iz navedenih podataka vidljivo je da je u rovnjoj sirovini sadržano 55,07% pjeskovito-praškaste frakcije i 34,98% šljunka.

Laboratorijska ispitivanja po klasama rađenim u ITNMS-Beograd, a u cilju prevođenja svih frakcija u frakciju -0.6+0.1mm za proizvodnju vodenog stakla su sledeći:

Naziv uzorka (klasa krupoće)	Sadržaj komponente, %								
	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	G Ž
Rovni pijesak	0,050	0,020	0,047	98,09	1,21	0,077	0,0076	<0,02	0,48
-0,6+0,1mm	0,056	0,010	0,034	99,25	0,378	0,033	0,0097	<0,02	0,20

Dokazano je da mljevenjem pomješanih klasa -10+0.6mm u mlinu sa gumenim oblogama i sileks kuglama može da se dobije kvalitetan proizvod (-0.6+0.1mm) za proizvodnju vodenog stakla.

Naziv uzorka (klasa krupoće)	Sadržaj komponente, %	
	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
-2,2 +0,6 mm	98,86	0,039
-10 +2,2 mm	93,06	0,042
+10 mm	94,55	0,406

Rudarski institut iz Ljubljane 1982. godine u svojim ispitivanjima kvarca sa PK „Bijela stijena“ samljeveni materijal (-0.6+0.1mm) propuštao je preko magnetnog separatora niskog intenziteta i dobio sledeće rezultate:

Frakcija (mm)	Tež.%	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>
-0,6+0,1	79,48	99,50	0,027	0,03
-0,1+0,025	14,59	97,80	0,077	n.a
-0,025	5,93	86,66	1,54	n.a.

a propuštanjem iste klase preko magnetnog separatora visokog intenziteta (oko 1.7 T) dobijeni su sledeći rezultati:

	Tež.%	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>
Ogled broj 1	74,56	99,69	0,014	n.a.
Ogled broj 2	75,11	99,68	0,018	0,027

Laboratorijskim ispitivanjima klase -0.6+0.1mm za potrebe livnica u ITNMS Beograd dobijeni su sledeći rezultati:

**Srednja veličina zrna**

SVZ=0,20 mm

**Stepen ravnomjernosti zrna**

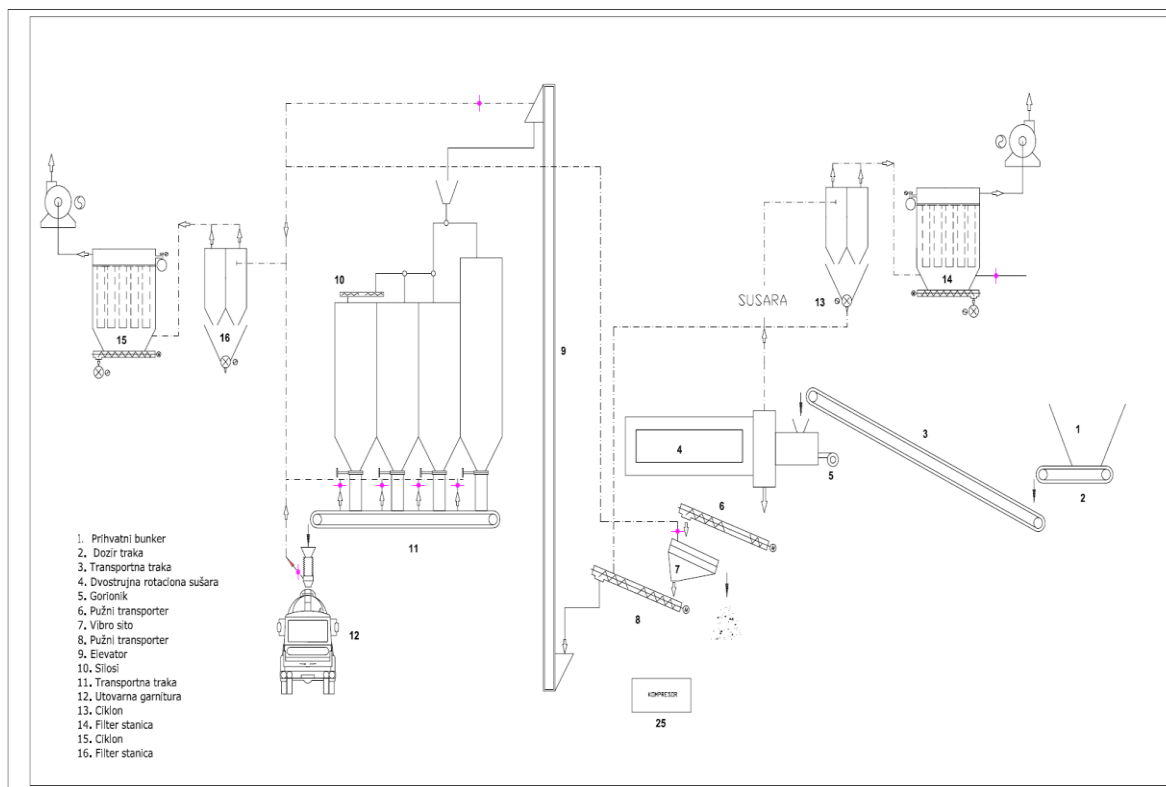
StR – razlika procenata kumulativne vrijednosti ostatka na 4/3 SVZ i 2/3 SVZ

StR=33%

**Broj finoće zrna**

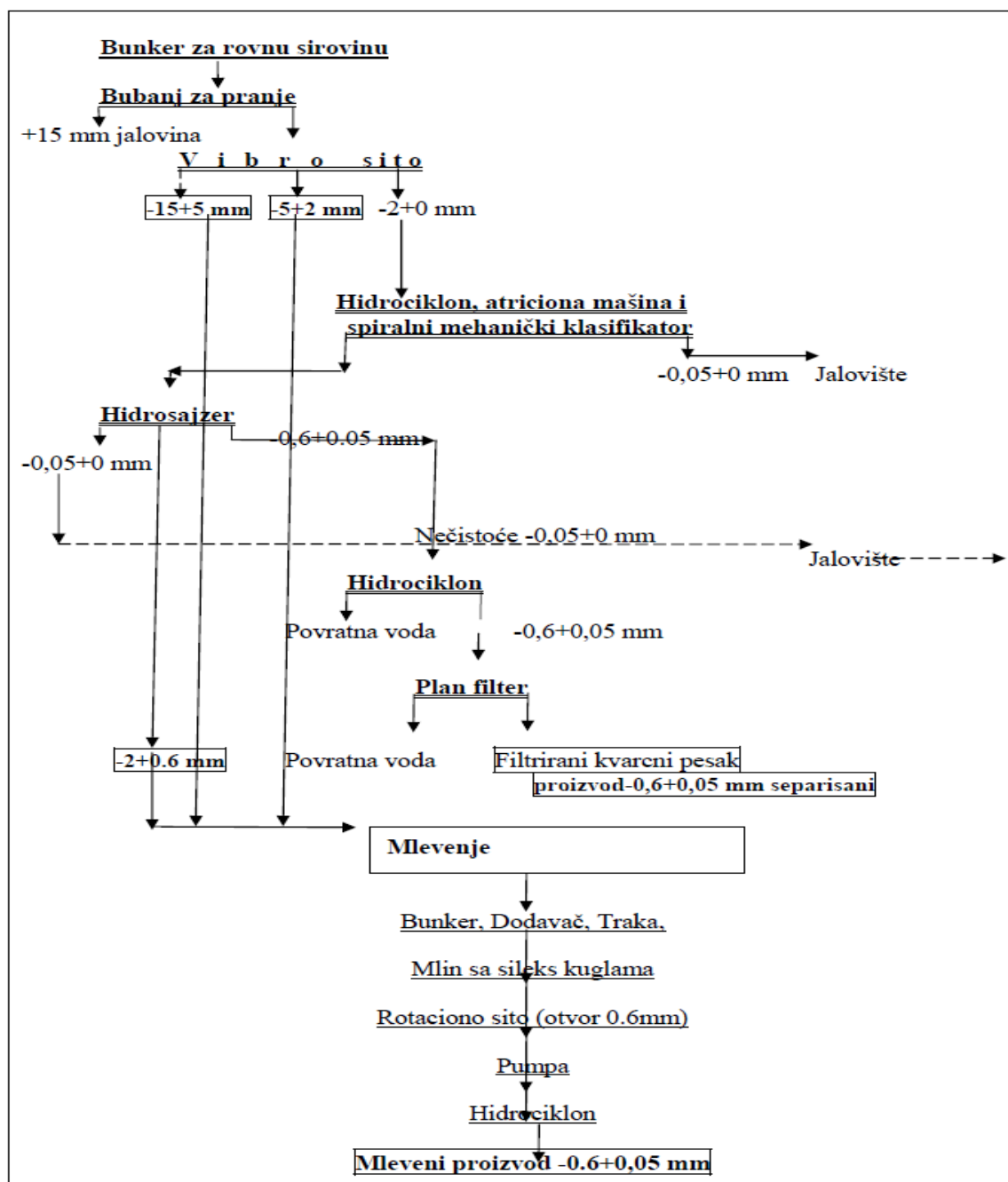
BFZ=65,11

U fazi puštanja u rad separacije a s namjerom da se racionalno koristi sirovinska baza i obezbjedi profitabilan rad postrojenja, pristupilo se ugradnji opreme za sušenje. Sušeni kvarcni pijesak interesantan je za livačkoj industriji, za pjeskarenje, građevinske potrebe itd.



Šema sušenja kvarcnog pijeska





Šema separacije kvarcnog pijeska i linije za mljevenje

Pri izgradnji postrojenja separacije i sušare kvarcnih pijeska vodilo se računa i o ekološkim zahtjevima za očuvanje zdrave životne sredine. Sve otpadne vode iz procesa separacije i linije za mljevenje kvarca se pumpama ubacuju u zgušnjivač za prečišćavanje otpadnih voda. U zgušnjivač se dozira anionski flokulant čija uloga je da istaloži mulj, koji se pumpama izbacuje u taložne bazene a preliv zgušnjivača (izbistrena voda) se ponovo vraća u proces separacije. Obzirom da se na sušari kao energent za sušenje pijeska koristi TNG (tečni naftni gas) koji pri sagorjevanju ne zagađuje atmosferu a sitne čestice suvog pijeska se preko ventilatora odvodi u filter stanice gdje se prizemljuju time je zagađivanje vazduha u potpunosti spriječeno.

### Bigar i bigrasti pijesak

Ležiste bigra i bigrastog pijeska „Kraljeva gora“ elaborirano je sa bilansnim rezervama 438.926 t B+C<sub>1</sub> kategorije i 600.000 t C<sub>2</sub> kategorije bigrastog pijeska te bilansnih 109.163t A+B kategorije bigra.

Hemijski sastav bigra i bigrastog pijeska je veoma ujednačen.

komponente	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaCO <sub>3</sub>	MgCO <sub>3</sub>
%	53,12	0,52	1,68	0,61	0,08	0,041	0,094	94,94	0,139

Eksploatacijom bigra pored rezanja blokova za zidanje sječeni su i elementi za oblaganje unutrašnjih vertikalnih površina (zidova) debljine 2,5-5 cm, kao i elementi za oblaganje vanjskih vertikalnih površina debljine 10 sm. Mješavinom granulata od 0-16 mm sa cementom i vodom pravljene su laki betoni od kojih su rađeni termoblokovi čija je toplotna provodljivost 4 puta manja nego betona od kamenog agregata, a u poređenju sa punom opekom njegova toplotna provodljivost je 1,5 puta povoljnija. Pored ovoga i malter spravljen od bigrastog pijeska ima 1,6 puta povoljniji koeficijent toplotne provodljivosti od krečnog maltera i 1,4 od gipsanog maltera. Najnovijim ispitivanjima u ITNMS Beograd došlo se do zaključka da se bigar i bigrasti pijesak mogu koristiti kao punilo za određene vrste gume, u livačkoj industriji (granulat od 30-50mm), metalurškoj industriji, staklarskoj industriji i proizvodnji građevinskog kreča. Institut za ispitivanje materijala iz Beograda je ustanovio da se bigrasti pijesak (kamenno brašno) može koristiti kao filer u asfaltnim mješavinama. Paralelno sa ovim ispitivanjima rađena su ispitivanja na Poljoprivrednom fakultetu u Beogradu o mogućnosti primjene bigrastog pijeska u poljoprivredi.

Dobijeni su sledeći rezultati hemijskih analiza: pH=8,35

#### Sadržaj biogenih elemenata

element	CaCO <sub>3</sub>	CaO	Mg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
%	87,5	49,0	0,04	1,03	0,01

element	Fe	Mn	Zn	Cu	Co
mg/kg	310	25	8	2	14

#### Štetni metali

element	Cr	Pb	Ni	Cd
mg/kg	15	1	1	0,1

Bigasti pijesak može se koristiti za kalcizaciju svih tipova zemljišta i drugih supstrata kojima je pH niža od 5,50. U zavisnosti od stepena kiselosti može se dozirati od 1-20 t/ha zaoravanjem jednom u vremenu od 4-6 godina. Primjenom bigrastog pijeska za kalcizaciju u kiselom zemljištu uz upotrebu ostalih mineralnih i organskih đubriva mogu se povećati prinosi (zavisno od kulture) od 10-60%. Smanjenjem kiselosti zemljišta indirektno se povećava ukupni hranidbeni režim, biološke i vodno fizičke osobine zemljišta, a smanjuje sadržaj štetnih i opasnih materija (posebno mobilnih Al i teških metala). To dovodi do povećanja zemljišnih rezervi rastvorljivih oblika fosfora i molibdena, korisnih mikroorganizama i obrazovanja povoljne strukture zemljišta.

### Tufovi-zeoliti

U geološkoj građi šire okoline Milića učestvuju tvorevine paleozoika i tercijara. Paleozoitske tvorevine rasprostranjene su u području pojavljivanja tufova i zeolitskih tufova, gdje čine podlogu tercijarnim

stijenama. Tercijarne tvorevine leže preko paleozoika i predstavljene su pretežno piroklastičnim tufitnim stijenama. Ukrasni kament- zeleni čvrsti tufovi su stotinama godina korišteni za pravljenje građevina, nadgrobnih spomenika i vjerskih objekata. Laboratorijskim ispitivanjima dokazano je da tufovi imaju sledeći hemijski sastav:

komponenta	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	G.Ž
%	52,92	17,84	5,27	2,72	6,90	5,50	0,763	7,95

Mikroskopskim ispitivanjima tufitnih stijena utvrđeno je da su izgrađene od vulkanoklastičnog materijala i da im je mineralni sastav sledeći:

ANALCIM, BIOTIT, HLORIT, COIZIT, VULKANSKO STAKLO, KALCIT, PLAGIOKLASI, KVARC, APATIT, CIRKON, MAGNETIT, ILMENIT, FOSILNI MATERIJAL, LIMONIT.

Najzastupljeniji materijal u ispitivanoj stijeni je ANALCIM (NaAlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>x H<sub>2</sub>O) sa učešćem do 50% dok su liskuni i minerali iz grupe hlorita značajno manje prisutni. Struktura analcima ima tipičnu zeolitsku otvorenost koja omogućava ulazak i pomjeranje velikih jona i molekula po cijeloj mreži. Iz tih razloga analcim može da se ponaša kao hemijsko odnosno molekularno sito.

Zeoliti su našli višestruku primjenu i to u:

- industriji za prečišćavanje otpadnih voda (stočne i piličarske farme) kao i pijaćih voda (zamjena filtera kvarcnih pijeskova),
- mogućnost dobijanja visokokvalitetnog organo-mineralnog đubriva sa produženim dejstvom,
- mogućnost upotrebe kao komponente za stočnu hranu,
- poboljšanje kvaliteta tla u cilju dobijanja većih prinosa,
- mogućnost pročišćavanja metan-propan gasova (otklanjanje CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O).

Zbog procentualne zastupljenosti analcima u zeolitskim stijenama (ležišta Megara, Gajići, Jovići i Gradina) ovi zeolitu su po svom kvalitetu jedinstveni u Evropi pa čak i u svijetu.

Regionalnim istraživanjima dokazane su potencijalne rezerve preko 2 miliona tona a perspektivne preko 100 miliona tona.

### **Zaključak**

Kompanija „Boksit“ bavi se istraživanjem i eksploatacijom nekih veoma tržišno-komercijalnih nemetalnih sirovina a prije svega zeolita, krečnjaka, kvarca, bigra i bigrastog pijeska. Rezerve pojedinih sirovina se kreću od milion do nekoliko desetina miliona tona pa i više. Radi se o vrlo kvalitetnim sirovinama čija upotreba i mogućnost šire upotrebe su dokazani. Pored separacije kvarcnog pijeska i linije za mljevenje krupnih frakcija, izgrađena je rotaciona sušara čime se otvara čitava paleta novih programa. Analcimski piroklastiti zbog visokog sadržaja analcima su rijetkost u svijetu i ovom resursu treba posvetiti veću pažnju oko dokazivanja geoloških rezervi i nastaviti ispitivanja o mogućnosti primjene u predloženim programima. Ukoliko istraživanje tržišta koje je u toku pokaže da je proizvodnja opravdana i profitabilna pristupiće se izgradnji fabrike kreča u Zaklopači, što u svakom slučaju podrazumjeva izmjenu tehnike dobijanja i tehnologije separisanja krečnjaka. Bigrasti pijesak je nezaobilazan resurs za kalcizaciju kiselih zemljišta, za popravku kvaliteta zemljišta i povećanje prinosa poljoprivrednih kultura. Očekivati je u vrlo kratkom roku da se kroz nova istraživanja, nove tehnologije i nove programe valorizacijom nemetalnih sirovina Kompanija „Boksit“ najcjelishodnije na najracionalniji način zaokruži proces od istraživanja pa do tržišta pri tom značajno šireći proizvodnu strukturu, obezbjeđujući veće prisustvo na tržištu i povoljniju poslovnu poziciju.

# **AKTUELNA PROBLEMATIKA NEMETALIČNIH MINERALNIH SIROVINA U RUDARSTVU**

## **CURRENT ISSUES OF NONMETALLIC MINERAL RESOURCES IN MINING**

**Ljubiša Andrić, Ivana Jovanović, Vladan Milošević, Zoran Bartulović, Dejan Todorović**

*Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd*

### **IZVOD**

U Srbiji radi oko 200 rudnika u eksploataciji nemetaličnih mineralnih sirovina. Teritorija Srbije raspolaže velikom sirovinskom bazom nemetaličnih mineralnih sirovina. U većoj ili manjoj meri istraženo je 48 sirovina, od kojih je 16 u stalnoj eksploataciji, 16 u povremenoj eksploataciji ili van eksploatacije, dok je 16 sirovina nedovoljno istraženo i iste se ne eksploatišu.

Nemetalične mineralne sirovine su zastupljene u svim područjima Srbije i zauzimaju značajno mesto u privrednom razvoju, bilo da služe kao finalni proizvodi ili kao sirovine kod proizvodnje u prerađivačkoj i drugim industrijskim granama. Po raspoloživim količinama, kao i raznovrsnosti, ove sirovine su jedan od najznačajnijih domaćih prirodnih resursa. Skoro da ne postoje privredne grane koje ne koriste nemetalične mineralne sirovine.

**Ključne reči:** rudarstvo, održivi razvoj, priprema mineralnih sirovina, nemetali.

### **ABSTRACT**

At present time, approximately 200 mines is working with non-metallic mineral raw materials in Serbia. Serbia has a large resource base of industrial minerals and rocks. In total 48 mineral commodities were explored (with different exploration level), out of which 16 commodities are continuously exploited, 16 are exploited occasionally, and 16 commodities are not sufficiently explored and are not exploited either. Non-metallic mineral raw materials are present in all the regions of Serbia, with a prominent position in the business development, whether they serve as the final product or as a raw material for the production in the processing or other industrial branches. According to quantities available, as well as their diversity, these raw materials are among the most significant domestic natural resources. The businesses that do not use non-metallic raw materials are almost non-existent.

**Key words:** mining, sustainable development, mineral processing, nonmetals.

### **UVOD**

Srbija spada u red zemalja sa raznovrsnim, ali ne i dovoljno bogatim mineralnim resursima. Zastupljene su energetske mineralne sirovine, pre svega ugalj, nafta i gas, zatim metalične sirovine kao što su bakar, olovo, cink, antimon, nikel, a tome nizu pripadaju zlato, srebro, bizmut, kadmijum, platina, selen, molibden, titan, radijum, paladijum i drugi retki i plemeniti metali i mineralne sirovine koje služe kao industrijski i građevinski materijali, tj. nemetalične mineralne sirovine. Nemetalične mineralne sirovine su zastupljene u svim područjima Srbije, od kojih naročito treba naglasiti privredno nedovoljno razvijena područja. Ta zastupljenost se, međutim, ne odražava i u proizvodnji, koja je orjentisana na dostupnija i od ranije poznata ležišta, a u tome je značajnu ulogu odigrala i geološka istraženost. Naime postoji veliki broj pojava i ležišta za koja nema ni najosnovnijih podataka o kvalitetu i rezervama, odnosno postoje pojedinačne analize o mineraloško-hemijskom sastavu ali ne i za druga svojstva koja bi ukazivala na mogućnost primene u odgovarajućim industrijskim granama. Sirovinska baza, iako nedovoljno istražena, je dala osnov dugogodišnjoj proizvodnji, koja za sobom nosi određenu tradiciju, tako da u ukupnom mineralno-sirovinskom potencijalu Srbije učestvuje sa svega 6 %, [1].

**PREGLED ISTRAŽENOSTI NEMETALIČNIH MINERALNIH RESURSA SRBIJE**

U okviru nemetaličnih mineralnih sirovina, najveće potencijale predstavljaju karbonatne sirovine (magneziti, krečnjaci, dolomiti, kalciti) i silikatne sirovine (kvarc i kvarcni pesak). Sirovine za proizvodnju građevinskog materijala su gotovo neiscrpne (pesak, šljunak, krečnjački materijal) [2]. Pregled istraženosti pomenutih nemetaličnih mineralnih sirovina prikazan je u tabelama 1-3.

**Silikatne i alumosilikatne mineralne sirovine**

Tabela 1. Silikatne i alumosilikatne nemetalične mineralne sirovine

Naziv sirovine /rudnika/ležišta	Kvarcni pesak (peščar)			
	Stanje-rezerve, t	Vanbilansne rezerve, t	Eksploatacione rezerve, t	
<b>Rgotina</b>				
Oblaci	33,316,381	-	31,450,663	
Velika Poljana I	990,910	-	941,364	
Rgotina	1,864,180	972,401	1,770,971	
<b>Kopovi Ub</b>				
Avala	-	-	-	
<b>Nemetali Valjevo</b>				
Čučuge	1,230,000	200,000	1,100,000	
Slatina	2,000,000	740,000	2,200,000	
Bogovađa	-	-	5,000,000	
<b>Kaolinisani graniti-Šamot Arandelovac</b>				
Garaši	54,960,853 (A+B+C <sub>1</sub> )	25,000,000	49,461,766 (A+B+C <sub>1</sub> )	
Žitkovci	284,496 (A+B)	-	229,196 (A+B)	
Pločnik	3,516,682 (A+B+C <sub>1</sub> )	3,500,000	3,165,014 (A+B+C <sub>1</sub> )	
A	662,334	-	529,867	
B	3,690,180	-	2,952,145	
C <sub>1</sub>	1,962,145	-	1,567,880	
A+B+C <sub>1</sub>	6,314,851	-	5,049,892	
<b>Pegmatiti-Bujanovac</b>				
Levosoje	1,200,000	-	-	
Samoljica/beli graniti	5,000,000	-	-	
<b>Kategorija</b>	<b>Pegmatiti</b>	<b>Kvarc</b>	<b>Feldspat</b>	<b>Muskovit</b>
A	251,957	85,665	131,018	20,157
B	579,100	196,894	301,132	46,328
C <sub>1</sub>	1,594,899	542,267	829,347	127,596
A+B+C <sub>1</sub>	2,425,956	824,825	1,261,497	194,076
<b>Keramičke i opekarske gline-Zorka nemetali-Donje Crniljevo</b>				
Bele Vode	3,000,000	-	-	
Matić-Jovan. brdo	1,500,000	-	-	
<b>Mladenovac-Košarno</b>				
Keramičke gline	1,500,000	-	-	
Opekarske gline	5,000,000	-	-	
Granitni grus	5,000,000	-	-	
<b>Vranjska Banja-Klinoptiloliski tuf</b>				
Zlatokop	600,000	-	-	

Naziv sirovine	Kvarcni pesak (peščar)		
Katalenec	600,000	-	-
Cemenara Beočin- Amorfno-klinoptiloliski tuf			
Cemenara Beočin	2,100,000	-	-

### Karbonatne mineralne sirovine

Tabela 2. Karbonatne nemetalne mineralne sirovine

Naziv sirovine /rudnika/ležišta	Kalcijum-karbonatne mineralne sirovine			
	Stanje-rezerve, t	Vanbilansne rezerve, t	Eksplatacione rezerve, t	Perspektivne rezerve, t
Venčac-Arandelovac-Rudnici i industrija mermera i granita				
Krečane	A+B+C <sub>1</sub>	-	-	-
Pločnik	A+B+C <sub>1</sub>	-	-	-
Zabrežje	7,000,000 (B+C <sub>1</sub> )	10,000,000	6,300,000	12,000,000
Brezovac	2,469,960	-	2,099,460	-
Magnezijum-karbonatne mineralne sirovine (magnezit)				
Šumadija rudnici magnezita-Čačak				
Miličevci	4,500,000	-	-	-
Brezak	4,700,000	-	-	-
Bogutovac-Kraljevo (magnezit)				
Brezjak,	300,000	-	-	-
Ravnaja-M.Zvornik (krečnjak-kalcit)				
Bučevski potok	15,000,000	-	-	-
Sokoline	67,000,000	-	-	-
Zorka nemetali-Šabac (krečnjak-kalcit)				
Šeševica	2,000,000	-	-	-
Jazovnik	14,000,000	-	-	-
Kalcijum-magnezijum-karbonat (dolomit)				
Lokve - Gradac	A+B+C <sub>1</sub>	-	-	-
Batočina	A+B+C <sub>1</sub>	-	-	-
Đakovo-Studenica	A+B	-	-	-
Jošanički Prnjavor	A+B+C <sub>1</sub>	-	-	-
Lipovača-Korenita	B+C <sub>1</sub>	-	-	-

### Nemetalne mineralne sirovine za metalurgiju

Tabela 3. Nemetalne mineralne sirovine za metalurgiju

Naziv sirovine	Bazalt		
	Stanje-rezerve, m <sup>3</sup>	Vanbilansne rezerve, m <sup>3</sup>	Eksplatacione rezerve, m <sup>3</sup>
Slavujevac (A) rezerve			
Kompaktne	765,008	-	221,490
Porozne	221,490	-	210,416
Slavujevac (B) rezerve			
Kompaktne	428,926	-	407,480
Porozne	161,314	-	153,248
Slavujevac (A+B) rezerve			
Kompaktne	1,193,934	-	1,134,238
Porozne	382,804	-	363,664

Naziv sirovine	<b>Bazalt</b>		
<b>Dijabaz-Selenac</b>			
A kategorija	970,340 t		
B kategorija	3,070,367 t		
C <sub>1</sub> kategorija	4,242,050 t		
<b>Dijabaz-Drača</b>			
A kategorija	1,846,695 t	-	659,534 m <sup>3</sup>
B kategorija	187,974 t	-	66,974 m <sup>3</sup>
A+B kategorija	187,974 t	-	726,508 m <sup>3</sup>

### OSTALE NEMETALIČNE MINERALNE SIROVINE

Među ostale nemetale možemo svrstati sledeće mineralne sirovine: barit, fluorit, fosfate, dunite, borate i dr.

#### Barit

**Ležište Bobija** predstavlja kompleks sulfidno-baritne rude sa prosečnim sadržajem od 49,8% BaSO<sub>4</sub> i posebnog rudnog tela sa sadržajem barita od 53% BaSO<sub>4</sub>. Ukupne rezerve iznose približno 1,2 miliona tona. Na Zlataru (lokalitet Maljušica), na osnovu izvršenih analiza, postoje rezerve sa sadržajem cca. 67% BaSO<sub>4</sub>. Istraživanja, pokrenuta još 1998. godine, treba dalje da definišu geološke karakteristike ležišta. Pored barita prisutni su i ostali minerali kao što su: kvarc, hematit, gline i dr.

#### Fosfati

Ležište "Lisina" poseduje rezerve A, B i C<sub>1</sub> kategorije, koje su definisane na osnovu obimnih geoloških istraživanja, a što je prikazano u tabeli 4. Dokazani su kvaliteti rude, urađena tehničko-tehnološka rešenja, na osnovu kojih su proizašle ekonomske studije. Procena rezervi izvršena je 1974. godine.

Tabela 4. Rezerve fosfata ležišta Lisina

Kategorija	Rezerve, t	Sadržaj, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)
A	4,169,256	11.87
B	42,353,450	9.54
C <sub>1</sub>	21,384,477	9.99
Ukupno	68,384,477	9.83

#### Fluorit

Ležišta fluorita se nalaze u oblasti Krupnja, Kopaonika i na Ceru. Pored fluorita od korisnih komponenti, prisutni su minerali galenita i svalerita. Debljina rudnog tela kreće se od 0,5 do 10 m, sa znatno raznovrsnijim sadržajem CaF<sub>2</sub>, od 10-70% i srednjim sadržajem galenita 3,3 % i 1,5 % svalerita. Ležište se eksploatiše s vremena na vreme. Procenjene rezerve iz 1983. godine iznosile su 791,655 t (A + B + C<sub>1</sub>) kategorije, sa srednjim sadržajem CaF<sub>2</sub> 27.01% i Pb od 3,51 %.

## Duniti

Ležište dunita "Madvece"-Golovi" je geološki i tehnološki u potpunosti istraženo. Dokazane rezerve ovog ležišta su B + C<sub>1</sub> kategorije i iznose oko 2,3 miliona tona.

## Borati

U Jarandolskom basenu, u blizini Baljevca na Ibru, nalaze se dva ležišta bornih minerala i to: Pobrđski potok (Pobrđe) i Piskanje. Ležište Pobrđanski potok (Pobrđe) je istraženo do detalja. Kategorije rezervi ovog ležišta A + B + C<sub>1</sub> su dokazane i iznose 142.740 t i C<sub>2</sub> rezerve u iznosu od 43.719 t sa srednjim sadržajem korisnih komponenti od 37.74 % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. U oblasti rudnih rezervi Piskanje procenjene su rezerve C<sub>1</sub> + C<sub>2</sub> kategorije. Rezerve C<sub>1</sub> kategorije iznose 946.236 t, a C<sub>2</sub> 6.579.013 t, što ukupno iznosi 7.525.249 tona, dok rezerve D<sub>1</sub> kategorije iznose oko 27 miliona tona, uz prosečan sadržaj (celo ležište), u iznosu od 36,39% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Pored borata postoje i drugi korisni minerali kao što su: kolemanit, haulit, boracit i dr. [2, 3].

## PRIMENA NEMETALIČNIH MINERALNIH SIROVINA

Nemetalične mineralne sirovine imaju široku lepezu primene, a posebno u: građevinskoj industriji, poljoprivredi i kao adsorbent štetnih materija. U tabeli 5., dat je pregled moguće primene po upotrebnim funkcijama, koje se razvijaju i proizvode na bazi nemetaličnih mineralnih sirovina, [4].

Tabela 5. Pregled materijala po mogućim upotrebnim funkcijama koje se razvijaju i proizvode na bazi nemetaličnih mineralnih sirovina

Moguća upotrebna funkcija materijala	Vrsta nemetalične mineralne sirovine	Nemetalične mineralne sirovine
Vatrostalnost	- Alumosilikatni vatrostalni materijali - Forsteritna keramika - Magnezit- hromitni mat. i spineli - Dolomiti i magnezit-dolomiti - Karbonski materijali	- Kaolin, beli boksit, talk, magnezit, kvarc - Talk, magnezit, glina, serpentin, dunit, bent. - Magnezit, hromit, beli boksit - Dolomit, magnezit-dolomit - Magnezit, dolomit, kaolin, boksit, kvarc, grafit
Izolaciona i termo-otpornost	- Termički otporni porcelan(hemijsko posuđe) - Meki porcelan, izolatori, sanitarni porcelan - Porcelan - Glazure - Fina keramika - Steatitna keramika - Kordijeritni proizvodi - Keramika na bazi litijuma - Fajans i poluporcelan - Građevinska keramika	- Kaolin, feldspat, kvarc, CaCO <sub>3</sub> /MgCO <sub>3</sub> , mermer, - Silimanit, andaluzit, kaolin, vatrostalna glina - Talk, glina, kalcijum-karbonat, bentonit - Talk, magnezit, glina, serpentin, dunit, bent. - Kaolin, vat. glina, talk, kvarc, beli boksit, kvanit, - Kaolin, kvarc, spodumen - Pirofilit, glina - Glina, feldspat, kvarc, kaolin, talk, pirofilit - Lako topive gline, glinice, pegmatit, nefelin, - leucit, fluorit, teškotopive gline, talk, kvarc
Abrazivnost	- Mediji za peskiranje - Abrazivna tela - Abrazivni materijali	- Alumosilikatni minerali - Kvarcni minerali - Karbonati
Topitelji	- Keramika - Elektrode - Metalurgija - Staklo	- Alumosilikatni minerali, karbonati, talk, fluorit
Reologija	- Isplake - Metalurgija	- Alumosilikatni minerali - Silikati



	- Boje, lakovi	
Filtrabilnost	- Filtraciona keramika - Filtracioni mat. u prehrambenoj industriji - Filtracioni mat. u hemijskoj industr. - Prečišćavanje voda	- Kvarcit, visokokvalitetni peskovi, maršalit, granit, andezit, serpentin, plastične vatrostalne i teškotopive gline, visoko-plastični bentoniti - Kvarcne sirovine, karbonati, alumosilikati
Punila, ekstenderi	- Boje, lakovi, guma i plastika, kozmetika, farmaceutika, hartija, nafta, hemijska industrija, staklo, hrana, adhezivi na bazi boriranih dekstrina, glazure, premazi, elektro-provodne prevlake, đubriva	- Alumosilikatni minerali, karbonati, liskun, talk, grafit, fosfati, fluorit
Adsorbenti	- Materijali za poljoprivredu - Prehrambena industrija - Hemijska industrija - Prečišćavanje tečne i gasne faze	- Zeoliti, bentoniti, gline, kaolini, krečnjaci i dolomiti, dijamanti, feldspati
Donori	- Materijali donori makrobiogenih i makrobiogenih elemenata	- Zeoliti, bentoniti, gline, feldspati, borni minerali, magneziti, dolomiti
Korektori	- Materijali za poljoprivredu - Flotacioni aditivi - Staklarstvo - Keramika	- Zeoliti, bentoniti, kaolini, oksidi metala (pigmenti), fosfati, borne sirovine, fluorit
Elektro provodnost	- El. izolatori, provodnici i poluprovodnici, rezistori	- Silikati, grafiti, dijamanti, oksidi gvožđa, magneziti, ..
Hemijska stabilnost	- Delovi aparata u hem.ind. katalizatori, filtri	- Korund, silik. sirovine
Toplotna propustljivost	- Konstr. elementi, toploizolacioni mat., razme. toplote	- Silikatni materijali, bazalt, alumosilikatna vlakna
Čvrstoća	- Zubne i koštane proteze, konstrukcioni elementi, razmenjivači toplote	- Korund, apatit
Koroziona stabilnost	- Koroziona stabilnost, rekuperatori, uređaji u hem.ind., metalurške peći, staklarstvo	- Oksid aluminijuma, silikati, magnezijum oksid, grafit, mulit
Osnovna komponenta	- Keramika, vatrostalni materijali, staklo, elektro komponente, olovke	- Alumosilikati, kvarcne sirovine, fosfati, grafit

### **KRATAK OSVRT NA ISTORIJAT DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA, EKSPLOATACIJU, NEKIH NEMETALIČNIH MINERALNIH SIROVINA SRBIJE**

Istorijat istraživanja i eksploatacije ležišta nemetaličnih mineralnih sirovina u Srbiji može se generalno podeliti na tri perioda: pre i posle Drugog svetskog rata, kao i period od početka devedesetih godina prošlog veka do danas.

U periodu pre Drugog svetskog rata praktično nije ni bilo istraživanja i eksploatacije nemetaličnih mineralnih sirovina u modernom smislu, jer nije bila razvijena domaća prerađivačka industrija koja bi koristila takve sirovine u većim količinama. Sirovine su uglavnom otkopavane sa površine terena i korišćene nakon empirijskih proučavanja (eksperimentisanja). U tom periodu mineraloška i tehnološka ispitivanja mineralnih sirovina bila su veoma retka.

U periodu od 1946 do 1970. godine, otvarani su instituti sa dobro opremljenim odeljenjima za pripremu mineralnih sirovina, a ujedno počeli su da se obrazuju i kadrovi na posebnim smerovima.

Tako su izgrađena postrojenja srednjih i velikih kapaciteta za magnetsku separaciju magnezita i serpentina (Zlatibor, Šumadija), i kvarcnih peskova, flotacijska postrojenja za koncentraciju feldspata i kvarcnog peska, Rudnik i flotacija Rgotina, Rudnik i flotacija Bela Reka–Bor, Nemetali Ub, Čučuge, Slatina

Kopovi, Nemetali Valjevo (rudna tela Čučuge, Slatina, Bogovađa), kaolinisani granit Šamot Arandelovac, a dobija se iz rudnika sa separacijama (Garaši, Žitkovci i Pločnik), optička sepracija za koncentraciju magnezita (Goleš) i kalcita. U ovom, "zlatnom", periodu po tehnološkim rešenjima, naučno-istraživačkom radu, ostvarenim kapacitetima i tehnološkim rezultatima, kao i po ugrađenoj opremi, priprema mineralnih sirovina u Srbiji bila je u samom svetskom vrhu. Tokom osamdesetih godina prošlog veka bilo je značajnih sistemskih propusta u istraživanju pojedinih nemetaličnih mineralnih sirovina i ležišta, a razlog tome bila je nedovoljna saradnja stručnjaka iz privrede i nauke. I pored toga, treba naglasiti da su istraživanja nemetaličnih mineralnih sirovina u poređenju sa ostalim mineralnim sirovinama bila daleko najracionalnija i efikasnija.

Od osamdesetih do 1990. godine stanje u sektoru nemetaličnih mineralnih sirovina deklarativno se održavalo usporenim tempom razvoja, a zapravo se radilo o neekonomičnoj eksploataciji i neprincipijelnom poslovanju. Razlozi za to su višestruki:

- nedovoljna ulaganja znanja i sredstava u razvoj novih tehnologija za eksploataciju, pripremu i preradu nemetaličnih mineralnih sirovina na osnovu kojih bi mogle da budu valorizovane i sirovine nižeg kvaliteta;
- značajno smanjenje obima geoloških istraživanja i pripreme novih rezervi usled intenzivne eksploatacije nemetaličnih mineralnih sirovina, sa tzv. „raubovanjem“ ležišta, što ima za posledicu pad kvantiteta i kvaliteta mineralne sirovine na kojoj se bazira proizvodnja.

Uprkos opštem trendu pada industrijske proizvodnje u Srbiji, industrija građevinskog materijala je značajna i profitabilna industrijska grana koja doživljava kontinuirani rast (u 2000. godini zabeležen je porast od 20 odsto), a oslonjena je pre svega na nemetalične mineralne sirovine, odnosno na rudarstvo. To su fabrike cementa: u Beočinu, Kosjeriću i Novom Popovcu, industrija opeke: u Kikindi, Novom Bečeju, Novom Pazaru, Rumi, Kanjiži i dr. Eksploatacija tehničkog i arhitektonskog kamena je takođe profitabilna rudarska delatnost i odvija se na površinskim kopovima kod Uba, Topoli, Jelen Dolu, Arandelovcu i dr.

S’obzirom na državnu ekonomiju, bez veoma ozbiljne analize podataka kroz ceo ovaj period, o ekonomičnosti proizvodnje i eksploataciji nemetaličnih mineralnih sirovina, ne bismo mogli ništa da tvrdimo. Iz oblasti istraživanja nemetaličnih mineralnih sirovina postoji ogroman fondovski materijal i literaturna građa objavljena u raznim monografijama, zbornicima radova sa kongresa, simpozijuma, konferencija i dr. Fondovski materijal je smešten po raznim institucijama, a pogotovo u “Geoinstitutu”, Ministarstvu energetike i rudarstva i rudnicima nemetala. Zbog toga u ovom radu nije mogao biti prikazan celokupan materijal, već samo podaci koji su bili dostupni, kao i od "Statističkog zavoda Srbije" pa stoga ovaj separat ima i svojih nedostataka.

Prema podacima Republičkog statističkog zavoda, u tabeli 6 prikazani su prikupljeni podaci o proizvodnji nemetaličnih mineralnih sirovina od 1939. do 2003. godine, [5].

Tabela 6. Eksploatacija nemetaličnih mineralnih sirovina u periodu od 1939-2003. god.

Godina	Nemetalična mineralna sirovina	Eksploatacija (t)	Eksploatacija, (m <sup>3</sup> )
1939-2003	Sirovi magnezit,	14,225,074	-
1939-2003	Negašeni kreč	16,077,463	-
1939-2003	Portland cement	90,357,155	-
1939-2002	Vatrostalne gline	6,461,606	-
1939-2001	Kvarcni pesak, sirovi i prani	27,262,915	-
1939-1998	Kaustični magnezit	791,767	-
1939-1992/94-2003	Gips	1,707,578	-

1947-2003	Ruda azbesta	4,888,403	-
1947-1984/86/2003	Azbestno vlakno,	107,107	-
1947-1950/52/53/55-2003	Feldspat	512,971	-
1952-2003	Sinter magnezit	5,855,499	-
1955-1958/63/2003	Liskuni	449,943	-
1956-2003	Lomljeni i tucani kamen i mermer	-	168,612
1956-2003	Šljunak i pesak	-	285,462
1961-2003	Hidratisani kreč	7,219,383	-
1961-1965	Barit	13,420	-
1977-2003	Kaolin	2,804,568	-
1977-1979	Krečnjak	3,207,000	-
1984-2003	Keramičke gline	1,051,250	-
1984-1990/94/95	Bentonit	103,469	-
1984-1985	Talk	94	-
1986-1992/1995-2000	Dolomit	761,027	-

### STRATEGIJA RAZVOJA SEKTORA NEMETALIČNIH MINERALNIH SIROVINA

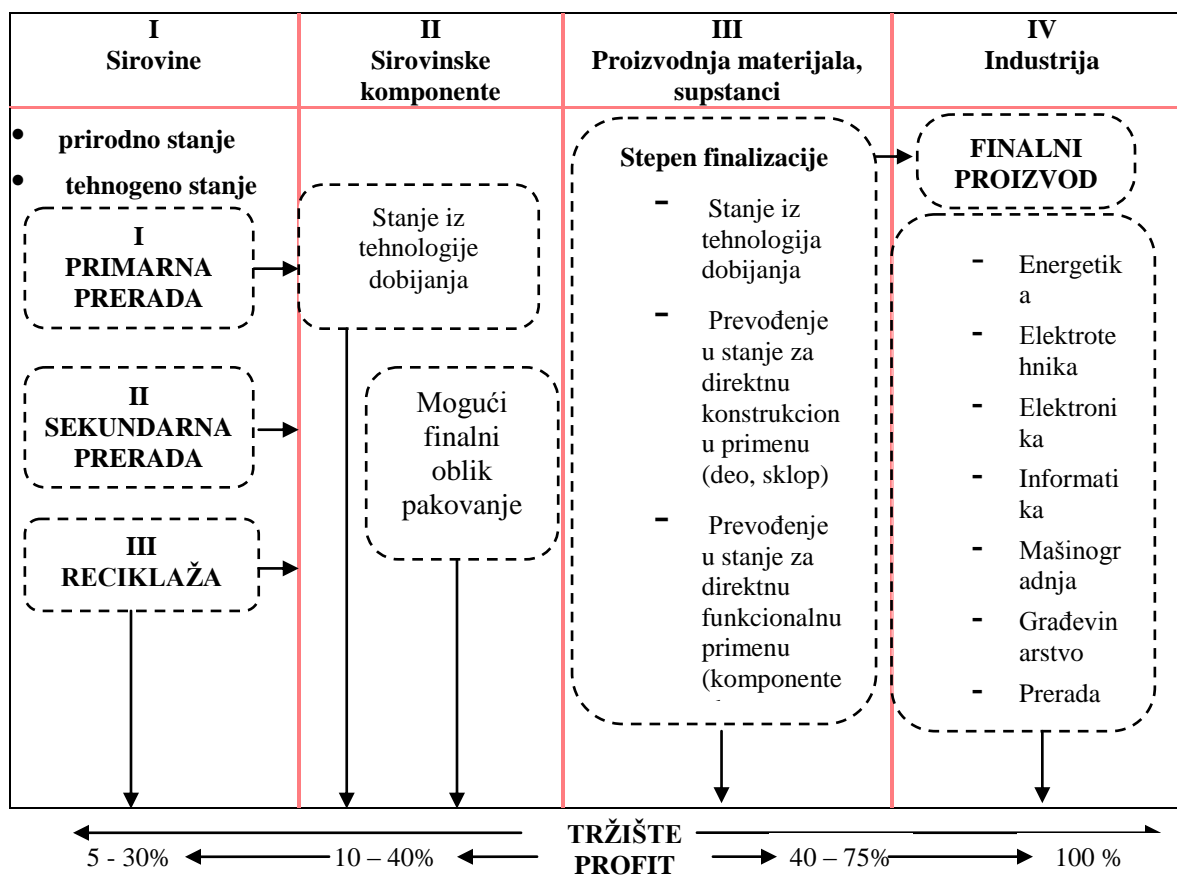
Za razumevanje uslova strategije daljeg korišćenja raspoloživog mineralnog resursa nemetaličnih mineralnih sirovina Srbije, nophodno je analizirati okolnosti i pravce sveukupnog privrednog razvoja Srbije. Pregledom sektora nemetaličnih mineralnih sirovina u privredi sa viđenom – mogućom ulogom u razvoju Srbije do 2020. godine, vidi se da nemetalične mineralne sirovine su direktno ili indirektno (preko sirovinskih komponenti i materijala) uključene u više privrednih delatnosti, a što je prikazano na slici 1.

U ovom za Srbiju vrlo važnom sektoru, čija je dominantna uloga obezbeđenje kvalitetne infrastrukture i konkurentnih domaćih inputa, nemetalične mineralne sirovine direktno uslovljavaju delatnosti "proizvodnja nemetala", "prerada nemetala" (proizvodnja stakla, porcelana, vatrostalnih materijala), "građevinski materijali", a indirektno imaju bitni udeo u "građevinarstvu", "hemijskoj industriji" i sl., a što je prikazano u tabeli 6.

Na izrazito globalizovanom svetskom tržištu, bez granica i posebnih zaštita, realno se mora proceniti u kojoj fazi na relaciji: **dobijanje i primarna prerada raspoloživih nemetaličnih mineralnih sirovina** → **primenljive sirovinske komponente** → **sinteza materijala namenskih-upotrebnih svojstava** → **finalna proizvodnja**, se privreda Srbije može efikasno uključivati. Ovo je posebno važno ako se zna da privreda danas ima izuzetno malo finalnih proizvoda, sa markom i kvalitetom za zasićeno svetsko tržište. Prema ovome, velike su mogućnosti, pored svih drugih, da se privreda Srbije uključuje u svetsko tržište, korišćenjem preostalog resursa nemetaličnih mineralnih sirovina i otpadnih sirovina.

Zašto smatramo da je ovo suštinsko pitanje u određivanju dalje strategije korišćenja raspoloživog sirovinskog, pre svega nemetaličnog mineralnog resursa?

Sektor "proizvodnja nemetala " treba da se, bazira na ozbiljnim geološkim rezervama za mnoge nemetalične mineralne sirovine, razvija sa visokom godišnjom stopom u periodu do 2020. godine. Ovo će se, bez ikakve dileme, postići ako se imaju u obzir realna i pozitivna svetska iskustva: naime, definisanje i dobijanje upotrebnih kvaliteta industrijskih minerala predstavlja proces koji je veoma složen i traži verifikaciju ne samo proizvoda iz procesa pripreme i prerade prirodnih sirovina, već i verifikaciju u svojstvima finalnog materijala za čiju sintezu se koriste [6].



Slika 1. Reprodukcionni proces sirovine –materijali –finalni proizvodi

Stoga se za stvaranje strategije razvoja sektora nemetaličnih mineralnih sirovina, podrazumevaju sledeći sektorski ciljevi:

- Usklađivanje propisa iz oblasti rudarstva sa zakonodavstvom EU;
- Racionalno upravljanje neobnovljivim prirodnim resursima i suzbijanje nelegalne eksploatacije;
- Kompletno restrukturiranje u proizvodnji nemetaličnih mineralnih sirovina, što podrazumeva uspešan završetak tranzicije sa većim učešćem privatnog kapitala;
- Razvoj i primena tehnoloških rešenja za smanjenje, integrisano sprečavanje i kontrolu štetnog uticaja eksploatacije nemetaličnih mineralnih sirovina na životnu sredinu;
- Održivo snabdevanje tržišta mineralnim sirovinama;
- Razvoj privrede na lokalnom nivou i povećanje zaposlenosti, uz uključivanje svih zainteresovanih strana u donošenje odluka, u toku čitavog životnog ciklusa rudnika, ali i kasnije.

Ostvarenje ovih ciljeva će imati višestruko pozitivne efekte, ne samo što će uticati na smanjenje pritiska na životnu sredinu, već će podstaći razvoj primenjenih naučnih istraživanja, razvoj tehnologije i dr.

Stručno i naučno posmatrano, na planu regionalnog istraživanja nemetaličnih mineralnih sirovina trebalo bi uraditi sledeće:

- Izraditi kompleksne studije o potencijalnosti Srbije u odnosu na najvažnije nemetalične mineralne sirovine, uz razradu prognoznih kriterijuma i ocenu minerogenetskih faktora;
- Unaprediti i racionalizovati metodiku istraživanja uz primenu novih metoda i instrumentalnih tehnika;

- Uvesti neophodnu primenu modernih analitičkih metoda ispitivanja sirovine u sve faze istraživanja;
- Uvesti moderne licencirane softverske pakete u istraživanje od obrade ležišta do definitivnog proizvoda.

Na kraju, može se reći da teška ekonomska vremena i tranzicija traže mnogo više rada svih nas, više dijaloga, razgovora i međusobnog razumevanja, kako bi se što pre prevazišli različiti problemi. Ne smemo da zaboravimo da smo u stvari svi mi koji radimo u sektoru mineralne industrije na istoj strani i da živimo od profita koji zajednički stvaramo [1, 7].

## **ZAKLJUČAK**

Nemetalične mineralne sirovine ili industrijski minerali kako se nazivaju u nekim zemljama predstavljaju značajan ekonomski potencijal ako se njihovom istraživanju, eksploataciji, preradi i izučavanju njihove primene posveti odgovarajuća pažnja. U svetu se proizvodnji nemetaličnih mineralnih sirovina (industrijskih minerala) poklanja velika pažnja. Ukupna svetska proizvodnja ovih sirovina iznosi oko 25 milijardi tona godišnje. U industrijski razvijenim zemljama primenjuju se najsavremenije metode obuke kadrova uz primenu sofisticirane opreme za istraživanja, kao i primenu drugih dostignuća savremenih informacionih tehnologija.

U Evropi je najveći deo kapaciteta u ljudstvu i laboratorijama angažovan na valorizaciji kako nemetaličnih mineralnih sirovina tako i tehnogenih mineralnih sirovina, recikliranju otpada, pripremi ekoloških mineralnih sirovina u sprezi sa prečišćavanjem otpadnih voda, zatim razvoju biotehnologija i jednim delom razvoju novih materijala. Rezultati koji se ostvaruju su u skladu sa uloženim sredstvima u ovu oblast. Nemetalične mineralne sirovine sve više nalaze prostora u tehnološkim procesima svih grana industrije. Međutim, zahtevi tehnoloških procesa ovih idnustrija za kvalitet nemetaličnih sirovina su veoma strogi. Iz ovog razloga priprema najvećeg broja rovnih nemetaličnih mineralnih sirovina je neophodna. Na prostorima nekadašnje Jugoslaviji, a i danas u Srbiji, ove sirovine su bile veoma zapostavljene, i u najvećem broju slučajeva one kvalitetnije, industrija je uvozila u ogromnim količinama. Sa otežanim uslovima uvoza osetila se ozbiljna potreba za korišćenje sopstvenog prirodnog resursa koji je u mnogome i ranije geološki bio definisan, ali nije uvek bio kvaliteta dovoljnog za direktnu primenu u tehnološkim procesima indutrija koje ga koriste. Iz tog razloga poslednjih godina se veoma mnogo eksperimentualno radi na razvoju sopstvenih tehnologija za pripremu nemetaičnih mineralnih sirovina, i izgradnji industrijskih kapaciteta prerade .

Nama ostaje da ulažemo napore da se u ovoj oblasti što više približimo industrijski razvijenim zemljama a to možemo ostvariti kroz istraživački rad, obrazovni rad i zakonsku regulativu koja omogućava investiciona ulaganja u ovu oblast.

## **LITERATURA**

- [1] Ljubiša Andrić: "Proizvodnja nemetaličnih mineralnih sirovina", Poglavlje u monografiji: "Mineralnosirovinski kompleks Srbije danas: izazovi i raskršća", Akademija inženjerskih nauka Srbije (AINS), Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Privredna komora Srbije, ISBN 978-86-87035-02-7, 2010, Beograd, s.189-202
- [2] Mineral Raw Materials of Republic of Serbia: <http://www.mpo.cz/kalendar/download/.pdf>
- [2] Ljubiša Andrić: Jantar grupa, (2002), Projekat: "Izrada baze podataka o ležištima ekoloških mineralnih sirovina Srbije sa mogućnošću primene", Beograd, str. 5-8.
- [3] Ljubiša Andrić: "Proizvodnja nemetaličnih mineralnih sirovina", Poglavlje u monografiji: "Mineralnosirovinski kompleks Srbije danas: izazovi i raskršća", Akademija inženjerskih nauka

- Srbije (AINS), Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Privredna komora Srbije, ISBN 978-86-87035-02-7, 2010, Beograd, s.189-202
- [4] Siniša Milošević, Ljubiša Andrić i dr. (1998), Domaće nemetalične mineralne sirovine za primenu u privredi, ITNMS, Beograd.
- [5] Statistički godišnjaci, Republički zavod za statistiku Srbije.
- [6] Strategija industrijskog razvoja Srbije do 2010. god., Arhiva ITNMS, 2002.
- [7] Vladimir Simić: "Stepen istraženosti nemetaličnih mineralnih resursa Srbije", Poglavlje u monografiji: "Mineralnosirovinski kompleks Srbije danas: izazovi i raskršća", Akademija inženjerskih nauka Srbije (AINS), Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Privredna komora Srbije, ISBN 978-86-87035-02-7, 2010, Beograd, s.173- 187.

#### **ZAHVALNOST**

Rezultati u ovom radu su proistekli iz istraživanja na projektu TR33007 koja su finansirana od strane Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije.

# **ULJNI SKRILJCI KAO ENERGETSKA SIROVINA ZA DOBIJANJE SINTETIČKE NAFTE SA ZAKONSKOM REGULATIVOM U OBLASTI ZASTITE VAZDUHA**

## **OIL SHALE AS AN ENERGY SOURCE FOR OBTAINING SYNTHETIC OIL WITH LEGISLATION IN THE FIELD OF AIR PROTECTION**

**Miroslav Ignjatović<sup>1</sup>, Vojka Gardić<sup>1</sup>, Snežana Ignjatović<sup>2</sup>, Radmilo Rajković<sup>1</sup>, Miroslav R. Ignjatović<sup>3</sup>, Miroslava Maksimović<sup>1</sup>**

*1-Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, 2-Univerzitet u Beogradu, Rudarsko geološki fakultet, Beograd, 3- Privredna komora Srbije, Beograd*

### **IZVOD**

Posebno visoke cene energenata na tržištu uslovljavaju potrebu svestranog sagledavanja tehničkih, tehnoloških i ekonomskih parametara dobijanja sintetičke nafte iz uljnih škriljaca. Ukazuje se potreba da se maksimalno iskoriste vlastiti raspoloživi energetske resursi u okviru kojih značajno mesto zauzimaju alternativni izvori energije (uljni škriljci). Sve izraženija potreba za energetskim sirovinama u svetu i našoj zemlji, dovela je do intenzivnijih istraživanja tehnoloških postupaka za dobijanje sintetičke nafte iz uljnih škriljaca, za naše uslove možemo govoriti o izuzetnom potencijalu. Ako se uzme u obzir, da se iz godine u godinu, povećava potrošnja prirodnih energetskih potencijala (ugalj, nafta, gas), buduća istraživanja su opravdano usmerena u cilju mogućeg korišćenja uljnih škriljaca, kao jedan od važnih izvora u proizvodnji sintetičke nafte, a sa regulativom iz oblasti zaštite životne sredine. Domaća zakonska regulativa i regulativa Evropske Unije iz oblasti zaštite vazduha, propisi, direktive, odluke, preporuke i mišljenja, imaju za cilj da osiguraju visok nivo kvaliteta životne sredine. Svi pravni akti EU su obavezujući za sve članice EU, osim preporuka i mišljenja, koji su pravno neobavezujući tekstovi i predstavljaju smernice za institucije. Okvirna direktiva o kvalitetu vazduha, Direktiva o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađenja, Direktiva o maksimalnim vrednostima emisije gasova u državama članicama, Direktiva o emisijama gasova iz postrojenja koja koriste velike količine goriva, Direktiva o graničnim vrednostima materija u vazduhu su samo neke od postojećih direktiva, a koje se predmetno odnose na zaštitu vazduha od zagađenja. Dva su osnovna razloga zbog kojih je neophodno da Srbija svoje zakonodavstvo uskladi sa zakonodavstvom EU: zemlje kandidati su obavezne da do datuma pristupanja EU usvoje zakonodavstvo EU u oblasti životne sredine i da njegovu primenu završe u roku od oko deset godina nakon pristupanja, odluke EU o pristupanju međunarodnim ugovorima čije su strane ugovornice i države nečlanice.

**KLJUČNE REČI:** uljni škriljci, istraživanje, eksploatacija, dobijanje sintetičke nafte, zaštita vazduha

### **ABSTRACT**

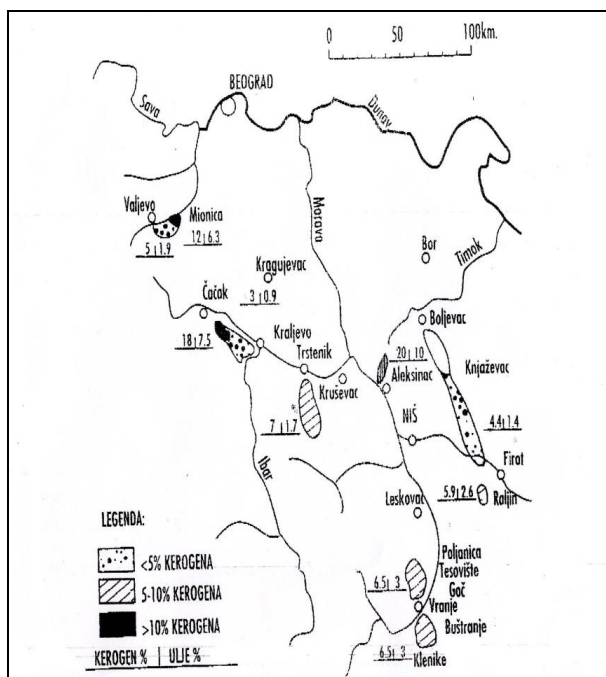
High energy market prices cause need comprehensive consideration of technical, technological and economic parameters to obtain synthetic oil from oil shale. There is a need to maximize their own available energy resources in which an important place alternative sources of energy (oil shale). Growing need for energy raw materials in the world and our country has led to intensive research of technological processes for obtaining synthetic oil from oil shale, from our point of view, we are talking about the extraordinary potential. If we take into account that from year to year, increasing consumption of natural energy resources (coal, oil, gas), our studies are reasonably directed to the possible use of oil shale as one of the important sources in the production of synthetic oil, taking into account the environmental protection. Serbian legislation and European Union legal acts, regulations, directives, decisions, recommendations and opinions, are intended to ensure high quality of the environment, primarily in the Member States, but increasingly for all European citizens. The legal acts are binding for all EU members, except the recommendations and opinions, which are legally non-binding texts are guidelines for institutions. Framework Directive on Air Quality, Directive on Integrated Pollution Prevention and Control, Directive 2001/81/EC, national

emission ceilings, the Directive on greenhouse gas emissions from plants that use large amounts of fuel, are just some of the existing directives, which are subject related to air protection. There are two main reasons why it is necessary for Serbia to harmonize its legislation with EU legislation: the candidate countries are required to the date of accession to the EU to adopt EU legislation in the field of environment and its application to finish within about ten years after accession, by EU decision Accession to international treaties which are Parties and non-member states, or whose application for any other reason interested non-member states and EU regulations concerning the export and import of certain dangerous chemicals, it is not possible if it does not comply with EU legislation.

**KEY WORDS:** oil shale, research, exploitation, obtaining synthetic oil, air protection

## UVOD

Geološke rezerve i kvalitet fosilnih goriva (posebno uglja, nafte i zemnog gasa) predstavljaju najznačajniji deo energetskeg potencijala svake zemlje [1, 2, 3, 5, 6, 9, 11, 14]. U geološkom pogledu, fosilna goriva su neobnovljivi energetske izvori, od izuzetnog strateškog značaja. U današnjim uslovima tehnološkog i industrijskog razvitka, potrošnja fosilnih goriva se neprestano povećava. Ocenjuje se da će u narednih 100 godina, prirodni energetske izvori biti izuzetno skupi, jer i najveći optimisti priznaju da je teško očekivati nova spektakularna otkrića ležišta nafte, zemnog gasa i uglja. U strukturi dosadašnje potrošnje fosilnih goriva, s pravom ili ne, zanemareni su uljni škriljci, naftni peskovi i bituminozne stene, iako predstavljaju značajne potencijalne izvore sintetičke nafte. Uljni škriljci, istovremeno predstavljaju značajnu sirovinu koja ima široku primenu u građevinarstvu [10]. To je dovoljan razlog da se geološka i hemijsko-tehnološka istraživanja uljnih škriljaca, sve više podstiču posebno u zemljama koje raspolažu njihovim značajnim geološkim rezervama, dato na slici 1.



Slika 1 Geografski položaj, sadržaj kerogena i prinosi ulja uljnih škriljaca u Srbiji

Srbija bi, u narednih stotina godina, mogla da se oslobodi uvoza sirove nafte i svoje energetske potrebe za tečnim gorivima obezbedi iz uljnih škriljaca! Ova smela i gotovo neverovatna tvrdnja, nije bez osnova. Naime, na osnovu dosadašnjih geoloških istraživanja u više regiona centralne i jugoistočne Srbije, procenjeno je da tamo leži nekoliko milijardi tona uljnih škriljaca iz kojih, određenom tehnologijom, može



da se dobije sintetička nafta, sirovine za petrohemijsku industriju, građevinski materijal i retki elementi. Daljom rafinacijom sintetičke nafte dobijaju se goriva za transport, mlazno i dizel godivo i primarni benzin. Osim aleksinačkog i delimično vranjskog basena, ostala ležišta unjnih škriljaca u Srbiji još uvek nisu svestrano ispitana, pa se vredi okrenuti Aleksinačkom uljnom škriljcu [1, 2, 3, 7, 13, 14]. Po svom sastavu uljni škriljci u osnovi predstavljaju specifičnu energetska sirovinu, koja bi u određenim uslovima mogla da postane adekvatan alternativni izvor [1, 14] za dobijanje tečnih goriva i drugih sirovina ili zamena za neke njihove derivate. Njihov organski sastav je u osnovi veoma pomešan sa neorganskom fazom, koju uglavnom čine gline, pesak, krečnjak, kvarcne tvorevine ili njihove mešavine.

Uljni škriljci predstavljaju značajne potencijalne izvore za dobijanje sintetičke nafte [1, 2, 4, 7, 8, 14]. U današnjim uslovima tehnološkog i industrijskog razvoja, potrošnja fosilnih goriva se neprestano povećava, posebno uglja, nafte i zemnog gasa. S tim u vezi, treba sagledati i istražiti mogućnost valorizacije gore navedenih fosilnih goriva, prvenstveno uljnih škriljaca, čiji se depoziti nalaze u Istočnoj, Srednjoj i Zapadnoj Srbiji. Sa razvojem nauke i tehnologije i sa smanjenjem preostalih rezervi prirodne nafte i gasa (čak i uz uvođenje novih sekundarnih metoda, za povećanje iskorišćenja ovih rezervi) interes za racionalno korišćenje bituminoznih tvorevina u budućnosti sve više raste što ima uticaja i na postojeća istraživanja i ulaganja značajnih sredstava u te svrhe.

Ovo veliko prirodno i domaće blago nam je na dohvat ruke. Za sada je potpuno neizvesno da li će i kad neko krenuti u eksploataciju uljnih škriljaca. Glavni problem, je baziran prvenstveno u izboru načina eksploatacije ove sirovine (površinske i podzemne), eksploatacije glavne organske komponente kerogena i drugih organskih i neorganskih komponentata prisutnih u uljnim škriljcima, kao i na iznalaženju adekvatne tehnologije prerade uljnih škriljaca koja bi ujedno bila ekonomski opravdana i ekološki prihvatljiva. Po tom osnovu, treba pristupiti racionalno i svestrano u rešavanju gore navedenih problema, počev od najpovoljnije metode eksploatacije ležišta, ali istovremeno i najisplativije, pa sve do pronalaženja odgovarajućih rešenja za zaštitu životne sredine i usvajanje odgovarajuće tehnologije valorizacije uljnih škriljaca.

Imajući u vidu visoki energetska potencijal ove sirovine, ona bi mogla da postane adekvatan alternativni izvor za dobijanje sintetičke nafte, te s toga, ne smemo ostati ravnodušni u sprovođenju i ulaganju dodatnih sredstava za istraživanja, već trebamo intenzivirati aktivnosti ka eksploataciji i korišćenju uljnih škriljaca kao sirovine za dobijanje sintetičke nafte.

Zagađenje vazduha predstavlja značajan ekološki problem u Srbiji, koji je nastao kao posledica slabih okvira ekološke politike i njenog sprovođenja, zastarele tehnologije i uopšte loši uslovi u privredi koji nisu stvorili uslove za uvođenje postrojenja, koja će doprineti zaštiti životne sredine.

Zaštitu vazduha obezbeđuju, u okviru svojih ovlašćenja, Republika, autonomna pokrajina, jedinica lokalne samouprave, privredni subjekti i druga pravna i fizička lica. Privredni subjekti, odnosno pravna lica i preduzetnici koji u obavljanju delatnosti utiču ili mogu uticati na kvalitet vazduha dužni su da obezbede: tehničke mere za sprečavanje ili smanjivanje emisija u vazduhu; uračunavanje troškova zaštite vazduha od zagađivanja u okviru investicionih i proizvodnih troškova, praćenje uticaja svoje delatnosti na kvalitet vazduha, kao i druge mere zaštite, u skladu sa Zakonom o zaštiti vazduha ("Službeni glasnik RS", br. 36/09) i zakonima kojima se uređuje zaštita životne sredine. Praćenje kvaliteta vazduha i praćenje emisija u vazduh obavljaju nadležni organi državne uprave i pravna lica koja imaju dozvolu za obavljanje ove delatnosti [15]. Na osnovu Rešenja Ministarstva za zaštitu životne sredine i prostornog planiranja, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor ovlašćeno je za uzorkovanje i hemijsko ispitivanje kvaliteta vazduha - emisija i merenje emisije štetnih materija na izvorima zagađenja. U tom smislu nam je od velike važnosti praćenje domaćeg zakonodavstva i zakonske regulative Evropske Unije, a sve sa ciljem smanjenja

zagađenja vazduha. Opređenjem za pridruživanje Evropskoj Uniji Republika Srbija je preuzela obavezu usklađivanja svoje zakonske regulative sa zakonskom regulativom EU [16].

## **ZNAČAJ ULJNIH ŠKRILJACA**

Kroz ova istraživanja jasno se želi prikazati kontekst i koncept budućeg rada na dobijanju sintetičke nafte iz uljnih škriljaca uz jasnu prezentaciju njegove programske i sadržajne celine. Pored toga, cilj istraživanja je i približiti koncept subjektima zainteresovanim za njegovu realizaciju, potencijalnim korisnicima i državnim i lokalnim strukturama vlasti.

U radu su prikazane samo neke od direktiva EU vezane za praćenje kvaliteta vazduha, maksimalno dozvoljenih količina zagađujućih materija u vazduhu, kao i izbor metoda rada koji obezbeđuje emitovanje zagađujućih materija u granicama dozvoljenih vrednosti.

### ***Može li Srbija da se oslobodi uvoza sirove nafte?***

Da, može! Srbija bi, u narednih stotinak godina, mogla da se oslobodi uvoza sirove nafte i svoje energetske potrebe za tečnim gorivima obezbedi iz uljnih škriljaca!

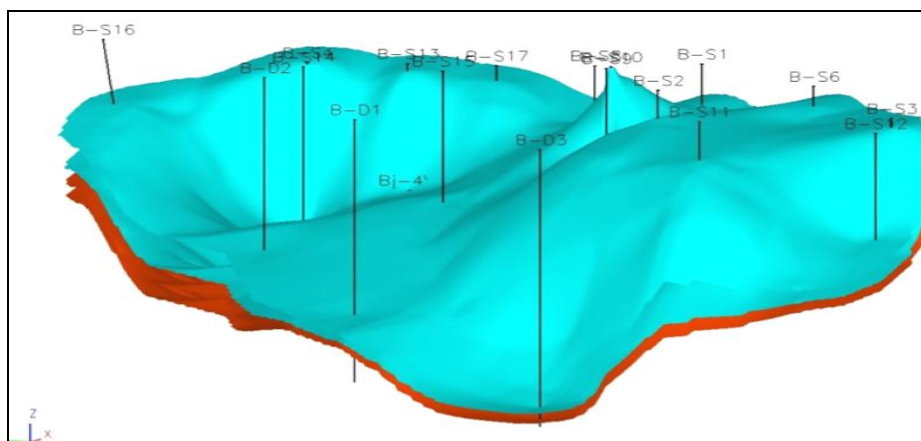
Ove rezerve svrstane su u kategoriju "vanbilansnih rezervi" zbog nedostatka tehno-ekonomske ocene prerade (retortovanja) uljnih škriljaca [1, 2, 3, 4, 14], bazirane na domaćoj tehnologiji, kao i nedovoljno definisanih uslova zaštite životne sredine. Zbog očekivanih visokih cena energije koje se očekuju na svetskom tržištu, sve zemlje nastoje da maksimalno iskoriste vlastite raspoložive energetske resurse, u okviru kojih značajno mesto zauzimaju alternativni izvori energije, među koje se ubrajaju i uljni škriljci. U Srbiji je potrebno izvršiti dodatna geološko-rudarska istraživanja svih lokaliteta uljnih škriljaca jer oni predstavljaju budući potencijal zemlje za energetskim sirovinama. Termin "naftni (uljni) škriljci" može dovesti u zabludu [1, 14]. U suštini, oni ne sadrže naftu, niti su "obični" škriljci. Organski materijal u njima je prevashodno "kerogen" [4, 14], a škriljci su, zapravo, relativno čvrste stene "lapor". Ukoliko se adekvatno prerađuje, kerogen može biti upotrebljen za dobijanje supstance slične petroleumu. Za sada se još nije napravio dovoljan iskorak u smislu postizanja toplotnih uslova (pod kojima se nafta dobija na prirodan način) pa se pribegava izlaganju materijala visokim temperaturama. Prilikom tog procesa, organski materijal se transformiše u tečnost koja se mora dalje prerađivati u sintetsku naftu [14].

Uljni škriljci će naći svoje mesto u svetskoj i našoj ekonomiji, ali energetske zahtevi vezani za sagorevanje, transport, usitnjavanje, zagrevanje, dodavanje vodonika, kao i čitav jedan poseban problem proistekao iz pooštrenih mera bezbednosti, ekologije, opravdanih zahteva za uređenjem prostora i načina odlaganja otpada (u ovom slučaju velikih količina), čine ceo koncept korišćenja ovakvog resursa izuzetno složenim. Tokom 2007. i 2008. godine kada je cena sirove nafte na svetskom tržištu dostigla vrednosti i do 150 US\$ po barelu, zabeležen je značajan porast interesovanja za proizvodnju i preradu uljnih škriljaca kao i za preradu sintetske nafte iz uljnog škriljca. Verovatno je da je najznačajniji razlog za povećano interesovanje bilo obezbeđenje sigurnosti snabdevanja naftom kao strateškim energentom (SAD i Kanada). U tom periodu je bilo objavljeno od strane vodećih naftnih kompanija (Exxon-Mobil, BP, Shell i Total) da će se investirati značajna finansijska sredstva kako u istraživanje i ekstrakciju nekonvencionalnih nafti već i u njihovu rafinerijsku preradu.

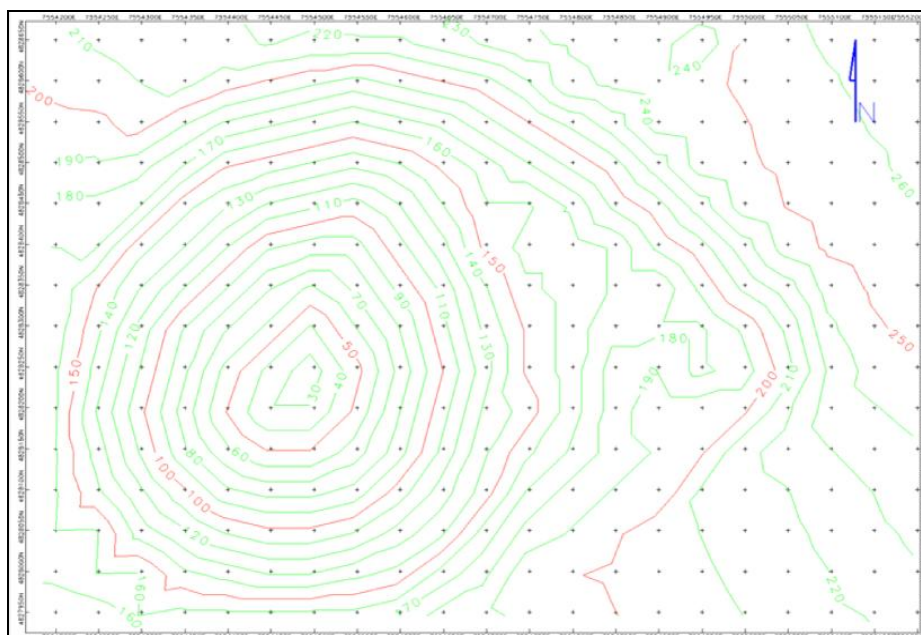
Projektom koji je realizovan u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor, u saradnji sa Prirodno—matematičkim fakultetom u Beogradu i Institutom za hemiju tehnologiju i metalurgiju u Beogradu, sa finansijerima JP PEU Resavica i Ministarstvom za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, izvršena su istraživanja mogućnosti dobijanja sintetičke nafte iz uljnih škriljaca Aleksinačkog ležišta.

Ovim projektom u prethodnom periodu ostvareni su sledeći rezultati:

- Uzeti su uzorci i urađen je Izveštaj o laboratorijskom ispitivanju fizičko – mehaničkih i deformacionih osobina uljnih škriljaca sa lokaliteta Subotinac kod Aleksinca [2];
- Napravljen je digitalni geo-model Aleksinačkog ležišta u softveru Minex 5.2.3 [3, 13];
- Izvršeno je određivanje karakteristika elemenata koji se nalaze u uljnim škriljcima [10];
- Formiran je uzorak i izvršena je njegoa karakterizacija [2, 9];
- Na digitalnom geološkom modelu, izvršeno je određivanje optimalne konture površinskih kopova i jama sa predlogom mogućih sistema eksploatacije u zahvatima korišćenjem softvera GeoStudio 2007 i Minex 5.2.3 [3, 13];
- Data su dva tehnička rešenja [3, 13];
- Publikovani su radovi na međunarodnim i domaćim konferencijama i časopisima [3, 5, 6, 9, 11, 14];
- Urađene su dve monografije



*Slika 2 Geomodel ležišta u programu Minex 5.2.3*



*Slika 3 Optimalni kop u programu Minex 5.2.3*

### **Šta uraditi u narednom periodu?**

Uljni škriljci predstavljaju značajne potencijalne izvore za dobijanje sintetičke nafte. U današnjim uslovima tehnološkog i industrijskog razvoja, potrošnja fosilnih goriva se neprestano povećava, posebno uglja, nafte i zemnog gasa. S tim u vezi, treba sagledati i istražiti mogućnost valorizacije gore navedenih fosilnih goriva, prvenstveno uljnih škriljaca, čiji se depoziti nalaze u Istočnoj, Srednjoj i Zapadnoj Srbiji.

Sa razvojem nauke i tehnologije i sa snižavanjem preostajućih rezervi prirodne nafte i gasa (čak i uz uvođenje novih sekundarnih metoda, za povećanje iskorišćenja ovih rezervi) interes za racionalno korišćenje bituminoznih tvorevina u budućnosti sve više raste što ima uticaja i na postojeća istraživanja i ulaganja značajnih sredstava u te svrhe. Tek u relativno skoroj budućnosti, uz dalji razvoj i primenu nauke i tehnologije, kada se uspešnije reše problemi eksploatacije ovih sirovina (podzemna i površinska) [5], eksploatacije kerogena i drugih korisnih organskih, pa i neorganskih sastojaka, zatim problemi vezani za zaštitu životne sredine, i kada iz više razloga cene prirodne nafte i gasa budu trajno na višem nivou, može se računati sa ekonomski opravdanim korišćenjem uljnih škriljaca.

Do tada svakako treba obezbediti još neke pretpostavke, od kojih se ističu:

- Da su ležišta u dovoljnoj meri i svestrano istražena (geološki, rudarski, tehnološki i dr.) [1, 2];
- Da su uspešno i zadovoljavajuće rešena sva glavna pitanja vezana za zaštitu životne sredine;
- Da su ležišta dovoljna za razvoj srazmerno većih kapaciteta;
- Da je definisana prerada i konverzija dobijenih organskih materijala u sintetičku naftu [1, 14];
- Da se definiše biološki proces na degradaciji jedinjenja sumpora pomoću mikroorganizama i oslobađanje CO<sub>2</sub> bez ispuštanja u atmosferu.

Dalja mogućnost dobijanja sintetičke nafte i eksploatacija kao i prerada pratećih mineralnih sirovina, sprovela bi se kroz pet faza:

- Tehnologije površinske eksploatacije uljnih škriljaca i pratećih mineralnih sirovina [3, 13];
- Tehnologije podzemne eksploatacije uljnih škriljaca i pratećih mineralnih sirovina [5, 14];
- Mogućnosti pripreme uljnih škriljaca za potrebe pirolize i potpunu valorizaciju korisnih komponenata [5, 6, 14];
- Prerada tj. priprema (usitnjavanje i klasiranje), i valorizacija korisnih komponenata iz uljnih škriljaca [5, 6, 11, 14];

Peta faza je tehnološki postupak će obuhvatiti sledeće:

- Ex-situ i in-situ proces, njihovu komparativnu analizu i komparativnu analizu komercijalnih i polu-komercijalnih procesa na osnovu dostupnih podataka (Kiviter, Galoter, Shell ICP itd.);
- Komparativnu analizu postupaka prerade na lokaciji ekstrakcije uljnih škriljaca i prerade u rafinerijskim postrojenjima;
- Definisane optimalne rafinerijske konfiguracije za preradu uljnih škriljaca u sintetičku naftu [1, 2, 3, 5, 6, 9, 11, 14].

Potrebno je izvršiti geološka doistraživanja [2] prema odgovarajućoj projektnoj dokumentaciji.

U rudarskom delu potrebna su dodatna geomehanička ispitivanja fizičko-mehaničkih i deformacionih karakteristika ležišta uljnih škriljaca, definisanje tehnologije površinske i podzemne eksploatacije, kao i ispitivanja iz oblasti pripreme [10, 12].

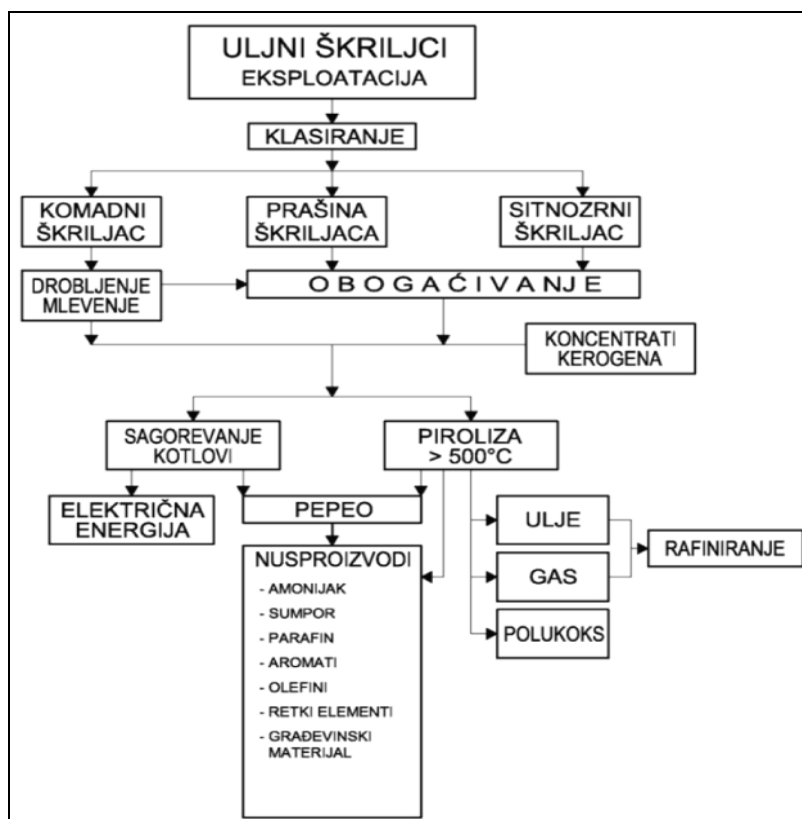
Treba da se definiše tretman velikih količina pepela iz uljnih škriljaca koji se dobija pri procesu termičke obrade uljnih škriljaca i mogućnost njegovog daljeg korišćenja u cementnoj i građevinskoj industriji .

Kao završno potrebna je tehno-ekonomska ocena dobijanja uljnih škriljaca.

**Čovek uvek ima dva razloga zbog kojih čini to što čini – dobar i pravi!**

Kroz ovaj projekat istraživači će prema predloženim fazama i aktivnostima uraditi Studiju izvodljivosti dobijanja sintetičke nafte iz uljnih škriljaca.

Po svojoj prirodi, uljni škriljci u tehnološkom pogledu predstavljaju specifičnu mineralnu sirovinu. Iskorišćavanje kerogena je uglavnom vezano za tehnologiju tretiranja uljnih škriljaca usmereno ka dobijanju sintetičke nafte a ređe direktnom sagorvanju u termoeleektranama. Uprošćena šema prerade i korišćenja uljnih škriljaca prikazana je na slici 4.



Slika 4 Uprošćena šema prerade i korišćenja uljnih škriljaca

Piroliza je vršena u retortama različitih konstrukcija. Tehnologije po generacijama su:

- Retortovanje uljnih škriljaca u retortama sa direktnim zagrevanjem (tehnologije prve generacije) [4, 8, 9, 14]
- Retortovanje uljnih škriljaca u retortama sa indirektnim zagrevanjem (tehnologija druge generacije) [14]
- Postupak prerade uljnih škriljaca korišćenjem vrelih gasovitih medijuma za prenos toplote [14]
- Podzemno retortovanje [14]

### ***Ekonomska analiza i mogućnost povraćaja sredstava***

Sa ekonomski opravdanim korišćenjem uljnih škriljaca, kao energetske sirovine za dobijanje sintetičke nafte, može se računati tek u budućnosti. Može se reći da konkretna ulaganja u ovaj Projekat imaju velike izgleda za povraćaj. Naime, od rezultata istraživanja planiranih u ovoj fazi Projekta očekuju se neposredne i posredne koristi. Neposredno će ova istraživanja doprineti preciznosti izrade konačnog projekta eksploatacije uljnih škriljaca u Srbiji. Rezultati do kojih će se doći istraživanjem predstavljaju bazu projektna dokumentacije budućeg projekta eksploatacije.

Kako je precizna i na naučnoj osnovi zasnovana dokumentacija bitan uslov uspešnosti svakog projekta to se može reći da bi ovo istraživanje u krajnjoj instanci doprinelo uspešnosti realizacije. U tom smislu se koristi od istraživanja mogu dovesti u vezu i sa koristima od tog budućeg projekta. Pozitivni efekti na podizanje energetske potencijala i energetske efikasnosti zemlje u budućnosti biće delimično ostvareni i zahvaljujući istraživanju u okviru ovog Projekta.

Može se zaključiti da će se koristi od ovog istraživanja moći egzaktno izraziti kroz udeo koji će imati u ukupnoj koristi realizacije projekta eksploatacije uljnih škriljaca u Srbiji. U tom smislu je već u ovom trenutku neosporna činjenica da će se ulaganja u ovo istraživanje višestruko vratiti i da će imati ekonomsku opravdanost. Zbirni ekonomski efekti realizacije potvrdili bi se Studijom izvodljivosti dobijanja sintetičke nafte iz uljnih škriljaca. Kratkoročna ulaganja u ovaj Projekat dovela bi do iniciranja projekta od koga se mogu očekivati srednjoročne i dugoročne koristi za našu zemlju.

Treba naglasiti da ekonomski i drugi efekti, odnosno opravdanost ovakvog projekta, zavise od mnogobrojnih i raznovrsnih faktora. Među njima je svakako jedan od najbitnijih spremnost države da inicira i podrži istraživanja koja su predmet ovog Projekta.

### **PRIKAZ ZAKONODAVSTVA EVROPSKE UNIJE IZ OBLASTI ZAŠTITE VAZDUHA OD ZAGAĐENJA I DISKUSIJA**

Zakonodavstvo Evropske Unije (EU) ima više oblika zakonskih instrumenata i svaki od njih se odnosi na različite institucije i ima drugačiju zakonsku snagu. Svi pravni akti odnose se na članice EU i delimo ih po grupama na sledeće:

- Propisi,
- Direktive,
- Odluke,
- Preporuke i mišljenja.

Od gore pomenutih pravnih akata, svi su obavezujući za sve članice EU, osim preporuka i mišljenja, koji su pravno neobavezujući tekstovi koje predstavljaju smernice za institucije iz predmetne oblasti.

Ključne Direktive zakonodavstva EU vezane za Kvalitet ambijentalnog vazduha su sledeće:

- **Direktiva o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađenja vazduha-IPPC** (Integrated Pollution Prevention and Control) **Direktiva 96/61/EC** o cjelovitom sprečavanju i nadzoru zagađenja životne sredine. U okviru ove direktive je definisan termin „najbolja raspoloživa tehnika“ (BAT). Na ovaj način se utiče na izbor metode i tehnike rada koja je najefikasnija u smislu obezbeđivanja graničnih vrednosti emisije, a što ima za cilj da spreči i, tamo gde to nije izvodljivo, generalno da se smanji emisija štetnih materija i njihov uticaj na životnu sredinu u celini [15, 16].

- **Okvirna direktiva o kvalitetu vazduha - Direktiva 96/62/EC** direktiva o proceni i upravljanju kvalitetom vazduha u životnoj sredini. Očekuje se da se ova direktiva zameni juna 2011. novom direktivom. Direktiva ima za cilj smanjenje emisije štetnih materija u atmosferu i obezbeđenje kvaliteta vazduha koji je prihvatljiv sa stanovišta ljudskog zdravlja i zaštite životne sredine, kroz propisivanje standarda za kvalitet vazduha i maksimalne emisije iz različitih izvora zagađenja.
- **Direktiva o kvalitetu ambijentalnog vazduha i čistiji vazduh za Evropu - Direktiva 2008/50/EC** - Sadrži metode uzorkovanja, merne tačke, plan praćenja kvaliteta vazduha i druge bitne smernice za sprovođenje monitoringa kvaliteta vazduha i sve što nije definisano u Direktivama [15, 16, 17, 18].
- **Direktiva o graničnim vrednostima materija u vazduhu - Direktiva Saveta broj 99/30/EC.** (The First Air Quality Daughter Directive). Direktiva se odnosi na granične vrednosti emisije: sumpor(IV)oksida, azot(IV)-oksida i ostale okside azota, kao i količinu praškastih materija i olovo u vazduhu. U direktivi su date numeričke granice kao i smernice upravljanja kvalitetom vazduha kada su prisutni navedi zagađivači.
- **Direktiva o graničnim vrednostima materija u vazduhu -Direktiva 2000/69/EC.** (The Second Air Quality Daughter Directive). Direktiva se odnosi na granične vrednosti emisije benzena i ugljen (II)-oksida u vazduhu. Sadrži i informacije o minimalnom broju kontrola kvaliteta vazduha i praćenja.
- **Direktiva o graničnim vrednostima materija u vazduhu** (The Third Air Quality Daughter Directive) - Direktiva se odnosi na nivo ozon u ambijentalnom vazduhu - **Direktiva 2002/3/EC** .
- **Direktiva o graničnim vrednostima materija u vazduhu - Direktiva 2004/107/EC** (The Fourth Air Quality Daughter Directive). Direktiva se odnosi na arsen, kadmijum, nikl, živu, policiklične aromatične ugljovodonike (PAH) u vazduhu. Sadrži i listu zagađivača.
- **Direktiva o maksimalnim vrednostima emisije gasova u državama članicama – NEC Directive (Direktiva 2001/81/EC)** - Ova Direktiva pokriva kontrolu emisije na teritoriji država članica. Do 2010 godine najkasnije, države članice će ograničiti njihovu godišnju nacionalnu emisiju zagađujućih materija sumpor-dioksid (SO<sub>2</sub>), azot oksida (NO<sub>x</sub>), isparljivih organskih jedinjenja (VOC) i amonijak (NH<sub>3</sub>) na iznos ne veći od ograničenja emisije utvrđeni po Aneks I za svaku zemlju članicu posebno, uzimajući u obzir sve modifikacije od strane Zajednice merama koje su usvojene naknadno. Države članice biće u obavezi da obezbede uslove da emisija ne pređe određene granice nakon 2010. Takođe ima za cilj da smanji rizike od negativnih efekata zakišeljavanja zemljišta i prisustva prizemnog ozona.

Ključne Direktive zakonodavstva EU vezane za *Stacionarni izvori emisije* su sledeće:

- **Direktiva Saveta 2008/1/EC** o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađenja vazduha. Direktiva propisuje mere za sprečavanje ili, gde to nije izvodljivo, da se smanji emisija u vazduh, vodu i zemljište od navedenih aktivnosti, uključujući i mere u vezi sa otpadom, u cilju postizanja visokog nivoa zaštite životne sredine u celini. Ova direktiva je dopuna **Direktive 96/61/EC**
- **Direktiva 2001/80/EC** o ograničenju emisije u vazduh određenih zagađivača iz velikih ložišta. Ova direktiva se primenjuje na postrojenja za sagorevanje, sa toplotnim ulazom koji je jednak ili veća od 50 MW, bez obzira na vrstu goriva (čvrsta, tečna ili gasovita).
- **Direktiva Saveta 94/66/EC** je dopuna **Direktive 88/609/EEC**, predstavlja izmene i dopune o ograničenju emisija određenih zagađivača u vazduh iz velikih postrojenja za sagorevanje.
- **Direktiva 2000/76/EC** o emisiji zagađivača iz postrojenja za spaljivanje otpada. Cilj ove Direktive je da se spreče ili ograniče, koliko god je to moguće, negativni efekti na životnu sredinu, naročito zagađenje vazduha, zemljište, površinske i podzemne vode, kao posledica rada postrojenja za spaljivanja i ko- spaljivanje otpada. U direktivi su dati strogi uslovirada, kroz vrednosti emisije za pomenuta postrojenja

Ključne Direktive zakonodavstva EU vezane za *Lako isparljive organske komponente (VOC)* su sledeće:

- **Direktiva 94/63/EC** Obim ove Direktive primenjuje se na poslovanje, instalaciju, vozila i plovila koja se koriste za skladištenje, utovar i transport benzina iz jednog terminala na drugi ili sa terminala na servis.
- **Direktiva 1999/13/EC i dopuna Direktiva 2004/42/EC** - Svrha ove Direktive je da se spreče ili smanje direktni i indirektni efekti emisije isparljivih organskih jedinjenja u okolinu, uglavnom u vazduh, kao i potencijalne rizike po ljudsko zdravlje, dajući mere i postupke koje treba sprovesti za aktivnosti definisanih u Aneks I ove direktive.

Zakonodavstvo EU u kome su sadžane informacije o načinu uspostavljanja nacionalnih emisionih granica za zakišeljavanje i eutrofikaciju predstavljeno je u **Direktivi 1999/32/EC** čija je svrha i cilj smanjenje emisije sumpor-dioksida usled sagorevanja određenih vrsta tečnih goriva, čime se umanjuje štetni efekti takvih emisija na ljude i životnu sredinu, kao i smanjenje emisije sumpor-dioksida usled sagorevanja određenih naftnih derivata tečnih goriva, što će se postići nametanjem ograničenja na sadržaj sumpora u gorivima kao uslov za korišćenje na teritoriji država članica [17, 18, 19, 20].

Zagađujuće materije nastale kao rezultat ljudskih aktivnosti ili je prirodnog porekla, ne poštuju političke, ekonomske i druge granice. Iz tih razloga je neophodna šira međunarodna akcija suzbijanja zagađivanje, a ne individualno delovanje pojedinih država. Zato je oblast zaštite životne sredine, prevashodno međunarodnog karaktera. Usklađivanjem ekološkog zakonodavstva u celoj Evropi, EU osigurava visok nivo kvaliteta životne sredine, prvenstveno u zemljama članicama, ali sve više i za sve evropske građane. Zemlje kandidati su obavezne da do datuma pristupanja EU usvoje zakonodavstvo EU u oblasti životne sredine i da njegovu primenu završe u roku od oko deset godina nakon pristupanja. Takođe, Odluke EU o pristupanju međunarodnim ugovorima čije su strane ugovornice i države nečlanice, ili čija primena iz nekog drugog razloga interesuje države nečlanice, kao i propisi EU koji se tiču izvoza i uvoza nekih opasnih hemikalija, nije moguća ukoliko se ne poštuje zakonodavstvo EU. Opređenjem za pridruživanje Evropskoj Uniji Republika Srbija je preuzela obavezu usklađivanja svoje zakonske regulative sa zakonskom regulativom EU. U oblasti zaštite životne sredine ovaj proces je započet donošenjem Zakona o zaštiti životne sredine, Zakona o Strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu. Zakona o proceni uticaja na životnu sredinu, Zakona o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađenja, Zakon o zaštiti vazduha i Zakon o upravljanju otpadom. Sistem zaštite životne sredine čine i posebni zakoni koji su usklađeni ili ih treba uskladiti sa zakonodavstvom EU. Potpuna primena zakona uslediće nakon donošenja svih podzakonskih akata.

Takođe je neophodno sprovesti i druge aktivnosti u cilju zaštite vazduha, smanjenje emisija štetnih gasova, a odnosi se na sledeće:

- Uvođenje čistijih tehnologija proizvodnje i sistema upravljanja zaštitom životne,
- Rekonstrukcija postojećih postrojenja koje emituju zagađujuće materije
- Uspostavljanje automatskog monitoringa na značajnim emiterima
- Usvajanje i implementacija međunarodnih sporazuma koji se odnose na zaštitu vazduha, klimatske promene i zaštitu ozonskog omotača.

## **ZAKLJUČAK**

Po svom sastavu uljni škrljci u osnovi predstavljaju specifičnu energetska sirovinu, koja bi u određenim uslovima mogla da postane i adekvatni alternativni izvor za dobijanje tečnih goriva i drugih sirovina ili zamena za neke njihove derivate. Uljni škrljci će verovatno naći svoje mesto u domaćoj ekonomiji, ali energetska zahtevi vezani za sagorevanje, transport, usitnjavanje, zagrevanje, dodavanje vodonika, kao i jedan poseban problem koji je proistekao iz pooštrenih mera bezbednosti ekologije, opravdanim zahtevom



za uređenje prostora i načina odlaganja otpada (u ovom slučaju velikih količina), čine ceo koncept korišćenja ovakvog resursa izuzetno složenim.

Zagađenje vazduha predstavlja značajan ekološki problem u Srbiji, koji je nastao kao posledica slabih okvira ekološke politike i njenog sprovođenja. Obzirom da postoji potreba i društveni interes za sprovođenje mera zaštite od zagađivanja, radi zaštite zdravlja ljudi, kulturnih i materijalnih dobara, za potpunu primenu usvojene zakonske regulative neophodno je donošenja i svih podzakonskih akata.

Neophodna je harmonizacija domaćeg zakonodavstva sa zakonodavstvom EU, čime se osigurava visok nivo kvaliteta životne sredine.

## **ZAHVALNOST**

Realizatori istraživanja zahvalnost izražavaju Ministarstvu za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, koje je finansijski podržalo istraživački projekat TR – 17005 u sklopu koga su sprovedena istraživanja.

## **LITERATURA**

- [1] ELABORAT O REZERVAMA ULJNIH ŠKRILJACA U ALEKSINAČKOM LEŽIŠTU, Ugaljprojekt Beograd, 1984. god, Srbija
- [2] IZVEŠTAJ O LABORATORIJSKOM ISPITIVANJU FIZIČKO – MEHANIČKIH I DEFORMACIONIH OSOBINA ULJNIH ŠKRILJACA SA LOKALITETA SUBOTINAC KOD ALEKSINCA, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, 2009. god, strana 8-19
- [3] Miroslav Ignjatović, Radmilo Rajković, Miroslava Maksimović, Dragan Ignjatović; ODREĐIVANJE ZAVRŠNIH UGLOVA NOVOPROJEKTOVANOG POVRŠINSKOG KOPA PRI EKSPLOATACIJI ULJNIH ŠKRILJACA SA LOKALITETA ALEKSINAČKOG LEŽIŠTA PROGRAMOM GEOSTUDIO 2007 – SLOPE/W, Projekat MNTR br. TR-17005, T1/2009, 2008 -2010, str. 5-11
- [4] T. Milovanović, R. Trifunović : UPOTREBA BITUMINOZNIH ŠKRILJACA U INDUSTRIJSKOJ PROIZVODNJI CEMENTNOG KLINKERA, CEMENT – br.1/86; Fabrika cementa "Novi Popovac", Popovac
- [5] Miroslav Ignjatović, Radmilo Rajković, Dragan Milanović, Miroslava Maksimović, Daniela Urošević, Dragan Ignjatović, Dejan Mitić: Plenarno predavanje: OIL SHALES AS ENERGY RAW MATERIAL OF SERBIA FOR OBTAINING SYNTHETIC OIL, 3<sup>rd</sup> International Symposium ENERGY MINING 2010, Tara 24-26.05.2010, strana 61-84, Srbija
- [6] M. Ignjatović, M. Ljubojev, D. Mitić, Z. Stojanović: ULJNI ŠKRILJCI KAO ENERGETSKI POTENCIJAL REPUBLIKE SRBIJE, Rudarski radovi 1/2009, Bor, časopis strana 23-32, Srbija
- [7] Dimitrije Matić : PRED ČETVRTI MEĐUNARODNI KONGRES ZA NAFTU I SIMPOZIJUM ZA ULJNE ŠKRILJCE, TEHNIKA 1955, Beograd
- [8] Yu-patent 2404/83: Milutin Grbović, Živa Markov, Rajko Jovanović
- [9] S. Krstić, M. Ignjatović, V. Ljubojev, D. Ignjatović: ULJNI ŠKRILJCI SELA VLAŠKO POLJE I ULJNI ŠKRILJCI U ALEKSINAČKOM POVRŠINSKOM KOPU, Časopis INOVACIJE I RAZVOJ, Bor, 2009. Časopis strana 45-50.
- [10] Miroslav Ignjatović, Dragan Ignjatović, Lidija Đurđevac Ignjatović: UTICAJ GRANULACIJE NA KOLIČINU PEPELA ULJNOG ŠKRILJCA ALEKSINAČKOG BASENA, ZBORNIK RADOVA – DEPONIJE PEPELA, ŠLJAKE I JALOVINE U TERMOELEKTRANAMA I RUDNICIMA, II Savetovanje sa međunarodnim učesćem, Banja Vrujci 20-21. Oktobar 2009.
- [11] M. Ignjatović, R. Rajković, M. Mikić, M. Ljubojev: MOGUĆNOST EKSPLOATACIJE ULJNIH ŠKRILJACA SA LOKALITETA REPUBLIKE SRBIJE IZ KOJIH ĆE SE DOBIJATI SINTETIČKA NAFTA, II Međunarodni simpozijum ENERGETSKO RUDARSTVO 08, Septembar, 2008, Tara

- [12] Miroslav Ignjatovic, Snezana Ignjatovic, Radoje Pantovic, Experimental determination of shear strength elements of the samples by in situ measurements and by barton and inclined plane method, followed by results analyses for “Tajmiste” mine, Technics Technologies Education Management (TTEM) 3/2010, Sarajevo, BiH, Pages 514-520
- [13] Ernestas IVANAUSKAS, Žymantas RUDŽIONIS, Arunas Aleksandras NAVICKAS, Mindaugas DAUKŠYS, INVESTIGATION OF SHALE ASHES INFLUENCES ON THE SELF-COMPACTING CONCRETE PROPERTIES, *ISSN 1392-1320 MATERIALS SCIENCE (MEDŽIAGOTYRA)*. Vol.14, No. 3.2008.
- [14] M. Ignjatović, R. Rajković, V. Marinković, D. Ignjatović: ODREĐIVANJE OPTIMALNE KONTURE NOVOPROJEKTOVANOG POVRŠINSKOG KOPA PRI EKSPLOATACIJI ULJNIH ŠKRILJACA SA LOKALITETA ALEKSINAČKOG LEŽIŠTA PROGRAMOM MINEX 5.2.3., TR1/2010 u okviru projekta MNTR TR-17005
- [15] M. Ignjatović, D. Milanović, S. Magdalinović, D. Urošević: COAL INDUSTRIAL PREPARATION AND CLEANING TECHNOLOGY – OIL SHALE – PROCESSING TECHNOLOGY AND SYNTHETIC OIL PRODUCTION, Monografija, Bor 2010, strana 287-403
- [16] H. Nikolić, B. Nešić, PREGLED POSTUPAKA ZA ZAŠTITU VAZDUHA OD ZAGAĐIVANJA, Stručni rad, UDK 574:502/504, p 177-181
- [17] S. Besermenji, ZAGAĐENJE VAZDUHA U SRBIJI, Geographical Institute “Jovan Cvijic” Sasa - Collection of Papers, No 57 (2007), p 495-501
- [18] R. Radenković, Lj. Popović, ANALIZA REGULATIVE IZ OBLASTI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE, Nacionalna konferencija o kvalitetu života, Festival kvaliteta 2006, Kragujevac, Srbija maj 2006, , p 41-44
- [19] European Union, “Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated
- [20] European Integrated Pollution Prevention and Control, <http://eippcb.jrc.es/>.
- [21] Giannopoulou I. P., Panyas D., SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF MINING AND METALLURGY IN RELATION TO THE EU ENVIRONMENTAL LEGISLATION, *Acta Metallurgica Slovaca*, 12, (2006), p 105 – 110

# **ANALIZA TEHNIČKO-TEHNOLOŠKOG PROCESA PROIZVODNJE UGLJA U RUDNICIMA JP PEU RESAVICA**

## **ANALYSIS OF TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL PROCESS OF PRODUCTION OF COAL MINES IN JP PEU**

**Duško Đukanović**

*JP za PEU, Biro za projektovanje, Beograd*

### **IZVOD**

Tehnološki proces proizvodnje uglja u rudnicima JP PEU, karakteriše niska produktivnost, koja je uglavno vezana za način izrade rudarskih prostorija, metode otkopavanja i sistem transporta. Izrada rudarskih prostorija obavlja se klasično bušačko-minerskim radom. U tehnološkom procesu otkopavanja zaostajanje u primeni novih tehnologija je još očiglednije. Otkopavanje uglja se obavlja klasičnim komorno-stubnim metodama. Poseban problem čine sistemi transporta, koji pored zastarelosti povlače i visok broj radnika za ove poslove, a na račun drugih tehnoloških faza. U cilju povećanja proizvodnje uglja i produktivnosti, neophodno je osavremenjavanje i modernizacija tehnoloških procesa, uvođenjem nove opreme i postupaka u pojedinim fazama eksploatacije.

U ovom radu analizira se međuzavisnost pojedinih faza tehnološkog procesa proizvodnje uglja, sa ciljem osavremenjavanja i modernizacije procesa proizvodnje uglja u rudnicima JP PEU.

**Ključne reči:** *podzemna eksploatacija uglja, ugalj, proizvodnja, modernizacija.*

### **SUMMARY**

For technological process of coal production in mines JP PEU, characterized by low productivity, which is mainly related to the method of making the mining areas, mining method and system of transportation. Development of mining facilities performed classical drilling-mining operations. The technological process of excavation drawback in the use of new technologies is even more apparent. Excavation of coal is carried by classical chamber-pillar methods. The special issue consists of transportation systems, upgrading outdated retreat and a high number of workers for these jobs, at the expense of other technological stages. In order to increase coal production and productivity, it is modernizing and upgrading technological processes, the introduction of new equipment and procedures at different stages of exploitation. This paper analyzes the interdependence of individual phases of the technological process of coal production, with the aim of upgrading and modernization process of coal production in mines JP PEU.

**Key words:** *underground coal exploitation, coal, production, modernization.*

### **UVOD**

Prisutni prirodno-geološki uslovi i izostanak investiranja i mehanizovanja uticali su na izbor tehnoloških rešenja eksploatacije, tako da se danas u svim aktivnim jamama primenjuju klasične stubne metode otkopavanja, u različitim varijantama, kod kojih su radne faze polumehanizovane, a proizvodni efekti različiti, uglavnom usled različitosti uslova eksploatacije. Oprema kojom rudnici trenutno raspolažu je veoma amortizovana i nije pouzdana, što dodatno utiče na smanjenje učinka rada.

Opadanje nivoa proizvodnje i niska produktivnost uglavnom je vezano za načine izrade podzemnih prostorija, metode otkopavanja i sistem transporta. Izrada podzemnih prostorija obavlja se klasično bušačko-minerskim radom. U tehnološkom procesu otkopavanja zaostajanje u primeni novih tehnologija je još očiglednije. U poslednjih desetak godina u jamama nije se radilo ni sa jednim mehanizovanim otkopom i pored postojanja uslova za njihovu primenu u pojedinim ležištima, odnosno delovima ležišta.

Poseban problem čine sistemi transporta, koji pored zastarelosti povlače i visok broj radnika za ove poslove, a na račun drugih tehnoloških faza. U osnovi neminovno je osavremenjavanje i modernizacija tehnoloških procesa uvođenjem nove opreme i postupaka u pojedinim fazama eksploatacije, a što je uslov opstanka podzemne eksploatacije uglja.

U ovom radu analizira se međuzavisnost pojedinih faza tehnološkog procesa proizvodnje uglja, sa ciljem osavremenjavanja i modernizacije procesa proizvodnje uglja u rudnicima JP PEU (u ovom radu su posebno obrađeni rudnici: Lubnica, Soko i Rembas (jame Strmosten i Ravna reka IV blok)). Za jame Strmosten i Ravna reka IV blok, u radu su navedeni projektovani parametri, u jamama se trenutno izvode radovi otvaranja.

## **PRIRODNO-GEOLOŠKI USLOVI U RUDNICIMA JP PEU**

Prirodno-geološki uslovi koji determinišu uslove eksploatacije u aktivnim ležištima uglja karakterišu se sledećim:

- Tektonski uslovi u gotovo svim ležištima su složeni sa izraženim tektonskim deformacijama čije su posledice nepravilni oblici ograničenih eksploatacionih područja, sa relativno kratkim dužinama otkopnih polja i čestim promenama pravca pružanja i uglova pada slojeva;
- Prema dubini zaleganja ugljenih slojeva, većina ležišta pripada grupi rudnika sa srednjom dubinom eksploatacije (do 400 m);
- Hidrogeološki uslovi su promenljivi i radi se o malim prilivima vode u podzemne objekte, kod čega je izuzetak ležište rudnika "Štavalj" sa većim prilivom vode (preko 3 m<sup>3</sup>/min);
- U podini i krovini ugljenih slojeva dominiraju stene sa preovladavajućim učešćem glinovitih komponenti, sa niskim vrednostima mehaničkih svojstava, što izaziva bujanje stena i deformaciju podgrade izrađenih rudarskih prostorija;
- Kvalitet uglja se kreće u širokom dijapazonu vrednosti sa ekološki prihvatljivim sadržajem štetnih komponenti i toplotinim vrednostima adekvatnim za primenu u industriji i širokoj potrošnji. Ugljeni slojevi koji su predmet eksploatacije u aktivnim jamama, izuzev ležišta "Vrška Čuka", skloni su samozapaljenju, a ugljena prašina u određenoj koncentraciji pokazuje opasna svojstva.

## **ANALIZA TEHNIČKO-TEHNOLOŠKOG PROCESA**

U Javnom preduzeću za podzemnu eksploataciju uglja Resavica, celokupna proizvodnja uglja se obavlja u 8 rudnika, sa 11 jama. U ovom radu izvršena je analiza tehničko-tehnološkog procesa proizvodnje u rudnicima Lubnica, Soko i Rembas (jame Strmosten i Ravna reka IV blok-projektovani podaci jama je u fazi otvaranja). U okviru analize tehničko-tehnološkog procesa proizvodnje izvršiće se analiza načina izrade podzemnih prostorija, otkopavanja, sistema transporta iskopine, sistema za dopremu repromaterijala i sistema za preradu uglja.

### **Izrada podzemnih prostorija**

U rudnicima JPPEU, podzemne prostorije se trenutno rade tehnologijom bušačko-minerskih radova. Ovaj način izrade podzemnih prostorija koji se primenjuje u rudnicima uglja, pokazao je da danas svojom brzinom, učinkom, troškovima i drugim elementima ne zadovoljava.

Klasičan način izrade podzemnih prostorija ne omogućava zadovoljavajući učinak, jer se tehnološke operacije bušenja, miniranja i utovara izvode ručno i zahtevaju velike utroške vremena. S obzirom na ovu činjenicu, kao i na ranije velike zaostatke na otvaranju i pripremi novih podzemnih proizvodnih

kapaciteta, postojeći način njihove pripreme vodi stagnaciji razrade jama i ne omogućava povećanje proizvodnje uglja. Ostvarene brzine izrade podzemnih prostorija klasičnom metodom su veoma male i iznose oko 1 m/dan u jalovini i 1,6 do 2,2 m/dan u uglju. U tabeli broj 1. navedeni su podaci o radnoj sredini, obliku prostorije i vrsti podgrade za analizirane rudnike.

Tabela broj 1.

<b>Rudnik</b>	<b>„Lubnica“</b>	<b>„Soko“</b>	<b>„Strmosten“</b>	<b>„Ravna reka IV blok“</b>
Radna sredina (%)				
Ugalj	77,14	60,17	90,56	77,80
Jalovina	22,86	39,86	9,44	22,20
Oblik prostorije (%)				
Kružni	23,65	62,23	89,14	91,00
Lučni	65,61	37,77	0	0
Trapez	10,75	0	10,86	9,00
Vrsta podgrade (%)				
Čelična kružna	23,65	62,23	89,14	91,00
Čelična lučna	65,61	33,09	0	0
Drvena trapezna	10,75	0	10,86	9,00
Ankeri	0	4,68	0	0
Dužina (m)	4.466	5.817	4.606	11.122

Analizirajući oblik poprečnog preseka prostorija i primenjene podgrade, može se zaključiti da je preovlađujući oblik prostorije kružni, a podgrada čelična kružna (66%).

Najčešće veličine poprečnog preseka podzemnih prostorija u rudnicima JP PEU su:

- 7,5 i 8,6 m<sup>2</sup>, kod izrade prostorija trapeznog poprečnog preseka;
- 9,62 i 12,56 m<sup>2</sup>, kod izrade prostorija kružnog poprečnog preseka i
- 8,6; 10,5 i 14,5 m<sup>2</sup>, kod izrade prostorija lučnog poprečnog preseka.

U cilju povećanja proizvodnje uglja i otvaranja novih jama i otkopnih polja, neophodno je razmotriti primenu produktivnijeg načina izrade podzemnih prostorija, tj. primenu mašina za izradu podzemnih prostorija. Uvođenjem mehanizovane izrade podzemnih prostorija značajno bi se povećala brzina izrade prostorija, a pri brzinama napredovanja od 6,85 m/dan i više, smanjili bi se i ukupni troškovi.

Trenutno je najzastupljeniji tip podgrade čelična kružna popustljiva podgrada, koja zbog cene čelika znatno poskupljuje izradu podzemne prostorije, a vreme ugradnje takve podgrade uzima ¼ vremena ciklusa na izradi podzemne prostorije. U cilju smanjenja troškova izrade podzemnih prostorija, neophodno je razmotriti izmenu oblika poprečnog preseka podzemne prostorije, kao i mogućnost izmene načina podgrađivanja. Sa izmenjenim oblikom poprečnog preseka podzemne prostorije i vrste podgrade (npr. kombinovana podgrada koja bi se sastojala od primene ankera i čeličnih podgradnih okvira na većem rastojanju), uz uvođenje mehanizovane izrade postigli bi se potpuniji efekti, smanjenje troškova i povećanja brzine izrade podzemne prostorije.

## Otkopavanje

U rudnici JP PEU, eksploatacija uglja obavlja se komorno-stubnim metodama. U tabeli broj 2. navedeni su osnovni parametri metoda.

Tabela broj 2.

<b>Rudnik</b>	<b>„Lubnica“</b>	<b>„Soko“</b>	<b>„Strmosten“</b>	<b>„Ravna reka IV blok“</b>
Broj otkopnih osnovica	2	2	2	2
Širina otkopne osnovice (m)	25	25	25	30
Visina otkopavanja (m)	7,5	9,0	5,6	5,0
Broj otkopa u radu	3	4	3	3
Broj otkopnih priprema	3	2	3	3
Broj prostorija osnovne razrade	1	1	1	1
Kapacitet (t/dan)	290	365	275	280
Prosečni otkopni učinak (t/nad.)	7,63	6,81	6,97	7,29
Proizvodnja (t/god.)	100.000	125.000	100.000	100.000

Na osnovu podatak u tabeli broj 2. vidi se da postojeću metodu karakteriše, mali kapacitet proizvodnih jedinica (otkop), koji se kreće od 30 do 50 t r.u./smeni. Za ostvarivanje zadate proizvodnje potrebno je da u radu bude veliki broj proizvodnih jedinica, koje sa sobom povlače i veliki broj transportnih jedinica. Sve ovo utiče da postojeće metode otkopavanja imaju nisku produktivnost od oko 7 t/nadnici. Postojeće metode otkopavanja su limitirale kapacitet jama koji može da iznosi oko 100.000 t k.u./godišnje. Povećanje proizvodnje može se ostvariti samo primenom mehanizovanih metoda otkopavanja. Takođe sa uvođenjem mehanizovane izrade podzemnih prostorija, potrebno je povećati i brzinu otkopavanja, a koja se može ostvariti primenom adekvatnog mehanizovanog tehnološkog procesa. Dnevna proizvodnja mehanizovanih otkopa treba da iznosi oko 1000 t k.u. Ova se proizvodnja može ostvariti samo ako se mehanizovano otkopavanje u jami vršiti u dva frontalna panela širokim čelima. U tabeli broj 3. dat je vek eksploatacije ležišta za slučaj da se i dalje primenjuju komorno-stubne metode otkopavanja i za slučaj mehanizovanog otkopavanja.

Tabela broj 3.

	<b>„Lubnica“</b>	<b>„Soko“</b>	<b>„Strmosten“</b>	<b>„Ravna reka IV blok“</b>
Bilansne reserve (t)	13.848.072	58.355.791	2.684.264	1.924.721
Ukupno iskorišćenje (%)	73	56	70	70
Komercijalne reserve (t)	10.109.092,56	32.679.242,96	1.878.984,8	1.347.325,7
Vek eksploatacije (god.)				
Komorno-stubne metode	100,1	261,4	18,8	13,5
Mehanizovano otkopavanje	30,1	174,2	5,6	4,0

Na osnovu podataka, navedenih u tabeli broj 3. može se reći da su rezerve uglja, jedan od važnih faktora, za uvođenje mehanizovanog otkopavanja. Tako bi se uvođenjem mehanizovanog otkopavanja u jamama rudnika „Rembas“, značajno smanjio vek eksploatacije ležišta. U navedenom rudniku neophodno u razmatranje uzeti i druge metode otkopavanja, kojima bi se povećala proizvodnja. U rudnicima „Lubnica“ i „Soko“, rezerve uglja omogućavaju uvođenje mehanizovanog otkopavanja, pa je u navedenim rudnicima

u cilju uvođenja mehanizovanog otkopavanja, potrebno izvršiti dodatna izučavanja rudarsko-geoloških uslova.

### **Transport iskopine**

Transport iskopine je jedina tehnološka faza u sada aktivnim jamama za koju se može reći da je mehanizovana. Sistemi transporta u otkopnim poljima i revirima izvedeni su u najvećem broju sa kontinualnim sredstvima transporta: grabuljastim transporterima i transporterima sa trakom. U tabeli broj 4. navedeni su podaci o broju dužini i snazi elektromotora na transportnim sredstvima.

Tabela broj 4.

<b>Rudnik</b>	<b>„Lubnica“</b>	<b>„Soko“</b>	<b>„Strmosten“</b>	<b>„Ravna reka IV blok“</b>
Transporteri sa trakom (broj/dužina (m)/snaga el. motora (kW))	5/1.700/185	7/1.100/259	7/4.200/336	5/2.500/267
Prosečna starost (godina)	10	15	15	-
Grabuljasti transporteri (broj/dužina (m)/snaga el. motora (kW))	20/1.000/440	16/900/352	12/800/264	9/800/198

Opšta ocena stanja transportera i transportne opreme u rudnicima uglja se može svesti na sledeće:

- transportna oprema u rudnicima uglja sa podzemnom eksploatacijom, sem nekoliko izuzetaka, je zastarela, što je posledica objektivnih i subjektivnih okolnosti,
- transportni sistemi u rudnicima uglja imaju veliki broj transportnih jedinica, što negativno utiče na kvalitet uglja (povećani broj presipnih mesta utiče na naknadno usitnjavanje uglja), povećanje zaprašenosti, smanjuje pouzdanost i propusnu sposobnost sistema,
- iskorišćenje transportera predstavlja značajan problem, nije redak slučaj da su transporteri sa trakom u pogonu samo 10-15 % u odnosu na svoj projektovani kapacitet.

U rudnicima uglja neophodno je izvršiti racionalizaciju transportnih sistema (smanjenjiti broj transportera u sistemu, skratiti transportne puteve i povećanjati iskorišćenje transportnog sistema). Poboľšanje iskorišćenja transportera se može postići preduzimanjem više mera od kojih su najvažnije: uvođenje automatizacije transporta i druge mere kao npr. izrada bunkera u sistemu, sinhronizacija rada svih otkopa koji gravitiraju jednom transportnom sistemu i td.

### **Sisitem za dopremu repromaterijala**

Navedeni rudnici raspolažu sistemima za dopremu repromaterijala tipa SCHARF 45 kN, 3000 PV. U tabeli broj 5. dati su podaci o nosivosti i kapacitetu.

Tabela broj 5.

<b>Rudnik</b>	<b>„Lubnica“</b>	<b>„Soko“</b>	<b>„Strmosten“</b>	<b>„Ravna reka IV blok“</b>
Nosivost (kN)	30	30	30	30
Kapacitet (kN/smeni)	200	150	125	200

Iz podataka navedenih u tabeli broj 5. vidimo da su kapaciteti žičara zadovoljavajući. Za sadašnji obim proizvodnje žičare su iskorišćene sa 60 % kapaciteta i ne predstavljaju usko grlo u tehnološkom procesu.

### **Prerada uglja**

Rudnici poseduju klasirnice za preradu uglja po suvom postupku. Klasiranjem uglja po suvom postupku u klasirnicama rudnika, dobija se da u komercijalnim proizvodima preovlađuju sitne klase. Sa druge strane kod sitnih klasa povećan je sadržaj pepela, što se nepovoljno odražava na plasman uglja. U tabeli broj 6. dati su podaci o kapacitetu i godini montaže klasirnica.

Tabela broj 6.

<b>Rudnik</b>	<b>„Lubnica“</b>	<b>„Soko“</b>	<b>„Rembas“</b>
Kapacitet separacije (t/h)	100	150/28,5	200
Godina montaže	1964.	1957./2005.	1963.

Imajući u vidu projektovane kapacitete koji se kreću od 100 do 200 t/h, sa radom u dve smene (efektivno smenski po 6 h) postrojenja mogu da prerade od 1.200 do 2.400 t rovnog uglja/dan. Kapaciteti postrojenja za preradu uglja u potpunosti zadovoljavaju sadašnju proizvodnju, a nisu ni smetnja za povećanje proizvodnje. Klasirnice imaju prosečnu starost od oko 50 godina, što zahteva remontovanje postrojenja.

U cilju poboljšanja poslovanja rudnika, neophodno je razmotriti drugi način prerade uglja, npr. izgradnja postrojenja za pranje i separisanje sitnih klasa u suspenziji po sistemu „Parnaby“. U rudniku „Soko“, je jedan takav sistem pušten u rad krajem jula 2005 godine.

### **ZAKLJUČAK**

Na osnovu izvršenih analiza u ovom radu, može se zaključiti da sistemi transporta iskopine, dopreme repromaterijala i prerade uglja, u pogledu kapaciteta, nebi bili ograničavajući faktor za povećanje proizvodnje. Kod sistema transporta iskopine i dopreme repromaterijala potrebno je izvršiti određene racionalizacije, kao i obnavljanje opreme. Kod postupka prerade uglja potrebno je izvršiti remontoanje postojećih klasirnica i obnavljanje opreme, kao i osavremenjavanje postupka prerade uglja. Kod modernizacije tehnološkog postupka izrade podzemnih prostorija, mora se voditi računa o međuzavisnosti sa načinom otkopavanja. U cilju bržeg otvaranja ležišta i otkopnih polja, neophodno je podzemne prostorije izrađivati mehanizovano, dok mehanizovanje postupka izrade prostorija razrade ležišta, mora da prati i mehanizovanje faza rada na otkopavanju, koje mora biti prilagođeno konkretnim prirodno-geološkim uslovima ležišta. Bez obnavljanja opreme, osavremenjavanja i modernizacije tehničko-tehnološkog procesa proizvodnje uglja, rudnici ne mogu računati na razvoj, a i opstanak rudnika bi bio doveden u pitanje.

### **LITERATURA**

- (1) Ivković M.: „Pravci tehničkog, ekonomskog, tržišnog i društvenog razvoja i prestrukturiranja rudnika uglja sa podzemnom eksploatacijom za period 2001-2006 godina“; Rudarski radovi 1/2001, str. 1-12, 2001.
- (2) Dragosavljević Z., Denić M., Ivković M.: „Strategija razvoja podzemnih rudnika uglja u Srbiji u okviru razvoja ugljenih basena sa površinskom“; Rudarski radovi 1/2005, 2005.
- (3) Stjepanović M.: „Novi izazovi i vizije rudarstva u svetu sa osvrtom na rudarstvo u Srbiji“; Rudarski radovi 2/2007, str. 47-59, 2007.



# **DINAMIKA POSLOVNOG UDRUŽENJA, OSNOVA STRATEGIJE ODRŽIVOG TEHNOLOŠKOG RAZVOJA PREDUZEĆA**

## **DYNAMIC BUSINESS ENVIRONMENT BASE, FOR STRATEGIC SUSTAINABLE ENTERPRISE TECHNOLOGY DEVELOPMENT**

**Nikola Majinski<sup>1</sup> Miroslav R. Ignjatović<sup>1</sup>, Sonja Vidojković<sup>2</sup>**

*1- Privredna komora Srbije, 2- PD TENT, Obrenovac*

### **Rezime**

Svrha ovog rada je da ukaže na novi način i mogućnost modelovanja veza između dinamičnog poslovnog okruženja i strateški održivog tehnološkog razvoja preduzeća. Dok rudarstvo daje doprinos od vitalnog značaja za privredu, kao primarna industrija kao što je poljoprivreda, njegov negativan uticaj na životnu sredinu uglavnom se ogleda kroz degradacija zemljišta, kontaminiranje vode i vazduha. Eksploatacije prirodne resurse Srbije u značajnim centarima rudnog blaga, kao što su sektori uglj, metali i nemetalni minerali. U okruženju koje se karakteriše sa globalnom, dinamičnom i sve konkurentnijom privredom, rudnici moraju da identifikuju prednosti koje im omogućavaju da ostvare veći profit od svojih konkurenata. Integracija promenljivih dinamičnog poslovnog okruženja u tehnološki razvoj održive strategije se promovira kao potencijalni izvor konkurentske prednosti preduzeća. Većina literature pokušava da objasni ovaj odnos koncentrisanjem svog fokusa na jednostavnom uticaju pojedinih promenljivih, čisto teorijskom aspektu, mi, predlažemo zajedničko razmatranje, jedan sveobuhvatan teorijski aspekt istraživanja koji će nam omogućiti da ponudimo razumljiviji i obogaćeniji pogled na ova ponašanja. Dakle, cilj rada je da analizira integraciju promenljivih faktora poslovnog okruženja u rukovođenju razvojem održive strategije tehnološkog razvoja preduzeća korišćenjem svih zainteresovanih strana-tačke viđenja: fokusirajući se na dinamičke mogućnosti, na prirodne resurse, zaštitu životne sredine, baziranu na konkurentskoj prednosti, na korporativnoj društvenoj odgovornosti i takođe zasnovanu održivost.

### **Abstract**

The purpose of this paper is to highlight the new way and possibility of modeling connection between dynamic business environment and strategic sustainable enterprise technology development. While the mining makes a vital contribution to the economy, as a primary industry like agriculture, its negative impact on the environment is mainly seen through soil degradation, water and air contamination. The exploitation of Serbia's natural resources centres on the significant mining resources such as coal, metals and non-metallic minerals sectors. In an environment characterized by a global, dynamic and increasingly more competitive economy, mines must identify advantages which enable them to achieve higher profits than their competitors. The integration of an dynamic environmental variable in development sustainable technology strategy is being promoted as a potential source of competitive enterprise advantages. Most of the literature trying to explain this relationship has concentrated its focus on a single the impact of certain variables, purely theoretical aspect; thus, we propose the joint consideration, an all-inclusive theoretically survey aspects which will enable us to offer a more understandable and enriching view of these behaviors. Therefore, the objective of paper is to analyse the integration of the changeable business environmental factor in managerial enterprise sustainable strategy technology development using a stakeholders-point perspective: focusing on dynamic capabilities, on the natural resource, environment protection, based of competitive advantage, on corporate social responsibility and also based of sustainability.

## **1.Uvod**

Rad istražuje značaj definisanja poslovnog okruženja, kao osnove strategije održivog tehnološkog razvoja preduzeća uopšte pa i u rudastvu i kao glavne operacije u ekonomskoj i ekološkoj krizi. Konkretno se odnosi na turbulentno poslovno okruženje koje je dinamično i često se menja u roku od nekoliko meseci do godinu dana, pod velikim uticajem globalne finansijske krize, ekoloških katastrofa-Japan, "Kina efekata" i vladinim ponašanjem (Takala i dr 2007.; Liju i Takala 2010.).[2] Strategiju održivog tehnološkog razvoja preduzeća smatraćemo ključnom za upravljanje turbulentnim situacijama, kao što su ove krize. Za potrebe ovog istraživanja, usmeritićemo se na - vrste i značenje tehnologije preduzeća u funkciji njihovog održivog strateškog razvoja. Aktivnosti će biti usmerene na istraživanje u više područja i nivoa tehnologija. Više o ovome u sledećem poglavlju. Prisustvo agilnosti podrazumeva se u svim slučajevima. Za potrebe ovog rada, prethodno treba aktualizovati i definisati neke opšte osnovne pojmove vezane za istraživanja. Ovom prilikom mi ćemo ih samo nabrojati uz preporuku literature za njihovo kompletnije proučavanje, jer su u novije vreme u svakodnevnoj upotrebi prilikom obrade različitih tema. Poslovno okruženje[1], turbulentno poslovno okruženje[2], održivost [1]; [19]; [2], održivi rast i razvoj [2], održivi razvoj [20]; [3]; [4], strategija održivog razvoja[1], održivi biznis [1], eko poslovni sistem [1], globalno poslovanje [2], konkurencija [2], proaktivne poslovne operacije [2], primena [2].

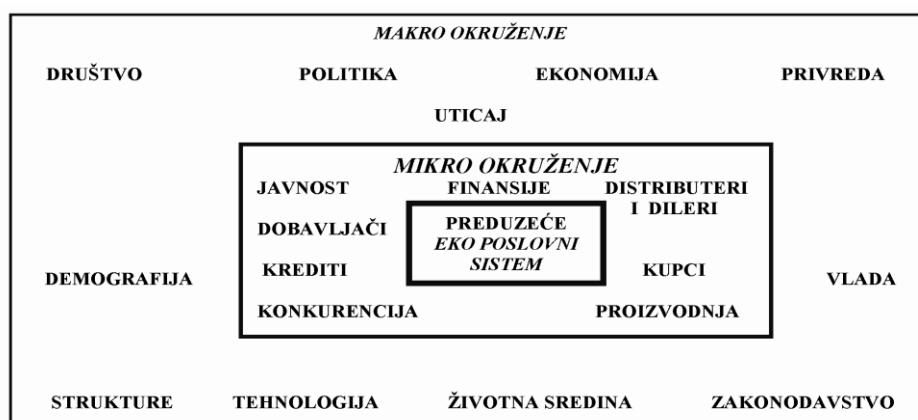
Tehnologija - je danas sveprisutna. Neki je shvataju kao know-how ljudske kompetentnosti, značajan deo resursno-zasnovane strategije, uključujući sve tipove sredstava i resursa, ili strateško umrežavanje za saradnju korišćenjem partnerskih odnosa (Braun 1998; Takala 1997).[2] Polazna osnova usmeravanja ka kreiranju novih ekoloških - čistijih proizvoda jesu i odgovarajuće tehnologije, bazne tehnologije, čija definicija sadrži dva ključna elementa: tehnologije sposobne da naprave korak promena unapređenja u primeni kod proizvoda i procesa i tehnologije koje daju značajnu korist u primeni u mnogim sektorima. Tehnologije koje se uobičajeno koriste svuda tesno združene sa mnogim drugim tehnologijama. Od preduzeća, a pogotovu u rudarstvu, se očekuje da ih koriste za unapređenje industrijskih mogućnosti u pogledu postizanja specifičnih industrijskih potreba (pokretači) [1 str. 175].

**Tehnologije omogućavanja**-preduzeće dodatno razmatra podršku, za bazne tehnologije, kao delom programa upravljanja tehnologijom. Tu se često pominju: elektronsko komercijalno poslovanje, razvoj proizvoda/sposobnosti ekoprojektovanja, inženjering podaci/menadžment znanja, fleksibilni sistem za kolekciju i kompletiranje podataka, sistemi troškova kvaliteta, informacioni sistem održavanja i t.d. Koriste se zajedno telekomunikacione tehnologije, internet i integrisano podižu polja delovanja tako da čak i manje firme mogu da se takmiče u oblastima u kojima one drugačije nisu mogle. Kada je reč o novim tehnologijama, pokazuje se da je samo prava mera tehnološke promene - tehnološki miks (dobro odmerena u odnosu na kupce, životnu sredinu, konkurenciju, tržište tehnologija i sposobnosti same organizacije) uslov ostvarenja efikasnosti tehnologije a samim tim i ukupnog uspeha biznisa organizacije.

## **2.Objekat istraživanja i metod rada**

Rad je pisan metodom sakupljanja iz savremene svetske i domaće literature i na bazi vlastititih znanja stečenih u praksi i u izradi stručnih i naučnoistraživačkih projekata. Cilj mu je da podstakne a i sam doprinese daljem razvoju teorije i prakse oblasti uticaja strategije održivog tehnološkog razvoja preduzeća. Novija istraživanja pokazuju da program strategije održivog tehnološkog razvoja preduzeća, koji sledi holastičke principe, mora biti integrisan u glavne tokove poslovne teorije i prakse. Pprimenjen u konceptualni okvir korporativne ambijentalnosti pogodan je za analizu hijerarhije u strateškom održivom poslovanju. U ovakvoj strukturi strategija preduzeća je najvažniji nivo strategije koji pokreće ostale nivoe (Banerjee 1999.). Strategija preduzeća deluje kroz odnos firme i njenog turbulentnog okruženja. Elementi

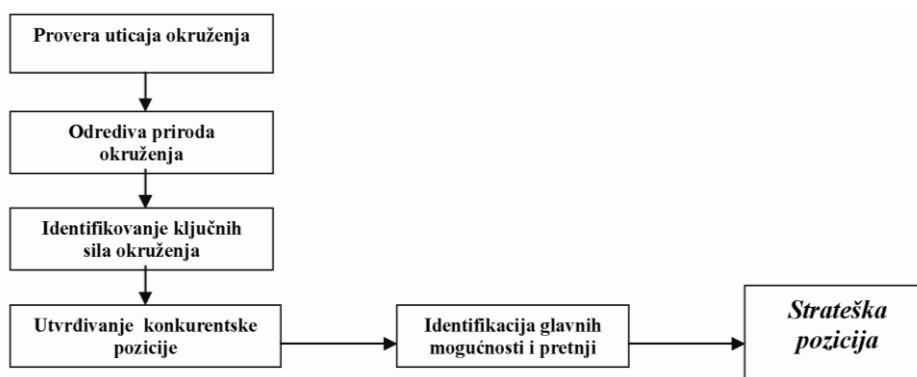
okruženja koji najbolje ilustruju interakciju preduzeća i okruženja sa aspekta strategije njegovog održivog tehnološkog razvoja prikazani su na slici 1.



Izvor: prilagođeno, dopunjeno iz 6 str. 22 i 7 str. 240

Slika 1. Preduzeće-ekoposlovni sistem i okruženje

Za inovativnu organizaciju karakterističan je visok stepen responzivnosti u odnosu na prikazane elemente okruženja. „Pogrešno bi, međutim, bilo determinisati inovativnu organizaciju kao prevashodno onu koja sve promene okruženja otkriva, prati i sprovodi kroz svoju internu organizaciju“. Ocena odnosa prema promenama pa prema tome i položaja rudnika kao preduzeća u okruženju karakteriše se sledećim elementima: svojom konkurentskom pozicijom, nivoom proizvodnje, udelom na tržištu, finansijskom pozicijom, opšta - ukupna efektivnost i odnosom prema zaštiti životne sredine. Mogu se uočiti neki ključni pritisci i strateški izazovi koji će delovati u ovom milenijumu: globalizacija, stagnacija mnogih tržišta, rasparčavanje tržišta, umnožavanje proizvoda, porast broja sličnih proizvoda, kraći životni vek proizvoda, porast učestalosti napada konkurenata, veća sofisticiranost kupaca i porast njihovih zahteva, pritisak obaranja cena, porast troškova promocije i niži povraćaj, porast troškova prodaje, promena koncepcije distribucije i smena u ravnoteži moći kao i posredovanje postaju dominantniji, erozija mnogih tradicionalnih osnova konkurentske prednosti, porast zahteva okruženja za zaštitu ekosistema i „zelenih“ izvora – održivost. Ova lista naravno nije kompletna ili definitivna. Teškoće povezivanja sa savremenim okruženjem mogu biti sagledane u okviru dva područja [7 str.234 i 236]: 1-shvatanje širine u kojoj okruženje ima efekte na strategiju i 2- shvatanje načina na koji pritisak okruženja može biti usmeren u mogućnost preduzeća. Proces provere uticaja okruženja prikazan je na slici 2.



Slika 2. Pet faza analize strateške provere savremenog poslovnog okruženja preduzeća

Prateći rastuće, čvrsto povezanih pet faza analize okruženja, projektovane da obezbede stratezima da shvatajući ključne mogućnosti i pretnje naprave uvod za definisanje strategije preduzeća. Svrha prve faze je da identifikuje vrste faktora okruženja koji utiču na razvoj preduzeća i prethodno funkcionisanje i dolaženje do inicijalnih zaključaka koji će izgleda imati važan uticaj u budućnosti. Odatle strateg-analitičar procenjuje prirodu okruženja i neslaganja, promene koje imaju izgleda da postoje-procena dinamike okruženja. Zatim se usmerava na specifične faktore prirode i strukture tržišta. To dalje vodi ka analizi konkurentne pozicije preduzeća. Sve ove informacije se zatim koriste za utvrđivanje kako će sile okruženja delovati na preduzeće, naročito na mogućnosti i pretnje i obezbeđuju osnovu za shvatanje strateške pozicije preduzeća i neslaganje koje postoji između strategije, strukture i okruženja [7 str.336].

Neophodno je obezbediti strateško etičko vođenje, koje kada se sledi, treba da čuva: takve institucije koje imaju poluge krize-pouzdanije uz njihovo obavezno nadziranje, dobro obuzdavanje i menadžment rizik zainteresovanih učesnika. Ovo vodi u srce konstruktivnog i etičkog ponašanja, koje usmerava razmatranje rizika i menadžment svim zainteresovanim učesnicima, učvršćuje donju granicu poslovnog uspeha i održava odgovorno dugoročno kreiranje bogatstva za društvo .[21]

Organizovanjem, implementacijom i razvojem održivog tehnološkog razvoja, preduzeće/rudnik, stvara pretpostavke da svoje aktivnosti u okruženju prilagođava i usklađuje sa svojim rastom i razvojem pod uslovom optimalnog korišćenja raspoloživih resursa. Ovo zahteva jasnu organizovanost, temeljnu informisanost o okruženju, utvrđivanje ciljeva, razradu strategije, planiranje i kontrolu svojih aktivnosti u uslovima globalizacije na širem međunarodnom planu. U kreiranju organizacije međunarodne firme moraju se uzeti ključni momenti kao što su [8 str. 312]: koja će strateška dimenzija (ili dimenzije) u poslovanju firme biti naglašena, koji tip formalne strukture će se koristiti u organizovanju aktivnosti firme[9 str.282, 292], do kog stepena će se centralizovati odlučivanje i koji će se sietem odnosno proces planiranja koristiti. Organizacija preduzeća je određeno stanje strukture, odnosa i ponašanja u preduzeću i okruženju, a ključni pojmovi organizacionog ponašanja danas: moć, vlast, konflikti, koalicije, liderstvo, alijanse... cy u stvari jezik politike [10 str.1 i 3].

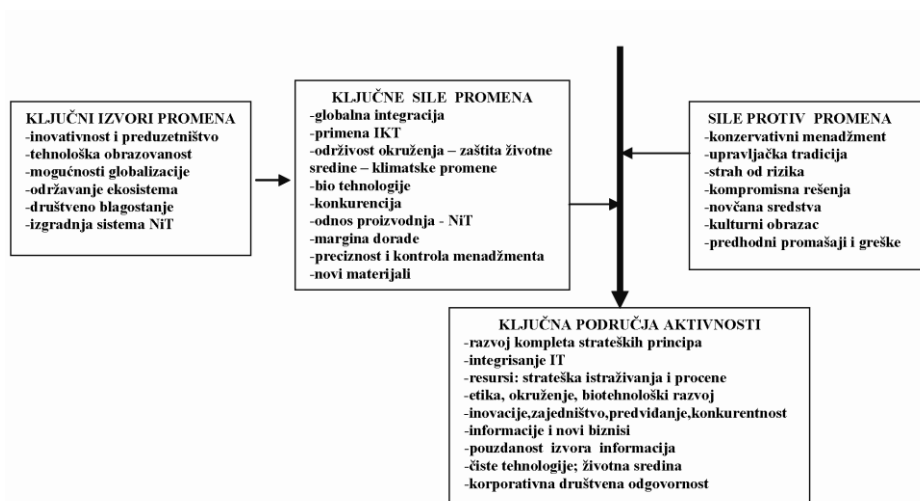
### 3.Rezultati istraživanja, analiza rezultata i diskusija

Dinamika i složenost okruženja permanentno generišu nove izazove i ograničenja [11] za poslovanje savremenog preduzeća u rudarstvu. „Novi pristup...okruženju, zahteva inovativno mišljenje i kreativne strategije u uspostavljanju komunikacije i povezivanja učesnika u lancu stvaranja novih vrednosti“ [11]Pro - aktivne kompanije će sve više gledati u potencijalne mogućnosti i pretnje koje proizilaze iz menadžmenta održivim marketingom u svom tehnološkom razvoju - planu održivosti, kada odlučuju kako

da pozicioniraju sebe u odgovornosti i koliko rapidno one treba da pokušaju da naprave neku promenu. Organizacije će razviti različite nivoe angažovanja na problemima životne sredine i društva u zavisnosti od njihovih vrednosti i pogleda na svet. Sistem interakcije preduzeća i okruženja, dinamika savremenog okruženja preduzeća-traži strateški odgovor.

U okruženju se uočava pojava ključnih sila [12 str. 41] i tri glavne - koje izazivaju promene (prva je, globalizacija koja vodi povećanju slobodne trgovine i otvorenosti domaćeg tržišta i pretnji ulaza niske ino cene; druga je, izazivajući faktor i naoko nikad viđen brži korak tehnoloških promena i treća je, zaštita životne sredine zbog klimatskih promena i katastrofalne degradacije prirode). Sve zajedno dovodi u realnu opasnost opstanak Zemlje i samog čoveka...Sve tri će zahtevati: biti brži, koncentrisaniji u žarištu i pametniji. Očigledno se fundira značaj okruženja i potreba njegovog interpretiranja na jedan konzistentan način sa uzročno posledičnim pristupom analiza aktuelnih promena i njihovih implikacija u budućnosti. „Ključne sile okruženja“ su pokretači promena a njihovi izvori obuhvataju mikro i makro okruženje, političke/pravne, društvene, ekonomske, tehnološke faktore/uticaje i životnu sredinu. Pored značajnog uticaja dinamike okruženja, svojstva organizacije - preduzeća su relevantna i posebne sposobnosti preduzeća utiču na određivanje njegove strategije. Strateške sposobnosti zasnovane su na resursima i njihovoj ravnoteži, kompetentnostima, kao i ravnoteži aktivnosti poslovnih jedinica organizacije.

U ovakvim uslovima dinamička osnova okruženja se može predstaviti kao na slici 3.



Izvor: prerađeno, dopunjeno iz 12 str. 13 i 7 str. 30

Slika 3. Dinamička osnova poslovnog okruženja preduzeća

Istraživanjem, [7 str. 30] je identifikovano sledećih šest širokih izvora – potreba koji su ocenjeni kao veoma važni na startu 21 veka. 1) Potrebe za inovativnošću i preduzetničkim odnosima. 2) Potreba za tehnološkom pismenošću društva. 3) Potreba osvajanja mogućnosti koje pruža globalizacija. 4) Potreba za održavanjem prirodnog okruženja – životne sredine. 5) Potreba za kontinualnim unapređenjem društvenog blagostanja - za realizaciju sadržajnijeg, povezanijeg, pouzdanijeg i produktivnijeg društva u 21 veku. 6) Potreba izgradnje N&T sistema koji gledaju unapred.

Ključne sile za promene u 21 veku su vredan pravac analiza predviđanja i identifikovanja glavnih trendova ili generatora za promene kao okvira za razmatranje budućnosti. Pored ostalog rezultati analiza

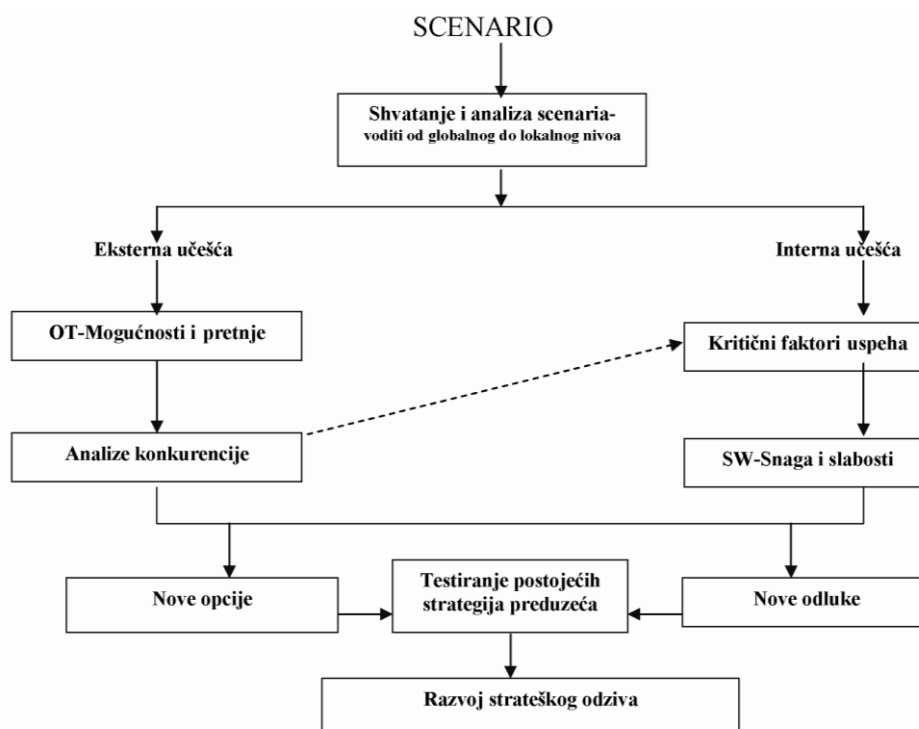
[12 str. 42], identifikuju n.pr. od naročito značaja – udruživanja - saradnje i dugoročne sile promena. Među njima, ključne sile su one za koje je utvrđeno da će uticati na budućnost na mnogo načina. Njihovim rzmatranjem utvrđeno je da će one imati prevashodni uticaj na ekonomiju i društvo u prvoj dekadi ovog veka i dalje. Ove sile će uticati na različite načine na industrijske sektore i društvene grupe, zato moramo potpuno razumeti uticaj ključnih sila promena. 1-Globalna integracija - menja mesto države u svetu, važnost razvoja odnosa u regionu, veze sa ostalim regionima, briga za nacionalni suverenitet - vlasnici stranci, globalne institucije, slobodna trgovina i vancarinska zaštita. 2-Primena informatičko komunikacionih tehnologija - potencijal za interaktivne široko povezane usluge, mobilne digitalne komunikacije, sigurnost i tajnost, globalne elektronske finansijske transakcije i informatička sredstva. 3-Održivost okruženja – životne sredine - uticaj rasta populacije na svetske resurse, istorijska uloga države kao na resursima zasnovanoj ekonomiji, potencijali – hrana/organska, obnovljiva energija, smanjena biološka raznovrsnost, uticaj na globalne pronene - promene klime, mogućnosti u menadžmentu životne sredine. 4-Unapređenje u bio tehnologijama - se locira u razvoju u biološkim i genetičkim tehnologijama, mnoge mogućnosti i izazove će one predstavljati u područjima kao što su briga o zdravlju, etika, projektima hrane i sigurnosti (postaju značajniji krajem prve dekade ovoga veka). 5-Sila konkurencije, sila koja smanjuje cenu na najniži mogući nivo. 6-Proizvodnja-u odnosu sa N&T. 7-Smanjenje margine dorade. 8-Preciznost i kontrola u menadžmentu. 9-Novi materijali.

U osiguranju da se neka država pripremi kao nacija za susret sa promenama budućnosti, njena vlada mora pomoći svakom građaninu da shvati ključne sile promena i ključne sile protiv promena, da ih oblikuje za dugoročniju korist i benčmarking prikladnosti, naspram drugih iz sopstvenih planova za budućnost. U tom smislu mora se obratiti pažnja na posledice štetnog delovanja sledećih kritičnih sila protiv promena [7 str. 30]: konzervativna menadžment politika, upravljačka odanost tradicionalnim vrednostima, osetljivost na rizik, kompromisna rešenja, novčana sredstva, kulturna paradigma i prethodni promašaji i greške.Njihovo dejstvo se mora institucionalno i organizovano neutralisati kako bi se pravilno usmerile ključne sile promena prema područjima najznačajnijih efekata. Delovanje ključnih sila će kao posledicu istaći mnoga područja mogućih akcija. Razvoj kompleta strateških principa za vođenje proaktivnog učešća države u raznovrsnom internacionalnom miljeu. Ohrabrivanju demonstriranja i promovisanja internacionalnog benč - markinga prema i u sopstvenim preduzećima. Osigurati da su informacione i komunikacione tehnologije integrisane kao ključne komponente u sve sektore. Da su svi građani edukovani da obezbede fleksibilan odgovor u izazovima novih tehnologija. Ustanovljenje širokih parametara za sistem procene resursa i njihovih naučno tehnoloških zahteva, razvoj infrastrukture i strateških istraživanja u ovim područjima. Promovisanje N&T sistema koji se obavezuje izvrsnosti i koji je integrisan u svoj društvenini i industrijski kontekst, otvoren i odgovara socijalnim i etičkim izvorima. Pregled relativne snage i slabosti u istraživanju i tehnologiji, komercijalnim izgledima u 21 veku i granicama razvoja za interna i multiconacionalna istraživanja.

Pošto Srbija nažalost nema sopstvena istraživanja, interesantno je pogledati kako nas drugi vide na području konkurencije. USAID projekat za razvoj konkurentnosti nabraja sledeća područja aktivnosti u kojima možemo jačati konkurentnost naše privrede a to su: hrana – naročito organska, turizam, informacione i komunikacione tehnologije, obrazovanje, film i produkcija, građevinske usluge - inženjering, proizvodnja građevinskih materijala, obrada drveta i izrada nameštaja, odevna industrija, logistika -saobraćaj, obnovljiva energija i proizvodnja auto - delova. Po njima ovo su uslužni i proizvodni sektori sa najvećim potencijalom za povećanje prodaje i izvoza, privlačenje novih ulaganja i otvaranje novih radnih mesta. Zastupa se teza da je za ovdašnju ekonomiju, bez mora, zlata i nafte, šansa u svemu pomalo. Razni autori definišu strategiju na mnogo različitih načina, tako da nepostoji standardna definicija - opšte prihvaćena [7 str.20]. Ona u suštini označava metodiku aktivnosti, skup pravila, principa i zakona, koji se koriste u donošenju dugoročnih upravljačkih akcija u funkciji sistema na koji se odnose i koja treba

da obezbedi što racionalnije ostvarenje postavljenih ciljeva. Scenario za stalnu proveru strategija održivog tehnološkog razvoja preduzeća prikazan je na slici 4.

Svaka strategija preduzeća bi trebalo da ima sledeće: 1.opis ključnih elemenata, programa i/ili procesa koji ispunjavaju kriterijume, krosfunkcionalne - prečica procese i u njima locirane zahteve kupaca, vrednosti, ciljeve i sprovođenje strategija; glavne programe, procese ili funkcije i u njima definisane zahteve kupaca, vrednosti, ciljeve i sprovođenje strategija i potrebne resurse. 2.vrednosti koje formiraju bazu načela za kulturu i operativna razmatranja organizovanja. 3.opis programa procene procesa i 4.pokazivanje kako se koristi program procena u utemeljivanju ili reviziji vrednosti kao i programa za buduću procenu. Ceo postupak strateškog delovanja od ideje do realizacije se u suštini, sa poslovnog aspekta, odvija po jednom jednostavnom opštem scenariju koji se može koristiti u iterativnom postupku u toku sprovođenja ukupne strategije razvoja preduzeća, odnosno održivog marketing usmerenja njegovog tehnološkog razvoja - *strategy pull* pristup . [15str.26] Tehnološki razvoj preduzeća spada u strateški domen odlučivanja. Strateški menadžment održivog marketing usmerenja tehnološkog razvoja preduzeća, obuhvata sledeće [16] : 1-stratešku analizu preduzeća i okruženja, 2-definisanje i izbor relevantnih strategija, 3-planiranje određene strategije - strateško planiranje i njeno sprovođenje - primena, kroz izradu strateških planova i njihovu realizaciju i 4-kontinualan proces strateškog prilagođavanja preduzeća promenljivom okruženju - realizacija i procenjivanje.



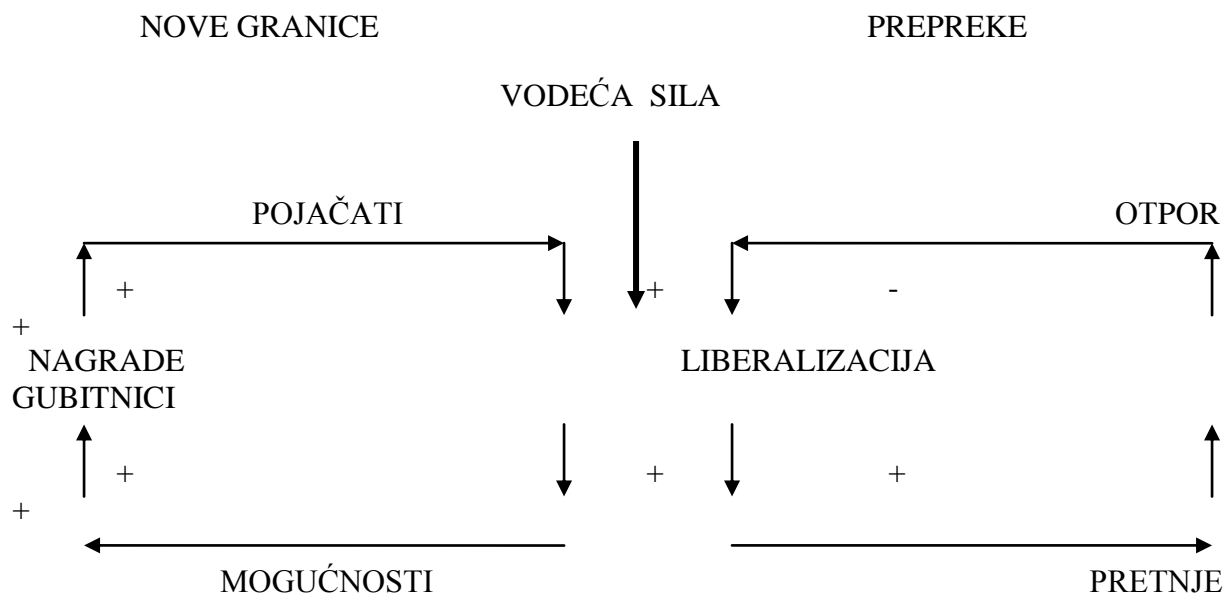
Izvor:Prilagođeno (14)

Slika 4. Scenario za proveru strategija održivog tehnološkog razvoja preduzeća

Kad god je to moguće svi programi razvoja tehnologije bi trebalo da upotrebe otvorenu konkurenciju za obuhvat najboljih ideja i sposobnosti iz širokog spektra tehnologija. Na taj način razmatranja obezbeđuju korisnu polaznu tačku, jer ona sama po sebi nisu dovoljna i adekvatna u susretu sa svetom rapidnih promena. Treba nam fleksibilnija slika koja dopušta procenu alternativne „moguće budućnosti“ i uzimanja

u obzir nepoželjnih ali važnih slučajeva. Razvoj alternativa može biti dostignut kroz pristup „scenario“ planiranje. Jedan model scenaria koji može biti koristan je prikazan na slici 5.

Royal Dutch/Shell, je usmerio značajan napor u razvoj globalnih scenarija zadnjih godina. Dva scenarija pokazuju potencijalno divergentnu odgovornost prema vodećim-pogonskim silama globalne trgovine i ekonomske liberalizacije i veoma različita uplitanja. Shell je iz njih razvio robusne strategije čiji je cilj da ih, bez obzira šta se može desiti, osposobi da preuzmu saznanje da će stvarnost očigledno biti između obe. Jedna važna svrha ovakvih metoda je osetljivost organizacije da prepozna signale mogućih promena u svetu i omogući brz i pogodan odgovor.



Slika 5. Scenario planiranje strategije tehnološkog razvoja preduzeća

Prikazani scenariji su koherentno, alternativne slike budućnosti koje kombinuju dve dimenzije za rizik-verovatnoća i važnost. Proces razvoja „očekivane budućnosti“ daje veći značaj razmatranju verovatnoći, dok scenariji „moguće budućnosti“ teže mnogo više važnosti. Jedan od najvažnijih koraka u zamišljanju o rangu moguće budućnosti je da ovde nema ograničenja za promene koje mogu biti razmatrane, iako mnoge od ovih mogu kasnije biti odbačene. Strateški menadžment proces razvijen u jednom integrativnom pristupu sa korišćenjem ovih scenarija u strateškom planiranju obezbeđuje formiranje inovativne organizacije sa jedne a sa druge strane istovremeno obezbeđuje i proces integrativnog jačanja kompetentnosti. Ocena kompetentnosti mora da se bazira na analizi načina upotrebe i iskorišćenosti resursa u pojedinim aktivnostima/operacijama organizacije u toku funkcionisanja strateškog menadžment procesa. Loše performanse rudnika su najčešće uzrokovane slabostima u upotrebi resursa, ređe su vezane za same resurse kojima raspolažu. Ocena resursa i kompetentnosti organizacije često se dovodi u vezu sa ocenom teškoća sa kojima bi bila suočena organizacija koja bi nastojala da imitira, posebno kada se ocenjuje konkurentna prednost koja se gradi na unikatnosti jednih ili drugih, a najčešće u kombinaciji unikatnosti kako resursa tako i kompetentnosti organizacije.



### 3. Zaključci

U prethodnim izlaganjima suočili smo se sa značajem i složenošću strategije održivog tehnološkog razvoja preduzeća uopšte pa i u rudarstvu. Složenost njenog izbora je u utvrđivanju: kriterijuma optimalnosti ciljeva razvoja, potreba i njihovog intenziteta, ekonomskih i neekonomskih faktora rasta, merljivih i „nemerljivih” (Primeniti metode i tehnike za njihovu procenu vrednosti. U suprotnom oni nemaju značaja.) faktora rasta, različitih stepena limitiranosti materijalnih faktora i mogućnostima njihove supstitucije, politici njihovih cena i optimalnom sistemu upravljanja i optimalnom sistemu donošenja odluka. Suština je, videli smo, u stalnom aktivnom usmeravanju razvoja preduzeća odnosno njegovog tehnološkog podsistema u određenom, željenom pravcu. U tom pogledu, formulisanje i implementacija strategije savremenog preduzeća uključuje proces restrukturiranja, reinženjeringa i zaokreta kojima se ono prilagođava novim okolnostima[11]. Preduzeća razvijaju različite strategije za obezbeđenje uspeha. Brojni su novi trendovi. Između ostalih tu su sistemi e-komercije i umrežavanja kompanija. Da bi ostvarila ove procese, preduzeća moraju razviti poziciju-efektivnosti, fleksibilnosti i pristup orijentacije na kupca. Ono koje je uspešno u obezbeđenju svih izazova poslovanja imaće bolju poziciju od ostalih u obezbeđenju promenljivih želja kupaca, jer će biti u stanju da obezbede poziciju-efektivne palete proizvoda i usluga. „Sa samoregulacijom je svršeno. Sa „lease-fare” je svršeno. Sa idejom o svemogućem tržištu koje je uvek u pravu je svršeno, pa nam je stoga preko potrebno preuređenje kapitalizma” ( francuski predsednik Sarkozy 2. aprila, 2009. u Londonu na sastanku G-20) [1 str 416]. Prethodni vek i prethodni milenijum smo napustili sa čvrstim uverenjem da u svetu u eko poslovnim sistemima dominira marketinška poslovna filozofija usmerena na kupca i korisnika, u čijoj strukturi su poslovni procesi sa filozofijom stalnog unapređenja i povećanja njihovog nivoa kvaliteta. Novi vek i novi milenijum očigledno će preuzeti ovu filozofiju koju mora menjati, a ne samo usavršavati-u korist čoveka i aktualne civilizacije [12].

Pojavi nacionalnih pokreta za kvalitet prethodilo je ojačavanje tehnološke i ukupne, nacionalne, strateške sposobnosti. Jedna takva orijentacija zahteva sledeće uslove: 1-nacionalni koncept i strategiju razvojne politike neophodno je oživljavati i preko individualnih sektora-malih i srednjeg nivoa preduzeća, a ne samo preko, prenaplašeno, značajnih internacionalnih projekata; 2-efektnom podešavanju prioriteta veoma značajnih i ključnih projekata predhodi transparentnije prikazivanje koncepata, ciljeva i instrumenata razvoja, (Ova osnova je uslov koji omogućava na prvom mestu plodnu konkurenciju između raznih koncepata i rešavanje problema strategije i sistematsko istraživanje procesa primera adekvatnih rešenja problema. Dalje, koordinacija je olakšana sa razvojem prioriteta i višeg nivoa transparentnosti); 3-moguće je postaviti temelj za jedan sreden institucionalni pluralizam umesto često korišćene jedva koordinirane politike deo po deo; 4-u slučaju tehnološki orjentisane tehnološke kooperacije, daje izlaz nužan za moderno približavanje i uključivanje u mrežu i oblikovanje struktura.

Prikazana istraživanja su osnova za realizaciju glavnog cilja unapređenja konkurentnosti kroz razvoj produktivnosti i proizvodnih metoda kao i novih proizvoda i usluga kroz održivo usmereno istraživanje i razvoj. Tehnološki „zrela“ organizacija poseduje prednosti u kompetentnosti zasnovane na znanju i iskustvu u primeni koje obuhvataju operativnu efikasnost i prednosti u ostvarivanju svih ključnih operacija koje pripadaju „mreži“ uspešnog poslovanja ispletenej u preduzeću, a koje se menjanjem osnovnih tehnologija, proizvoda i procesa, iz temelja menjaju[1]. Da bi se uspešno suočio sa svim ovim, menadžment očigldno mora da reaguje na više načina i koristi nekoliko puteva. Buduća istraživanja trebalo bi usmeriti na formiranje sistemskog modela koji bi uključio sve potrebne elemente koristeći poslovnu filozofiju održivog razvoja preduzeća. Najprikladniji je integralni model poslovanja koji kao ključne domene poslovanja navodi [18 str.8]: 1) strategiju - koja podrazumeva definisanje konkurentske, tržišne strategije - eko markentiške strategije, poslovanje, organizacione, tehnološke strategije, 2) ljude - podrazumevaju se: intelektualni kapital/good will, kao najznačajniji, sve formalne organizacione strukture, strukturu i sadržaj poslova, upravljanje kadrovima, rukovođenje i stil, odlučivanje, komunikacije i kultura

i 3) tehnologiju - koja se ovde odnosi i na telekomunikacije i mreže, ekspertne sisteme, uvođenje informacionih tehnologija, tehnologije omogućavanja-osposobljavanja (*enabling technology*). Zamena G8 sa G20 pokazuje optimističke tendencije i za rešavanje ekoloških problema globalnog rizika životne sredine – globalnu brigu za održivost. [1 str144] Od posebnog značaja, uopšte, a za rudarstvo posebno je kako sve ovo povezati sa društvenim značajem resursa - kome i kako - pod kojim uslovima - dozvoliti njihovo korišćenje. [1 str 74] . Očigledno je da ovo, sve napred rečeno, objedinjeno, zahteva posebnu ulogu menadžmenta u rudarstvu.

## **5. Literatura**

- [1]. Održivi marketing tehnološkog razvoja preduzeća, dr Nikola Majinski, RIC grafičkog inženjerstva Tehnološko-metalurškog fakulteta Beograd, 2009.
- [2]. YANG LIU, PhD Thesis; Implementing Sustainable Competitive Advantage for Proactive Operations in Global Turbulent Business Environments; UNIVERSITAS WASAENSIS 2010 Vaasan yliopisto, September 2010
- [3]. Majinski N., doc. dr.-Rukovođenje projektom transfera tehnologije u velikim privrednim sistemima, Drugi naučno-stručni skup, „InterRegioSci 2007.“ U Novom Sadu, Zbornik „Veliki privredni sistemi i transfer tehnologije“, <http://apv-nauka.ns.ac.yu/vece/dokumenti/zbornik2007.doc>
- [4]. Majinski N., Koautor, Projekat analize tržišta crne metalurgije Jugoistočne Evrope, USS Serbia d.o.o., Smederevo, 2003.
- [5]. George Fisk „Editor`s Working Definition of Makromarketing,“ Journal of Markomarketing, Vol.2, NO. 1, Spring 1982. p.3
- [6].Vračar, D., *Strategije tržišnog komuniciranja*, Privredne vesti "europublic", Beograd, 1997.
- [7].Wilson, R., and Galigan, C., *Strategic Marketing Management*, Butterworth-Heineman, Oxford, 1998.
- [8]. Đerić,B.,*Teorija i politika privrednog razvoja*,Savremena administracija, Beograd, 1999.
- [9]. Jović, M., *Međunarodni marketing*, Institut ekonomskih nauka, Beograd, 1997.
- [10]. Petković, M., Jovanović-Božinov, M., *Organizaciono ponašanje*, Megatrend,2000.
- [11]. *Zbornik radova*, VII Međunarodni simpozijum menadžment promena, Zlatibor, 2000.
- [12].Majinski,N., *Marketing koncepcija tehnološkog razvoja preduzeća*, Doktorska disertacija, FON, Beograd, 2001.
- [13]. Yovovich, B., *New Marketing Imperatives*, Prentice Hall, New Jersey, 1995.
- [14]. Developing Long-Term Strategies for Science and Technology in Australia Outcomes of the Study:Matching Science and Technology to Future Needs 2010 part I&II&III; ASTEC: [astec@astec.gov.au](mailto:astec@astec.gov.au) , Edited by Jack Hilary & Associates, Canberra, Commonwealth of Australia 1996.
- [15]. Stošić, B., *Inovacije u tehnologiji*, FON, Beograd,1999.
- [16]. NASA Strategic Management Handbook, October 1996
- [17]. ProSci Business Proces Reengineering; [prosci@prosci.com](mailto:prosci@prosci.com)
- [18]. Levi-Jakšić, M., *Upravljanje tehnologijom i operacijama*, Čigoja, Beograd, 1999. 2000.
- [19]. Marketing, the Chartered Insurance Institute, 2007.

## **RUDARSTVO IZMEĐU NACIONALNIH I PRIVATNIH INTERESA**

### **MINING BETWEEN NATIONAL AND PRIVATE INTERESTS**

**Dragan M. Zlatanović**

#### **Sažetak**

Više od 10 godina smo u tržišnim i tranzicionim uslovima u kome Vlada Republike Srbije nije jasno definisala šta su njeni nacionalni interesi i prioriteti u sektoru rudarstva. Ulaskom privatnog kapitala u geološka istraživanja, izgradnju novih rudarskih kapaciteta i privatizacijom jednog broja rudarskih preduzeća, nametnulo se i pitanje interesa privatnog kapitala. Taj privatni interes mora biti uvažen, ali svakako ne suprotstavljen ili nadređen nacionalnom interesu, već prihvaćen uz konsenzus svih zainteresovanih strana. Dalje zaostajanje u definisanju strateškog okvira i zakonskih unapređenja stvara prostor za razvoj nekih „drugih“ interesa koji su, možda, u direktnoj vezi sa načinom na koji je danas tretiran rudarski sektor u Srbiji.

**Ključne reči:** *rudarstvo, privatizacija; tranzicija, privatni interesi, nacionalni interesi*

#### **Abstract:**

More than 10 years we have experienced market and transition conditions in which the Serbian Government has failed to clearly define what its national interests and priorities in the mining sector are. The involvement of private capital in geological exploration, construction of new mining capacity and the privatization of a number of mining companies imposed the question of private capital interests. The private interests must be respected, but certainly not opposed or superior to the national interest and accepted by consensus of all stakeholders. Further delays in defining the strategic framework and legal improvement creates space for the development of "other" interests which may be directly related to the way how mining sector is treated today in Serbia.

**Key words:** *mining, privatization, transition, private interests, national interests*

#### **UVOD**

Privatna preduzeća su bila aktivna u rudarstvu i pre tranzicionih promena početkom 2000. godine, ali je većina njih fokusirana na eksploataciju industrijskih i građevinskih materijala. U okviru malih istražnih polja, vršeći geološka istraživanja, često su se eksploatisale mineralne sirovine za vreme važenja istražnog prava. Razloge takvog stanja možemo tražiti pre svega zbog prilično komplikovanih i dugotrajnih procedura za dobijanje dozvole za eksploataciju i odobrenja za izvođenje rudarskih radova, kao i nedostatka sredstava neophodnih za ozbiljnije investicije, ali i moguće korupcije jer se na takve aktivnosti jednostavno zatvarale oči ili su pravni mehanizmi bili slabi i nemoćni da se tome suprotstave.

Sa početkom tranzicionih promena, poraslo je interesovanje domaćih i stranih kompanija za privatizaciju i investiranje u mineralno-sirovinski kompleks Srbije. Međutim, rudarstvo nije predstavljalo prioritetnu granu privrede kojoj je data odgovarajuća pažnja. Rudnike je zahvatio talas vlasničke transformacije, međutim, rudnici i njihova uprava nisu podjednako odgovorili na izazove koji su bili pred njima. U tom nesnalaženju, ali i neiskustvu se našla i sama država. Snalažljiviji su bili rudnici sa većim stepenom slobode tj. manji rudnici koji su svoj proizvodni asortiman vezivali za potrebe građevinarstva i infrastrukture (industrija nemetaličnih mineralnih sirovina). U ove rudnike je mnogo brže i lakše ulazio privatni kapital kroz privatizaciju, a sa njim i nove investicije, modernizacija tehnološkog procesa, stvarajući time bolje proizvodne i finansijske performanse samih preduzeća.

Od tada do danas, u većem broju rudarskih preduzeća tranzicioni proces je završen sa njihovom privatizacijom, modernizacijom tehnoloških procesa, većim ekonomskim i finansijskim efektima

poslovanja koji su usledili nakon prvih investicija i prilagođavanja na tržišni način privređivanja. Ostao je relativno manji broj rudarskih preduzeća, koji se po svojoj veličini i problemima koje imaju, svrstavaju među problematičnijim u privredi Republike Srbije. U njima je proces tranzicije započet, ali sa još uvek nepoznatim ishodom. Pri prvom koraku tranzicije - susretu sa tržišnim načinom privređivanja, zapadaju u sve veće proizvodne i finansijske probleme. I pored napora države da uspešno sprovede njihovu privatizaciju imamo loše rezultate zbog kojih bi trebalo da potražimo uzroke neuspeha i to ne samo u pristupu već i u ozbiljnosti namera.

Ulazak zdravog kapitala u rudarska preduzeća i vlasnička transformacija društvenog i državnog kapitala predstavlja uvod u njihovu konsolidaciju i nastavak njihovog daljeg funkcionisanja baziran na tržišnim osnovama. To je jedinstven proces, u kojem preduzeća koja su do tada bila u društvenoj ili državnoj svojini dobijaju privatne vlasnike.

Međutim, treba napomenuti, da je restrukturiranje i privatizacija tek prvi korak u konačnom tržišnom pozicioniranju takvih preduzeća, zbog čega je važno, da se paralelno sa tim procesom otpočne i sa tehnološkim usavršavanjem privatizovanih preduzeća, a naročito sa povećanjem njihove produktivnosti, uvođenje novih tehnologija, novih proizvodnih programa, veća briga za zaštitu životne sredine kao i neprestanim razvojem poslovnih inovacija. Restrukturiranje se danas usporava, manje je socijalno prihvatljivo, ali to ne znači da od toga treba odustati.<sup>4</sup>

Ocenjujući stanje u kome se nalazimo on podseća da je entuzijazam koji je na početku iskazan u sprovođenju reformi opao i pitanje da li je sada populizam<sup>5</sup> dominantniji nego stvarna želja da se reforme sprovedu? Takvo stanje je vidljivo i u sektoru rudarstva. Navedeni problematični problemi u rudarskom sektoru u Srbiji umesto rešavanja, čekaju na rešenja uz sprovođenje kratkoročnih mera u cilju preživljavanja i evidentnu nekonzistentnost u sprovođenju odluka svake nove Vlade sa prethodnom.

## **ISKUSTVA ZEMALJA U TRANZICIJI**

Procesom vlasničke transformacije se iniciraju velike društvene i ekonomske promene i podstiče ekonomsko raslojavanje društva.

Rudarstvo i metalurgiju kakvu je u praktično svim državama u tranziciji za sobom ostavio socijalizam je ekstenzivna i sa niskom produktivnošću po zaposlenom. Privatizacija takvih preduzeća je zbog potencijalno velikih socijalnih pritisaka, a i drugih aspekata posebno složena i specifična. Ta preduzeća su obično i od šireg nacionalnog interesa, što samo doprinosi složenosti njihove privatizacije<sup>6</sup>.

Bez obzira na to, ulazak privatnog kapitala u ovim preduzećima se mora realizovati jer je to jedini način obezbeđivanja investicionih sredstava, ozdravljenja rudarske privrede i njenog uključivanja u evropske integracije.

---

<sup>4</sup> ... jedan od zaključaka panel diskusije održane, jula 2009. godine, u Media centru pod nazivom „Privatizacija ili podržavljenje“. Jedina alternativa privatizaciji je, partijsko vlasništvo koje uništava kompanije. Ne postoji želja političke elite da se ubrza privatizacija, naročito u preduzećima koja primaju visoke subvencije. U takvim preduzećima je na vlasti partija "A" koja teži da primi što više subvencija, čime se ugrožava Republički Budžet i samo preduzeće.

<sup>5</sup> IZ VIKIPEDIJE, SLOBODNE ENCIKLOPEDIJE, POPULIZAM JE POLITIČKA ORIJENTACIJA KOJA TEŽI DA PRIVUČE PAŽNJU I PODRŠKU ŠTO VEĆEG BROJA STANOVNIKA. POPULIZMOM SE NAJČEŠĆE OBEĆAVAJU NEREALNE BENEFICIJE SOCIJALNO UGROŽENIM GRUPAMA PRE NEGO STVARNI EKONOMSKI I SOCIJALNI INTERESI I RAZVOJNI PROGRAMI. KORISTI SE U SVIM OBLASTIMA ŽIVOTA, ALI NAJČEŠĆE U POLITICI.

<sup>6</sup> VLASNIČKA TRANSFORMACIJA I RESTRUKTURIRANJE SEKTORA METALURGIJE U DRŽAVAMA U TRANZICIJI, V. KEVORKIJAN ZRVK, Maribor, Slovenija, Savez inženjera metalurgije Srbije i Crne Gore, UDC:669.01:334.72.012:658.11.01=861

## **POSLOVNO OKRUŽENJE**

Nisu sva preduzeća ista na tržištu, neka preduzeća/kompanije imaju kontinuirani uspeh na tržištu i uživaju poverenje javnosti i Vlade, dok neke druge kompanije koje su imale veliki uspeh na tržištu nisu to uspele. Problemi sa kojima se susreću kompanije proizilaze iz netržišnog okruženja. Reč je o problemima koji ne potiču od konkurenata već od strane javnosti, zainteresovanih grupa, zakona i Vlade. Poslovno okruženje svake kompanije sadrži tržišne i ne tržišne komponente. Tržišno okruženje podrazumeva interakciju između firmi, dobavljača i potrošača koji se nalaze na tržištu. Netržišno okruženje podrazumeva socijalne, političke i institucionalne odnose i strukture izvan, ali u vezi sa tržištem (regulacija tržišta uglja, nafte, gasa, električne energije...). Ovo okruženje podrazumeva interakcije između firmi i pojedinaca, zainteresovanih grupa, Vlade i javnosti, odnosno javnih institucija.

### ***Zakonodavni okvir kao imperativ modernog rudarstva***

Prosperitet jedne države i naroda koji u njemu živi može biti pospešen pronalaženjem i eksploatacijom ekonomski isplativih mineralnih resursa unutar njenih granica. Zemlje koje su privukle investiciju da bi ovo ostvarile prepoznaju važnu ulogu koje imaju rudarske kompanije u ovom procesu.

Zemlje koje privlače internacionalne rudarske kompanije da investiraju u geološka istraživanja i rudarstvo, prepoznaju da rudarske kompanije biraju između mnogo zemalja i regiona kada donose odluke o opredeljivanju određenih sredstava za *istraživanje i razvoj* (R&D). Ove zemlje razumeju da je privlačenje ove vrste investiranja takmičarski proces u kojem zemlja koja želi da bude uspešna mora da ima stabilan i optimalan režim za potencijalne investitore; **ove zemlje prepoznaju da sam mineralni potencijal nije dovoljan da se privuče investicija** – izvestan broj drugih faktora ima značajan uticaj na odluke o investiranju koje donose kompanije, a od njih najznačajniji su:

- stabilno političko okruženje;
- odgovarajući zakonodavni i regulatorni okvir za delatnosti u ovoj grani industriji;
- režim poreza i naknada koji je internacionalno konkurentan i stabilan;
- pravedna i pravična pravila o stranom ulaganju i lokalnom učešću koja prepoznaju značaj nagrade za investitora zbog preuzetog rizika;
- pravo da se vrati kapital i profiti u matičnu zemlju i, kada se to želi, da se zadrže prihodi na bankovnim računima izvan zemlje, to jest u inostranstvu;
- skup pravnih normi i institucija koje prepoznaju značaj ugovornih obligacija kojim su strane povezane; i
- transparentnost u procesu odlučivanja, sa minimiziranom političkom i administrativnom slobodom odlučivanja.

Odgovarajući zakonodavni i regulatorni okvir je jedan od najvažnijih faktora u privlačenju strane investicije i ekspertize. Bitan deo takvog zakonodavnog i regulatornog okvira je moderni rudarski propis koji predstavlja dosledan i zvaničan stav pravnog režima koji je zemlja domaćin uspostavila za ovaj tip investitora koji u dugoročnom smislu preuzimaju visoki rizik investiranja u rudarstvo.

Investiranje nosi u sebi rizik proračunatog očekivanja da se investirani fondovi mogu povratiti u budućnosti zajedno sa povraćajem koje odražava preduzeti investicioni rizik. Istraživanje mineralnih sirovina ima mnogo nerazdvojivih nesigurnosti povezano sa njim i usled toga investiranje u istraživanje je odluka visokog rizika. Bezbednost imovine pod zakupom je apsolutno ključna za investitora, bez toga preduzeti investicioni rizik bi bio suviše veliki i investicija ne bi bila ni preduzeta.

Obezbeđivanjem jasnog zakonodavstva, zajedno sa efektivnom i efikasnom državnom administracijom na poslovima u rudarstvu, Vlada može da eliminiše nepotrebni zakonodavni rizik. Ako se ovo ne uradi, brzo će se shvatiti da će obezbeđeni fondovi za investiranje biti vrlo limitirani, da će zahtevati visok povraćaj investicije da bi se kompenzovao visoki rizik ili da će izgubiti zainteresovanst.

Specifične odlike modernog rudarskog propisa će ukloniti veliki deo, ako ne i ceo zakonodavni rizik koji investitor teži da izbegne i tako će obezbediti osnovu za investitora da ostvari zaradu na investiciji koja odražava preostale nerazdvojive nesigurnosti investiranja.

Širom sveta tokom devedesetih godina 20. veka u zemljama u razvoju su prepravljani i donošeni novi propisi u rudarstvu, koji su pravljani sa namerom da privuku investicije. Nisu bili svi uspešni u obezbeđivanju garancija ni u obezbeđivanju globalnih konkurentskih uslova koje investitori traže. Usled toga, zajednica investitora veruje da treba još mnogo toga da bude urađeno da bi se obezbedilo adekvatno zakonodavstvo u mnogim zemljama. Uz to, postoje mnoge zemlje gde je kvalitet i transparentnost administracije rudarskog sektora ostao loš. Sa tačke gledišta i perspektiva investitora izazov za zemlje u dolazećim godinama neće biti samo da imaju moderan propis o rudarstvu u kome su inkorporisani uslovi opisani u dokumentu pod nazivom „Bela Knjiga“<sup>7</sup>, već takođe i administraciju koja će da osigura da je namera zakonodavstva sprovedena.

Privlačenje i zadržavanje neposrednih stranih ulaganja<sup>8</sup> glavni je cilj mnogih zemalja, budući da je sasvim jasno da ona imaju važnu ulogu u stvaranju novih, trajnih radnih mesta, povećanju izvoza, prenošenju tehnologije i znanja o poslovanju, povećanju konkurentnosti, unapređenju ukupne proizvodnje i, konačno, smanjenju siromaštva putem opšteg privrednog rasta i razvoja. Stvaranje povoljnih uslova i za domaća i za strana ulaganja, predstavlja veliki izazov za sve zemlje, s obzirom na to da sve veća globalizacija i pritisak da se bude konkurentan u poslovanju stvaraju okvir i potrebu za neprestanim poboljšanjima opšteg poslovnog okruženja i rezultata rada rudarskih kompanija. Na makro nivou, u obezbeđivanju stabilnosti i poboljšanju opšteg poslovnog okruženja glavnu ulogu imaju Vlade država, dok pritisci tržišta da se bude konkurentan, zahtevaju stalno poboljšanje performansi i veću prilagodljivost i uspešnost onih koji upravljaju preduzećima.

## **POLITIČKO OKRUŽENJE, ZAINTERESOVANE GRUPE I KORUPCIJA**

Nalazimo se u vremenu kada u svetu dominira vizija društveno-političkog sistema u čijem središtu je kapitalizam i kao politička forma parlamentarna demokratija. Taj kapitalizam u kome dominiraju privatni interesi jeste politika koja se svodi na rukovođenje državom od strane političkih stranaka koje su napravile konsenzus oko zajedničkog programa, a izabrane su na parlamentarnim izborima.

Partije (političke stranke) su postale glavni nosioci političkog života i da je za izučavanje savremenih političkih stranaka od izuzetne važnosti proučavanje njihovih ideoloških osnova, idejnih temelja, ali i proučavanje povezanosti tih ideja sa programima, a programa sa praktičnim delovanjem i odnosom prema osnovnim načelima sopstvenih programa pre i posle parlamentarnih izbora.

Program je izlaganje onoga što partija navodno žele da urade osvajanjem državne vlasti ili participiranjem u njoj. Dakle program je instrument pomoću kojega partija mobilise i vezuje za sebe pojedince i grupe, doprinosi ostvarenju partijskih ciljeva i ideala, odnosno dolasku partije na vlast.

Kada se tu u fokus stavi Sektor rudarstva, vidimo da mnoge razvijene zemlje, ali i jedan deo zemalja u razvoju za definisanje svojih državnih progama baziranim na programima stranaka koriste konsenzus između zainteresovanih strana kada se radi o eksploataciji mineralnih resursa. Od ključnog je značaja da

---

<sup>7</sup> Pre osam godina (2003), 14 vodećih stranih investitora u Srbiji, uz podršku Investicionog foruma za jugoistočnu Evropu koji je inicirao OECD, okupilo se oko zajedničke ideje da doprinesu unapređenju investicione klime u Srbiji. Tokom proteklih godina, Savet stranih investitora je prepoznat kao snažna i uvažena institucija koja nudi konstruktivna rešenja kada su u pitanju teme vezane za unapređenje sveukupne poslovne klime, SAVET STRANIH INVESTITORA (FIC), BELA KNJIGA 2003-2010, Predlozi za poboljšanje poslovnog okruženja u Srbiji.

<sup>8</sup> Ministarstvo za ekonomske odnose sa inostranstvom, Sektor za strana ulaganja, STRATEGIJA PODSTICANJA I RAZVOJA STRANIH ULAGANJA, Sažetak, Beograd, mart 2006. godine.

se ekstraktivna industrija razvija na racionalnom korišćenju prirodnog resursa u kome se politika upravljanja zemlje domaćina poklapa sa nacionalnim interesom i izražena je kroz adekvatan regulatorni sistem, uz primenu instrumenata upravljanja, nacionalne politike i strateških smernica.

Privatni investitori mogu imati uticaja na donošenje pojedinih propisa, pa čak i zakona, a koji bi olakšali njihovo poslovanje u dotičnoj državi. Naravno, ovaj „uticaj“ mogu samo da vrše moćne kompanije prema slabije ekonomski razvijenim državama, ali nije isključeno da se taj „uticaj“ vrši i u ekonomski razvijenim državama. Uticanjem na Vladu da, npr. smanje visinu taksi i poreza ili naknadu za eksploataciju prirodnih i mineralnih resursa ili poveća ili smanji određene ekološke i zdravstvene standarde, realizuje se ovaj „uticaj“. Kada Vlada pristane na zahteve investitora i to pretoči u zakonsku normu, onda investitori nemaju problema da poštuju zakone države u kojoj posluju. Nedostatak strateškog okvira i zakonskih unapređenja u zemljama u razvoju, ostavlja mogućnost pravljenja korelacije da u tome možda ima i „drugih“ interesa. Iako su dokazi o korupciji u ekstraktivnoj industriji retko dokumentovani i po prirodi se teško otkrivaju tako da su u velikoj meri usmeni, veruje se da je široko rasprostranjena. Sektor rudarstva se generalno smatra jednim od industrijskih sektora podložnim korupciji. Tajnovita priroda takve stvari, nedostatak transparentnosti i uvid javnosti, slabo upravljanje i kontrola istraživanja i eksploatacije mineralnih sirovina, a imajući u vidu ogromne investicione troškove i potencijalni profit koji je evidentan u većini rudarskih aktivnosti, pružaju mogućnosti za korupciju u raznim fazama implementacije rudarskog projekta. Rudarske kompanije imaju interes da maksimiziraju svoje profitne margine, obezbede dobit, smanje raznorazna plaćanja prema državi i time ublaže visoke rizike svojih investicija.

Sa svoje strane, Vlade često ne uspeavaju da dobiju punu vrednost za svoje mineralne resurse, zbog nedostatka znanja i sposobnosti, urađene tehničke ekspertize ili korumpiranih pojedinaca koje rade za svoje sopstvene interese u okviru slabog institucionalnog okruženja.

Ako se zna da je rudarstvo rizičan posao za ekstraktivnu industriju tj. rudarska preduzeća, u situacijama gde postoji visoki rizik zemlje za investiranje usled visokog političkog rizika i bez dovoljne kredibilne zaštite investicija, preduzeća mogu biti u iskušenju da preduzmu ne pravne načine da zaštite svoje investicije kroz razvoj veza i korupcije i stvaranje mreže sa moćnim, uticajnim pojedincima kako iz redova biznisa tako i iz političkog okruženja.

Da li je zaista neophodno ili drugačije nemoguće da rudarska preduzeća i kompanije funkcionišu bez „političkog kišobrana“, što znači zaštitu i podršku uticajnih političara? Time rudarske kompanije mogu da dođu u iskušenje ili su prinuđene da obezbede sebi bolju poziciju, ali i prostor za uticaj kako bi prilagodili pravila i propise koji se odnose na rudarski sektor u njihovu korist.

Zato treba upozoriti na korupciju, koja ugrožava savremene države u celom svetu, a posebno države u takozvanoj „tranziciji“ u kojima se razvijaju demokratija, ljudska prava i tržišna ekonomija. Posebno za države na Balkanu, koje su do sada bile ugrožene od strane spoljašnjih uticaja, vrlo je bitno, da što pre shvate da u vremenu tranzicije spreče razvoj korupcije kroz koju elite mogu iskoristiti takvo stanje. Državne institucije bi trebale i morale preduhitriti korupciju pravovremenim usvajanjem zakona, izgradnjom institucija i osveščivanjem zajednice i medija<sup>9</sup>.

Ekonomski sukob interesa je takođe vrlo prisutan. Korišćenje položaja u državnoj administraciji kako bi se zaštitili interesi preduzetnika sa kojima imaju političke ili druge veze percipirano je kao široko rasprostranjen problem. Samim tim postoji opasnost da mehanizmi odlučivanja u državnoj administraciji mogu da se otmu kontroli javnosti. Problem je prvo u političarima koji imaju svoje motive za prikrivanje istine, a onda u stručnjacima, među kojima mogu da se diferenciraju tri grupe ljudi: oni koji ne znaju posao, a postavljeni su na mesta na kojima se odlučuje; ljudi koji su stručni, ali zbog nedostatka lične

---

<sup>9</sup> Dobovšek, B. (2003): **Sodobni problemi korupcije u javnoj upravi**. V Dobovšek, B. (ur.), Korupcija u javnoj upravi, Ljubljana: MNZ.

moralne čvrstine ne slede glas profesionalne savesti već povlađuju rukovodiocima (političarima), što je ipak vid moralne korupcije i najzad stručnjake koji obave posao na korektan način, ali zbog moralne slabosti i straha od mobinga ili moguće materijalne korupcije su spremni da o ovome pričaju tek više godina kasnije ...

U zemljama u razvoju, strane rudarske kompanije često posluju u okruženju veoma slabog institucionalnog okvira i upravljanja. Dodatnu teškoću za njih u pokušaju da investiraju i posluju u tim uslovima je nedostatak znanja o lokalnom kontekstu i pravilima igre. One se uglavnom oslanjaju na lokalne partnere ili posrednike koji za njih čine neophodne kontakte „da se stvari urade što pre“ i vode ih kroz političke i birokratske procese u zemlji.

Ova kombinacija faktora verovatno će imati direktan uticaj na nivo i oblike korupcije u rudarskom sektoru. Na primer, mito se može zahtevati i/ili plaćati i preko zahteva za rudarsku koncesiju, dobijanju dozvole i licenci, ubrzanju birokratskih procesa ili obezbeđivanju drugih povoljnih uslova.<sup>10</sup>

## MESTO I ULOGA SEKTORA RUDARSTVA U PRIVREDI SRBIJE

Širom sveta, u proseku, proizvodnja čvrstih mineralnih sirovina predstavlja 4-8% bruto društvenog proizvoda, dok sa proizvodnjom energije predstavlja dodatnih 8-12% bruto društvenog proizvoda. Procenjuje se da oko 1,5% bruto društvenog proizvoda Srbije pripada rudarskom sektoru, kao i da je u rudarstvu zaposleno oko 23.500 ljudi ili oko 1,7% ukupnog zaposlenog stanovništva u Srbiji, vidi tabelu. Više od 50% zaposlenih u rudarstvu je zastupljeno u sektoru proizvodnje lignita. U najboljem slučaju, Srbija dostiže nivo koji se može porediti sa zemljama koje su siromašne sirovinama, ali da li je to baš tako?

Tabela. Makroekonomski pokazatelji na nivou Sektora Rudarstva

BRUTO DOMAĆI PROIZVOD REPUBLIKE SRBIJE (U STALNIM CENAMA 2002. GODINE)											
pokazatelji	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010*.
Bruto domaći proizvod (BDP) u stalnim cenama 2002 (mil. din.)	836.920,5	879.482,6	860.988,6	871.616,5	924.699,9	970.858,2	1.032.798,1	1.099.861,7	1.166.590,9	1137991,5	822.242,4
Stopa rasta BDP	4,5%	4,8%	4,2%	2,8%	8,2%	5,0%	6,4%	6,5%	6,1%	-2,4%	
BDP - vađenje ruda i kamena	16.534,4	15.003,0	14.630,7	15.382,7	15.588,9	16.118,0	16.914,3	16.872,6	17.639,2	16.812,8	12.964,4
Učešće %	<b>1,98 %</b>	<b>1,71 %</b>	<b>1,70 %</b>	<b>1,76 %</b>	<b>1,65 %</b>	<b>1,62 %</b>	<b>1,59 %</b>	<b>1,49 %</b>	<b>1,51 %</b>	<b>1,48 %</b>	<b>1,58 %</b>
Indeksi indust. proizv. -vađenje rude i kamena	9,9%	-9,2%	-2,5%	5,1%	1,3%	3,4%	4,9%	-0,2%	4,5%	-4,3%	6,9%
Industrijski proizvodi (.000 tona)											
-ugalj	32.557	31.049	31.622	34.006	34.786	35.635	37.391	37.658	39.187	38.814	*
-rude metala	13.610	7.654	8.252	5.994	5.606	6.167	5.947	7.065	8.882	10.239	
-ruda nemet. i kamena	-	-	-	-	-	-	18.536	12.341	11.011	---	
-Ukupno zaposleni (preduzeća, ustanove i organizacije.)	-	-	1.458.645	1.611.632	1.580.140	1.546.471	1.471.750	1.432.851	1.428.457	1.396.792	*
-vađenje ruda i kamena -udeo %			33,615	32,881	32,120	30,552	28,664	23,498	23,317	22,287	
			<b>2,3 %</b>	<b>2,1 %</b>	<b>2,0 %</b>	<b>1,9 %</b>	<b>1,95 %</b>	<b>1,64 %</b>	<b>1,63 %</b>	<b>1,59 %</b>	
-Prosečne bruto zarade u rud.	2.391	13.102	18.538	22.091	26.352	30.745	38.992	48.938	55.835	61.226	
-Prosečne neto zarade u rud.	(5.573)	-	-	15.373	18.113	20.989	26.739	34.818	39.729	43.650	*
-Indeks nominalni	-	-	-	18,9%	19,3%	16,7%	26,8%	25,6%	14,0%	10,0%	
-Indeks realni	-	-	-	8,2%	7,1%	0,4%	13,5%	17,4%	0,4%	1,3%	

\* prva 3 kvartala za 2010. godinu

<sup>10</sup> Pogledati: Istraživanje korupcije u rudarstvu <http://pubs.iied.org/G00949.html>, Ian E. Marshall; **A Survey of Corruption: Issues in the Mining and Mineral Sector**; MMSD - Mining, Minerals and Sustainable Development; No 15, November 2001



Iz ovoga se vidi da geološki potencijal i rudarstvo jesu značajni za ekonomski i društveni razvoj mnogih zemalja i da su mineralne sirovine bitne za savremeni način života, ali se kod nas nameće pitanje sa kakvom pažnjom i pozornošću se na njega osvrćemo.

Kada danas, posle više od 170 godina zanavljanja rudarstva na teritoriji Srbije, pomenete sagovorniku rudarstvo u Srbiji i kako ga treba jačati, ulagati i modernizovati, morate biti spremni i na njegovu negativnu reakciju i odmahivanje rukom. Problem je kad su među njima i oni koji donose odluke, a često su to predstavnici politike, koji obično nisu detaljnije upućeni ili su tu iz nekog drugog razloga. Običnim građanima nije zameriti, oni su konstantno okruženi ekonomskim bajkama.

Odredene banke i investicioni fondovi, kao i velike multinacionalne kompanije kruže po svetu u potrazi za lokacijama tj. državama gde postoje atraktivni rudarski projekti koji dodatno privlače boljim uslovima: nižom cenom rada, manjim rizicima, manjim porezima i što većim stimulacijama za investitore. U takvoj tržišnoj utakmici, i pored nepoverljivosti pojedinaca, interesnih grupa ili političara o mogućnostima razvoja rudarstva u Srbiji, investitor dolazi baš kod Nas, jer baš Mi imamo ekonomski isplativo ležište potrebne mineralne sirovine i imamo potrebne komparativne prednosti koje mnoge zemlje priželjkuju. Šta ćemo baš Mi da uradimo u tom slučaju? Da li i onda treba da tražimo odgovore puštajući da potencijalni investitori šetaju od vrata do vrata institucija ove zemlje dok se ne umore i ne odustanu ili ćemo da ih na pravi način vodimo i usmeravamo? Jasno je da nemamo definisanu strategiju razvoja, povoljan institucionalni okvir i zakone kada je rudarstvo u pitanju ali je i vidljivo da svaka politička stranka vuče ka svom resoru bez jasnog zajedničkog koncepta i koordinacije iako je sve krenulo od političkih programa i konsenzusa kada se Vlade prave.

Na osnovu negativnog trenda koje rudarstvo u Srbiji doživljava jasno se pokazuje da to državu mnogo ne uznemiruje. Broj direktno zaposlenih u rudarstvu se smanjio za više od 10.000 hiljada u poslednjih 5 godina dok život teče od jednih do drugih parlamentarnih izbora, a političke stranke traže projekat za spinovanje kako bi se na njemu marketinški na izborima profitiralo, što je za Srbiju već viđeno.

Ne bih imao ništa protiv da ne jedan nego više rudarskih projekata na taj način i zaživi, jer hteo to neko da prihvati ili ne, danas investiranje u rudarstvo može da predstavlja početnu inicijalnu kapislu da se jedan deo srpske privrede pokrene. Visina investicija može višestruko da premaši do sada sve projekte koji su iz drugih oblasti započeti ili planirani. Perspektivni rudarski projekti postoje, ali njihova perspektivnost direktno zavisi od brzine njihove realizacije i bez podrške i pomoći države oni ne mogu započeti. Ako neko u državi o tome razmišlja, pitanje je koliko će mu dugo trebati da o tome i odluči?

Ako ovome pridodamo i još neke činjenice možda će nam biti jasnije kakva nam je uloga određena.

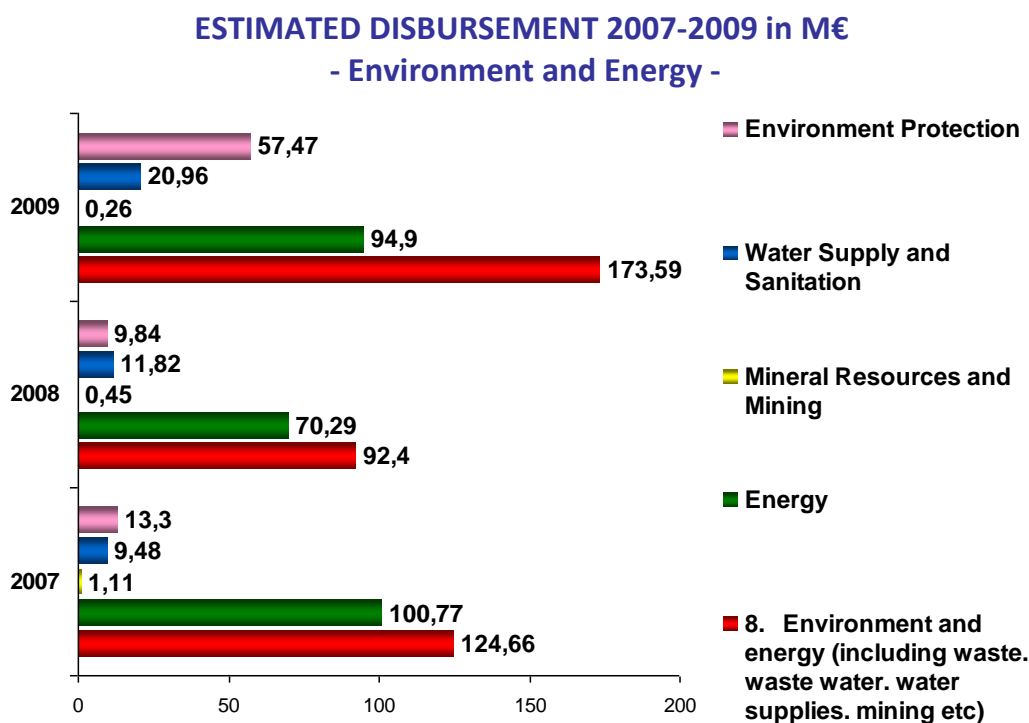
Srbija svake godine priprema dokument o potrebama za međunarodnom pomoći (NAD - NEEDS ASSESSMENT DOCUMENT OF THE REPUBLIC OF SERBIA 2011-2013) koje dostavlja Evropskoj Delegaciji i gde se rudarstvo kao ekstraktivna industrija skoro i ne raspoznaje već se nalazi u okviru jednog Sektora koji objedinjuje Energetiku i Životnu sredinu. Na osnovu njega se predlažu projekti koji su od interesa za finansiranje iz fondova EU. Međutim, i pored višegodišnjeg napora da predloženi projekti budu prihvaćeni i čijom bi se realizacijom pomoglo u institucionalnom jačanju i obezbeđivanju kvalitetnog zakonodavnog i regulatornog okvira za dalje jačanje i razvoj Sektora rudarstva, ostali su bez uspeha, jer za te projekte nije bilo mesta u prioritetima Srbije. Možda odgovore treba tražiti u sopstvenoj kući, ministarstvu, a možda treba preispitati ulogu i odgovornosti NIPAK-a tj, Nacionalnog koordinatora za programiranje IPA fondovima EU koji selektuje i vrši prioritizaciju projekata. Kao rezultat svakako imamo da se na prikazanom grafikonu žuto-zelene obeležje za izdvojena sredstva za rudarstvo u periodu 2007.-2009. skoro i ne vidi, a u 2010. ga i nema.

Rudarstvo balansira između energitike i životne sredine gubeći svoju autonomnost i svrhu, jer je sve podređeno jednim ili drugima, a mnogo se zaboravlja šta sve počiva i bazira dalji rad na osnovu

mineralnih resursa sa kojima ova zemlja raspolaže i koji se u ovoj zemlji eksploatišu. U toj priči se odslivala i nova podela resora i rekonstrukcija Vlade. U njoj se poigravanje sa sudbinom ovog sektora privrede može više poistovetiti sa deljenjem karata „tri pa jedna“ nego sa „energijom“ koja prelazi iz jednog u drugi oblik tj. Ministarstvo i time dobija novu dimenziju i punu afirmaciju.

Ova vrsta retorike je potpuno opravdana, jer ako samo analiziramo da u ukupnom broju ljudi koji rade u državnoj administraciji u Republici Srbiji od oko 28.000 zaposlenih ima ukupno 11 zaposlenih rudarskih inženjera i to zajedno sa republičkim i pokrajinskim sekretarijatom, zajedno analitičara i rudarskih inspektora, zajedno imenovana i lica na položaju sa izvršilačkim radnim mestima, zajedno u različitim sektorima unutar Vlade, samo govori o dosadašnjem odnosu države prema ovoj grani privrede i koliko mu daje na značaju. Pa i jedan fudbalski tim ima 11 igrača, ali ima i klupu za rezervne igrače i trenera i što je najvažnije ima taktiku i plan kako da igra. Ako državna uprava ima svog trenera, koju po prirodi stvari treba da vodi Predsednik Vlade, zbog čega smo toliko marginalizovani?

*Grafik. Procena sredstava odobrenih od EU za energetiku i životnu sredinu u periodu 2007-2009*



### **SOPSTVENI DOPRINOS TRENUTNOJ POZICIJI**

Svakako da treba da se i samokritički osvrnemo na postojeću situaciju. Od momenta kada je državno zakonodavstvo podelilo zakonsku regulativu na dva zakona, sada već davne 1995. godine i to na Zakon o rudarstvu i Zakon o geološkim istraživanjima niko ne bi ni slutio da je time napravljen ozbiljan raskorak u institucionalnom okviru koji definiše ovu oblast, sa mnogo nejasnoća i nedefinisanih stvari gde su danas posledice i više nego primetne.

Naime, preduzeća koja se bave rudarskim i geološkim radovima, a koje odobrava Sektor rudarstva i geologije u okviru nekada Ministarstva rudarstva i energetike, a danas Ministarstva životne sredine, rudarstva i prostornog planiranja i nad njima vrši nadzor, mogu se podeliti u nekoliko grupa i to:

- Preduzeća kojima su odobreni istražni radovi u okviru geoloških istraživanja,
- Preduzeća kojima su data odobrenja za eksploataciju (odobreno eksploataciono polje - EP),
- Preduzeća kojima je na EP odobreno izvođenje rudarskih radova po projektnoj dokumentaciji

Razmatrajući problematiku rada i način funkcionisanja izdvojenih grupa preduzeća, prikazaće se karakteristični problemi koji se mogu javiti kao posledica različitih nepravilnosti.

1. Za grupu preduzeća kojima su odobreni istražni radovi u okviru geoloških istraživanja, preduzeća već u ovoj fazi započinju rudarske radove, pod pravnim okvirom uzimanja tehnološkog uzorka za industrijska ispitivanja. Ne retko, kod odbrana elaborata o izvršenim geološkim istraživanjima i overe rezervi je bilo primetno da su u toku ovih aktivnosti preduzeća i započinjala eksploataciju mineralnih sirovina manjeg obima. Zakonski okvir ne definiše način i mogućnost kontrole količina mineralne sirovine koje se za ove svrhe uzimaju i postoji objektivna pretpostavka da su one, u nekom broju slučajeva daleko veće. Za uzete količine mineralne sirovine u ovom slučaju se ne naplaćuje naknada.

2. Za grupu preduzeća kojima su data nova odobrenja za eksploataciju ili su za stara, zbog vlasničke transformacije preduzeća, izdata rešenja kojima se odobrava nastavak eksploatacije, izdaju se uz uslov da preduzeća moraju da pribave odobrenja za izvođenje rudarskih radova u određenom roku.

U okviru ove grupe mogu da se jave dva problematična slučaja:

1) Preduzeća dobijaju nakon završenog geološkog istraživanja potvrde o rezervama, podnose zahtev uz kompletiranje dokumentacije i odobri im se EP, a zatim se tako zauzeti prostor zadržava bez ozbiljnijih pokušaja da se krene u ozbiljnije rudarske aktivnosti. (npr. traženje „partnera“ kome bi se to dobro naplatilo uz mala ulaganja na početku). Usvojena je mera kroz izmene Zakona o rudarstvu iz 2009. godine da ovaj rok više ne može biti duži od dve godine te se time od Sektora rudarstva i geologije više ne traži da u nedogled produžuje rokove.

2) Preduzeća odmah nakon dobijanja odobrenja za EP nelegalno nastavljaju rudarske aktivnosti bez datog odobrenja za izvođenje rudarskih radova, obično tamo gde su stala u fazi istraživanja. Možda i u dobroj nameri, sa izgovorom da ne treba da se koči privreda, prećutno se prelazi preko toga jer se usvajanjem drugih zakona i neharmonizovanošću sa ZoR dobijanje ostalih dokumenata postaje suviše komplikovano pa je to jedan od načina kako se može pomoći da se nadoknadi izgubljeno vreme na nekom od šaltera državne administracije, što može da se opiše kao „state capture“<sup>11</sup>.

3. Za grupu preduzeća kojima je prethodno dato EP i odobreno izvođenje rudarskih radova po projektnoj dokumentaciji, često je dokumentacija stara, nema inoviranih dokumenata niti upotrebnih dozvola. Za ovaj deo se odgovori nalaze u zakonskom rešenju koje ne prepoznaje vek trajanja projekta iako se on bazira na nekim rezervama mineralnih sirovina koje su davno otkopane, ali i kod rudarske inspekcije koja kontroliše na terenu rad ovih preduzeća, gde se dopušta da projektna dokumentacija bude stara i po 20 i više godina i pored vidljivih promena kako u pogledu mehanizacije, unapređenja načina rada kao i otkopavanja novih rezervi mineralnih sirovina koja ranije nisu bila u sklopu odobrene dokumentacije.

Nelegalna eksploatacija se javlja i kada se na nekoj lokaciji izvode rudarski radovi bez znanja rudarskog organa i gde se na takve lokacije ide tek po prijavi treće strane. Mehanizmi zaštite su u zakonu jako slabo definisani, što bi moralo hitno i uraditi. U delu u kome je nelegalna eksploatacije evidentna, najveća je opasnost kada se za nju zna i ne sprovode se mere radi njenog eliminisanja i uvođenja u legalne tokove ili bi se te mere sprovele na način kako to odgovara pojedincima ili preduzećima. U dosadašnjoj praksi kada su mere i sprovedene, onda nadležni lokalni sudovi presuđuju po nekim drugim propisima, a ne na osnovu kaznenih odredbi Zakona o rudarstvu, te umesto obesrabrujućih imamo kazne kao za nevezan pojas u automobilu.

---

<sup>11</sup> legitimizacija anti-legalnog

Eksploatacija mineralnih sirovina postoji, kao što i nelegalna eksploatacija postoji! Nismo ni prva, a ni poslednja zemlja gde se to javlja. Pitanje je na koji način se protiv toga borimo i da li u tome imamo aktivnu ili pasivnu ulogu.

Od trenutka uspostavljanja naplate naknade od 2007. godine shodno izmenama ZoR iz 2006. godine, gde je uspostavljen način obračuna naknade u zavisnosti od vrste mineralne sirovine, do danas postoji porast broja kompanija koja naknadu plaćaju. Međutim ostaje sporan iznos sredstava koji u tu svrhu u Budžet Republike Srbije nije uplaćivan od onih koji je nisu plaćali sa jedne strane i prihvatanje da se izvršava procentualno plaćanje naknade dela onih koji su plaćali po nekim planskim ili internim cenama preduzeća tj. „da plate koliko žele“, a ne po ostvarenom prihodu kako je zakonom bilo definisano.

Na osnovu detaljne analize može se utvrditi visina izgubljene naknade, pri čemu treba sprovesti prinudnu naplatu prema određenom broju privrednih subjekata za koje se zna da se ne nalaze u opasnoj zoni i nelikvidnosti pa makar to bila i preduzeća u kojima država ima upravljačku funkciju. Da ne bi ispalo da se više kažnjavaju oni koji zakon poštuju od onih koji su na ivici ili sa druge strane zakona, gde kao takvi predstavljaju nelojalnu konkurenciju na tržištu i to možda uz „podršku“ onih koji o njima brinu, potrebno je u što kraćem roku staviti na uvid javnosti sistem naplate naknade i izvršenja naplate za preduzeća koja će se naći na „crnoj“ listi.

### **Ako ne znamo, zašto ne pitamo - ako znamo zašto ne uradimo**

U korišćenju prirodnih resursa, evidentni su sukobi interesa između, u osnovi suprotstavljenih delatnosti: rudarstva i ekologije, rudarstva i gazdovanja šumama i vodama, a koje prati neusklađeno delovanje reprezenata državnih interesa kroz podeljenu nadležnost ministarstava u Vladi, čime se stvara zapostavljenost mineralnog potencijala i resursa.

Da danas imamo Nacionalnu strategiju upravljanja mineralno-sirovinskim kompleksom možda bi smo brinuli zašto smo dali na korišćenje ili rasprodali strateške mineralne sirovine kao što se i dešava u nekim zemljama u okruženju. Ako se pitamo koje su to strateške mineralne sirovine, pa ne znamo – nismo ih još definisali! Dok se u svetu govori o vodi kao o strateškoj sirovini, mi bi smo opravdano rekli - ugalj, a za vodu, naftu i gas se mnogo ne bi osvrtili jer to smo već prodali ili dali na korišćenje.

Kroz politiku upravljanja i Nacionalnu strategiju treba jasno definisati nacionalni interes kada je u pitanju eksploatacija mineralnih sirovina. Dok kroz novi zakonodavni okvir, ne samo što treba transponovati direktive EU, već treba ispraviti greške načinjene u prethodnom periodu i ponuditi nova rešenja kojima će se ubrzati procedure, skratiti postupak i pooštriti kriterijumi i odgovornost, ne ostavljajući time ni malo prostora za rad i funkcionisanje rudarskih i geoloških preduzeća u „sivoj“ zoni. Ako Sektor rudarstva i geologije u okviru organa državne uprave nije taj koji u državi treba da brine o nacionalnom interesu, zakonskim načelima i njihovim sprovođenjem u eksploataciji mineralnih resursa, ko je onda taj koji jeste? Zar to može sa 11 zaposlenih rudarskih inženjera? Da li im broj treba još smanjivati i minimizirati i time dokazati da ne može da bi se onda angažovali i drugi eksperti, koji bi u ime struke ili u ime interesa privatnog sektora pomogli da se napravi odgovarajući zakonski okvir? Gde je tu granica koja razdvaja nacionalni interes od privatnog interesa? Takav način tranzicije, gde se namerno urušava integritet i postojanje institucije tj. organa državne uprave kao što je Sektor rudarstva i geologije i onemogućava njegovo jačanje da radi bolje i efikasnije posao koji mu je Zakonom o ministarstvima poveren, nije zabeležen u zemljama u razvoju. Iz iznetog smatram da se na nivou države svojim (ne)činjenjem više išlo na ruku privatnim interesima, a manje na jačanju sopstvenih institucionalnih kapaciteta koji bi brinuo o daljem razvoju, ali i kontroli u sprovođenju usvojenih zakonskih procedura. A kada i o procedurama pričamo, treba reći da su i one tada kada su i pisane i predlagane, verovatno nisu pravljene simulacije primene ili su preko toga ispoljavani neki drugi „interesi“. Uvek je prisutna „teorija zavere“ u to ne treba sumnjati!

## **ZAKLJUČAK**

Od ključnog značaja za rudarstvo kao ekstraktivnu industriju u Srbiji je da se zaustave negativni trendovi i pravljenja loše slike od onoga što je rudarstvo iza sebe ostavljalo. Dalji razvoj se mora bazirati na racionalnom korišćenju mineralnih resursa gde se politikom razvoja jasno definiše nacionalni interes, strateške smernice, adekvatan regulatorni okvir i instrumente upravljanja.

Pravo je vreme da se uspostavi dijalog sa predstavnicima rudarske privrede u Srbiji i razjasni i postaviti granica između interesa države i interesa privatnog kapitala i o tome napraviti konsenzus. Zato treba i podržati sve napore da se što hitnije izrade novi strateški i zakonodavni okvir, koji će spojiti razdvojeno, pomiriti posvađano, unaprediti unazađeno i time omogućiti ponovo podizanje rudarstva na onaj nivo koji zaslužuje uz obezbeđenje funkcionisanja sistema jednakih šansi i odgovornosti, ali i jačanja kapaciteta Sektora rudarstva i geologije kako bi odgovorio novim izazovima koji se pred rudarsku industriju postavljaju. Međutim, ako postoje indicije ili dokazi za ponavljanjem grešaka i negativnih iskustava drugih zemalja u tranziciji kada je rudarstvo Srbuje u pitanju, potrebno je hitno preduzimati mere za otklanjanje svih uzročnika koji bi mogli da destimulišu ozbiljne investitore, minimiziraju ulogu države i udalje nas od Evropskih pravila, normi i standarda, a sami tim i od kandidature za članstvo u EU.

# **PROSTORNO PLANIRANJE U FUNKCIJI POVRŠINSKIH KOPOVA U RTB BOR**

## **THE INFLUENCE OF OPEN PITS IN RTB BOR ON SPACE PLANNING**

**Predrag Golubović, Dimča Jenić, Miomir Mikić**  
*RTB BOR GRUP, Bor*

### **IZVOD**

Područja eksploatacije mineralnih sirovina podležu po Zakonu o planiranju i izgradnji izradi prostornog plana posebne namene koji mora biti usklađen sa Republičkim prostornim planom. S tim u vezi, na osnovu raznih uticaja rudnika na okolinu, potrebno je definisati zonu sanitarne zaštite koja mora biti u okviru eksploatacionog polja rudnika.

**Ključne reči:** prostorno planiranje, zona uticaja, površinski kop

### **ABSTRACT**

The law of space planning and construction makes obligatory the production of special purpose space plan for the areas of mineral exploitation. This document must be harmonized with the Republic space plan. Therefore, based on various effects that open pits have on the local environment and also the community, it is necessary to define the sanitary zone around open pits which has to be in the inside of exploitation field.

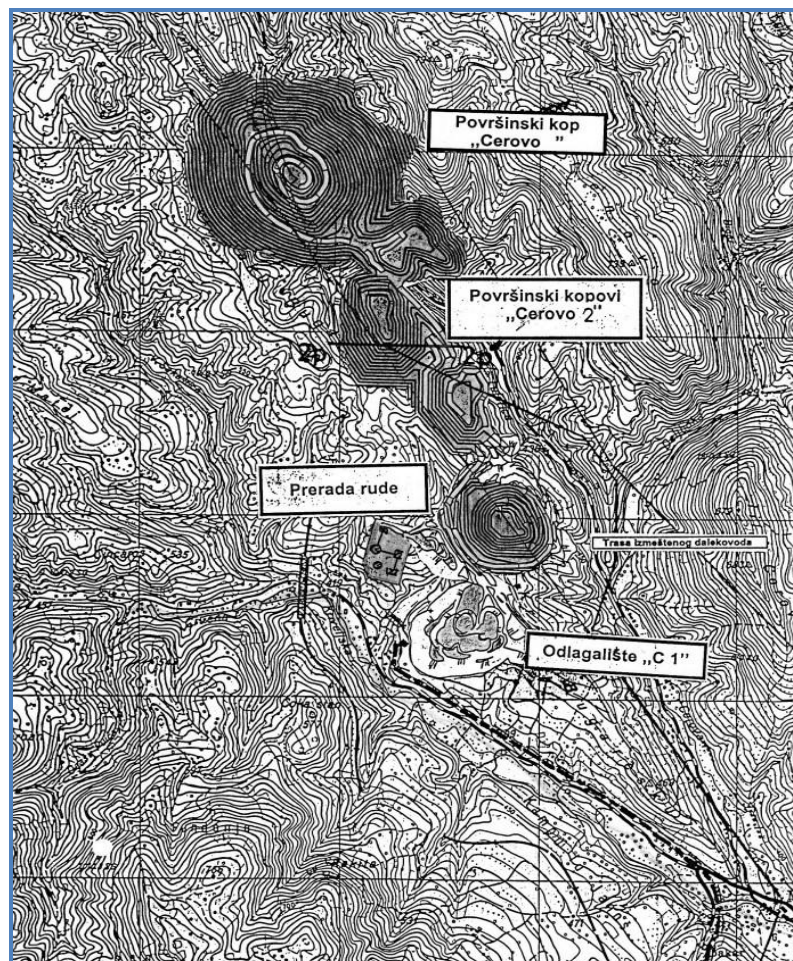
**Key words:** space planning, the area of influence, open pit

### **UVOD**

Po zakonu o planiranju i izgradnji za RTB Bor kao područje eksploatacije mineralnih sirovina neophodna je izrada prostornog plana posebne namene koji mora biti usklađen sa Prostornim planom Republike Srbije. Strateška procena uticaja na životnu sredinu je sastavni deo plana, pa s tim u vezi ovaj rad treba da posluži kao jedna od smernica za izradu prostornog plana posebne namene za područje RTB Bor na lokalitetu Cerovo, razmatrajući uticaj površinskih kopova Cerovo na životnu sredinu.

### **GEOGRAFSKI POLOŽAJ I KRATAK ISTORIJAT PODRUČJA EKSPLOATACIJE**

Površinski kop bakra Cerovo se nalazi u istočnoj Srbiji u blizini Bora i, kao i još nekoliko rudnika na tom lokalitetu, posluje u okviru kompanije RTB – Bor. Ovaj deo Srbije je bogat bakarnim rudama, kao i zlatom, i ima vekovnu rudarsku tradiciju. Lokacije na kojima se otvaraju površinski kopovi C2 i CPD su očuvane i obrasle bukovom šumom.



Slika 1

Na oko 13 km severozapadno od Bora, geološki su utvrđena tri ležišta: „Kraku Bugaresku“ ( sa četiri rudna tela: „Cerovo – Cementacija 1“, „Cerovo – Cementacija 2“, „Cerovo – Cementacija 3“ i „Cerovo – Cementacija 4“ ), „Cerovo – Drenova“ i „Cerovo – Primarno“. Bila je predviđena fazna eksploatacija.

Eksploatacija ležišta Cerovo – Cementacija 1 započeta je tokom 1990. godine radovima na investicionom raskrivanju ležišta, a otkopavanje na rudi započeto je 1993. godine primenom bušačko-minerskih radova i diskontinualnom tehnologijom utovara i transporta. Prerada rude vršena je do nivoa mlevenja, a hidrotransportom je transportovana pulpa ( dužina transporta 14,5 km ) do flotacije u Boru. Krajem 2002. godine proizvodnja je privremeno obustavljena zbog završetka veka ležišta u okviru projektovanih parametara i nemogućnosti daljeg investiranja u otvaranje novog ležišta. U okvirima kompanije RTB-Bor, rudnik bakra Cerovo 1 ima status privremeno neaktivnog rudnika, sa tendencijom revitalizacije istog kao konkurentnog pri novim tržišnim uslovima na svetskom tržištu metala i u planu je početak eksploatacije 2013. godine.

## KOMUNIKACIJA

Na postojećoj lokaciji se nalaze pruga Bor-Majdanpek, visokonaponski dalekovodi i reke Cerova i Valja Mare. Za realizovanje projekta potrebno je izmestiti deo železničke pruge Bor-Majdanpek u dužini od

1200m i železničku stanicu Cerovo, zatim dva dalekovoda i izvršiti devijaciju korita Cerove reke izradom odgovarajućeg tunela kojim će se Cerova reka sprovesti u korito reke Valja Mare. Objekat od posebnog značaja je železnička pruga Beograd-Požarevac-Majdanpek-Bor-Niš koja se, zajedno sa mostom preko koga prelazi pruga i železničkom stanicom Cerovo, nalazi u granicama budućeg kopa Cerovo.

## **UTICAJ POVRŠINSKIH KOPOVA NA ŽIVOTNU SREDINU**

O stvarnom uticaju površinskih kopova na životnu sredinu može da se sazna tek kada je rudnik u radu sa punim kapacitetom ili pri kraju eksploatacije ležišta. S obzirom da su kopovi u fazi projektovanja i da je potrebno predvideti njihov uticaj na životnu sredinu, vrši se prognoza emisije štetnih gasova u životnu sredinu pri tehnološkim procesima dobijanja rude bakra i procenjuju se površine koje se degradiraju. Pri odvijanju tehnoloških procesa dobijanja rude i jalovine na površinskim kopovima, zavisno od faze rada, u radnu sredinu emituju se gasovi koji potiču od energenata primenjenih u procesu proizvodnje i prašina od rude bakra i pratećih stena. Ova zagađenja se u zavisnosti od pravaca dominantnih vetrova iznose u životnu sredinu. Tehnološki procesi na dobijanju rude bakra utiču na zagađivanje atmosfere. Emisija štetnih materija (prašine, gasova) se vrši u atmosferi površinskih kopova, a vetrenim strujama se transportuju i u životnu sredinu. Mogući izvori emisije prašine i gasova su:

- Bušenje i miniranje
- Utovar i transport izminirane jalovine
- Odlaganje jalovine u sušnom periodu na odlagališni plato
- Drobljenje rude

Nivo zagađenja životne sredine pri otkopavanju i drobljenju rude bakra je u zavisnosti od:

- Intenziteta emisije štetnosti
- Klimatskih karakteristika
- Konfiguracije terena
- „Ruže“ vetrova
- Preduzetih mera zaštite u cilju suzbijanja ili smanjenja emisije štetnosti pri tehnološkim celinama i sa degradiranih površina

Uglavnom se prašina emituje kada je suvi period jer je tlo suvo. Vetrovi dodatno podižu tom prilikom prašinu koja se u zavisnosti od veličine čestica taloži bliže ili dalje od emitera u pravcu duvanja vetrova. Pri miniranju rude i jalovine u vrlo kratkom vremenskom intervalu u životnu okolinu dospevaju gasoviti produkti miniranja (sastavljeni od gasova ugljen-monoksida, ugljen-dioksida, azotnih oksida) i mineralna prašina. Utovarom rude i jalovine bagerima kašikarima (na elektromotorni pogon) u radnu i životnu sredinu dospevaju gasoviti produkti miniranja zaostali u prostorima između blokova stena i mineralna prašina. U toku transporta rude do drobilnog postrojenja u radnu i životnu sredinu dospevaju gasovite komponente izduvnih gasova kamiona na dizel pogon (ugljen-monoksid, nitrozni gasovi, sumpor-dioksid) i mineralna prašina koja se podiže sa transportnih puteva pri kretanju kamiona.

Odlaganjem raskrivke stvaraju se gasovi i prašina.

## **MERE ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE OD UTICAJA RUDARSKIH RADOVA**

Zaštita životne sredine od zagađenja sa površinskih kopova i postrojenja za drobljenje rude postiže se primenom kompleksnih mera zaštite u radnoj i životnoj sredini.

- 1) Mere zaštite u radnoj sredini:
  - Na bušenju – održavanje ispravnosti uređaja na bušilici za otprašivanje i aspiraciju materijala iz bušotine i ugrađivanje zavesica na bušilicama za usmeravanje i skladištenje materijala oko bušotine
  - U transportu
- a) smanjenje prašine: polivanje transportnih puteva autocisternama



- b) smanjenje gasova: korišćenje tečnog goriva konstantnog elementarnog sastava, pravovremeno raskrivanje bokova pri proširenju i produbljavanju kopa radi nesmetanog prirodnog provetravanja, kao i dobrom organizacijom rada. Takođe se smanjenje gasova postiže zamenom kamionskog transporta onim sa trakama na električni pogon.
- Na odlaganju raskrivke – odlaganjem raskrivke na već degradirane površine, odnosno u postojeće površinske kopove u kojima je završena eksploatacija
  - Na drobljenju – suvo otprašivanje i mokri postupak za obaranje prašine na presipnim mestima
  - Na odvodnjavanju – odvodnjavanje površinskih kopova, odvod vode do postrojenja za prečišćavanje voda odakle se nakon prečišćavanja, kao vode II klase ispuštaju u vodotok
- 2) Mere zaštite životne sredine
- Određivanje širine zone sanitarne zaštite za površinske kopove
  - Određivanje sigurnosnih zona od uticaja buke, potresa, udarnih talasa i letećih komada od miniranja
  - Određivanje trajektorije zone uticaja rudarskih radova površinskim kopom na nivo podzemnih voda
  - Preduzimanje meliorativnih i bioloških mera na blokiranom zemljištu i rekultivacija degradiranih površina

### **ODREĐIVANJE ŠIRINE ZONE SANITARNE ZAŠTITE U ZAVISNOSTI OD EMISIJE PRAŠINE**

Širina sanitarne zone u pravcu duvanja vetrova određena je na osnovu zbirnih prognoziranih vrednosti emisije prašine nakon primene mera zaštite na kopovima, dužine linijskog izvora prašine, emisije izvora prašine neprekidnog delovanja – tačkastog ili linijskog, eksperimentalnog koeficijenta u zavisnosti od šeme provetravanja kopa i vrste izvora emisije, bezdimenzionog koeficijenta koji karakteriše turbulentnost toka struje u smeru duvanja vetra i srednje brzine vetra. Za određivanje širine zone sanitarne zaštite korišćen je matematički model za linijski izvor emisije i brzine vetrova prikazanih u tabeli 1, a širina zone sanitarne zaštite u pravcima duvanja vetrova prikazana je u tabeli 2.

TABELA 1 – Ruža vetrova

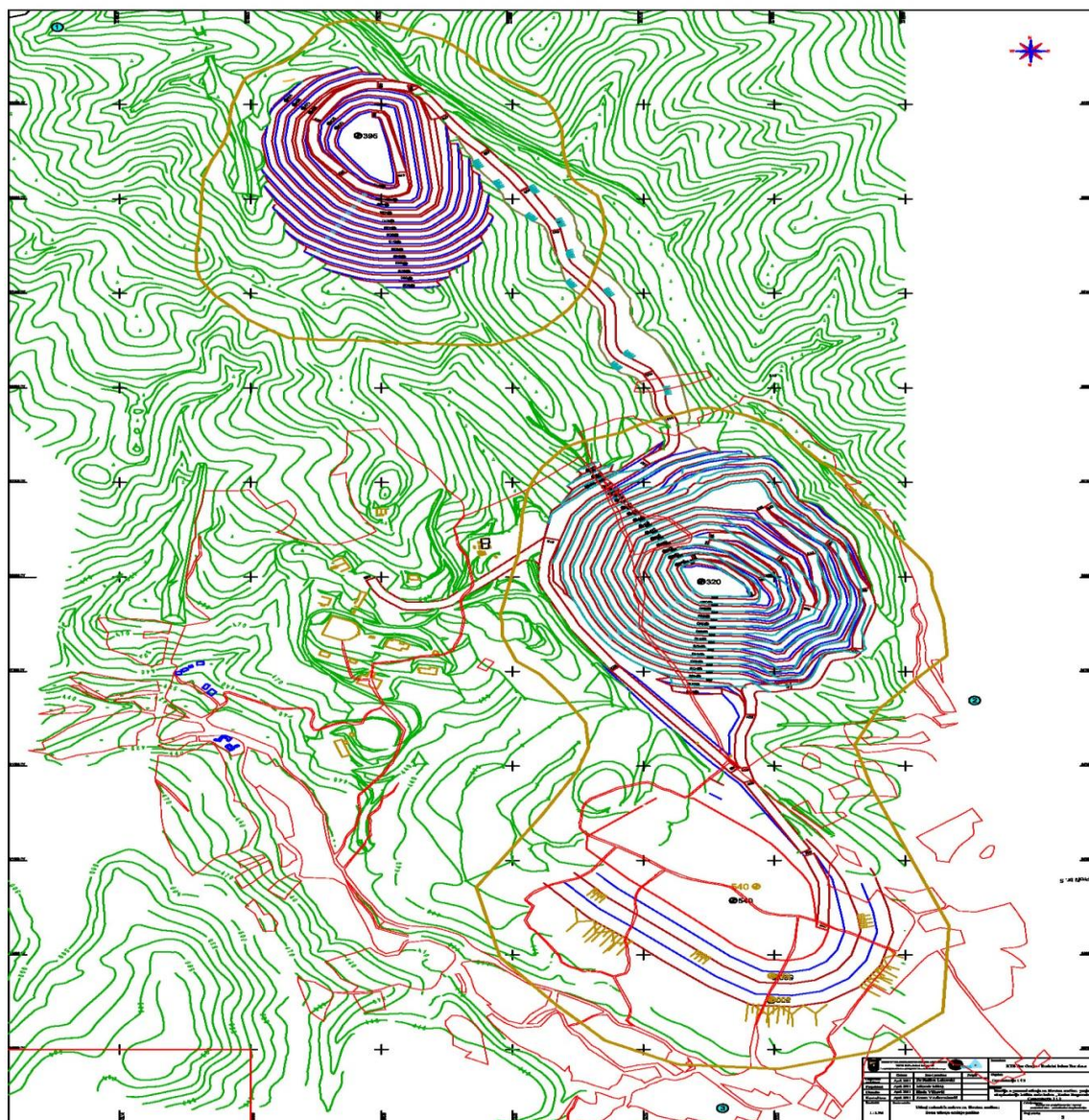
Pravac	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
Č (%)	1	0,4	0,4	4,6	4,2	0,7	0,3	0,2	2,7	0,6	0,3	0,7	4,8	6,8	9,8	1,3	61,2
$v$ (m/s)	1,5	1,7	1,8	1,6	1,6	0,8	0,9	1	1,5	1,2	1,1	1,2	1,8	2,3	2,4	1,8	

TABELA 2 – Širina zone sanitarne zaštite u pravcima duvanja vetrova

Pravac vetra	$v$ (m/s)	$k\Sigma q$ (mg/s)	$\Psi$	L(m)	$C_{MDK}-C_0$	X(m)	U pravcu
N	1,5	12327,6	0,295	460	0,19	318,75	S
NNE	1,7	12327,6	0,305	410	0,19	305,21	SSW
NE	1,8	12327,6	0,310	430	0,19	270,41	SW
ENE	1,6	12327,6	0,300	600	0,19	225,29	WSW
E	1,6	12327,6	0,300	700	0,19	193,10	W
ESE	0,8	12327,6	0,260	1800	0,19	173,30	WNW
SE	0,9	12327,6	0,265	1600	0,19	170,03	NW
SSE	1	12327,6	0,270	1150	0,19	208,96	NNW

S	1,5	12327,6	0,295	400	0,19	366,57	N
SSW	1,2	12327,6	0,280	450	0,19	429,11	NNE
SW	1,1	12327,6	0,275	500	0,19	428,97	NE
WSW	1,2	12327,6	0,280	500	0,19	386,20	ENE
W	1,8	12327,6	0,310	520	0,19	223,61	E
WNW	2,3	12327,6	0,335	550	0,19	153,11	ESE
NW	2,4	12327,6	0,340	580	0,19	137,09	SE
NNW	1,8	12327,6	0,310	450	0,19	258,39	SSE

Izgled zone sanitarne zaštite prikazan je na slici 1.



Slika 1 – Zona sanitarne zaštite u zavisnosti od emisije prašine

**ODREĐIVANJE ŠIRINE ZONE SANITARNE ZAŠTITE U ZAVISNOSTI OD INTENZITETA BUKE**

Nivo buke po mašini prikazan je tabelom 3.

TABELA 3

Redni broj	Merno mesto	Broj mašina u istovremenom radu	Period	Nivo buke (dB)
1	kamion	10	I smena	96
2	bager	2		94
3	buldozer	1		100
4	bušilica	2		90
5	radionica			90
6	dnevni servis			120

Rastojanje od izvora buke na kome je buka manja od 40dB računa se po obrascu:

$$X = \frac{\ln\left(\frac{P_x}{P_0}\right)}{R}$$

Gde su:

X (m) - rastojanje zgrada i javnih objekata od izvora buke

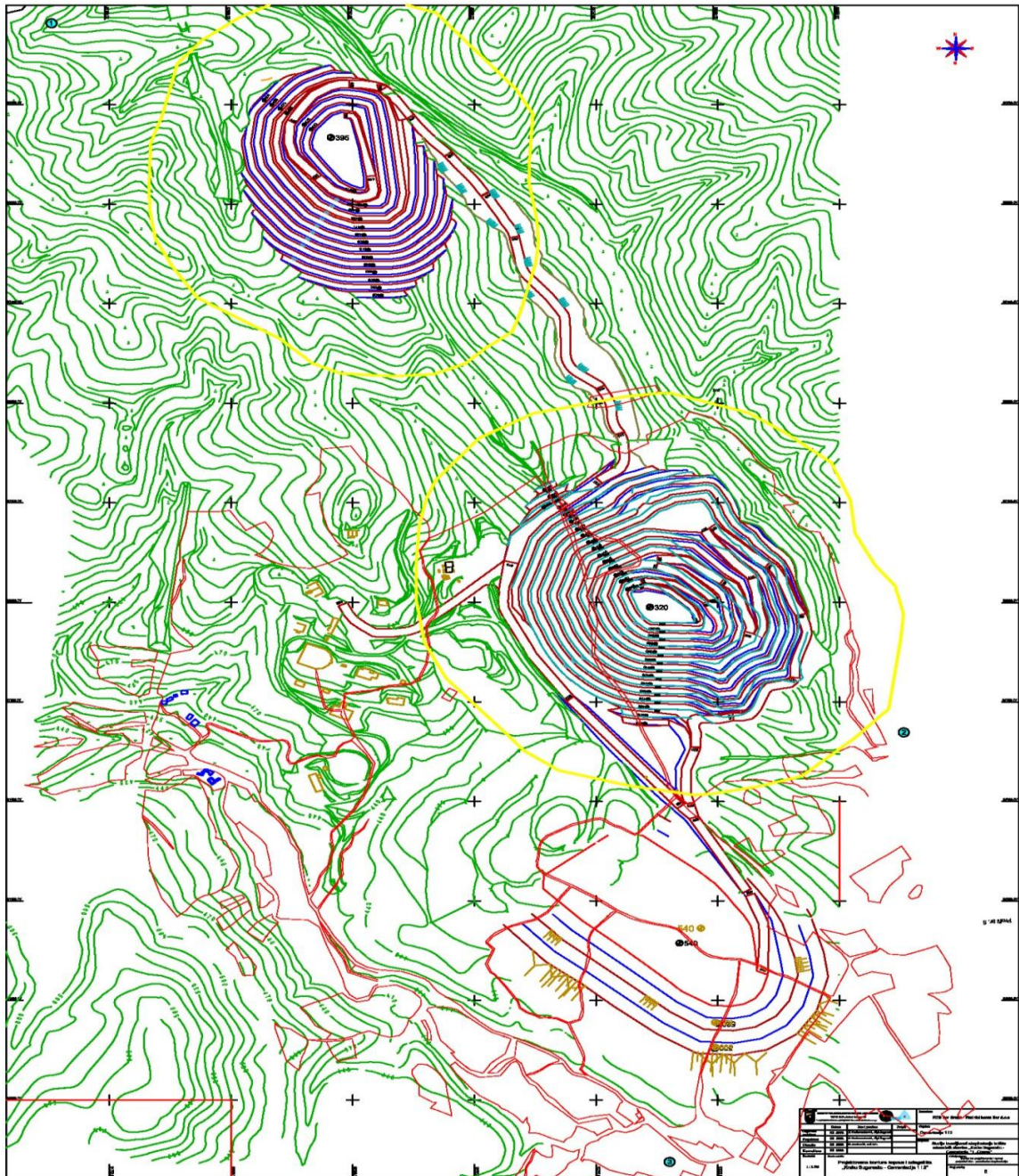
$P_x$  (dB) - nivo buke kod izvora buke ( ukupno u ovom slučaju 1638 dB(A))

$P_0$  (dB) - nivo buke na rastojanju X od izvora buke (40 dB(A))

R - slabljenje zvuka po jednom metru rastojanja od izvora buke u zavisnosti od temperature, relativne vlažnosti vazduha i frekvence zvuka, dobija se sa dijagrama koeficijenta prigušenja zvuka u vazduhu ( za  $\varphi = 71\%$ ,  $\nu = 5000\text{Hz}$ ,  $t = 20^\circ\text{C}$ ,  $R = 0,01$  )

Iz ovoga sledi da je X = 370 m.

Izgled zone sanitarne zaštite prikazan je na slici 2.



Slika 2 – Zona sanitarne zaštite u zavisnosti od intenziteta buke

### ODREĐIVANJE TRAJEKTORIJE ZONE UTICAJA KOPOM NA NIVO PODZEMNIH VODA

Trajektorija krive slobodnog nivoa izdani koja se uspostavlja nakon formiranja depressionog levka, određuje se merenjima na terenu. Međutim, kako su kopovi u fazi projektovanja, trajektorija uticaja površinskih kopova na nivo podzemnih voda može se proceniti ako se pravougli koordinatni sistem postavi sa nulom u tački preseka nepropusnih stena i kosine kopa preko sledeće formule:

$$X = 2 \times \frac{K}{P} \times \ln S, (m)$$

Gde su:

K – koeficijent filtracije ( prema proceni 15m/dan)

P – poroznost stena ( prema proceni P = 0,40)

S – visina sniženja nivoa vode (m), S = H – h

H – dubina vodonosnog horizonta do presečne tačke kosine kopa, H = 435 m

h – visina etaže koja može biti potopljena, h = 15 m

S = 435 – 15 = 420 m

Iz ovoga sledi da je domet uticaja depresije (otkopnog prostora površinskog kopa) na životnu sredinu, odnosno širina pojasa gde se može očekivati promena ekoloških faktora oko površinskog kopa i flore zbog isušivanja tla iznosi:

$$X = 453 \text{ m.}$$

### **UTICAJ EKSPLOATACIJE NA DRUŠTVENU ZAJEDNICU**

Eksploatacija rude bakra na području Cerova će višestruko uticati na društvenu zajednicu, kako na socijalnu strukturu, tako i na kategorizaciju i izmenu strukture zemljišta, kao i infrastrukturno, izmeštanjem javnih i ostalih objekata iz zone uticaja. Sa primenom mera zaštite imaće pozitivan uticaj na socijalnu društvenu zajednicu u smislu otvaranja novih radnih mesta, čime se stiče ekonomska sigurnost za mnoge porodice, što zaustavlja migraciju stanovništva iz ovoga kraja. Zemljište iznad ležišta bakra u Cerovu se kreće od IV do VIII bonitetske klase i najvećim delom je pod bukovom šumom. Nakon eksploatacije je neophodno izvršiti biološku rekultivaciju.

Cena otkupa zemljišta za potrebe otvaranja rudnika iznosi oko 1.000.000€.

Od javnih objekata je potrebno izmestiti železničku stanicu Cerovo ().

Od infrastrukturnih objekata je neophodno izmestiti prugu Bor-majdanpek u dužini od 1200m i dva visokonaponska dalekovoda ( 1.017.000€).

### **ZAKLJUČAK**

Ovim radom je na primeru rudnika Cerovo prikazan kompleksan uticaj eksploatacije rudnika na životnu sredinu i društvenu zajednicu. Kao takav, rad treba da posluži kao smernica za izradu prostornog plana posebne namene za ovo područje. Imajući u vidu visinu navedenih investicija, ne treba posebno naglašavati od kolikog je značaja pravilno definisanje zone uticaja, odnosno zone sanitarne zaštite kako bi i potrebna ulaganja, ali i uticaj na životnu sredinu, bili svedeni na minimum.

### **LITERATURA**

- 1) Studija izvodljivosti kombinovane eksploatacije rude bakra na ležištima Kraku Bugaresku Cementacija i Cerovo, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, 2009.godine
- 2) Studija o proceni uticaja na životnu sredinu projekta eksploatacije ležišta rude bakra Kraku Bugaresku – Cementacija 1 i 2, Institut za Rudarstvo i Metalurgiju Bor, april 2011
- 3) Zaštita životne sredine od rudničkih voda površinskog kopa Cerovo, Dimča Jenić, Predrag Golubović

## **NOVI ZAKONSKI PROPISI SISTEMA OSMATRANJA I OBAVEŠTAVANJA DEPONIJA JALOVINA**

**Jovan Kon, Miroslav Crnčević**  
*Institut Mihajlo Pupin – Beograd*

### **Uvod**

Stupanjem na snagu **Zakona o vanrednim situacijama**, (Sl. glasnik RS. broj 111., od 29. 12. 2009. godine), Sistemi osmatranj, ranog upozoravanja, obaveštavanje i uzbunjivanje prešli su u nadležnost Ministarstva unutrašnjih poslova Vlade Republike Srbije. Ovim zakonom i podzakonskim aktima, koji će se doneti, utvrđuju se delovanje, proglašavanje i upravljanje u vanrednim situacijama, odgovorni subjekti sistema, nadležnosti državnih organa, prava i dužnosti građana, privrednih društava, drugih pravnih lica i preduzetnika u vezi sa vanrednim situacijama, učešće odgovornih subjekata sistema, organizacija i delatnost civilne zaptite, finansiranje, inspekcijski nadzor, međunarodna saradnja i druga pitanja od značaja za organizovanje i funkcionisanje sistema zaštite i spasavanja. Danom donošenja ovog zakona prestele su da važe određene odredbe ranije donetih zakona: Zakona o odbrani, Zakona o zaštiti od požara i Zakona o zaštiti od elementarnih i drugih većih nepogoda. Propisi doneti na osnovu zakona koji prestaju da važe danom početka primene ovog zakona, primenjivaće se do donošenja novih propisa ukoliko nisu u suprotnosti sa odredbama ovog zakona (citirajući člana 149.-og **Zakona**).

### **Visoke brane**

Visoke brane definisane su važećom Uredbom o organizovanju i radu službe osmatranja i obaveštavanja (Službeni list SRJ. broj 54 od 08. 07. 1994. godine) i u nacrtu Uredbe o organizaciji i funkcionisanju sistema osmatranja, ranog upozoravanja i uzbunjivanja. Ista definicija navedena je i u nacrtu nove Uredbe, koja treba da bude donesena, a definicija za visoke brane glasi:

Član 12. Uredbe i Član 14. nacrtu Uredbe

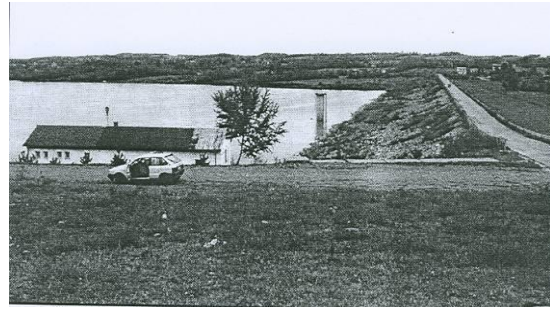
Visokim branama, u smislu ove uredbe, smatraju se brane čija je građevinska visina veća od 15 metara, kao i brane više od 10 metara ako im je dužina u kruni veća od 500 metara, ili ako je količina vode u akumulaciji veća od 1.000. 000 metara kubnih, odnosno ako je na profilu brane maksimalni protok ispuštene vode veći od . 2.000 metara kuni u sekundi. Visokim branama se smatraju i druge brane, izgrađene stepenasto u nizu, ili brane koje se nalaze uzvodno od naseljenih mesta. Ministarstvo nadležno za poslove vodoprivrede vodi evidenciju o visokim branama.

Član 13. Uredbe i Član 15. nacrtu Uredbe

Pod deponijama jalovine, u smislu ove uredbe, podrazumevaju se brane sa akumulacionim basenima formiranim za odlaganje jalovine dobijene raznim rudarskim ili industrijskim procesima. Ministarstvo nadležno za poslove rudarstva i energetike utvrđuje spisak deponija jalovine. U nastavku date su fotografije brana HE: Đerdap I “Paljuvi viš”.



HE Đerdap



Brana "Paljuvi viš"

### **Izvod iz Zakona o vanrednim situacijama**

#### **Subjekti sistema zaštite i spasavanja**

##### Član 4.

Subjekti sistema zaštite i spasavanja su:

1. Organi državne uprave, organi autonomne pokrajine i organi jedinica lokalne samouprave;
2. Privredna društva, druga pravna lica i preduzetnici ...
3. Građani, grupe građana, udruženja, profesionalne i druge organizacije.

Subjekti iz stava 1. ovog člana obezbeđuju izgradnju jedinstvenog sistema zaštite i spasavanja na teritoriji Republike Srbije,.....

#### **Prava i dužnosti privrednih društava i drugih pravnih lica**

##### Član 16. stav 4.

Za pripremu privrednih društava i drugih pravnih lica za zaštitu i spasavanje od elementarnih nepogoda i drugih nesreća odgovoran je rukovodilac privrednog društva, odnosno rukovodilac drugog pravnog lica.



Uzbunjivanje stanovništva i drugih učesnika sistema zaštite i spasavanja u cilju hitnog preduzimanja mera i zadataka civilne zaštite vrši se putem sistema za uzbunjivanje u skladu sa ovim zakonom.

**Sistemi osmatranja, ranog upozoravanja, obaveštavanja  
i uzbunjivanja**

Član 103.

Osnovni zadatak sistema osmatranja, ranog upozoravanja, obaveštavanja i uzbunjivanja je otkrivanje, praćenje i prikupljanje podataka o svim vrstama opasnosti koje mogu ugroziti ljude, životnu sredinu, materijalna i kulturna dobra....

Član 106.

Elektroprivredna, vodoprivredna i druga privredna društva koja koriste hidrosisteme, dužna su da obezbede blagovremeno obaveštavanje i uzbunjivanje stanovništva o opasnostima izazvanim hidrosistemima koja koriste. Subjekti iz stava 1. ovog člana dužni su da svojim sredstvima izgrade, dograde i održavaju sisteme za obaveštavanje i uzbunjivanje, odnosno da se uključe u Sistem za uzbunjivanje u Republici.

Član 109. stav 4.

Bliže propise o organizaciji i funkcionisanju sistema obaveštavanja, ranog upozoravanja, obaveštavanja i uzbunjivanja donosi Vlada.

**Izvod iz nacrta Uredbe o organizaciji i funkcionisanju sistema osmatranja, ranog upozoravanja, obaveštavanja i uzbunjivanja**

Član 4.

Služba 112 obezbeđuje funkcionalnu integraciju subjekata sistema osmatranja, ranog upozorenja i uzbunjivanja.

Službu čine:

- 1) Nacionalni centar 112
- 2) Operativni centri 112
- 3) Osmatračke stanice
- 4) Sistem javnog uzbunjivanja....

Član 13.

Elektroprivredna i vodoprivredna pravna lica i druga pravna lica koja koriste hidrosisteme i akumulacija jalovina (udaljem tekstu: korisnici visokih brana) dužni su da svojim sredstvima izgrade, dograde i održavaju sopstvene sisteme osmatranja, ranog upozoravanja, obaveštavanja i uzbunjivanja nizvodno od brana i da preko nacionalnog i operativnih centara 112, obezbede blagovremeno obaveštavanje i uzbunjivanje stanovništva na ugroženim područjima i da svojim sredstvima pružaju pomoć u ..... .  
Saglasnost korisnicima brana na projektu dokumentaciju sistema osmatranja, ranog upozoravanja, obaveštavanja i uzbunjivanja daje nadležna služba.

Član 15.

Pod deponijama jalovine u smislu ove uredbe podrazumevaju se brane sa akumulacionim basenima formiranim za odlaganje jalovine dobijene raznim rudarskim i industrijskim procesima.  
Ministarstvo nadležno za poslove rudarstva i energetike utvrđuje spisak deponija jalovina.



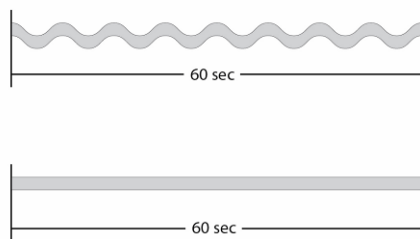
## Znaci za uzbunjivanje

### Član 21

Znaci za uzbunjivanje emituju se javnim sirenama, i to:

- 1) za „opštu opasnost“ signal se emituje zavijajućim tonom neprekidno 60 sekundi;
- 2) za „prestanak opasnosti“ signal se emituje jeednoličnim tonom u ukupnom trajanju od 60 sekundi. .

Znak za uzbunjivanje koji se upotrebljava za prestanak opasnosti, kada se proceni da su sve opasnosti za stanovništvo prestale, znak se upotrebljava i za potrebe ispitivanja ispravnosti sistema za javno uzbunjivanje. Signail se emituju neprekidno zavijajućim ili jednoličnim tonom 60 sekundi



## ZNAČAJNE IZMENE

1. Uvode se Operativni centri 112, umesto dostadašnjih gradskih i opštinskih centara za OiO
2. Znaci za uzbunjivanje stanovništva se menjaju: Umesto 6 znakova, sada se uvode samo dva: OPŠTA OPASNOST i PRESTANAK OPASNOSTI

## Taktičko-tehnički zahtevi

Javno uzbunjivanje obavlja se sa osnovne lokacije Nacionalnog i operativnih centara 112. Pri izgradnji javnog sistema uzbunjivanja potrebno je obezbediti nivo zvuka servisne zone sirene za gradsko područje 74 dB, a za seosko područje 60 dB. Elektronska oprema koja se koristi za izgradnju sistema javnog uzbunjivanja mora da omogući pouzdan rad u svim klimatskim uslovima na teritorije Republike Srbije:

- za unutrašnju montažu -5 do +45 C, relativna vlažnost 100%
- za spoljašnju montažu u metalnim ormanima od -15 do +55 C, relativna vlažnost 100%
- za spoljnu montažu od -25 do +55 C, relativna vlažnost 100%

**Oprema mora da poseduje atest ovlašćene ustanove.**

## REALIZACIJA OPREME SISTEMA INSTITUTA "MIHAJLO PUPIN" POČETAK PROJEKTA

1986 Elektroprivreda Republike Srbije donela odluku da finansira razvoj Sistema za osmatranje i obaveštavanje stanovništva u području koje može biti ugroženo poplavnim talasom, ali kao deo opšteg sistema za obaveštavanje i uzbunjivanje. Kao nosilac razvoja odabran je Institut "Mihajlo Pupin", koji je imao dvostruku ulogu, kao rukovodilac i koordinator celog projekta i kao nosilac razvoja sistema za daljinsko aktiviranje elektronskih alarmnih sirena.

## **ZAVRŠETAK RAZVOJNOG PROJEKTA**

Godine 1988 je razvojni projekat završen. Godine 1989 je izvršeno probno ispitivanje celog sistema u Nikincima, a potom je 1990 godine izvršeno ispitivanje opreme na klimamehaničke uslove i tehničke karakteristike i u T.O.C.-u Vojske Jugoslavije . i dobijen je atest

### **ATESTI:**

- U toku razvoja opreme za OiO izvršeno je atestiranje Sistema za Daljinsko Aaktiviranje Sirena (DAS) i dobijen pozitivan Izveštaj o proveru deklariranih karakteristika sistema DAS - Izveštaj TOC-12-23031 od 16.04.1991 godine.
- Prethodno je atestirana Elektronska Alarmna Sirena EAS-LR i dobijen pozitivan Izveštaj o verifikaciji deklaracije uzorka – Izveštaj TOC-12-22855 od 26.01.1990.

## **NASTAVAK RAZVOJA I USAVRŠAVANJE OPREME SISTEMA OIO**

Nakon 2000-te godine Institut "Mihajlo Pupin" je odlučio da inovira svoje rešenje iz 1990-tih i razvio je kompletno nov sistem za daljinsko aktiviranje alarmnih elektronskih sirena, koji se nalanjao na već postojeći i široko korišćen SCADA programski paket za nadzor i upravljanje elektroenergetskim objektima. Takođe je korišćen hardver postojeće familije ATLAS koji se koristi kao spoljna stanica (RTU) za prikupljanje signala i merenja i izdavanje daljinskih komandi. Elektronska alarmna sirena je takođe inovirana, pretežno u elektronici. Institut je zatim počeo da se ozbiljnije bavi i projektovanjem ovih sistema, i to izradom Idejnih i Glavnih projekata.

## **REALIZOVANI PROJEKTI I SISTEMI REALIZOVANI SISTEMI U PERIODU OD 1988 DO 1991**

Prvi sistemi OiO realizovani su kasnih osamdesetih i ranih devedesetih godina prethodnog veka, i to za visoke brane i hidroakumulacije, ali je zatim zbog poznatih događanja u našoj zemlji došlo do zastoja dalje realizacije.

- U toku razvoja sistema, odnosno 1987 realizovan je prvi sistem za daljinsko aktiviranje alarmnih sistema u Užicu, gde su korišćene postojeće pneumatske sirene (uz dodatak posebnog izlaznog stepena na perifernu opremu).
- 1989 realizovan je drugi sistem za potrebe HE "Bajina Bašta" sa opštinskim centrom, podcentrom na brani i tri alarmne stanice (I faza).
- 1989 godine realizovan sistem za HE "Đerdap" sa opštinskim centrom, podcentrom na brani i jednom alarmnom stanicom.
- 1989 godine realizovan sistem za Rudnik u Gornjem Milanovcu, sa opštinskim centrom, podcentrom na brani i tri alarmne stanice.
- 1990 godine realizovan sistem u REIK Bitola, Republika Makednija.

Većina ovih sistema je zapuštena, osim sistema u HE Bajina Bašta, koji je u međuvremenu inoviran, ni jedan nije u funkciji.

## **REALIZACIJA NOVIH SISTEMA OD 2000 DO DANAS**

Nov sistem je nakon završetka razvoja ponuđen tržištu i krenula je njegova implementacija. U periodu posle 2000-te godine realizovani su sledeći sistemi.

- 2005 godine realizovana je alarmna stanica za potrebe HE "Višegrad", na kruni brane HE "Višegrad".
- Krajem 2006. godine ugovoren je, a u 2007 godini realizovan Sistema OiO za branu "Prvonek" – Vranje, koji se sastoji od opreme za Opštinski centar za OiO u Vranju, opreme za podcentar na brani "Prvonek" i 10 alarmnih stanica nizvodno od brane. Komunikacija između Centra, Podcentra i alarmnih stanica je preko UHF radio stanica. Kao rezervni prenosni put je predviđena veza preko Wireless računarske komunikacije.
- 2006 godine ugovoren je i urađen Idejni projekat Sistema OiO za brane HE na Trebišnjici, HET - Trebinje, Republika Srpska. Komunikacija između Centra, podcentra i As je UHF radio veza, a kao rezervni prenosni put WiFi mreža.
- 2007. godine ugovoreno je i realizovano proširenje Sistema OiO za potrebe HE "Višegrad" . Isporučen je podcentar na brani i alarmna stanica u gradu Višegradu. Komunikacija je ostvarena preko TT parica, GPRS veze, a potom je ugovoreno dalje proširenje Sistema OiO za HE "Višegrad" sa tri nove alarmne stanice nizvodno od brane. Komunikacija proširenog sistema je realizovana preko UHF radio veza.
- U 2007 godini je na osnovu Idejnog projekta ugovoren i završen Glavni projekat Sistema OiOU za HET "Trebinje.
- U 2007 godini urađeni su Idejni projekti za svih 6 brana PD Hidroelektrane Đerdap (Đerdap -1 adaptacija, i novi sistemi za Đerdap-2, Zavoj, Vrla 1, Vrla 2 i PAP Lisina).
- U 2009 godini ugovorena je delimična realizacija Sistema OiOU za HET Trebinje (Faza I) koja se sastoji od Centra, podcentra i 10 alarmnih stanica. Komunikacija je preko UHF radio mreže, "wireless" računarske radio mreže i GPRS modema. Sistem je završen i pušten u rad u toku 2010 godine.

#### **SISTEMI O.i O. KOJI SU TRENUTNO U FAZI REALIZACIJE I NUĐENJA**

- U 2009 godini ugovorena je realizacija Sistema OiOU za branu Rovni kod Valjeva. Sistem se sastoji od Centra, dva podcentra i 25 alarmnih stanica. Počela je realizacija ovog ugovora., Trenutno je urađena I faza koja se sastoji od Centra, podcentra i 3 alarmne stanice. Oprema je proizvedena , ali još nije puštena u rad.
- U 2009 godini ugovoren je i završen Glavni projekat Sistema OiOU za termoelektranu Gacko u RS u BiH. Projekat je završen i predat, i uspešno završena njegova revizija. Očekuje se raspisivanje tendera, ugovaranje i isporuka Sistema OiOU.
- U junu 2010 ugovorena je izrada Idejnog projekta za rekonstrukciju ranije isporučenog sistema OiO za Rudnik u Gornjem Milanovcu, sa opštinskim centrom u Gornjem Milanovcu, podcentrom na brani i tri alarmne stanice. Projekat je završen i predat. Očekuje se realizacija ove rekonstrukcije u toku 2011 godine.
- U 2010. godini ugovoreni su, završeni i predati Glavni projekti za brane "Bovan" kod Aleksinca i "Barje" kod Leskovca. .
- U 2010 godini je ugovoren prvi izvozni posao. Na međunarodnom tenderu je dobijen posao i potpisan ugovor za isporuku 15 alarmnih stanica snage 115 dBm za potrebe Ministarstva odbrane Alžira. Realizacija je u toku, isporuka je planirana do kraja aprila meseca 2011 godine.
- U januaru 2011 je dogovorena realizacija Faze II za HET Trebinje koja se sastoji od isporuke i povezivanja narednih 10 alarmnih stanica, kao proširenje već puštenog u rad sistema OiOU.

SLIKE OBJEKATA SA INSTALIRANOM OPREMOM SISTEMA OIO INSTITUTA "MIHAJLO PUPIN"



Zvučnička skupina na upravnoj zgradi brane "Prvonek" - Vranje



Alarmna stanica na objektu

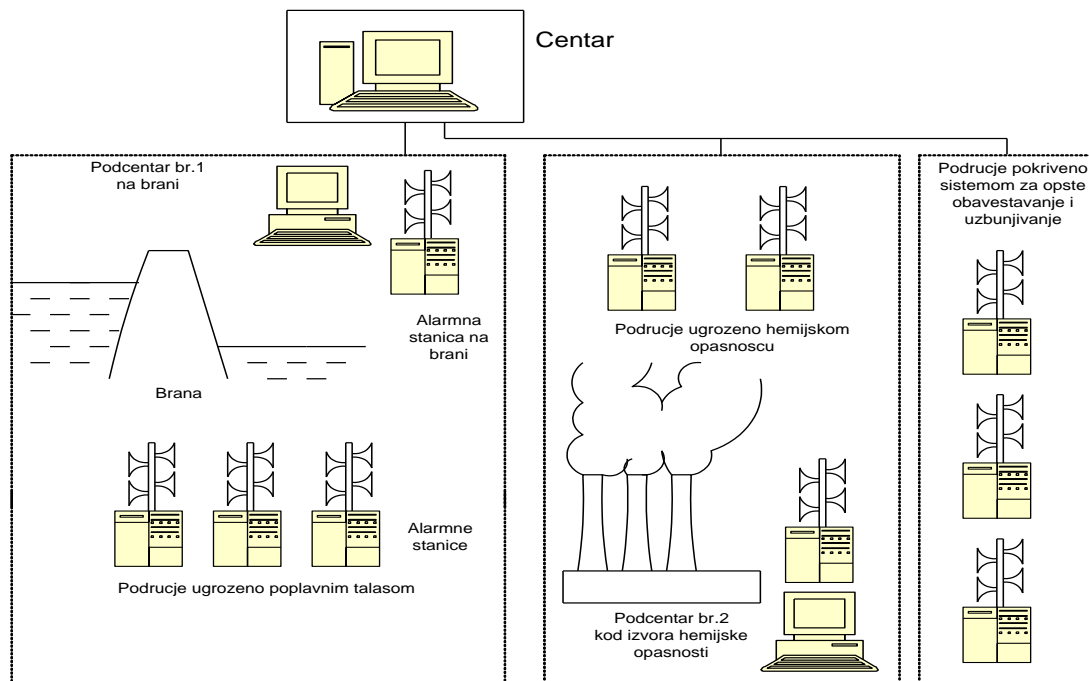


Montaža zvučničke skupine

Zvučnička skupina na upravnoj zgradi HET



**Blok šema tipičnog Sistema OiO , koji se sastoji od Operativnog centra sistema, podcentra na brani i alarmnih stanica**



**OPREMA SISTEMA**

Oprema koja čini Sistem za osmatranje, obaveštavanje i uzbunjivanje se može podeliti na sledeće funkcionalne celine:

- **Podsistem za daljinsko aktiviranje sirena**, koji se sastoji od :
  - Centralnog uređaja
  - Uređaja podcentra
  - Perifernog uređaja

Podsistem kao celina, obezbeđuje daljinsko aktiviranje elektronskih alarmnih sirena i nadzor nad radom sistema u celini.

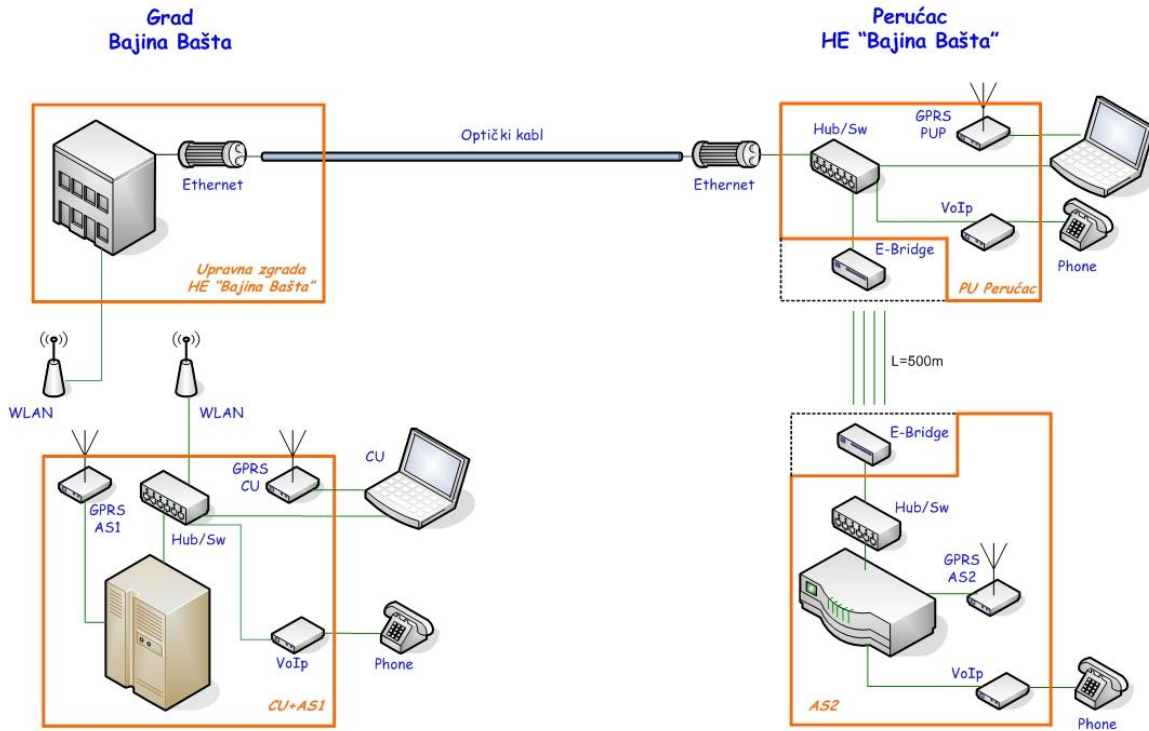
- **Elektronska alarmna sirena**, je izvršni elemenat sistema koja obezbeđuje pored osnovne funkcije, a to je emitovanje odgovarajućeg znaka uzbune, i mogućnost emitovanja govorne poruke (iz Centra, ili lokalno).
- **Sistem besprekidnog napajanja**, koji obezbeđuje funkcionisanje Sistema u vanrednim prilikama i otežanim uslovima kada ne postoji napajanje iz mreže, bilo zbog lokalnog kvara ili generalnog ispada elektroenergetskog sistema.

**Telekomunikaciona oprema**

- TELECOM veze, ili sopstvene TT parice
- Standardne VHF, ili UHF radio stanice

- Wireless računarska mreža
- Optički kablovi
- GPRS modemi – kao rezervni prenosni put

Telekomunikacioni sistem realizovan za potrebe Sistema OiO za HE Bajina Bašta



SISTEM OIO HE "BAJINA BAŠTA"

TEHNIČKE KARAKTERISTIKE OPREME SISTEMA O I O INSTITUTA "MIHAJLO PUPIN"

**Alarmni signali**

6 osnovnih (prema JUS Z.F1.002) i

2 rezervna

**Osnovna frekvencija signala**

300 do 3000 Hz, podesiva

**Devijacija frekvencije**

$\pm 50$  do  $\pm 250$  Hz, podesiva

**Trajanje ciklusa zavijajućeg tona**

$4 \pm 0,5$  s

**Prenos govora**

Preko lokalnog mikrofona ili iz centra u opsegu od 300 do 3500 Hz

**Izlazna snaga pojačavača**

max 1200W

**Aktiviranje alarma**

lokalno ili daljinsko

**Daljinsko komandovanja:**

ručno i/ili automatski, selektivno: pojedinačno i/ili grupno

**Telekomunikacione veze:**

Standardna telefonska linija (iznajmljena, ili komutirana), optika,  
VHF ili UHF radio veza, Wireless računarska komunikacija, GPRS modem

**Nivo zvučnog pritiksa (na 30 m, rastojanja od sirene)**

115 dB (C) pri kružnoj karakteristici usmerenosti

122 dB (C) pri uglu zračenja od 90° u horizontalnoj ravni

**Napajanje**

Iz baterija sa automatskim dopunjavanjem

Baterije olovne 48 V = (4 x 12 V)/ 50 Ah

Punjač: ulaz: 220 V/50 Hz, izlaz: 48 V= , I max (struja punjenja): 8 A

**Dimenzije ormara alarmne stanice**

600 x 600 x1200 mm

**Masa ormara sa alarmno-pojačavačkim uređajem, sa punjačem i baterijama**

125 kg

**Temperaturni opseg rada**

- 25 do + 55 °C za zvučničku skupinu

- 15 do + 55 °C za elektronsku opremu

**Temperaturni opseg skladištenja**

- 40 do + 70 °C

# **KORIŠĆENJE PROSTORA POVRŠINSKOG KOPA UGLJA ZA POTREBE ODLAGANJA PEPLA IZ TE "KOSTOLAC"**

## **USING OF OPEN PIT MINE SPACE FOR THE DISPOSAL OF ASH AND BOTTOM ASH FROM TPP KOSTOLAC B "KOSTOLAC"**

**Ljubiša Stević, Desimir Stević, Nebojša Mišić, Živko Stević**  
*PD TE-KO "KOSTOLAC" Kostolac*

### **Abstrakt**

Deponovanje pepela i šljake u vidu guste hidromešavine u otkopani prostor površinskog kopa se prvi put primenjuje na objektima u okviru EPS-a. Uređenje podloge deponije je isprojektovano i izvedeno po zahtevima svih evropskih i domaćih standarda zaštite životne sredine. U radu se predstavlja nova tehnologija prikupljanja, transporta i odlaganja pepela i šljake iz TE „Kostolac B“, objekti zaštite deponije od površinskih i podzemnih voda, zaštita životne sredine od uticaja deponije. Nova tehnologija obuhvata sisteme prikupljanja pepela i šljake u silose, mešanje sa vodom u odnosu 1:1 i transport hidromešavine pepelovodom do mesta istakanja, tj. do unutrašnjeg odlagališta PK "Ćirikovac". Ovo je prvi projekat na ovim prostorima kojim se sistematski radi na preuređenju prostora iskorišćenog površinskog kopa i dovođenje istog u približno pređašnje stanje pre početka eksploatacije.

**Ključne reči:** deponija pepela i šljake, hidromešavina, drenažni sistem, barijera, zaštita životne sredine

### **Abstract**

Deposition of ash and bottom ash in the form of thick slurry into the excavated area of the open pit mine was first applied to objects within the EPS. Regulation of surface of the landfill is designed and carried out according to the requirements of all European and national environmental standards. This paper presents a new technology for collection, transportation and disposal of ash and bottom ash from "Thermal power plant Kostolac B," and measurements of protection of the landfill surface and ground water, and protection of environmental impact of landfills. New technology includes systems for collecting ashes and bottom ashes in the silos, mixing with water in a 1:1 ratio and slurry transport to the place of unloading through ash line, ie. into the internal dump pit "Ćirikovac". This is the first project in this region which systematically prepare the used space of the open pit mine and bring back the same in the previous condition before the operation.

**Key words:** landfill of ash and bottom ash, thick slurry, drainage sistem, barrier, environmental protection

### **1.UVOD**

Kako su smeštajni kapaciteti postojeće deponije SKO ograničeni, bilo je neophodno pronaći novu lokaciju za smeštaj pepela i šljake. Kao potencijalne lokacije razmatrane su sledeće lokacije: otkopani prostor PK Ćirikovac, otkopani prostor PK Drmno, prostor Donjeg Kostolačkog ostrva, otkopani prostor PK Klenovnik i prostor u podnožju kose Klepečka.

Kod izbora lokacije buduće deponije uzeta su u obzir ograničenja, odnosno uslovi koji su propisani važećom zakonskom regulativom i odnose se na zaštitnu udaljenost od stambenih objekata, zdravstvenih i rekreativnih objekata, objekata infrastrukture, rečnih tokova i akumulacija vode, izvorišta vode, spomenika kulture i zaštićenih prirodnih dobara, kao i hidrogeoloških karakteristika podloge buduće deponije. Detaljno su razmotreni geološki i hidrogeološki uslovi sredine, potrebni nivo zaštite podzemnih i površinskih voda i mogući tehnogeni uticaj na životnu sredinu, uvažavajući pri tome potencijalne probleme i zahteve u pogledu zaštite životne sredine od zagađenja.



Uzimajući u obzir sve izložene argumente, najprihvatljivija lokacija sa hidrogeološkog aspekta je otkopani prostor površinskog kopa Ćirikovac. Uz sprovođenje adekvatnih mera na izolovanju i konzerviranju odloženih masa pepela obezbediće se svi potrebni preduslovi za stabilnost objekta deponije i sprečavanje njenog negativnog uticaja na životnu sredinu.

Tokom 2008.godine pristupilo se uređenju podloge buduće deponije pepela i šljake na osnovu urađenog Dopunskog rudarskog projekta odlaganja pepela i šljake u vidu guste hidromešavine TE "Kostolac B" u otkopani prostor površinskog kopa "Ćirikovac" (RI).

01.05.2009.godine dolazi do pojave klizišta na severnoj kosini kopa što je sprečilo dalje aktivnosti i uslovalo pronalaženje novih tehničkih rešenja na uređenju podloge buduće deponije. Nakon izrade projektne dokumentacije nastavljeno je sa aktivnostima na uređenju podloge buduće deponije i na sanaciji novonastalog klizišta. Uređenje podloge buduće deponije je isprojektovano i izvedeno po zahtevima svih evropskih i domaćih standarda zaštite životne sredine.

## **2.UREĐENJE PODLOGE DEPONIJE PEPELA I ŠLJAKE**

Ukupna površina deponije pepela i šljake iznosiće oko 130 ha na kojoj će se omogućiti odlaganje oko 1 500 000 tona pepela godišnje, a čime će se zadovoljiti potrebe rada TE-KO "B" do kraja radnog veka. U prvoj fazi deponija pepela izgradiće se do kote 55 m.n.v. a u drugoj fazi do kote 92 m.n.v.Pod uređenjem prostora za odlaganje pepela i šljake podrazumeva se ravnjanje i valjanje površine unutrašnjeg odlagališta i dovođenje kosina u geomehanički stabilan nagib pod uglom  $5\div 7^{\circ}$ , a severne kosine deponije do  $14^{\circ}$ .

Paraleno sa uređenjem podloge izrađivali su se i objekti za dreniranje podzemnih voda iz iste. Od objekata podzemne drenaže izrađen je drenažni tepih, mreža drenažnih kanala i crpna stanica. Za zaštitu deponije od površinskih voda izgrađeni obodni kanali, etažni kanal i glavni vodosabirnik sa pumpnom stanicom.

U skladu sa zakonskom regulativom koja se odnosi na zaštitu životne sredine ugrađena je vodonepropusna membrana (bentonitska folija i HDPE geomembrana) čime je obezbeđeno odvajanje deponije od otkopanog prostora. Istovremeno je razvdojen drenažni sistem podzemnih voda od voda koje se oslobađaju iz hidromešavine kao i atmosfere vode koje padnu direktno u telo deponije.

U cilju praćenja kvaliteta podzemnih voda ispod kote dna ugrađene folije ugradiće se pijeometri kako bi se vršilo redovno uzorkovanje vode za laboratorijske analize.



Slika br.1 - Uređenje podloge deponije pepela i šljake

### **3.ZAŠTITA DEPONIJE PEPELA I ŠLJAKE OD PODZEMNIH VODA**

Izradom Elaborata o geomehaničkim i hidrogeološkim istraživanjima (RI-2007.god.) potvrdile su se pretpostavke da su mase koje izgrađuju unutrašnje odlagalište, nepovoljnih hidrogeoloških karakteristika, jer preovlađuje glinoviti materijal zasićen vodom koju nije moguće odstraniti iz odlagališta klasičnim objektima odvodnjavanja kao što su bunari.

U cilju obezbeđenja stabilnosti podloge buduće deponije pepela i šljake, 2008.godine aktivirano je ispušavanje vode iz jamskog hodnika bivše jame "Ćirikovac", gde se voda ispumpavala van figure deponije pepela, i time se smanjila infiltracija vode u unutrašnje odlagalište, a dopunskim rudarskim projektom predviđena je izrada sledećih objekata za odvodnjavanje:

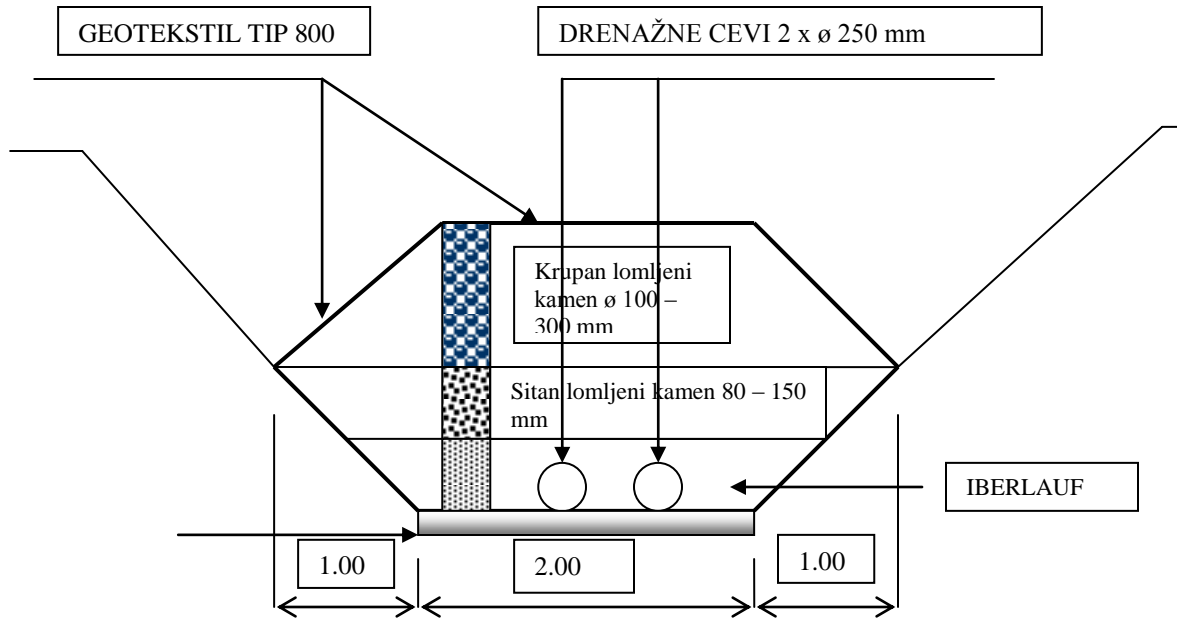
- drenažni tepih sa ugrađenim perforiranim cevima i granulatom i
- drenažni kanali sa ugrađenim perforiranim cevima i granulatom
- crpna stanica CS1 i
- glavni vodosabirnik GVS

Vode prikupljene podzemnom drenažom odvođiće se gravitacijski do crpne stanice podzemne vode CS-1 odakle će se dubinskom pumpom i potisnim cevovodom odvoditi u glavni vodosabirnik GVS, a potom odvodnim cevovodom u reku Mlavu.

#### **DRENAŽNI TEPIH**

U periodu od 23.07. do 04.11.2009.godine u podnožju deponije, od istoka ka zapadu do uliva u crpnu stanicu CS1, urađen je drenažni tepih u dužini od 1075 m i širine i dubine 2 m. Na dnu tepiha je ugrađena posteljica od sitnozrnog peska debljine 0.15m preko koje je postavljen geotekstil tipa 800. U cilju regulisanog odvođenja voda iz podloge deponije preko geotekstila su postavljene dve perforirane-drenažne cevi  $\phi$  250mm. Preko cevi se polaže iberlauf u visini 0.5m, a preko njega nabačen je lomljeni kamen krupnoće 100-300mm u visini od 1m. Nakon ušivanja geotekstila drenažni tepih se prekriva slojem

zemlje do kote terena. Drenažni tepih ima funkciju kolektora i odvođenja izdreniranih voda iz podloge deponije do crpne stanice i glavnog vodosabirnika.



Crtež br.1 – Konstrukcija drenažnog kolektora



Slika br.2 - Izrada drenažnog tepiha

## **DRENAŽNI KANALI**

Za dreniranje podloge, upravno na drenažni tepih, urađeni su drenažni kanali na međusobnom rastojanju od 50m, pravca sever-jug u ukupnoj dužini od 3177m. Tokom uređenja severne kosine izvedeni su dodatni drenažni kanali u ukupnoj dužini od 1391m koji su takođe uvedeni u drenažni tepih.

Kanali su dubine i širine od 1m obloženi geotekstilom Topa 800 i sa ugrađenim drenažnim cevima  $\phi$  160mm oko kojih je ugrađen iberlauf do visine 1m. Sama tehnologija izrade drenažnih kanala je ista kao i kod izrade drenažnog tepiha.

## **CRPNA STANICA CS1**

Crpna stanica (bunar-kolektor) izgrađen je na krajnjem sverozapadnom delu deponije. Dno crne stanice je na koti 27.95m<sub>nv</sub> i vršice se njeno nadvišenje do krajnje kote od 92 m<sub>nv</sub>.

Prečnik tela (rezervoar) je 3m do visine 4m , a potom se smanjuje na 1.5m. U crnu stanicu su ugrađene dubinske (radna i rezervna) pumpe od 12kw. Sve prikupljene podzemne vode se preko crpne stanice odvođe do GVS-a.

## **4.ZAŠTITA DEPONIJE PEPELA I ŠLJAKE OD POVRŠINSKIH VODA**

U cilju zaštite deponije od površinskih voda izvedeni su sledeći objekti:

### **OBODNI KANALI**

Obodni kanal OK<sub>2</sub> koji odvođa vode sa zapadnog slivnog područja u preliv glavnog vodosabirnika. Obodni kanal OK<sub>3</sub> je izrađen duž kote 55m (kota do koje je ugrađena folija u Fazi I) i ima funkciju da prikupi vode i odvede ih sa slobodne površine folije. Etažni kanal EK prikuplja vode koje se slivaju sa severne kosine i odvođe se takođe do GVS-a.



Slika br.3 - Crpne stanice

### **GLAVNI VODOSABIRNIK (GVS)**

Glavni vodosabirnik je izgrađen u severozapadnom delu deponije na koti 67.8m<sub>nv</sub>, optimalne zapremine 2500m<sup>3</sup> i dubine 5m. Na pontonu je instalirana pumpa N=90 kW, Q=50-70 l/s, H=55-80 m sa potisnim cevovodima f150 i 200 mm. Prikupljena voda se iz vodosabirnika GVS, delom potisnim i delom gravitacijskim cevovodom, evakuše na istok u reku Mlavu.

U cilju sprečavanja infiltracije vode u okolno tlo, dno i strane vodosabirnika su betonirane.



Slika br.4 - Glavni vodosabirnik

## **5.ZAŠTITA PODZEMNIH VODA**

Prilikom uređenja podloge i deponije kao i prilikom izrade svih pratećih objekata, posebna pažnja je posvećena zaštiti podzemnih voda. U tu svrhu je preko podloge postavljena vodonepropusna folija koja odvaja podzemne vode od tehnoloških voda.

Vodonepropusna folija se sastoji iz dva sloja. Prvi sloj je bentonitska zaptivka koja treba da zadovolji tehnički uslov da joj koeficijent filtracije odgovara prirodnom sloju gline debljine 5m, ( $k \leq 1 \times 10^{-9}$  m/s) odnosno nabijene i uvaljane gline debljine 0.5m. Drugi sloj je HDPE folija. Oba sloja moraju da zadovolje ISO standarde i direktive EU kao i uslove u pogledu postojanosti na sve vremenske prilike, elastičnost, vek trajanja najmanje 25 godina i sl.

Ugradnjom ove folije sprečava se prodiranje zagađivača u zemljište.



Slika br.5 – Postavljanje bentonit folije i HDPE geomembrane

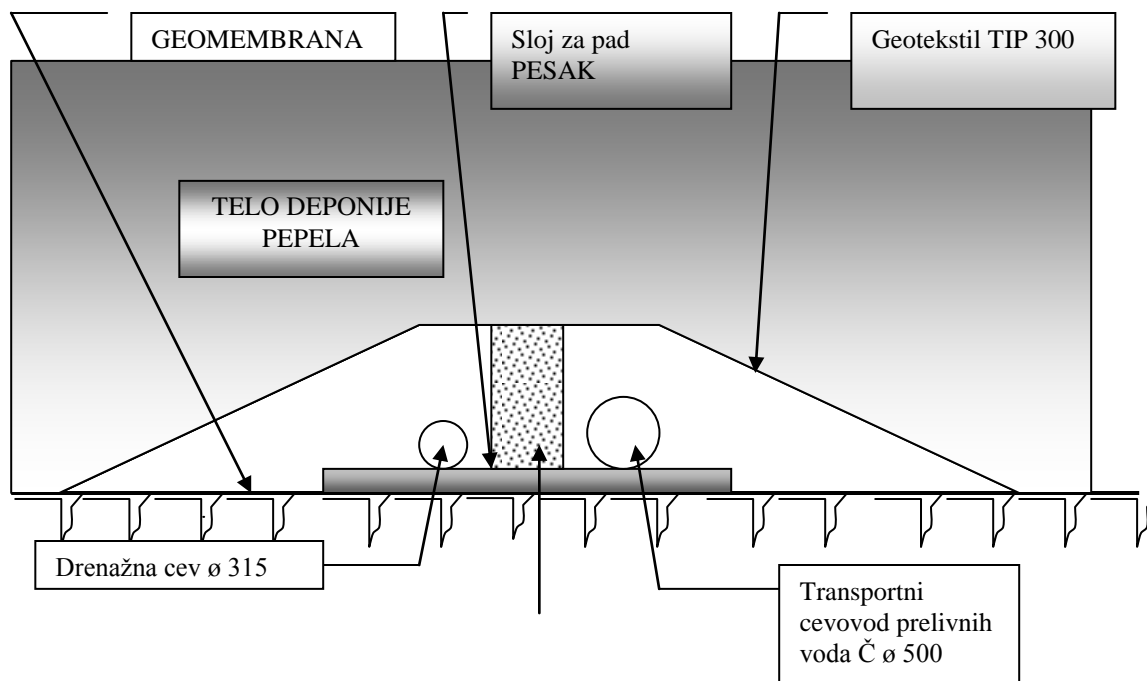
## **6.TEHOLOŠKE VODE**

Nakon postavljanja vodonepropusnog sloja (bentonit folija i HDPE geomembrana sa koeficientom hidraulične provodljivosti  $k \leq 5 \times 10^{-11} \text{ m/s}$ ) postavlja se drenaža za tehnološke vode. Tehnološke vode se prikupljaju na dva načina, kao filtrat iz tela deponije i preko prelivnih organa. Vode se usmeravaju ka crpnoj stanici CS<sub>2</sub>, a potom do prelivne stanice PS odakle se pumpaju do TE "B" gde se ponovo koriste pri spravljanju hidromešavine.

Crpna stanica je rađena u periodu od 23.10. do 13.11.2009.godine. Dno crpne stanice je na koti 28.95mnv, a izvedeno do kote 48.47mnv. Projektovana kota je 92mnv.

Prečnik tela rezervoara 3m, visine 7 i prečnik užeg dela je 1.5m. Na crpnoj stanici postoje dva ulivna mesta, jedan za uliv drenažne tehnološke vode i uliv za prelivnu vodu.

Kapacitet pumpi ugrađenih u CS<sub>2</sub> je usklađen sa kapacitetom prelivne stanice PC (povišivač pritiska) i iznosi 42l/s.



Crtež br.2 – Konstrukcija drenaže tehnoloških voda

Na slici broj 3 su prikazane obe crpne stanice CS<sub>1</sub> i CS<sub>2</sub>.

## 7.ZAŠTITA VAZDUHA

Sa deponije pepela ne postoje značajna isparenja nepoželjnih mikroelemenata, međutim usled isušivanja površine i duvanja vetrova, moguće je aero zagađenje. Ovaj je problem ublažen odvajanjem pepela od šljake u termoelektrani čime se postigla bolja homogenost i smanjeno razvejavanje dok je sistemom orošavanja površine sa pepelom povećana vlažnost površinskog sloja. Takođe je pristupljeno zasađivanju vetro-zaštitnih pojaseva po obodu deponije.

## 8.ZAKLJUČAK

Prvi put se formira deponija pepela i šljake u vidu guste hidromešavine na prostoru površinskog kopa.

Prednosti ove lokacije su:

- Koristi se zemljište koje je degradirano usled eksploatacije uglja
- Ispunjavanje otkopanog prostora pepelom, može se smatrati tehničkom rekultivacijom
- Nakon završetka odlaganja pepela izvršiće se konačna rekultivacija čime bi se teren doveo u približno stanje pre početka otkopavanja

Nova tehnologija odlaganja donosi prednosti:

- Smanjuje se potrebna površina za odlaganje pepela
- Smanjuje se zagađenje vazduha od razvejanih čestica pepela
- Izdvajanje suvog pepela u silos od čega se očekuje odgovarajući finansijski efekat
- Smanjuje se potrebna količina vode za tehnološki proces
- Eliminise se zagađenje tla i podzemnih voda
- Recirkulacija vode (zatvoren sistem) bez ispuštanja vode u okolne recipijente.





Slika br.6 – Panoramski pogled formiranog dela deponije pepela



Slika br.7 – Početak istakanja hidromešavine na deponiju Ćirikovac 29.08.2010.

## **ZBRINJAVANJE OTPADA IZ TERMOELEKTRANA B i H**

**Cvjetko Jovanović, Dimšo Milošević**

*Z.P. Rudnik i termoelektrana Ugljevik- Ugljevik*

**Abstrakt:** Ovim radom željelo se ukazati na ozbiljan problem rješavanja odlaganja čvrstog, pa i tečnog otpada iz bosanskohercegovačkih termoelektrana na ugalj, koje proizvode električnu energiju, kako za domaće, tako i za izvozno tržište. Posebno se apostrofiralo na pepeo i šljaku kao najmasovniji čvrsti otpad nastao sagorijevanjem uglja u termoblokovima Bosne i Hercegovine.

**Cljučne riječi:** čvrsti i tečni otpad, životna sredina, sagorijevanje uglja, odlagališta otpada, odsumporavanje, dimni gasovi, termoelektrane BiH.

### **UVOD**

Krajnje je vrijeme da se Elektroprivredama Federacije BiH i Republike Srpske ukaže na sve veći problem zbrinjavanja otpada iz njihovih termoelektrana, u prvom redu pepela i šljake, kao najmasovnijeg otpada. U cilju očuvanja i spasavanja ugrožene životne sredine koja je dramatično napadnuta dosadašnjom nebrigom i neodgovornošću, te stalnim povećanjem kontaminiranih količina otpada svih vrsta, urgentno se nameće potreba za rješavanjem ovog problema. Očigledno je da se u ovim elektroprivrednim preduzećima prikriva problematika zbrinjavanja ogromnih količina čvrstog i tečnog otpada ili se njom niko ozbiljno ne bavi. Posebno je alarmantan problem kontaminacije atmosfere dimnim gasovima koji nastaju kao produkt sagorijevanja niskokaloričnih lignita i neočišćenih ostalih vrsta uglja koji sagorijevaju u termoelektranama Bosne i Hercegovine. Međutim, ovaj problem ostaje otvoren i njime se treba posebno baviti.

### **1.0 Definisane otpada iz termoelektrana na ugalj**

Svi sistemi koji proizvode električnu energiju stvaraju određenu vrstu otpada a on se svrstava u čvrsti, tečni i gasoviti otpad. Naročito su velike količine pepela i šljake koji nastaje sagorijevanjem niskokaloričnih i neočišćenih ugljeva u termoelektranama Bosne i Hercegovine u kojima je ugalj jedini gorivo za proizvodnju električna energija. Već danas se kod svih termoelektrana osjeća ozbiljan problem nedostatka novih lokacija za odlagališta pepela i šljake, budući da su postojeća uglavnom zapunjena ili se novi prostori vrlo teško i uz velike otpore lokalnog stanovništva mogu obezbijediti.

Posljedice po životnu sredinu koje nastaju od emisija iz termoenergetskih postrojenja, u kojima se vrši sagorijevanje uglja, vrlo su različite i bitno zavise od vrste uglja, tehnologije njegovog spaljivanja. a naročito od toga da li se primjenjuje tehnologija čišćenja uglja prije spaljivanja i na kraju prečišćavanje dimnih gasova.

Otpad iz termoelektrana nalazi se u čvrstom, tečnom ili gasovitom stanju i on uključuje;

- zagađene čvrste i tečne materije,
- mulj,
- građevinski krš,
- tekućine koje ne sadrže vodu,
- zagađeni pepeo i šljaku,
- zagađeno-kontaminirano zemljište,
- ostatke prečišćavanja dimnih gasova,
- istrošene filtere i

- ostale materijale

Iz ovako generisanog otpada koji ima negativan uticaj na životnu sredinu, posebnu opasnost imaju teški metali, ostali metali i metaloidi kao što su bor i berilijum, opasne organske hemikalije kao što je dioxin, radionuklidi, prirodni ili proizvedeni i toksični materijali kao što je azbest.

Neodgovarajuće zbrinjavanje otpada izazvalo je čitav niz slučajeva ozbiljne kontaminacije zemljišta, podzemnih a naročito tekućih voda što za posljedicu ima drastičnu prijetnju zdravlju ljudi, biljaka i životinja.

Neosporno je da na termoelektranama postoji znatno više tzv. neopasnog otpada ili onoga koji sadrži vrlo male koncentracije onečišćenja i da su takvi otpadi manje opasni po životnu sredinu, ali isto tako i ova vrsta otpada mora biti pravilno zbrinuta.

U tabeli 1 date su tehnološke operacije u procesima proizvodnje u termoelektranama na uglj sa opisom porijekla i vrste otpada, iz čega se jasno vidi da se najveće količine otpada stvaraju u procesu sagorijevanja uglja u ložištima termoelektrana.

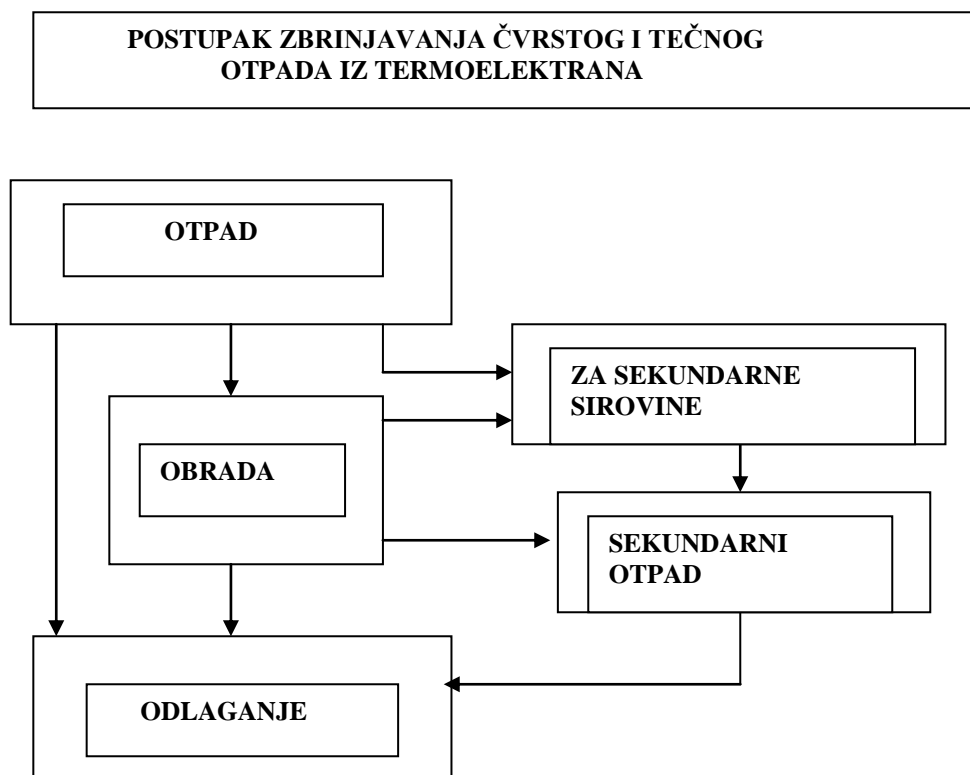
**tabela 1** definisanje otpada koji nastaje u termoelektranama na uglj

<b>Tehnološke operacije u proizvodnim procesima</b>	<b>Emisije u vazduh ili vodu</b>	<b>Otpad bez emisije</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Eksploatacija uglja:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— Površinska</li> <li>— Podzemna</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ odvodna voda iz kopa ili jame koja sadrži rastvorene čvrste materije i kiseline</li> <li>▲ kisela/slana odvodna voda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▼ Milioni tona raznog otpada</li> <li>▼ Hiljade tona čvrstog otpada</li> </ul>
▶ Priprema uglja -čišćenje	▲ Ispuštanje čestica u vazduh	▼ Hiljade tona čvrstog otpada
▶ Transport uglja do TE	▲ Emisija u vazduh iz transportnih sredstava vozovi, kamioni, trakasti transporteri i drugo	▼ Čvrsti i opasni otpad iz industrije transporta
▶ Sagorijevanje uglja u termoelektranama	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Hg, otpadna toplota, ostali metali i emisije organskih spojeva u vazduh</li> <li>▲ Otpadna toplota i otpadne emisije iz kotlovske vode</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▼ Milioni tona šljake i lebdećeg pepela koji sadrže metale u tragovima (As, Pb, Ni itd) i radionuklidi ( Th, Ra)</li> <li>▼ neki otpad iz kotlovske vode može da sadrži opasan otpad</li> </ul>
▶ Sagorijevanje uglja u TE sa odsumporavanjem dimnih gasova	▲ Sve isto kao gore uz znatno nižu emisiju sumpora	▼ ist kao gore uz dodatak stotine hiljada tona CaSO <sub>4</sub> i desetine hiljada tona Ca(OH) <sub>2</sub>
▶ Izgradnja TE i njena razgradnja na kraju		▼ građevinskikrš, kontaminirani azbest, otpad od sanacije terena

## 2.0 Načini i postupci zbrinjavanja otpada

Najbolji način zbrinjavanja svih vrsta otpada u prirodi je sprečavanje njegovog nastanka. Međutim, realno to nije sasvim moguće, jer je njegovo nastajanje zapravo sastavni dio ljudske djelatnosti. Ali, mora se znati i prihvatiti opšta težnja da svijet mora težiti ka smanjenju nastajanja svih vrsta i oblika otpada, kao

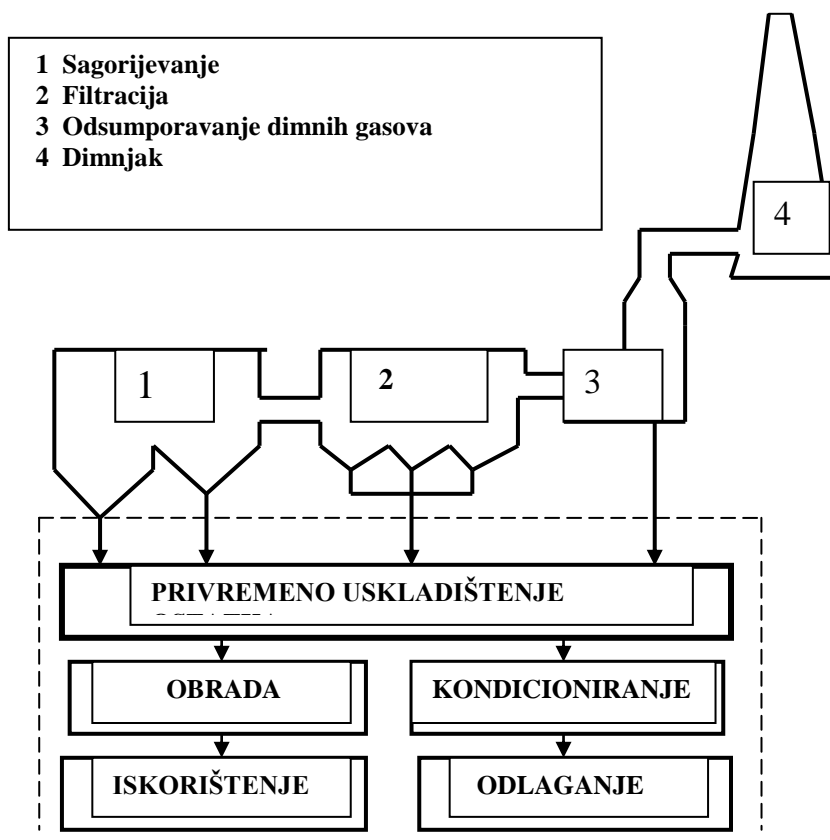
uslova za očuvanje života na Zemlji. Na slici br.1 dat je pojednostavljeni blok dijagram zbrinjavanja otpada iz koga se vidi da poslednju fazu u postupku predstavlja odlaganje neupotrebljivog otpada.



**Sl. 1 Blok dijagram zbrinjavanja otpada**

Čvrsti, tečni i gasoviti otpad iz termoelektrana u Bosni i Hercegovini predstavlja ozbiljan i odgovoran zadatak pred proizvođačima električne energije za njegovo bezbijeđno zbrinjavanje kao temeljnog uslova u zaštiti životne sredine. Zagađenje zemlje, vode i vazduha nije samo problem naše države već se taj problem direktno ili indirektno manifestuje na regije, pa i mnogo šira područja. Zbog toga se ovom problemu mora prići sa najvišeg državnog, pa i međunarodnog nivoa, upravo zbog njegovog tako širokog negativnog uticaja.

Tipska šema nastajanja otpada iz termoelektrana na uglj u Bosni i Hercegovini pa i drugih u okruženju, te njegovo zbrinjavanje određenim postupcima, prikazano je na Slici br.2, s tim što ni u jednoj termoelektrani u našoj zemlji nije izgrađen tehnološki postupak odsumporavanja dimnih gasova. Jedino su u termoelektrani Ugljevik u Ugljeviku obezbijeđena kreditna finansijska sredstva i u toku je procedura projektovanja tehnologije odsumporavanja dimnih gasova i implementacija ovog projekta očekuje se u naredne tri godine.



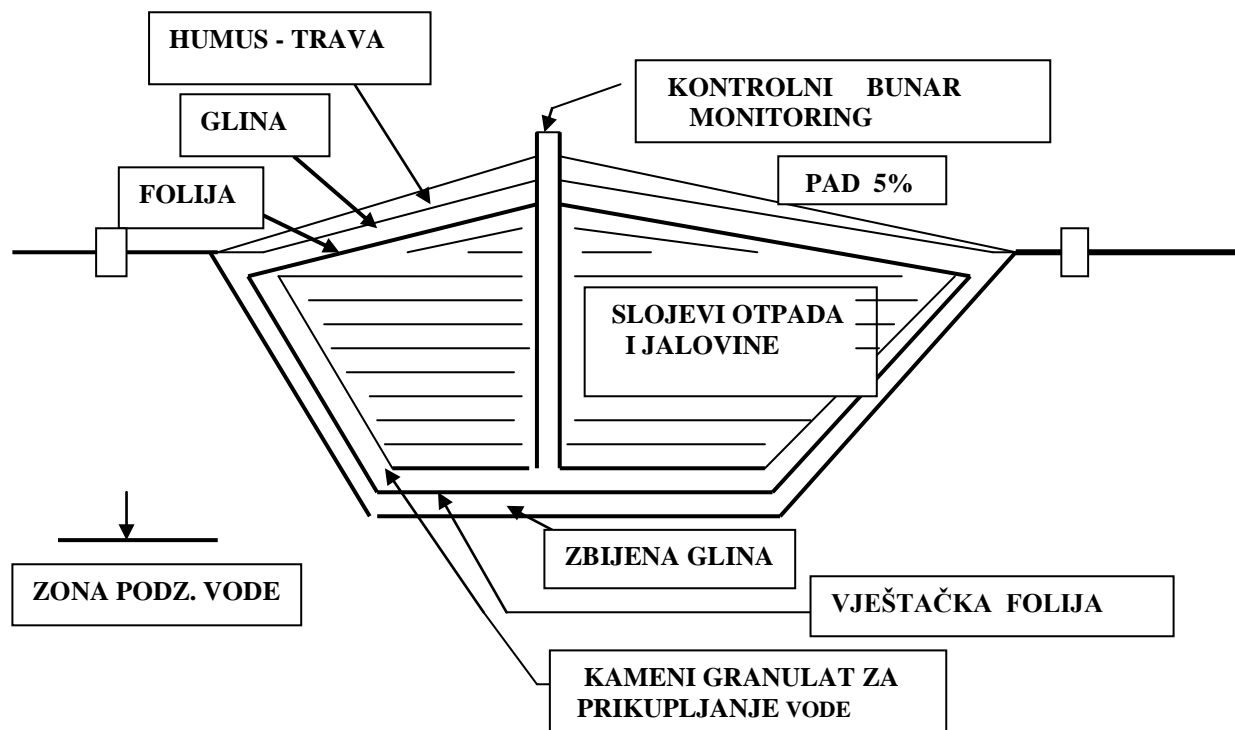
Sl. 2 tipka šema zbrinjavanja otpada iz termoelektrana na uglj

### 3.0 Odlaganje čvrstog i tečnog otpada iz termoelektrana

Odlaganje čvrstog i tečnog otpada iz termoelektrana predstavlja poslednju fazu u njegovom zbrinjavanju i po pravilu bi trebalo da se odlaže samo onaj otpad koji se više ne može ni u koje svrhe iskoristavati. Šljaka i pepeo, kao najmasovniji otpad koji nastaje spaljivanjem uglja, mogu jednim dijelom da se koriste u nekim industrijskim granama ukoliko u svom sastavu nemaju teške metale ili organske mikro zagađivače. To se u prvom redu odnosi na građevinarstvo i proizvodnju građevinskih materijala. Čvrsti otpad koji sadrži opasne materije ne bi smio da se odlaže na odlagališta. Odlagališta otpada prethodno moraju biti adekvatno pripremljena na terenu i jasno definisana sa aspekta geoloških karakteristika, hidroloških osobina, te geografskih i demografskih faktora i na kraju mogućnost primjene monitoringa odlagališta.

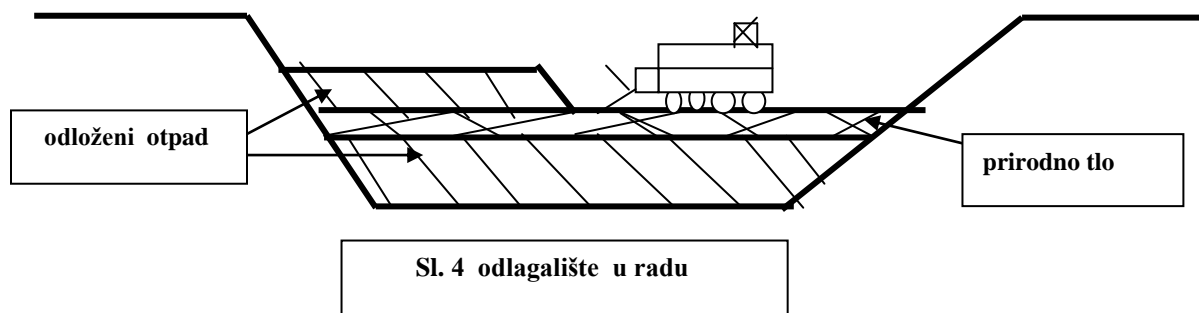
Izgled i konstrukcija odlagališta otpada sa termoelektranepo principu „skoncentrisati i zadržati“ dat je na Slici 3. i ova metoda odlaganja podrazumijeva koncentraciju i zadržavanje- izolaciju otpada na duži period uz kontrolu kretanja procjednih voda. Osnovni cilj mjera koje se primjenjuju na odlagalištima je da se pritisak procjednih voda održava nižim od okolnog pritiska podzemnih voda. Na taj način se postiže slab pritisak na izolirajuće slojeve (vještačke folije) i omogućava ulazak čistih podzemnih voda u odlagalište a ne prljavih procjednih voda u okolni teren. Procjedne vode kroz odlagališta po pravilu se sistemski

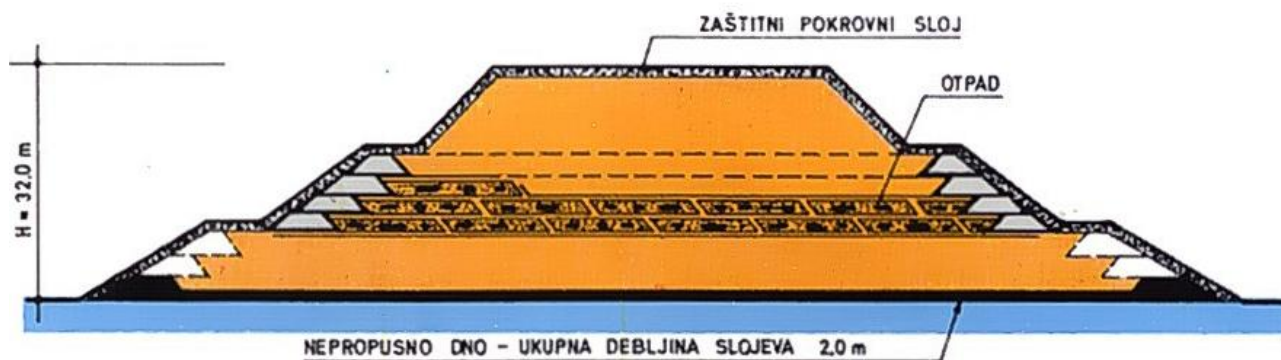
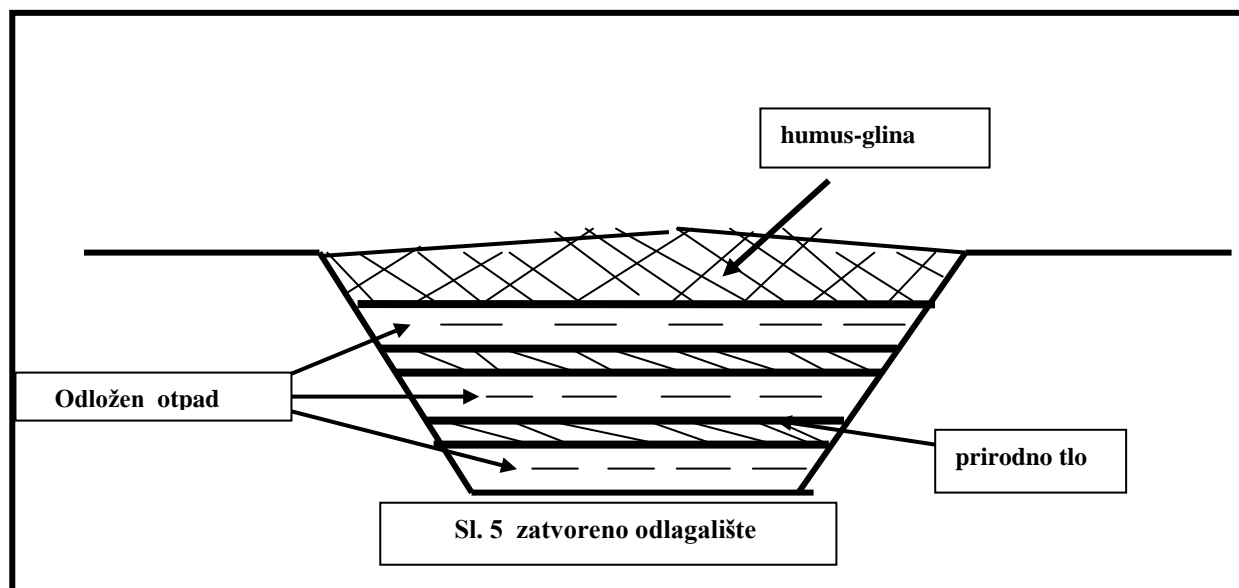
prikupljaju i pročišćavaju, te na kraju ispuštaju u prirodne tokove. Ova se načela u praksi nažalost rijetko primjenjuju zbog čega izvjesna količina procjednih voda uvijek iscuri izvan odlagališta



**Sl. 3 Konstrukcija odlagališta čvrstog i tečnog otpada**

Odlaganje čvrstog otpada iz termoelektrana u konture površinskih kopova ili rudničkih odlagališta predstavlja najčešći način zbrinjavanja velikih količina pepela i šljake. Izolacija odloženih masa otpada vrši se raznim vrstama vještačkim folijama i prirodnim materijalima iz površinskih kopova čija je vodopropustljivost mala (gline, glinoviti lapori i slično). Na slikama 4. 5 i 6 prikazani su mogući modeli odlagališta otpada.





**Sl.6 Primjer odlaganja otpada u visinskom odlagalištu**

Po završetku odlaganja prostor odlagališta se uređuje i dotjeruje tako da se praktično odlagalište i ne prepoznaje. Metode uređenja odlagališta su različite ali sve one imaju za cilj da se ranija odlagališta koriste kao prostori za rekreaciju i druge namjene za potrebe lokalnog stanovništva i lokalne zajednice. Na Sl. 7 dat je jedan virtuelni primjer kako bi trebalo da izgleda idealno završeno odlagalište otpada.



**Sl.7 Izgled konačno uredenog odlagališta čvrstog otpada**

## **ZAKLJUČCI**

1. Odlagališta, kako čvrstog tako i tečnog otpada iz termoelektrana Bosne i Hercegovine su neizbježna posljedica proizvodnje električne energije iz uglja, jer potpuna reciklaža otpada nije moguća.
2. Savremene metode tretmana otpada usmjerene su na njegovo smanjenje, iskorištavanje, reciklažu, kompostiranje, spaljivanje, proizvodnju energije i na kraju deponovanje.
3. Odlaganje svih vrsta otpada, pa i onog iz termoelektrana, određuje se politikom a obavezuje zakonskim i podzakonskim aktima svake države. Iza primijenjenog načina odlaganja otpada, u principu se manifestuju etička, socijalna i ekonomska načela društva.
4. Količina i kvalitet svih vrsta otpada zavisi od ekonomskog i kulturnog razvoja društva.
5. Zbrinjavanje čvrstog i tečnog otpada iz termoelektrana u principu podrazumijeva primjenu raznih tehnoloških postupaka njegove obrade uključujući pakovanje ili inkapsulaciju te na kraju odlaganje otpada na pripremljena odlagališta kao uslova zaštite životne sredine.

## **LITERATURA:**

1. Prof.dr sc. Željko Tomšić: Energetika, okoliš i održivi razvoj. Zagreb, 2010. godina
2. Mladen Juračić: Otpad i odlaganje otpada. Prirodoslovno-matematički fakultet u Zagrebu 2008/2009
3. V. Pavićević, M. Sovrlić, M. Stamenković . Unapređeno upravljanje čvrstim otpadom
4. NEAP: Nacionalni plan za zaštitu okoliša BiH; mart, 2003. god.
5. Dr.Sc. Želimir Veinović : Površinska odlagališta otpada; Zagreb 2007. god Prof. Dr. Sc. Predrag Kvasnička



# **PRIMENA STRUKTURNIH MODELA U UPRAVLJANJU INTEGRISANIM PRIVREDNIM DRUŠTVOM KOLUBARE I TENT-a**

## **STRUCTURAL MODEL APPLICATION IN INTEGRATED ECONOMIC ASSOCIATION KOLUBARA AND TPPS TENT MANAGEMENT**

**Svetomir Maksimović<sup>1</sup>, Igor Miljanović<sup>2</sup>, Aleksandar Petrovski<sup>2</sup>, Milena Josipović-Pejović<sup>2</sup>**

*1 - Direkcija za proizvodnju energije, Elektroprivreda Srbije, Beograd,*

*2 - Katedra za primenjeno računarstvo i sistemsko inženjerstvo,  
Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu*

### **AbstraktŽ**

Sa sve bržim razvojem industrije uglja i termoenergetskog sektora u Srbiji, pojavili su se i određeni poremećaji i krize u njihovom funkcionisanju, što je izazvalo povećanje uticaja nosilaca ekonomske politike, jačala se njihova uloga, pa je tokom vremena došlo do širenja i polja upravljanja i instrumenata upravljanja. Uticaj nosilaca ekonomske politike na razvoj industrije uglja i termoenergetskog sektora, koji su u potpunosti integrisani, uslovljen je i izrazito brzim razvojem informatike, brzim razvojem naučno-istraživačkog rada, kao i činjenicom da razvoj navedenih resursa uslovljava ekonomsku, tehnološku, političku snagu Republike Srbije.

Primena strukturnih modela, međusektorskih modela je jedan od proverenih i pouzdanih načina, koji do sada, na žalost, nisu našli značajnu primenu u ovoj oblasti. Ovim radom upravo želimo, da bar delom, skrenemo pažnju na neke pozitivne efekte primene ovakvog modela.

**Ključne reči:** Industrija uglja, upravljanje, strukturni modeli, input-output tabele.

### **Abstract**

With as much as fast development coal industry and thermo-energy sector in Serbia, has been showed certain disturbances and functional shortage, which has been caused by influenced increasing of economic policy carrier, their role became stronger, therefore being spread of field of managing and managing instruments. Economic policy influenced carriers on coal industry and completely thermo-energy integrated sector development, is outstanding fast-growing IT sector conditional, fast-growing scientific-research work conditional, as fact as stated resource development is conditional towards economical, technological, political capability of Republic of Serbia.

**Key words:** coal industry, management, structural model, input-output charts.

## **1. Uvodne napomene**

Međusektorski modeli, zasnovani na primeni međusektorske analize, služe za pronalaženje jednog od mogućih rešenja u oblasti proizvodnje, spoljnotrgovinske razmene, raspodele finalne potrošnje, ekologije, a naročito za sprovođenje tekuće ekonomske politike. Metodi međusektorske analize zauzimaju posebno značajno mesto u procesu planiranja, a samim tim i upravljanja, sve složenijim društveno-ekonomskim i privrednim razvojem.

Ocem međusektorske analize smatra se američki ekonomist, rođen u Rusiji, Dr Vasilij Leontijev dobitnik Nobelove nagrade za ekonomiju 1973.god. a međusektorska analiza smatra se najvećim dostignućem u ekonomiji 20. veka. Vasilij Leontijev je na osnovu svetske ekonomske krize napravio metod ravnoteže, ponude i tražnje i bilansa između proizvodnje i potrošnje i nazvao ga je „input-output“ teorija. Smatra se da je ova metoda doprinela zaustavljanju krize u Americi 1947. god. U svojim radovima nagovestio je da

će početkom 20. veka matematika odrediti ponašanje tržišta, te će postepeno sve manje biti slobodnog tržišta. Može se potvrditi da je matematika ušla u tržište i u drugoj polovini 21. veka biće uspostavljena planska, a ne tržišna privreda. To je zapažanje o kome se mora voditi računa kod utvrđivanja geostrategije zemlje.

U našoj zemlji praćenje ekonomskih kretanja privrede kao celine, putem međusektorske analize je znatno zaostalo u odnosu na razvijene zemlje. Posebno je to važno kada se ima u vidu da je međunarodna kriza zahvatila i našu zemlju i to u momentu kada je u toku vrlo usporen proces restrukturiranja industrije uglja Srbije.

## **2. Osnovni principi i oblici strukturnog modela**

Međusektorski model predstavlja osnovni statistički instrument za analizu ukupno raspoloživih sredstava i njihove raspodele u proizvodnom sistemu, a temelji se na tabelama međusobnih odnosa privrednih delatnosti, koje pokazuju opštu ravnotežu namenske raspodele i vrednosne strukture proizvodnje proizvodnog sistema. Privredne aktivnosti ekonomskog sistema na celokupnoj teritoriji jedne države mogu biti razložene na manja područja (ekonomske regione, lokalne samouprave, privredne organizacije). Međusektorske tabele sastavljaju se za jednu izabranu godinu, a one se periodično ponavljaju svake druge, svake pete godine itd. Međusektorske tabele iskazuju ostvarenu ili prognoziranu privrednu aktivnost u izabranoj godini.

Privredna aktivnost je u međusektorskim tabelama prikazana dezagregirano na niz proizvodnih sektora koji ispunjavaju uslov homogenosti, tj. restrikciju da se svaki proizvod obuhvati isključivo samo u jednom statistički definisanom sektoru. U procesu reprodukcije sektori stupaju u međusobne odnose. Takvi odnosi između svakog sektora prikazani su kao niz isporuka proizvoda sektora drugim sektorima i kao niz nabavki potrebnih sredstava od drugih sektora. U međusektorskim tabelama svakom sektoru pripada jedna vrsta i jedna kolona. U redovima je prikazana namenska raspodela proizvodnje sektora, na reprodukcionu potrošnju pojedinih sektora proizvodnog sistema i na komponente finalne potrošnje: investicionu potrošnju (INV), povećanje zaliha ( $\Delta ZH$ ), ličnu potrošnju (LP), opštu i zajedničku potrošnju (OP) i izvoz (IZV). Realizacija svih isporuka jednog sektora zajedno sa povećanjem zaliha predstavlja vrednost proizvodnje odnosno ukupno raspodeljena sredstva datog sektora.

U kolonama je prikazana vrednosna struktura proizvodnje sektora. Proizvodnja je raščlanjena na utroške međufaznih proizvoda nabavljenih od drugih sektora i od sektora samog za sebe, dodatnu vrednost sa komponentama: lične zarade radne snage angažovane u procesu proizvodnje (Z), amortizacija osnovnih proizvodnih fondova (AM) i višak proizvoda (VP). Zbir vrednosti nabavljenih međufaznih proizvoda i dodajne vrednosti predstavlja društveni bruto proizvod (DBP) formiran u svakom sektoru. Svaki sektor nabavlja izvan datog proizvodnog sistema jedan deo potrebnog reprodukcionog materijala koji će se utrošiti u procesu proizvodnje. Zbir društvenog bruto proizvoda (DBP) i spoljnih nabavki predstavlja ukupna raspoloživa sredstva (RS).

Tehnološke veze između pojedinih sektora određene su koeficijentima strukturnih odnosa, odnosno tehničkim koeficijentima. Ovi koeficijenti pogodni su ne samo za analizu privredne strukture u proteklom vremenu već i za analize budućih kretanja. Tehničkim koeficijentima ( $a_{ij}$ ) se izražavaju odnosi direktne potrošnje reprodukcioni proizvoda bilo kojeg sektora za jedinicu outputa datog sektora i ukupno raspoloživih sredstava ili bruto proizvodnje – postajući tako izraz neposrednih efekata promene u proizvodnji. Tehnički koeficijenti se drugačije zovu normativima proizvodnje.

Između obima utroška intermedijarnih proizvoda sektora isporučioaca sektoru potrošača, i obima outputa sektora primaoca, funkcionalna zavisnost može poprimiti različite oblike. Najčešće je analiza međusektorske povezanosti u praksi zasnovana na direktnoj proporcionalnosti. U slučaju postojanja značajnih utrošaka u nekim sektorima, zavisnost između utroška i outputa se može realnije prikazati u obliku linearne nehomogene funkcije. U međusektorskoj analizi se pretpostavljaju konstantni tehnički koeficijenti. Međutim, u realnosti tehnički koeficijenti su promenljivi usled povećane proizvodnje radne snage (izgradnja kapaciteta, proširenje postojećih), nivoa korišćenja postojećih kapaciteta i izmene unutrašnje strukture proizvoda koji čine homogeni proizvod, promena u asortimanu proizvodnje.

Primenom inverznih koeficijenata, ili matrice multiplikatora, izvedenih na osnovu tehničkih koeficijenata, ostvaren je praktično metod rešavanja međusektorskih modela. Inverzni koeficijenti pokazuju potreban obim proizvodnje za postizanje jedinice outputa za zadovoljenje finalne tražnje jednog sektora. Takođe odražavaju direktne i indirektne efekte promene finalne tražnje ili finalne proizvodnje, ukupne efekte koji se ostvaruju u procesu lančano povezanih promena u proizvodnji određenih sektora. Uspostavljanje nove međusektorske tabele koja odražava nanovo uspostavljenu ravnotežu, pod izmenjenim uslovima u posmatranom periodu, omogućuju inverzni koeficijenti ugrađeni u međusektorski model. Elementi formiranja ukupno raspoloživih sredstava i njihova raspodela u tabelama međusobnih odnosa privrednih delatnosti mogu biti prikazane u cenama proizvođača i nabavnim cenama. Cene proizvođača predstavljaju prodajnu cenu prodavca i ne obuhvataju transportne troškove niti maržu trgovine.

Vrednost uvezenih proizvoda, franko granica Srbije, obračunava se po unutrašnjim domaćim cenama i uvećava za: carine, takse, troškove prevoza u zemlji, osiguranje i druge troškove i raspoređuje na domaće privredne sektore. U međusektorskim tabelama uvoz se prikazuje po poreklu pripadnosti u domaće privredne sektore i po nameni potrošnje. Uvoz može biti razložen na komplementarni i na konkurentski. Posebnom interpretacijom ekonomskih principa formiraju se tabele međusobnih odnosa privrednih delatnosti zatvorenog tipa, u kojima se svi sektori pojavljuju i kao proizvođači i kao potrošači. Otvorene međusektorske tabele sadrže u otvorenom delu autonomne sektore primarnih ulaganja i finalne potrošnje koji su povezani sa egzogenim faktorima nezavisno od tehničkih uslova sadržanih u intermedijarnom, zatvorenom delu tabela.

Matrične relacije se koriste za formiranje i tumačenje međusektorskih modela. U osnovnim međusektorskim modelima matrice tehničkih koeficijenata povezuje vrednost proizvodnje, finalnu potrošnju i uvoz u sistem jednačina za koje se rešenje formuliše po različitim varijantama u zavisnosti od izbora endogenih i egzogenih varijabilnih veličina. Međusektorski modeli mogu biti, prema vremenskom trajanju, razdvojeni na modele jednog (posmatranog) perioda i na modele intervala sastavljenog od više uzastopnih perioda istovetne dužine –godine [1].

U statičkim međusektorskim modelima sve se promenljive odnose na isti period, dok investiciona potrošnja predstavlja egzogenu promenljivu kao komponenta finalne potražnje. Međusektorski modeli koji obuhvataju više perioda imaju svojstvo dinamičkih modela zato što omogućavaju promenu kvantitativne baze samo pri prelasku iz prethodnog u naredni period, dok su u toku bilo kojeg od tih perioda njihovi elementi nepromenljivi. Inducirane investicije se posebnim relacijama povezuju sa proizvodnim procesom te se preko uzručno-posledičnih veza utvrđuje obim proizvodnje i obim investicija u sukcesivnom nizu vremenskih perioda.

### 3. Sadržina input-output tabela i ekonomski agregati

Privredno društvo sastoji se od više proizvodnih jedinica (ogranaka) ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ), koja svaka za sebe predstavlja određenu homogenu celinu u pogledu tehnologije rada, odnosno, proizvodne delatnosti. U tabeli 1. prikazana je input-output tabela koja se odnosi i na privredna društva. Može se uočiti da input-output tabele sadrže tri bloka:

- 1) Prvi blok (a) sadrži elemente eksternih troškova potrebnih za ukupnu proizvodnju određene proizvodne jedinice (materijal, energija, usluge i drugo), zatim društvena davanja, zaradu, amortizaciju, višak proizvodnje itd.
- 2) Drugi blok (b) pokazuje strukturu reprodukcione potrošnje privrednog društva

$$\sum_{j=1}^n X_{nj} \text{ i } \sum_{i=1}^n X_{in}$$

- 3) Treći blok (c) pokazuje strukturu finalne potrošnje (eksternu realizaciju, bruto investicije i sl.)

Input-output tabela sa nerazdvojenim domaćim i uvoznim tokovima

Tabela 1.

Primaoci		Reprodukciona potrošnja u radnim jedinicama							Finalna potrošnja /eksterna realizacija/					Ukupno	Ukupno raspod. proizv. X
		1	2	...	j	...	n	Ukupno	Povećanje zaliha DZH	Investic. potrošnja INV	Izvezeni proizvodi IZV	Lična potrošnja LP	Opšta potrošnja OP		
Materijalni troškovi po segmentima	1	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1j}$	...	$x_{1n}$	$\sum_{j=1}^n x_{1j}$	$DZ_1$	$J_1$	$E_1$	$C_1$	$K_1$	$Y_1$	$X_1$
	2	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2j}$	...	$x_{2n}$	$\sum_{j=1}^n x_{2j}$	$DZ_2$	$J_2$	$E_2$	$C_2$	$K_2$	$Y_2$	$X_2$
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	i	$x_{i1}$	$x_{i2}$	...	$x_{ij}$	...	$x_{in}$	$\sum_{j=1}^n x_{ij}$	$DZ_i$	$J_i$	$E_i$	$C_i$	$K_i$	$Y_i$	$X_i$
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	n	$x_{n1}$	$x_{n2}$	...	$x_{nj}$	...	$x_{nn}$	$\sum_{j=1}^n x_{nj}$	$DZ_n$	$J_n$	$E_n$	$C_n$	$K_n$	$Y_n$	$X_n$
<b>Ukupno</b>		$\sum_{j=1}^n x_{1j}$	$\sum_{j=1}^n x_{2j}$	...	$\sum_{j=1}^n x_{ij}$	...	$\sum_{j=1}^n x_{nj}$	$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n x_{ij}$	$\sum_{i=1}^n DZ_i$	$\sum_{i=1}^n J_i$	$\sum_{i=1}^n E_i$	$\sum_{i=1}^n C_i$	$\sum_{i=1}^n K_i$	$\sum_{i=1}^n Y_i$	$\sum_{i=1}^n X_i$
<b>Ukupni mate. troškovi</b>	UMT	$UMT_1$	$UMT_2$	...	$UMT_j$	...	$UMT_n$	$\sum_{j=1}^n UMT_j$							
(1) Amortiz.	AM	$D_1^1$	$D_2^1$	...	$D_j^1$	...	$D_n^1$	$\sum_{j=1}^n D_j^1$							
(2) Neto prihodi	NP	$D_1^2$	$D_2^2$	...	$D_j^2$	...	$D_n^2$	$\sum_{j=1}^n D_j^2$							
(3) Višak proiz.	VP	$D_1^0$	$D_2^0$	...	$D_j^0$	...	$D_n^0$	$\sum_{j=1}^n D_j^0$							
<b>Društveni proizvod</b>	DP	$D_1$	$D_2$	...	$D_j$	...	$D_n$	$\sum_{j=1}^n D_j$							
<b>Društveni bruto proizvod</b>	DBP	$X_1$	$X_2$	...	$X_j$	...	$X_n$	$\sum_{j=1}^n X_j$							
<b>Smanjenje zaliha</b>	$\overline{DZH}$	$\overline{DZ}_1$	$\overline{DZ}_2$	...	$\overline{DZ}_j$	...	$\overline{DZ}_n$	$\sum_{j=1}^n \overline{DZ}_j$							
<b>Uvoz</b>	UV	$U_1$	$U_2$	...	$U_j$	...	$U_n$	$\sum_{j=1}^n U_j$							
<b>Ukupna raspoloživa proizvodnja</b>	RS	$X_1$	$X_2$	...	$X_j$	...	$X_n$	$\sum_{j=1}^n X_j$							

Blok b

Blok c

Blok a

*Društveni proizvod* se može razložiti na tri osnovne komponente: amortizaciju (AM), neto zaradu (NZ) i višak proizvoda (VP).

Umesto viška proizvoda možemo navesti sledeće njegove komponente:

- $D_j^3$  – Doprinosi na plate u j-tom privrednom sektoru
- $D_j^4$  – Doprinosi na opštu i zajedničku potrošnju u j-tom privrednom sektoru
- $D_j^5$  – Porezi u j-tom privrednom sektoru
- $D_j^6$  – Kamate u j-tom privrednom sektoru
- $D_j^7$  – Ostale naknade u j-tom privrednom sektoru
- $D_j^8$  – Akumulacija j-tog privrednog sektora.

*Reprodukciona potrošnja* predstavlja matricu koja se sastoji iz (n+1) redova i (n+1) kolona. Takva podela predstavlja važni deo bilansa, naime, ukoliko sadrži informacije o međusektorskim vezama. Veličina  $x_{ij}$  nalazi se na preseku i-tog reda i j-te kolone i pokazuje koliko produkcija i-tog sektora je bila korišćena u procesu materijalne proizvodnje j-tog sektora. Veličinu  $x_{ij}$  karakteriše međusektorska isporuka sirovine, materijala, energenata i energije uslovljenih proizvodnom delatnošću.

*Finalna potrošnja* obuhvata namensku raspodelu proizvodnje j-tog privrednog sektora za podmirenje sledećih potreba [1] :

- Povećanje zaliha sirovina i finalnih proizvoda za preradu i potrošnju u narednom periodu ( $\Delta ZH$ )
- Obavljanje investicione aktivnosti (INV)
- Izvoz za potrebe svetskog ekonomskog sistema (IZV)
- Za zadovoljenje domaće lične potrošnje (LP)
- Za zadovoljenje zajedničke i opšte potrošnje (OP).

#### **4. Opšte pretpostavke input-output modela privrednih društava**

Da bi se međusektorske tabele za nivo privrednih organizacija mogle međusobno upoređivati, a i sa podacima budućih međusektorskih tabela, potrebno je primenjivati jedinstvenu metodologiju u njihovoj izradi. U I-O tabelama privrednih organizacija potrebno je rasčlaniti međusobne odnose između proizvodnih delatnosti. Sledeće što je potrebno učiniti jeste raščlanjenje postojećih privrednih delatnosti na njene manje jedinice. S obzirom da su određene proizvodne delatnosti i njihove poddelatnosti razmeštene prostorno u raznim regionima, potrebno je utvrditi odgovarajuće transportne troškove i troškove trgovine što predstavlja vrlo složen zadatak.

Kako se industrija uglja Srbije može dezintegrirati na Sektor za proizvodnju uglja pri EPS-u i Sektor za proizvodnju uglja JP PEU Resavica, a dalje Sektor za proizvodnju uglja pri EPS-u na proizvodnju uglja u PD RB Kolubara i PD TE-KO Kostolac, može se govoriti o unutarsektorskom modelu i dvosektorskom modelu.

Obezbeđenje skladnih odnosa između proizvodnih i neproizvodnih jedinica u okviru privrednog društva i odnosa svih proizvodnih i neproizvodnih jedinica sa ostalim organizacionim jedinicama drugih privrednih društava i organizacija, koje se pojavljuju, bilo kao dobavljači repromaterijala, bilo kao kupci gotovih proizvoda, predstavlja veoma kompleksan zadatak upravo zato što su ti odnosi, po pravilu, u savremenom načinu poslovanja, veoma složeni.

Pojednostavljeni procesi funkcionisanja ekonomskog sistema je i značajan nedostatak međusektorskog modela i posebno je izražen kroz uvođenje dve osnovne pretpostavke:

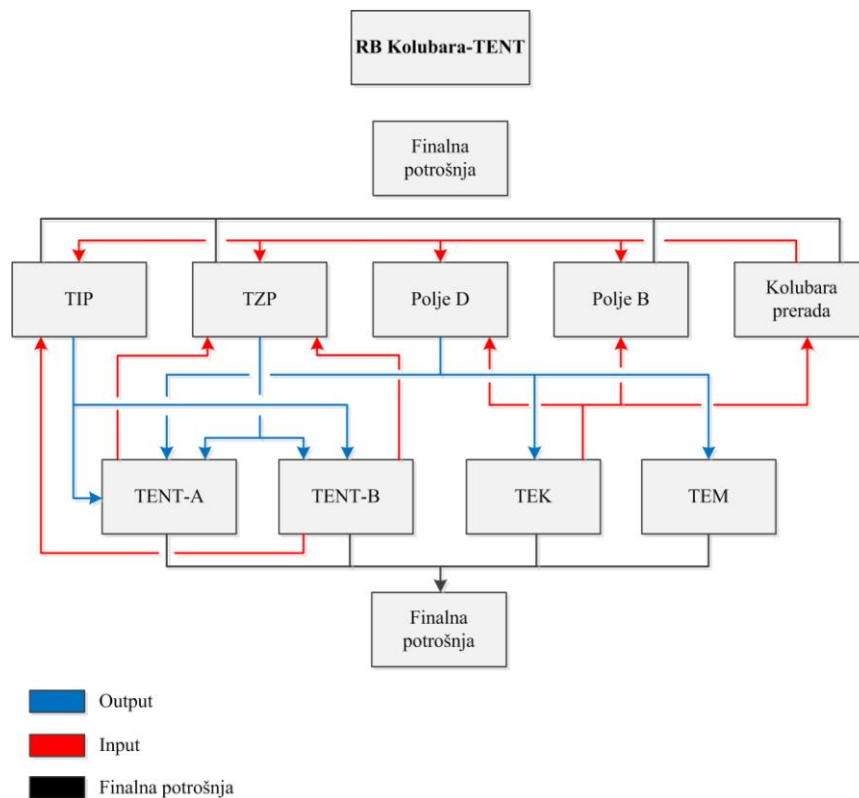
- Da proizvodne jedinice privrednog društva predstavljaju zaokruženu tehnološku celinu u kojima se proces proizvodnje obavlja na jedan određeni način;
- Da veličina svih vidova utrošaka za proizvodnju bilo koje proizvodne jedinice privrednog društva je u linearnoj zavisnosti od nivoa proizvodnje odgovarajuće proizvodne jedinice.

### 5. Input-output table PD Kolubare i TENT-a

Kako se najveći deo proizvodnje uglja iz Kolubare plasira za proizvodnju termoelektrične energije u termoelektranama, međusektorskom analizom zahvaćeni su proizvodni sektori oba privredna društva.

IPD Kolubare i TENT-a to čine (ogranci) površinski kopovi i termoelektrane: Polje-D, Polje-B, Tamnava-Istočno Polje, Tamnava Zapadno Polje TENT-A, TENT-B, Termoelektrana Kolubara (TEK), Termoelektrana Morava (TEM) i ogranak za preradu uglja „Kolubara-Prerada“.

Sektorska međuzavisnost u PD Kolubare i TENT-a prikazana je na slici 1.



Slika 1. Shematski prikaz sektorske međuzavisnosti proizvodnog sistema RB Kolubara-TENT

**6. Osnovna input-output tabela proizvodnih segmenata sistema Kolubare i TENT-a za 2007.god.**

Osnovna input-output tabela proizvodnih segmenata sistema  
RB Kolubare i TENT, (za 2007.) u 10<sup>3</sup> din.

Tabela 2

	Reprodukcijna potrošnja									Ukupno	Finalna potrošnja	Raspodijeljena sredstva
	TIP	TZP	PK Polje D	PK Polje B	Kolubara prerada	TENT-A	TENT-B	TEK	TEM			
TIP	0	0	0	0	0	195.858	3.062.800	0	0	3.258.658	77.200	3.335.858
TZP	0	0	0	0	0	639.158	6.609.200	0	0	7.248.358	185.230	7.433.588
PK Polje D	0	0	0	0	0	7.363.616	269.204	1.711.944	538.408	9.883.172	0	9.883.172
PK Polje B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	806.000	806.000
Prerada	211.800	470.943	529.836	52.400	4.000	0	0	52.230	0	1.321.209	2.147.551	3.468.760
TENT-A	35.890	117.430	0	0	0	925.549	0	0	0	1.078.869	17.505.631	18.584.500
TENT-B	35.240	114.520	0	0	0	0	515.595	0	0	665.355	16.700.525	17.365.880
TEK	0	0	574.380	42.000	118.120	0	0	128.704	0	863.204	3.736.796	4.600.000
TEM	0	0	0	0	0	0	0	0	30.000	30.000	1.170.000	1.200.000
<b>Ukupno:</b>	282.930	702.893	1.104.216	94.400	122.120	9.124.181	10.456.799	1.892.878	568.408	24.348.825	42.328.933	66.677.758
<b>Ukupni mat. troš. (UMT)</b>	<b>1.184.188</b>	<b>1.755.958</b>	<b>1.443.242</b>	<b>154.360</b>	<b>595.610</b>	<b>12.968.300</b>	<b>11.006.540</b>	<b>3.474.030</b>	<b>678.970</b>	<b>33.261.198</b>		
Amortizacija (AM)	267.800	2.000.620	1.200.000	16.640	357.640	3.615.500	2.126.400	550.000	208.100	10.342.700		
Neto zarada (NZ)	459.190	425.450	2.155.300	250.000	1.029.800	456.150	231.940	240.700	46.830	5.295.360		
Višak proizv. (VP)	1.424.680	3.251.560	5.084.630	385.000	1.485.710	1.544.550	4.001.000	335.270	266.100	17.778.500		
Društveni proizvod (DP)	2.151.670	5.677.630	8.439.930	651.640	2.873.150	5.616.200	6.359.340	1.125.970	521.030	33.416.560		
Raspoloživa sredstva (RS)	3.335.858	7.433.588	9.883.172	806.000	3.468.760	18.584.500	17.365.880	4.600.000	1.200.000	66.677.758		
Broj zaposlenih	1.007	933	4.290	596	1.991	767	390	339	133	10.446		

**6. Tehnički koeficijenti sistema RB Kolubara i TENT**

Na osnovu tabele 2 izračunati su tehnički koeficijenti ili normativi proizvodnje za RB Kolubaru i TENT. Matrica tehničkih koeficijenata sistema RB Kolubara i TENT ima oblik:

A[a <sub>ij</sub> ]	0	0	0	0	0	0,01054	0,17637	0	0
	0	0	0	0	0	0,03439	0,38059	0	0
	0	0	0	0	0	0,39622	0,01550	0,37216	0,44867
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,06349	0,06335	0,05307	0,06501	0,00115	0	0	0,01135	0
	0,01076	0,01580	0	0	0	0,05067	0	0	0
	0,01056	0,01540	0	0	0	0	0,02995	0	0
	0	0	0,05753	0,05211	0,03405	0	0	0,02798	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02500
	ukupno	0,08481	0,09455	0,11060	0,11712	0,03520	0,49182	0,60241	0,41149

### 8. Inverzne matrice tehničkih koeficijenata RB Kolubara i TENT

Na bazi matrice direktnih tehničkih koeficijenata i jedinične matrice postavljena je inverzna matrica tehničkih koeficijenata:

$$[I - A]^{-1} = \begin{bmatrix} 1,002 & 0,003 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,011 & 0,183 & 0,000 & 0,000 \\ 0,005 & 1,007 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,037 & 0,396 & 0,000 & 0,000 \\ 0,006 & 0,008 & 1,023 & 0,021 & 0,013 & 0,427 & 0,020 & 0,392 & 0,471 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 1,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 \\ 0,064 & 0,064 & 0,055 & 0,067 & 1,002 & 0,026 & 0,038 & 0,033 & 0,025 \\ 0,011 & 0,017 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 1,054 & 0,009 & 0,000 & 0,000 \\ 0,011 & 0,016 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,001 & 1,039 & 0,000 & 0,000 \\ 0,003 & 0,003 & 0,062 & 0,057 & 0,036 & 0,026 & 0,003 & 1,053 & 0,029 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 1,026 \\ \text{Ukupno :} & 1,102 & 1,118 & 1,140 & 1,145 & 1,051 & 1,582 & 1,688 & 1,478 & 1,551 \end{bmatrix}$$

Primeru radi, da bi bila obezbeđena proizvodnja na PK Tamnava Istočno Polje, namenjena finalnoj potrošnji u vrednosti od 100 (din), potrebno je da vrednost proizvodnje na PK TIP iznosi 100,2 (din), na PK TZP 0,5 (din), PK Polje D 0,6 (din), Kolubara prerada 6,4 (din), TENT A 1,1 (din), TENT-B 1,1 (din) i segmentu TEK 0,3 (din). Uslovljeno povećanje proizvodnje za 0,2 (din) iznad potrebnog za finalnu potrošnju na PK TIP zajedno sa izazvanim povećanjem proizvodnje u ostalim segmentima, treba jedino da omogući funkcionisanje reproduktionog procesa iz kojeg bi proistekla samo proizvodnja segmenta PK TIP u vrednosti od 100 (din) za finalnu potrošnju.

Zbir elemenata matrice

$$\vec{i}(I-A)^{-1} = [1,102 \quad 1,118 \quad 1,140 \quad 1,145 \quad 1,051 \quad 1,582 \quad 1,688 \quad 1,478 \quad 1,551]$$

pokazuje da bi u 2007. RB Kolubara i TENT trebalo da ostvare planiranu proizvodnju u vrednosti od 110,2 (din) da bi aktivnost PK TIP u proizvodnji uglja vrednosno iznosila 100 (din).

### 9. Ispitivanje strukture usklađenosti RB Kolubara-TENT

Analiza matrice tehničkih koeficijenata i matrice inverznih koeficijenata, tabela 3 pruža mogućnosti ispitivanja strukture usklađenosti sistema RB Kolubara - TENT. Ukoliko se traži obim proizvodnje nekog proizvodnog segmenta, na primer PK TIP za zadati vektor eksterne realizacije (Y) preko matricnih multiplikatora dobija se sledeća relacija:

$$X_1 = 1.002 \times 77.200 + 0.003 \times 185.230 + 0.011 \times 17.505.631 + 0.183 \times 16.700.525 \approx 3.336.000 (\times 10^3 \text{ din})$$

Matrica  $(I-A)^{-1}$  integrisanog sistema RB Kolubara-TENT, za 2007.

Tabela 3

	PK TIP		PK TZP		PK Polje D		PK Polje B		Prerada		TENT-A		TENT-B		TEK		TEM	
	$a_{ij}$	$(I-A)^{-1}$	$a_{ij}$	$(I-A)^{-1}$	$a_{ij}$	$(I-A)^{-1}$	$a_{ij}$	$(I-A)^{-1}$	$a_{ij}$	$(I-A)^{-1}$	$a_{ij}$	$(I-A)^{-1}$	$a_{ij}$	$(I-A)^{-1}$	$a_{ij}$	$(I-A)^{-1}$	$a_{ij}$	$(I-A)^{-1}$
PK TIP	0	1,002	0	0,003	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0,01054	0,011	0,17637	0,183	0	0,000	0	0,000
PK TZP	0	0,005	0	1,007	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0,03439	0,037	0,38059	0,396	0	0,000	0	0,000
PK Polje D	0	0,006	0	0,008	0	1,023	0	0,021	0	0,013	0,39622	0,427	0,01550	0,020	0,37216	0,392	0,44867	0,471
PK Polje B	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	1,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000
Prerada	0,06349	0,064	0,06335	0,064	0,05307	0,055	0,06501	0,067	0,00115	1,002	0	0,026	0	0,038	0,01135	0,033	0	0,025
TENT-A	0,01076	0,011	0,01580	0,017		0,000	0	0,000	0	0,000	0,05067	1,054	0	0,009	0	0,000	0	0,000
TENT-B	0,01056	0,011	0,01540	0,016	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,001	0,02995	1,039	0	0,000	0	0,000



<b>B</b>																		
<b>TEK</b>	0	0,003	0	0,003	0,05753	0,062	0,05211	0,057	0,03405	0,036	0	0,026	0	0,003	0,02798	1,053	0	0,029
<b>TEM</b>	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0,02500	1,026
<b>Ukupno</b>	0,08481	1,102	0,09455	1,118	0,11060	1,140	0,11712	1,145	0,03520	1,051	0,49182	1,582	0,60241	1,688	0,41149	1,478	0,47367	1,551

Iz tabele 3 uočava se da je za povećanje proizvodnje PK TIP za 100 (din) potrebno radi usklađenosti proporcije proizvodnje u sistemu povećati proizvodnju PK TIP za 100,2 (din), PK TZP za 0,3 (din), TENT-A za 1,1 (din) i TENT-B za 18,3 (din) ili ukupno za 119,9 (din).

U tabeli 4 dat je uporedni pregled vrednosti vektora proizvodnje (X) i realizacije (Y), za postojeće stanje i za planirano stanje u sistemu.

*Vrednosti vektora proizvodnje (X) i realizacije (Y), realizovano i planirano u sistemu RB Kolubara-TENT 2007. ( $\times 10^3$  din)*

*Tabela 4.*

Segment	Realizovano		Planirano	
	Vrednost eksterne realizacije [Y]	Vrednost ukupne proizvodnje [X]	Novelirana vrednost eksterne realizacije [Y']	Očekivana ukupna proizvodnja [X']
<b>PK TIP</b>	$Y_1 = 56.100$	$X_1 = 4.456.740$	$Y'_1 = 77.200$	$X'_1 = 3.335.858$
<b>PK TZP</b>	$Y_2 = 91.200$	$X_2 = 8.540.480$	$Y'_2 = 185.230$	$X'_2 = 7.433.588$
<b>PK Polje D</b>	$Y_3 = 120.935$	$X_3 = 12.900.000$	$Y'_3 = 0$	$X'_3 = 9.883.172$
<b>PK Polje B</b>	$Y_4 = 421.680$	$X_4 = 421.680$	$Y'_4 = 806.000$	$X'_4 = 806.000$
<b>Kolubara-prerada</b>	$Y_5 = 1.961.800$	$X_5 = 3.420.160$	$Y'_5 = 2.147.551$	$X'_5 = 3.468.760$
<b>TENT- A</b>	$Y_6 = 18.423.500$	$X_6 = 18.776.150$	$Y'_6 = 17.505.631$	$X'_6 = 18.584.500$
<b>TENT-B</b>	$Y_7 = 18.664.330$	$X_7 = 18.872.260$	$Y'_7 = 16.700.525$	$X'_7 = 17.365.880$
<b>TE Kolubara</b>	$Y_8 = 3.719.420$	$X_8 = 4.561.470$	$Y'_8 = 3.736.796$	$X'_8 = 4.600.000$
<b>TE Morava</b>	$Y_9 = 817.790$	$X_9 = 820.000$	$Y'_9 = 1.170.000$	$X'_9 = 1.200.000$
<b>Ukupno</b>	$Y = 44.276.755$	$X = 72.768.940$	$Y' = 42.328.933$	$X' = 66.677.758$
<b>%</b>	$\% = 100,00$	$\% = 100,00$	$\% = 95,60$	$\% = 91,63$

Iz tabele 4 uočava se da je ostvarena vrednost eksterne realizacije povećana u odnosu na planiranu na PK TIP za 33,60 (%) ili 21.100.000 (din), na PK TZP za 14,89 (%) ili 94.030.000 (din), i na PK Polje D za 30,52 (%) ili 3.016.828.000 (din). U odnosu na planiranu eksternu realizaciju, na PK Polju-B realizacija je manja za 91,00 (%) ili 384.320.000 (din). Kolubara-Prerada smanjila je preradu uglja za 9,5 (%) ili 185.751.000 (din). TENT-A povećao je proizvodnju i isporuku električne energije za 1,03 (%) ili 191.650.000 (din), a TENT-B za 8,67 (%) ili 1.506.380.000 (din).

### 10. Ispitivanje stepena integrisanosti RB Kolubara-TENT

Uklapanje proizvodnih segmenata sistema RB Kolubara i TENT-a u integrisanu celinu, a na osnovu matrice tehničkih koeficijenata ( $a_{ij}$ ) i koeficijenata realizacije ( $b_{ij}$ ), utvrđeni su stepeni integrisanosti segmenata, tabela 5.

Stepeni integrisanosti segmenata u sistemu RB Kolubara - TENT

Tabela 5.

Segment	$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	Segment	$\sum_{i=1}^n b_{ij}$	Segment	$\frac{\sum_{i=1}^n a_{ij} + \sum_{i=1}^n b_{ij}}{2}$
TENT-B	0,60241	PK Polje D	0,98998	PK Polje D	0,55029
TENT-A	0,49182	PK TIP	0,97685	PK TZP	0,53482
TEM	0,47367	PK TZP	0,97508	PK TIP	0,53083
TEK	0,41149	Prerada	0,38088	TENT-B	0,32053
PK Polje B	0,11712	TEK	0,18766	TEK	0,29958
PK Polje D	0,11060	TENT-A	0,05906	TENT-A	0,27544
PK TZP	0,09455	TENT-B	0,03865	TEM	0,24934
PK TIP	0,08481	TEM	0,02500	Prerada	0,20804
Prerada	0,03520	PK Polje B	0,00000	PK Polje B	0,05856

Zbir aritmetičke sredine tehničkih koeficijenata i koeficijenata realizacije kreće se od 0,059 (za PK Polje B) do 0,55 (za PK Polje D) što ukazuje na različite stepene integrisanosti proizvodnih segmenata.

### Zaključak

Veliki broj zemalja koriste međusektorske-strukturne-(input-output) analize za vođenje nacionalne ekonomije. Međutim, njena primena u rudarstvu u industriji uglja nije dovoljno zastupljena u svetu. U svom savremenom obliku input-output analiza predstavlja jednu od neophodnih metoda kvantitativne ekonomske analize, pre svega analize strukture narodne privrede, industrije, privrednih društava. racionalno usmeravanje celine i sastavnih elemenata složenih privrednih sistema zahteva primenu delotvornih metoda za praćenje i analizu njihovog razvoja.

Iz prikazanih input-output tabela, kako je konstatovano, proizilaze brojna, široka i značajna saznanja o: direktnim i povratnim proizvodnim povezanostima podsistema u sistemu, dvosmernim međuzavisnostima sistema i okruženja, tj. prirodi i intezitetu zavisnosti proizvodnog sistema od nabavki iz, i isporuka okruženju, načinu formiranja i raspodeli proizvodnje podsistema, tj. sistema i njenoj vrednosnoj strukturi, veličini i is trukturi potrošnje, tj. eksterne realizacije i načinu i stepenu delovanja njenih promena na proizvodnju sistema, strukturi pojedinih kategorija troškova i cena ostvarene proizvodnje itd. Rezultati dobiveni primenom nekih modela input-output analize na primeru PD Kolubare i TENT-a, delom u ovom radu, ukazuju na mogućnost da se primenom međusektorske analize realnije sagledavaju međusobno veoma složene zavisnosti i uticaji unutar industrije uglja, javnih preduzeća, privrednih društava, u ograncima, i to u vreme, kada se industrija uglja i cela privreda Srbije nalazi o procesu restrukturiranja.

### Literatura

1. Stanojević R., (1998), Međusektorski modeli, Ekonomski institut Beograd, Beograd.
2. Stanojević R. (1975), Dinamički model optimalnog razvoja privrede zasnovan na metodima linearnog programiranja, Ekonomski fakultet, Beograd.
3. Vujić S., I. Miljanović, S.Maksimovic, A.Milutinovic, T.Benovic, M.Hudej, B.Dimitrijevic, V.Cebasek and G.Gajic, Optimal dynamic management of exploitation life of the mining machinery: models with undefined interval, Journla of Mining Science, Springer New York, DOI: 10.1007/s10913-01-0053-2, Volume 46, Number 4, 2010, (425-430).

4. Vujić S., MAP: A method of multiattributive prognostication of mineral resources, Yugoslav journal of operations research, YU ISSN 0354-0243, Volume 11, Number 2, 2001. (211-220); 29<sup>th</sup> International Symposium on Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry, APCOM 2001, Section 2: Exploration, China University of Mining and Technology (CUMT), Beijing, China.
5. Vujić S., Miljanović I., Maksimović S. i ostali, (2010), Journal of Mining Science, Vol.46, No. 4. 2010., Optimal dynamic management of exploitation life of the mining machinery with undefined interval, Moskva.
6. Popović S., Nešić V., Petrović J., (1977), Primena input-output analize u složenoj organizaciji udruženog rada na primeru REIK „Kolubara”, SYM-OP-IS 77, Herceg Novi, 439-460.
7. Maksimović S. (2009), Primena međusektorske analize u privrednim društvima termoelektričnog sektora Elektroprivrede Srbije, Elektroprivreda br.1, Beograd, 85-92.
8. Maksimović S., Milanović Z., Miljanović I., Boševski S., Hudej M., Benović T., (2009), Application of Input-Output Analysis in Corporate Enterprises of EPIS Thermal Power Sector, 3<sup>rd</sup> Balkan Mining Congress, Izmir-Turkey.
9. Maksimović S., Milinović Z., i dr. (2009), Primena ulazno-izlazne analize u preduzećima termoelektričnog sektora EPS-a, SYM-OP-IS 2009, 587-590.
10. Maksimović S., Miljanović I., i dr.,(2010), Mesto input-output modela u metodologiji upravljanja privrednim društvom TE-KO „Kostolac”, III Međunarodni simpozijum, Energetsko rudarstvo ER 2010, Banja Junaković, Apatin.
11. Maksimović S., Miljanović I., i dr.,(2010), Osetljivost proizvodnje pojedinih proizvodnih sektora u privrednom društvu TE-KO „Kostolac” na promene tehničkih koeficijenata, Rudarstvo 2010., Tara, 85-92.
12. Maksimović S., Miljanović I., i dr.,(2010), Uticaj promena u tehnološkoj matrici na proizvodnju pojedinih sektora u privrednim društvima Kolubare i TENT-a, OMC 2010. IX Međunarodna naučna konferencija o površinskoj eksploataciji, Vrnjačka Banja.

# **MJESTO I ZNAČAJ PREOSTALIH REZERVU UGLJA U "KOSTOLAČKOM UGLJENOM BASENU" KAO SIROVINSKE BAZE ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE U REPUBLICI SRBIJI**

## **LOCATION AND IMPORTANCE OF THE REMAINING RESERVES OF COAL IN "KOSTOLAC COAL BASINS" AS RAW MATERIAL BASE FOR POWER GENERATION IN THE REPUBLIC OF SERBIA**

**Mašan Trifunović, Velibor Popović, Momčilo Momčilović**  
*PD TEKO KOSTOLAC, Kostolac*

### **Summary**

Kostolački coal basin has reserves of coal by the end of this century to enable long-term development of mining and energy in this region. In the hierarchy of power producers retain third place in production the electricity from existing energy capacity by the end of their production life deposits and will give its full contribution to energy development in EPS in Serbia.

**Key word.:** Research and provision of coal reserves are the basis for long-term snabdijevane Kostolac "TE".

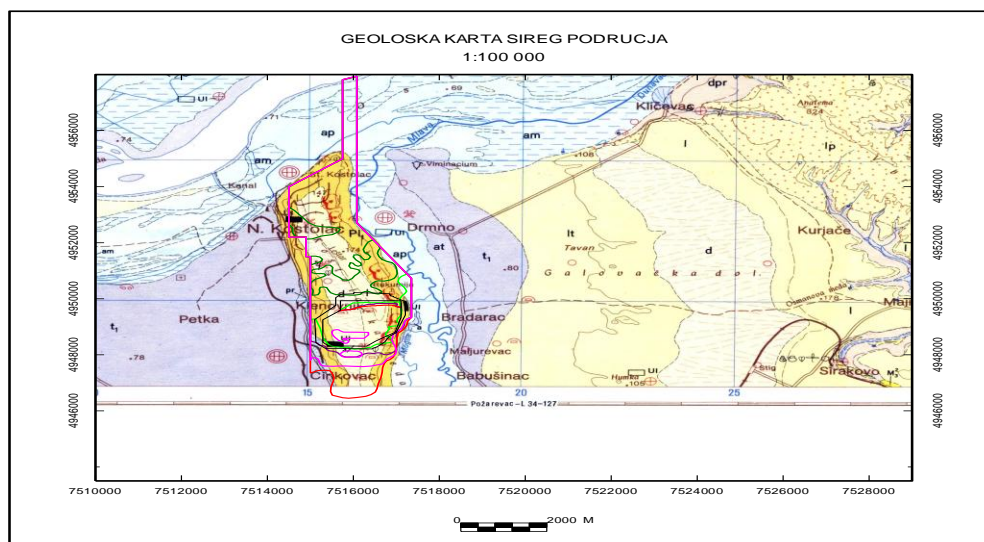
### **UVOD**

Iako se uglj na prostorima Braničeva koristio od perioda rimske dominacije, značajnije potrebe za ovom vrstom energetske sirovine nastale su tek pronalaskom parne mašine i naglim industrijskim razvojem Srbije. 1868.godine su započeti istražni radovi, a 1870.godine organizovana je i prva proizvodnja na ovom prostoru, tako da se punih 140 godina neprekidno otkopava uglj na ovim prostorima.U početku jamskom putem( 96 godina neprekidnog rada jame Kostolac ), a od 1942.,1953. i 1972 godine proizvodnja se odvija površinskom eksploatacijom ( sukcesivno otvaranje površinskih kopova ). Istražni radovi, koji su tada urađeni, obezbedili su rezerve uglja za proširenje kapaciteta PK Čirikovac i izgradnju TEKO A2 snage 100 MW i TEKO A3 snage 210 MW. Potraga za novim količinam uglja nastavljena je istražnim radovima na širem prostoru stiške ravnice u nekoliko faza od 1976. do 1995. i od 1996. do 2008.godine, koji su potvrdili eksploatacione rezerve od oko 600.000 milion tona uglja godišnje, na osnovu kojih je 1987. godine otvoren PK"Drmino i izgrađena TEKO B snage cca 700 MW ( 2 bloka po 347,5 MW ). Izgradnjom ovih kapaciteta , instalisana snaga TE "Kostolac"povećana je na cca 1000 MW i sada predstavlja važan kapacitet JP EPS. Prema godišnjem izvještaju o proizvodnji električne energije u EPS-u za 2009.godinu, Kostolačke TE po proizvodnji električne enrgije zuzimaju treće mjesto sa 14,4% iza "TE Obrenovac" sa 46% i HE"Đerdap" sa 18% .

Kako industrijski razvoj i civilizacijske potrebe jednog društva zahtijevaju svakodnevno korišćenje električne i toplotne energije, moraju se dugoročno sagledati razvojne potrebe jednog društva, da bi se na vrijeme izgradili energetski kapaciteti za proizvodnju električne energije. Imajući u vidu da naša zemlja preko 50% električne energije dobija sagorijevanjem uglja u TE, od izuzetne je važnosti obezbediti nove resurse uglja za proizvodnju električne energije u budućnosti.

## 1.0.0 GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE ŠIREG PODRUČJA

U području Kostolačkog ugljenog basena utvrđene su sedimentne tvorevine paleozoika, neogena i kvartara. Na slici br.1 prikazana je geološka karta šireg područja Kostolačkog ugljenog basena.



Slika br.1 Geološka karta šireg područja basena

**Paleozoik (D?)** - u okolini Rama pojavljuju se kristalasti škriljci koji čine i znatan deo podloge neogenih sedimenata. To je metamorni kompleks niskog stepena metamorfizma (facija zelenih škriljaca) nastao regionalno-metamornom transformacijom vulkanogeno-sedimentnih stena.

**Sarmat ( $M_2^2$ )** - smenjaju se sivozelenkaste laporovite gline sa sivim peskovima, karbonatnim peščarima i peskovitim krečnjacima, ugljevitim glinama "šarenom serijom" i ugljem (ležište Melnica sa 2 ugljena sloja ukupne maksim. debljine do 10 m - moguća podzemna eksploatacija).

**Panon ( $M_3^1$ )** - "donjekongerijski slojevi". U okviru panonskih naslaga moguće je razlikovati faciju dubljih voda (gline i laporci u smenjivanju sa alevritičnim peskovima i tankim proslojcima sitnozrnog peščara sa karbonatnim vezivom) i plitkovodnu faciju (preovlađuju peskovi, peskovite gline i gline sa proslojcima alevrita i ugljem (ležište Poljana sa 2 ugljena sloja maksimalne debljine do 10 m – moguća podzemna eksploatacija).

**Pont ( $M_3^2$ )** - u okviru Kostolačkog basena razvijena je priobalska –tzv "kostolačka facija ponta", koju izgrađuju prašnasti i sitnozrni peskovi, prašine (rede laporovite), peskovite i ugljevite gline i ugalj. U istočnom delu basena preovlađuju peskovito–prašnasti slojevi, a na Požarevačkoj gredi i u zapadnom delu razvića, glinovito–peskoviti sedimenti. Pont se deli na dva dela:

*donji pont* ( $Pl_1^1$ ) – predstavljeni zeleno–plavim glinama i peskovima raznih granulacija, debljine do 150 m i

*gornji pont* ( $Pl_1^2$ ) – "gornjekongerijski slojevi", obuhvata produktivnu seriju počev od III ugljenog sloja do završetka pontskih naslaga. U okviru gornjeg ponta izdvajaju se dva dela: donji deo – koji obuhvata gornjopontisku seriju od podine III ugljenog sloja do podine I (povlatnog ugljenog sloja) uključujući i II (srednji ugljeni sloj) i gornji deo – koji obuhvata I ugljeni sloj i celu njegovu povlatu. Ukupna debljina gornje pontskih naslaga je do 150 m. U istočnom i centralnom delu basena (ležišta Klenovnik, Čirkovac, Drmno) debljina ugljenih slojeva se kreće u sledećim granicama:

III ugljeni sloj – najstariji 15-20 m ( kompaktni ili raslojeni )

II ugljeni sloj – središnji 4-8 m

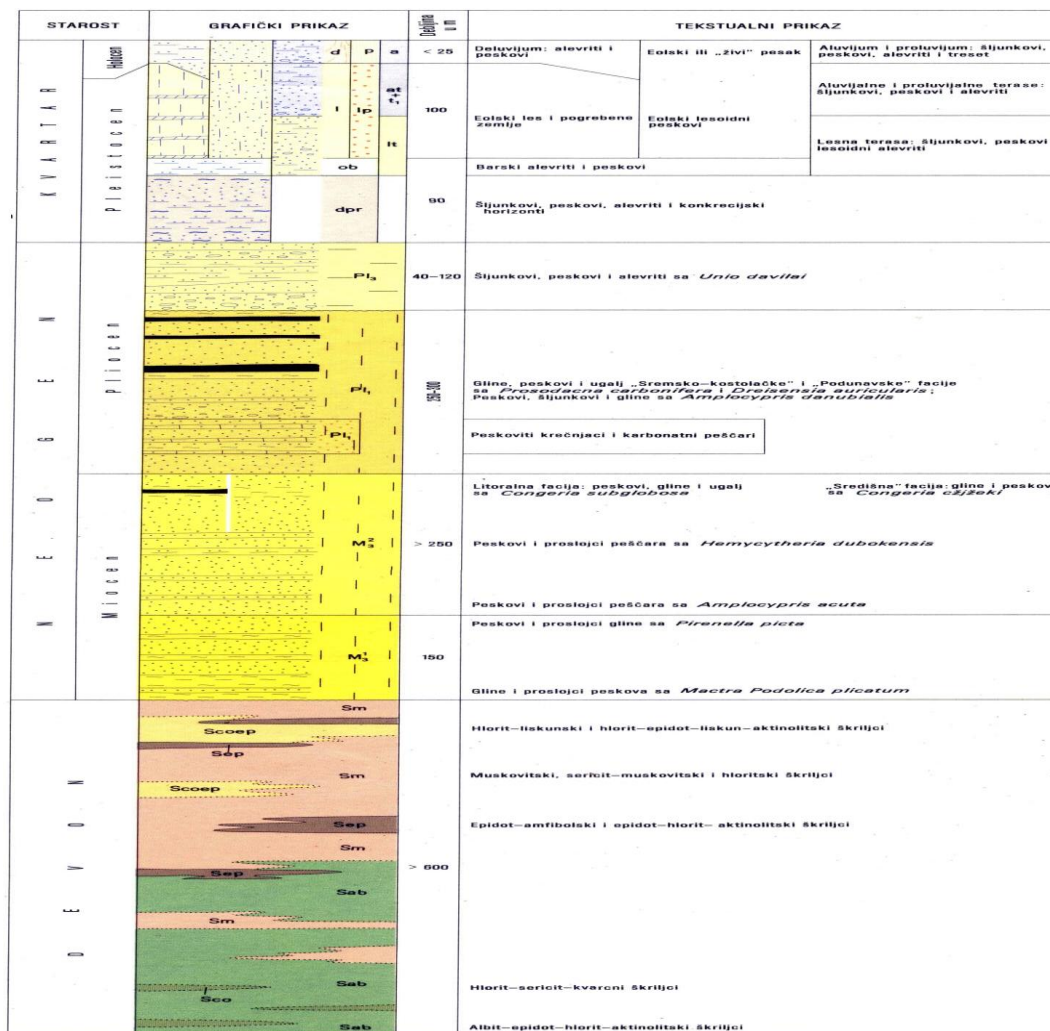
I ugljeni sloj – najmlađi 15-16 m.

U zapadnom delu basena ( ležište Kostolac zapad ) III ugljeni sloj se nalazi na velikoj dubini i manje je debljine ( max 10 m ), dok su po pitanju uslova zaleganja i debljine interesantni II i I ugljeni sloj ( II us do 25m, I us do 15 m ).

**Gornji pliocen –roman (Pl<sub>2</sub>)** - šljunak, pesak i alevrit, koji se neizmenično smenjuju.

**Pleistocen Q<sub>1</sub>** - "kličevačka serija" (lesoidni peskovito-glinoviti alevriti i alevritični pesak, šljunak, peskoviti krečnjak, pešćar i bigar ), lesna terasa 25–35 m visine, barski alevriti i peskovi (ranije "barski les"), eolski lesoidni peskovi, les i aluvijalna terasa debljine 7–12 m i

**Holocen (Q<sub>2</sub>)** - deluvijum (lesoidni alevrit i pesak), proluvijum(konusi plavina, šljunak, pesak i alevrit), aluvijalna terasa(alevrit i pesak) i aluvijum( facija starača, povodnja i korita ).Na slici br.2 prikazan je litološki stub šireg područja Kostolaačkog basena



Slika br.2 Litostratigrafski stub šireg područja ugljenog basena

## 2.0.0 PROIZVODNJA UGLJA OD POČETKA DO DANAS

Proizvodnja uglja u Kostolačkom ugljenom basenu odvijala se prema potrebama tržišta i situacionih prilika u državi. Veća proizvodnja uglja započinje u posleratnom periodu, od 1945.godine a ubrzani razvoj počinje od 1974.godine, uvođenjem savremene rudarske mehanizacije na PK "Ćirikovac i zatim i na PK "Drmno". Na slici br.3 dat je položaj rudničkih objekata.



Slika br.3 Položaj rudničkih objekata

U dosadašnjem periodu otkopano je ukupno 187 miliona tona uglja. U tabelei br.1 data je proizvodnja uglja od početka do danas.

Proizvodnja uglja od početka do danas

Tabela br.1

Rudnik uglja	Godina		Proizvodnja u milionima tona:					Kapacitet 10 <sup>3</sup> t/god.		Sloj uglja
	otva- ranja	zatva- ranja	1870- 1918	1919- 1940	1941- 1944	1945- 2010	Suma	min.	maks	
								B	C	
A	B	C	D	E	F	G	D	I	J	K
Stari Kostolac (4)*	1870	1966	1,1	2,7	0,6	4,3	8,7	0,7	231	I
Klenovnik (3)	1883	1959	0,2	1,2	0,3	1,6	3,3	6	170	I
Ćirikovac s.j. (2)	1929	1940		0,02			0,02	2	2	II
Ćirikovac n.j. (1)	1957	1974				4,2	4,2	7	575	III
Ukupno jamski:			1,3	3,9	0,9	10,1	16,2			
PK Novi Kostolac	1943	1981			0,08	21,6	21,7	19	1102	I
PK Klenovnik	1973	2009				9,0	9,0	75	550	I
PK Ćirikovac	1976	2009				41,423	41,423	31	2514	II/III
PK Drmno	1987					104,888	104,888	47	6691	III
Ukupno površinski:					0,08	176,903	176,903			
Sve ukupno			1,3	3,9	1,0	163,8	187,003			

\* u zagradi je naveden broj jamskih revira ("jama")

### 3.0.0 STANJE POSTOJEĆIH REZERVU UGLJA U KOSTOLAČKOM UGLJENOM BASENU

Istražni radovi koji su u do sada urađeni potvrdili su rezerve koje omogućavaju proizvodnju uglja u količinama koje zadovoljavaju dugoročne potrebe TE "Kostolac". Zatvaranjem PK "Ćirikovac" i "Klenovnik" zbog nerentabilnosti, prestala je proizvodnja uglja na ovim kopovima, tako da se u PD"TE-KO Kostolac" proizvodnja uglja odvija samo na PK"Drmmo". Rezerve uglja koje su ostale neotkopane u eksploatacionim poljima "Klenovnik" i "Ćirikovac" konzervirane se za neka za neka druga vremena. Eksploatacione rezerve uglja u ležištu Drmmo omogućavaju proizvodnju uglja od 9 x 10<sup>6</sup> tona uglja godišnje u narednih 37 godina. Svakako, treba napomenuti da oko 200 x 10<sup>6</sup> tona uglja ostaje "zarobljeno" i nalazi se u zaštitnim stubovima ispod sela Drmmo, arheološkog nalazišta "Viminacijum", drobilane i TE "B". U tabeli br.2 data je evidencija stanja rezervi na kraju 2010.godine.

Tabela br.2

EVIDENCIJA STANJA REZERVU – 31.12.2010. godine											
Naimen.	UKUPNE REZERVE								Potencijalne rezerve		
	A		B		C1		A+B+C1		C2	D1	D2
	Bilansne	Vanbilansne	Bilansne	Vanbilansne.	Bilansne	Vanbilansne	Bilansne	Vanbilansne			
KOLIČINE (t)	2.398.067	5.864.902	293.040.703	153.977.251	260.481.532	131.546.213	553.920.319	311.385.366	1.075.332.905		
KVALITET	pont				panon						
	W	38,35 – 40,31 %			42,23 %						
	A	17,31 – 21,51 %			13,15 %						
	Su	1,13 – 1,26 %			2,26 %						
	Sa	0,60 – 0,61 %			0,59 %						
	Ss	0,52 – 0,65 %			1,67 %						
	K	34,47 – 36,70 %			33,47 %						
	C-Fix	15,11 – 18,26 %			19,74 %						
	V	24,96 – 26,30 %			24,61 %						
	S.M.	40,15 – 43,14 %			45,67 %						
	DTS	8,8 – 9,8 MJ/kg			10,5 MJ/kg						
	GTS	10,3 – 11,5 MJ/kg			12,0 MJ/kg						

### 3.1.0 Rezerve uglja u fazi dokazivanja

Istražni radovi koji su izvršeni zapadno od ležišta Ćirikovac, Kostolac i Stari Kostolac u nekoliko faza, od 1962 do 2010.g potvrdili su postojanje svih ugljenih slojevi pontsa sa brojnim proslojcima, od kojih su najznačajniji I i II ugljeni sloj, dok je III ugljeni sloj nalazi na velikoj dubini i tanji nego u istočnom delu basena. Na severu ispod reke Dunav slojevi prelaze u Kovinski ugljeni basen, na zapadu ispod reke Velike Morave u Smederevski basen, dok prema jugu isključuju na potezu Ćirikovac – Zabela – Brežane - Dubravica. Rezultati istražnih radova koji su obrađeni u "Studiji ugljonosnosti zapadnog dela Kostolačkog ugljenog basena" ukazuju da se u ovom području nalaze sledeće rezerve uglja: U tabeli br.4 dat je pregled rezervi

Tabela br.4

Vrsta sloja	Geološke rezerve t	Prog.geol.rezerve t	Ekspl.rezerve(k=1:4) t
I	494.483.000	494.483.000	
II	265.306.000	185.494.000	
III	591.377.000	241.169.000	
<b>Ukupno</b>	<b>1.351.166.000</b>	<b>921.146.400</b>	<b>466.400.000</b>

Istražnim radovima u toku 2009. i 2010. g ove rezerve su najvećim delom i potvrđene. Tokom 2009.g na područje **Petka-Ćirikovac** prema Zabeli zapadno od ležišta Ćirikovac utvrđene su rezerve od cca **60.000.000 tona** uglja III i delom II ugljenog sloja. Ugalj je lošeg kvaliteta, znatno raslojen i dobrim delom se nalazi ispod spoljašnjeg odlagališta "Petka" PK "Ćirikovac". 2010. godine na području **Dubravica-Batovac – Brežane** utvrđene su rezerve I i II ugljenog sloja u količini od cca **510.000.000 tona** uglja:

I ugljeni sloj                      110.000.000 tona  
 II ugljeni sloj                     400.000.000 tona

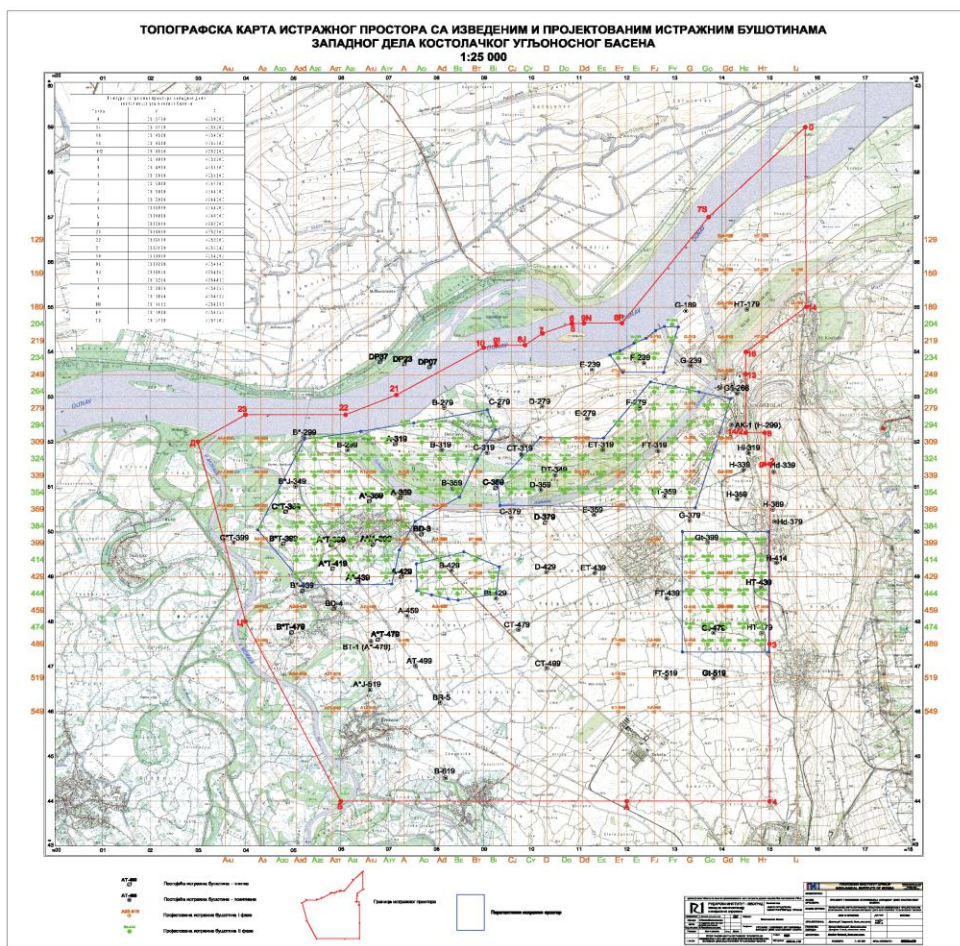


Rezerve uglja su uglavnom C<sub>1</sub> kategorije, rijetko B kategorije , a od tog iznosa cca 200.000.000 tona je trenutno vanbilansno zbog zaštitinih stubova sela i vodotokova. Odnos uglja i jalovine (uslovne) se kreće do maksimalno 1:5 (uglavnom 1:3). Na slici br.4 prikazan je istražni prostor za oba područja istraživanja.

U tabeli br.4 date su karakteristike slojeva uglja u istražnog područja Dubravica-Batovac –Brežane .

Tabela br.4

Karakteristike sloja	Vrsta slojeva	
	I	II
DTE ( KJ/kg)	7000-8700	5000-7100
W ( % )	46,0 - 48,3	39,0 - 42,0
A ( % )	12,5 -14,85	24,5 - 30,0
Debljina ( m )	6,00 -14,60	6,65-23,45



Slika br.4 Topografska karta istražnog prostora

### 3.2.0 Istražni radovi u planu

U 2011. god. neophodno je usmeriti geološka istraživanja u treće područje Zapadnog Kostolca ( **Ostrvo-Petka- Kostolac** ) i konačno definisati zaleganje ugljenih slojeva i ograničenja , te završiti deo osnovnih istraživanja , kako bi se u naročito interesantnim područjima istraživanja nastavljena kao detaljna ( bušenje 24 istražne bušotine ). Takođe je neophodno uraditi i Elaborat o rezervama uglja, bez obzira o kategorijama rezervi, kao i Elaborat o rezervama korisnih pratećih mineralnih sirovina ( šljunak , pesak i sl. ) .

### 3.3.0 Istražni radovi u perspektivi

U cilju definisanja ograničenja prostiranja uglja i njegovih karakteristika (zalištanje,dubina ,moćnost idr.) treba nastaviti aktivnosti na dobijanja prava na proširenje istražnog prostora u veoma perspektivno područje zapadno od reke Velike Morave (Kulić , Šalinac, okolina Smedereva) , da bi se potvrdile očekivane rezerve uglja na šta ukazuje zaleganje ugljenih slojeva .

### 4.0.0 ENERGETSKI POTENCIJAL KOSTOLAČKOG BASENA UGLJA

Prema do sada potvrđenim rezervama može se reći da Kostolački ugljeni basen predstavlja značajan potencijal za proizvodnju termo energije u JP "EPS". Raspoložive rezerve uglja u ležištu "Drmno" od 358.070.285 miliona tona omogućice da Kostolačke TE proizvedu 248.659.920,138 MWh električne energije do kraja eksploatacionog vijeka kopa, pri specifičnoj potrošnji uglja od 1,440 t/MWh. U tabeli br.6 data je specifična potrošnja uglja u TE Kostolac za 2010.g

Tabela br.6

PODACI ZA 2010.G								
BLOK		A1	A2*	A	B1	B2	B	TEKO
proizv. el.en.na pragu TE	MWh	576,792	1,274,069	<b>1,850,861</b>	1,981,271	896,627	<b>2,877,898</b>	<b>4,728,759</b>
proizv.topl.en.na pragu TE	MWh		57,253	<b>57,253</b>				<b>57,253</b>
potrošnja uglja	t	916,672	1,949,629	<b>2,866,301</b>	2,758,583	1,269,260	<b>4,027,843</b>	<b>6,894,144</b>
spec.utrošak uglja	t/MWh	1.589	1.464	<b>1.502</b>	1.392	1.416	<b>1.399</b>	<b>1.440</b>
* količina topl.energije je svedena na moguću proizvodnju el.energije koja se računa u spec.potrošnju uglja								

Rezultati izvedenih istražnih radova u zapadnom dijelu basena ukazuju na postojanje eksploatacionih rezervi od oko 310.000.000 tona uglja.Ove rezerve uglja su dovoljne da se otvori novi kop, veličine PK"Drmno" za potrebe "TE KO" iste instalisane snage.Ako se uzme sadašnji odnos specifične potrošnja uglja za proizvodnju 1 MWh, nove rezerve uglja obezbjeđuju proizvodnju od 215.277.777 MWh električne enrgije.U tabeli br.5 date su rezerve uglja koje su poznate i rezerve koje su u fazi dostraživanja.

Tabela br.5

Naziv ležišta-polja	Ukupne rezerve			Eksploatacione rezerve	Rezerve u fazi dokazivanja	Očekivane rezerve	Perspektivne rezerve
	bilansne	vanbil.	ukupne				
"Drmno"	380.758.204	215.307.125	596.065.329	200.038.619	vrše se dodatna istraživanja	/	/
"Ćirikovac"	80.232.262	44.319.000	124.551.262	23.491.262	rezerve konzervirane	/	
"Klenovnik"	2.398.067	5.864.902	8.262.969	1.283.348	rezerve konzervirane	/	
"Zapadno polje"	310.000.000	200.000.000	510.000.000	310.000.000	310.000.000	310.000.000	
<b>Ukupno</b>	<b>773.388.533</b>	<b>465.491.027</b>	<b>1.238.879.560</b>	<b>534.813.229</b>	<b>310.000.000</b>		
<i>Proširenje istražnog prostora</i>	<i>Izvođenje istražnih radova radi definisanja granica (ograničenja) pružanja stoja, osnovnih karakteristika stoja i utvrđivanje potencijalnih rezervirezervi</i>						

Kako konture Kostolačkog ugljenog basena nisu jasno definisane postoji realna očekivanja da se proširenjem istražnog prostora u budućnosti otkriju (nabuše) nove rezerve uglja.

## Zaključak

Kostolački ugljeni basen poseduje rezerve uglja koje će do kraja ovog vijeka omogućiti dugoročni razvoj rudarstva i energetike na ovom prostoru. U hijerarhiji proizvođača električne energije zadržaće treće mjesto do kraja eksploatacionog vijeka ležišta i daće pun doprinos razvoju energetike u EPS-u Srbije.

## Literatura

- Elaborat o rezervama uglja u ležištu "Drmno"("Georad "d.o.o Drmno 31.12.2007.g)
- Elaborat o rezervama uglja u ležištu "Ćirikovac"("Georad "d.o.o Drmno 31.12.2001.g)
- Studija ugljonosnosti zapadnog dela Kostolačkog ugljenog basena
- Projekat geoloških istraživanja zapadnog dela Kostolačkog ugljonosnog basena"
- Dokumentacioni elaborati o izvedenim geološkim istraživanjima zap.dela K.u.b.
- GRP-za kapacitet PK"Drmno"od 9 x 10<sup>6</sup>tona uglja godišnje
- Monografija Kostolca 1970.godina
- Arhiva Glasa proizvođača
- Dokumenta Istorijskog arhiva Požarevac
- Monografija Muzeja rudarstva Resavica

# UPOTREBA HIDROGEOLOŠKOG MODELA U DUGOROČNOM PLANIRANJU EKSPLOATACIJE UGLJA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA RB "KOLUBARA", LAZAREVAC

## USAGE OF HYDROGEOLOGICAL MODEL IN LONG-TERM PLANNING IN COAL EXPLOATATION IN OPEN PIT „KOLUBARA“ LAZAREVAC

**Dejan Filipović**

*RB "KOLUBARA" d.o.o. Lazarevac*

### ABSTRAKT

Ovaj rad će pokazati ulogu hidrodinamičkog modela u procesu istraživanja, planiranja i definisanja tehnologije odvodnjavanja u cilju obezbeđivanja uslova za otkopavanje uglja na površinskim kopovima RB "Kolubara".

Tokom procesa identifikacije sistema, matematički model omogućuje sintezu velikog broja informacija u cilju dobijanja relevantnih atributa sistema. U ovom slučaju, sistem je predstavljen kroz širi prostor površinskih kopova sa svim faktorima koji utiču na mehanizam kretanja podzemnih voda. Model je urađen u softverskom paketu SPRING po metodi konačnih elemenata, što dozvoljava modeliranje velike površine sa mogućnošću pugušćenja u posmatranim zonama. Tako je dobijen model od 1800 km<sup>2</sup> sa preko milion elemenata. Tako je sada, pored posmatranja uticaja površinskog kopa na podzemne vode, moguće pratiti uticaj jednog površinskog kopa na drugi. To je posebno važno pri proceni uticaja površinskog kopa u eksploataciji na kop u otvaranju.

Takođe, hidrodinamički model će se koristiti i za procenu rizika od zagađenja podzemnih voda. Modeliranje transportnog toka zagađivača pomoći će da se poboljšaju mere predostrožnosti i definišu aktivnosti neutralisanja eventualnog zagađenja.

**Ključne reči:** hidrodinamički model, PK „Tamnava – Zapadno Polje“, konačni elementi

### ABSTRACT

This work will present the role of a groundwater model in research and planning processes, as well as defining dewatering technology in order to assure necessary conditions for coal excavation in open pit PK "Tamnava - Zapadno polje". During the system identification process, a mathematical model allows syntesis of great ammount of data in order to derivate relevant system attributes. In this particular case system is represented as open pit area with all factors that affect ground water regime. This Model is created with a finite element softwer – SPRING, wich allows modelling large areas with possibility of refining horizontal and vertical mesh in areas of interest. Thus we got 1.800 km<sup>2</sup> wide model with over one milion elements. Now we can observe not only influence of open pit on groundwater, but also influence one open pit on other open pit could be measured. It could be very useful to monitor influence existent excavation zone to future mine field. Additionally, a hydrodinamical model could be used for environmental risks evaluation. Modeling of contaminant transport allows us to improve safety and cleaning actions in case of polution.

**Key words:** hydrodynamic model, PK „Tamnava – Zapadno polje“, finite element

### UVODNE POSTAVKE

U cilju definisanja tehnologije odvodnjavanja na površinskom kopu „Tamnava – Zapadno polje“ bilo je neophodno izraditi hidrogeološki simulacioni model.

Osnovni zadaci su bili:

- Upoznavanje sa osnovnim geološkim i hidrogeološkim uslovima
- Prikupljanje, obrada i klasifikacija dostupnih relevantnih podataka

- Upoznavanje osnova modeliranja, fizičke i matematičke osnove modela i odabir numeričkih rešenja
- Razvoj hidrogeološkog konceptualnog modela

## **KONCEPTUALNI MODEL**

Osnova za razvoj hidrogeološkog modela je izrada konceptualnog modela, koji predstavlja prikupljene i sistematizovane podatke u obliku u kom će biti upotrebljeni pri modeliranju. Konceptualnim modelom se definišu granice modela, hidrogeološki slojevi i celine, definiše se način računanja prihranjivanja i usvajaju se parametri sredine na osnovu raspoloživih podataka. Ovaj proces podrazumeva ne samo prikupljanje, već i analizu tačnosti i važnosti podataka, kao i procenu uticaja moguće greške koju bi netačan podatak naneo modelu.

Da bi se upoznali sa hidrogeološkim uslovima na terenu potrebno je definisati sledeće:

- Informacije o strukturi kao što su pružanje geoloških slojeva, rasedi i sl.
- Slojevi sličnih hidrogeoloških karakteristika,
- Hidrogeološki parametri,
- Parametri vodnog bilansa i
- Granični uslovi toka podzemne vode

Nakon prikupljanja i obrade svih relevantnih podataka potrebno ih je sistematizovati kroz konceptualni model, koji predstavlja pisani rad sledećeg sadržaja:

1. Obim i cilj projekta
2. Bilansno područje i granice modela
3. Digitalni model terena
4. Topografske karte
5. Geologija i hidrogeologija
  - Litologija i stratigrafija
  - Tektonika
  - Hidrogeologija Kolubarskog basena
  - Prihranjivanje podzemnih voda
6. Hidrologija
7. Antropogeni faktori
  - Geometrija i parametri površinskih kopova
  - Razvoj rudarskih radova
  - Vodonepropusne membrane za zaštitu od podzemnih voda
8. Zaključci

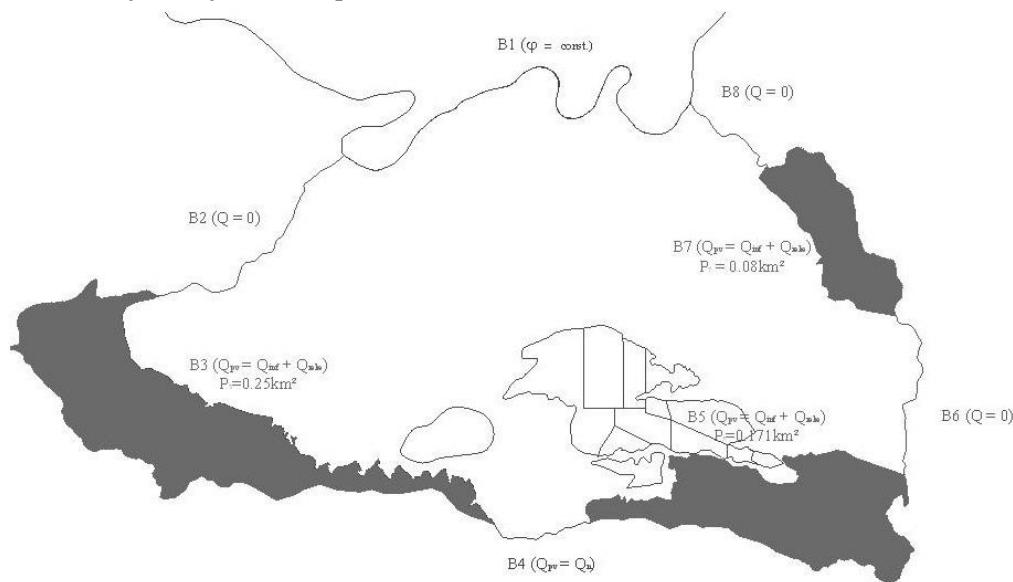
Jednom kreiran Hidrogeološki konceptualni model je predmet stalne dorade u budućnosti, pre svega da bi se uključili novi podaci i model održavao ažurnim.

Pregled Hidrogeološkog konceptualnog modela Kolubarskog ugljonosnog basena

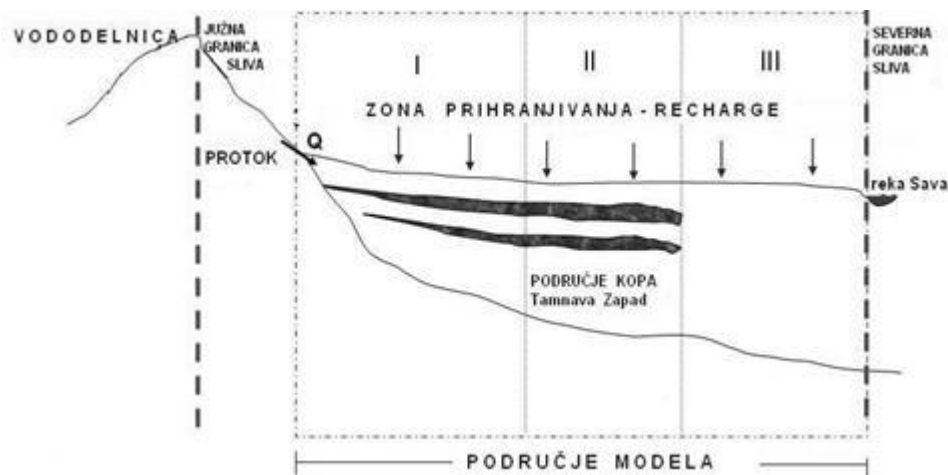
Cilj ovog projekta je definisanje regionalnog toka podzemnih voda ovog područja uključujući relevantne parametre porodne sredine i granične uslove potrebne za izradu i tariranje hidrogeološkog modela.

## GRANIČNI USLOVI

Tokom utvrđivanja granica modela prvi korak je utvrđivanje graničnih uslova. Najjednostavniji način utvrđivanja granice modela je da se usvoji granica kolubarskog neogenog basena, tj. sliva reke Kolubare u okviru basena. Tako je dobijen model površine 1.800 km<sup>2</sup>.



Slika 1: Površina modela i granični uslovi



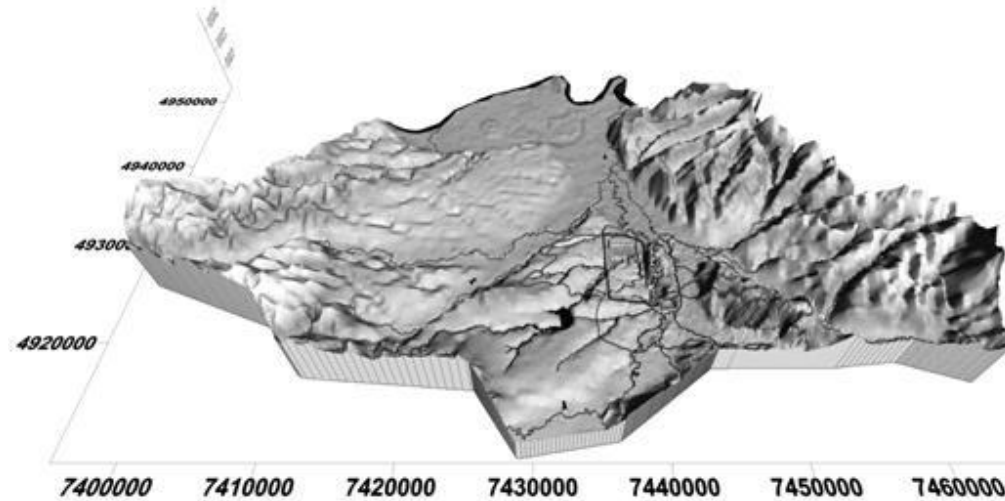
Slika 2: Šematski prikaz geološkog profila terena

Granica modela je podeljena na osnovu graničnih uslova na sledeće grupe:

- Granica konstantnog potencijala (B1)
- Granica nultog proticaja (B2, B6 i B8)
- Granica priliva definisanog na osnovu slivne površine (B3, B5 i B7)
- I južna granica (B4) sa doticajem koji će biti predmet proračuna kroz tariranje modela, (u zavisnosti od ostalih parametara).

## **DIGITALNI MODEL TERENA (DTM) I KARTE**

Digitalni model terena korišćen za modeliranje sadrži merene vrednosti na području rudarskih radova i javne podatke za preostali deo područja. Usled radova na otkopavanju i rekultivaciji, morfologija se konstantno menja tako da je digitalni model terena promenjiva u vremenu.

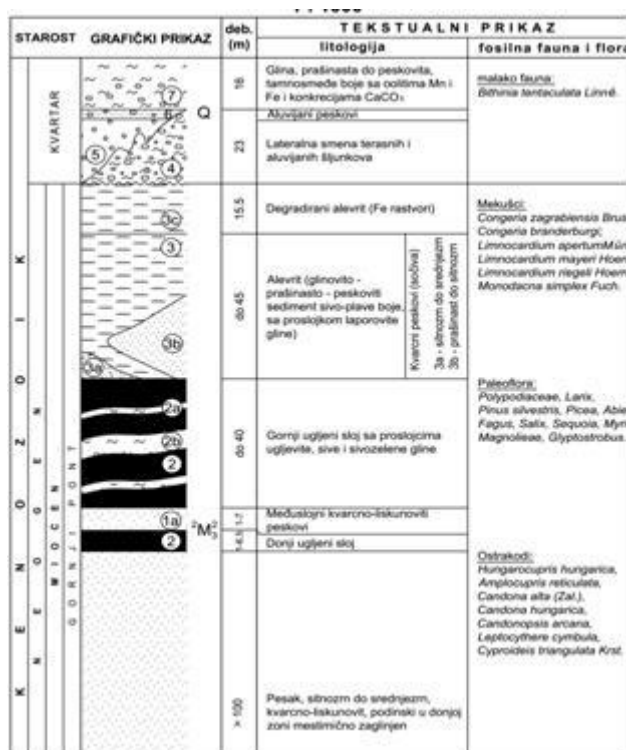


*Slika 3: Digitalni model terena u području reke Kolubare*

## **GEOLOGIJA**

Geologija posmatranog područja je kompleksna i predstavljena je naslagama Paleozoika, Mezozoika, Neogena i Kvartara.

**Tvorevine paleozoika** su predstavljene devonskim, karbonskim i permskim naslagama i uglavnom su konstatovane u obodnim delovima basena. Čine ih serija konglomerata i škriljaca ( $D_3+C$ ), terigenih sedimenata ( $C_2^2$ ) i permskih pešćara, škriljaca i krečnjaka ( $^2P_2$ ) i ( $P_3$ ).



Slika 4: Geološki stub neogenih sedimenata na PK „Tamnava – Zapadno polje“

**Mezozoik** je predstavljen naslagama Trijasa (donji i srednji) i gornje Krede. Na dnu serije su dolomitski krečnjaci, peščari i glinoviti škriljci, koji su karakteristični za donji Trijas, dolomitični krečnjaci (anizijski kat) i masivni kristalasti krečnjaci (ladinski kat) srednjeg Trijasa. U sastav gornje krede najvećim delom ulaze sprudni i subsprudni krečnjaci a pored njih, sa nešto manjim učešćem, zastupljeni su peščari i glinci.

**Neogeni sedimenti** imaju najveće pružanje na području modela. Predstavljani su sedimentima donjeg, srednjeg (Baden, Sarmat) i gornjeg (Panon, Pont) Miocena.

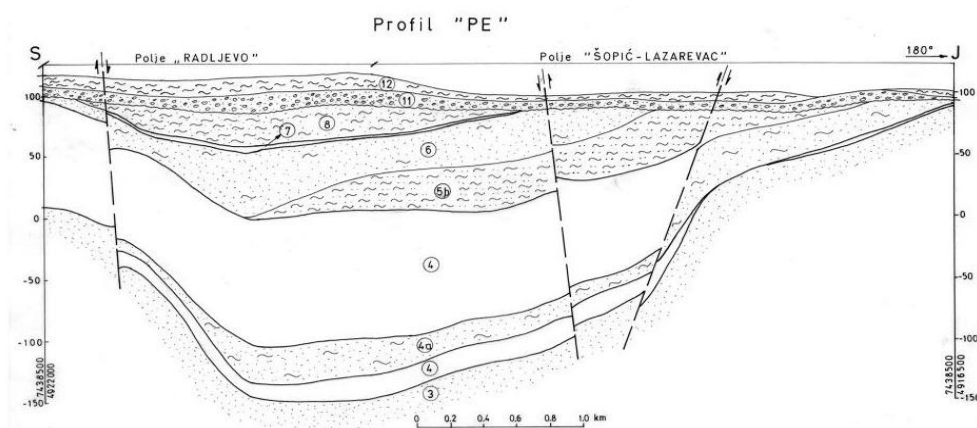
Za rudarske radove na kolubarskim površinskim kopovima najinteresantniji je donji i gornji Pont, koji je predstavljen peskovito glinovitim sedimentima, serijama laporovite i alevritske gline donjeg pontu i peska, gline, alevrita i uglja u gornjem Pontu.

**Kvartarni sedimenti** su zastupljeni u rečni dolinama gde su predstavljeni aluvionima, rečnim terasama i deluvijalnim naslagama i sastoje se od šljunka, peska i gline.

## TEKTONIKA

Paleoreljef i tektonika su imali značajan uticaj na strukturu produktivnog dela Kolubarskog ugljonosnog basena. U pre-neotektonskom periodu formirane su depresije, a u neotektonskom periodu rasedi generalnog pružanja zapad-istok i severozapad – jugoistok, a zatim vertikalnim kretanjima formirana je horst-rovovska struktura. Ova kretanja uticala su na deformaciju ugljenog sloja stvarajući nagla zaleganja duž rasednih zona i pojavu sekundarnih pukotina.





Slika 5: Vertikalni presek terena (primer za tektoniku)

## HIDROGEOLOGIJA

Na ispitivanom području postoje sledeći hidrogeološki kolektori:

- *Krovinski kolektori*,
  - Aluvijalni kolektor – izdan u aluvijalnom šljunku i pesku;
  - Terasni kolektor – izdan u terasnom šljunku;
  - Krovinski kolektor – izdan u pesku u krovini prvog uglja.
- *Međuslojni kolektori*,
  - Međuslojni kolektor – izdan u pesku između dva glavna ugljena sloja;
  - Međuslojni kolektor Zapad – izdan u pesku unutar drugog ugljenog sloja.
- *Podinski kolektori*
  - Podinski kolektor – izdan u podinskom ponskom pesku;
  - Sarmatski kolektor – izdan u sarmatskim krečnjacima;
  - Trijaski kolektor – izdan u trijaskim krečnjacima.

Svi hidrogeološki kolektori su međusobno povezani na granicama ugljonosnog basena i formiraju jedinstven sistem. Kao izolatori u hidrogeološkom smislu identifikovane su kvartarne i neogene gline, alevrit i ugalj.

## HIDROLOGIJA

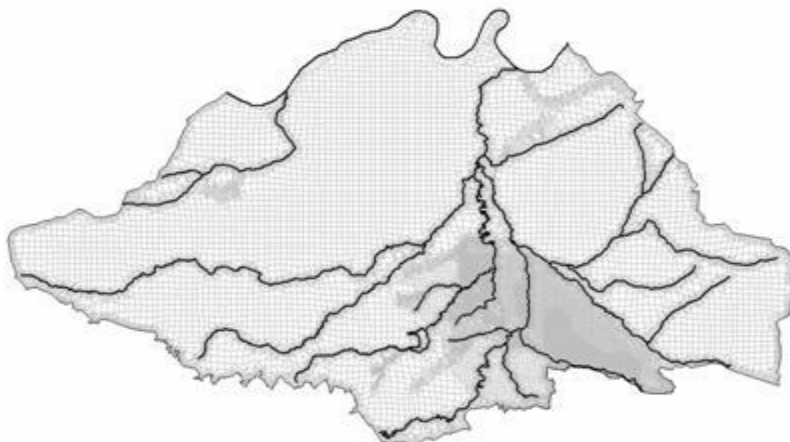
Reka Kolubara, kao dominantan tok je i zajedno sa pritokama Peštanom, Tamnavom i drugim manjim tokovima formira široku rečnu dolinu. Donji deo toka Kolubare je ravničarskog karaktera što uzrokuje meandriranje reke. Kolubara je reka bujičnog karaktera sa izraženim poplavnim talasima najčešće u zimu i proleće.

## ANTROPOGENI FAKTORI

Antropogeni faktori čine značajan uticaj u ovom području. To su pre svega površinski kop, bunari odvodnjavanja i vodosabdevanja i hidrotehnički objekti kao što su vodonepropusne membrane za zaštitu od podzemnih voda i sl.

## **KREIRANJE MODELA**

Prvi korak u modeliranju podzemnih voda je formiranje mreže. Softver koji je korišćen za modeliranje je SPRING, kompanije Delta-h, Dortmund, koji je baziran na metodi konačnih elemenata (FE method). Ova metoda omogućava značajno pogošćenje tačaka u određenim delovima modela što dalje omogućava modeliranje velikih površina.



*Slika 6: Mreža konačnih elemenata*

Veličina elemenata zavisi od gustine tačaka, odnosno od gustine raspoloživih podataka i u ovom slučaju varira od 5-500 metara. Ukoliko se dođe do novih podataka moguće je vršiti naknadno pogošćenje mreže.

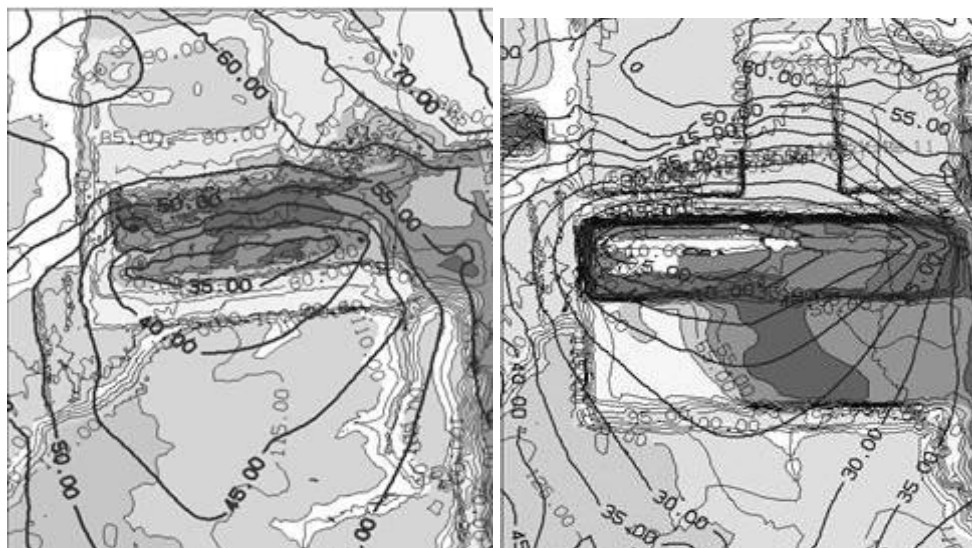
Sledeći korak je zadavanje atributa elementima. Osnovni atributi su:

- Površina terena
- Nivo vode u rekama i jezerima, infiltracija povrinskih voda
- Konstantni potencijal
- Definisane procure
- Bunari
- Doticaj na granicama modela
- Kote različitih slojeva
- Prihranjivanje (računa se programom)
- Filtracione karakteristike
- Poroznost
- Zasićenost

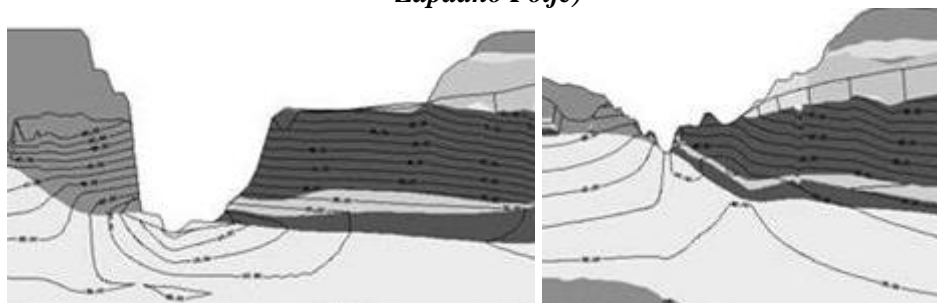
Za neke attribute ne postoji dovoljno podataka, za neke postoji obilje različitih podataka. U tom slučaju neophodno je zadati srednju ili pretpostavljenu vrednost i podešavati ih tokom kalibracije modela.

## **REZULTATI**

Kao rezultat modeliranja podzemnih voda možemo predvideti ponašanje sistema u budućnosti kroz nivo podzemnih voda, količine vode ispumpane iz kopa i bunara, predvideti transport akcidentnog zagađenja i sl. Evo par primera:



*Slika 7: Prognozni nivo podzemnih voda u podinskom pesku u periodu 2010. i 2020. godine (Tamnava – Zapadno Polje)*



*Slika 8: Vertikalni presek terena 2010. i 2020. godine (Tamnava – Zapadno Polje)*

Na slikama 7 i 8 prikazan je nivo podzemnih voda u podinskim peskovima u sadašnjosti i proračunata vrednost za godinu 2020. na površinskom kopu „Tamnava-Zapadno polje“. Sniženje nivoa podzemnih voda od oko 20 metara je rezultat rudarskih radova sa predodvodnjavanjem koristeći 8 metara dubok usek odvodnjavanja u najnižoj tački radova, a voda koja bi se ispumpavala procenjena je na  $6.5 \times 10^6 \text{ m}^3$  na godišnjem nivou.

## ZAKLJUČAK

Simulacije procesa pomoću numeričkih modela je iterativan proces. Modeliranje zahteva konstantno ažuriranje podataka jer većina podataka se menja u vremenu. U ovom slučaju menja se čak i površina terena u oblasti površinskih kopova. Ipak, numerički model je efikasan i isplativ način predviđanja uticaja mogućih akcija primenjenih na stvarni sistem.

# **GENEZA UGLJA KOLUBARSKOG BASENA**

## **COAL GENESIS IN KOLUBARA BASIN**

**MIODRAG KEZOVIĆ**

*RB KOLUBARA, LAZAREVAC*

### **ABSTRAKT**

Imajući u vidu značaj Kolubarskog ugljonosnog basena u elektroprivrednom sistemu Srbije, ovaj rad ima za cilj da ukaže na veoma složen put stvaranja (geneze) uglja. Za proces preobražaja organske materije u ugalj, moraju se ispuniti četiri uslova: 1) klimatsko-vegetacioni uslovi; 2) prisustvo matične (organske) materije; 3) odgovarajuća sedimentaciona sredina i 4) biološko-geohemijski uslovi. Kako je u pitanju neobnovljiv prirodni resurs, eksploatacija uglja mora podrazumevati maksimalno iskorišćavanje ležišta primenom procesa homogenizacije za dobijanje uglja ujednačenog/zahtevanog kvaliteta.

**Ključne reči:** geneza uglja, preobražaj organske materije, klimatsko-vegetacioni uslovi, matična (organska) materija, sedimentaciona sredina, biološko-geohemijski uslovi, proces homogenizacije, Kolubarski ugljonosni basen.

### **ABSTRACT**

Having in mind the importance of Kolubara coal bearing basin in electricity industry, this research aims at presenting a very complicated process of coal genesis. Four conditions must be fulfilled to transformation of organic matter into coal: 1) climate and vegetation; 2) the presence of organic matter; 3) a suitable sedimentation environment and 4) biogeochemical conditions. Since it is a non renewable resource, the exploitation of coal must include the maximal exploitation of coal bed using the homogenization process in order to obtain the coal of requested quality.

**Key words:** coal genesis, transformation of organic matter, climate and vegetation condition, organic matter, sedimentation environment, biogeochemical conditions, homogenization process, Kolubara coal bearing basin.

## **1. KLIMATSKO – VEGETACIONI USLOVI**

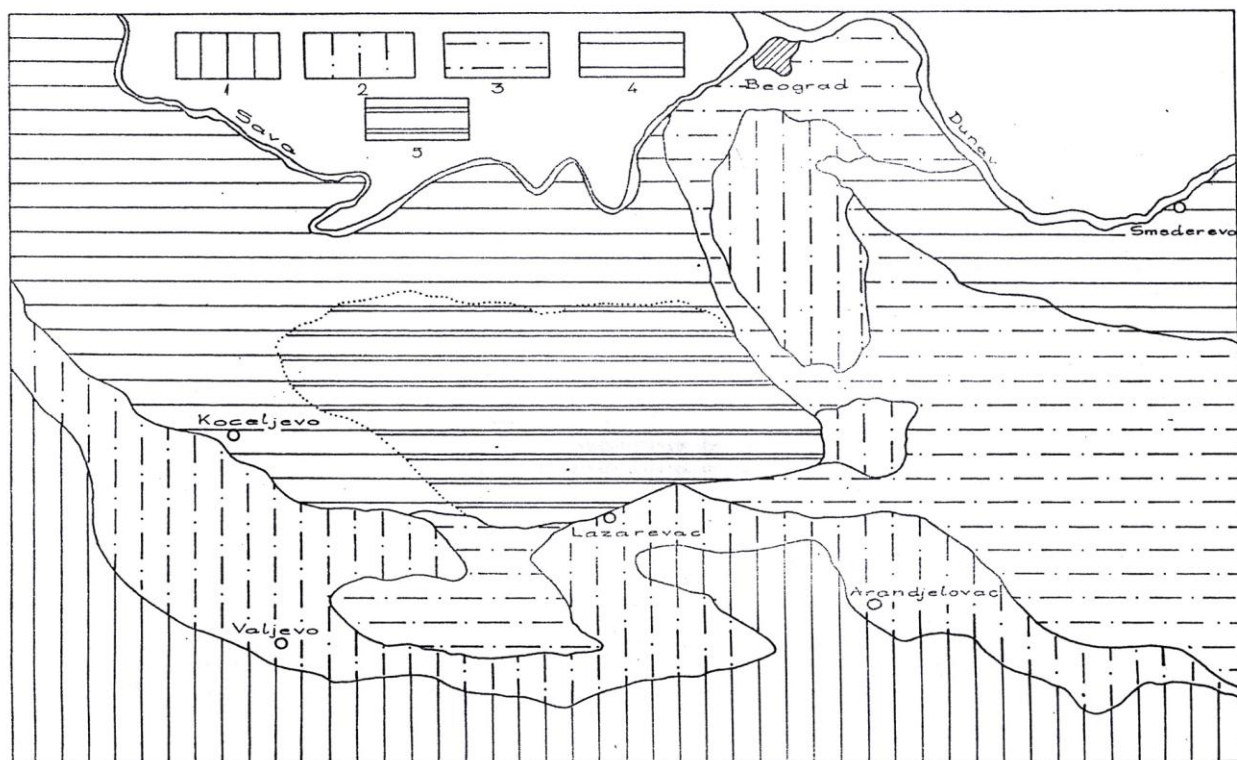
Geneza uglja je kompleksan problem i podrazumeva sagledavanje celokupnog puta kroz koji je prošla biljna materija da bi od nje nastao ugalj.

Ugalj je fitogenog porekla, postao od specijalne grupe biljaka koje čine vegetaciju močvara. Razvoj bujne močvarne vegetacije stoji u direktnoj vezi sa klimom, odnosno periodima tople i vlažne klime.

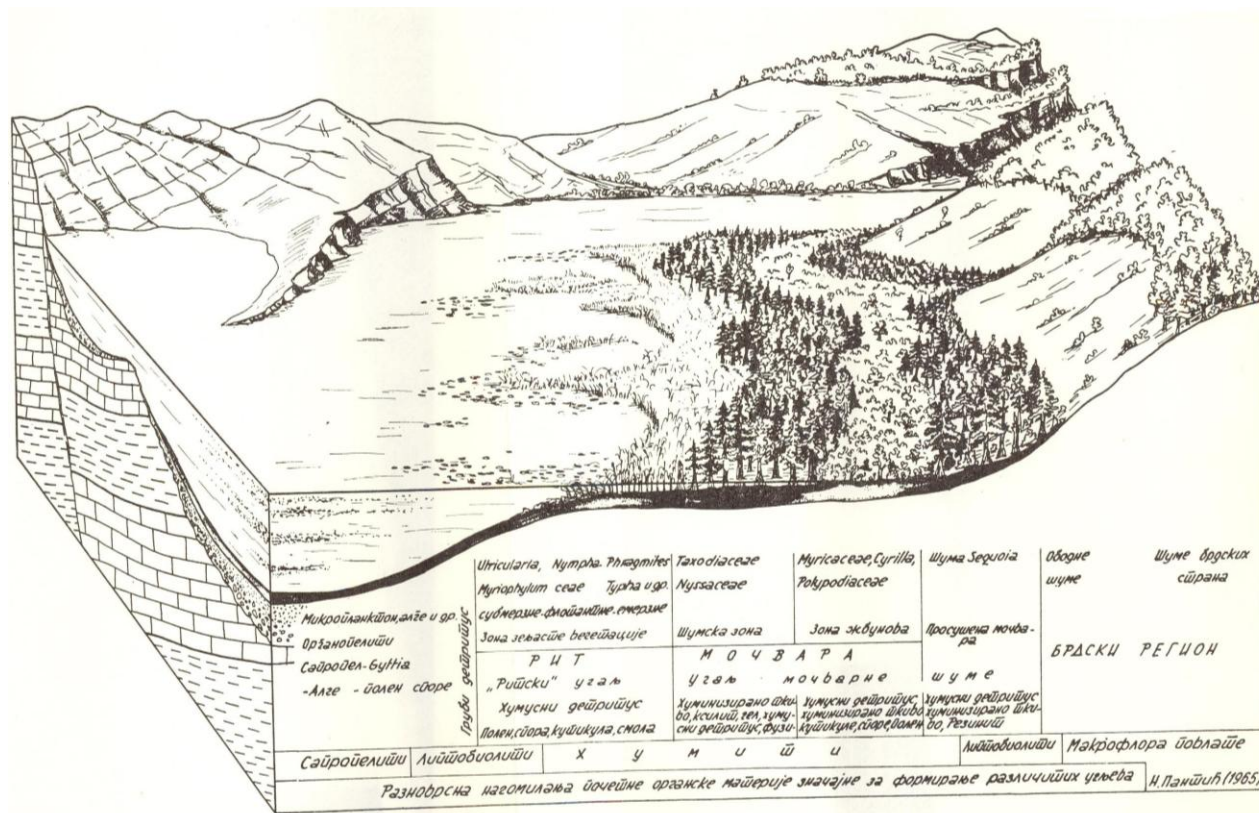
Na južnom obodu Panonskog mora, u okviru Kolubarskog zaliva, za vreme gornjeg ponta nastala je močvara na površini od oko 530 km<sup>2</sup> (Slika br. 1). Površina rasprostranjenja močvare je određena na osnovu paleogeografske karte pontskog kata (M. Petrović i dr., 1987. god.). U okviru nje su se stekli uslovi za razvoj bujne vegetacije (Slika br. 2).

Za postanak močvare bili su značajni procesi zaravnjivanja dna zaliva. Zaravnjivanje je obezbedila sedimentacija u prethodnim stratigrafskim odeljcima (baden, sarmat, panon i donji pont). Zaravnjivanje se odnosi na severni sedimentacioni pojas čiji je paleoreljef za 400 m niži od južnog pojasa. Ovakav izgled paleoreljefa je bio direktno uslovljen uticajem Medoševačke dislokacije (Slika br. 5). Na tako zaravnjenom prostoru nastala je močvara, obrasla bujnom vegetacijom taksodijumske šume, prostirući se

od Baroševca na istoku, do blizu Koceljeva na zapadu, i od Lazarevca na jugu, do Stepojevca na severu. Močvara je subtropskog tipa vezana za terene koji su plavljeni isključivo slatkom vodom.



Slika br. 1. Paleogeografska skica istražnog područja u pontu. Legenda: 1. Planinsko kopno; 2. brdsko kopno; 3. ravničarsko kopno; 4. more; 5. močvara



Slika br. 2. Shematski prikaz močvarne vegetacije i izgled predela iz doba ponta (po N. Pantiću, 1965).

## 2. PRISUSTVO MATIČNE (ORGANSKE) MATERIJE

U okviru nastale močvare mogu se izdvojiti sledeće fitofacije koje su dale organsku materiju za formiranje tresetnih naslaga:

### 1. zona zeljaste vegetacije (ritska zona) sa:

- pojasom submerznih biljaka koje su ukorenjene (*Myriophyllum* i dr.);
- pojasom flotantnih biljaka sa plivajućim listovima (polenova zrna lokvanja - *Nymphacaceae* i dr.); i
- pojasom emerznih biljaka koje se izdižu iz vode (trske - *Phragmites* i trave).

U ovoj zoni konstatovan je sitan biljni detritus (detrinit) od isitnjenih biljnih delova, kao i izvesna količina isprane biljne smole (rezinit). Ovaj materijal je sitnozrn, izgrađuje zemljaste horizonte i svetlije je boje. Zeljasti delovi su bogati celulozom koja se razlaže dajući humusni detritus.

2. **šumska močvarna zona** sa dominacijom krupnih stabala *Taxodium*-a, predstavlja najvažniji deo močvare. Ona proizvodi ogromnu količinu drvenaste materije (ksilinit) koja daje najkvalitetnije delove ugljenog sloja. To su obično deblji horizonti ugljenog sloja, pretežno mrke boje.

Upoređivanjem sa savremenim šumama ovog tipa (delta Misisipija, Florida, Džordžija) uočava se da je drveće *Taxodium*-a i *Nyssa* preko cele godine u vodi i da su im osnovni delovi stabla prošireni pod vodom. Ti prošireni delovi poseduju korenove za disanje (pneumatofore) koji se izdižu u zavisnosti od nivoa vode. Reč je o pregustoj močvarnoj šumi sa džinovskom vegetacijom.

Panjevi ovih biljaka bivaju napadnuti gljivama što je na osnovu palinoloških ispitivanja konstatovano i u kolubarskom basenu. Pored toga u kolubarskom basenu je značajno prisustvo grančica *Glyptrostobus*-a (mestimično su čitavi proslojci sastavljeni od njih).

S obzirom da je u pitanju organska materija drvenastog porekla (uglavnom četinari) može se konstatovati da ova zona daje glavnu masu huminiziranog i gelificiranog drvenastog tkiva (ksiliti litotipovi).

KSILIT je litotip koji se, zavisno od stepena gelifikacije\*, deli na različite tipove. Osnovni tipovi ksilita su:

- **strukturni ksilit**, svetlo-žute do braon boje sa očuvanom vegetalnom strukturom i relativno visokim stepenom gelifikacije koji po drobljenju daje kratke-iveraste komade (dominira iverast prelom). Ovaj tip ksilita se javlja između 40-55% u odnosu na ukupan ksilit.

- **bezstrukturni ksilit**, tamno braon boje, visokog stepena gelifikacije sa nepravilnim prelomom (lomi se na komade nepravilnog preloma i oštih ivica). Udeo ovog tipa ksilita je između 20-25%.

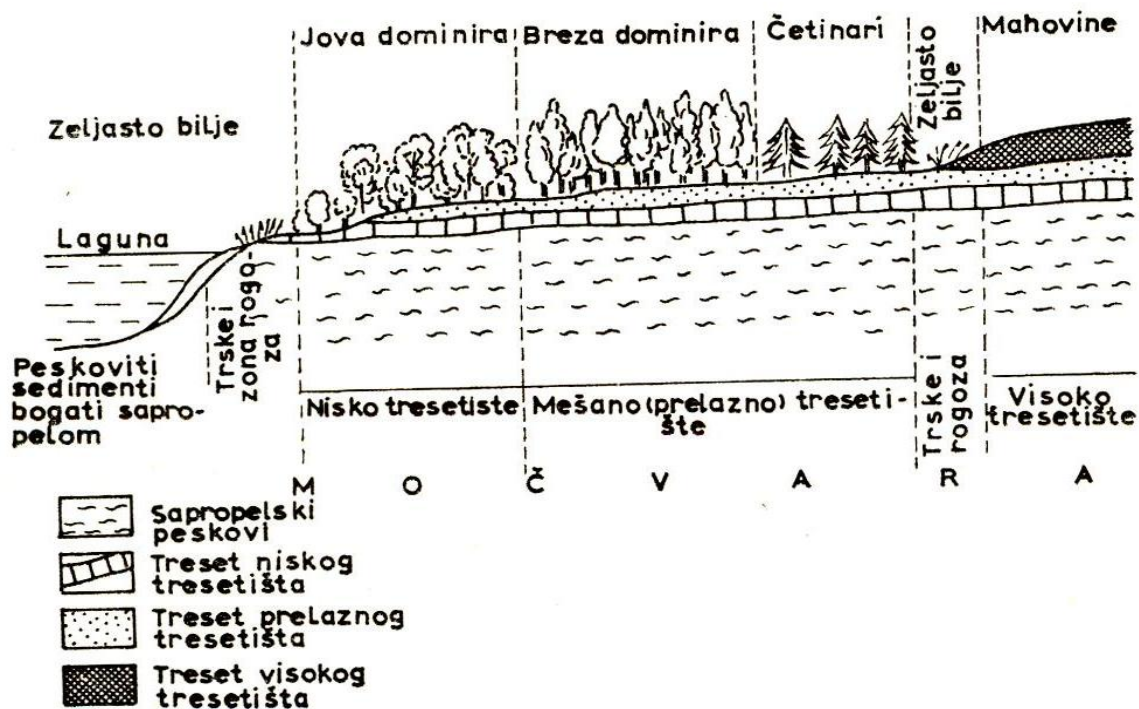
- **vlaknasti (faser) ksilit**, svetlo-žute i sive boje sa vlaknastom strukturom, veoma krt. Njegov udeo se kreće između 5-25%.

3. **zona žbunova** čini prelaz od šuma sa visokim nivoom vode ka suvljim šumama i predstavljena je cveticama (rodovi: *Myrica* i *Cyrilla*) i papratima (rod *Polypodium*). Sastavni deo ove zone je i zeleno žbunje, familije *Sapotaceae* i *Magnoliaceae*. Takođe je značajno prisustvo i kamforovog drveta (*Liquidambar*). Ova zona močvare daje ugalj sastavljen obično od krupnijeg detritusa.

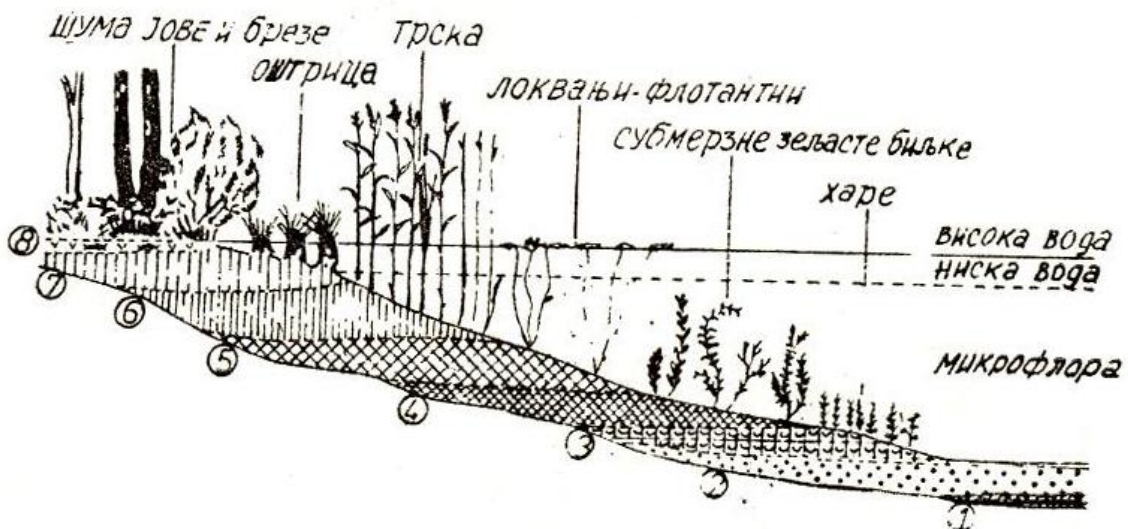
Egzistovanje i raspored vegetacije zavisi od složenog delovanja nivoa vode i morfologije tla (dno močvare). Dinamičnost geološke podloge usložava uticaj priliva različite količine slatke vode iz obodnih izdignutih terena. Sve to uzrokuje relativno brze promene vegetacionih tipova u prostoru kroz vreme (Slika br. 3. i 4).

---

\* **Proces gelifikacije** je proces razlaganja lignino-celulolozne materije kopnenih biljaka i njeno pretvaranje u koloidnu pihtijastu masu - **gel**. Ovaj postupak je vezan za tresetišta, kao sredine koje se odlikuju bogatstvom vode i siromaštvom kiseonika. Tok procesa gelifikacije ima više stadijuma i dešava se u anaerobnoj sredini: počinje nagomilavanjem biljne materije i stvaranjem tresetišta, gde dolazi do nadimanja ćelijske biljne građe i njenog prelaska u homogenu želatinsku masu. Tada počinje proces gelifikacije (biljni ostaci dobijaju ksilitensku strukturu) delimičnim nestajanjem ćelijskih otvora, izdvajanjem granula, stvaranjem koloidnog rastvora, pri čemu se osnovna masa koagulira postajući zrnasta.



Slika br. 3. Presek tresetišta (po Rotonijeju).



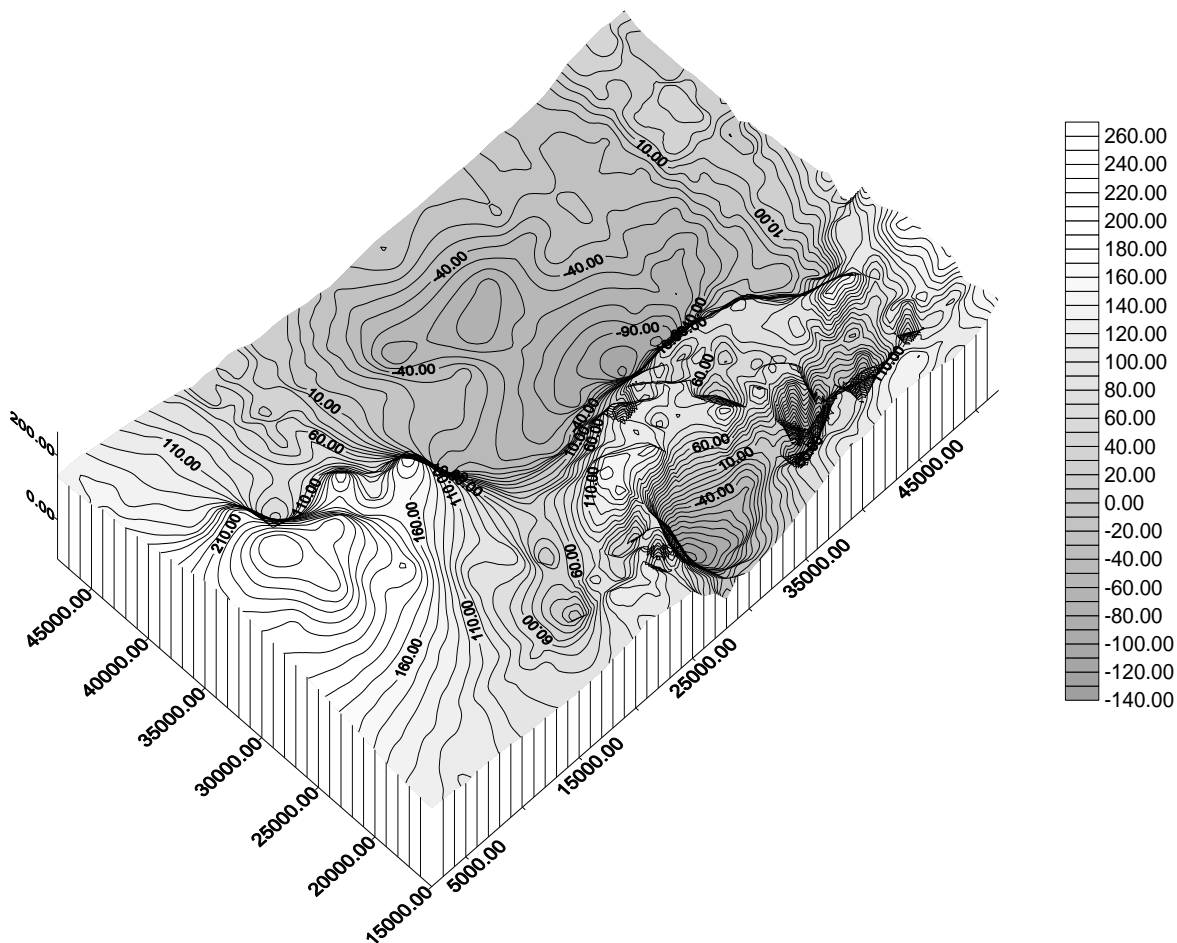
Slika br. 4. Sedimentni niz formiran pri zarastanju i ispunjavanju jezerskog basena (prema Overbecku, 1950 i Teichmülleru, 1962).



### 3. SEDIMENTACIONA SREDINA

Sa sedimentološkog stanovišta na prostoru kolubarskog ugljonosnog basena mogu se izdvojiti dva pojasa razvića: severni i južni. Ova dva pojasa su razdvojena krupnom regionalnom dislokacijom pravca pružanja istok-zapad (Medoševačka dislokacija).

U južnom pojasu sedimentacija je počela u gornjem pontu usled migracije sedimentacionog basena prema jugu i transgresivna je preko paleozojsko-mezozojske podloge. Severni pojas se odlikuje sedimentacijom koja teče kontinuirano preko panon-donjeg pontu. Ovakva slika sedimentacionog razvoja kolubarskog basena je u vezi sa neotektonskim kretanjima i ingresijom Paratetisa ka jugu (Slika br. 5).



Slika br. 5. Blok dijagram podine gornjeg pontu Kolubarskog basena

### 4. BIOLOŠKO – GEOHEMIJSKI USLOVI

Prisutna močvarna vegetacija podleže stalnim procesima izumiranja. Izumrla biljna materija se nagomilava tokom vremena i sa svojim specifičnim sastavom ulazi u proces stvaranja uglja podležući različitim transformacijama. Biljni materijal je sastavljen od većeg broja hemijskih elemenata i to u

prvom redu: C, H, O i N, i u manjoj meri P, Ca, S, F i Mg. Ti hemijski elementi se grupišu gradeći specifična hemijska jedinjenja koja se po pravilu sastoje od C, H, O ređe i N (Tabela br.1).

*Najvažnije organske materije koje ulaze u sastav biljaka su: celuloza, hemiceluloza, lignin, belančevine, masti, voskovi, smole, kutin, sporopolenin i suberin.*

**Tabela br.1 Elementarni sastav nekih jedinjenja biljaka**

Jedinjenja (%)	Ugljenik (C)	Vodonik (H)	Kiseonik (O)	Azot (N)
Celuloza	44.4	6.2	49.4	/
Lignin	63.1	5.9	31	/
Belančevine	50-55	6.5-7.2	20-23.7	15-19
Masti	76-79	11-13	10-12	/
Vosak	80-82	13-14	4-6	/
Smole	75-86	9-12	5-14	/

### Sam proces postanka uglja je sledeći:

Izmena organske materije i njeno pretvaranje u treset i meke mrke ugljeve dešava se u specifičnim fizičko-geografskim sredinama i to pod dejstvom bioloških, fizičko-hemijskih i geoloških faktora. Postupak izmene organske materije vrši se preko dve faze: pripreme i faze ugljenifikacije.

*Pripremna faza (faza humifikacije)* obuhvata akumulaciju biljnog materijala, njegovu izmenu i pretvaranje u treset pod dejstvom mikrobioloških faktora.

*Faza ugljenifikacije* \*\* obuhvata procese kojima se treset putem dijageneze, katageneze i metamorfizma transformiše u meke mrke ugljeve.

Biohemijski procesi razlaganja organske materije su: truljenje, humifikacija, tresetizacija i sapropelizacija. Pri ovim procesima se vrši mikrobiološko razlaganje: vrenje ili fermentacija, saponifikacija i amonifikacija što sve zajedno čini proces složene prirode humifikaciju. Procesu razlaganja prvo podležu belančevine, pa masti, celuloza, hemiceluloza, lignin, kutin, sporenin i polenin i na kraju voskovi i smole. A u zavisnosti od sadržaja pomenutih organskih materija, razlaganju prvo podleže kora, pa ligninom

\*\* **Proces ugljenifikacije** predstavlja skup procesa u Zemljinoj kori, kojima se nataložena i zbijena izumrla biljna materija transformiše u ugaj različitog stadijuma ugljenifikacije (meki mrki ugljevi, tvrdi mrki ugljevi, kameni ugljevi, antraciti i retko grafiti). Ovaj proces se ogleda u fizičko-hemijskim promenama izumrle materije, pri čemu na račun ostalih elemenata (posebno O) raste sadržaj C u uglju (Tabela br. 2).

**Tabela br. 2. Elementarni sastav uglja na različitim stadijumima ugljenifikacije**

Vrsta uglja	Ugljenik (C)	Vodonik (H)	Kiseonik (O)	Azot (N)
Drvo	45-50	6	43-44	1
Treset	55-60	5-5.6	34-39	/
Mrki ugaj	67-78	5	17-28	/
Kameni ugaj	80-91	4.5-5	4.5-15	/
Antracit	96	2	2	/
Grafit	100	/	/	/

impregnirana drvovina i na kraju delovi koji sadrže kutin, voskove i smole. Kada se treset prekrije neorganskim sedimentima, prekida se rad mikroorganizama i nastaje aseptična sredina usled nagomilavanja huminskih kiselina. Aktiviraju se fizičko-hemijski procesi (usled povećanog pritiska, katalitičkog delovanja mineralnih primesa i gasova, cirkulacije vode i dr.) koji uz pomoć huminskih kiselina vrše probražaj tresetne mase u humine, iz humusnih kiselina se izdvajaju polarne grupe, organska materija se progresivno obogaćuje C, a osiromašuje O.

Dakle, tresetizacija je proces oksidacije organske materije, a pretvaranje treseta u ugalj proces redukcije.

***Svi ovi procesi dovode do toga da se od osnovnog biljnog materijala formiraju veoma složeni strukturalni elementi ugljene materije.***

## **5. ZAKLJUČAK**

U okviru Kolubarskog zaliva, za vreme gornjeg pontaa pod uticajem tople i vlažne klime razvila se bujna močvarna vegetacija.

Od formirane močvarne vegetacije za nastanak ugljeva Kolubarskog basena najznačajnija je šumska močvarna zona sa dominacijom krupnih stabala *Taxodium*-a i *Nyssa* (pregusta četinarska šuma).

Sedimentacija organske materije i njena transformacija u ugalj se obavila u dve različite depozicione sredine (severna i južna), koje su bile razdvojene Medoševačkim rasedom.

Prilikom stvaranja ugljonosne serije kolubarskog basena, preobražaj organske materije je kroz dve složene faze (pripremna faza i faza ugljenifikacije) dostigao stadijum mekih mrkih ugljeva - MMU (lignita). U pitanju su humusni ugljevi niskog i neujednačenog stepena karbonifikacije sa dobro očuvanom drvenastom strukturom (lignino-celulozna materija viših biljaka).

***Imajući u vidu dug i složen proces stvaranja uglja, kao i činjenicu da je u pitanju neobnovljiv prirodni resurs, dobro poznavanje geološke građe ležišta i efikasna eksploatacija uglja nameće se kao neminovnost. Eksploatacija uglja mora podrazumevati maksimalno iskorišćavanje ležišta primenom procesa homogenizacije za dobijanje uglja ujednačenog/zahtevanog kvaliteta. Sagorevanjem uglja ujednačenog kvaliteta postiže se i ravnomerna emisija štetnih komponenti u atmosferu i na deponije pepela, koje se lakše mogu kontrolisati i svesti u okvire dozvoljenih veličina propisanih Zakonom o zaštiti životne sredine.***

## **6. LITERATURA**

Kezović, M., 2003: *Tektonska aktivnost i ugljonosnost Kolubarsko-tamnavskog basena*. Magistarska teza, RGF, 73 str., Beograd. (nepublikovano).

Pantić, N. i Nikolić, P., 1973: UGALJ. (udžbenik) 562 str., Naučna knjiga, Beograd.

Pantić, N., Ercegovac, M. i Pantić, V., 1967: *Donjepliocenska močvarna vegetacija Kolubarskog zaliva i geneza ugljenog sloja*. Geološki anali Balkanskog poluostrva, knj. 33, 93-108 str., Beograd.

Petrović, M., Eremija, M. i Spajić, O., 1987: *Biostratigrafsko-paleogeografska studija neogena Kolubarskog ugljonosnog basena i bliže okoline*. Fond stručne dokumentacije REIK Kolubara, 257 str., Lazarevac.

# **OTVARANJE POVRŠINSKOG KOPA „UGLJEVIK ISTOK“**

## **DETERMINATION BEST PLACE OPENING COAL DEPOSIT “UGLJEVIK”**

**Dragan Vučković, Vlado Gajić**  
*ZP RiTE Ugljevik*

### **Abstrakt**

Otvaranje površinskog kopa „Ugljevik istok“ je u složenoj vezi sa sistemom eksploatacije, izabranom opremom, lokacijom postojećih i planiranih objekata. U znatnoj mjeri će uticati na efektivnost rada kopa. Predmet rada je analiza uticaja izbora mjesta otvaranja na efektivnost transporta otkrivke. Obzirom na strukturne karakteristike i topografiju površinskog kopa „Ugljevik Istok“ transport otkrivke je jedan od najvažnijih faktora pri izboru mjesta otvaranja.

**Ključne riječi** : transport, površinski kop, otvaranje, efektivnost, sistem eksploatacije, troškovi transporta

### **Abstract**

The evaluation of coal deposit “Ugljevik” involves studies of determine the best place to begin mining. Includes the following tasks : dump design, develop a roads from pit exit points to dumps, determine truck requirements, estimated haul cycle times between the mine phases and the different destinations are needed.

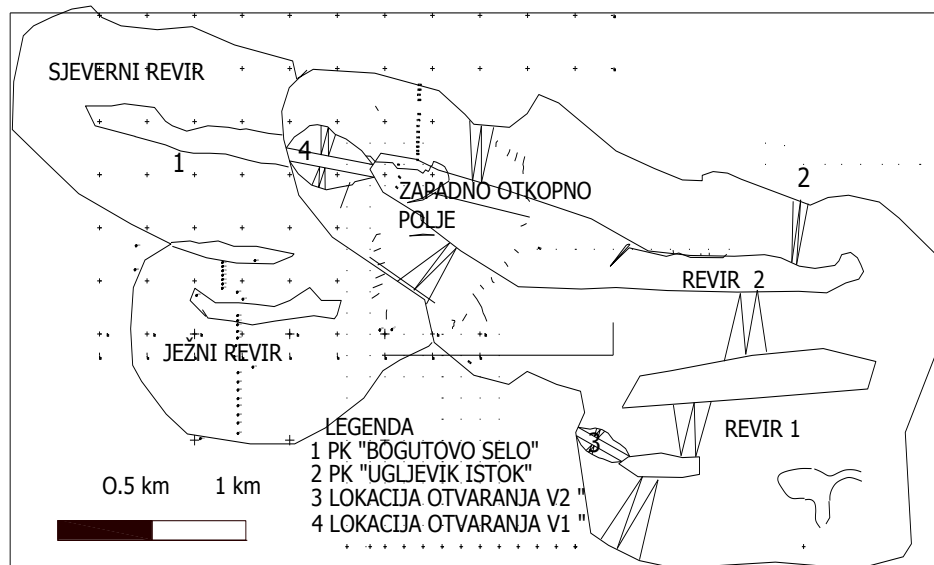
### **UVOD**

Eksploatacija mrkog uglja na površinskom kopu “Bogutovo Selo” je u završnoj fazi. Obzirom da po okončanju rada površinskog kopa “Bogutovo Selo”, snabjevanje TE ugljem obavljat će se sa površinskog kopa “Ugljevik Istok” u toku je izrada projektnih rješenja za ovaj objekat . Jedno od bitnih pitanja za obezbjedjenje ekonomičnosti rada budućeg površinskog kopa ”Ugljevik Istok” je lokacija mjesta otvaranja. Otvaranje površinskog kopa obuhvata rudarske radove kojima se ostvaruje transportna veza radnih etaža na kopu, prijemnih tačaka odlagališta i ostalih objekta. Potrebno je obezbjediti slijedeće: minimalnu zapreminu rudarskih radova otvaranja a time i manju investicionu otkrivku, minimalne dužine transporta otkrivke i mineralne sirovine, skladan režim rudarskih radova, minimalnu dužinu transporta otkrivke i mineralne sirovine i ostvarenje projektovanog kapaciteta. Polazeći od dosadašnjih istraživanja i predlaganih rješenja lokacije mjesta otvaranja površinskog kopa ”Ugljevik Istok” glavni cilj ovog rada je iznaženje rješenja sa najkraćim dužinama trase transporta otkrivke za odabrana mjesta odlaganja i projektovani razvoj površinskog kopa.

### **OPŠTI PODACI**

Površinski kop “Ugljevik Istok” je lociran u istočnom dijelu ugljevičkog ugljenog basena, zahvata površinu od 7 km<sup>2</sup>, ima dimenzije u planu sl.1.

- po pružanju I-Z 2.3 km i
- po padu S-J 2.2 km .



Sl.1. Skica situacionog plana površinskog kopa Ugljevik Istok

Parametri kosina:

Rb	KOSINE	VISINA (m)	NAGIB °
1	Južna	100-150	9-11
2	Sjeverna	100-200	18-22
3	Istočna	100-120	11
4	Zapadna	100-120	11

Ležište kopova „Ugljevik Istok“ i „Bogutovo Selo“ čine jednu cjelinu, ugljeni sloj nema prekid, na površini razdvaja ih Ugljevička rijeka. Eksploatacija uglja na površinskom kopa „Bogutovo Selo“ je u završnoj fazi, a u toku su pripreme za početak rada površinskog kopa „Ugljevik Istok“. Geološke rezerve uglja (A+B+C) PK „Ugljevik Istok“ su 69,612.945 tona sa DTO rovnog uglja 10390 kJ/kg.

Na površinskom kopa „Bogutovo Selo“ primjenjena je diskontinuirana tehnologija B-K-B. Projektim riješenjima za površinski kop „Ugljevik Istok“ u početnom periodu, otvaranje i prva faza predvidjeno je :

- primjena diskontinuirane tehnologije B-K-B,
- odlaganje otkrivke u otkopani prostor površinskog kopa „Bogutovo Selo“ kapaciteta 190 mil. m<sup>3</sup>čm
- pravac napredovanja rudarskih radova od istoka ka zapadu,
- godišnji kapacitet na eksploataciji uglja 1.8 mil. t

**ODLAGANJE OTKRIVKE**

Izbor lokacije odlagališta ima najveći uticaj na smeštaj prostorija otvaranja površinskog kopa. Kao kriterijumu optimalnosti usvojeni su slijedeći zahtjevi:

- minimalan rad transporta,

- najmanja površina eksploatacionog zemljišta uz smanjenje troškova otkupa,
- najmanji obim radova na saobraćajnicama, pripremi terena za izgradnju objekata i
- stacionarnost objekata i saobraćajnica.

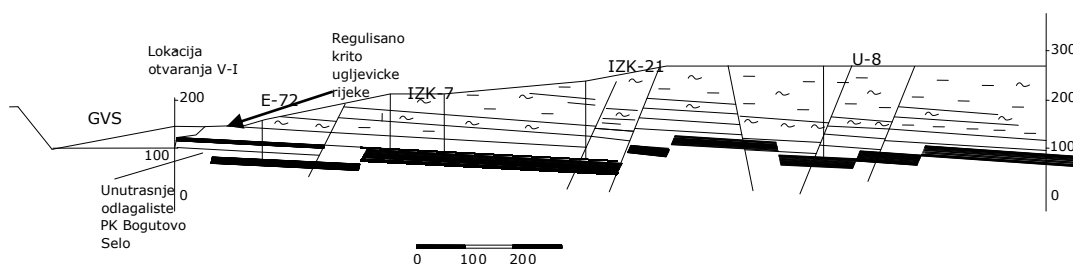
Polazeći od usvojenih kriterijuma usvojena je varijanta smještaja vanjskog odlagališta u otkopanom prostoru površinskog kopa "Bogutovo Selo". Uskladjivanjem dinamike izvođenja rudarskih radova omogućuje se odlaganje otkrivke u otkopani prostor. Površinsko kopa "Bogutovo Selo" što će znatno smanjiti eksploatacione troškove.

## **RAZVOJ RUDARSKIH RADOVA I SISTEM EKSPLOATACIJE**

Obzirom na sva rudarsko geološka ograničenja i rezultate geometrijske analize usvojeni su mogući racionalni pravci razvoja fronta rudarskih radova : poprečni sistem eksploatacije sa pravcem napredovanja fronta rudarskih radova zapad – istok i poprečni sistem sa pravcem napredovanja fronta rudarskih radova istok - zapad. Po kriterijumu eksploatacionog koeficijenta otkrivke usvojeni pravci razvoja rudarskih radova imaju približno iste uticajne faktore: stabilnost kosina, smještaj masa na vanjska odlagališta, pouzdanost kontinuiranog dobivanja uglja obzirom na složene tektonske prilike u ležištu, mogućnost regulacije vodotoka, rješavanje izmeštanja regionalnog puta i objekata. Izabrana tehnologija za površinski kop "Ugljevik Istok" je: prvi period, kao i na površinskom kopu „Bogutovo Selo“: diskontinuirani sistem B-K-B i drugi period kombinovana tehnologija B-K-D-T-O. Diskontinuirani sistem obuhvata: otkopavanje i utovar sa hidrauličnim bagerima  $V_k=15m^3$ , transport kamionima novosti 120 t i odlaganje buldozerima i kamionima.

## **VARIJANTE OTVARANJA POVRŠINSKOG KOPA „UGLJEVIK ISTOK“**

Mjesto otvaranja površinskog kopa je u funkciji razvoja fronta rudarskih radova, lokacije i dinamike formiranja odlagališta, transportnih komunikacija za otkrivku i ugalj i lokacije objekata održavanja.



Sl.2. Uzdužni geološki profil ležišta Ugljevik

Polazeći od rudarsko-geoloških uslova radne sredine, lokacije odlagališta, usvojene tehnologije transporta površinskog kopa "Ugljevik Istok" kao realno moguće su dvije varijante: otvaranje na granici sa P.K. "Bogutovo Selo" V-I i V-II lokacija otvaranja u krajnjem istočnom dijelu na izdavačkoj zoni, sl.1 i sl.2. Dinamika izvođenja rudarskih radova je : rad površinskog kopa „Ugljevik Istok“ počinje nakon završetka eksploatacije uglja u Južnom reviru površinskog kopa „Bogutovo Selo“. Da bi se to omogućilo u završnom periodu izvođenja rudarskih radova u Južnom reviru P.K "Bogutovo Selo" potreban je istovremen rad i na otvaranju P.K „Ugljevik Istok“, zavisno od raspoloživosti kapaciteta taj period iznosi 3 – 5 god. U cilju uskladjivanja izvođenja preostalih radova na P.K."Bogutovo Selo" i radova na

otvaranju i smanjenja troškova uradjena je optimizacija rasporeda otkrivke po odlagalištima kojom je predviđeno:

- odlaganje otkrivke iz Južnog Revira PK "Bogutovo Selo" na VZO, za šta je potrebno povećati kapacitet odlagališta kroz povećanje visine odlaganja sa 300m.n.v. na 320 m.n.v.
- odlaganje otkrivke otkopnog usjeka u privremeno odlagalište Sjevernog Revira PK "Bogutovo Selo" za varijantu V-I,
- odlaganje otkrivke otkopnog usjeka u otkopani prostor Južnog i Sjevernog Revira PK "Bogutovo Selo" za varijantu V-II.
- 

## **TEHNIČKI OPIS VARIJANTI OTVARANJA**

### **Varijanta I**

Razvoj fronta radova prema ovoj varijanti, sl.2, predviđen je u delu istočne konture površinskog kopa „Bogutovo Selo“ u pravcu pružanja ležišta. Obzirom na redoslijed otkopavanja po kopovima i da će se otkopani prostor površinskog kopa „Bogutovo Selo“ koristiti za odlaganje otkrivke i lokaciju rudarskih objekata ( saobraćajnice, transportni sistemi) neće biti potrebe za korištenje vanjskog južnog odlagališta. Najniža etaža se formira na niveleti 94 m.n.v . Obradjenom konstrukcijom razvoja rudarskih radova dobijene su količine:

- ugalj 5374109 (t) i
- otkrivke 19195956 (čm<sup>3</sup>)

Eksploatacioni koeficijent otkrivke na ovom dijelu iznosi 3.8 čm<sup>3</sup>/t, a obzirom da će biti potrebno zahvatiti dio odloženih masa u otkopanom prostoru IOP PK „Bogutovo Selo“ cca 3.5 mil. čm<sup>3</sup> iznosi 4.3 čm<sup>3</sup>/t .

### **Varijanta II**

Za lokaciju otvaranja izabrana je izdanačka zona, sl.2, jugoistočna granica ležišta PK „Ugljevik Istok“ Ova varijanta ima prednost u slučaju korištenja vanjskog južnog odlagališta zbog manjih dužina transporta otkrivke u fazi otvaranja u početnoj fazi rada do stvaranja mogućnosti odlaganje otkrivke u otkopani prostor površinskog kopa „Ugljevik Istok“. Potreba korištenja vanjskog južnog odlagališta usvojenim dinamikom razvoja rudarskih radova se isključuje. Dobijene su slijedeće količine :

- ugalj 700000 (t) i
- otkrivke 10290000 (čm<sup>3</sup>)

Eksploatacioni koeficijent otkrivke na ovom dijelu iznosi 6.8 čm<sup>3</sup>/t.

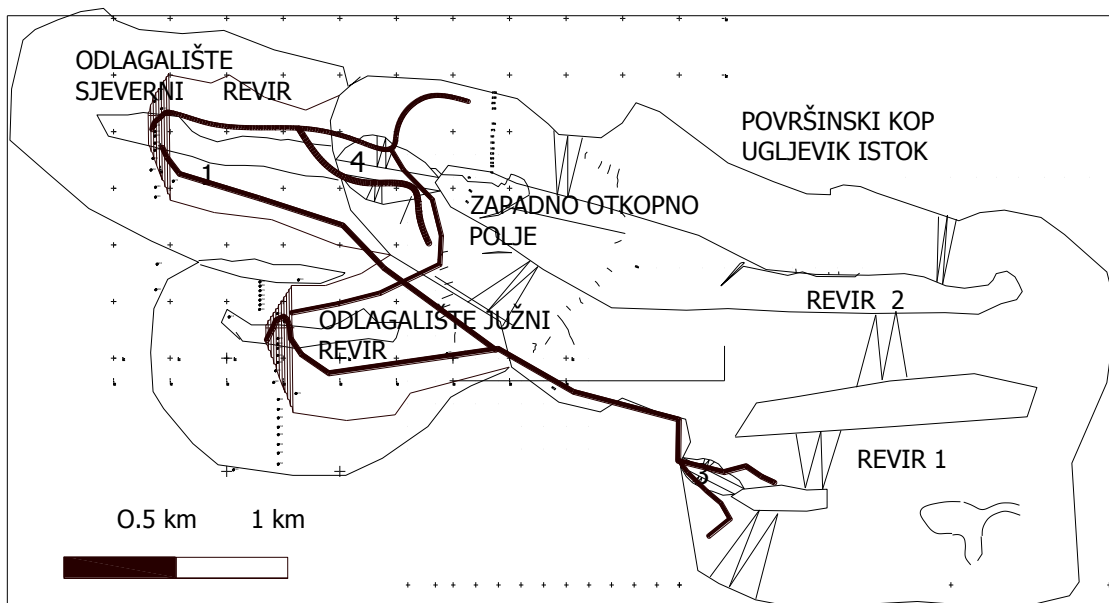
## **PRORAČUN TRANSPORTA OTKRIVKE ZA IZABRANE VARIJANTE OTVARANJA**

Kapacitet transporta otkrivke za izabrane varijante izvršen je za sistem koji čine hidraulični bageri kašikari  $V_k = 15m^3$  i dizel električni kamioni nosivosti 120(t) . Proračun kamionskog transporta i pojedinačnih troškova od mjesta utovara do odlagališta veoma je složen jer postoji veliki broj mogućih kombinacija. U suštini to je problem distribucije masa iz više izvora na više prijemnih tačaka. Pri tome ukupno otkopane mase maraju biti jednake predatim, što predstavlja zatvoreni transportni problem. Iznalaženje optimalne distribucije može značajno uticati na smanjenje troškova kamionskog transporta, odnosno potrebnog broja kamiona.Ovaj problem je izražen u uslovima više revira i etaža.Osnovu za rješavanje navedenog transportnog problema predstavlja proračun kamionskog transporta, odnosno jedinične potrošnje goriva za transport masa svake etaže na predajno mjesto.U tom cilju potrebno je izvršiti:

- determinisanje šeme putne mreže,
- proračun pojedinačnih elemenata transporta, i
- proračun jedinične potrošnje goriva.

### DEFINISANJE PUTNE MREŽE

Obzirom na promjenu elemenata puta svi putevi su podijeljeni na dionice sa slijedećim elementima : dužina dionice, uspon , vozne osobine putnog planuma, i ostalo. Na osnovu težišta masa po revirima i otkopnim poljima i dužine puta do odlagališta određuju su parcijalne dužine transporta, koje su ulaz za proračun dužine od revira do odlagališta. Transportna udaljenost mjesto utovara mjesto istovara se računa kao ponderisani prosjek.



Sl.3. Skica transporta otkrivke površinskog kopa „Ugljevik Istok“ na vanjsko odlagalište u otkopani prostor „Bogutovo Selo“



Ulazni podaci za proračun potrebnog broja kamiona

RB	Naziv	Veličina
1	Nosivost kamiona	120 t
2	Zapremina sanduka	$V_s=75 \text{ m}^3$
3	Zapremina kašike bagera	$E_k=12-14 \text{ m}^3$
4	Vrijeme ciklusa bagera	$t_c(h)=36 \text{ sec}$
5	Zapreminska masa materijala	$\gamma=2.0 \text{ t/m}^3$
6	Koeficijent punjenja kašike bagera	$k_{pb}=0.9$
7	Koeficijent punjenja sanduka kamiona	$k_p=0.9$
8	Koeficijent ras.i materijala u korpi kamiona	$k_r=1.45$
9	Koeficijent ras.i materijala u kaš.bagera	$k_{rb}=1.55$
10	Prosječna brzina kamiona	$V=15 \text{ km/h}$
11	Vrijeme utovara	$t_u=4.2 \text{ min}$
12	vrijeme zamjene kamiona	$t_z=1.0 \text{ min}$
13	vrijeme manevrisanja i istresanja	$t_m=1.5 \text{ min}$
14	koef.tehn.zast.kamiona	$k_{tzk}=0.8$
15	vrijeme čekanja kamiona	$t_c=1.0 \text{ min}$
16	vrijeme rada kamiona	$t_{ref}=3700/\text{god}$

### 3. REZULTATI PRORAČUNA KAMIONSKOG TRANSPORTA ZA POLAZNE VARIJANTE RAZVOJA RUDARSKIH RADOVA

Osnovni pokazatelji izabranih varijanti otvaranja

Pokazatelj		Varijanta V-I	Varijanta V-II
Ponderis. udalj.centra masa odlagalište otkopani prostor SR	$L_p$ ( km)	2,1	3.8
Kapacitet	( $\text{čm}^3/\text{h}$ )	119	81
Godišnje količine	$5000000 \text{ čm}^3$		
Potrebno moto časovi kamiona	(h/god)	42016	61728
Potreban broj kamiona	kom	11	16
Dizel gorivo (l)	spec.potr. 66.5 (l/h)	2794064	4104912

#### UPOREDJENJE VARIJANTI

Tehnoekomskom analizom dobijeni su pokazatelji transporta prema tabeli

Relativni pokazatelji po varijantama transporta otkrivke 000 KM

Varijanta	Investicije (oprema)			Eksploat. troškovi KM/ čm <sup>3</sup>		Troškovi radne snage KM		troškovi trans. po m <sup>3</sup>	
	pot.br. (kam)	KM	Rel. odn	KM/ god.	Rel. odnos	KM/ god.	Rel. odnos	KM/ m <sup>3</sup> čm	Rel odn
Varijanta I	11	16500	100	5942	100	396	100	1,18	100
Varijanta II	16	24000	150	8588	146	576	145	1.71	154

Varijanta I sa ima niže eksploatacione troškove za 2,6 mil. KM/god, troškove radne snage za 180000 KM/god., i manje investicione troškove u početnom periodu za 7,5 mil. KM, u odnosu na varijantu II.

### OCJENA EFEKTIVNOSTI VARIJANTI

Procjena efektivnosti varijanti izvršena je primjenom kriterijumom „neto present valyu“ NPW sa diskontnom stopom 15%. NPW kriterijum predstavlja sadašnju vrijednost svih ulaza prema izlazima, koji se odnose na investicioni projekt, odnosno razliku između sadašnjih vrijednosti ovih tokova i determiniše prihvatljivost projekta. Podaci o cijenama opreme uzeti su prema podacima proizvođača i iz projektne dokumentacije za površinski kop „Bogutovo Selo“.

### INVESTICIONA ULAGANJA

rb	Naziv	Jed cijena 000 KM	Varijanta 1		Varijanta 2	
			Kom	000 KM	Kom	000 KM
1	Bageri Vk=15m <sup>3</sup>	5500	4	22000	4	22000
2	Kamioni	1500	11	16500	16	24000
3	Buldozeri	600	4	4800	4	4800
4	Grejderi	550	2	1100	2	1100
5	Turnodozer	600	2	1200	2	1200
6	Utovarivači	650	2	1300	2	1300
	Svega			46900		54400

## Rudarstvo 2011 / Mining 2011

Varijanta I	Godina									
	Normativ	Jed. cijena	1	2	3	4	5	6	7	8
Proiz. Uglja	mil. t	36,6	0	0,4	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Otkrivka	mil.m3/god.		5	5	5	5	5	5	5	5
Ukupni troškovi	KM/m3	6,19	25,178	25,178	25,183	25,183	30,95	30,95	30,95	30,95
Prihod	mil. KM		0	14	49,5	49,5	40,26	40,26	40,26	40,26
Rashod	mil. KM		25,178	25,178	25,183	25,183	30,95	30,95	30,95	30,95
Ukupno	mil. KM		-25,178	-11,178	24,317	24,317	9,31	9,31	9,31	9,31
CF	mil. KM		-25,178	-36,356	-12,039	12,278	21,588	30,898	40,208	49,518
Disc. stopa 15 %			1	0,869565	0,756144	0,657516	0,571753	0,497177	0,432328	0,375937
NPV	mil. KM		-25,178	-34,898	-16,5109	-0,52203	4,80099	9,429706	13,45468	16,95465

Varijanta II	Godina									
	Normativ	Jed. cijena	1	2	3	4	5	6	7	8
Proiz. Uglja	mil. t	36,6	0	0,3	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Otkrivka	mil.m3/god.		5	5	5	5	5	5	5	5
Ukupni troškovi	mil KM	6,19	31,678	31,678	31,683	31,683	17,318	17,318	17,318	17,318
Prihod	mil. KM		0	10,5	38,25	38,25	38,25	38,25	38,25	38,25
Rashod	mil. KM		31,678	31,678	31,683	31,683	17,318	17,318	17,318	17,318
Ukupno	mil. KM		-31,678	-21,178	6,567	6,567	20,932	20,932	20,932	20,932
CF	mil. KM		-31,678	-52,856	-46,289	-39,722	-18,79	2,142	23,074	44,006
Disc. stopa 15 %			1	0,869565	0,756144	0,657516	0,571753	0,497177	0,432328	0,375937
NPV	mil. KM		-31,678	-50,0937	-45,1281	-40,8101	-28,8422	-18,4353	-9,38582	-1,51671

NPV analizom dobijene su pozitivne vrijednosti za varijantu I što ukazuju na njenu prednost .

### ZAKLJUČAK

U radu su analizirane varijante izbora mjesta otvaranja budućeg površinskog kopa „Ugljevik Istok“ i efektivnost rada transporta . Provedene analize pokazuju na prednosti tehničkog rješenja prema Varijanti I. od kojih su najbitnije :

- kraće transportne udaljenosti otkrivke,
- smanjen potreban broj mehanizacije u radu, damperi 4 kom,
- uklanjanje u dugoročni razvoj rudarskih radova i
- niže troškove eksploatacije.

### LITERATURA

Tehnička dokumentacija RJ Rudnik

Popović N. 1979. Naučne osnove projektovanja površinskih kopova

# **RAZMATRANJE MOGUĆNOSTI PROMJENE IZVOZA UGLJA NA PK "DRMNO" SA POSTOJEĆE ZAPADNE NA ISTOČNOJ STRANI KOPA U CILJU STVARANJA BOLJIH USLOVA ZA RACIONALNI RAZVOJ KOPA**

## **CONSIDERATION OF THE POSSIBILITY OF CHANGES IN EXPORT OF COAL THE OPEN PIT "DRMNO" FROM THE EXISTING WESTERN TO EASTERN SIDE OF MINE IN ORDER TO CREATE BETTER CONDITIONS FOR RATIONAL DEVELOPMENT MINE**

**Mašan Trifunović, Veselin Bulatović**  
*PD TEKO KOSTOLAC, Kostolac*

### **Summary**

New technical solution to transport coal from mines to the plant of pulverizer will eliminate to a greater extent the shortcomings of the designed solution. This solution could be applied starting 2013 when the disposal area of V BTO system reaches its full width. We suggest to take this solution seriously into consideration when creating a new project documentation for the PK "Drmno".

**Key word:** A smaller volume of work, operating stations and higher efficiency

### **UVOD**

Tehničko rješenje koje je dato u osnovnoj koncepciji GRP-a za razvoj PK "Drmno" za kapacitet od od 9 x 10<sup>6</sup> tona predviđena da se izvoz uglja iz kopa do pogona drobilane vrši po zapanoj kosini kopa.

Razvojem fronta rudarskih radova prema sjevero zapadu uticaj prirodnih uslova (zaližeganje sloja, priliv vode) i zaobilaženje rudarskih radova oko arheoloških granica "Viminacijum" sve više utiče na proizvodne procese koji se odvijaju na PK "Drmno". Razvoj etaža na odlagalištu uslovljavaju da se transporteri postavljeni po zvršnoj kosini moraju izmiještati svake druge godine i češće, da bi se mogle razvijati po planiranoj dinamici.

Ovakvo rješenje je neracionalno i problematično jer predviđa veliki obim rudarskih radova i angažovanje mehanizacije za izradu trasa, koje se koriste za relativno kratko vrijeme. Ovaj problem biće sve više izražen sa napredovanjem fronta rudarskih radova, odnosno sa povećavanjem dubine kopa.

Sagledavajući nepovoljne uslove koji se mogu očekivati u narednom periodu razvoja PK "Drmno" došlo se do ideje, da se promijeni postojeće rešenje i iznađe novo koje će biti znatno povoljnije i efikasnije u odnosu na projektovano.

### **1.0.0 TEHNOLOŠKI DEO**

III ugaljeni sloj na PK "Drmno" tehnološki se otkopava u dva nivoa. Na visinskoj etaži ugalj otkopaju dva rotorna bagera SchRs 800 i SRs-400 (u sprezi sa samohodnim transporterom) i utovar vrše na transporter širine B-1800 mm. Na drugoj etaži, ugalj otkopavaju bager vedričar ERs 710 u dubinskom radu u sprezi sa samohodnim transporterom a utovar vrši na transporter širine B-1400 mm. Tokom 2014.g predviđeno je da se otkopa i ugalj iz II ugljenog sloja, koji se razvio u ograničenom prostoru zapadnog dijela ležišta.

Prema tehničkom rješenju datim u GRP-u transport ugalja prema drobilani odvija se smjeru istok – zapad, a sa premiještanjem transportera na istočnoj strani kopa, smjer kretanja materijala je od zapada prema istoku.

Konfiguracija sloja uglja u istočnom dijelu kopa je takva da sloj blago zaliježe prema sjeverozapadu, bliže je površini ,manje je moćnosti i manji je priliv vode nego u zapadnom dijelu ležišta. Dubina kopa u istočnom dijelu kreće se oko 50-60 m a moćnost sloja je oko 10 m, pa objektivno postoje bolji uslovi za rad BTD sistema.

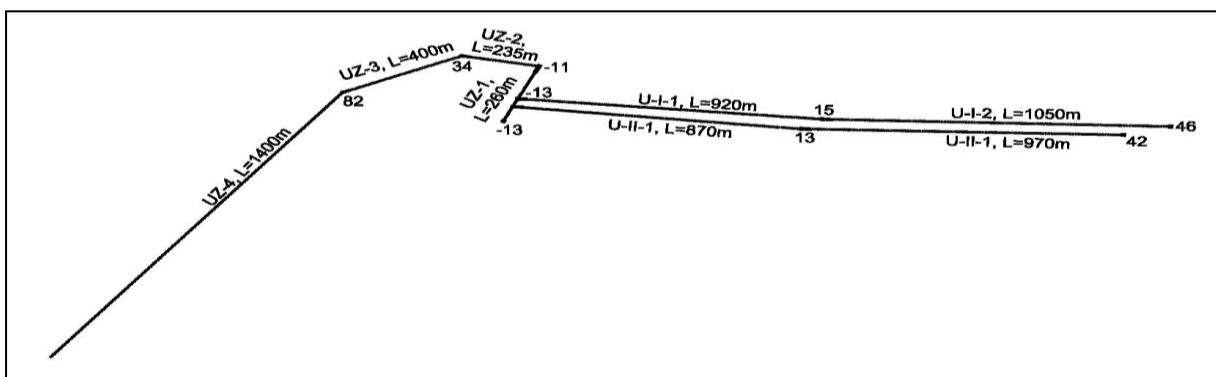
### 1.2.0 Prikaz postojećeg rješenja transporta otkrivke i uglja po-GRP-u

Koncepcijski , transport uglja i otkrivke na PK"Drmmo"vrši se BTD i BTO sistemima. Izvoz ugalja iz kopa projektovan je po zapadnoj strani eksploatacione granice kopa, postavljanjem transporterera po završnoj kosini i površini terena sve do raspodjelnog bunkera ,formirajući na taj način BTD sistem. Za zbirni izvoz uglja kao i transport uglja koji se kopa na visinskoj etaži projektovani su transporteri širine B-1800 mm, a za etažni transport usvojeni su transporteri širine B-1400 mm. Na slici br. 1 data je dispozicija BTD sistema za 2011.g a u tabeli br.1 date su projektovane dužine transporterera za karakterističnu godinu.

Pregled projektovanih dužina transporterera za 2011.g

Tabela br.1

Sistem	Transporter	Širina transporterera (mm)	Dužina transporterera (m)	Visina dizanja (m)
BTB	U-I.1	1600	920	-28
	U-I.2		1050	-31
	U-II.1	1400	870	-26
	U-II.2		970	-29
	UZ-1	1800	260	2
	UZ-2		240	45
	UZ-3		400	48
	UZ-4		1400	-2



Slika br.1 Dispozicija transportnog sistema na kraju 2011. g

Transport otkrivke projektovan je dvokrilno. Na istočnoj strani otkrivka se transportuje VI BTO(sistemo za humus ),V BTO, IV BTO i III BTO sistemom a na zapadnoj strani II BTO (IV ) i I BTO sistemom.

Dužina i potrebni broj transporterera na uglju i otkrivci mijenja se u zavisnosti od napredovanja kopa i projektovane figure koja se lomi na istočnoj i zapadnoj strani, jer se front otkopavanja širi sa 3 na 5 kilometra.

### **2.0.0 NOVO TEHNIČKO RJEŠENJE IZVOZA UGLJA IZ KOPA DO POGONA DROBILANE**

Novo tehničko rješenje osmišljeno je tako da se izvoz uglja izmjesti sa zapadne na istočnoj strani kopa. Da bi se realizovala ova ideja potrebno je riješiti nekoliko tehničkih problema i to:

- Odrediti pravce i položaje trasa po kojim će se postavljati vezni transporteri BTD sistema
- Povezati sistem transporterera sa pogonom drobilane ,
- Premestiti transporterere za odvoz otkrivke VI BTO i III BTO sistema na zapadnoj strani kopa
- Riješiti odvoz uglja II ugljenog sloja do zbirnih transporterera uglja.

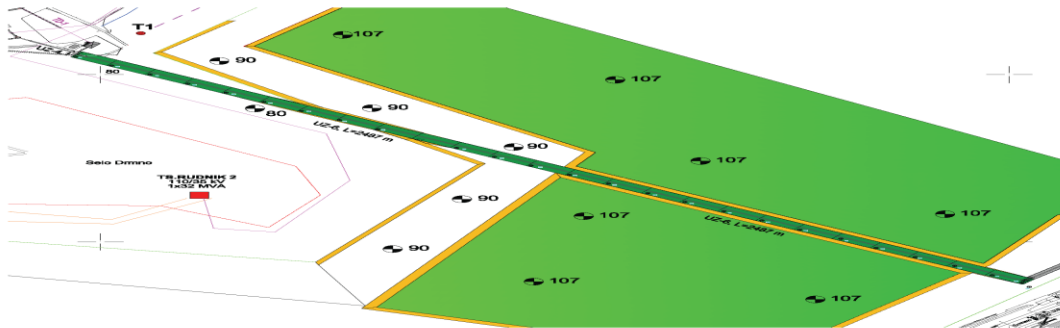
### **2.1.0 Određivanje pravca i položaja trase transporterera**

Da bi se uglj iz kopa transportovao do pogona drobilane potrebno je postaviti sistem transporterera koji će povezati raspodjelni bunker sa etažnim transporterima u kopu na kojima bageri vrše utovar uglja. Najkraća veza koja može da se ostvari između istočne strane kopa i pogona drobilane je preko unutrašnjeg odlagališta. Ostali dio trase izradiće se po obodu istočne strane unutrašnjeg odlagališta i površine terena. Za izvoz uglja iz kopa do površine terena po završnoj kosini kopa postaviće se dva transporterera koji će savladati visinske razliku od 55 m. Na ovaj način formiraće se sistem od šest transporterera širine B-1800 mm koji će preuzimati uglj od etažnih transporterera III i II ugljenog sloja i odvoziti do pogona drobilane.

Pri odabiru faktora koji utiču na izbor lokacije vodilo se računa da: transporteri prate projektovani dinamiku i razvoj sistema, koncentraciji sistema koji su projektom po ovoj kosini u cjelini i optimalnom broju transporterera koji mogu da savladaju visnsku razliku između niveleta kopa i površine terena.

### **2.2.0 Izrada trase za postavljanje veznog trnsprtera UZ-6**

Trasa za postavljanje veznog transporterera UZ-6 izradiće se preko unutrašnjeg odlagališta po pravcu transporterera UZ-4.1. Pruža se od raspodjelnog bunkera do istočne strane kopa u dužini od  $L = 2478$  m'. Jednim dijelom u dužini od 1067,3 m' izradiće se u usjeku, a nešto veći dio dužine 1419 m' izradiće se sa blagim povijanjem prema raspodjelnom bunkeru i istočnoj strani kopa. Ova deonica izradiće se sa nivelete etaže k+ 90 mnV, usijecanjem trase u etaži i razvlačenjem mateijala do potrebne širine, Slika br.2.



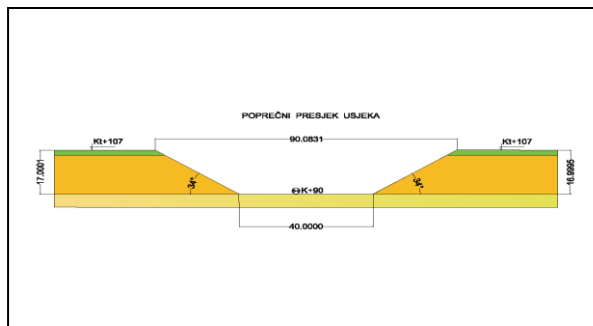
Slika br.2 Trasa za postavljanje veznog transportera UZ-6

### 2.2.1 Izrada usjeka

Usjek se formira po niveleti kote k+ 90mV ostavljanjem nezapunjenog prostora po pravcu usjeka, pri odlaganju završne figure visinske etaže V BTO i VI BTO sistema početkom 2013.g, Slika br.3.

#### Teničke karakteristike trase

- dužina trase.....2457 m'
- dužina usjeka.....1067.3 m'
- korisna širina usjeka.....40 m'
- širina usjeka u gornjem dijelu.....90 m'
- zapremina usjeka.....1.179.366,5 m<sup>3</sup>
- nagib kosina usjeka.....34°
- nagib trase..... blag



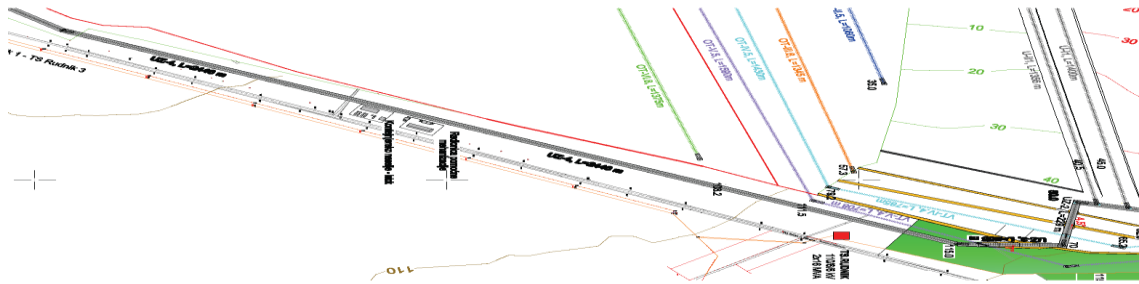
Slika br. 3 Poprečni presjek –profil usjeka

### 2.3.0. Vezni transporter UZ-5

Vezni transporter UZ-5 postaviće se po obodu istočne strane odlagališta od povratne stanice UZ-6 u dužini od L=1784 m' i izlazi na površini terena. Trasa ima blagi pad u smjeru izvoza materijala.

### 2.4.0. Vezni transporter UZ-4

Vezni transporter UZ-4 postavlja se po površini terena istočne strane kopa od povratne stanice UZ-5 do mjesta gdje trasa silazi u kop, dužine L= 2446 m'. Na slici br. 4 prikazani su transporteri postavljeni po istočnoj strani kopa (UZ-5 i UZ-4).



Slika br.4 Položaj transportera UZ-5 i UZ-4 po istočnoj kosini

### 2.5.0 Vezni transporter UZ-3

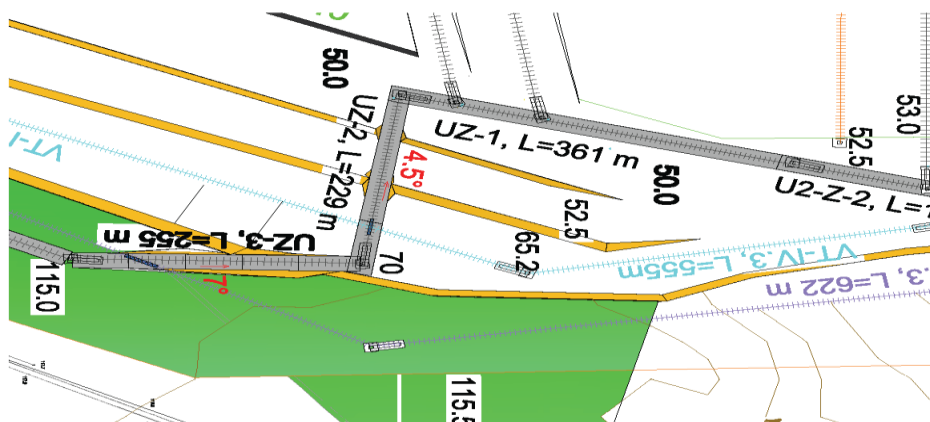
Vezni transporter UZ-3 postavlja se po trasi nagiba od  $7^\circ$  počevši od površine terena, odnosno kote k+115 mnV do nivelete k+ 70 mnV u dužini od L=255 m .Prolazi ispod vevnog transporter JV-4 i savlada visinsku razliku od 35 m.

### 2.6.0 Vezni transporter UZ-2

Vezni transporter UZ-2 postavlja se po trasi napravljenoj pod nagibom od  $4,5^\circ$  od nivelete k+70 do nivelete k+50 u pravcu juga a upravno na pravac transportera UZ-3. Prolazi ispod vevnog transporter (JIV-3) JII-3 i spušta se na nivou krovine u dužini od L=229 m', savladava visinsku razliku od 20 m

### 2.7.0 Vezni transporter UZ-1

Vezni transporter UZ-1 postavlja se po trasi urađenoj po nivou krovine i prati eksploatacionu granicu određenu na nivou krovine uglja. Ovaj transporter ima zadatak da prihvati uglj koji se dovozi etažnim transporterima postavljenim duž etaža III ugljenog sloja kao i uglj koji se dovozi transportnim sistemom II ugljenog sloja. Postavlja se u dužini od L=361 m i zavisi od dužine otkrivenog uglja i napredovanja etaža ostalih sistema. Na Slici br. 5 prikazan je položaj transporter postavljenih po istočnoj kosini



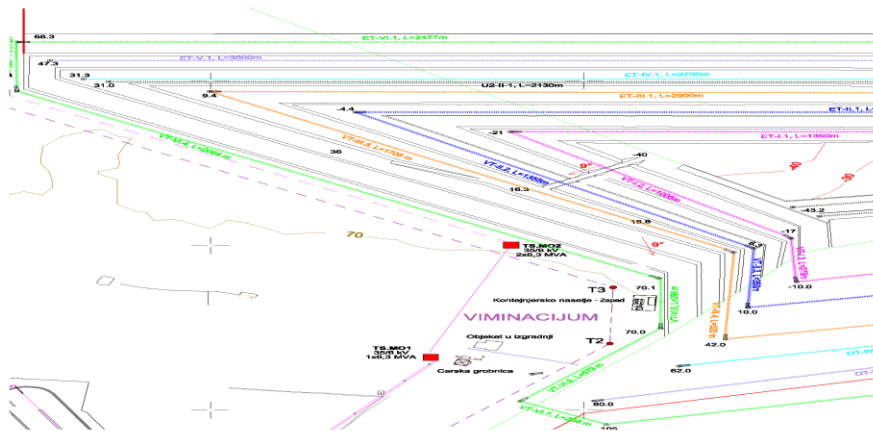
Slika br.5 Položaj vevnih transporter postavljenih po zavšnoj istočnoj kosini



## 2.8.0 Premještanje transporterera za transport otkrivke VI BTO i III BTO sistema na zapadnoj strani kopa

GRP-om predviđeno je da se po završnoj istočnoj kosini kopa postave vezni transporteri III i II(IV) BTO sistema a po površini terena vezni transporteri V BTO i VI BTO sistema. Kako na površini terena i po bermama završnih kosina kopa nema dovoljno prostora na kojem bi se postavio još jedan sistem, potrebno je premestiti dva sistema na zapadnoj strani kopa, da bi oslobodio prostor za postavljanje transporterera za uglj. Prebacivanje veznih transporterera sistema za humus (VI BTO) sa površine terena i veznih transporterera III BTO sistema jedino je racionalno izvodljivo rješenje, jer se mogu uklopiti sa ostalim djelovima sistema. Sistem za humus (VI BTO) postavio bi se po površini terena, po pravcu i trasi sistema za uglj. Preko transporterera pod nagibom povezao bi se sa odlagališnim transporterima.

Vezni transporteri III BTO sistema postaviće se po bermi zapadne završne kosine od etažnih do odlagališnih transporterera. Ugao presipa koji zauzima etažni transporteri III-1 u odnosu na vezni III-3 nije povoljan ali se može poboljšati forsiranjem istočnog krila fronta otkopavanja. Na ovaj način stvorit će se uslovi za funkcionisanje oba sistema nezavisno jedan od drugog. Na slici br. 6. prikazan je položaj veznih transporterera III i VI BTO sistema po zapadnoj kosini.



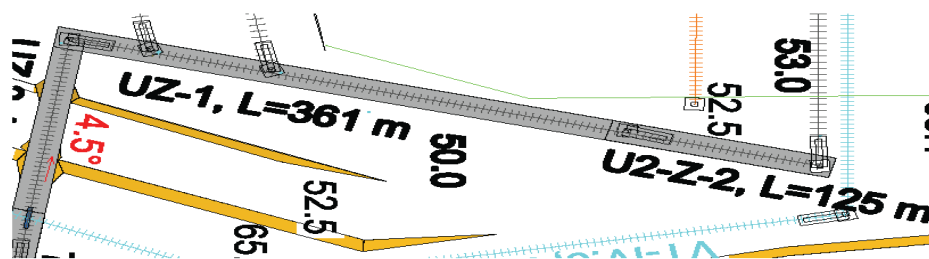
Slika br.6 Položaja III i VI BTO sistema po zapadnoj kosini kopa

## 2.9.0 Odvoz uglja II ugljenog sloja do zbirnih transporterera uglja

Istražnim radovima utvrđeno je da se u zapanom dijelu eksploatacionih granica kopa, u ograničenom prostoru razvio II ugljeni sloj. Moćnost sloja je oko oko 5 m. Nalazi se na dubini od 30 m' u odnosu na površinu terena i može rentabilno da se eksploatiše postojećom mehanizacijom. Tehničkim rješenjem datim u GRP-u predviđeno je da se uglj iz ovog sloja transportuje sistemom transporterera širine B-1200 mm, do zbirnog transportnog sistema uglja kojim se odvozi dalje do drobilane. Prema dinamici razvoja kopa datoj u GRP-u otkopavanje II ugljenog sloja otpočeće tokom 2014.g.

Izmještanjem trase glavnog transportnog sistema uglja na istočnoj strani kopa uslovljava i promjenu smera toka materijala (uglja). Zbog ove promjene potrebno je ove transporterere prilagoditi novoj trasi sistema da bi se uskladio tok materijala sa smjerom i pravcem koji diktira novi položaj transportnog istema uglja. Odvoz uglja odvijao bi se sa(3)tri transporterera, jednog etažnog i dva vezna transporterera. Etažni transporter

U2- 1 zauzeo bi isti položaj kao po GRP-u, stim što bi se prilagodio pravcu i toku materijala nove trase. U nastavku ovog transportera prema istoku, postavlja se vezni transporter U2-Z.2, dužine L=2404 m'. Drugi vezni transporter U2-Z.2 ,dužine L=125 m' postavlja se po pravcu vevnog transportera UZ1, da vrši direktno utovar uglja na povratnu stanicu ovog tranportera. Na slici br.7 dat je detalj dispozicije pvezivanja sistema II ugljenog sloja za glavni izvoz uglja.



Slika br.7 Detalj povezivanja sistema II ugljenog sloja za glavnim izvozom

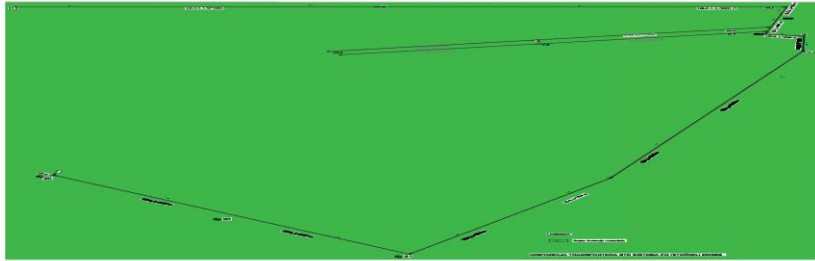
## 2.10 Prikaz dispozicije BTD sistema po istočnoj kosini

Na sl. 8 data je dispozicija nove trase transportera BTD sistema po istočnoj kosini, prema situacionom planu rudarskih radova za 2018.g. U tabeli br.2 date su potrebne dužine transportera za karakterističnu godinu. Ukupna dužina transportnog sistema (bez etažnih transportera) iznosi L=7455 m' i veća je za 3691 m' od projektovane.

Pregled dužina BTD sistema po istočnoj kosini

Tabela br.2

Sistem	Transporter	Širina transportera (mm)	Dužina transportera (m)
BTD	U-I.1 ET	1800	1244
	U-I.2 ET		1400
	U-II.1 ET	1400	1171
	U-II.2 ET		1366
	UZ-1	1800	361
	UZ-2		229
	UZ-3		255
	UZ-4		2370
	UZ-5		1784
	UZ-6		2456
II SLOJ	U2-I.1 ET	1200	2130
	U2-Z-1	1200	2404
	U2-Z-2	1200	125



Slika br. 8 Dispozicija BTD sistema po istočnoj strani kopa na kraju 2018. G

### **3.0.0 Prednosti i nedostaci nove lokacije transportera BTD sistema**

#### **prednost**

- Smanjuje se broj pogonskih stanica za dvije u odnosu na projektovanu-prema sistuaciji za 2018.g
- Obim rudarskih radova na istočnoj strani je manji u odnosu na zapadnu stranu, pa je izrada trase brža i jednostavnija,
- Zalijeganja sloja uglja na zapdu kreće od 120-140 m a na istočnoj strani od 50-60 m.
- Obezbeđuje se najkraća komunikaciona veza između rudničkog kruga i pogona drobilane kao i objekata koji se nalaze na zapadnoj strani kopa (kontejnersko naselje,TS-trafostanice,sistemi ,viminacijum, ,elektrana"B" ).
- Izvršice se bolja preraspodjela i iskorišćenje sloja, naročito u njegovom zapadnom dijelu,
- Veće iskorišćenje dužina transportera na pravim deonicama,
- Izmiještanjem iz zone najvećeg priliva vode povećava se pouzdanost rada i sigurnost sistema,
- Vezni transporter UZ-1 postavlja se u startu na većoj dužini ,pa je nastavljanje tokom godine svedeno na minimum,
- Jednostavno povezivanje transportnog sistema II ugljenog sloja za glavni transportni izvoz ,
- Povećava se efikasnosti rada kopa , angažujem manjeg broja radnika i mašina,
- Manji nagib trasa omogućava bolju komunikaciju i održavanje transportera,
- Transporteri postavljeni po kosini vremenski ,mogu da ostanu znatno duže u odnosu na projektovano.

#### **nedostaci**

- Nazapunjen prostor za izradu usjeka u kojem može da se smjesti mjesečna proizvodnja V BTO sistema,
- Veća dužina veznih transportera za  $L= 3691$  m' u odnosu na projektovanu,prema situaciji za 2018.g ,
- Izrada dodate mašinske konstrukcije-prelaza za V BTO sistem.

#### **ključna riječ**

Manji obim radova ,pogonskih stanica i veća efikasnost rada

### **4.0.0 Zaključak**

Novo tehničko rješenje transporta uglja iz kopa do pogona drobilane eliminisat će u većoj mjeri nedostatke projektovanog rješenja. Ovo rješenje moglo bi da se primijeni od 2013.g kada front odlaganja

V BTO sistema dostigne punu širinu. Predlažemo da se ovo rješenje ozbiljno uzme u razmatranje pri izradi nove projektne dokumentacije za potrebe PK "Drmno" .

#### **5.0.0 Literatura**

- 1 GRP Površinskog kopa "Drmno" za kapacitet od  $9 \times 10^6$  tona uglja godišnje
- 2 Knjiga I.I Osnovna koncepcija,
- 3 TP Knjiga II.2 otkrivka,
- 4 TP Knjiga II.3 Ugalj, RGF Beograd,2007.g
- 5 Inovirani idjeni projekat sa studijom opravdanosti dogradnje površinskog kopa "Drmno" za kapacitet kopa od od  $9 \times 10^6$  tona uglja godišnje,)RGF Beograd,2010.g
- 6 Situacije rudarskih radova,
  - 7 Elabort o rezervama uglja u ležištu PK "Drmno" (Georad, 2007.g)

# **IZMEŠTANJE REKE KOLUBARE U FUNKCIJI OTVARANJA NOVIH POVRŠINSKIH KOPOVA U KOLUBARSKOM LIGNITSKOM BASENU - II FAZA IZMEŠTANJA REKE KOLUBARE SA PRITOKOM PEŠTAN**

## **SHIFTING OF THE RIVER KOLUBARA IN TERMS OF OPENING NEW OPEN PITS IN KOLUBARA'S LIGNITE BASIN - II PHASE OF SHIFTING RIVER KOLUBARA WITH BRANCH PESTAN**

**Dragica Jagodić Krunić, Vesna Jovičić**

*JP EPS, PD RB „Kolubara” d.o.o. Lazarevac, DP „Kolubara – Površinski kopovi”*

### **APSTRAKT**

Izmeštanje i regulacija reke Kolubare je u funkciji oslobađanja prostora za otvaranje novih površinskih kopova, pre svega to je bio uslov za otvaranje PK „Veliki Crljeni”, a zatim PK „Južno polje” (PK „Polje G” i PK „Polje F”) kao zamenskih kapaciteta za PK „Tamnava-Istočno polje”, čiji je eksploatacioni vek završen. Izmeštanje reke Kolubare se vrši u tri faze, prateći na taj način dinamiku razvoja rudarskih radova u centralnom delu kolubarskog ugljenog basena. Sa istočne strane površinskog kopa „Tamnava-Istočno polje” korito reke Kolubare je bilo locirano na ležištu uglja. Dislokacijom rečnog korita Kolubare, na ovom sektoru ka zapadu, na prostor unutrašnjeg odlagališta „Tamnava-Istočno polje” omogućeno je otvaranje otkopnog polja „Veliki Crljeni”, što predstavlja I fazu izmeštanja korita reke Kolubare. Radovi na izmeštanju korita reke Kolubare – I faza su obavljani od kraja 2004. godine do septembra 2007. godine, kada je reka puštena u novoizrađeno korito, nakon čega je usledio probni rad (monitoring) u trajanju od godinu dana. Strategija daljeg razvoja eksploatacije uglja u kolubarskom basenu, posle otvaranja površinskog kopa „Veliki Crljeni” predviđa otvaranje PK „Polje G”. Preduslov za otvaranje P.K. „Polja G” predstavlja dalju dislokaciju korita reke Kolubare sa pritokom Peštan, odnosno – II fazu izmeštanja korita. Ukupna dužina izmeštanja korita reke Kolubare - II faza iznosiće 2600 m, pri čemu će 1950 m biti locirano preko odlagališta PK „Tamnava – Istočno polje”, a ostatak trase po prirodnom terenu. Deo odlagališta gde će biti formiran koridor za izmeštanje korita trenutno se zapunjava otkrivanjem (kvartarnim glinama) sa PK „Veliki Crljeni”. Korito reke Peštan izmešta se u dužini od 1813m po prirodnom terenu. Izmeštanje reke Kolubare – II faza sa pritokom Peštan podrazumeva: izradu novog rečnog korita i odbrambenih nasipa, izradu regulacionih i pratećih objekata u koritu, zaptivne i protivfiltracione radove i objekte. Problematika lociranja vodotoka ranga reke Kolubare u sredinama van sopstvenog aluvijona, većim delom duž unutrašnjeg odlagališta, je kompleksna i vezana za brojna pitanja tehničke, tehnološke i organizacione prirode. Ovaj način izmeštanja i regulacije reka, do izmeštanja reke Kolubare u I fazi, nije primenjivan u našoj praksi, a malobrojni su primeri izmeštanja vodotoka preko unutrašnjeg odlagališta jalovine i u Evropskoj praksi. Iskustvo stečeno pri izmeštanju reke Kolubare u I fazi treba da posluži za kasnije faze izmeštanja Kolubare. Rešenja za buduće faze izmeštanja reke Kolubare moraju dati odgovor i na definisanje drugih sadržaja (ekoloških, sportskih i sl.) i oplemenjivanje prostora u okviru rekultivacije rudarski iskorišćenog prostora. Pri tome, takođe, treba koristiti iskustva stečena pri izradi sličnih objekata u svetu.

**KLJUČNE REČI:** izmeštanje reke preko odlagališta, geomembrana, brzotok, glineni čep

### **ABSTRACT**

Shifting and regulation of the river Kolubara in terms of making space for opening new open pits, above all it was condition for opening field „Veliki Crljeni” and then field „South field” ( open pit „Field G “ and open pit „Field F”) as substitution capacity for open pit „Tamnava-East field”, whose exploitation was finished. Shifting of the river Kolubara is done in three phases, following in that way dynamics development of mining proceedings in the central part of Kolubara’s coal basin. From the east side of open pit „Tamnava-East field ” Kolubara’s river bed is located on coal bed. Dislocation of Kolubara’s river bed, in this sector towards west, on inner spoil „Tamnava-East field”

enables opening of field „Veliki Crljeni ” and represents I phase of shifting Kolubara’s river bed. The shifting of Kolubara’s river bed - I phase was done from the end of 2004 to September, 2007 when river was released in the newly created river bed, followed by a test operation (monitoring) over a period of one year. The strategy of further development of coal exploitation in Kolubara’s basin, after the opening of the open pit „Veliki Crljeni“ anticipates opening of „Field G“. The prerequisite for opening PK "Field G " is a further dislocation of the Kolubara river bed with its branch Peštan or - Phase II relocation of the river bed. The total length of the river Kolubara’s bed dislocation - Phase II will amount to 2600 m, where 1950m will be located over spoil pit "Tamnava - East Field" and the rest of the route following the natural terrain. Part of the spoil where it will be created space for the relocation of river bed is currently filled with overburden stripping (Quaternary clays) from PK "Veliki Crljeni“. The bed of the river Peštan is shifted in the length of 1813m on the natural terrain. Shifting of the river Kolubara - II phase with its branch Peštan includes: making new river bed and defensive dams, making regulative and following facilities in the river bed, sealing and anti-filtering works and facilities. The problems of locating water-course of the river Kolubara in an environment beyond its own alluvium, mostly along inner spoil are complex and connected with numerous technical, technological and organizational questions. This kind of shifting and regulation of rivers, until relocation of the river Kolubara in phase I, hasn’t been done in our practice and there aren’t many examples of shifting water-course across inner spoil even in European practice. The experience gained in the relocation of the river Kolubara in I phase should be used for later stages of Kolubara relocation. The solutions for the future phases of shifting the river Kolubara must give an answer to defining other components (ecological, sports, etc.) and improving areas within the scope of recultivation mine used areas. In addition, we should use the experience gained from building similar facilities in the world.

**KEY WORDS:** shifting river across spoil, geomembrane, water-course, clay tampon

## 1. UVOD

Izmeštanje i regulacija reke Kolubare se vrši u funkciji oslobađanja prostora za otvaranje novih površinskih kopova, pre svega to je bio uslov za otvaranje PK „Veliki Crljeni”, a zatim PK „Južno polje” (PK „Polje G” i PK „Polje F”) kao zamenskih kapaciteta za PK „Tamnava-Istočno polje”, čiji je eksploatacioni vek završen. Generalnim projektom izmeštanja i regulacije reke Kolubare, Peštana, Lukavice i Vraničine u zoni postojećeg površinskog kopa uglja „Tamnava-Istočno polje” i zoni novih otkopnih polja u centralnom delu kolubarskog lignitskog basena („Jaroslav Černi”, 2000. god.) predviđeno je izmeštanje reke Kolubare u tri faze, prateći na taj način dinamiku razvoja rudarskih radova u centralnom delu kolubarskog ugljenog basena. Predloženi koncept se sastoji u tome da se korito reke Kolubare pri izmeštanju najviše locira po unutrašnjem odlagalištu PK „Tamnava-Istočno polje” (Slika 1). Izmeštanje korita Kolubare, planirano preko unutrašnjeg odlagališta novoformiranog terena različite starosti je veoma kompleksan hidrogeološki i građevinski poduhvat, kakav do sada u našoj praksi nije primenjivan. Malobrojni su primeri izmeštanja vodotoka preko unutrašnjeg odlagališta jalovine i u Evropskoj praksi a pogotovu vodotoka ranga reke Kolubare. Ovakvi poduhvati se međutim, ipak rade u svetu. Primera radi u Nemačkoj je izmeštena reka Ind, leva pritoka reke Rur (u tom projektu je ekološki aspekt stavljen u prvi plan).

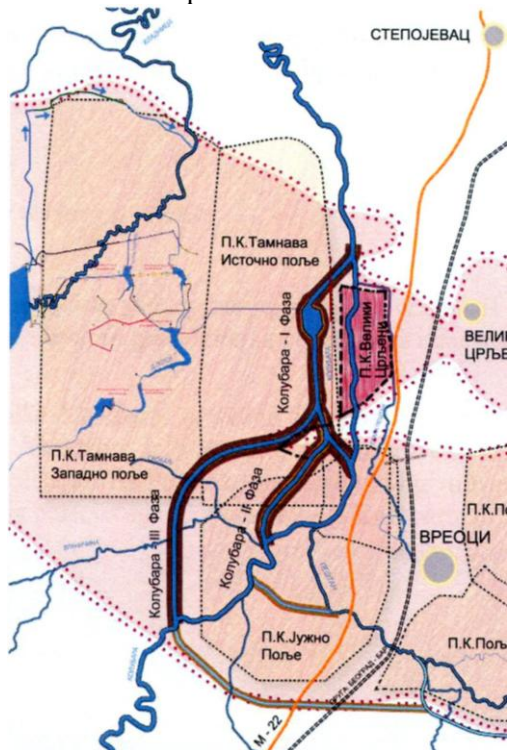
Tokom 2004. god. i 2005. god. izrađeni su Idejni i Glavni projekat I faze izmeštanja i regulacije korita reke Kolubare u zoni PK „Tamnava-Istočno polje” („Jaroslav Černi”). Navedenom tehničkom dokumentacijom obrađeno je izmeštanje korita reke Kolubare na potezu od postojećeg vodozahvata za TE „Kolubara A” do postojećeg čeličnog „plavog” mosta. Sa istočne strane površinskog kopa „Tamnava-Istočno polje” korito reke Kolubare je bilo locirano na ležištu uglja. Dislokacijom rečnog korita Kolubare, na ovom sektoru ka zapadu, na prostor unutrašnjeg odlagališta „Tamnava-Istočno polje” omogućeno je otvaranje otkopnog polja „Veliki Crljeni”, što predstavlja I fazu izmeštanja korita reke Kolubare. Radovi na izmeštanju korita reke Kolubare – I faza, dužine 4600 m i pratećih regulacionih objekata, su obavljani od kraja 2004. godine do septembra 2007. godine, kada je reka puštena u novoizrađeno korito, nakon čega je usledio probni rad (monitoring) u trajanju od godinu dana. Tehnički prijem izmeštenog i regulisanog korita reke Kolubare izvršen je početkom oktobra 2008. godine.

Strategija daljeg razvoja eksploatacije uglja u kolubarskom basenu, posle otvaranja površinskog kopa „Veliki Crljeni” predviđa otvaranje PK „Polje G”. Preduslov za otvaranje P.K. „Polja G” predstavlja dalju dislokaciju korita reke Kolubare sa pritokom Peštan, odnosno – II fazu izmeštanja korita.

Idejni projekat sa studijom opravdanosti II faze izmeštanja reke Kolubare (sa pritokom Peštan) u zoni površinskih kopova kolubarskog lignitskog basena izrađen je 2009. godine („Jaroslav Černi”).

Granice izmeštanja korita reke Kolubare-II faza su od postojećeg tehnološkog mosta (I faza izmeštanja Kolubare) do ušća reke Vraničine u postojeće korito reke Kolubare. Ukupna dužina izmeštanja korita reke Kolubare - II faza iznosiće 2600 m, pri čemu će 1950 m biti locirano preko odlagališta PK „Tamnava – Istočno polje”, a ostatak trase po prirodnom terenu. Deo odlagališta gde će biti formiran koridor za izmeštanje korita trenutno se zapunjava otkrivanjem (kvartarnim glinama) sa PK „Veliki Crljeni”. Nepotpuna konsolidacija odložene jalovine čini problem izmeštanja Kolubare preko odlagališta još komplikovanim.

Korito reke Peštan izmešta se u dužini od 1813m i to od ušća u Kolubaru do krivine uzvodno od postojećeg mosta preko reke Peštan, po prirodnom terenu. Izmeštena korita treba da obezbede zaštitu dobara u priobalju, rudarskih i industrijskih objekata, saobraćajnica i poljoprivrednog zemljišta od poplavnih voda reka Kolubare i Peštana na zadatim potezima.



Slika 1. Šematski prikaz izmeštanja vodotokova u centralnom delu kolubarskog basena

## 2. ANALIZA VARIJANTNIH TEHNIČKIH REŠENJA

Da bi se izvršio izbor najpovoljnijeg tehničkog rešenja za izmeštane korita Kolubare i Peštana, neophodno je bilo uraditi tehnoeкономsku analizu više predviđenih varijanti.

Za izmeštanje korita reke Kolubare predložene su 4 varijante tehničkih rešenja. Varirani su objekti za savlađivanje denivelacije dna korita (bučnica ili kaskada) i linija forlanda van odlagališta (prati liniju terena ili projektovana):

- 1) Korito reke Kolubare je trapeznog poprečnog preseka i pada dna od  $i_{d \text{ proj}}=0,30\%$ , stim što je za ublažavanje pada dna korita predviđena armirano betonska kaskada sa bučnicom korisne visine 1,6m. Predviđeno je da se niveleta forlanda na odlagalištu kreće između 91,30 mm i 91,80 mm. Van odlagališta, niveleta forlanda prati liniju terena.
- 2) Korito reke Kolubare je trapeznog poprečnog preseka i pada dna od  $i_{d \text{ proj}}=0,30\%$ , stim što je za ublažavanje pada dna korita predviđena armirano betonska kaskada sa bučnicom korisne visine 1,6m. Predviđeno je da se niveleta forlanda na odlagalištu kreće između 91,30 mm i 91,80 mm. Van odlagališta, predviđeno je dokopavanje forlanda do  $\sim 1,8\text{m}$ .
- 3) Korito reke Kolubare je trapeznog poprečnog preseka i pada dna od  $i_{d \text{ proj}}=0,30\%$ , stim što je za ublažavanje pada dna korita predviđen brzotok sa bučnicom. Brzotok se radi kao rampa u nagibu 1:5, korisna visina brzotoka iznosi 1,6m. Brzotok i bučnica se oblažu kamenom zalivenim cementnim malterom. Predviđeno je da se niveleta forlanda na odlagalištu kreće između 91,30 mm i 91,80 mm. Van odlagališta, niveleta forlanda prati liniju terena.
- 4) Korito reke Kolubare je trapeznog poprečnog preseka i pada dna od  $i_{d \text{ proj}}=0,30\%$ , stim što je za ublažavanje pada dna korita predviđen brzotok sa bučnicom. Brzotok se radi kao rampa u nagibu 1:5, korisna visina brzotoka iznosi 1,6m. Brzotok i bučnica se oblažu kamenom zalivenim cementnim malterom. Predviđeno je da se niveleta forlanda na odlagalištu kreće između 91,30 mm i 91,80 mm. Van odlagališta, predviđeno je dokopavanje forlanda do  $\sim 1,8\text{m}$ .

Svaka varijanta za izmeštanje korita reke Kolubare ima po tri podvarijante u zavisnosti od tipa vodozaptivne obloge:

- a. Predviđeno je da se kompletno korito (dno i kosine do 3,5m) obloži tampon slojem gline debljine 1,2 m, preko koje se ugrađuje balast od jalovine 1,3 m. Pozajmište za glinu će biti van aluvijona Kolubare i Peštana, pošto je istražnim radovima konstatovano da glina iz iskopa korita Kolubare i Peštana nije povoljna za ugradnju u tampone zbog litološke anizotropije i velike prirodne vlažnosti.
- b. Predviđeno je da se kompletno korito (dno i kosine do 3,5m) obloži geosintetičkom bentonitskom folijom (GCL). Folija se polaže na sloj gline debljine 1,0 m, a iznad folije se ugrađuje tampon balast od šljunka prirodne granulacije, debljine 1,3 m.
- c. Predviđeno je da se kompletno korito (dno i kosine do 3,5m) obloži EPDM geomembranom debljine 1,5 mm. Iznad i ispod geomembrane se ugrađuje geotekstil i to: na odlagalištu 500  $\text{gr/m}^2$  obostrano, van odlagališta ispod geomembrane 500  $\text{gr/m}^2$ , a iznad geomembrane 300  $\text{gr/m}^2$ . Iznad sloja geotekstila ugrađuje se balast od materijala iz iskopa korita. Balast je debljine 1,3 m.

Za izmeštanje korita reke Peštan predložene su, takođe, četiri varijante tehničkih rešenja:

- 1) Korito reke Peštan je trapeznog poprečnog preseka, širine dna minor korita 10,0 m i nagiba kosina 1:3 nizvodno od objekta za savlađivanje denivelacije, a uzvodno od ovog objekta kosine su u nagibu 1:2. Kao objekat za savlađivanje denivelacije, predviđena je armiranobetonska kaskada korisne visine 3,3 m, uz objekat kaskade predviđena je bučnica dužine 30 m. Da bi se obezbedila stabilnos objekta kaskade, neophodno je da se on temelji na betonsko-bentonitskoj dijafragmi debljine 0,60 m i dužine  $\sim 40\text{m}$ .
- 2) Korito reke Peštan je trapeznog poprečnog preseka, širine dna minor korita 8,0 m i nagiba kosina 1:3 nizvodno od objekta za savlađivanje denivelacije, a uzvodno od ovog objekta kosine su u nagibu 1:2. Kao objekat za savlađivanje denivelacije predviđena je armiranobetonska kaskada



korisne visine 3,3 m, uz objekat kaskade predviđena je bučnica dužine 30m. Da bi se obezbedila stabilnos objekta kaskade, neophodno je da se on temelji na betonsko-bentonitskoj dijafragmi debljine 0,60 m i dužine ~ 40 m.

- 3) Korito reke Peštan je trapeznog poprečnog preseka i širine dna minor korita 8,0 m, nagiba kosina 1:3 nizvodno od objekta za savlađivanje denivelacije, a uzvodno od ovog objekta kosine su u nagibu 1:2. Kao objekat za savlađivanje denivelacije, predviđen je brzotok (rampa nagiba 1:5), uz objekat brzotoka je bučnica dužine 30 m. Brzotok i bučnica se oblažu kamenom zalivenim cementnim malterom.
- 4) Korito reke Peštan je trapeznog poprečnog preseka, širine dna minor korita 10,0 m, nagiba kosina 1:3 nizvodno od objekta za savlađivanje denivelacije, a uzvodno od ovog objekta kosine su u nagibu 1:2. Kao objekat za savlađivanje denivelacije predviđen je brzotok (rampa nagiba 1:5), uz objekat brzotoka je bučnica dužine 30 m. Brzotok i bučnica se oblažu kamenom zalivenim cementnim malterom.

Za predložene varijante urađena je uporedna tehnoekonomska analiza i zaključeno je sledeće:

### **Reka Kolubara**

Za izmeštanje korita reke Kolubare predviđene su četiri varijante tehničkih rešenja. Svaka varijanta ima po tri podvarijante. Analizom navedenog konstatovano je sledeće:

- Vodozaptivna obloga dna i korita od bentonitske folije je najskuplja, posle toga sledi obloga od EPDM geomembrane i obloga od tampon sloja gline.
- Objekat kaskade je skuplji od objekta brzotoka.
- Ispod korita na prirodnom terenu gde niveleta forlanda prati liniju terena je jeftinija nego iskop sa dokopavanjem forlanda do 1,8m.

Takođe može se konstatovati i sledeće:

- Vodozaptivna obloga od EPDM geomembrane je nešto skuplja nego obloga od gline, ali se ovoj oblozi daje prednost zbog duže građevinske sezone za njenu ugradnju (nešto lakši uslovi za ugradnju nego glinene obloge), takođe, izrada obloge od gline zahteva eksproprijaciju zemljišta za otvaranje pozajmišta pošto kvalitetne gline za tampon nema u aluvijonu Kolubare i Peštana. Neophodna je i rekultivacija pozajmišta.
- Objekat brzotoka je jeftiniji nego objekat kaskade. Takođe, stabilniji je i ne zahteva izradu riblje staze koja je neophodna uz kaskadu. Objekat riblje staze u praksi predstavlja problem pri migraciji ribe, tako da iako postoji migracija ribe na uzvodni sector je sprečena.
- Varijanta sa dokopavanjem forlanda je skuplja nego bez dokopavanja ali u ovoj varijanti je dubina korita oko 7,20 m, dok bez dokopavanja forlanda dubina korita iznosi oko 9,0 m. Na dubljem koritu je teži iskop i kosine su nestabilnije, pogotovu što trasa korita prolazi kroz peskovito-šljunkovitu sredinu. Prednost se daje varijanti sa dokopavanjem forlanda, pogotovu što višak zemljanog materijala iz iskopa može da posluži za zapunjavanje „prastarog” korita Kolubare na levoj obali.

Shodno prethodno iznetom usvojena je varijanta 4c, koja podrazumeva da se kompletno korito (dno i kosine do 3,5m) obloži EPDM geomembranom debljine 1,5 mm. Iznad i ispod geomembrane se ugrađuje geotekstil i to: na odlagalištu 500 gr/m<sup>2</sup> obostrano, van odlagališta ispod geomembrane 500 gr/m<sup>2</sup>, a iznad geomembrane 300 gr/m<sup>2</sup>. Iznad sloja geotekstila ugrađuje se balast od materijala iz iskopa korita. Balast je debljine 1,3 m.

### **Reka Peštan**

Za izmeštanje korita reke Peštan predviđene su četiri varijante tehničkih rešenja. Analizom navedenog konstatovano je sledeće:

- Izrada korita širine dna 10,0 m je skuplja nego korita širine dna 8,0 m.
- Objekat kaskade je znatno skuplji od objekta brzotoka.  
    Takođe, može se konstatovati i sledeće:
- Proširenje dna korita sa 8,0 m na 10,0 m, ne poboljšava mnogo hidrauličku sliku korita – nisu mnogo smanjeni nivoi vode i brzine. Takođe za korito širine 8,0 m, nivo vode pri merodavnom proticaju ne izlazi iz melioracionog kanala koji će se ulivati u korito Peštan. Može se usvojiti korito čija je širina dna 8,0 m.
- Objekat brzotoka je jeftiniji nego objekat kaskade. Takođe, stabilniji je i ne zahteva izradu riblje staze koja je neophodna uz kaskadu. Da bi se obezbedila stabilnost objekta kaskade bruto visine 3,8 m, objekat se mora fundirati na dijafragmi (kao što je fundirana postojeća kaskada na Peštanu). Izrada dijafragme znatno poskupljuje ceo objekat kaskade. Što se tiče riblje staze primedba je ista kao u komentaru za Kolubaru.

Shodno prethodno iznetom usvojena je varijanta 3, koja podrazumeva da je korito reke Peštana trapeznog poprečnog preseka, širine dna minor korita 8,0 m i nagiba kosina 1:3 nizvodno od objekta za savlađivanje denivelizacije, a uzvodno od ovog objekta kosine su u nagibu 1:2. Kao objekat za savlađivanje denivelacije predviđen je brzotok (rampa nagiba 1:5), uz objekat brzotoka je bučnica dužine 30 m. Brzotok i bučnica su obloženi kamenom zalivenim cementnim malterom.

## **3. TEHNIČKO REŠENJE IZMEŠTANJA KORITA REKE KOLUBARE I PEŠTANA**

### **Stepen zaštite od poplavnih voda**

Usvojen je isti stepen zaštite od plavljenja za levu i desnu obalu budućih korita reka Kolubare i Peštana, i to na velike vode verovatnoće pojave  $p=1\%$  (stogodišnja velika voda) sa rezervnim nadvišenjem najmanje do nivoa velikih voda  $p=0,1\%$  (hiljadugodišnja velika voda kao kontrolna). Ovaj stepen zaštite od plavljenja je usvojen iz razloga što su objekti sa leve i desne strane izmeštenog korita kolubare na najvećoj dužini izmeštenog poteza istog značaja, a to su sa jedne i druge strane površinski kopovi, s' tim što se sa desne strane nalaze još i magistralni put, železnička pruga i drugi slični objekti. Što se izmeštenog korita reke Peštan tiče, na desnoj obali je površinski kop, a na levoj obali magistralni put M-22 i železnička pruga Beograd-Bar.

### **Podužni pad dna korita**

Pri određivanju podužnog pada dna korita Kolubare u II fazi izmeštanja korišćena su iskustva sa I faze izmeštanja reke Kolubare, pri čemu je geodetskim snimanjem konstatovana erozija balasta na pojedinim mestima do 0,50 m. Pošto će se trasa Kolubare u ovoj fazi izmeštanja, voditi preko dela odlagališta gde nije završeno odlaganje jalovine i gde se mogu očekivati sleganja odlagališta, dna korita i samog balasta, neophodno je predvideti takav pad dna da erozija bude što manja. Saglasno predhodno pomenutom, i iskustvu sa I faze izmeštanja Kolubare, određen je projektovani podužni pad dna izmeštenog korita koji iznosi  $i_{d \text{ proj}}=0,30\%$ . Predviđeno je da pad dna novog korita reke Peštan bude 1,0‰. Pri projektovanju nivelete novog korita pošlo se od ukupne raspoložive denivelacije između kote dna na najuzvodnijem i najnižvodnijem profilu sektora reke koji se izmešta a koji ovde iznosi  $\Delta H_{\text{dna}} \sim 5,3$  m. Velika denivelacija između uzvodnog i nizvodnog kraja korita je posledica većeg broja regulacija i skraćanja korita Peštana, koje su izvedene u predhodnom periodu.

### **Poprečni profili za izmeštanje korita reka Kolubare-II faza i Peštana**

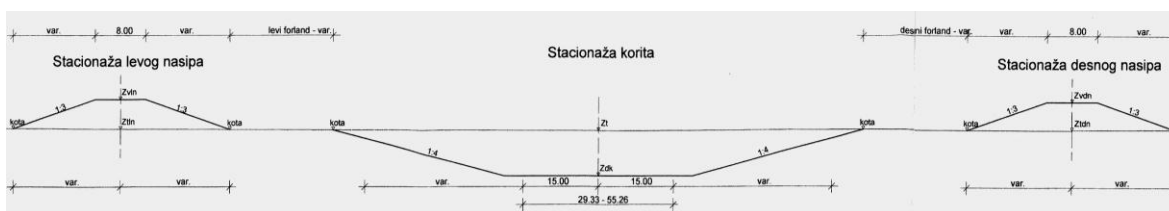
Poprečni profili za izmeštanje korita reka Kolubare-II faza i Peštana su projektovani saglasno faktorima koji su bili od uticaja, a to su pre svega litološki sastav i geomehaničke karakteristike terena po kome se nova rečna korita formiraju, hidraulički parametri, uslovi izgradnje korita u tehnološkom smislu i drugi uslovi. Proticajni profili izmeštenih korita reka Kolubare i Peštana su projektovani da private proticaj stogodišnjih velikih voda kao i kontrolni proticaj hiljadugodišnji velikih voda.

#### 4. IZRADA NOVOG KORITA I REGULACIJA REKE KOLUBARE – II FAZA I PRITOKE PEŠTAN

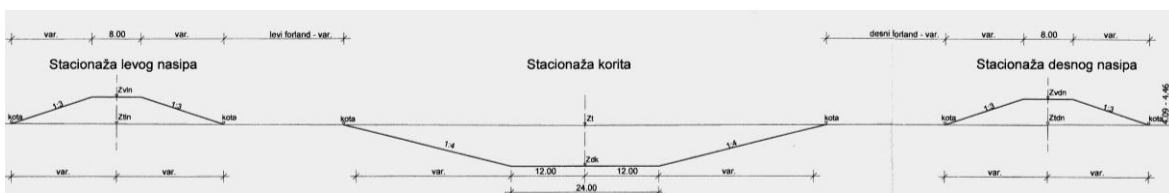
Tehničko tehnološki elementi građenja izmeštenih korita sadrže prikaz konceptualnog rešenja građevinskih objekata i radova, potrebnu mehanizaciju za izvođenje radova i pretpostavljenu dinamiku realizacije građevinskih radova.

##### Radovi na izradi korita reke Kolubare su podeljeni u 5 grupa:

- 1) **Iskop korita i formiranje nasipa na odlagalištu.** Trasa korita reke Kolubare prelazi preko odlagališta u dužini od 1950m (oko 75% trase). Na ovom delu trase se trenutno vrši odlaganje jalovine. Pošto se očekuju znatna sleganja na ovom delu trase se vrši nasipanje jalovine iznad projektovane nivelete forlanda (od 1,0 - 1,5m). U okviru ove grupe radova neophodno je prvo ukloniti višak zemljanog materijala do projektovane nivelete planuma - kote forlanda. Posle ovoga neophodno je izvršiti iskop korita. Korito je trapeznog poprečnog preseka širine dna od 29,00 – 55,00 m u prvih 400 m trase (Slika 2) i širine dna 24 m do izlaska sa odlagališta (Slika 3). Kosine se rade u nagibu 1:4. Od materijala iz iskopa korita rade se levoobalni i desnoobalni odbrambeni nasip. Nasipi su trapeznog poprečnog preseka, širine krune 8,0 m i nagiba kosine 1:4.



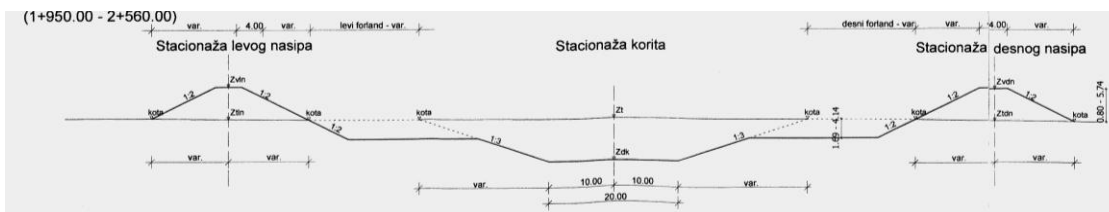
Slika 2. Karakterističan poprečni profil korita reke Kolubare – II faza na odlagalištu (0+050 – 0+400)



Slika 3. Karakterističan poprečni profil korita reke Kolubare – II faza na odlagalištu (0+450 – 1+950)

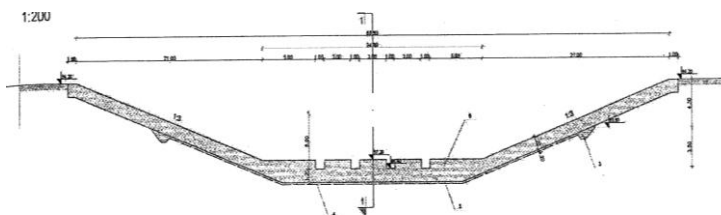
- 2) **Iskop korita i formiranje korita van odlagališta.** Trasa korita reke Kolubare prolazi van odlagališta u dužini od 650 m (oko 25% trase). Predviđeno je da se isplaniraju forlandi-izvrši dokop terena u zoni projektovanog major korita do kote 94,20 mm. Od ovoga materijala vršiće se popunjavanje postojeće depresije na levoj obali izmeštenog korita (prastaro korito Kolubare) i uzvodni čep. Posle formiranja forlanda sledi iskop korita. Korito je trapeznog poprečnog prseka, širine dna 20,0 m (Slika 4). Od glinovitih partija iz iskopa formiraće se levoobalni i desnoobalni nasip. Nasipi se rade kao standardni

kolubarski nasipi (širine krune 4,0 m i nagibi 1:2) – ugradnja gline u slojevima sa humusiranjem i zatravljivanjem završnih kosina nasipa.



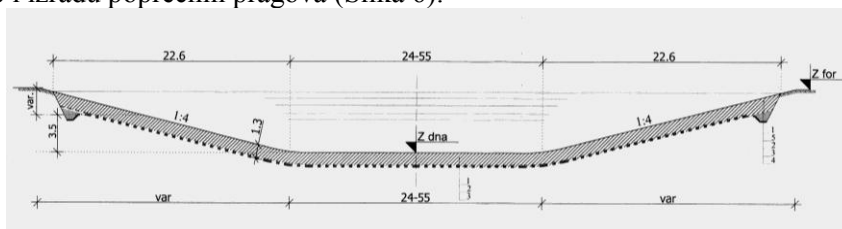
Slika 4. Karakterističan poprečni profil korita reke Kolubare – II faza van odlagališta (1+950 – 2+560)

- 3) **Radovi na izradi kamenih obloga.** Za potrebe osiguranja kosina i dna korita Kolubare predviđeno je osiguranje obala korita izradom obloga od kamena. Predviđeno je osiguranje korita na 5 sektora: u zoni ušća u Kolubaru (I faza), na levoj obali između stacionaže km 1+700,00 i km 1+900,00, osigurava se leva i desna obala Kolubare van odlagališta, lokacija budućeg mosta i uzvodni kraj regulacije (uzvodni čep i ušće Vraničine). Radovi na ovoj poziciji obuhvataju dokopavanje dna i kosina korita za ugradnju obloge, transport i ugradnju kamena.
- 4) **Radovi na izradi brzotoka sa bučnicom.** Za poništavanje dela ukupne denivelacije i za postizanje blagog podužnog pada na stacionaži km 2+020,00 predviđen je brzotok sa bučnicom. Brzotok se radi kao rampa u nagibu 1:5, a bučnica je dužine 30 m i dubine 0,5 m. U okviru ovoga objekta predviđena je izgradnja armiranobetonskih zuba na uzvodnom i nizvodnom kraju brzotoka (Slika 5) i na nizvodnom kraju bučnice. Dno i kosine brzotoka i bučnice se oblažu kamenom zalivenim cementnim malterom.



Slika 5. Poprečni presek uzvodnog zuba brzotoka (2+020)

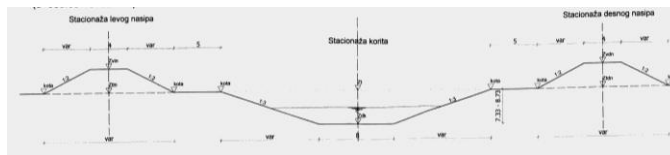
- 5) **Zaptivni radovi.** Da bi se sprečilo procurivanje vode iz izmeštenog korita reke Kolubare, predviđeno je oblaganje dna i kosina korita (do visine od 3,5 m) oblogom od geomembrane (debljine 1,5 mm) sa dvostranim geotekstilom. Preko geomembrane se ugrađuje sloj balasta (materijal iz iskopa korita) od 1,3 m. Za stabilizaciju geomembrane rade se anker rovovi na kosinama, a na svakih 50 m trase rade se poprečni pragovi od granulisanog lomljenog kamena. Pozicija obuhvata dokopavanje i planiranje dna i kosina korita, polaganje geomembrane sa dvostranim geotekstilom, izradu balasta, ankerisanje geomembrane i izradu poprečnih pragova (Slika 6).



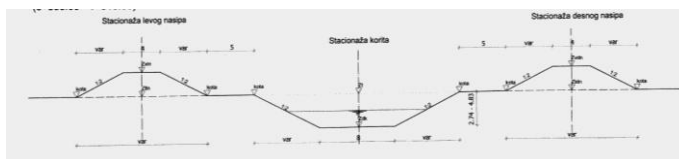
Slika 6. Poprečni presek uzvodnog zuba brzotoka (2+020)

**Radovi na izradi korita reke Peštan su podeljeni u 3 grupe:**

- 1) **Iskop korita i formiranje nasipa.** Predviđen je iskop korita trapeznog poprečnog preseka, širine dna 8,0 m i nagiba kosina 1:3 do nizvodnog kraja bučnice (Slika 7) i 1:2 od uzvodnog kraja brzotoka do kraja regulacije (Slika 8). Od materijala iz iskopa vrši se izrada nasipa, popunjavanje depresije (bivše korito reke Kolubare), čepa na ušću melioracionog kanala u novo korito, uzvodni čep. Nasipi su trapeznog poprečnog preseka, širine krune 4,0 m i nagiba kosina 1:2. Nasipi se rade kao standardni kolubarski nasipi – ugradnja gline u slojevima sa humusiranjem i zatravnjivanjem krune i završnih kosina nasipa. Radovi u okviru ove grupe predviđaju iskop korita, planiranje dna i kosina korita, izradu nasipa i popunjavanje čepova i depresije.



Slika 7. Karakterističan poprečni profil korita reke Peštan (0+000 – 0+338)



Slika 8. Karakterističan poprečni profil korita reke Peštan (0+338 – 1+813,5)

- 2) **Radovi na izradi kamenih obloga.** Za potrebe osiguranja kosina i dna peštana, predviđeno je osiguranje obala korita izradom obloga od kamena. Predviđeno je osiguranje korita na 7 sektora: postojeća desna obala Kolubare u zoni ušća reke Peštan, dno i kosine korita reke Peštan u zoni ušća do nizvodnog zuba bučnice, zona budućeg mosta, desna konkavna obala od stacionaže km 0+400,00 – km 0+500,00, leva obala od stacionaže km 0+850,00 do stacionaže km 0+950,00, ušće melioracionog kanala i uzvodni kraj regulacije. Radovi na ovoj poziciji obuhvataju dokopavanje dna i kosina korita za ugradnju obloge, transpotr i ugradnju kamena.
- 3) **Radovi na izradi brzotoka sa bučnicom.** Za poništavanje dela ukupne denivelizacije i za postizanje blagog podužnog pada na stacionaži km 0+356,00 predviđen je brzotok sa bučnicom. Brzotok se radi kao rampa u nagibu 1:5, a bučnica je dužine 30 m i dubine 0,5 m. U okviru ovog objekta predviđena je izgradnja armirano betonskih zuba na uzvodnom i nizvodnom kraju brzotoka i na nizvodnom kraju bučnice. Dno i kosine brzotoka i bučnice se oblažu kamenom zalivenim cementnim malterom.

**Masovni zemljani radovi na izradi novih, izmeštenih trasa korita su sledeći:**

- Iskop terena čije su kote više od projektovanog planuma, između projektovanih nasipa, kao priprema terena za iskop korita;
- Iskop minor korita;
- Nasipanje materijala iz iskopa u odbrambene nasipe;
- Ugradnja glinenog materijala iz iskopa u glineni čep na mestu uzvodnog i nizvodnog spoja postojećeg i izmeštenog korita, kao i zapunjavanje prastarog korita Kolubare i napuštenog rukavca.

Obzrom da se radi o velikim količinama zemljanih masa koje treba iskopati da bi se formiralo novo korito reke Kolubare i Peštana, i od istih tih masa formirati nasipe, najracionalnije je koristiti mehanizaciju sa kojom kopovi raspolažu. To su bageri dreglajni tipa EŠ-6/46 i EŠ-10/70A.

Za izradu korita reke Kolubare preko odlagališta preduslov je završetak formiranja koridora na ovom delu trase korita. Deo odlagališta gde će biti formiran koridor za izmeštanje korita trenutno se zapunjava otkrivanjem (kvartarnim glinama) sa PK „Veliki Crljeni”. Bageri dreglajni su trenutno angažovani na pripremnim radovima na prostoru koridora za izmeštanje reke Kolubare u II fazi. Ovim radovima se omogućuje dalje odlaganje otkrivke, tj. kvartarnih glina sa PK „Veliki Crljeni” u funkciji izrade koridora za izmeštanje reke Kolubare u II fazi, što podrazumeva izmeštanje venaca odložene međuslojne jalovine na ovom prostoru u prethodnom periodu, „crne mase” (materijal nezadovoljavajućeg kvaliteta), iz nožice odložene kvartarne gline, iz trupa celog koridora za izmeštanje reke Kolubare u II fazi, kao i popunjavanje postojećih depresija i formiranje pravilne površine na prostoru koridora, što ima značaja za buduće ravnomerno sleganje odloženog materijala u koridor, a samim tim i sigurnost izvedenih radova na izmeštenom koritu i zaptivnim oblogama.

Kad se završi formiranje koridora neophodno je da protekne bar godinu dana pre nego što počnu građevinski radovi na izradi izmeštenog korita, na tom delu trase.

### **Monitoring izmeštenih rečnih korita**

Izrada korita reke Kolubare planirana preko unutrašnjeg odlagališta novoformiranog terena različite srtaosti je veoma kompleksan hidrogeološki i građevinski poduhvat, tako da je monitoring prostora kao i samog objekta neophodan: geodetsko osmatranje, osmatranje nivoa podzemnih voda, osmatranje vodostaja i režima padavina. Razvoj savremenih tehnologija u oblasti merne opreme omogućava da način vršenja osmatranja bude automatski i sa visokom tačnošću.

## **5. ZAKLJUČAK**

Iskustvo stečeno pri izmeštanju reke Kolubare u I fazi, kao i ostala stečena saznanja, neophodno je koristiti pri izmeštanju reke Kolubare u II i III fazi, i izgradnji svih objekata u okruženju ovog objekta. Selektivnim i planskim odlaganjem kvartarnih glina sa PK „Veliki Crljeni” izbeći će se problemi koji su postojali pri izmeštanju i regulaciji reke Kolubare u I fazi (dodatne radove na sanaciji klizišta na delu minor korita zamenom materijala). Činjenica je da se objekti ovog značaja grade prema kriterijumima definisanim zakonom koji daju potrebnu pouzdanost i isključuju mogućnost njihovog oštećenja. Funkcionalnost izgrađenog korita reke Kolubare u I fazi je dokazana u potpunosti u predhodnom periodu.

Da li se to može tvrditi i za objekte u okruženju?

Zapadna završna kosina PK polje „Veliki Crljeni“, koja se nalazi sa desne strane reke Kolubare – I faza, pretrpela je deformaciju, odnosno došlo je do pokretanja dela materijala (klizna ravan je formirana po proslojku visokoplastične gline u ugljenom sloju). Bez obzira na veličinu opasnosti koja je time prouzrokovana ovaj događaj ukazuje na potrebu da se svaki mogući problem dobro prouči a data rešenja dosledno ispoštuju. Iskustvo sa PK „Tamnava- Zapadno polje“ gde je postojanje tankog proslojka gline prouzrokovalo nestabilnost zapadne završne kosine i kretanje većih masa materijala potvrđuje napred navedeno. Ovo je značajno zbog činjenice da litologija PK „Polje G“ ukazuje na pojavu proslojka gline u ugljenoj seriji, što može predstavljati potencijalnu opasnost i kretanje materijala iz kosina.

„Generalni projekat izgradnje donjeg i gornjeg postroja infrastrukturnog koridora u centralnom delu Kolubarskog basena“ daje sagledavanje mogućeg sleganja terena zbog snižavanja nivoa podzemnih voda

prouzrokovanog potrebom odvodnjavanja površinskih kopova „Polje G“ i „Polje F“. Izneta je neophodnost praćenja uticaja snižavanja nivoa podzemnih voda na sleganje terena. Svakako ove analize ukazuju da je potrebno izraditi adekvatne ekrane u graničnom pojasu kopova i reke Kolubare, kako bi se nivo voda u koridoru minimalno menjao, a smim tim otklonio uzrok sleganja terena.

Pri sagledavanju rešenja za izgradnju koridora za III fazu izmeštanja mora se uzeti u obzir činjenica da će ovaj koridor biti korišćen i za izmeštanje drugih infrastrukturnih objekata kao što su pruga Beograd-Bar, Ibarska magistrala i dalekovodi 2 x 35 kV.

Utvrđivanjem precizne organizacije izvršenja radova i njeno striktno poštovanje, obezbeđivanjem stručnog vođenja posla bez zastoja, poštovanjem tehnološke discipline, urednim finansijskim praćenjem i servisiranjem izgradnje može se postići brža i kvalitetnija realizacija.

Rešenja za buduća izmeštanja reke Kolubare moraju dati odgovor i na definisanje drugih sadržaja (ekoloških, sportskih i sl.) i oplemenjivanje prostora u okviru rekultivacije rudarski iskorišćenog prostora. Pri tome, takođe, treba koristiti iskustva stečena pri izradi sličnih objekata u svetu.

## **6. LITERATURA**

[1] Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Zavod za brane, hidroenergetiku, rudnike i saobraćajnice: Generalni projekat izmeštanja i regulacije reke Kolubare, Peštana, Lukavice i Vraničine u zoni postojećeg površinskog kopa uglja „Tamnava-Istočno polje“ i zoni novih otkopnih polja u centralnom delu kolubarskog lignitskog basena, Beograd, 2000. godine;

[2] Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Zavod za brane, hidroenergetiku, rudnike i saobraćajnice: Glavni projekat izmeštanja i regulacije korita reke Kolubare u zoni površinskog kopa „Tamnava-Istočno polje“ – I faza, Beograd, 2005. godine;

[3] Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Zavod za brane, hidroenergetiku, rudnike i saobraćajnice: Idejni projekat sa studijom opravdanosti II faze izmeštanja reke Kolubare (sa pritokom Peštan) u zoni površinskih kopova kolubarskog lignitskog basena, Beograd, 2009. Godine;

[4] Dokumentacija PD RB „Kolubara“d.o.o., Lazarevac.

# **GEOLOŠKA GRAĐA LEŽIŠTA UGLJEVIK - ISTOK I PRAVCI BUDUĆIH GEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA**

## **GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF UGLJEVIK-ISTOK COAL DEPOSIT AND DIRECTIONS OF FURTHER GEOLOGICAL RESEARCHES**

**Zlatko Ječmenica, N. Listeš, R. Tomić, S. Renovica G. Đokić**

*Rudnik i TE Ugljevik, AD Ugljevik, Republika Srpska*

### **REZIME**

Ležište mrkog uglja Ugljevik - Istok nalazi se u slatkovodnim sedimentima **ugljevičke ugljonosne formacije**. Ležište uglja karakteriše razvoj sledećih rudnih tijela : glavni ugljeni sloj, prvi krovni ugljeni sloj i drugi krovni ugljeni sloj. Ovo ležište treba u budućnosti da snabdijeva ugljem Termoelektranu Ugljevik snage 300 MW.

Stepen istraženosti ležišta sa velikim učešćem  $C_1$  rezervi i malim učešćem rezervi **A** kategorije, a shodno izuzetno složenoj geološkoj građi, nameće potrebu doistraživanja, odnosno detaljnih geoloških istraživanja pojedinih segmenata ovog ležišta.

**Ključne riječi:** ugljevička ugljonosna formacija, detaljna geološka istraživanja, geološka građa, tektonika

### **ABSTRACT**

The brown coal deposit Ugljevik-Istok is situated in freshwater sediments of **Ugljevik coal formation**. This coal deposit is characterized by development of the following ore bodies: the main coal layer, the first roof coal layer and the second roof coal layer. In the future, the deposit is supposed to supply Ugljevik Power Plant which has an installed capacity of 300 MW. The need to conduct an additional detailed geological exploration exists thanks to the degree of exploration works which show significant coal reserves classified as  $C_1$  category and small amount of category **A** coal, and also due to complex geological structure of this area.

**Key words:** Ugljevik coal formation, detailed geologic exploration, geological structure, tectonics.

### **GEOGRAFSKI POLOŽAJ**

Ležište uglja Ugljevik-Istok nalazi se u Republici Srpskoj na udaljenosti od 20 km jugozapadno od Bijeljine i 5 km od Termoelektrane Ugljevik. Geografski je smješteno između  $19^{\circ} 00' 45''$  i  $19^{\circ} 3'$  istočne geografske dužine, te  $44^{\circ} 39'$  i  $44^{\circ} 40' 14''$  sjeverne geografske širine.

Ležište predstavlja samo jedan dio neogenog basena koji zahvata krajnje sjeveroistočne, blago zatalasane, brežuljkaste padine planine Majevice i odatle teren prelazi u zaravnjeni prostor Semberije.





Slika 1. Pregledna geografska karta položaja i komunikacija šire okolineležišta uglja Ugljevik-Istok R-1:500 000,

Na udaljenosti od oko 2 km sjeverno prolazi magistralni put Bijeljina-Tuzla koji prati tok rijeke Janje. Zapadnom granicom ležišta protiče Ugljevička rijeka, a istočnom Ugljevički potok.

## ISTORIJAT DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

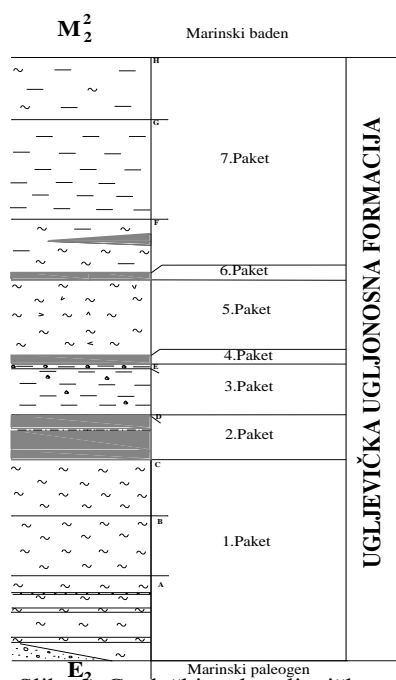
Proučavanjem stratigrafsko-tektonske građe naslaga ugljevičkog ugljonosnog područja, odnosno njegovih pojedinih dijelova, bavio se veći broj istraživača: E.Tietze (1880), K.Hofman (1881), J.Beneš (1884), M.Raikiewietz (1884), F.Katzer (1907, 1918, 1921), V.Laskarev (1925), M.Luković (1925), M.Muravjev (1939), I.Soklić (1950), N.Pantić (1957, 1961, 1962), M.Muftić (1959, 1960, 1961), S.Čičić (1959, 1962, 1964), Č.Jovanović i M.Laušević (1976), Č.Jovanović (1980), D.Tomičević (1977), A.Ahac (1978, 1984), R.Buzaljko i A.Ahac (1983, 1990), S.Vrabac (1989, 1995), L.J.Savić i N.Krstić (2005, 2007), Z.Ječmenica (2007).

Problematika starosti **ugljevičke ugljonosne formacije** nije zadovoljavajuće riješena. Najnovija paleontološka istraživanja ukazuju na vjerovatno gornjooligocensku starost.

## GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA

### Geološka građa ležišta

Ležište uglja Ugljevik-Istok predstavlja istočni dio genetski i depoziciono jedinstvenog ugljevičkog ugljonosnog prostora. Južnu i jugoistočnu granicu ležišta predstavlja izdanačka zona podinskog (glavnog) ugljenog sloja. Zapadnu granicu čini rasjed pravca pružanja sjeverozapad-jugoistok, a sjeverna granica ležišta Ugljevik-Istok prema ležištu Baljak vještački je određena i povučena je konturom projektovanog površinskog kopa. Istočna granica ležišta predstavljena je rasjedom koji ima pravac pružanja sjever-jug i čija trasa ide Ugljevičkim potokom. U morfološkom pogledu za ležište uglja može se reći da spada u grupu pločastih ili slojnih ležišta. U ležištu Ugljevik-Istok razvijeni su sledeći ugljeni slojevi: podinski (glavni) koji je ekonomski najznačajniji sloj, I i II krovinski koji nisu registrovani na čitavom prostoru ležišta, a lokalno je razvijen i III krovni ugljeni sloj sa razvojem u dubljim, sjevernim dijelovima ležišta. Slatkovodne ugljonosne tvorevine u stubu, smještene između paleogene marinske podine i marinske badenske krovine, ovdje se tretiraju pod nazivom **ugljevička ugljonosna formacija** (Slika 2.). Ona je izdijeljena na jedinice nižeg reda (dijelom i na članove).



Slika 2. Geološki stub ugljevičke ugljunosne formacije

Podinu slatkovodnim ugljunosnim sedimentima čine tvorevine **srednjeg eocena** (alevroliti, glinci, pješčari tipa arkoza i subarkoza, kompaktni laporci) koje nisu otkrivene na površini ležišta, ali su nabušene sa nekoliko istražnih bušotina. Diskordantno na naslagama srednjeg eocena leži donjomiocenska slatkovodna ugljevička ugljunosna formacija u kojoj je izdvojeno sedam superpozicionih paketa (Slika 2. i 3.).

### 1. Crvene i zelene podinske gline ( $^1M_1$ )

Unutar ovog paketa izdvojeni su članovi:

- crvene gline i glinci sa sočivima pješčara i laporovitih krečnjaka, lokalno početak označen bazalnim konglomeratima (A),
- crvene i zelene gline u smjenjivanju (B) i
- zelene gline kao neposredna podina glavnog ugljenog sloja (C).

Debljina ovog paketa dostiže 100 m i ne sadrži fosilne ostatke.

### 2. Podinski (glavni) ugljeni sloj ( $^2M_1$ )

Najvažniji litostratigrafski član slatkovodne ugljunosne serije sedimenata u ekonomskom pogledu predstavlja podinski ugljeni sloj, koji je zbog svog ekonomskog značaja nazvan i glavnim ugljenim slojem. Petrografski sastav uglja ukazuje na pripadnost tvrdim mrkim ugljevima sa vrlo malim sadržajem lignitne komponente. Hemijska ispitivanja su pokazala da se radi o mrkom uglju sa ponderisanom vrijednošću DTV za čisti ugalj od 11.588 kJ/kg i 10.395 kJ/kg za rovni ugalj. Glavni ugljeni sloj je redovno vrlo složen ugljeni sloj. U građi ovog sloja pored uglja učestvuju i jalovi proslojci zastupljeni sivim laporovitim glinama, zelenim glinama, žutim sedrastim krečnjacima, pjeskovitim laporcima, a gotovo redovno on se završava slojem tamno smeđeg rožnaca (član D).

Maksimalna nabušena debljina dostiže gotovo 30 metara

3. *Krovinski laporci* ( ${}^3M_1$ )

Paket sedimenata predstavljen sivim kompaktnim laporcima sa proslojcima sivih laporovitih glina i, lokalno, sivo-žutog laporovitog krečnjaka. Često ovaj paket završava pjeskovitim fosiliziranim laporcima (*lumakela*) kao repnim članom (E) debljine ispod 2 metra.

4. *Prvi krovni ugljeni sloj* ( ${}^4M_1$ )

Njegovo rasprostranjenje je veliko, ali nije registrovan na čitavom prostoru ležišta. Jalovi proslojci unutar sloja izgrađeni su od sivih laporovitih glina, blijedo žutog sedrastog krečnjaka i žutog pjeskovitog laporca. Maksimalna nabušena debljina je 8 metara.

5. *Zelene tufitične gline* ( ${}^5M_1$ )

Jedinica je u osnovi izgrađena od svijetlo do tamno zelenih glina i glinaca. Debljina paketa kreće se oko 30 metara.

6. *Drugi krovni ugljeni sloj* ( ${}^6M_1$ )

Ima manje rasprostranjenje od prvog krovnog ugljenog sloja. Učešće jalovih proslojaka (ugljevitih glina i rijetko ugljeviti laporci) je veliko, a maksimalna debljina čistog uglja iznosi 5 metara.

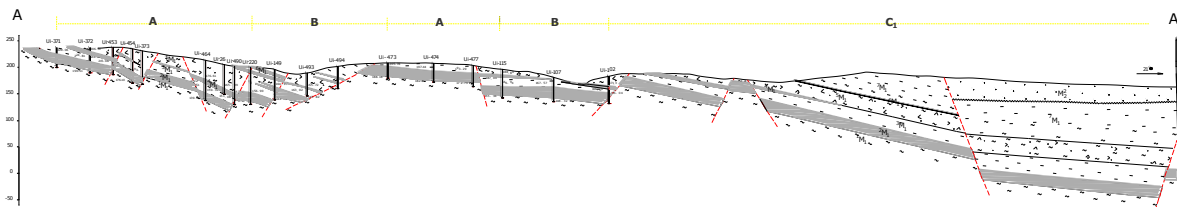
7. *„Visoka krovina”* ( ${}^7M_1$ )

Ovo je završna jedinica ugljonosne formacije (lokalno se naziva „visoka krovina”) koja započinje sivim laporovitim glinama i podređeno laporcima u kojima je mjestimično interstratifikovan i treći krovinski ugljeni sloj (član F), a završava sivim kompaktnim laporcima (član G) i laporovitim glinama (član H).

**Marinski badenski sedimenti** transgrediraju preko poremećene (tektonsko-eroziona diskordancija) slatkovodne ugljevičke ugljonosne formacije. Unutar sedimenata badena mogu se razlikovati tri facijalna razvoja koji se postupno smjenjuju u vertikalnom i horizontalnom smislu: facija glina sa sočivima pješčara i laporaca, facija pješčara sa sočivima glina i facija masivnih litotamnijskih i lajtovačkih krečnjaka. Badenske tvorevine dobro su paleontološki dokumentovane (R. Buzaljko, S. Čičić, S. Vrabac).

**Tektonske karakteristike ležišta**

Sve tri formacije (marinski paleogen, ugljevička ugljonosna formacija i marinski baden) imaju različite strukturno-tektonske karakteristike. O prvoj, tektonsko-erozionalnoj diskordanciji i odnosu sa slatkovodnim naslagama iznad, teško je govoriti zbog oskudnosti podataka. Ugao zalijeganja badenskih sedimenata koji transgresivno leže na ugljevičkoj ugljonosnoj formaciji je oko  $7^\circ$ , a pravac zalijeganja je sjever-sjeverozapad. Podinski (glavni) ugljeni sloj, kao i naslage kompletne slatkovodne formacije, generalno zaliježe u pravcu sjeveroistoka, pod promjenljivim uglom od  $10^\circ$  do  $35^\circ$ . Međutim, ugao zalijeganja u južnom dijelu ležišta sa intenzivnom tektonikom kreće se oko  $35^\circ$ , dok je on u sjevernom dijelu ležišta manji i kreće se od  $10^\circ$  do  $12^\circ$ . To je posledica blokovske izdijeljenosti ležišta i neravnomjernog kretanja blokova po rasjedima koji su gravitacionog tipa (*Slika 3.*).



Slika 3. Karakteristični geološki poprečni profil kroz ležište

Unutar ležišta moguće je izdvojiti više rupturnih sistema.

Prvu grupu čine rasjedi pružanja istok-zapad i njihov uticaj na strukturu je najveći. Predstavljaju ih dva rasjeda na međusobnom rastojanju od 170 m. Jedan od njih (južni) je rasjed sa vertikalnom komponentom kretanja od 50 m i jalovom zonom širine 25-125 m, a drugi (sjeverni) sa vertikalnom komponentom kretanja oko 80 metara i konstantnom širinom jalove zone oko 100 m. Oba ova rasjeda presječena su jednim desnim horizontalnim rasjedom pravca pružanja sjever-jug sa horizontalnim kretanjem oko 175 m.

Drugu grupu rasjeda čine rasjedi pravca pružanja sjeveroistok-jugozapad sa skokom od 10 do 30 metara i širinom jalove zone od 10 do 25 m, a treću, najmanje zastupljenu, rasjedi pružanja sjeverozapad-jugoistok i skokom od 10 do 20 m, a širinom jalove zone 10-20 metara.

Ovakav rasjedni sistem uslovio je blokovsku građu ležišta sa izraženom parketnom strukturom u južnom dijelu ležišta.

### PRAVCI BUDUĆIH GEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA

Shodno ovako složenoj strukturi ležišta prilikom obračuna rezervi (glavni, prvi krovni ugljeni sloj) uzeti su i posebni kriterijumi za izdvajanje pojedinih kategorija rezervi. Gustina istražnih radova kao kriterijum za izdvajanje **A**, **B**, **C<sub>1</sub>** rezervi trebala je da zadovolji:

Tabela 1. Utvrđivanje i razvrstavanje rezervi uglja po kategorijama

kateg. rezervi	rastojanje između istražnih radova [m]	
	po padu	po pružanju
<b>A</b>	50	100
<b>B</b>	100	150
<b>C<sub>1</sub></b>	200	200

Zahvaljujući ovako strogim kriterijumima rudna tijela su istražena do nivoa kategorija bilansnih rezervi **A** 3.806.000 t, **B** 23.582.000 t i **C<sub>1</sub>** 28.167.000 t. Rezerve **A** i **B** kategorije skoncentrisane su u južnom dijelu, a rezerve **C<sub>1</sub>** kategorije prate istočnu konturu ležišta i uglavnom predstavljaju rezerve sjevernog i sjeverozapadnog dijela ležišta gdje ugljeni slojevi zaliježu dublje (Slika 3.). Iz razloga stabilnosti kosina potrebno je razriješiti struktarno-tektonski sklop prostora istočne granice ležišta i dobiti reprezentativne geomehaničke parametre litoloških članova sredine. Klizišta su veoma česta pojava na susjednom ležištu slične geološke građe, odnosno površinskom kopu Bogutovo Selo, gdje su zajednički uzroci nastanka duboka i strma zasjecanja terena, izgrađenih od stijena pretežno glinovitog sastava i uz to tektonski poremećenih i oštećenih. Izrada Glavnog rudarskog projekta je u toku, ali po svemu sudeći usjek otvaranja

i izvođenje rudarskih radova u prvim godinama eksploatacije biće u izdavačkoj zoni. Iz svega ovoga proizašli su prioritetni pravci budućih detaljnih geoloških istraživanja. Definisanje strukturno-tektonskog sklopa obodnih zona ležišta, prekategorizacija **B** rezervi u **A** rezerve, kao i prevođenje utvrđenih rezervi **C<sub>1</sub>** kategorije unutar malog broja blokova u rezerve više **B** kategorije, trebaju biti osnova za nesmetano obezbjeđivanje termoelektrane količinama uglja zadovoljavajućih kvalitativnih karakteristika, te adekvatne konstrukcije završnih kosina površinskog kopa koja će obezbijediti njihovu stabilnost. Zatim, na red dolazi proces prevođenja rezervi **C<sub>1</sub>** kategorije, čije je učešće u bilansnim rezervama 50,7 % u kategoriju viših **B** rezervi.

Naravno, na kraju ne treba zanemariti činjenicu da će se, sa otvaranjem površinskog kopa i analogno složenoj geološkoj građi dijelova ležišta Bogutovo Selo, ukazati potreba za detaljnim geološkim istraživanjima spornih segmenata ležišta u samom procesu eksploatacije.

### **ZAKLJUČAK**

Ležište uglja Ugljevik-Istok karakteriše veoma složen litostratigrafski stub kao i kompleksna građa samog ugljenog sloja. Blokavska i većim dijelom parketna struktura u značajnoj mjeri poremetili su položaj rudnog tijela u horizontalnom i vertikalnom smislu. Komplikovani procesi nestabilnosti ispoljeni su i uzrokovani nepovoljnim geomehaničkim karakteristikama članova sedimentne serije na svim završnim etažama susjednog ležišta, sa otvorenim površinskim kopom Bogutovo Selo, te oni potvrđuju i problematiku slične vrste, koja može biti ispoljena i na ovom ležištu. Detaljnim geološkim istraživanjima koja moraju uslijediti i koja će se odvijati fazno u cilju povećanja stepena istraženosti, treba da budu u skladu sa koncepcijom rudarskih aktivnosti, vezanih za njihovu dinamiku i razvoj kopa u prostoru.

### **LITERATURA**

1. Hadžić, I., 1989: Svodni Elaborat o klasifikaciji, karegorizaciji i proračunu rezervi mrkog uglja na ležištu „Ugljevik - istok”, FSD RiTE Uglevik
2. Pravilnik o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi mineralnih resursa i vođenju evidencije o njima (Službeni glasnik Republike Srpske br. 99/08), Geološka služba rudnika Ugljevik
3. Ivić, M., Leka, K., 2002: Elaborat o inženjersko-geološkim, geomehaničkim i geofizičkim istraživanjima i ispitivanjima terena PK „Bogutovo Selo-Sjever”, Ugljevik, Geozavod Zvornik
4. Gajić, LJ., i dr., 2009: Svodni elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi uglja u ležištu Bogutovo Selo-Ugljevik, Geozavod Zvornik
5. Ječmenica, Z., i dr., 2007: Jezerska ugljonosna serija Bogutova Sela, Ugljevik (SI Bosna), Zapisnici Srpskog geološkog društva za 2007.god., Beograd 2008. god.

# HIDRODINAMIČKE KARAKTERISTIKE ZAPADNOG KOSTOLAČKOG UGLJENOG BASENA, SA KONCEPTOM OTVARANJA RUDNIKA I OCENOM UTICAJA NA REŽIM PODZEMNIH VODA

Aleksandar Avramović, Marinković Vladislav, Marko Dragičević

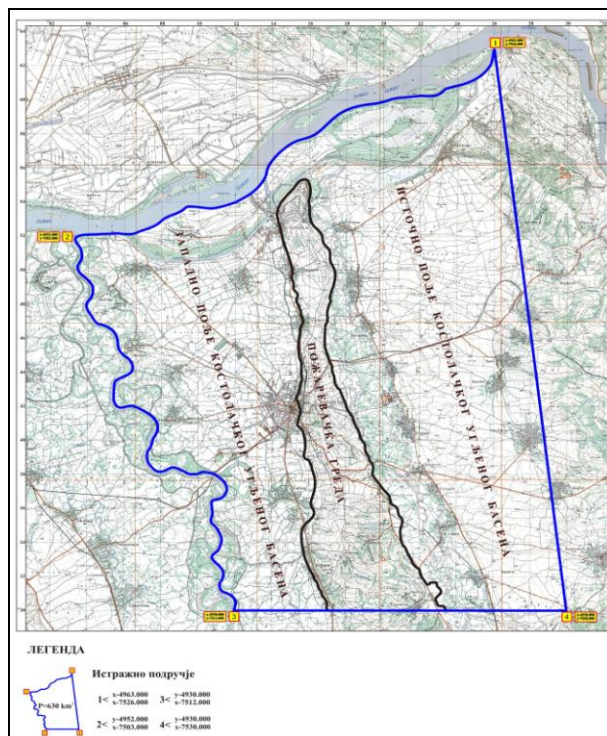
PD, „Georad” doo, Drmno

**Abstrakt:** Hidrodinamičkom analizom obuhvaćeni su slojevi *iznad* I ugljenog sloja koji je od interesa za eksploataciju. Formiran je petoslojevit hidrodinamički model. Najveće rezerve podzemnih voda formiraju se u aluvionu Dunava i Velike Morave. Prostor obuhvaćen novim rudnikom je 32,2 km<sup>2</sup>. Koncept odvodnjavanja površinskog kopa bio bi kombinovan – savršenim ekranima i bunarima. U periodu potpunog razvoja kopa sa ovakvim konceptom odvodnjavanja uticaj na nivo postojećeg Izvorišta sa istim kapacitetom bi bio ispod 0,5 m.

**Ključne reči:** hidrodinamički model, potencijalni površinski kop „Jagodica”, kombinovani sistem odvodnjavanja – ekrani i bunari, uticaj na postojeće Izvorište za vodosnabdevanje.

## Uvod

Kostolački ugljonošni basen nalazi se na oko 90 km istočno od Beograda, u središnjem delu Podunavskog regiona. Sa aspekta hidrodinamičke analize, basen je podeljen na dva dela – istočni i zapadni, koga deli Požarevačka greda na dve, hidrogeološki potpuno opravdano, celine. Zapadni deo Kostolačkog ugljenog basena nalazi se na području omeđenog na severu rekom Dunav, na zapadu rekom Velika Morava, na istoku Požarevačkom gredom, dok je južna granica fiktivna i usvojena je kod sela Poljana.



Slika 1 – Topografska karta sa granicom Kostolačkog ugljenog basena

## **GRANICE MODELA**

Granice zapadnog dela basena su prirodne i to na severu reka Dunav i regulisano korito Dunavac, na zapadu reka Velika Morava, na istoku Požarevačka greda, dok je na jugu veštačka (fiktivna) granica u zoni sela Poljana. Strujnu oblast, posmatrano u planu, obuhvata područje od Velike Morave do Požarevačke grede duž Y – ose, odnosno, od Poljane do Dunava i Dunavca duž X - ose, uključujući Donje Kostolačko ostrvo (slika 1). Posmatrano po profilu strujna oblast je predstavljena svim slojevima iznad I ugljenog sloja, koji je inače i od interesa na ovom području.

Istorijat istraživanja, kao i izrade hidrodinamičkih modela, ima relativno dugu istoriju na istražnom području. U nekoliko navrata ovo područje je bilo predmet izrade različitih hidrodinamičkih modela, najčešće za potrebe vodosnabdevanja grada Požarevca i potrebe zaštite područja ugroženog radom HE Đerdap. Za potrebe izrade ovog hidrodinamičkog modela, a u pomenutim granicama rasprostranjenja u planu i profilu, korišćeni su svi postojeći podaci prošireni sa novim istražnim radovima izvedenim po Projektu detaljnih geoloških istraživanja zapadnog Kostolačkog ugljenog basena.

## **DISKRETIZACIJA I ŠEMATIZACIJA PREDMETNOG PROSTORA**

Matematički model „Zapadnog Kostolačkog ugljenog basena" je koncipiran i izrađen kao višeslojevit model, sa ukupno pet slojeva. Svaki od ovih slojeva odgovara nekom realnom sloju, šematizovanom i izdvojenom na osnovu poznavanja terena i analize dosada izvedenih istraživanja. Posmatrano metodološki do hidrodinamičkog modela se došlo kroz nekoliko faza od izrade *geološkog modela – hidrogeološkog modela – analiza režima izdani, do konačnog hidrodinamičkog modela*. Za potrebe izrade modela korišćeni su podaci sa ukupno 494 bušotine. Ono što je karakteristično, da iako postoji veliki broj bušotina, imaju izrazito neravnomernu gustinu i raspored po prostoru.

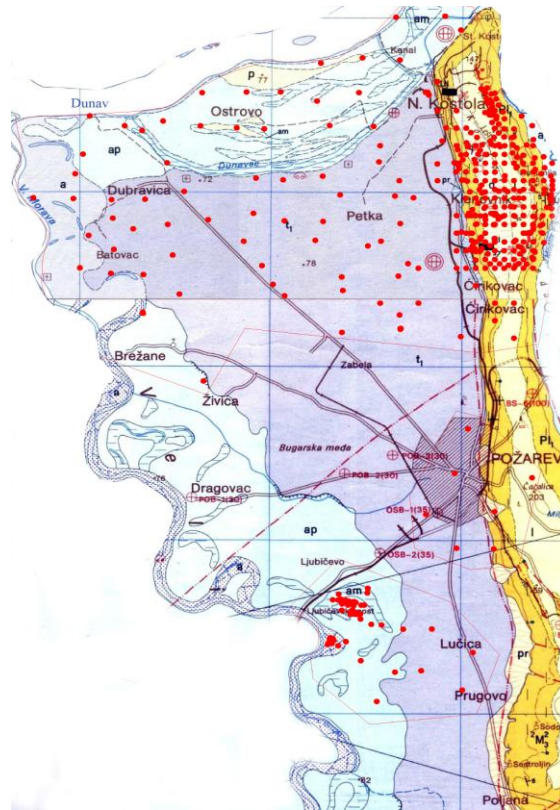
Na osnovu rasporeda bušotina prikazanih na slici 2, može jasno da se uoči da u severnom delu imamo dosta dobru istraženost, za razliku od centralnog dela terena gde nepostoji nikakva istraženost, kao i u delu terena južno od izvorišta „Ključ".

Najveći stepen istraženosti je na severnom delu Požarevačke grede u okolini površinskih kopova „Ćirikovac" i „Klenovnik". U delu terena gde nepostoje izražene bušotine, položaj slojeva i raspored litoloških članova je usvojen shodno generalnom položaju slojeva, što praktično ima za posledicu smanjenje pozdanosti matematičkog modela, naročito u delu nižeg stepena istraženosti.

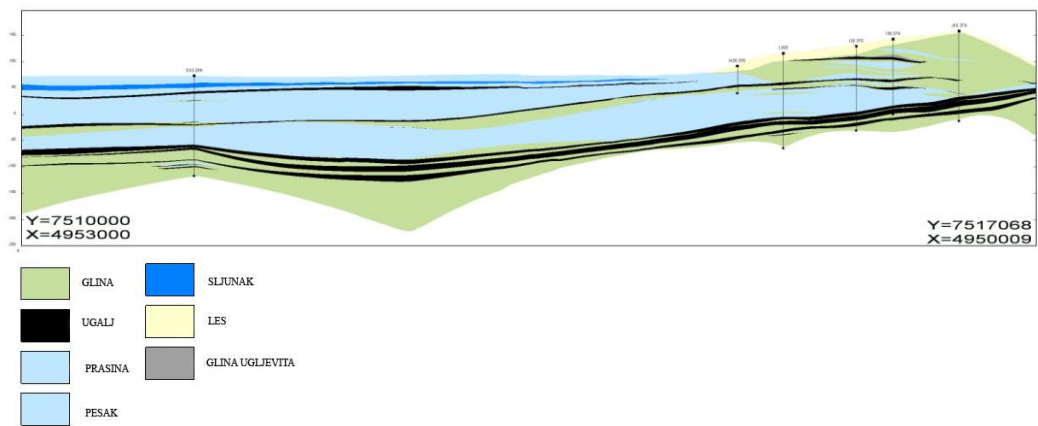
Od podataka korišćenih za izradu geološkog, hidrogeološkog i hidrodinamičkog modela su pre svega:

- položaj istražnog objekta (X, Y i Z koordinata)
- litološki opis kartiranih jedinica
- granulometrijski sastav

Izradom jedinstvene elektronske baze podataka i primenom metode interpolacije (u konkretnom slučaju *Natural Neighbours*) dobijen je geološki model, a šematizacijom slojeva po hidrogeološkim karakteristikama uređen je hidrogeološki model.



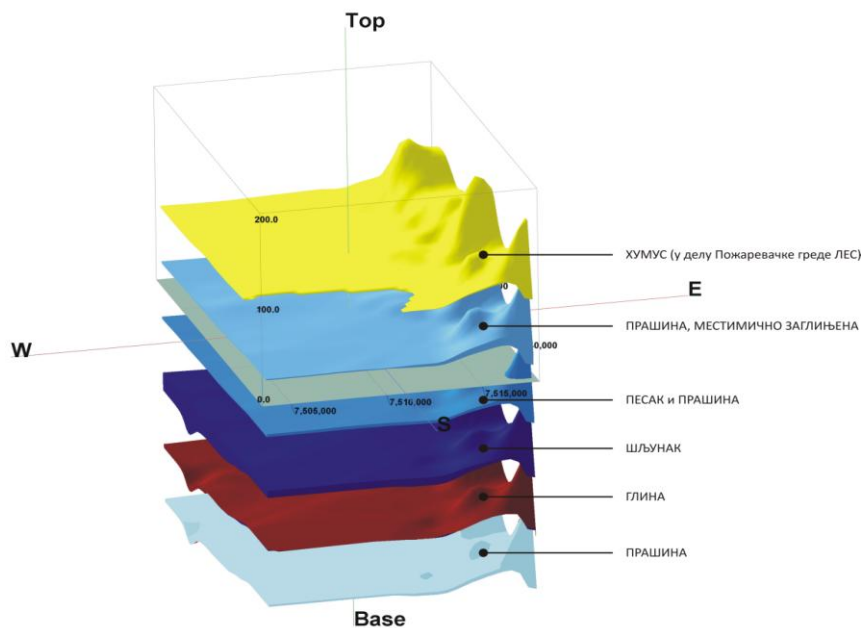
Slika 2 - Raspored bušotina korišćenih za izradu modela



Slika 3 - Geološki profil po pravcu od Dunava do površinskog kopa Klenovnik

Sa aspekta hidrogeoloških karakteristika su od interesa samo slojevi iznad I ugljenog sloja, tako da je detaljna analiza posvećena samo ovim slojevima.

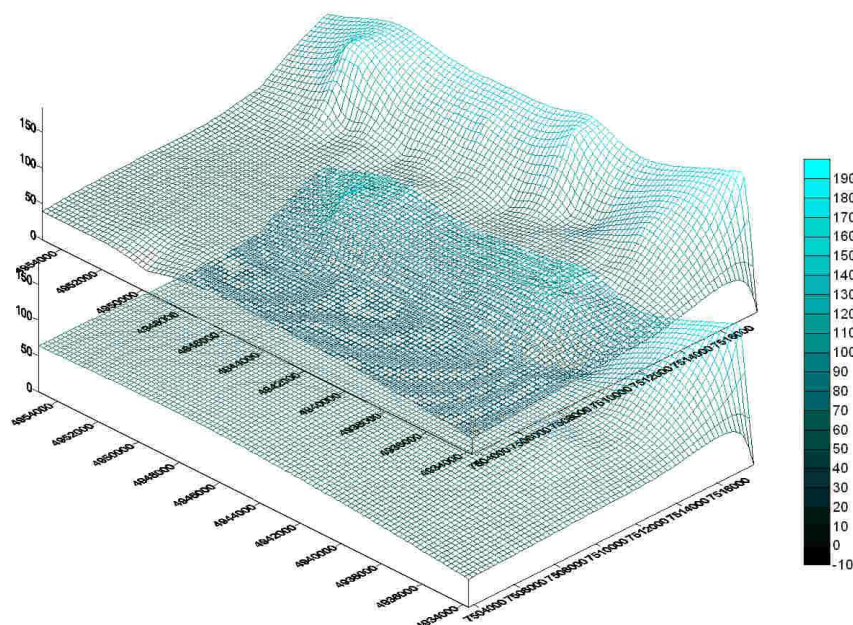




Slika 4- 3-D hidrogeološki model

Slojevi, posmatrano od površine terena do povlate I ugljenog sloja su šematizovani kao:

- **Humus, Les:** humus egzistira na čitavom području, dok lesa i lesnih tvorevina imamo samo na delu Požarevačke grede, dok je u basenu Velike Morave i Dunava, skoro potpuno erodovan. Položaj ovog sloja prati generalni položaj terena sa nagibom od južnog dela u području sela Poljane sa blagim padom ka rekama Velike Morave i Dunava. Kote povlate ovog sloja se kreću od oko 112 mm na samom jugu do kote 69 mm u delu pored reke Dunav. Maksimalna debljina ovog sloja je oko 5 m.
- **Prašina, mestimično zaglinjena:** u podini humusnih i lesnih slojeva nalazi se relativno tanak sloj prašina, koji su u pojedinim delovima terena zaglinjeni. Geometrija sloja kao i gornji sloj prati generalni položaj terena sa kotama od oko 96 mm na jugu do 68 mm u severnom delu terena. Debnjina ovog sloja se kreće maksimalno do 2 m. Filtracione karakteristike ovog sloja su  $k = 5 \cdot 10^{-6}$  do  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s.
- **Pesak:** u podini prašina, a u povlatai šljunka, na osnovu granulometrijskog sastava nalazi se sloj koji možemo da definišemo kao peskove čija generalna geometrija odgovara svim slojevima čije se kota kreće od oko 93 mm na jugu do 67 mm na severu sa debljinom sloja do maksimalno 3 m. Posmatrano po čitavom prostoru imamo delove terena gde je ovaj sloj potpuno erodovan. Filtracione karakteristike na osnovu granulometrijskog sastava se kreće u intervalu  $k = 5 \cdot 10^{-5}$  do  $2 \cdot 10^{-3}$  m/s.
- **Šljunak:** po poreklu je aluvijalni i terasni. Ovaj sloj je sa aspekta količina voda najinteresantniji. Povlata sloja se kreće u intervalu od 100 mm do kote 0 mm.



Slika 5 – 3D prikaz položaja šljunka

Debljina šljunka se kreće od 0,5 m u delu isklinjenja ovog sloja ka Požerevačkoj gredi do 39 m u delu ušća Velike Morave u Dunav. Prosečna debljina šljunka je 8,6 m.

U južnom delu terena na potezu od sela Poljane do izvorišta „Ključ“ debljina ovog sloja je od 6 do 12 m. U centarlnom delu terena debljina sloja je od 15 m, a prema Velikoj Moravi i do 20 m.

U severnom delu u zoni Dunavca, Dunava i ušća Velike Morave debljina se kreće od oko 15 m pa do maksimalnih 39 m.

Istraživanja filtracionih karakteristika aluvijalnih i terasnih šljunkova je bilo predmet obimnih izučavanja i to na osnovu granulometrijskih analiza sa istražnog bušenja za razne potrebe, predmet izučavanja opitima crpenja na izvorištu „Ključ“, ali i izrade nekoliko matematičkih modela za potrebe vodosnabdevanja i odbrane ovog područja od uticaja rada HE Đerdap.

Na osnovu dosada svih istraživanja možemo da konstatujemo da se koeficijent filtracije šljunka kreće u intervalu od  $k = 4 \cdot 10^{-3}$  do  $2 \cdot 10^{-2}$  m/s. U delu aluviona gde su konstatovani nekadašnji meandri Velike Morave imamo izrazito male koeficijente filtracije reda veličine od  $5 \cdot 10^{-5}$  do  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s. Ova pojava je utvrđena na osnovu kapaciteta i depresija na bunarima izvorišta „Ključ“ (bunari od VB – 1 do VB – 9), koji su locirani baš u jednom meandru.

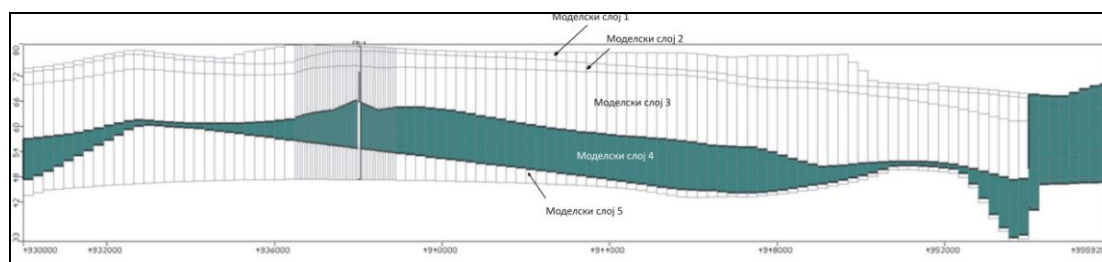
➤ **Glina:** ovaj sloj ,koi inače ima potpuno razviće po celom istražnom prostoru, predstavljju masne, plastične, sivo – plave gline. Za potrebe izrade ovog matematičkog modela usvojeno je da je ovo uslovno bezvodan deo terena. Dva elementa geometrije ovog sloja su veoma važna i to debljina sloja i dubina od površine terena.

Debljina ovog sloja se kreće u intervalu od 0,5 m do čak 26 m. Na osnovu dosadašnjeg stepena istraženosti nije konstatovana zona gde ovaj sloj nepostoji. Drugi aspekt geometrije ovog sloja, a naročito ako budući koncept odvodnjavanja površinskog kopa Jagodica, bude metodom ekrana i bunara, je dubina do sloja, čime se definišu dimenzije izrade vodonepropusnog ekrana. Prosečna dubina do gline je oko 17,5 m, a kreće se u intervalu od 12 m do nekih 36 m.

Veća dubina do gline je u severnom delu predmetnog područja, a najmanja dubina je u južnom delu, mada je u tom području i značajno niži stepen istraženosti.

➤ **Prašina u povlati I ugljenog sloja:** ovaj sloj je bolj istražen u severnom delu terena, u centralnom delu istražnog prostora je relativno niskog stepene istraženosti dok ka jugu je potpuno neistražen. Debljina ovog sloja je relativno mala i kreće se do 13 m, a u pojedinim delovima terena imamo i potpuno odsustvo ovog sloja.

Za potrebe izrade matematičkog modela izvršena je korekcija u odnosu na hidrogeološki deo, gde je zapravo redukovan broj slojeva sa šest u hidrogeološkom modelu, na pet slojeva u hidrodinamičkom modelu.

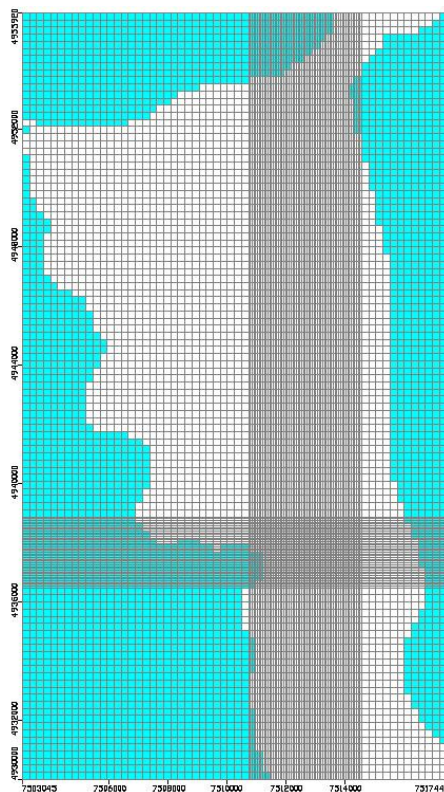


Slika 6 - Profil iz matematičkog modela po pravcu sever – jug

- **modelski sloj 1** – ovaj modelski sloj identičan je sloju iz hidrogeološkog modela koga čine humusne i lesne tvorevine
- **modelski sloj 2** – ovaj modelski sloja predstavljaju dva sloja iz hidrogeološkog modela i to prašina, mestimično zaglinjena i peskovi
- **modelski sloj 3** – predstavljaju šljunkovi bilo da su aluvijalni bilo da su terasni
- **modelski sloj 4** – predstavlja sloj glina
- **modelski sloj 5** – čine pračine u povlati I ugljenog sloja

Same dimenzije modela su po Y – osi od 7503045 do 7517445, odnosno po X – osi od 4930000 do 4955920. Sračunato u metrima dimenzije matematičkog modela su 14400 X 25920 m, što obuhvata površinu od približno 373,25 km<sup>2</sup>. Na osnovu površine terena, stepona istraženosti, i ostalih ulaznih elemenata u matematičkom modelu, ovaj model možemo svrstati u tzv. *regionalni matematički model*.

Primenjena metoda matematičkog modeliranja je metoda konačnih razlika gde je diskretizacija strujne oblasti vršena metodom nehomogene mreže čije su dimenzije od 60 X 60 do 240 X 240 m, odnosno, za model čine 19872 ćelije.



Slika 7 - Mreža diskretizacije strujne slike

## GRANIČNI USLOVI

U principu, kao granični uslovi u datom strujnom polju podzemnih voda zadaju se zone hranjenja, zone dreniranja i granice rasprostranjenja izdani. U praksi, ove granične uslova nije uvek lako determinisati i zadati na modelu. Hidrodinamička i hidraulička uloga pojedinih, na terenu lako uočljivih kontura, ili zona, nije uvek jednoznačna. U procesu izrade modela, etaloniranjem se utvrđuje i verifikuje njihova hidraulička i hidrodinamička uloga.

U osnovi postoje dva dijemetralno suprotna granična uslova, između kojih, njihovom međuzsobnom kombinacijom, nastaju ostali. Ova dva uslova, koji se u prirodu retko mogu sresti kao „čisti“ su:

- kontura sa zadatim potencijalom (pijezometarskim nivoom)
- kontura sa zadatim proticajem

Pojedini autori iz oblasti teorije matematičkog modeliranja izdvajaju kao poseban treći – *Njumanov granični uslov*, koji predstavlja kontura sa zadatim proticajem u zavisnosti od potencijala.

Njihovo prepoznavanje i zadavanje u prirodi obično nije uvek jednostavno niti jednoznačno.

Granični uslovi mogu biti konture, ili površi u planu, zatim mogu biti spoljnje, ili unutrašnje konture (kao tipičan unutrašnji granični uslov – unutrašnja kontura, primenjuju se bunari, savršeni i nesavršeni). U matematičkom – hidrodinamičkom modelu „Zapadnog dela Kostolačkog ugljenog basena“ primenjeni su sledeći granični uslovi:

- kontura sa zadatim potencijalom (pijezometarskim nivoom)
- kontura sa poznatim (zadatim proticajem). Specijalan slučaj ovog uslova je vodonepropusna granica, odnosno, u prirodi, granica rasprostranjenja vodonosne sredine, bez doticaja iz zaleđa,
- polje sa poznatim zadatim proticajem
- „, vertikalni bilans“ – efektivna infiltracija

**Površinski tokovi – Velika Morava, Dunav i regulisano korito Dunavac**

Na osnovu dosadašnjih istraživanja režima podzemnih voda potpuno egzaktno je utvrđeno da režim izdani je u direktnoj vezi sa površinskim vodotocima, odnosno glavni faktor prihranjivanja i dreniranja svih posmatranih izdani na ovom prostoru su površinski vodotoci.

Reka *Velika Morava*, celim svojim tokom predstavlja zapadnu granicu matematičkog modela. Vodostaj reke direktno utiče na režim izdani, naročito u južnom i centralnom delu predmetnog područja. O stepenu uticaja Velike Morave na podzemne vode može se egzaktno utvrditi merenjima na hidrološkoj stanici „Ljubičevski most“ i pijezometra u neposrednoj okolini izvorišta „Ključ“ kod ergele „Ljubičevo“.

Numeričkom analizom vrednosti nivoa podzemnih i površinskih voda dobija se jednačina korelacije:

$$H_{\text{pod}} = 0,37347 * H_{\text{pov}} + 42,79451$$

Nakon analize svih podataka o merenjima režima podzemnih i površinskih voda, za potrebe izrade ovog matematičkog modela, utvrđeno je da je najveći obim reprezentativnih podataka merenja bio septembar 2007. godine, gde je srednja mesečna vrednost vodostaja reke Velike Morave za taj period  $H = 72.00$  mm.

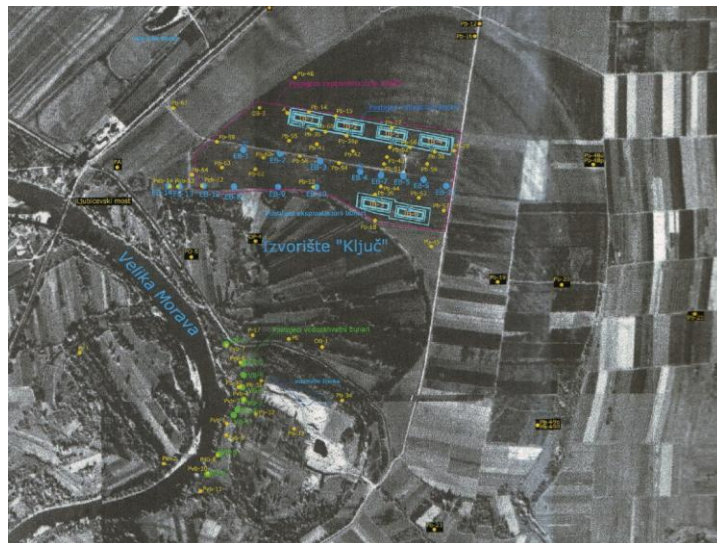
Reka *Dunav* predstavlja severnu granicu matematičkog modela, kao i reka *Velika Morava*, ova granica je takođe prirodna i usvojena sa svim svojim geometrijskim karakteristikama. Srednja vrednost vodostaja reke *Dunav* za isti period kao i kod *Velike Morave* je  $H = 72.00$  mm.

Regulisano korito *Dunavac* – predstavlja dominantan faktor na podzemne vode na celom severnom delu istražnog područja. Vodostaj u ovom kanalu se održava radom crpnih stanica na koti  $H = 69.5$  mm. U odnosu na podzemne vode ovo korito se ponaša kao drenaža, što je i bila namena ovog korita. Višegodišnjim merenjima u zapadnom delu Kostolačkog ugljenog basena ali i u istočnom delu, dokazano je da kolmiranje korita nema veći uticaj na stepen hidrauličke veze podzemnih i površinskih voda.

**Istočna granica matematičkog modela – Požarevačka greda** – predstavlja spoljašnju granicu rasprostranjenja porozne sredine sa istočne strane. Sa aspekta izrade ovog matematičkog modela, Požarevačka greda je predstavljala poseban izazov.

U prvoj iteraciji modela za Požarevačku gredu usvojeno je da je to vodonepropusna granica, što se tokom kalibracije modela pokazalo kao netačno. Zapravo, pokazalo sa da u pojedinim zonama duž grede postoji vodonepropusna granica, dok u pojedinim se ponaša kao granica sa konstantnim prihranjivanjem, što zapravo ima svoje opravdanje u hidrogeološkom smislu. Da bi se preciznije definisala Požarevačka greda kao granica koja je sa aspekta modela složena granica, neophodna su dodatna istraživanja, a pre svega, izrada osmatračke (pijezometarske) mreže i monitoringa na tim objektima.

**Bunari** – Na istražnom prostoru postoji 23 bunara na izvorištu „Ključ“. Od tih 23 bunara, 14 bunara (od EB – 1 do EB – 14) služe za potrebe eksploatacije podzemne vode za piće, a 9 bunara (od VB – 1 do VB – 9) služe za eksploataciju podzemne vode za nalivanje u infiltracione bazene.



Slika 8 - Raspored hidrogeoloških objekata na izvorištu Ključ

Kod bunara sa ovog izvorišta, posmatrano kao granični uslov, postoje nekoliko suštinskih problema: nije poznat proticaj po bunaru, već sumarni proticaj sa izvorišta i snaga ugrađenih pumpi. Stoga, pribeglo se poračunu raspodele proticaja na osnovu rada bunara u odnosu na ukupan proticaj. Ovaj način definisanja proticaja ima velike nedostatke koje će sam vodovod Požarevac morati da otkloni. S druge strane, uočen je veoma mali proticaj na VB – bunarima koji su reda veličine od 5 do 12 l/s što je karakteristično za delove aluviona u okviru paleokorita reke. Identična situacija je sa bazenima za nalivanje, gde kao posledicu lokacije bazena ali i količina vode koja se u njih naliva imamo praktično suve bazene. Ovakva situacija je potvrđena i matematičkim modelom gde se uočava da infiltracioni bazeni ne utiču na strujnu sliku u okolini izvorišta.

**Vertikalni bilans** - Pod vertikalnim bilansom ovde se podrazumeva efektivna, resultantna infiltracija. Ovu veličinu čini suma infiltracije od padavina, isparavanja sa nivoa podzemnih voda i evapotranspiracija. Pored toga, od velikog je značaja dubina do nivoa podzemnih voda, stanje vlage, kao i litološki sastav tla nadizdanske zone. Posmatrano za širi prostor usvojeno je da je infiltracija skoro 10 % od ukupnih padavina.

## **KALIBRACIJA MODELA**

Kalibracija modela, predstavlja jednu od najdelikatnijih faza izrade matematičkog (hidrodinamičkog) modela. Od kvaliteta i pouzdanosti ulaznih podataka, reprezentativnosti zadatih parametara, znanja i umešnosti modelara i njegovog ispravnog shvatanja prirodnih uslova i procesa strujanja podzemnih, kao i karaktera postavljenog zadatka, zavisi i krajnji rezultat: matematički model izučavane porozne sredina koji sa zadovoljavajućom realnošću i pouzdanošću može da posluži za analizu i prognozu planiranih tehničkih rešenja.

Principijelno, najjednostavniji način kalibracije modela se realizuje tako što se na modelu zadaju usvojene, ili pretpostavljene vrednosti reprezentativnih dominantnih parametara sredine i režima strujanja podzemnih voda i kroz iterativni proces proračuna i upoređenja rezultata proračuna sa merenim vrednostima, postepeno dolazi do traženog rešenja. Ovaj postupak je u literaturi poznat kao rešavanje inverznog zadatka. Uobičajeno je da se kao verifikacioni parametri koriste registrovani proticaji, ili/i nivoi podzemnih voda (prijezometarski nivoi) u određenim odabranim tačkama strujnog polja. Preciznost traženog rešenja, odnosno veličina dozvoljene greške je u direktnoj zavisnosti od nivoa i pouzdanosti ulaznih podataka. Nesvrshodno je i stručno neopravdano tražiti od modela veću (numeričku) preciznost nego što to omogućavaju korišćene podloge.

Za potrebe izrade ovog hidrodinamičkog modela zapadnog dela Kostolačkog ugljenog basena izvršeno je prikupljanje i analiza hidrogeološkog monitoringa i to prvenstveno sa objekata i bunara sa izvorišta „Ključ“ i podataka dobijenih sa dosada izvedenih pijezometra po Projektu istraživanja zapadnog polja Kostolačkog ugljenog basena.

Takođe od raspoloživih podataka su bili i podaci o izvedenim osnovnim geološkim istraživanjima zapadnog dela Kostolačkog ugljenog basena (decembar 2009. godine), gde su na šest pijezometra izmereni nivoi podzemnih voda:

Pijezometar	H(mnm)
HT – 459	71.03
G – 429	69.40
G – 489	70.08
ET – 489	70.97
ET – 549	70.60
Ez – 518	73.06

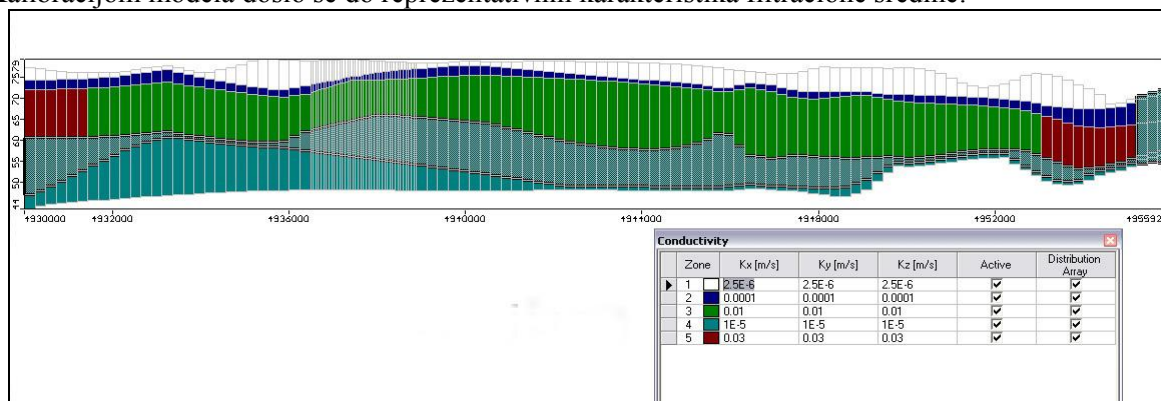
Tabela 1 - Rezultati merenja nivoa podzemnih voda na dan 28.10.2009. godine

Iako, deluje da postoji veliki obim podataka, kod podataka monitoringa prikazanim u gornjim tabelama i dijagramima ima nekoliko krupnih nedostataka. Prvo kod monitoringa na izvorištu „Ključ“ nepostoje merenja proticaja po bunarima (23 bunara), već samo ukupan proticaj sa izvorišta. Nije jasna uloga infiltracionih bazena, jer se u nekoliko Elaborata o izvedenim istraživanjima navoda da su konstantno *prazni*, a i sam model ne ukazuje na bilo kakav utica bazena na hidrodinamičku sliku šireg prostora izvorišta.

S druge strane, podaci sa merenja na pijezometrima, izvedenim po Projektu osnovnih geoloških istraživanja zapadno Kostolačkog ugljenog basena, su trenutna merenja bez režimskog osmatranja, tako da nisu pogodna za kvalitetnu kalibraciju. Takođe, vremenska razlika u merenju je velika – period monitoringa na izvorištu „Ključ“ je od septembra 2006. do maja 2007. godine, dok su podaci sa pijezometara izvedenih po Projektu osnovnih geoloških istraživanja zapadno Kostolačkog ugljenog basena iz perioda oktobar 2009. godine.

Uzevši sve činjenice u obzir urađena je kalibracija hidrodinamičkog modela zapadnog dela Kostolačkog ugljenog basena za stacionarne uslove za mesec septembar 2007. godine, gde su u modelu uneta merenja sa šest pijezometra izvedenih po Projektu osnovnih geoloških istraživanja zapadno Kostolačkog ugljenog basena bez kalibracije, već samo i isključivo za upoređivanje sa dobijenim rezultatima kalibracije.

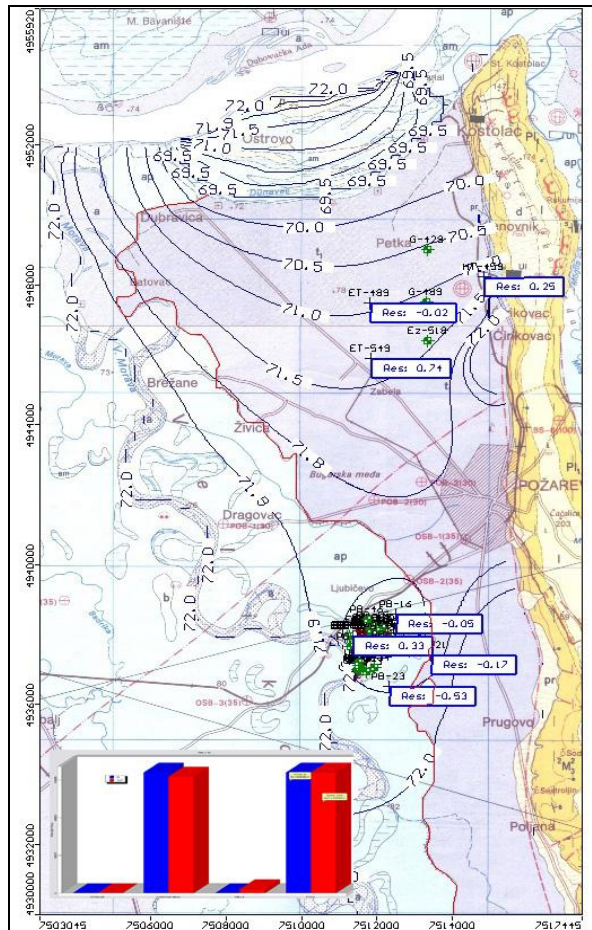
Kalibracijom modela došlo se do reprezentativnih karakteristika filtracione sredine:



Slika 9 - Profil po modelu, pravca pružanja sever – jug sa prikazom koeficijenta filtracije

Rezultat kalibracije za stacionarne uslove strujanja je:

Na osnovu hidroizohipsi dobijenih na osnovu kalibrisanog matematičkog modela može da se uoče dva generalna pravca strujanja podzemnih voda. Prvi pravac, odnosno velika depresija se uočava kao posledica rada 23 bunara na izvoristu „Ključ“, gde imamo strujanje podzemnih voda iz pravca Velike Morave i iz pravca grada Požarevca ka izvoristu. Drugi pravac strujanja podzemnih voda, koji zahvata i mnogo veću površinu je strujanje ka regulisanom koritu Dunaca, što zapravo i jeste uloga i osnovni zadatak ovog korita.

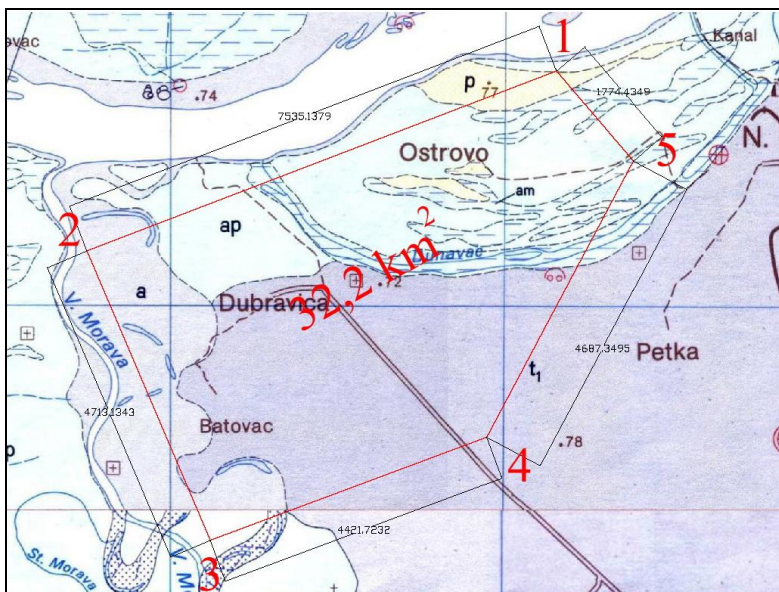


Slika 10- Rezultat kalibracije za septembar 2007

## KONTURE PLANIRANOG POVRŠINSKOG KOPA

Jedan od osnovnih zadataka izrade ovog hidrodinamičkog modela je i hidrodinamička analiza otvaranja novog rudnika i njegovog uticaja na postojeći režim podzemnih voda. Na osnovu postojeće dokumentacije korišćene za izradu ove studije definisano je područje koje bi zahvatalo potencijalni kop čije je područje okontureno tačkama:





Slika 11 - Površina terena potencijalnog površinskog kopa

Prelomne tačke pretpostavljenog površinskog kopa		
	Y	X
tač. 1	7510757	4953436
tač. 2	7503720	4950740
tač. 3	7505570	4946405
tač. 4	7509714	4947948
tač. 5	7511911	4952088

Tabele 2 - Koordinate prelomnih tačaka potencijalnog površinskog kopa

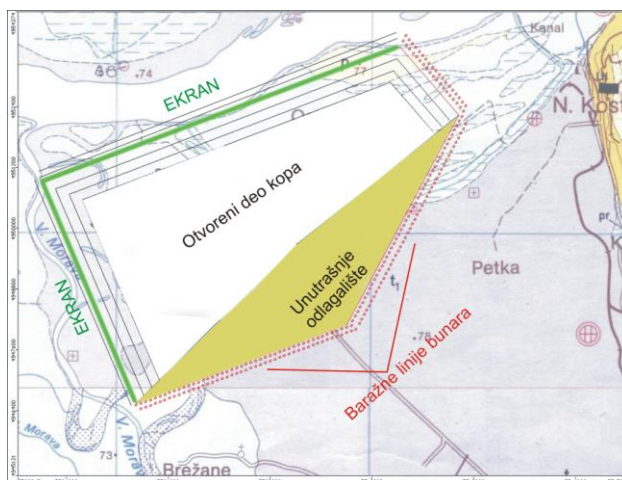
Dužina područja je prema reci Dunav od 7,5 km, prema Velikoj moravi približno 4,7 km, prema jugu područje je prelomljeno na dva dela sa dužinama od 4,4 i 4,7 km i prem Požarevačkoj gredi u dužini od približno 1,8 km. Ukupna površina ovog područja je 32,2 km<sup>2</sup>.

## PLANIRANA METODA ODOVDNJAVANJA

Ono što je karakteristično za ovaj kop je što su uslovi za odvodnjavanje izrazito teški i time bi ovaj kop bio jedinstven. Neposredna blizina dve velike reke Dunava i Velike Morave uz činjenicu da je koeficijent filtracije šljunka veoma veliki, zahtevaju posebnu analizu i istraživanja. Za potrebe studije analizirala se jedna varijanta koja sa aspekta današnjeg tehničko – tehnološkog razvoja mogla da se primeni na istražnom području. Zapravo radi se o kombinovanom odvodnjavanju pomoću vodonepropusnih ekrana i baraža bunara sa linijskim rasporedom dva niza bunara.

Neke od osnovnih pretpostvki za potrebe izrade hidrodinamičkog modela su:

- **ekran** – je savršen do povlate glinenog sloja, pretpostavljene dubine od 21 do 27 m, i da je celom trasom vodonepropusan. Položaj ekrana je prema vodotocima Dunavu i Velikoj Moravi ukupne dužine oko 12,2 km.
- **bunari** – u nizu dva paralelna niza bunara na međusobnom rastojanju od 100 m. Filter bunara je ugrađen od povlate I ugljenog sloja, a kapaciteti u zavisnosti od filtracionih karakteristika se kreću od 16 do 27 l/s. Ukupan broj bunara za ovu hidrodinamičku analizu je 196.
- **odlagalište** – je unutrašnje, koga čine samo prašinaste i glinovite frakcije okrenute ka jugu, dok se pretpostavlja da će se šljunak kao i uglj eksploatisati kao mineralna sirovina
- **otvoreni deo kopa** – pretpostavlja se da će se primeniti metodologija eksploatacije uglja kao na PK Drmno, odnosno ostaviće se sloj uglja tako da će se sprečiti bilo kakav vertikalni doticaj.



Slika 12 - Sistem odvodnjavanja površinskog kopa

## ZAVRŠNO STANJE RAZVOJA RUDNIKA

Ovako usvojeni koncept odvodnjavanja nije Projektno rešenje otvaranja rudnika, ali je vrlo pogodan za modelsku analizu čime se želelo da se odgovori na nekoliko pitanja:

- koja je realno moguća metodologija odvodnjavanja
- odabrati koncept odvodnjavanja sa najvećim uticajem na režim izdani
- koliki je stepen izmene postojećih graničnih uslova (u modelskom smislu) i koji je stepen uvođenja novih graničnih uslova
- koliki je bilans u toj varijanti

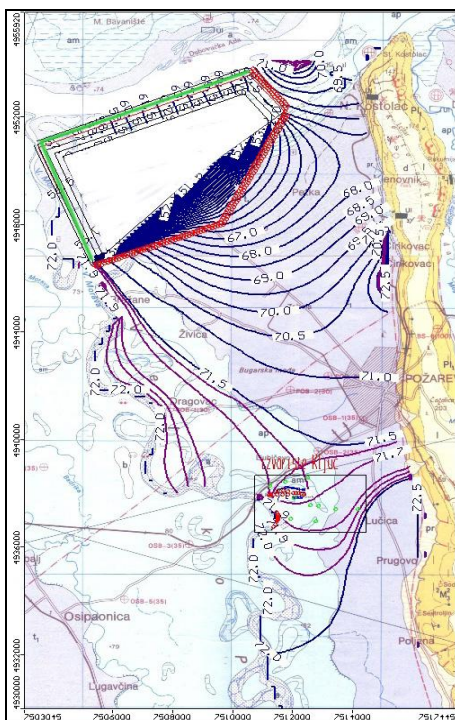
Analizom na hidrodinamičkom modelu, a u svetlu svih hidrogeoloških prilika, nije moguće odvodnjavanje kopa samo bunarima, već je jedino moguće kombinovanom metodom izardom vodonepropusnih ekrana i bunara. Sam raspored i dinamika izrade ekrana i bunara sa rasporedom zavisiće od mnogih faktora, a pre svega od planiranog otvaranja i dinamike razvoja rudarskih radova, hidrogenjolskih prilika na mikrolokaciji i sl. Projektno rešenje otvaranja rudnika biće moguće detanjnije dati tek nakon izrade i relaizacije *Projekta detanjnih geoloških istraživanja za potrebe definisanja rezervi i kvaliteta uglja, Projekta detanjnih hidrogeoloških istraživanja na lokaciji budućeg rudnika* i obaveznog definisanja rudarskih planova na tom području.

Za potrebe studije usvojen je jedan koncept koji se sastoji od sledećih elemenata:

- otvaranje rudnika je 2020. godine a kontura prikazana na slici 16 je do kraja 2050. godine
- koncept odvodnjavanja je metodom savršenih vodonepropusnih ekrana i bunara
- računica je rađena samo za završnu fazu razvoja rudnika jer će u tom periodu sa prikazanom metodologijom biti najveći uticaj rudnika na režim izdani u širem području
- za vodostaje reka Velika Morava i Dunav usvojeni su srednji višegodišnji vodostaji, dok je izmeštanje Dunavca neophodno
- izvorište „Ključ" sa aspekta eksploatacije i infiltracionih bazena će ostati isto za ceo računski period
- izvorište za vodosnabdevanje „Jagodica" neće biti otvoreno jer se nalazi na području zahvaćenom površinskim kopom
- sa prikazanog područja uganj i šljunak će se eksploatisati kao mineralna sirovina, dok jalovina ostaje pesak i prašina

- odlagalište je unutrašnje i nalazi se sa južne strane kopa i to prvenstveno iz jednog razloga – da po završetku eksploatacije sa rudnika, sam rudnik ne postane izvor zagađenja

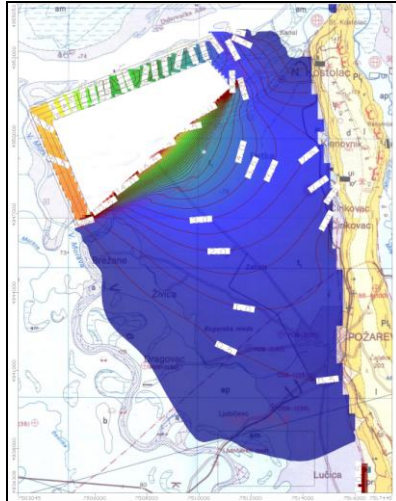
Sa aspekta bilansa, a u svetlu prikazanog koncepta odvodnjavanja, očekuje se doticaj u kop putem etaža i padavina na otvorenu površinu da će biti 670 l/s, a sistemom od 196 bunara ukupni oticaj iz modela oko 3800 l/s. Prosečan kapacitet bunara je od 15 do 31 l/s. Ako uporedimo sa PK Drmno u trenutku izrade ove studije (april 2010. god.) gde imamo u funkciji 259 bunara sa ukupnim prosečnim kapacitetom oko 750 l/s i sa skoro 210 l/s vode koja dotekne u otvorenu površinu kopa, potpuno je jasno da se radi o znatno većim količinama (3 – 4 puta), ali treba uzeti u obzir i da je figura potencijalnog rudnika znatno veća u odnosu na Drmski rudnik, a i sam rudnik je okružen većim površinskim vodotocima, uz znatno veće koeficijente filtracije u odnosu na kop Drmno.



**Slika 13 - Nivo podzemnih voda na kraju 2050. godine sa pretpostavljenim stanjem površinskog kopa**

### **UTICAJ EKSPLOATACIJE UGLJA I ODVODNJAVANJA NA REŽIM IZDANI**

Jedan od zadataka izrade hidrodinamičkog modela je i definisanje uticaja novog rudnika, odnosno sistema odvodnjavanja na režim izdani na širem prostoru. Sa ovako usvojenim sistemom odvodnjavanja uočljivo je da će se oboriti nivo u zamoj zoni površinskog kopa i do 17 m, dok u zoni postojećeg regulisanog korita Dunavca i do 6 m. Razvoj depresije će biti velki, međutim, ako posmatramo izvorište „Ključ" očekuje se promena **ispod 0,5 m** što je na nivou čak dnevnog kolebanja, a pritom se podrazumeva da se neće menjati sistem vodosnabdevanja u smislu broja bunara, kapaciteta bunara i infiltracionih bazena.



**Slika 14** - Promena nivoa podzemnih voda od uticaja sistema odvodnjavanja u odnosu na postojeći nivo podzemnih vode

**Literatura:**

„Studija hidrogeoloških karakteristika Kostolačkog ugljonosnog basena sa prikazom vodnih resursa” – Prof.dr M.Lazić sa saradnicima, RGF, Beograd 2010. god.

## OTKOPAVANJE I TRANSPORT UGLJA U JUŽNOJ ZAVRŠNOJ KOSINI POVRŠINSKOG KOPA "POLJE D"

### EXCAVATION AND TRANSPORTATION OF COAL IN SOUTHERN FINAL SLOPE AT OPEN CAST MINE "FIELD D"

Ristovski Ljiljana, Arsenijević Svetlana, Nikolić Ruža, Jovičić Vesna

*RB Kolubara d.o.o., DP Kolubara -Površinski kopovi, Lazarevac*

#### Apstrakt:

*Da bi se obezbedile tražene količine lignita i ostvarili planski zadaci, vrši se otkopavanje lignita u obodnoj zoni površinskog kopa "Polje D". Na taj način su obezbeđeni uslovi za ostvarenje godišnjeg bilansa i kontinuirani rad u narednom periodu.*

**Ključne reči:** površinski kop, otkopavanje uglja

#### Abstract

*In order to obtain required amounts of coal and achieve planned tasks, excavation of coal is done in peripheral zones of open cast mine "Field D". Thus, conditions for annual planed production are provided as well as for continual work in forthcoming period.*

**Key words:** open cast mine, coal excavation

## OTKOPAVANJE I TRANSPORT UGLJA U JUŽNOJ ZAVRŠNOJ KOSINI POVRŠINSKOG KOPA „POLJE D“

Proširenje površinskog kopa „Polje D“ odvija se na lokaciji „Južno krilo“. Sa istoka prostor je ograničen usekom otvaranja površinskog kopa „Polja D“, sa zapada parcelama koje nisu obuhvaćene eksproprijacijom, a pravac napredovanja etaža je prema jugu do „Pomoćne mehanizacije“.

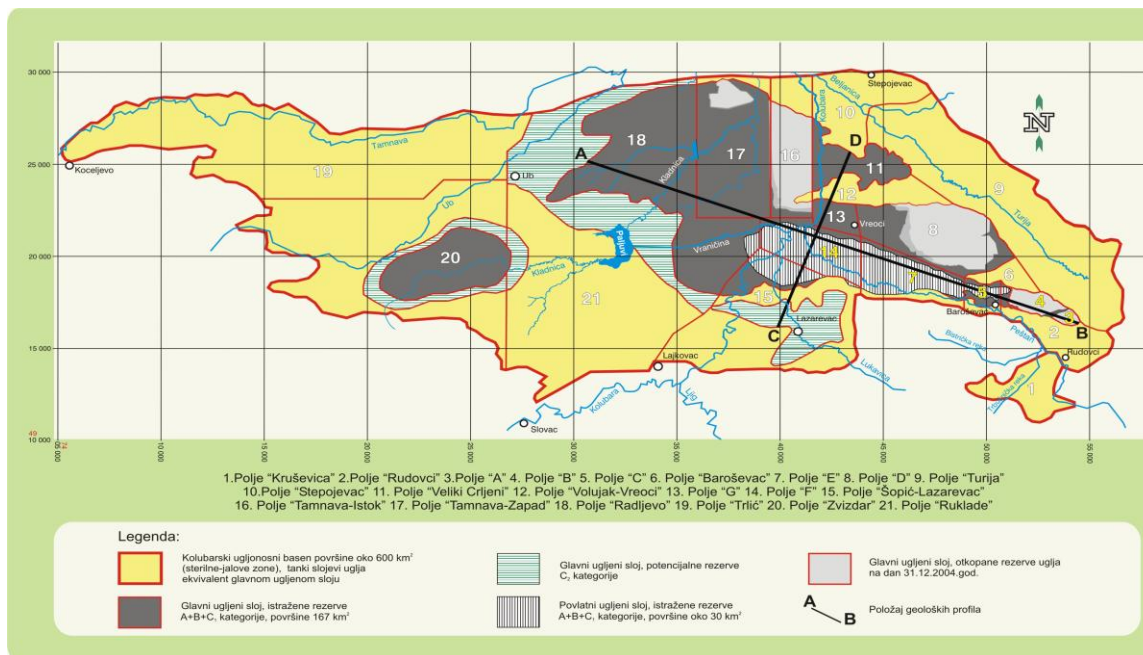
Krajem 2007. godine je počelo izmeštanje sistema na otkrivci na novu lokaciju. Izmeštanje sistema zahtevalo je velike radove, počev od formiranja novih trasa za transportere do njihove demontaže na starim i montaže na novim trasama sistema. Uz to na nove lokacije trebalo je transportovati bagere i odlagače.

Krajem 2009.godine izvršeno je izmeštanje BTS sistema i transport rotornog bagera G VIII na južnu kosinu površinskog kopa „Polje D“.

#### Prikaz osnovnih parametara površinskog kopa Polje "D"

Površinski kop Polje "D" površine 25 km<sup>2</sup>, pripada istočnom delu kolubarskog ugljenosnog basena. Kop se nalazi na jugo-istoku od Beograda i povezan je regionalnim putem Lazarevac – Arandelovac. Industrijskim kolosekom širine 900 mm i sistemom transportnih traka širine 1400 mm, kop je povezan sa pogonima za preradu uglja u Vreocima, a preko njih i glavnim potrošačima termoelektranama u Velikim Crljenima i Obrenovcu.

Sa severa, ovaj površinski kop se graniči sa dolinom reke Turije, sa juga dolinom reke Peštan, a sa zapadne strane dolinom reke Kolubare.



sl. br.1 Geografski položaj površinskog kopa Polja "D"

## Geološki deo

Prostor koji obuhvata južna završna kosina površinskog kopa „Polje D” izgrađuju tvorevine: paleozoika koje čine osnovu terena, ponta, čiji su sedimenti ekonomski najznačajniji u okviru ležišta, i kvartara koji čini pokrivač svim tvorevinama. Ugljonošni sedimenti u južnoj završnoj kosini površinskog kopa „Polje D” po aktuelnoj podeli su miocenske starosti.

Na Polju "D" zastupljen je jedan ugljeni sloj, prosečne debljine od 35 do 40m. Generalno posmatrano ugljeni sloj zaleže u obliku jedne plitke sinklinalne sa blagim tonjenjem ka zapadu od 3 do 5°. U 2010. godini, rotorni bager SRs 1300x26/5 (G-8) otkopavao ugalj iz glavnog ugljenog sloja. U 2011. godini ugalj će se otkopavati iz glavnog ugljenog sloja. Pravac otkopavanja je istok – zapad, a napredovanje fronta radova je ka jugu. U podini glavnog ugljenog sloja nalazi se i više podinskih proslojaka uglja prosečne debljine od nekoliko centimetara do 2m. Ovi podinski proslojci uglja prate pružanje glavnog ugljenog sloja.

Donjepontski sedimenti su predstavljeni glinom, jače i slabije peskovitom, peskovima jače i slabije zaglinjenim i kvarcnim peskovima, što je i potvrđeno bušotinama, naročito dubljim, gde su zastupljeni svi članovi donjeg ponta. Najvećim delom prostora koji obuhvata južna završna kosina površinskog kopa „Polje D”, superpoziciono neposrednu podinu uglja predstavlja glina, koja se odlikuje visokim sadržajem alevritske komponente, sivo-plave boje mestimično sa sadržajem ugljevitije materije. Debljina ove gline se kreće od 3-15m, često i više. Jednim delom neposrednu podinu uglja čine srednjezrni do sitnozrni peskovi, jače ili slabije glinoviti, sive i sivo-zelene boje. Sloj kvarcnog peska javlja se u krajnjem jugo-istočnom delu. Debljina srednjezrnih, sivih, sivo-belih i belih kvarcnih peskova varira od nekoliko centimetara do više desetina metara.

## Glavni ugljeni sloj

Morfološki glavni ugljeni sloj javlja se u obliku kontinuiranog sloja, generalnog pravca pružanja zapad-istok. U severnom delu prostora koji obuhvata južna završna kosina površinskog kopa „Polje D” glavni ugljeni sloj je subhorizontalan, sa blagim tonjenjem ka zapadu pod uglom 3-5°, a u južnom

delu glavni ugljeni sloj se povija, odnosno podvlači u „Polje E“ pod uglom 20-25<sup>0</sup>. Debljina glavnog ugljenog sloja ima promenljive vrednosti i raste od severa, gde iznosi oko 15m, prema južnom delu gde njegova debljina iznosi oko 50m. Glavni ugljeni sloj je ispresecan proslojcima jalovine, odnosno gline i ugljevite gline, čija se debljina kreće od nekoliko centimetara do par metara. Glina je u proslojcima masna, plava.



*Slika br. 2 Geološki profil sever-jug 47 750*

### **Međuslojna jalovina**

Povlatu glavnog ugljenog sloja čine gornjopontski sedimenti i to: gline, peskovite gline i peskovi. Glina masna, visoko plastična, tamnosive i sivozelene boje (11), ugljevita, i sa fragmentima uglja, nalazi se u neposrednoj povlati glavnog ugljenog sloja. Prostorno ove gline zauzimaju uzan pojas u severnom delu „Polje E“ i nastavljaju se prema „Polju D“. Njihova debljina varira od 1-4m.

U severnom i centralnom delu prostora koji obuhvata južna završna kosina površinskog kopa „Polje D“ neposrednu povlatu glavnog ugljenog sloja predstavlja glina, peskovita, sive do sivoplave boje.

### **Povlatni ugljeni sloj**

Povlatni ugljeni sloj je najvećim delom prostora koji obuhvata južna završna kosina površinskog kopa „Polje D“ erodovan i javlja se samo u njegovom krajnjem južnom delu („Polje E“). Povlatni ugljeni sloj je manje debljine od glavnog ugljenog sloja, ali je njegova debljina ujednačena i iznosi oko 20m. Prošaran je proslojcima gline, masne, plastične, sivozelene boje, debljine od desetak cm do 2m.

## **TEHNOLOGIJA RADA NA OTKOPAVANJU UGLJA**

U južnoj završnoj kosini površinskog kopa „Polje D“, na otkopavanju uglja, radi BTS sistem, i to otkopavajući glavni ugljeni sloj. Na otkopavanju otkrivke angažovana su četiri BTO sistema: Ia, II, IV i V BTO sistem. Napredovanje fronta radova uslovljeno je granicama za eksproprijaciju, objektima „Pomoćne mehanizacije“ kao i stepenicama završne kosine.

Na etaži BTS sistema otkopavaće ugalj dva rotorna bagera:

1. SRs1300x26/5(G-VIII) pored transportera B.15
2. SRs1301x24/2,5+VR(G-X) pored transportera B.15 i 1.9.

Rotorni bager SRs1300x26/5(G-VIII) otkopava ugalj u visinskom i dubinskom bloku, spuštajući oba transporta, do nivelete podine 115 glavnog ugljenog sloja. 10.12.2010.god. transporter B.15 pomeren je radijalno 26m na povratnom delu, gde je kota povratne stanice 117 (II položaj). G-VIII nastavlja sa otkopavanjem visinskog i dubinskog bloka do podine gl. ugljenog sloja.

U januaru transporter 1.9 postavlja se upravno na transporter B.15, dužine L=286m. Rotorni bager SRs1301x24/2,5+VR(G-X) prelazi sa Ia BTO sistema na etažu BTS sistema. G-X otkopava dubinski

blok na povratnom delu transportera B.15, i pored transportera 1.9 do podine 115, gl. ugljenog sloja. Transporter 1.9 pomera se paralelno po 65m i produžuje 2 puta po 60m u otkopani dubinski blok. Krovinu gl. ugljenog sloja, koja se nalazi na povratnom delu 1.9 ispred G-X, čistiće bager dregajn (EŠ), gde u datom projektovanom bloku ima 800.000tru. Transporter B.15 pomera se radijalno 30m na povratnom delu, i G-VIII otkopava u visinskom i dubinskom bloku ugalj do nivelete 110. Transporter B.15 pomera se radijalno 50m na povratnom delu, niveleta povratne stanice 110, (IV položaj). Zatim transporter B.15 skraćuje se na središnjem delu i pomera radijalno 80m, na niveletu 95, V položaj. G-VIII otkopava dubinski blok spuštajući oba transporta i veliki transport pored B.15 i na povratnom delu transportera 2.6 do nivelete 80. Sledi rekonstrukcija sistema: Transporter 2.6 pomera se radijalno 90m na povratnom delu, II položaj, niveleta povratne stanice 80. G-VIII otkopava visinski blok na povratnom delu 2.6 gde ima 546.000tru. Transporter B.15 postavlja se u novi položaj do nivelete 90, kota povratne stanice – (VI položaj), i preuzima se transporter B.10 sa etaže IV BTO sistema koji se nalazi na niveleti 90 - I položaj B.10. G-VIII otkopava visinski blok sa dubinske strane B.10, kupeći sav ugalj do podine 90 glavnog ugljenog sloja. Zatim otkopava u visinskom bloku ugalj pored transportera B.15, do nivelete 90 na povratnom, do nivelete 80 na pogonskom delu B.15 tj. do povlate glavnog ugljenog sloja, gde ima 3.920.000tru.

Angažovana oprema u 2011.god . na uglju:

tabela br.1

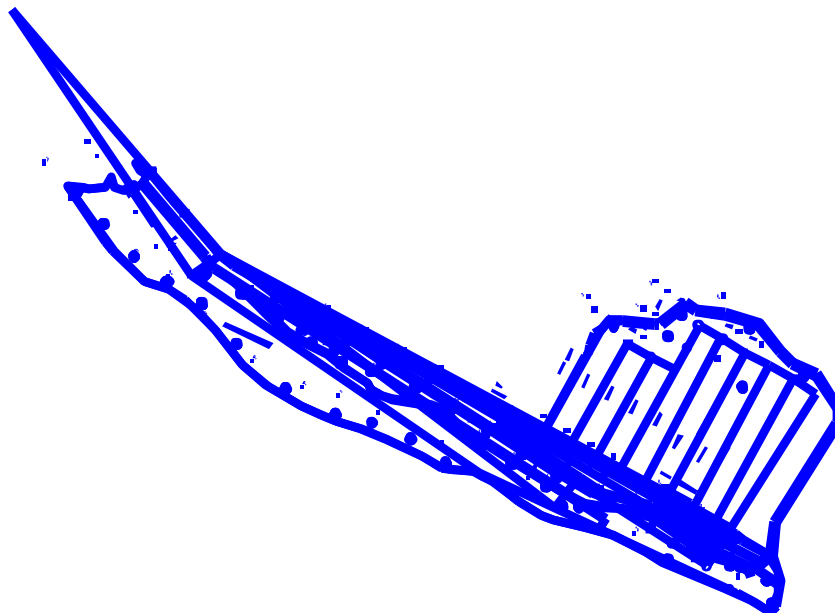
BTS sistem:

bageri	transporteri sa trakom
SRs1300x26/5+VR(G-VIII), SRs 1301x24/2,5 (G-X)	1.9, B.15, 2.6, C.7, C.6, B.19, C.9, C.10

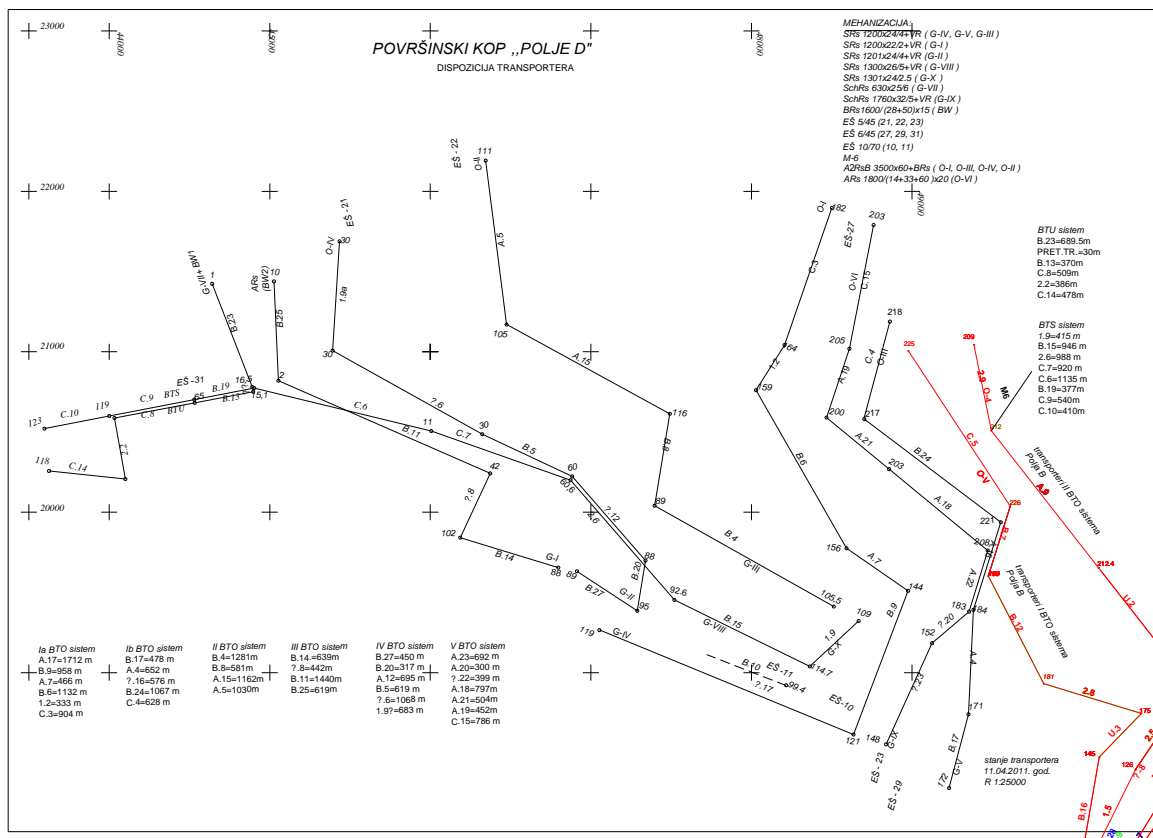


Slika br.3 –Situaciona karta razvoja etaža u južnoj završnoj kosini





Slika br.4- Razvoj etaže BTS u 2011.god.



Slika br.5- Dispozicija transportera na površinskom kopu "Polje D"

## **Zaključak**

Eksploatacija uglja u prethodne dve godine odvijala se u izuzetno teškim uslovima rada, uz brojne probleme i dodatne poslove koje prate proizvodnju uglja na ovom kopu. Vršene su brojne rekonstrukcije i premeštanje sistema za otkopavanje uglja i jalovine, sve to u cilju da proizvodnja uglja na površinskom kopu i otprema do termoelektrane ne budu ugroženi. U 2011.godini u PDRB „Kolubara“ obeležen je veliki jubilej, pola veka od otvaranja „Polja D“, najvećeg i najproduktivnijeg kopa u Srbiji. Pre 50 godina, otvorena je eksploataciona zona „Polja D“, a 1966.god. na ovom kopu su iskopane prve tone lignita.



Slika br.6 Rotorni bager SRs1300x26/5+VR(G-VIII) na otkopavanju uglja

## **Literatura**

Godišnji operativni plan površinskog kopa "Polja D" u 2011.god.- Rudarska tehnička priprema, Baroševac 2011.god.

# OPTIMALNI PARAMETRI OTKOPA KOMORNE METODE SA PROTOČNIM PROVJETRAVANJEM NA PRIMJERU RUDNIKA LIGNITA „BUKINJE“

## OPTIMAL PARAMETERS FOR EXCAVATION SITE ON CHAMBER METHOD WITH FLOW-THROUGH VENTILATION IN THE CASE OF LIGNITE MINE „BUKINJE“

Omer Musić<sup>1</sup>, Halid Čičkušić<sup>2</sup>, Šefik Sarajlić<sup>3</sup>

1- Univerzitet u Tuzli, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet u Tuzli; 2 – Rudnik lignita „Kreka“;

3- Rudnik mrkog uglja „Đurđevik“

### REZIME

Za otkopavanje I krovnog ugljenog sloja sjeverne krekanske sinklinale u rudniku „Bukinje“, neophodno je bilo iznaći optimalnu metodu otkopavanja. Analizom rudarsko-geoloških faktora radne sredine i pratećih stijena, došlo se do konceptualnog rješenja metode otkopavanja koja je nazvana „Komorna metoda otkopavanja sa protočnim provjetranjem“. Da bi se ostvario visok stepen iskorištenja ugljenog sloja, potrebno je odrediti optimalnu geometriju otkopne jedinice. U ovom radu dat je proračun geometrije-parametri otkopa komore metodom poluelipse, koji je uporediv sa projektnim rješenjem i iskustvenim pokazateljima.

**Ključne riječi:** rudarsko-geološki faktori, metoda otkopavanja, parametri otkopa i metoda poluelipse.

### SUMMARY

For the excavation of the first roof of coal Kreka northern syncline in the mine „Bukinje“, it was necessary to find the optimal method for excavation. Analyzing mining and geological factors of the environment and associated rocks, has led to a conceptual solution mining method that is called „Chamber mining method with flow-through ventilation“. To achieve a high degree of utilization of coal seam, it is necessary to determine the excavation unit optimum geometry. This paper shows geometry calculation parameters for excavation site using the metod of semi-ellipse, comparable with desing solution and practical indicators.

**Key words:** mining-geological factors, methods of mining, open pit geometry and semi ellipse method.

## 1. UVOD

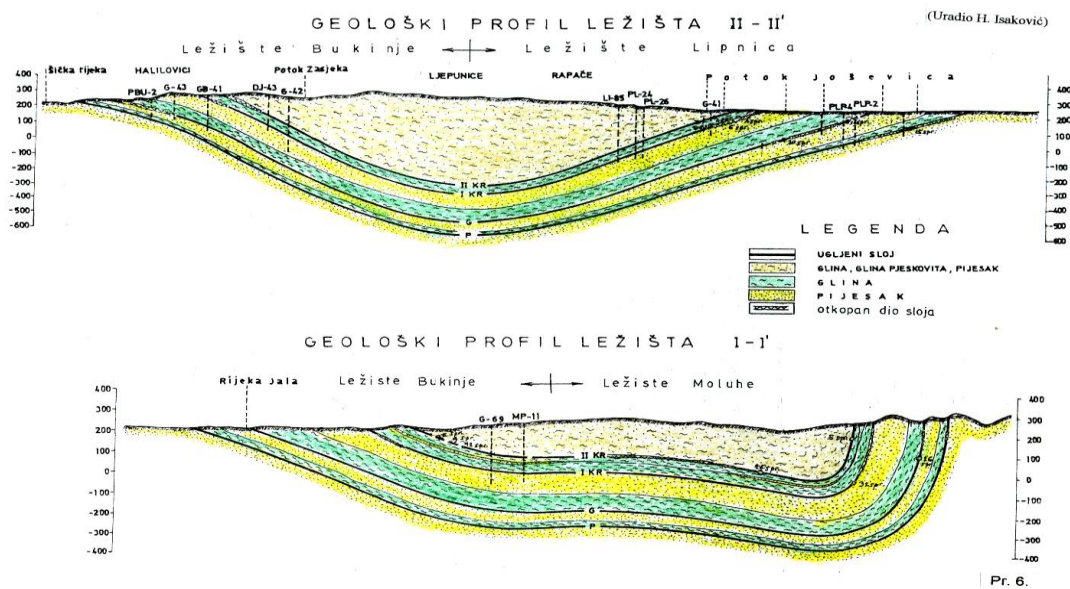
U jamama I i II krovni sloj na III horizontu Zapad u rudniku lignita "Bukinje", primijenjena je komorna metoda otkopavanja sa protočnim provjetranjem. Debljine I krovnog ugljenog sloja su od 12,6-14,2 m, s tim da je debljina na istočnoj strani veća nego na zapadnoj. Kod II krovnog ugljenog sloja debljina se kreće od 10-12,5 m. Dubina zalijeganja na nivou III horizonta je 90-250 m za I krovni sloj, a za II krovni sloj 90-260 m. Pravac pružanja ugljenih slojeva je JI-SZ, a zalijeganje je u pravcu Sl. Nagibni ugao se kreće od 22<sup>0</sup>-33<sup>0</sup> kod II krovnog sloja, a kod I krovnog sloja je od 19<sup>0</sup>-35<sup>0</sup>. Debljina i nagib, kao i fizičko-mehaničke osobine radne sredine i pratećih stijena krovine i podine, imaju veoma važnu ulogu u izboru metode otkopavanja. Zajedno analizirani, svi ovi faktori daju odgovore na pitanja položaja prostorija otvaranja, pravca otkopavanja i dimenzija-optimalnih parametara otkopa.

## 2. RUDARSKO-GEOLOŠKI USLOVI

### 2.1. Geološka istraženost ležišta

Ležište "Bukinje" nalazi se u južnom, odnosno jugozapadnom dijelu sjevernog krekanskog sinklinorijuma. Samo ležište locirano je na južnom krilu krekanske sinklinale od Šićke rijeke na

zapadu do potoka Drežnik na istoku. Rijeka Joševica ležište dijeli na istočno i zapadno krilo, a zastupljena su sva četiri ugljena sloja: podinski, glavni, prvi i drugi krovni ugljeni sloj. Ugljeni slojevi i prateći sedimenti padaju od juga ka sjeveru prema osi sinklinale, a isto tako rastu od istoka prema zapadu. Od potoka Drežnik do Joševice ugljeni slojevi i prateće naslage zauzimaju pad od  $25^{\circ}$ - $26^{\circ}$ , a prema sjeveru i do  $38^{\circ}$ . Pružanje samih produktivnih slojeva je jugoistok-sjeverozapad, slika 1.



Slika 1. Geološki profil ležišta

## 2.2. Tektonika ležišta

Tektonika ležišta ogleda se u laganom boranju i povijanju slojeva bez pojave dislokacionih pomijeranja, tj. rasjedanja. Donjem pontu ( $Pl^1_1$ ), pripada podinski ugljeni sloj i prateći sedimenti u njegovoj povlati (glina, pijesak). Isto tako, razvijen je i gornji pont sa svoja tri horizonta u kojima su zastupljeni glavni, prvi i drugi krovni ugljeni sloj ( $^1Pl^2_1$ -glavni ugljeni sloj i prateći sediment-glina, pijesak- $^2Pl^2_1$ -prvi krovni ugljeni sloj i prateći sedimenti i  $^3Pl^2_1$ -drugi krovni ugljeni sloj sa pratećim sedimentima).

## 2.3. Hidrogeološke karakteristike ležišta

Pliocenske naslage krekanskog ugljenog basena u cjelini predstavljaju hidrogeološki kompleks u kojem preovladava intergranularna poroznost. Ove naslage odvojene su antiklinalom Ravna Trešnja od solne serije. To su glina, lapor, pijesak i slojevi uglja. Pijesak je skoro redovno u podini, a lapor i glina u povlati (krovini) ugljenih slojeva. Koeficijent filtracije pijeska kreće se od  $K=1 \times 10^{-5}$  do  $K=1 \times 10^{-4}$ . Koeficijenti vodopropusnosti su  $\eta=1 \times 10^{-3}$  do  $\eta=1 \times 10^{-4}$ . Debljina pijeskova kreće se od 10-60 metara. U hidrogeološkom smislu krekanski basen predstavlja arteški basen ograničen vodonepropusnim stijenama, a u tektonskom smislu složeni sinklinorijum sa većim brojem arteških izdani.

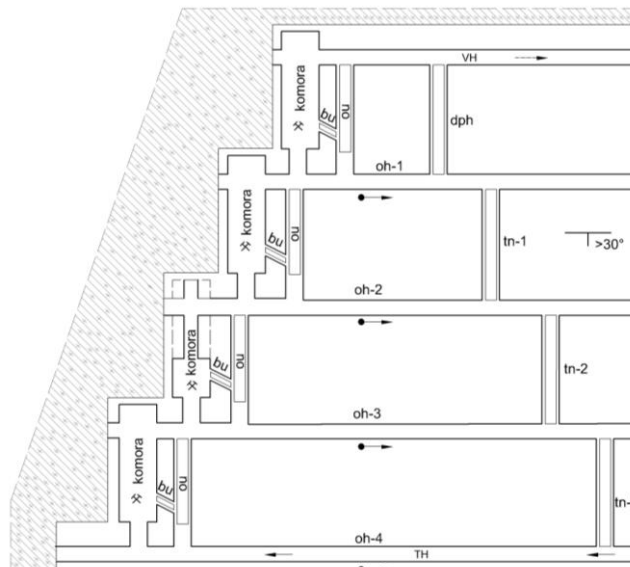
## 3. KOMORNA METODA OTKOPAVANJA SA PROTOČNIM PROVJETRAVANJEM

Komorna metoda otkopavanja sa protočnim provjetranjem podrazumijeva otkopavanje po padu ugljenog sloja sa kontrolisanim zarušavanjem otkopanog prostora i protočnim provjetranjem kroz

cijelu otkopnu frontu (revir). Tehnološki proces ove metode ostvaruje se bušačko-minerskim radovima sa pneumatskom bušilicom i paralelnim dubokim bušotinama od 3 do 6 metara. Utovar uglja u otkopnoj jedinici je gravitacioni, a transport uglja iz otkopne jedinice do transportnog hodnika grabuljastim transporterom.

### 3.1. Sistem pripreme otkopnog polja

U okviru pripreme otkopnog polja predviđeni su otkopni paneli, koji se formiraju izradom stepenasto poredanih transportnih niskopa (tn) od ventilacionog (VH) do transportnog (TH) hodnika otkopnog polja. Sistem pripreme otkopne jedinice sastoji se u izradi otkopnih hodnika (oh), otkopnih uskopa (ou) i bočnih uskopa (bu).



Slika 2. Priprema otkopnog polja

### 3.2. Sistem rada

Faze rada na otkopavanju su:

- otvaranje otkopa,
- razrada otkopa i
- zatvaranje otkopa.

#### - Otvaranje otkopa

Otvoravanje otkopa počinje izradom I potkopa u dužini 4 m po padu sloja i 5-6 m po pružanju sloja, s tim da se ostavlja zaštitni stub prema starom radu. Otkop se u natkopu u I fazi otvara kratkim minskim bušotinama do određene stropne ploče.

#### - Razrada otkopa

Razrada otkopa počinje izradom drugog potkopa po padu sloja dužine 2 m. Natkopni dio dobivanja uglja vrši se bušenjem i miniranjem dubokim paralelnim bušotinama u jednom redu. Osnovno rastojanje između bušotina je 1,1 m, a rastojanje od slobodne površine je 1,3 m. Dubina bušotina je od 3-5 m. Punjenje dubokih bušotina je diskontinuirano (parcijalno).

## **- Zatvaranje otkopa**

Bušanjem u zaštitnu stropnu ploču dolazi do zatvaranja otkopa, nakon čega se vrši otkopavanje u narednom otkopnom uskopu.

### **3.3. Tehničko-ekonomski parametri**

Ostvareni tehničko-ekonomski parametri su:

- eksploatacione rezerve otkopnog stuba..... 1500 t
- proizvodni kapacitet jednog otkopa..... 63 t/smjeni,
- proizvodni kapacitet jednog otkopa..... 15 876 t/god.
- produktivnost otkopne jedinice (učinak)..... 21 t/nad.
- stepen iskorištenja..... 54%

## **4. ODREĐIVANJE OPTIMALNIH PARAMETARA OTKOPA**

Osnovni problem kod definisanja konstruktivnih elemenata komore, predstavlja širina komore i visina svoda rasterećenja, odnosno debljina samonosive grede stijena krovine pri otkrivenoj krovini. Drugi problem kod definisanja konstruktivnih elemenata, predstavlja veličina otkrivene (slobodne) površine krovine, odnosno dužine komore. Za određenje optimalnih parametara otkopa, korišteno je projektno rješenje, iskustveni pokazatelji i numerički proračun-metoda poluelipse.

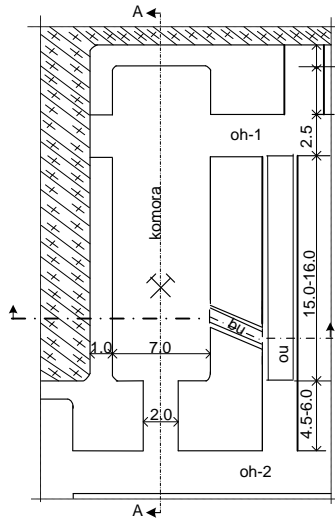
### **4.1. Parametri otkopa-projektno rješenje**

Geometrija komorne otkopne jedinice je u funkciji debljine sloja i fizičko-mehaničkih karakteristika radne sredine i pratećih stijena (krovine i podine). Sastavni dijelovi komorne otkopne jedinice su i susjedni otkopni uskop sa bočnim ulazom koji služi kao ulazno-izlazni putevi otkopa u fazi otkopavanja i za protočno provjetravanje.

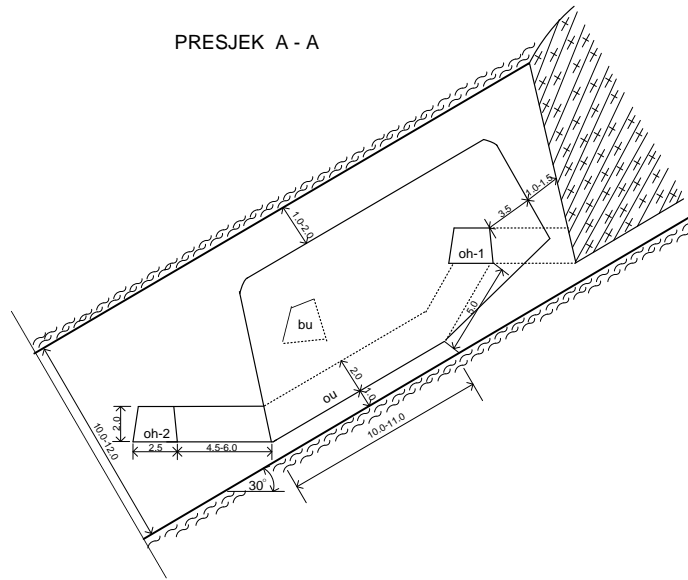
Elementi komorne otkopne jedinice su:

- ulazi otkopa (otkopni uskop i bočni ulaz),
- otkop ,
- čeon i bočni međukomorni stub i
- zaštitne ploče ( stropna i podinska ).

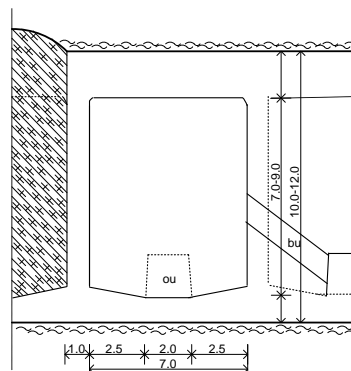
Izrada otkopnog uskopa (ou), započinje izradom križišta u otkopnom hodniku (oh). Dimenzije otkopnog uskopa (ou) su: visina 2,2 m i širina 2,2-2,5 m. Prva dionica otkopnog uskopa radi se pod uglom  $12^{\circ}$ , u odnosu na horizontalu i u dužini od 6,5 m. Druga dionica se radi po odgovarajućoj ugljenoj ploči u dužini od 12,5-16,5 m, slika 3. Otkopni uskop (ou) izlazi u otkopni hodnik (oh) više kote. Projektovani parametri otkopa dati su u tabeli 1.



PRESJEK A - A



PRESJEK B - B



Slika 3. Parametri otkopa-projektno rješenje

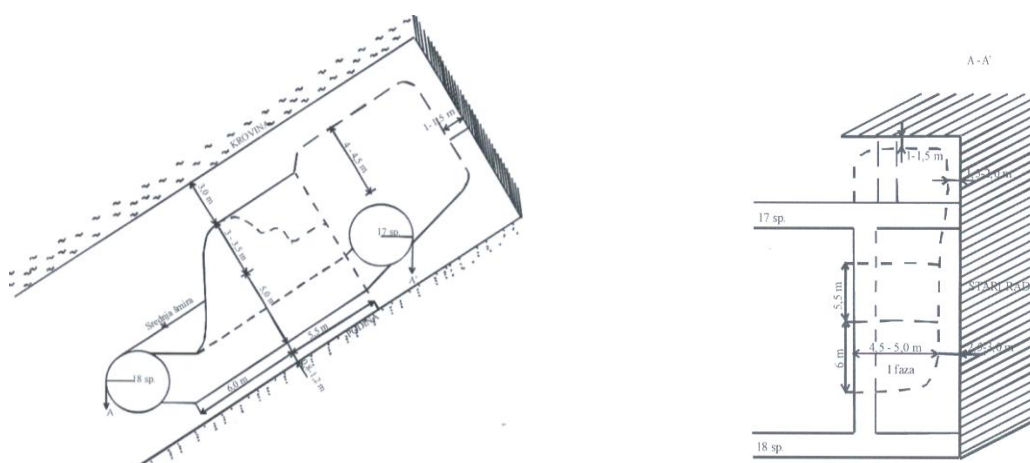
U tabeli 1. date su projektovane veličine parametara otkopa

Tabela 1. Parametri otkopa-projektno rješenje

PROJEKTNO RJEŠENJE			
Red ni broj	Parametri otkopa	I kr.sloj (m)	II kr.sloj (m)
1.	Rastojanje među spratovima	22	18
2.	Širina otkopa	6-6,5	8
3.	Debljina zaštitne pregrade	1-1,5	1
4.	Debljina stropne ploče	1,5	2,5
5.	Debljina čeone pregrade	-	-

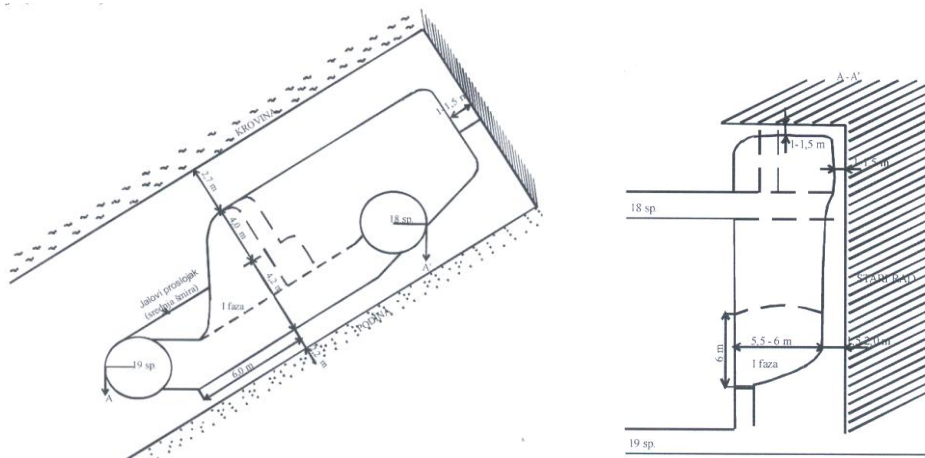
#### 4.2. Parametri otkopa-iskustveni pokazatelji

Pri otkopavanju I i II krovnog ugljenog sloja u rudniku lignita „Bukinje“, problem je predstavljao prijevremeno zatvaranje otkopa, tj. nepravilno određena debljina zaštitnog bočnog stuba ili zaštitne stropne ploče. U ovom slučaju otkop je otvoren sa debljinom krovinske ploče od 3 m, pri čemu je natkop otvoren od 3 do 3,5 m od srednjeg jalovog proslojka, a rastojanje bočne pregrade bilo je 2,5 do 3 m. Razlog otvaranja otkopa ovih dimenzija je taj, što je prethodni otkop djelimično zatvoren jalovinom, tj. ostali su prazni prostori, te je ponašanje stropne i bočne pregrade nestabilno. Napredovanjem rudarskih radova u otkopu, i sa predviđenim dimenzijama zaštitnih pregrada, otkop se nije mogao zatvoriti planski. Stoga je na nivou gornjeg sprata presječena data krovinska ploča i približila se starom radu u krovini. Uporedo s tim smanjena je i bočna pregrada na 1,5 do 2 m. Za vrijeme dok je otkop radio na križištu gornjeg sprata, presječena ploča se bez miniranja odvajala i dolazila u otkop, tako da se otkop mogao planski zatvoriti, slika 4. (primjer 1. i primjer 2.) i tabela 2.



Slika 4. Parametri otkopa-iskustveni pokazatelji, primjer 1.





Slika 4. Parametri otkopa-iskustveni pokazatelji, primjer 1

Tabela 2. Parametri otkopa-iskustveni pokazatelji

ISKUSTVENI POKAZATELJI			
Redn i broj	Parametri otkopa	I kr.sloj (m)	II kr.sloj (m)
1	Rastojanje među spratovima	21-22	21
2	Širina otkopa	6	8
3	Debljina zaštitne pregrade	2	2-2,5
4	Debljina stropne ploče	2,7	1,5
5	Debljina čeone pregrade	1,5	1,5

#### 4.3. Parametri otkopa-proračun metodom poluelipse

Analizom projektnog rješenja i iskustvenih pokazatelja, ustanovljene su bitne razlike u parametrima otkopa, te je bilo potrebno uraditi proračun parametara otkopa-geometrija otkopa, metodom poluelipse.

**Proračun širine komore:**

$$L = 1,13 \sqrt{\frac{i_j \cdot \sigma_f}{\gamma_j}} (m)$$

$$i_j = tg \cdot \mu_j = tg \left(45 - \frac{\varphi_j}{2}\right)$$

$\varphi_j = 21^0$  - ugao unutrašnjeg trenja krovinske gline I krovnog sloja

$$i_j = 0,687$$

$\sigma_f = 0,732 MPa$  - otpornost na jednoosni pritisak krovinske gline I krovnog sloja

$\gamma_j = 19,90 KN / m^3 \Rightarrow 0,0199 MN / m^3$  -zapreminska težina krovinske gline I krovnog sloja

$$L = 1,13 \sqrt{\frac{0,687 \cdot 0,732}{0,0199}} = 5,68m \approx 6,0m$$

**Proračun debljine zaštitne ugljene krovinske ploče:**

$$y_0 = 0,71 \cdot L \sqrt{\frac{q_u}{t \cdot \sigma_f}}$$

A) Elementi krovine-jalovine I krovnog sloja

$$\gamma_j = 19,90 \text{KN} / \text{m}^3 \Rightarrow 0,0199 \text{MN} / \text{m}^3 - \text{zapreminska težina}$$

$\varphi_j = 21^\circ$  - ugao unutrašnjeg trenja krovinske gline I krovnog sloja

$$R_p = \sigma_p = 0,732 \text{MPa} - \text{otpornost na jednoosni pritisak}$$

B) Elementi za ugljeni sloj

$$\gamma_p = 12,32 \text{KN} / \text{m}^3 \Rightarrow 0,0123 \text{MN} / \text{m}^3 - \text{zapreminska težina}$$

$\varphi_p = 37,5^\circ$  - ugao unutrašnjeg trenja I krovnog ugljenog sloja

$$R_s = \sigma_s = 2,25 \text{MPa} - \text{otpornost stijene na savijanje}$$

Ukupna opterećenje na gredu:

$$q_u = q_j + q_p ; q_j = \frac{i_j \cdot t \cdot L^2 \cdot \pi \cdot \gamma_j}{8} = \frac{0,687 \cdot 1 \cdot 6^2 \cdot 3,14 \cdot 0,0199}{8} = 0,1932 \text{(MN)}$$

$t = 1,0 \text{m}$  - širina posmatrane trake

$$i_p = tg \cdot \mu_p = ; i_p = tg(45 - \frac{37,5}{2}) ; i_p = 0,4931$$

$$q_p = \frac{i_p \cdot t \cdot L^2 \cdot \pi \cdot \gamma_p}{8} = \frac{0,4931 \cdot 1 \cdot 6^2 \cdot 3,14 \cdot 0,0123}{8} = 0,0857 \text{(MN)}$$

$$q_u = q_j + q_p = 0,1932 + 0,0857 = 0,278 \text{(MN)}$$

$$y_0 = 0,71 \cdot L \sqrt{\frac{q_u}{t \cdot \sigma_f}} ; y_0 = 0,71 \cdot 6 \sqrt{\frac{0,278}{1 \cdot 1,69}} = 1,72 \approx 1,8 \text{(m)}$$

**Proračun debljine bočno zaštitnog stuba (bočne pregrade):**

$$d = 1,07 \cdot \sqrt[3]{\frac{m^2 \cdot q_u}{E \cdot t}} \text{(m)}$$

$E = 626 \text{MPa}$  - modul elastičnosti uglja

$q_u$  - ukupno opterećenje stuba

$t = 1,0 \text{m}$  - širina posmatrane trake

$$q_u = q_j + q_p + q_s$$

gdje su :

$q_j$  - opterećenje krovine(jalovine),

$q_p$  - opterećenje zaštitne ugljene ploče,

$q_s$  - sopstvena težina bočne pregrade

a) Opterećenje krovine:

$$q_j = (2a \cdot i_s \cdot m) \cdot y_0 \cdot t \cdot \gamma_j \text{(MN)}$$

$$2a = L = 6,0 \text{m} ;$$

$m = 13,5 \text{m}$  - debljina ugljenog sloja

$$i_s = i_p = \operatorname{tg}\left(45 - \frac{\varphi_p}{2}\right) = \operatorname{tg} 34,5^\circ = 0,4931$$

$\gamma_j = 19,90 \text{ kN/m}^3 \Rightarrow 0,0199 \text{ MN/m}^3$  -zapreminska težina krovinske gline I krovnog ugljenog sloja

$\gamma_p = 12,80 \text{ kN/m}^3 \Rightarrow 0,0128 \text{ MN/m}^3$  - zapreminska težina I krovnog ugljenog sloja

$y_0 = 1,8 \text{ m}$  -izračunata debljina krovinske ploče

$$q_j = (2a \cdot i_s \cdot m) \cdot y_0 \cdot t \cdot \gamma_j$$

$$q_j = (6 \cdot 0,493 \cdot 13,5) \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 0,0199$$

$$q_j = 1,3 \text{ MN}$$

b) Opterećenje ugljene ploče:

$$q_p = (2a \cdot i_s \cdot m) \cdot y_0 \cdot t \cdot \gamma_p;$$

$$q_p = (6 \cdot 0,493 \cdot 13,5) \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 0,0128;$$

$$q_p = 0,9202 \text{ MN}$$

c) Sopstvena težina bočne pregrade:

$$q_s = \frac{i_s \cdot m^2 \cdot t \cdot \gamma_s}{2} = \frac{0,4931 \cdot 13,5^2 \cdot 1 \cdot 0,0128}{2}$$

$$q_s = 1,15 \text{ MN}$$

Ukupno opterećenje iznosi:

$$q_u = q_j + q_p + q_s = 1,3 + 0,9202 + 1,15$$

$$q_u = 3,43 \text{ MN}$$

Debljina bočnog zaštitnog stuba:

$$d = 1,07 \cdot \sqrt[3]{\frac{m^2 \cdot q_u}{E \cdot t}} \quad d = 1,07 \cdot \sqrt[3]{\frac{13,5^2 \cdot 3,43}{626 \cdot 1}}; \quad d = 2,06 \text{ m}$$

Dobijeni rezultati proračuna parametara otkopa-geometrije, metodom poluelipse predstavljeni su u tabeli 3.

Tabela 3. Parametri otkopa-numeričke vrijednosti metode poluelipse

NUMERIČKE VRIJEDNOSTI METODE POLUELIPSE			
Red ni broj	Parametri otkopa	I kr.sloj (m)	II kr.sloj (m)
1	Rastojanje među spratovima	22	21
2	Širina otkopa	6	8
3	Debljina zaštitne pregrade	2	1
4	Debljina stropne ploče	2,5	2,5
5	Debljina čeonice pregrade	1,5	1,5

## ZAKLJUČAK

Novo konceptijsko rješenje komorne metode otkopavanja sa protočnim provjetravanjem, primijenjeno je u rudniku lignita „Bukinje“. Efikasnost primijenjene metode ogleda se u većem stepenu sigurnosti na radu, protočnom provjetravanju, visokoj koncentraciji rudarskih radova, iskorištenju ugljenog sloja i većim otkopnim učincima. Nepovoljan nagibni ugao ležišta utiče na

primjenu većeg stepena mehanizovanosti tehnološkog procesa. U cilju iskorištenja ugljenog sloja, dat je proračun parametara-geometrije otkopa; projektno rješenje, iskustveni pokazatelji i numerički proračun-metoda poluelipse, tabela 5, i na kraju usvojeni optimalni parametri otkopa:

- širina otkopa 6 m
- rastojanje između otkopni hodnika 22 m
- debljina zaštitne pregrade 2 m
- debljina stropne ploče 2 m
- debljina čeone podgrade 1,5 m

Tabela 5. Analiza projektnih rješenja i iskustvenih pokazatelja sa numeričkim vrijednostima

PROJEKTNA RJEŠENJA				ISKUSTVENI POKAZATELJI		NUMERIČKE VRIJEDNOSTI METODE POLUELIPSE	
Redn i broj	Parametri otkopa	I kr.sloj (m)	II kr.sloj (m)	I kr.sloj (m)	II kr.sloj (m)	I kr.sloj (m)	II kr.sloj (m)
1	Rastojanje među spratovima	22	18	21-22	21	22	21
2	Širina otkopa	6-6,5	8	6	8	6	8
3	Debljina zaštitne pregrade	1-1,5	1	2	2-25	2	1
4	Debljina stropne ploče	1,5	2,5	2,7	1,5	2	2,5
5	Debljina čeone pregrade	-	-	1,5	1,5	1,5	1,5

#### LITERATURA:

1. Čičkušić, H.: Uticaj rudarsko-geoloških faktora na geometriju komorne metode otkopavanja sa protočnim provjetranjem u rudniku lignita "Bukinje", magistarski rad, Tuzla, 2010.
2. Genčić, B.: Tehnološki procesi podzemne eksploatacije slojevitih ležišta, parametri proizvodnih jedinica, Beograd, 1971.
3. Musić, O.: Uskočelne metode otkopavanja slojevitih ležišta, Tuzla, 2010.
4. Musić, O., Zekan, S., Memić, M.: Room design by function of mine-geological deposit conditions, World Mining Congress and Expo 7-11 September 2008, Krakow, Poland.
5. Musić, O., Sarajlić, Š., Čičkušić, H.: Uticaj složenih rudarsko-geoloških faktora na izbor metode otkopavanja u r.m.u. „Đurđevik“-blok 75, I Međunarodni simpozijum „Rudarstvo 2010“ 24-26 maj 2010, Tara, Srbija.
6. Slijepčević, S., Musić, O., Fazlić, M., Kunosić, N.: Dopunski rudarski projekat Komorne metode otkopavanja strmog ugljenog sloja primjenom kratkih i dubokih minskih bušotina u jami « II krovni sloj» revir «Zapad», III horizont rudnika Bukinje, Tuzla, 2002.

## ANALIZA POUZDANOSTI KOMBINOVANIH SISTEMA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA

Dimšo Milošević, Relja Dragić, Nikolija Perić

ZP „RiTE Ugljevik, Republika Srpska

### APSTRAKT

Pouzdanost je sposobnost elemenata, odnosno sistema da ispunjava svoje funkcije u određeno vrijeme.

Razlikujemo sledeće blok-šeme sistema:

- Sa serijskom vezom elemenata,
- Sa paralelnom vezom elemenata,
- Sa kombinovanom serijsko-paralelnom vezom elemenata
- Sa kombinovanom paralelno-serijskom vezom elemenata

U ovom radu se daje šema za proračun pouzdanosti kombinovanih sistema na površinskim kopovima.

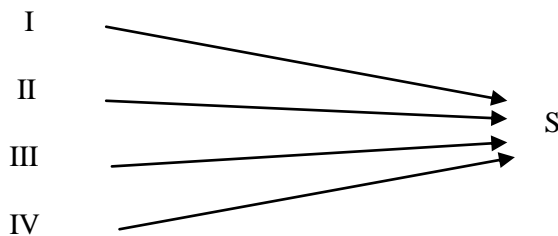
Prikazana su moguća stanja kroz : rad, otkaz i prisilni zastoj, kao i stanja DTO sistema kroz srednje vrijeme rada i remonta. Daje se vjerovatnoća rada DTO sistema sa materijalom i vjerovatnoća transporta materijala damperima van DTO sistema do odlagališta.

**Ključne riječi:** Pouzdanost, sistem, vjerovatnoća, rad i otkaz.

---

### ŠEMA ZA PRORAČUN POUZDANOSTI KOMBINOVANIH SISTEMA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA

- Šema kombinovanog sistema :



I, II, III, IV – drobilična postrojenja,

S – transporteri sa gumenom trakom i odlagač.

---

- Moguća stanja :

Z	I	II	III	IV	S
1.	R	R	R	P	R
2.	R	R	P	R	R
3.	R	P	R	R	R
4.	P	R	R	R	R
5.	0	R	R	R	R
6.	R	0	R	R	R
7.	R	R	0	R	R
8.	R	R	R	0	R

Z	I	II	III	IV	S
9.	R	R	0	0	R
10.	R	0	R	0	R
11.	R	0	0	R	R
12.	0	R	0	R	R
13.	0	0	R	R	R
14.	0	R	R	0	R
15.	0	0	0	R	R
16.	0	0	R	0	R
17.	0	R	0	0	R
18.	R	0	0	0	R
19.	0	0	0	0	P

Z	I	II	III	IV	S
20.	P	P	P	P	0
21.	P	P	P	0	0
22.	P	P	0	P	0
23.	P	0	P	P	0
24.	0	P	P	P	0
25.	P	P	0	0	0
26.	P	0	0	P	0
27.	P	0	P	0	0
28.	0	P	0	P	0
29.	0	0	P	P	0
30.	0	P	P	0	0

Z	I	II	III	IV	S
31.	0	0	0	P	P
32.	0	0	P	0	0
33.	0	P	0	0	0
34.	P	0	0	0	0
35.	0	0	0	0	0

OZNAKE STANJA :

R - rad

0 - otkaz

P - prisilni zastoј .

Broј drobilica u radu :

- Radi jedna drobilica za stanja :  $Z_{15}, Z_{16}, Z_{17}$  i  $Z_{18}$ .
- Rade dvije drobilice za stanja :  $Z_9, Z_{10}, Z_{11}, Z_{12}, Z_{13}$  i  $Z_{14}$ .
- Rade tri drobilice za stanja :  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6, Z_7$  i  $Z_8$ .
- Stanja u kojima radi bilo koji broj drobilica su od  $Z_1$  do  $Z_{18}$ .
- Zbir vjerovatnoća stanja od  $Z_1$  ÷  $Z_{18}$  daje vjerovatnoću da će se materijal transportovati preko DTO sistema, a oduzimanjemdobivene vjerovatnoće preko DTO sistema od 1 (100%) , dobija se vjerovatnoća da će se materijal transportovati van DTO sistema direktno damperima na odlagalište.
- Sastavljanje stanja DTO sistema po osnovu srednjeg vremena rada ( $\lambda$ ) i remonta ( $\beta$ ) :

$$Z_1 - \begin{array}{|l} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_s \end{array} \begin{array}{l} Z_5 \\ Z_6 \\ Z_7 \\ Z_{20} \end{array}$$

$$Z_2 - \begin{array}{|l} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_s \end{array} \begin{array}{l} Z_5 \\ Z_6 \\ Z_8 \\ Z_{20} \end{array}$$

$$Z_3 - \begin{array}{|l} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_s \end{array} \begin{array}{l} Z_5 \\ Z_7 \\ Z_8 \\ Z_{20} \end{array}$$

$$Z_4 - \begin{array}{|l} \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_s \end{array} \begin{array}{l} Z_6 \\ Z_7 \\ Z_8 \\ Z_{20} \end{array}$$

$$Z_6 - \begin{array}{|l} \lambda_1 \\ \beta_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_s \end{array} \begin{array}{l} Z_{13} \\ Z_1 \\ Z_{11} \\ Z_{10} \\ Z_{23} \end{array}$$

$$Z_5 - \begin{array}{|l} \beta_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_s \end{array} \begin{array}{l} Z_1 \\ Z_{13} \\ Z_{12} \\ Z_{14} \\ Z_{24} \end{array}$$

$$Z_7 - \begin{array}{|l} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \beta_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_s \end{array} \begin{array}{l} Z_{12} \\ Z_{11} \\ Z_3 \\ Z_9 \\ Z_{22} \end{array}$$

$$Z_8 - \begin{array}{|l} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \beta_4 \\ \lambda_s \end{array} \begin{array}{l} Z_{14} \\ Z_{10} \\ Z_9 \\ Z_4 \\ Z_{21} \end{array}$$

$$Z_9 - \begin{array}{|l} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \beta_3 \\ \beta_4 \\ \lambda_s \end{array} \begin{array}{l} Z_{17} \\ Z_{18} \\ Z_8 \\ Z_7 \\ Z_{25} \end{array}$$

$$Z_{10} - \begin{array}{|l} \lambda_1 \\ \beta_2 \\ \lambda_3 \\ \beta_4 \\ \lambda_s \end{array} \begin{array}{l} Z_{16} \\ Z_8 \\ Z_{18} \\ Z_6 \\ Z_{27} \end{array}$$

$$Z_{11} - \begin{array}{|l} \lambda_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_s \end{array} \begin{array}{l} Z_{15} \\ Z_7 \\ Z_6 \\ Z_{18} \\ Z_{26} \end{array}$$

$$Z_{12} - \begin{array}{|l} \beta_1 \\ \lambda_2 \\ \beta_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_s \end{array} \begin{array}{l} Z_7 \\ Z_{15} \\ Z_5 \\ Z_{17} \\ Z_{28} \end{array}$$

$$\beta_1 \quad Z_6$$

$$Z_{13} - \begin{array}{|l} \beta_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_s \end{array} \begin{array}{l} Z_5 \\ Z_{15} \\ Z_{16} \\ Z_{29} \end{array}$$

$$Z_{14} - \begin{array}{|l} \beta_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \beta_4 \\ \lambda_s \end{array} \begin{array}{l} Z_8 \\ Z_{16} \\ Z_{17} \\ Z_5 \\ Z_{30} \end{array}$$

$$Z_{16} - \begin{array}{|l} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \lambda_3 \\ \beta_4 \\ \lambda_s \end{array} \begin{array}{l} Z_{10} \\ Z_{14} \\ Z_{19} \\ Z_{13} \\ Z_{32} \end{array}$$

$$Z_{17} - \begin{array}{|l} \beta_1 \\ \lambda_2 \\ \beta_3 \\ \beta_4 \\ \lambda_s \end{array} \begin{array}{l} Z_9 \\ Z_{19} \\ Z_{14} \\ Z_{12} \\ Z_{33} \end{array}$$

$$Z_{18} - \begin{array}{|l} \lambda_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \beta_4 \\ \lambda_s \end{array} \begin{array}{l} Z_{12} \\ Z_{11} \\ Z_3 \\ Z_9 \\ Z_{22} \end{array}$$

$$Z_{19} - \begin{array}{|l} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \beta_4 \end{array} \begin{array}{l} Z_{34} \\ Z_{33} \\ Z_{32} \\ Z_{31} \end{array} \quad \beta_s \quad Z_1$$

$$Z_{23} - \begin{array}{|l} \beta_2 \\ \beta_s \end{array} \begin{array}{l} Z_{19} \\ Z_6 \end{array} \quad Z_{20}$$

$$Z_{21} - \begin{array}{|l} \beta_4 \\ \beta_s \end{array} \begin{array}{l} Z_{19} \\ Z_8 \end{array}$$

$$Z_{22} - \begin{array}{|l} \beta_3 \\ \beta_s \end{array} \begin{array}{l} Z_{19} \\ Z_7 \end{array}$$

$$Z_{24} - \begin{array}{|l} \beta_1 \\ \beta_s \end{array} \begin{array}{l} Z_{19} \\ Z_5 \end{array}$$

$$\beta_3 \quad Z_{21}$$





Gdje je :

$\lambda = 1/t_r$  ; srednje vrijeme rada i  
 $\beta = 1/t_{rem}$  ; srednje vrijeme remonta .

### LITERATURA

1. Pavlović V ; Pouzdanost diskontinualnih sistema u površinskoj eksploataciji , Beograd , 1989.
2. Popović N ; Naučne osnove projektovanja površinskih kopova , Sarajevo , 1984
3. Vujanović N ; Pouzdanost tehničkih sistema , Beograd , 1987.

# **PRIMENA NOVE TEHNOLOGIJE PRIPREME I TRANSPORTA PEPELA I ŠLJAKE U VIDU GUSTE HIDROMEŠAVINE U TE KOLUBARA – B**

## **APPLICATION OF NEW PREPARATION TECHNOLOGY AND TRANSPORTATION OF ASH SLAG IN THE FORM OF THICK SLURRY IN TPP KOLUBARA – B**

**Klara Konc Janković, J. Negrojević, Dragan Dražović**

*Rudarski Institut Beograd*

### **Izvod:**

U ovom radu dat je opis procesa pripreme i transporta hidromešavine pepela i šljake u TE „Kolubara - B” korišćenjem nove tehnologije prikupljanja suvog pepela, transporta i odlaganja pepela i šljake u vidu guste hidromešavine. U osnovi, ova tehnologija obuhvata suvo otpeljivanje i prikupljanje pepela u silose, hidraulično prikupljanje i transport šljake u bunker, kontrolisani proces pripreme hidromešavine pepela i šljake u odgovarajućem mikseru do masene koncentracije čvrste faze od oko 50%, transport do deponije cevovodom pomoću centrifugalnih muljnih pumpi i deponovanje direktnim istakanjem na kraju cevovoda.

**Ključne reči:** gusta hidromešavina, pepeo, šljaka, elektrana, deponija

### **Abstract**

In this paper, a description of how to prepare and transport slurry of ash and slag in TPP Kolubara - B "by using new technology to collect dry ash transport and disposal of ash and slag to form a thick slurry. Basically, this technology involves the removal of ash and dry ash collection in silos, hydraulic collection and the transport of slag in the bunker, a controlled process of preparing the slurry of ash and slag in a suitable circumix to the mass concentration of solid phase of about 50%, transport by pipeline to the landfill by centrifugal slurry pumps and direct deposit at the end of leaking pipelines.

**Key words:** dense slurry, ash, slag, power plants, landfill

### **1. Uvod**

TE „Kolubara B“ će sagorevati lignit iz površinskog kopa „Tamnava – Zapadno polje“, a u čiji otkopni prostor treba da se deponuju čvrsti ostaci sagorevanja elektrane. Elektrana se nalazi u rejonu sela Kalenić, 58 km jugozapadno od Beograda, na severnoj strani kopa „Tamnava“, između regulisanog toka reke Kladnice i industrijskog koloseka Obrenovac – Vreoci. Novi način odlaganja pepela i šljake u vidu guste hidromešavine potiskuje sve više stari sistem deponovanja koji se već danas smatra prevaziđenim zbog upotrebe velike količine vode što povećava investiciona ulaganja i transportne troškove a utiče i na zagađivanje životne sredine. Odlaganje pepela i šljake u vidu guste hidromešavine je potpuno u skladu sa evropskim i svetskim standardima o zaštiti životne sredine. Takođe ovi propisi su znatno pooštreni, tako da su uvedena ograničenja emisija štetnih materija u vazduh te se nameće izgradnja postrojenja za odsumporavanje dimnih gasova pri čijem se radu stvara izvesna količina gipsa koja se takođe može tretirati kao otpadni materijal. Konceptija prikupljanja, transporta i deponovanja pepela i šljake se u suštini ogleda u sledećem:

- Suv pepeo se izdvaja ispod elektrofiltera i kanala dimnih gasova i sistemom pneumatskog transporta transportuje u sabirne silose.
- Šljaka koja se izdvaja ispod kotlova se hidraulički transportuje do posebnog sabirnog silosa šljake.

- Otpadni materijali se deponuju u posebno pripremljenim kasetama na površinskom kopu „Tamnava – Zapadno polje“. Cilj kome se teži je da se deponovanje pepela i šljake obavlja uz očvršćavanje hidromešavine po isticanju iz cevovoda, što sprečava razvejavanje čestica deponovanog materijala u cilju efikasnije zaštite životne sredine.

## **2. Priprema hidromešavine pepela i šljake**

Proces pripreme guste hidromešavine pepela i šljake prikazan je na datoj uprošćenoj šemi i ogleda se u sledećem:

Postrojenje za pripremu hidromešavine pepela i šljake nalazi se u objektu ispod silosa pepela (1). Silos šljake (2) lociran je pored silosa pepela a pumpe za hidraulički transport guste hidromešavine do deponije (8) nalaze se ispod silosa pepela. Zgušnjivač (3) i prihvatni sanduk (4) za šljaku kao i rezervoari tehnološke (5) i čiste vode (6) nalaze se pored silosa za pepeo. Za sakupljanje suvog pepela predviđena su dva akumulaciona silosa za jednodnevnu rezervu nominalne produkcije pepela iz oba bloka u radu sa maksimalnom snagom. Silosni prostor je ukupne zapremine 6 000 m<sup>3</sup>. Za smeštaj pepela iz oba bloka predviđena su dva silosa kružnog poprečnog preseka  $D = 14$  m zapremine po 3 000 m<sup>3</sup>. Silosi su izrađeni od betona. Ispod svakog silosa nalazi se po jedna nezavisna linija za pripremu i transport hidromešavine pepela i šljake (radna i rezervna), s tim da svaka linija može primati pepeo iz oba silosa. Svaka ćelija silosa može primiti pepeo iz oba bloka termoelektrane. Na otvorima za pražnjenje silosa se nalaze pneumatski uređaji za hranjenje pepela u liniju za pripremu hidromešavine i jednu liniju za utovar suvog pepela u kamion-cisterne. Kapacitet pražnjenja suvog pepela reguliše se pneumatski na osnovu sprege sa konzolnom vagom. Proces pripreme hidromešavine vrši se u mešačima tj. mikserima (7) pomoću intezivne recirkulacije. Osnovni princip koji mora da se zadovolji je da brzina proticanja hidromešavine kroz mikser mora da bude veća od brzine taloženja čvrste faze. Redosled dodavanja otpadnih materijala i vode u mešač je strogo definisan. Najpre se dodaje voda, zatim pepeo i šljaka i na kraju nedostajuća količina vode. Pepeo se preko konzolne vage gravitacijski uvodi centralno u predmešač, gde dolazi do prvog kontakta suvog pepela i vode koja se uvodi tangencijalno u predmešač. U predmešač se, pored pepela i tehnološke vode, dovodi i hidromešavina iz dela recirkulacije prstenastim cevovodom po obodu predmešača na više ulaznih mesta. Tangencijalno uvođenje vode uslovljava kružno kretanje hidromešavine pepela koje intezivira mešanje i pospešuje pražnjenje hidromešavine iz predmešača u rezervoar miksera. U rezervoar miksera uvodi se tangencijalno u dva suprotno postavljena ulaza hidromešavina šljake kao pesak zgušnjivača i deo hidromešavine pepela i šljake iz recirkulacije, kao i hidromešavina šljake iz prihvatnog sanduka čime se održava kružno kretanje hidromešavine u rezervoaru miksera. Recirkulacija kojom se praktično vrši mešanje i priprema hidromešavine je dvojaka i to: recirkulacija predmešača i recirkulacija rezervoara miksera.

Recirkulacija predmešača vrši se pomoću centrifugalne muljne pumpe, čiji je usisni cevovod priključen na dno konusnog dela rezervoara, a potisni cevovod vertikalno transportuje hidromešavinu do prstenastog razvodnog cevovoda iznad predmešača. Recirkulacija rezervoara miksera vrši se pomoću centrifugalne muljne pumpe, čiji je usisni cevovod priključen na dno konusnog dela rezervoara, a potisni cevovod transportuje hidromešavinu do tangencijalnog uvida u rezervoar miksera. Na potisnom cevovodu nalazi se T račva iz koje se izvodi grana cevovoda koja hidromešavinu odvodi prema pumpama hidromešavine pepela i šljake. Na delu usisnog cevovoda postavljena su četiri ventila koja omogućuju ukrštanje dve linije koji mogu da povežu bilo koji mikser sa bilo kojom serijom pumpi, odnosno transportnom linijom. Da bi se izbeglo aerozagadenje prostora gde se vrši priprema hidromešavine česticama suvog pepela mešač je pokriven i otprašuje se. Otprašivanje miksera vrši se u venturi skruberu obaranjem prašine vodenim sprejom na putu zaprašenoj vazduha.

### **3. Tretman šljake**

Šljaka se iz oba bloka, nakon drobljenja do maksimalne krupnoće 100 % – 5 mm transportuje hidraulički do razdelnog sanduka, koji dalje upućuje šljaku u radni hidrociklon. U „pesku” hidrociklona izdvaja se zgusnuta šljaka krupnoće - 5 + 0.5 mm, a u „prelivu” razređena šljaka krupnoće - 0.5 + 0 mm. „Preliv” hidrociklona gravitacijski odlazi do prihvatnog suda zgušnjivača cevovodom. „Pesak” hidrociklona gravitacijski odlazi preko razdelnog sanduka na rezonantno vibraciono sito za otkapavanje odakle se podrešetni proizvod upućuje gravitacijski do prihvatnog suda zgušnjivača cevovodom a nadrešetni proizvod krupnoće – 5 + 0.5 mm sa sadržajem vlage oko 10 % gravitacijski odlazi u bunker šljake preko razdelne sipke.

#### **3.1. Tretman krupne šljake**

Bunker šljake je ukupne zapremine 650 m<sup>3</sup> i sastoji se iz dve ćelije sa dva otvora za pražnjenje. Na otvorima za pražnjenje ugrađeni su dodavači, odnosno uređaji za pražnjenje bunkera. Dodavač prazni vlažnu šljaku preko sipke sa klapnom ili na utovar u kamione ili preko tračne vage, (čime se ostvaruje zahtevani kapacitet pražnjenja šljake), do prihvatnog sanduka. U prihvatni sanduk se dovodi tehnološka voda a hidromešavina šljake iz sanduka se transportuje cevovodom do rezervoara miksera pomoću centrifugalne muljne pumpe. U slučaju da ne radi sistem za pražnjenje šljake tehnološka voda se upućuje u radni rezervoar mešača.

#### **3.2. Tretman sitne šljake**

Zgušnjivač prihvata „preliv” hidrociklona i prosev sita za otkapavanje krupnoće - 0.5 + 0 mm sa masenim učešćem čvrstog oko 1 %. Na zgušnjivaču se nalazi obodni kanal sa odvodom za kontinualno pražnjenje „preliva”, koji će biti relativno bistra voda i u procesu će se koristiti kao tehnološka voda za pripremu hidromešavine pepela i šljake. „Preliv” zgušnjivača odlazi gravitacijski cevovodom u rezervoar tehnološke vode. Ispod zgušnjivača je postavljena centrifugalna muljna pumpa za transport „peska” zgušnjivača do rezervoara miksera.

### **4. Snabdevanje postrojenja vodom**

Zbog predviđenog hidrauličkog transporta šljake, postrojenje za pripremu hidromešavine pepela i šljake ima jednostavan sistem za snabdevanje vodom, odnosno koriste se po kvalitetu dve vrste vode: tehnološka i čista voda.

#### **4.1. Tehnološka voda**

Za prikupljanje tehnološke vode predviđen je rezervoar tehnološke vode zapremine 2 500 m<sup>3</sup>. Povratna voda sa deponije dovodi se do rezervoara cevovodom. U rezervoar se kao dopunska voda dovodi voda iz termoelektrane cevovodom. Preliv zgušnjivača šljake se cevovodom takođe dovodi u rezervoar tehnološke vode.

Iz rezervoara se tehnološka voda upućuje:

- prema prihvatnom sanduku za pripremu hidromešavine šljake cevovodom,
- ukoliko nema doziranja šljake u prihvatni sanduk, tehnološka voda se upućuje cevovodom direktno u radni rezervoar miksera,
- direktno u predmešač miksera kao dopunska voda za proces pripreme hidromešavine pepela i šljake cevovodom,
- prema elektrani cevovodom.

#### **4.2. Čista voda**

Čista voda se dovodi iz termoelektrane u rezervoar zapremine 120 m<sup>3</sup>, i koristi se za:

- snabdevanje otprašivača vazduha iz rezervoara miksera
- zaptivanje recirkulacionih pumpi u objektu silosa pepela,
- zaptivanje centrifugalnih muljnih pumpi za transport hidromešavine do deponije,
- za zaptivanje pumpi zgušnjivača za šljaku
- za zaptivanje pumpi prihvatnog sanduka šljake

## **5. Ispiranje i dreniranje uređaja za pripremu hidromešavine**

Ispiranje linije transporta hidromešavine vrši se nakon završetka redovnog rada na toj liniji, tako što se zaustavlja hranjenje pepela i šljake, a nastavlja sa doziranjem tehnološke vode, do protoka kojim se vršio transport hidromešavine. Nakon ispiranja, a pre dužeg zastoja rada linije za transport hidromešavine i kada su vremenski uslovi u periodu sa niskim temperaturama, uvek se vrši dreniranje celokupne linije i to:

- + Dreniranje miksera se vrši u drenažni bazen zapremine 20 m<sup>3</sup> koji je dovoljan da prihvati hidromešavinu iz radne zapremine miksera a nalazi se u objektu silosa.
- + Dreniranje prihvatnog sanduka šljake vrši se u drenažni šaht zapremine 1 m<sup>3</sup> koji je dovoljan da prihvati hidromešavinu iz prihvatnog sanduka šljake koji je smešten ispod istog.
- + Dreniranje magistralnog cevovoda se vrši po segmentima u drenažne bazene duž trase cevovoda. Na trasi cevovoda do deponije pepela predviđena su dva drenažna bazena. zapremine 50 m<sup>3</sup>, dovoljni da prime zapreminu linije cevovoda hidromešavine u dužini od 1 km. Iz drenažnih bazena sadržaj će se posle taloženja prepumpavati u cevovod povratne vode sa deponije

## **6. Čišćenje cevovoda (pigging sistem)**

Proces inkrustacije, odnosno proces stvaranja naslaga na transportnim cevovodima hidromešavine pepela i šljake, može predstavljati problem u sistemu transporta. Iz tih razloga predviđaju se dva "pigging" sistema (9) za povremeno čišćenje unutrašnjih strana cevovoda od nastalih naslaga, koja se sastoji od dve stanice, odnosno jedne za puštanje i druge za prihvatanje „pig“ – a (čistača).

## **7. Transport hidromešavine pepela i šljake do deponije**

Transportne linije hidromešavine pepela i šljake počinju od izvodne grane cevovoda sa recirkulacije rezervoara miksera, a završavaju se na istakačkom mestu na deponiji pepela i šljake. Transport hidromešavine vrše redno spregnute, centrifugalne muljne pumpe na svakoj liniji, smeštene u objektu silosa za pepeo, ispod samog silosa pepela. Na cevovodima recirkulacije rezervoara miksera izvedena je grana cevovoda na početku izvodne grane i vodi do pumpi ispod silosa pepela. Izvedena grana je istovremeno usisni cevovod centrifugalne muljne pumpe. Za deponovanje pepela i šljake predviđena je, u skladu sa eksploatacijom kopa, sukcesivna izgradnja kasete.

## **8. Recirkulacija vode sa deponije**

Prikupljena voda sa deponije transportuje se iz prelivnog kolektora pomoću uronjene pumpe za vodu u magistralni cevovod povratne vode. Magistralni cevovod povratne vode se postavlja na istoj trasi pored cevovoda hidromešavine i vodi do postrojenja za pripremu hidromešavine pepela i šljake tj. u rezervoar tehnološke vode. Povratna voda transportuje se direktno u rezervoar tehnološke vode.

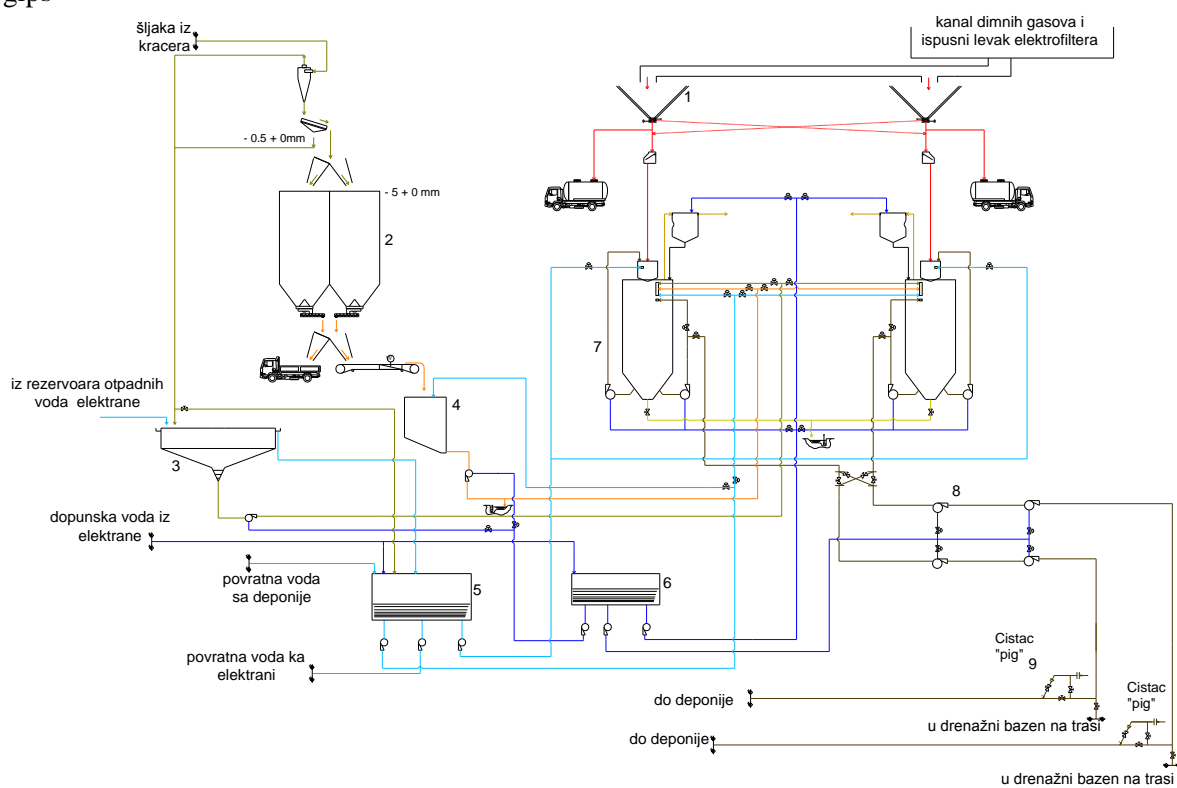
### **Zaključak:**

Osnovna karakteristika tehnologije „guste hidromešavine“ je bitno smanjenje količine vode koja se koristi za hidraulički transport. Količina vode koja se evakuiše sa deponije je i do 40 puta manja u odnosu na tehnologiju „retke hidromešavine“. Ovim je omogućeno da se povratna voda sa deponije u

potpunosti koristi u tehnološkom procesu, a ceo sistem zahteva manje prečnike cevovoda i ekonomičniji hidrotransport.

**Literatura:**

- Studija opravdanosti sa idejnim projektom izgradnje sistema za prikupljanje, pripremu, transport i odlaganje pepela i šljake iz TE „Kolubara B“, 2011. god., Rudarski institut.
- Konceptijsko rešenje sistema pepela i šljake TE „ Kolubara B “ 2 x 350 MW, iz 1999. god., Entel.
- Istražni radovi za potrebe izrade projekta transporta i deponovanja, čvrstih otpadnih materijala sa TE „Kolubara B“, u vidu guste hidromešavine sa naknadnim očvršćavanjem, RGF – 2001. god., Sveska 1+2.
- Izvod iz dopunskog rudarskog projekta PK „ Tamnava – Zapadno polje ” 2008.-2012. god. za potrebe izrade dokumentacije za TE „ Kolubara B “, kasete za odlaganje pepela, šljake i gips



Uprošćena šema tehnološkog procesa pripreme i transporta hidromešavine pepela i šljake

# **ANALIZA MOGUĆNOSTI PRIMENE SAVREMENIH SOFTVERSKIH PAKETA IZ OBLASTI RUDARSTVA U PROJEKTOVANJU POVRŠINSKIH KOPOVA**

## **MODERN SOFTWARE PACKAGES ANALYSIS IN THE OPEN PIT MINE DESIGNING**

**Nešić D, Simić Ž., Milovanović I., Miljević T.**

*RB Kolubara–Projekt, Lazarevac*

### **Apstrakt**

Na tržištu savremene informacione tehnologije je već duže vreme prisutno više softverskih kompanija koje nude programe za primenu u oblasti rudarstva i geologije. Optimizacija procesa proizvodnje bi se pouzdanije obavljala uz primenu najnovije računarske tehnologije i raspoloživih softverskih paketa. Neophodno je pravovremeno upoznavanje sa novim softverskim rešenjima i izbor odgovarajućeg softvera kako bi na brz, kvalitetan i pouzdan način rešavali nadolazeće, često nepredvidljive situacije. Softveri zahtevaju kvalitetnu obuku i redovno održavanje tako da je pravilan izbor veoma važan za budući rad. Izrada dokumentacije u široko rasprostranjenim softverskim paketima kao i broj obučeni kadrova za rad u tim programima, utiče na renome i rejting preduzeća. Posedovanje dokumentacije urađene uz pomoć najnovijih softverskih rešenja i potpisane od strane preduzeća, koje ima obučene kadrove za rad i odgovarajuće licence, na najbolji način ilustruje ozbiljnost preduzeća. Efekat primene savremenih softverskih paketa bi bio naročito vidljiv u aktuelnim dešavanjima u Kolubarskim rudnicima, gde je redovan tehnološki proces proizvodnje ugrožen čestim problemima sa eksproprijacijom zemljišta u vlasništvu lokalnog stanovništva. U radu će biti prikazan kratak pregled mogućnosti par softverskih rešenja koja su prisutna na svetskoj sceni, a namenjeni su projektovanju u oblasti rudarstva i geologije.

### **Abstract**

In the modern information technology market many software companies has long attendance, offering the applications in the field of mining and geology. The manufacturing process optimization would be performed more reliably if the latest computer technology and available software packages were used. It is necessary to introduce new software solutions and to choose the appropriate software in time, in order to make a fast, high quality and reliable way to solve the upcoming, and often unpredictable, situations. Software requires appropriate training process and regular maintenance, that is why the correct choice of software is very important for future work. Production of documents in widely disseminated software packages, as well as number of skilled personnel to work in these programs, affect the reputation and rating of companies. Possession of documentation which is made using the latest software solutions and signed by the company, which has trained personnel to operate and acquire the appropriate license, is the best illustration of the seriousness of the enterprise. The effect of applying modern software packages would be especially noticeable in the current events in the Kolubara Coal Mines, where the regular technological production process is affected by frequent problems with the expropriation of land owned by local residents. This paper shows a brief overview of suitability of several software solutions that are used for designing in mining and geology.

### **1.0. UVOD**

Danas su u rudarskim kompanijama u upotrebi softveri koji u mnogome skraćuju vreme projektovanja i daju jasniji pristup problemima koji se mogu pojaviti pri eksploataciji. Ovo je posebno značajno iz razloga što su danas ležišta u punoj fazi eksploatacije, a uslovi eksploatacije sve kompleksniji i zahtevaju sve složeniji pristup. Optimizacija proizvodnje je nezaobilazan faktor uz primenu sve strožijih propisa iz oblasti ekologije.

---

Primena savremenih softverskih paketa na potencijalna eksploataciona ležišta (u skladu sa tržišnim kretanjima), može dati sasvim nov pristup realnijeg sagledavanja svih aspekata eksploatacije, od pripreme na otvaranju ležišta pa do cene finalnog proizvoda.

Danas se na tržištu mogu naći firme koje nude rešenja iz oblasti: geologije, eksploatacije metaličnih i nemetalčnih mineralnih sirovina, ekonomske opravdanosti i ocene eksploatacije. Takođe, nude se rešenja koja se odnose na tip rudnika (površinska i podzemna eksploatacija, kamenolome, ugalj i druga slojevita ležišta). Po fazama eksploatacije se dele na: istraživanje i procenu isplativosti eksploatacije, razvoj, i proizvodnju.

Imenitelj za sve softverske pakete u zavisnosti od oblasti primene je: projektovanje u skladu sa tehničko-eksploatacionim parametrima, sa optimalnim korišćenjem opreme, ljudstva i energije, sa što manjom cenom finalnog proizvoda, odnosno, ekonomskom verifikacijom datog tehničkog rešenja.

### **1.1. MINEX**

Gemcom Minex je jedan od softvera koji je namenjen za ugalj i druga slojevita ležišta kao što su fosfati, boksiti, rude gvožđa i platine. Potpuno integriše sve aspekte rudarstva od istraživanja do rekultivacije. Mineks osigurava resurse koji su tačno procenjeni i rudarski efikasni, poboljšavajući produktivnost i profit kroz eksploatacioni vek rudnika. Razvijen u saradnji sa rudarskom industrijom, softver nalazi primenu u mnogim najvećim rudarskim kompanijama.

Programski paket obuhvata module i podmodule koji obezbeđuju neophodnu podršku za svaku vrstu ili tip eksploatacije: **Minex, Whittle, MineSched, InSite...**

Prednosti Minex-a su: **brzina, transparentnost** (vizuelizacija svake faze modela i procesa projektovanja), **povezivanje** (smanjenje duplih podataka i lako povezivanje sa korporativnim bazama podataka i zajedničkim datotekama i formatama za čuvanje podataka, uključujući GIS, CAD i druge baze) i **štedljivost** (integracija geologije, optimizacije, projektovanja, planiranja, istraživanja, rekultivacije i drugih funkcija koje omogućavaju brže i preciznije donošenje odluka).

### **1.2. MINEX SISTEMI**

Geološko modelovanje i procena ležišta, nudi modelovanje sveobuhvatnih geoloških rezervi slojevitih ležišta. Pri tome koristi sve raspoložive podatke za interpretaciju ležišta (geofizičke, litološke, vlažnost, strukturalne i druge osobine). Korisnik formira bazu podataka iz istražnih bušotina, uz brzu, tačnu, efektivnu i efikasnu validaciju podataka, nedostajući podaci se aproksimiraju interpolacijom na čitavo ležište. Omogućava okonturenje i prikaz ležišta u 3D prikazu, statistiku i prikaz histograma, kako bi interpretacija ležišta bila što jasnija.

#### **1.2.1. Dugoročni planovi**

**Minex Mine Planning**, prilagođen je za površinske kopove uglja i drugih slojevitih ležišta. Projektovane funkcije su integralno povezane sa geološkim modelom ležišta. Projektovane rezerve i podaci o kvalitetu mineralne sirovine su sačuvani u bazi podataka.

**Minex Optimizer (optimizacija rudnika)**, generiše više varijanti eksploatacije koje se mogu koristiti u proceni resursa i projektovanju, u zavisnosti od postavljenih ograničenja i zahteva investitora. Optimizer koristi dobro poznati "Lerchs-Grossman"(LG) algoritam i idealan je:

- pri većim dubinama kopova, kada je teško izvršiti analizu zbog strme završne kosine.
- kod brdovitih terena,
- u strukturno složenim sredinama sa razdvojenim ili nabranim ležištima, što je teže ekonomski razmatrati.

**Ekonomski parametri**, ograničavaju ležište, isključujući one delove gde je ugalj nekvalitetan (na primer: jalovinski proslojci, visok sadržaj pepela, sumpora).



**Projektovanje kopova**, je alat koji nam omogućava automatsko projektovanje kopa i odlagališta. Rampe se definišu kao otkopne ili odlagališne i omogućuje brzu vizuelizaciju projekata. Minex analizira ležište koristeći preseke etaža, blokova sa geološkim modelom. Rudarski projekat je integrisan sa geološkim modelom, a optimizacija proizvodnje omogućava brzo, tačno i pravovremeno projektovanje svih tehnoloških elemenata.

**Proračun kubatura masa**, sa podacima o kvalitetu mineralne sirovine za etaže i ležište se obavlja precizno uz smanjenje troškova eksploatacije, a pomoću geološkog modela. Baze podataka se redovno ažuriraju prateći tehnološke procese.

**1.2.2. Kratkoročni planovi**, se rade uz pomoć nekoliko modula Minex softverskog paketa.

1. Survey Data Reduction se koristi za redukciju istražnih podataka.
2. Blast patent layout omogućava izradu šema i šablona eksplozije.
3. Road and ramp design, je osmišljen za projektovanje puteva i rampi.
4. Dump design se koristi za projektovanje odlagališta.
5. Cross Section Rehabilitation, sadrži alate za dimenzionisanje kamionskog transporta i završnih etaža odlagališta. Brzo i lako pravi preseke kroz odlagalište i automatski ujednačava zapremine uvala i nasipa po jednom preseku tj. niveleti u cilju što efikasnije rekultivacije površine odlagališta.
6. Spoil reshaping, omogućava preoblikovanje jalovišta.

### **1.3. PREGLED MODULA**

U zavisnosti od tehnoloških potreba postoji nekoliko modula za rešavanje problema iz oblasti geologije ili rudarstva. Svaki standardni modul sadrži: sofisticirano 3D okruženje, štampu, površinsko modeliranje i CAD alate. Svaka opcija nudi:

- u okviru geologije: formiranje baze bušotina i modeliranje ležišta uglja, analizu kvaliteta uglja, modelovanje raslojenih ležišta i geostatistiku.
- u okviru rudarstva: projektovanje i proračun rezervi, optimizaciju rudnika, bušenje i miniranje, geodetsko snimanje kopa, zemljani radovi, rekultivacija, izradu operativnih planova, planiranje kopa.

#### **1.3.1. Modul Planiranja kopa**

Minex se prevashodno koristi za slojevita ležišta i pomaže u optimizaciji i projektovanju, kako pri otkopavanju korisne mineralne sirovine tako i pri odlaganju jalovine. Za razliku od tabela i ogromnih karata ovaj modul omogućuje pregled i animaciju projekta i identifikovanje "uskog grla" t.j. prognoza mesta gde se mogu javiti problemi pri eksploataciji, bilo da se radi na ograničenju rudnog tela ili ležišta, kapaciteta opreme, neravnomerne raspodele opreme i.t.d.

Takođe se mogu simulirati procesi miniranja (eksplozije bušotine), rada buldozera, bagera i dreglajna. Kreiranjem planova može se vršiti kontrola i izmene u cilju poboljšanja proizvodnje i finansijske kontrole. Ovaj modul takođe može da se koristi za kreiranje kapitalih investicija. podržava neograničen broj nepredviđenih situacija za različite strategije eksploatacije. Prednosti ovakvog načina rada se ogledaju u tačnosti podataka, povezivanje geoloških modela, izrada grafikona, brzini rada, donošenju pravilnih odluka i jednostavnosti prezentovanja.

#### **1.3.2. Modul Optimizacije kopa**

Kada su kompaniji za istraživanje i eksploataciju potrebni pokazatelji ekonomske održivosti slojevitog ležišta i povećanje NVP tada se treba okrenuti Minex Pit Optimizer-u. Optimizer je projektovan da zadovolji specifične zahteve slojevitih ležišta kao na primer ugalj, fosfati, boksiti... Pri obradi podataka koristi se algoritam-Lehrs-Grossman. 3D slike sa optimalnim rudarskim pojedinostima su prilagođene za treća lica, investitore i lica koja nisu rudarske struke, a mogu pogledati ekonomske pokazatelje i razumeti ih.

Istraživanje-pronalaženje početnih vrednosti (količina) ležišta sa osnovnom cenom sa pretpostavljenim prihodom. Izrada ekonomskog okvira - pronalaženje ekonomske održivosti ležišta sa zadatim ciljem i kriterijumima ulaganja i tržišnih uslova. Prethodna tehno-ekonomska analiza-optimizacija i poboljšanje osnovnih delova sa više pretpostavljenih cena koštanja.

#### **1.4. WHITTLE**

Kada istražujemo i procenjujemo finansijsku održivost i treba da odredimo optimalnu strategiju za eksploataciju ležišta koristimo WHITTLE. On pomaže kompanijama da odrede svoju investicionu strategiju i da potkrepi rudarski projekat kako bi maksimalno povećao profitabilnost rudnika uzimajući u obzir realna rudarska ograničenja. On uzima pouzdane podatke i koristi ih u određivanju granica, izvodljivosti, eksploatacionog veka rudnika, a u toku revizije rudarskih projekata kroz sve faze eksploatacije. Pošto sama optimizacija rudnika nije dovoljna da zaokruži puni ekonomski potencijal poslovanja, WHITTLE omogućuje punu optimizaciju rudnika, što ima za posledicu značajno povećanje vrednosti projekta.

Prednost, upotrebe ovog softvera je u istraživanju i boljem sagledavanju potencijalne vrednosti ležišta, označavanju budućih površina za istražno bušenje. Zatim određivanje granica rudnika, uspostavljanje ekonomske održivosti eksploatacije ležišta i mogućnost biranja za kapitalne investicije i strateški razvoj. Prethodna studija izvodljivosti identifikuje razvojnu strategiju, kapitalne investicije, očekivani prihod (NVP) i optimalno korišćenje opreme. Kalkulisanje osetljivih delova za razvijanje strategije za smanjenje rizika poslovanja. Utvrđivanje konačnih rezervi u ležištu. Bankarska studija izvodljivosti omogućuje analizu očekivanog povraćaja ulaganja. Analiza osetljivosti i rizika investiranja i razmatranje više scenarija za smanjenje rizika. Proizvodnja – određivanje strateškog pravca, eksploatacija delova rudnika po periodima, strategija razvoja novih rudnika, ponovna procena projekata rudnika, kao i odgovor na promenu uslova poslovanja, proračun godišnjih rezervi, homogenizacija materijala za finalni proizvod uzimajući u obzir procesna ulazna ograničenja. Korišćenje više metoda za računanje vrednosti blokova i pojedinačnih prihoda.

#### **1.5. MINE SCHED**

Primenjuje se u svim rudnicima, kako podzemnim tako i površinskim, za izradu kratkoročnih i dugoročnih planova. MineSched-om možete projektovati blok (etažu), mrežu ili poligon modela koji potiču iz više različitih sistema za projektovanje rudnika, uključujući i SURPAC i MINEX. Ovaj softver je poznat po svojim širokim spektrom mogućnosti: planiranja i sposobnosti davanja izlaznih rezultata u raznim formatima uključujući 2D i 3D grafikone, izveštaje i dijagrame.

MineSched sadrži:

**Projektovanje površinskih kopova** (daje kompletnu izradu dugoročnih i kratkoročnih planova, kontrola svih aspekata projektovanja, projektovanje pomoćnih aktivnosti, odlagališta

**Dugoročni i kratkoročni planovi i homogenizacija**, izrada planova sa kompletnim izveštajima i grafikonima u samo minut vremena. MineSched takođe kreira planove koji zadovoljavaju kvalitet, materijale i njihov odnos.

**Vizuelizacija i objavljivanje**, MineSched nudi svojim korisnicima da na različite načine deli i publikuje planove, uključujući i grafičku prezentaciju i štampanje.

**Microsoft Excel izveštaji i grafici**, ovi izveštaji daju jasan uvid u planirane periode a u vezi proizvodnje, zahteva opreme, ekonomije. Bilo koja kombinacija podataka iz MineSched-a može da se izveze u Microsoft Excel gde mogu biti obrađeni i deljeni sa drugim aplikacijama.

**Podešavanje i proširenje MineSched-a za podršku svakoj operaciji**, prilagođavanje sistema za specifične potrebe uz minimalan napor i obuku. Podešavanje je dovoljno fleksibilno da uključi bilo koji broj lokacija koji će biti eksploatisani, bilo koju vrstu resursa, i može se uključiti bilo koji vremenski okvir.

### **1.6. PCBC**

Koristi se praktično u svim rudarskim kompanijama da bi se poboljšao profit kroz planiranje i upravljanje proizvodnjom. Korisnicima ovog paketa ostvaruju se značajna povećanja u proceni masa kroz više preciznih procena resursa i izveštaja kao i za određivanje geotehničkih uslova. Smanjenje rizika za velike kapitalne projekte pomoću više scenarija. Pruža izveštaje menadžmentu za efikasno praćenje dinamičnih situacija.

### **1.7. InSITE**

Koristi se za: upravljanje proizvodnim procesima rudnika, kamionskim transportom, odlagalištem, deponijama, finalnim proizvodom, indentifikacija proizvodnih problema sa opremom i drugim problemima koji bi bili skriveni, praćenje performansi opreme i eliminisanje "uskih grla" i kontrola cene koštanja proizvodnje, poboljšanje razlike između planirane i ostvarene proizvodnje.

Dostupan je u sledećim varijantama:

1. Upravljanje rezervama (omogućava da napravite prilagođavanje kako bi nivo proizvodnje i dalje bio usaglašen sa projektom).
2. Proizvodna ravnoteža.
3. Performanse opreme (omogućava povećanje proizvodnje izborom odgovarajuće opreme).
4. Praćenje završnog proizvoda.
5. Upravljanje cenama (omogućuje vam da pratite, razvijete i kontrolišete uticaj različitih troškova u vezi sa aktivnostima rudnika).
6. Događaji i procesi upravljanja.
7. Unos podataka (omogućava unos podataka iz različitih izvora i tipova datoteka).
8. Izrada izveštaja.

### **1.8. GEMCOM HUB**

Omogućava upravljanje podacima za optimizaciju istraživanja i proizvodnje, centralizuje i bezbedno skladišti podatke, brzo i pravovremeno prenosi informacije, olakšava prenos skupova podataka kao što su modeli ležišta, planova. Zahteva minimalnu informatičku podršku, uprkos naprednoj tehnologiji. HUB postiže značajne dodatne uštede kroz bolju raspodelu rudničkih resursa, uključujući i transport i poboljšano korišćenje stručnih kadrova, koji mogu da rade na više globalnih projekata sa jedne lokacije. Jednostavan je za učenje, dovoljan je minimum znanja o IT tehnologijama i brzo se instalira.

### **2.0. MAPTEK**

Jedna od kompanija koja se bavi izradom, distribucijom i obukom za rad na softveru primenljivom u geodeziji, geologiji i rudarstvu je i australijska firma MAPTEK. Osim softvera distribuiraju i savremene uređaje za lasersko snimanje i digitalno fotografisanje terena, koji su montirani na vozila i omogućavaju skraćanje vremena potrebnog za snimanje, obradu i upload u softvere za projektovanje. Maptek je kompanija, koja se bavi rudarstvom skoro 30 godina. Od male firme za razvoj softvera za rudarstvo, prerasla je u firmu koja zapošljava 250 ljudi širom sveta. Prvi 3D softver za rudarstvo nazvan „Vulkan“, licenciran je 1984. godine. Za 30 godina postojanja Maptek je obezbedio rešenja i usluge u svetskoj rudarskoj industriji kroz sledeće proizvode:

**Maptek Vulcan** omogućava napredni 3D prikaz o prostornom rasporedu (položaju) ležišta, modelovanje, vizuelizaciju i analizu u rudarskoj industriji. Od istraživanja preko projektovanja rudnika i planiranja, do rehabilitacije rudnika. Više od 4000 licenci Vulkana je instalirano širom sveta bez obzira na vrstu mineralne sirovine i tipa rudnika.

**Maptek I-Site**, ima pre svega sposobnost da Vulkan poveže sa velikim brojem modela i prostornih podataka dobijenih snimanjem laserskim uređajima.

**Maptek-Mine Suite** je integrisani softver i hardver, koji omogućava kompletno praćenje proizvodnje i upravljanje voznim parkom. Takođe omogućava praćenje i nadgledanje, kontrolu i izveštavanje za sve tehnološke procese proizvodnje i stanje opreme u oblasti rudarstva. Ima

prilagodljiv interfejs i sveobuhvatne alate za informacije koje su potrebne u toku procesa proizvodnje za efikasno upravljanje radom rudnika.

**Maptek „Services“** je projektovan tako da optimizuje investicije u rudniku, pokazuje kako da se koriste slični sistemi i bolje i kvalitetnije uposli osoblje, iskoristi investicija i rudnik postane efikasniji i produktivniji.

## 2.1. VULCAN

Vulkan je softversko rešenje za 3D modelovanje u rudarstvu. Omogućava korisnicima da potvrde i transformišu podatke dobijene istražnim radovima u dinamičke 3D modele, izrade operativne planove i razne vrste projekata u rudarstvu. Sastoji se iz VULCAN BUNDLES (VULKAN PAKETI) koji sadrži delove softvera sa alatima kao što su:

**Vulcan Envierer**, dizajniran za 3D pregled modela ležišta i mapiranje podataka, geoloških istražnih bušotina, mreže modela, triangulaciju površina i punih profila, blok modela strukturnih i geotehničkih podataka.

**Vulcan CAD** nudi samostalni softver koji je 3D CAD funkcionalan. Nudi kompletno projektovanje i editovanje, uvoz-izvoz podataka, analizu podataka, crtanje i štampanje. Softver je prilagođen za upotrebu bez velikog znanja iz oblasti 3D projektovanja.

**Vulcan Surveyor** iliti Vulkan geometar, omogućava da se prikupljeni geodetski podaci uvezu u Vulkan i kasnije ažuriraju u bazi novim podacima. Omogućava kompletnu obradu informacija sa savremenih geodetskih uređaja, počev od merenja do prenosa podataka na računar, mrežna računanja (zapremine) i generisanje 3D modela.

**Vulcan Modeller** obezbeđuje napredan uvoz i štampanje šablona i šema uz 3D CAD vizuelizaciju okruženja i statistiku podataka.

**Vulcan Explorer** proširuje mogućnost geoloških istraživanja, pružajući 3D prikaz i modeliranje životne sredine, testiranje i proveru istražnih modela, pomažući pronalaženje važnih naslaga rudnih tela. Upravlja i proverava bušotine, litološke i analitičke podatke koristeći Vulkan bazu podataka ili povezuje sa drugim bazama podataka, daje prikaz i poprečni presek bušotine.

**Vulkan GIS Explorer** je prilagođen za geološka istraživanja, koja zahtevaju sposobnost Vulkan 3D grafike i funkcije za prikazivanje i analizu podataka od drugih GIS sistema. Oslanja se na Vulkan Explorer sa dodatkom Vulkan ESRI Arc GIS interfejsa.

**Vulcan Mine Modeller for Open pit** (Vulkan modelar kopa za površinsku eksploataciju) sadrži komplet alati za modelovanje i projektovanje površinskih kopova. Ovaj softver ima kompletan set 3D alati za izradu kosina, rampi, etaža, izrade raznih faza i projektovanja odlagališta, zajedno sa svim standardima CAD tehnologije, uključujući metodu trouglova. Odlikuju ga sledeće osobine:

1. Napredni CAD alat za projektovanje i kombinovanje tehnika modelovanja za otvaranje novih i modifikaciju već otvorenih površinskih kopova.
2. Integrisan, fleksibilan alat koji dozvoljava inženjerima da izrade projekat površinskog kopa u skladu sa ograničenjima determinisanih ulaznim parametrima.
3. Jednom kada se odlagalište definiše, podela na etaže se može generisati u skladu sa nosivošću tla i drugim geotehničkim parametrima i planiranim masama za odlaganje.
4. Vremenski raspored podataka se može koristiti za razvoj i planiranje proizvodnje.
5. Progres Map nam dozvoljava da napravimo progres map lejer za svaki period u eksploataciji zasnovan na trenutnoj konfiguraciji terena, projektovanje ranije izvedenih radova (vraćanje unazad) i predviđanje budućih tehnoloških operacija.
6. Program generiše više varijanti eksploatacije na površinskom kopu, kroz blok modele i omogućava automatski obračun masa zahvaćenih tom varijantom u zavisnosti od ekonomskih pokazatelja (faktora). Na taj način omogućava racionalni izbor opreme i tehnologije za eksploataciju mineralne sirovine i optimizacije na površinskim kopovima.

**Vulcan MineModeller for Underground** (Vulkan modelar za podzemnu eksploataciju) je predviđen za izradu projektne dokumentacije u podzemnoj eksploataciji.

**Vulkan GeoModeller** pomaže u istraživanju za inženjere geologije sa naprednim funkcijama za stratigrafske i ne stratigrafske aplikacije. Kreiranje baze podataka za bušotine koje korisnik grafički proverava i manipuliše dobijenim podacima.

*Vulcan Geo stat Modeller* Zasnovan na Vulcan Geo Modeller paketu, tako da čini kompletan softverski paket za geologiju i modelovanje ležišta. On pruža sve što i prethodni program i još mnoge geostatističke alate. Zasnovan je na GSLIB kodu.

### **2.1.1. Geološka rešenja**

Ovaj deo softvera obezbeđuje 3D alate koji omogućavaju geolozima da pristupe i vide podatke iz bušotina, definišu geološke zone i precizno naprave model rudnog tela i ležišta mineralnih sirovina.

*Modul za upravljanje bazama podataka*, je neophodna komponenta svih Vulkanovih paketa, potrebnih za uvoz, editovanje i potvrđivanje podataka iz bušotina. Omogućava pregled baze podataka i analizu podataka snimljenih u drugim bazama.

*Alati za modeliranje resursa (novčanih sredstava)*, služe za procenu kvaliteta uključujući: inverznu interpolaciju, krigovanje, variograf i tetra modelovanje.

*Moduli za modelovanje ležišta mineralnih sirovina*, poseduju niz alata, koji se koriste za modelovanje blokova uz statističku analizu, 3D mape sa brzom interpretacijom i izradu variograma. Zatim korišćenje geostatističkih tehnika za obračun masa i modelovanje variograma kako za slojevita stratigrafska ležišta, kosa ležišta, ležišta smaknutih rasedom i dr. Omogućene su i interaktivne izmene u 3D okruženju jednostavnim prevlačenjem miša u jednom koraku od linearnog modela.

*Geotehnički alati*, omogućavaju korisnicima da podese strukturnu bazu podataka i unosa podataka ručno ili preuzimanjem podataka iz ASCII datoteke. Ovaj deo softvera sadrži dva modula: modul za mapiranje dubokih bušotina i modul za monitoring.

*Alatke za analizu rudnog tela*, mogu se koristiti za kontrolu kvaliteta, karakteristika i vrednosti rudnog tela, kao i za izračunavanje ograničenja otkopavanja ležita korisne mineralne sirovine. Sastoji se iz modula za kontrolu kvaliteta i modula za automatsko ograničenje eksploatacionog polja. Ovim se maksimizira profit za otkopavanje eksploatacionog bloka.

*Modul za projektovanje kanala*, korisnicima omogućava da kreiraju i uređuju lokacije i orijentaciju kanala. Omogućuje crtanje 3D strukture kanala (npr. dužina, pravac i dubina). Uzorci kanala mogu biti interaktivno analizirani pomoću više metoda.

*Geološki geofizički modul*, omogućava korisnicima da prikažu geofizičke podatke, koji se nalaze u ISTS ili ODBC bazi.

*Ostali delovi aplikativnog interfejsa za Geologiju*, omogućavaju uzajamni prenos podataka između Vulkanova i drugih sličnih proizvoda kao na pr. ESRI Arc GIS proizvoda, SIRO Vision, Adam Tech-3DM, zatim NGRain interfejs itd. Ovakvi modeli se mogu direktno uvesti u MS Office.

### **2.1.2. Vulkan rešenje za projektovanje rudnika**

Vulkan rešenje za projektovanje površinskih i podzemnih rudnika poseduje mnoštvo veoma dobrih funkcija koje omogućavaju korisnicima da planiraju i izrade složene 3D modele lako i brzo.

#### *Aplikacije za čvrste stene*

*Modul za projektovanje kopova*, omogućava projektovanje kopova i raspored i lokaciju odlagališta, projektovanje kosina (nagiba) i obezbeđuje moćne alatke za vizuelizaciju i izradu izveštaja.

*Modul za interaktivno projektovanje puteva*, omogućava korisnicima da razvijaju digitalne modele terena za projektovanje puteva, železničkih trasa i cevovoda, koristeći kriterijume i ograničenja u projektovanju iz oblasti građevinarstva.

*Modul za projektovanje bušenja i miniranja*, obezbeđuje alatke za inženjere da pripreme šemu bušotina po etažama. Korisnički definisana specifikacija omogućava složene formule i šeme, za svaki red bušotina ili različite osobine (ugao bušenja, prečnik bušotine, šema eksplozivnog punjenja itd.).

*Modul za optimizaciju kopa*, obezbeđuje kompletan jednostavan i moćan softverski paket za optimizaciju geometrije kopa. U ovom softveru za optimizaciju kopa se nalaze Lerchs & Grossmann optimizator kopa i Floating Cone algoritmi.

Ovaj optimizator koristi takođe i Lan-ov algoritam za izračunavanje vrednosti u različitim graničnim vrednostima za rudu i koristi njih uzastopnih iteracija kako bi dobili konačan rezultat. Izvoz dobijenih rezultata direktno u Excel, i prikaz rezultata preko raznih grafikona.

*Modul za analizu produktivnosti i izbor vrste transporta*, omogućava da se proračunava vreme ciklusa kamionskog transporta, udaljenost od otkopne etaže do odlagališta (deponije), drobilice i zaliha kao i produktivnost kamionskog transporta i opreme. Izveštaj se može konvertovati u Excel.

#### ***Aplikacija za slojevita ležišta***

*Modul za projektovanje slojevitih ležišta, etaža i kosina*, se prvenstveno koristi u eksploataciji uglja gde se nalaze ravna i talasasta ležišta, i omogućava da se modeluju koristeći 2D površine, kao što su mrežne rešetke ili triangulacione mreže.

*Dreglajn modul*, obezbeđuje moćan skup alata za simulaciju i optimizaciju rada dreglajna, miniranja, buldozerskih radova, kamionskih (transportnih) operacija, otkopnih i mnogih drugih operacija u eksploataciji korisne mineralne sirovine. Takođe obezbeđuje optimizaciju i planiranje rudnika za izbor opreme u odnosu na karakteristike materijala, kao i izrada projekta rekultivacije. Moduli za projektovanje puteva, kanala, železničkih i dr. Transportnih puteva, kao i moduli za bušenje i miniranje, zatim moduli za analizu produktivnosti i proračun troškova transporta su isti kao i moduli u aplikaciji za čvrste stene.

U okviru softvera za „*Projektovanje podzemnih rudnika*“, moguće je projektovati podzemne rudnike čvrstih stena i slojevitih ležišta. Ovaj softver poseduje alate za otvaranje i projektovanje rudnika, zatim bušenje i miniranje, ventilaciju rudnika, itd. Takođe omogućava brzu analizu troškova eksploatacije da bi što pre doneli odluku o najefikasnijoj varijanti miniranja, otkopavanja i izvoza mineralne sirovine.

*Vulkanov softver za projektovanje kopova*, je dizajniran da besprekorno radi sa mnogim raznoraznim drugim interfejsima i alatima koji se uobičajeno koriste: Whittle Interface, Drag Nav Interface, Dozer 2000 Interface, Optech Interface, Minemax i Gantt Interface.

### **2.1.3. Modul za planiranje i projektovanje**

#### ***Alatke za planiranje na površinskim kopovima***

*Modul za planiranje i proračun rezervi mineralnih sirovina*, omogućava kvalitetno planiranje i upravljanje podacima i upotrebu podataka i u MS Excel 2007 i u Vulkanu. Izveštaj o rezervama se može prikazati u obliku grafikona i 3D modela.

*Modul za optimizaciju i planiranje*, se zasniva na alatima koje pruža Chronos Planer i dodaje mogućnost da se ostvare optimalne sekvence, zasnovane na skupu pravila i ograničenja planiranja.

*Vulkanov poligon rezervi mineralnih sirovina*, obezbeđuje skraćenu verziju alata za planiranje. Modul omogućava proračun rezervi u kontinuitetu uporedo sa stvaranjem planiranih poligonalnih blokova. Inženjeri su tako u stanju da lakše planiraju realno proizvedene količine mineralne sirovine, ne samo u pogledu kapaciteta već i tipa materijala i kvaliteta.

*Alati za planiranje u podzemnoj eksploataciji*, su optimizovani da iskoriste karakteristike MineMax i Gantt alata: osnovni planer, auto planer i MineMax i Gantt rezerve

### **2.2. I-SITE**

I-Site je razvijen za upotrebu laserske tehnologije u oblasti rudarstva i geologije, gde je značajno olakšan rad. Pojednostavljena su razna merenja na terenu, gde se brže i sa manjim angažovanjem ljudstva dolazi do preciznih podataka. Uređaji koji se koriste su sa najdužim opsegom, izvanrednom tačnošću, jednostavni za upotrebu, imaju produktivan interfejs, poboljšanu brzinu skeniranja. Skeneri su sa potpuno integrisanim fotoaparatom.

*I-SITE Vehicle System*, je sistem koji se montira na vozila. *I-SITE Studio softver*, obezbeđuje precizno 3D modelovanje, brzo projektovanje i održavanje 3D modela deponija, brana, jalovišta i odlagališta. Pre i posle miniranja omogućava brze analize geologije rudnika i praćenje završnih kosina, stabilnost kosina, koristeći veliku rezoluciju snimka. Skeniranje pojedinih delova rudnika i integrisanje novih podataka u aktuelni model i automatski se ažuriraju. *I-SITE Forensic softver (softver za forenziku)*, koristi se prilikom nesreća u rudnicima.

### **2.3. MINE SUITE**

**Mine Suite** se sastoji iz delova koji omogućavaju automatsko ažuriranje sakupljenih podataka i njihovu dalju distribuciju, upravljanje proizvodnjom uz pomoć informacionog sistema, stalno poslovno unapređenje, brzo i uspešno upravljanje, zaštitu i bezbednost.

### **3.0. ZAKLJUČAK**

Prednost upotrebe savremenih softvera u oblasti rudarstva omogućavaju da se proizvodni procesi optimiziraju, a vreme umesto za projektovanje utroši na razradu raznih varijanti i iznalaženju alternativnih rešenja. Nova softverska rešenja omogućavaju korisnicima da analiziraju različite situacije ponaosob za svaku tehnološku operaciju i da veoma brzo dobiju rezultate, koje kasnije mogu da vizuelno prezentuju, radi lakšeg sagledavanja problema i iznalaženje optimalnog rešenja ili da apliciraju u druge softvere, gde će dalje biti analizirani, prezentovani ili obrađeni na način koji više odgovara željama korisnika, menadžmenta ili investitora.

Softveri su uglavnom prilagodljivi raznim potrebama korisnika, tj. eksploatacionih zahteva. Izmene su moguće u realnom vremenu i krajnji rezultat u kratkom roku može da se prezentuje bilo u Vulkanovim modulima ili u MS office paketima.

# REŠENJE SISTEMA ZA ODVODNJAVANJE POVRŠINSKOG KOPA POLJE „E”, KOLUBARSKI UGLJONOSNI BASEN, SRBIJA

## UNDERGROUND WATER DRAINAGE SYSTEM SOLUTION ON COALFIELD „ E ”, KOLUBARA COAL BASIN SERBIA

Nadežda Stevanović-Petrović, Branislava Bukvić, Dragan Buhač  
RB KOLUBARA, LAZAREVAC

### Apstrakt

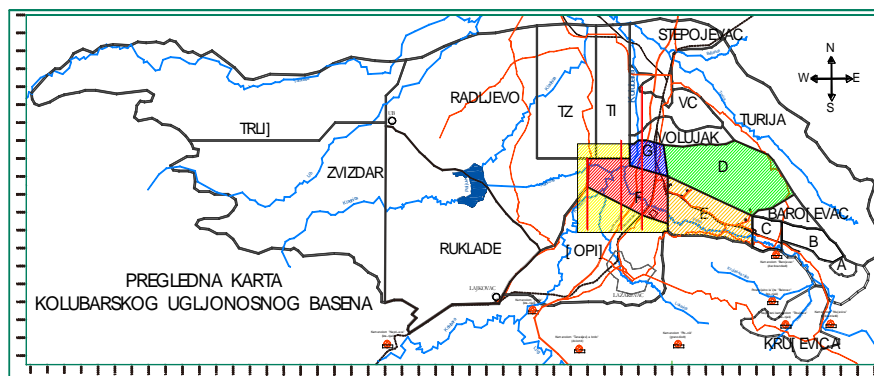
Problematika odvodnjavanja površinskih kopova predstavlja jednu od osnovnih komponenata u svim fazama površinske eksploatacije mineralnih sirovina. Drugim rečima, zaštita površinskih kopova i odlagališta od podzemnih i površinskih voda predstavlja jedno od najvažnijih pitanja koje treba rešavati u svim fazama tehnološkog procesa eksploatacije mineralne sirovine. Sistem odvodnjavanja mora da je tako projektovan i izveden da pruža potpunu zaštitu i omogućava nesmetani tehnološki proces dobijanja mineralne sirovine.

### Abstract

Coal open pits drainage problems represent one of the main components in all phases of open pit life. In other words, the protection of surface pits and dumps of groundwater and surface water is one of the most important issues to be resolved at all stages of the technological process of exploitation. Drainage system must be designed and constructed to provide full protection and allows a seamless technological process of obtaining raw materials.

### 1. UVOD

Kolubarski ugljeni basen se nalazi 50 km jugoistočno od Beograda, a proizvodnja uglja se odvija na četiri površinska kopa: Polje B, Polje D, Tamnava – zapdno polje i Polje Veliki Crljeni. Površinski kop polje „E” planirano je da prestavlja zamenski kapacitet površinskog kopa polje „D” što ukazuje na veliku važnost budućeg površinskog kopa. Površinski kop polje „E” se nalazi u jugoistočnom delu Kolubarskog basena i zauzima prostor između „polja F” na zapadu i površinskog kopa, polje D” i površinskog kopa „polje B+C” na istoku basena (slika 1).



Slika 1. Pregledna karta kolubarskog ugljonosnog basena

### 2. REŠENJE SISTEMA ZA ODVODNJAVANJE NA POVRŠINSKOM KOPU POLJE „E”

Osnovno rešenje odvodnjavanja na površinskom kopu polje „E” u zavisnosti od rudarsko-tehnološkog rešenja otvaranja i eksploatacije može se podeliti u dve faze:

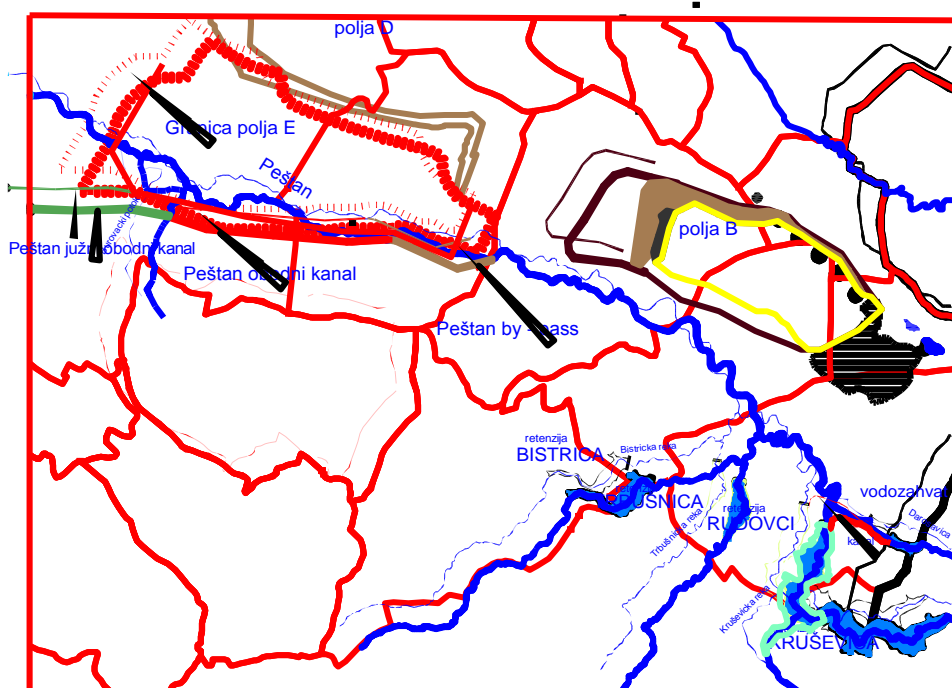


- **predhodno odvodnjavanje** (izmeštanje vodotoka i regulacija reke Peštan, zaštita kopa od atmosferskih voda koje gravitiraju ka koku i zaštita od podzemnih voda),
- **eksploataciono odvodnjavanje** (zaštita kopa od atmosferskih voda koje padnu u radno područje i zaštita od podzemnih voda).

## 2.1 Predhodno odvodnjavanje

### Izmeštanje vodotoka i regulacija reke Peštan

Tok reke Peštan u sadašnjem stanju protiče duž sopstvene aluvijalne ravni približno pravcem istok-zapad, duž južnog dela eksploatacionog područja polja „E”. Obzirom da protiče preko eksploatacionog polja, izmeštanje i regulacija prirodnog vodotoka je neophodna radi korišćenja prostora za eksploataciju uglja. Za regulaciju Peštana (studija „opravdanosti dislokacije kapitalnih infrastrukturnih objekata i rečnih tokova u funkciji razvoja površinske eksploatacije uglja u Kolubarskom basenu-Jaroslav Černi 2005 g).predviđen je kombinovani sistem koga čine aktivne i pasivne mere zaštite. Ključne objekte za kontrolu poplavnih voda reke Peštan čine sistemi od četiri retenzije na Peštanu i njihovim pritokama, locirano uzvodno od polja „E”. (slika 2).



Slika 2..Izmeštanje reke Peštan

Retenzije su dimenzionisane tako da aktivnom zapreminom prihvataju hiljadugodišnju veliku vodu, a bez preliivanja prihvataju stogodišnju veliku vodu. To znači da se retenzije posle svakog poplavnog talasa postepeno prazniti kontrolisanim ispuštanjem vode, i na taj način ispražnjene čekati nailazak sledeće poplave. Ovakav režim rada će biti na snazi sve dok postoji potreba za zaštitom nizvodnih kopova od poplavnih voda reke Peštan. Posle završetka eksploatacije uglja na površinskom koku polje „E”, uzvodne retenzije se zatvaraju, pretvaraju u akumulaciju na koji način se vrši konverzija njihova zaštitna funkcija u funkciji vodnog potencijala sliva reke Peštan u svrhe snabdevanja privrede i stanovništva vodom. Već sa prvim rudarskim radovima na površinskom koku polje „E” neophodno je izmeštanje dela reke Peštan takozvani by pass u punom profilu. Sa napredovanjem rudarskih radova od istoka prema zapadu deo reke Peštan se izmešta kao obodni kanal paralelno sa južnom granicom

površinskog kopa polje „E”. Obodni kanal nije u punom profilu i služi za prihvatanje vode od odvodnjavanja ovog kopa, prihvatanje i sprovođenje vode sa međusliva.

### **Zaštita površinskog kopa polje „E” od površinskih (atmosferskih) voda koje gravitiraju ka površinskom koku**

Teren površinskog kopa polje „E” van eksploatacionog područja, a i samog eksploatacionog područja generalno pada od istoka prema zapadu. Sa istočne strane površinskog kopa vode koje gravitiraju prema useku otvaranja biće prihvaćene obodnim kanalom Ko-1 koji vodu odvodi do starog korita reke Peštan, a posle istaložavanja biće ispunjene u regulisano korito reke Peštan (slika 3). Proračun kanala Ko-1 kao i proračun vodosabirnika i pumpnih stanica izvršeno je u programskom paketu DEWOP 2.0 programu Rudarskog–geološkog fakulteta. Za proračun kanala potrebni ulazni podaci su: slivna površina koja gravitira ka kanalu, koeficijent oticaja, dužina kanala, jednočasovne padavine pedesetogodišnjeg povratnog perioda (55 mm za 60 min). Severna granica polja „E” je južna granica polja „D” pa je to i vododelnica, što znači da nema voda koje gravitiraju sa severa. Izmešteno korito reke Peštan prihvata atmosferske vode koje gravitiraju sa južne strane površinskog kopa. Sa zapadne strane površinskog kopa teren pada prema zapadu pa samim tim i nema ugroženosti od atmosferskih voda.

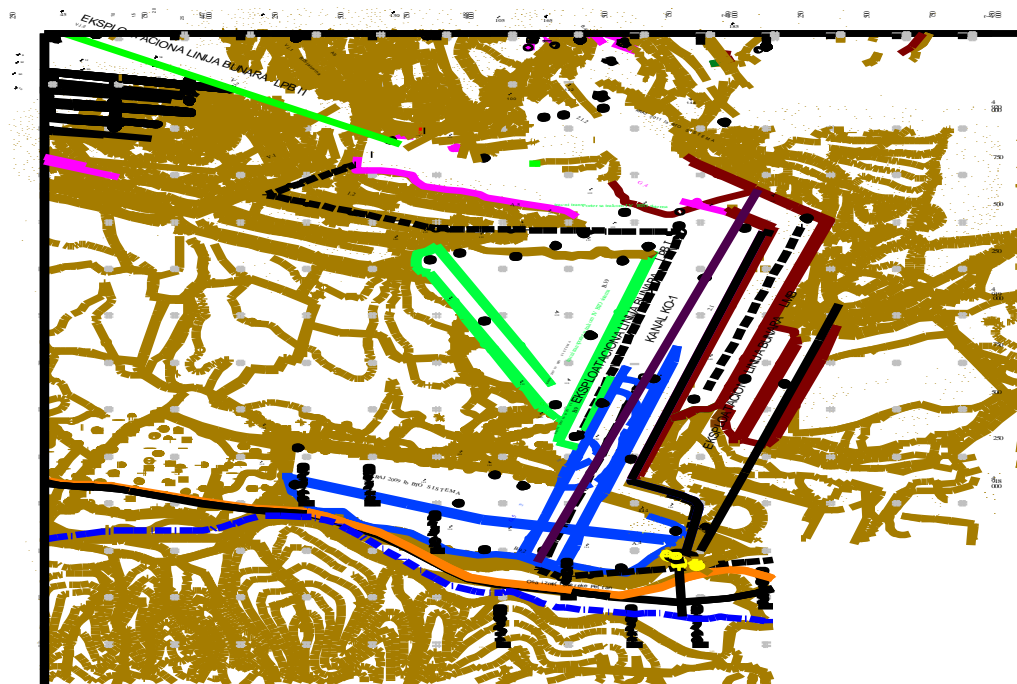
### **Zaštita od podzemnih voda**

U području zone otvaranja izražena je krovinska i međuslojna izdan, koje su od uticaja na rudarsku tehnologiju otvaranja površinskog kopa. Međuslojne vodonosne naslage se moraju odvodniti pre nego što se pristupi izradi useka otvaranja. Vertikalna heterogenost je izražena kroz veću ili manju zaglinjenost međuslojnih peskova. Međutim, mora se kod hidrodinamičkih analiza imati u vidu da je hidrogeološka istraženost veoma mala, te se ne mogu detaljnije analizirati hidrodinamički odnosi kod primene bunara. Moćnost naslaga i dubina naslage određuju metodu odvodnjavanja putem bunara. Podinu vodonosnih naslaga čine glavni ugljeni sloj ili peskovita glina. Objekti odvodnjavanja bunara se završavaju u ugljenom sloju ili u glinama. Hidrodinamički račun je, na bazi izabranih karakteristika međuslojne izdani, verifikovao da se međuslojne naslage mogu odvodniti primenom mreže bunara po obodu konture otvaranja. Linija bunara (LMB-25) služi za odvodnjavanje međuslojnih naslaga sa istočne strane (slika 3). Kapaciteti crpljenja bunara rađeni su po hidrodinamičkom - matematičkom modelu MODFLOW. Severni deo konture zone otvaranja ugrožen je podinskim podzemnim vodama. Podinski peskovi površinskog kopa “Polja D” prostiru se i podvlače u podinu severnog dela ugljenog sloja, formirajući tako podinsku izdan. U cilju stabilnosti severne kosine moraju se ove naslage odvodniti. Razmatrajući mogućnosti za njihovo ispravno rešenje je odvodnjavanje sistemom bunara. Paralelno sa severnom kosinom, radi se linija bunara (LPB I-10) u cilju presecanja priliva u zonu površinskog kopa sa "Polja D", a sa istočne strane se radi linija bunara (LPB II-10), radi sprečavanja doticaja iz reke Peštan (slika 3).

## **2.2 Eksploataciono odvodnjavanje**

### **Zaštita kopa od atmosferskih voda koje padnu u radno područje**

Atmosferske vode koje direktno padnu u radno područje, etažnim kanlima usmeravaju se prema mestima namenjenim za prikupljanje vode (vodosabirnici) i pomoću pumpnih agregata ispumpavaju istaloženu vodu van branjenog područja. Sa napredovanjem fronta rudarskih radova, vodosabirnici i pumpne stanice pomeraju se prema zapadu. Projektovanom tehnologijom rudarskih radova na površinskom koku polje „E” stalno se menja reljef slivne površine i položaj najnižih tačaka u novoformiranom reljefu površinskog kopa. Shodno tome vodosabirnici (GVS i VS) prate krovinu prvog i drugog ugljenog sloja (slika 4). Za proračun vodosabirnika i pumpnih stanica uzimaju se najnepovoljniji uslovi a to su: najveća slivna površina koja gravitira prema vodosabirnicima, koeficijent oticaja, najveća geodetska crpna visina, jednodnevne padavine pedesetogodišnjeg povratnog perioda (126 mm) i maksimalne mesečne padavine (245 mm).



Slika 3. Polazaj linije bunara i obodnog kanala



Slika 4. Polazaj vodosabirnika

### Zaštita od podzemnih voda

Svi etažni frontovi idu generalno paralelno, pravcem od istoka prema zapadu. Ugljeni slojevi (krovinski i glavni ugljeni sloj) ponašaju se praktično kao izolatori između vodonosnih naslaga (krovinskih međuslojnih i podinskih).

Odvodnjavanje i zaštita krovinskih naslaga Izabrano tehničko rešenje odvodnjavanja u fazi otvaranja upućuje da takvo isto rešenje treba zadržati i u fazi eksploatacije.

Odvodnjavanje i zaštita međuslojnih naslaga, Iz položaja vodonosnih naslaga, debljine ovih naslaga, usvojene tehnologije eksploatacije i dr. obaranje piježometarskog nivoa međuslojne izdani je bazirano na primeni bunara. Osnovne karakteristike objekata odvodnjavanja u ovoj fazi su iste kao u fazi otvaranja. Linija bunara ELMB sastoji se od 10 bunara raspoređenih u šahmatskom rasporedu na međusobnom rastojanju od 100-120 m sa istočne strane. U severnom delu površinskog kopa gde su međuslojne naslage veoma moćne moraju se ugraditi pojedinačni bunari. Bunari pri napredovanju rudarskih radova moraju biti skraćivani a zatim ponovo aktivirani. Efekti odvodnjavanja međuslojne izdani isti su kao u fazi otvaranja .

Odvodnjavanje i zaštita od podinskih naslaga. Opređeljujući uticaj na izbor metode odvodnjavanja podinske izdani u fazi eksploatacije je: prostorni položaj podinskih vodonosnih naslaga, zone prihranjivanja, hidrogeološke karakteristike itd. Odvodnjavanje ovih naslaga je moguće obzirom na dubinu i usvojenu tehnologiju jedino bunarima. Bunari se rade u vidu sistema linije bunara sa severne i istočne strane. (linije ELMB I i ELMB II). Ovi bunari ujedno odvodnjavaju i međuslojnu izdan. Bunari se rade sa krovine ugljenog sloja i sa nivoa unutrašnjeg planuma površinskog kopa "Polja D".

### **3. Zaključak**

Mogućnost uspešnog odvođenja voda na budućem površinskom kopu „Polje E” zavisi od stepena poznavanja hidroloških, hidrogeoloških i geomehaničkih karakteristika bliže i dalje zone ležišta i njihove pravilne intepetacije. Stepem istraženi rudnog ležišta je bitan uslov za određivanje polaznih podataka koji se moraju pre primene sistema za odvoenje voda i mogućnost efekata tog sistema.

### **Literatura**

- [1] Studija - "Izbor ograničenja i otvaranja površinskog kopa polja „E” za kapacitet od 12 mil. tona uglja godišnje" (Kolubara-Projekt- 2005. god.).
- [2] Studija "Opravdanost dislokacije kapitalnih infrastrukturnih objekata i rečnih tokova u funkciji razvoja površinske eksploatacije uglja u Kolubarskom basenu" (J. Ćerni, 2.005. god.).
- [3] Objekti za odvoenje voda na površinskim kopovima. (Radomir Simić i Vladislav Kesojević)

# **PROJEKTOVANE UŠTEDE U ODRŽAVANJU POMOĆNE MEHANIZACIJE PRIMENOM UREĐAJA ZA UPRAVLJANJE MOTORNIM ULJEM CENTINEL, MIKROFILTRACIJU ULJA KLEENOFIL I UGRADNJOM PREDPREČISTAČA VAZDUHA CYKLON**

**Radiša Đurić, Dragan Milošević, Momčilo Momčilović**

*PD TEKO KOSTOLAC*

## **ABSTRAKT**

Ovaj rad obuhvata nove načine racionalizacije troškova održavanja mašina pomoćne mehanizacije primenom savremenih tehnoloških rešenja u svetu koja se odnose na ugradnju uređaja za upravljanje motornim uljem CENTINEL, uređaja za mikrofiltraciju motornog ulja KLEENOIL i predprečistača vazduha motora CYKLON. Takođe je u radu prikazana projektovana ušteda za narednih pet godina primenom navedenih poboljšanja, a isto tako je i naveden početak primene uređaja CYKLON na 26 mašina.

**Ključne reči:** PD "TE-KO KOSTOLAC", Cyklon, Kleenoil, Centinel, buldozer, mikrofiltracija, filter

## **1.0 UVOD**

Na površinskim kopovima "Kostolac" i "Kolubara" u primeni je visokoproduktivna mehanizacija kontinualnog dejstva za čiji uspešan rad je neophodna odgovarajuća priprema tj. izvođenje brojnih pomoćnih radova na planiranju, čišćenju, transportu, održavanju, itd. Izostanak ili neodgovarajući broj ove mehanizacije, tj. loše i neblagovremeno izvođenje pomoćnih radova u znatnoj meri otežava rad osnovne mehanizacije, utiče na pad vremenskog i kapacitetnog iskorišćenja sistema na eksploataciji, a često dovodi u pitanje i ukupnu bezbednost mehanizacije i ljudstva koje istu opslužuje. Zadovoljavajuće vremensko i kapacitetno iskorišćenje tehnoloških kompleksa na površinskim kopovima moguće je samo pod pretpostavkom da se obezbede optimalni uslovi za njihov rad. Svakako, jedan od najvažnijih preduslova je blagovremeno i kvalitetno izvršavanje svih pomoćnih radova, što, naravno, pretpostavlja potrebu da površinski kop raspolaže odgovarajućom pomoćnom mehanizacijom (po vrsti, broju, kapacitetu, snazi, itd.) i da je pogonska raspoloživost ovih mašina na zadovoljavajućem nivou. U "Kostolcu" su zastupljeni sledeći vidovi održavanja: preventivno, tekuće kao i interventno održavanje. Što se tiče kapitalnih remonata pojedinih sklopova kao i kompletnih mašina u radionicama pomoćne mehanizacije u "Kostolcu" nema još uvek takvih uslova i sklopovi pa i kompletne mašine se šalju na remont kod za to specijalizovanih kuća.

## **2.0 Eksploatacija i održavanje pomoćne mehanizacije**

Udosadašnjem periodu od 2000 godine pomoćna mehanizacija je razvijana prema realnim potrebama proizvodnje uglja i jalovine na površinskim kopovima i prema dostupnim finansijskim sredstvima. Sa njenim razvojem došlo je i do razvoja pristupa održavanju mašina kao i u skladu sa tim određivanja potrebnog broja izvršilaca. Takođe se u okviru izvedenog predlažu nova sagledavanja koncepta eksploatacije mašina i servisnog održavanja mašina u terenskim uslovima. Sa aspekta servisnog održavanja preporučuje se novi i moderniji način obavljanja servisa na mašinama direktno na terenu korišćenjem namenskog vozila za prikupljanje ulja i snabedvanje mašina uljem pri servisiranju i mobilnom ekipom servisera (**QICK SERVE**). U okviru navedenog definiše se optimalne tačke servisiranja u samom kopu (vezane za privremene lokacije servisiranja –tzv **servis point stanice**). Radi optimizacije transportnih puteva mašina i vozila u samom kopu radi ekonomičnijeg korišćenja istih i smanjenja praznih hodova planira se uvođenje GPS sistema pozicioniranja mašina i vozila.

### 3.0 REDUKCIJA UTROŠKA MOTORNOG I HIDRAULIČKOG ULJA I FILTERA VAZDUHA

U okviru održavanja mašinskog parka pomoćne mehanizacije značajan udeo u toškovima ima i potrošnja motornog, hidrauličkog i transmissionog ulja.

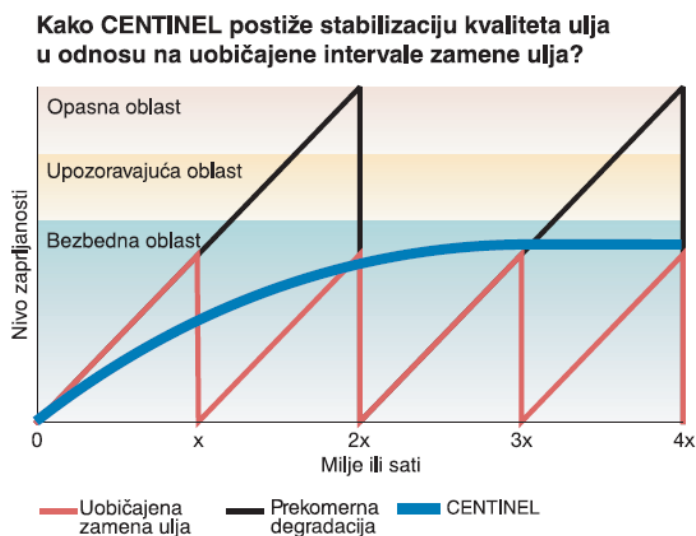
Sagledavajući mogućnosti racionalizacije troškova održavanja predloženo je sledeće:

1. Ugradnja uređaja za upravljanje motornim uljem marke CENTINEL na elektronski kontrolisanim motorima proizvođača CUMMINS koji su ugrađeni u buldozere, cevopolagače i utovarivače
2. Ugradnja uređaja za mikrofiltraciju motornog ulja marke KLEENOIL na motorima proizvođača CUMMINS koji su ugrađeni u bulozere, cevopolagače i utovarivače
3. Ugradnja predprečistača vazduha na mašine koje imaju ugrađene motore proizvođača CUMMINS

Od predloženih stavki u potpunosti je realizovana ugradnja sistema mikrofiltracije motornog ulja marke KLEENOIL koja je u 2010. godini postigla značajne uštede u potrošnji motornog ulja.

**CENTINEL** -napredni sistem za upravljanje motornim uljem

CENTINEL napredni sistem za upravljanje motornim uljem produžava intervale zamene ulja na 525.000 milja/840.000 km i zamene filtera za ulje na 75.000 milja/120.000 km za teške uslove rada na autoputu! Kod industrijske primene zamena ulja se produžava na 4000 sati, a intervale zamene filtera ulja na 1000 sati.



U intervalima koji zavise od radnih ciklusa, CENTINEL uklanja malu količinu upotrebljenog ulja iz sistema za podmazivanje i šalje je u rezervoar za gorivo. Upotrebljeno ulje se meša sa gorivom i sagoreva. Istovremeno CENTINEL dodaje istu količinu novog ulja iz rezervnog rezervoara u motor. Time se stalno dopunjavaju uljni aditivi i poboljšava kvalitet ulja tokom radnog veka motora. Takođe postoji „Burn Only“ verzija sistema CENTINEL koja nema rezervni rezervoar ulja i funkciju nadoknade ulja. Burn-Only CENTINEL je naročito koristan za one oslove održavanja gde se vrši svakodnevno održavanje.

Ušteda se očitava kroz dodatnu zaštitu sistema za podmazivanje motora, za svaki radni ciklus u teškim uslovima rada i pri svakom opterećenju. Na površinskim kopovima "Kostolac" planira se ugradnja na motorima proizvođača CUMMINS model: K19, QSX 15 i QSK 19.

### **3.1.1 Karakteristike i prednosti**

1. Optimizovano upravljanje uljem – za razliku od vremenskih sistema koji menjaju ulje u određenim intervalima, CENTINEL regulacioni ventil zasnovan na radnom ciklusu menja ulje po potrebi. Kvalitet ulja je stabilan pošto je odnos uklonjenog i dodatog ulja 1:1
2. Odobrene karakteristike – CENTINEL je jedini sistem za upravljanje uljem koji ima EPA potvrdu za Tier 2.
3. Manji troškovi održavanja
4. Manji troškovi upravljanja otpadom i troškovi odlaganja
5. Bolja zaštita motora – stalno dopunjavanje sistema za podmazivanje novim uljem
6. Napredna kontrola i automatsko praćenje – CENTINEL prati nivo ulja u pomoćnom rezervoaru i rad regulacionog ventila za ulje i upozorava rukovaoca ako su detektovani nenormalni uslovi
7. Potrebna motorna ulja – za optimalne karakteristike koristite CI-4 motorna ulja ili ulja višeg kvaliteta, kao što su ulja Premium Blue® Extreme i All-Fleet® Plus firme Valvoline, koja ispunjavaju zahteve za duži servisni interval koja je odobrila firma Cummins. Takođe su odobrena: API CG-4, CH-4 i ulja koja ispunjavaju Cummins tehničke uslove CES 20071, CES 20072, CES 20076 ili CES 20078

CENTINEL ima garanciju 2 godine ili 400.000 km za primenu na saobraćajnim vozilima, a 1 godinu ili 3600 sati za ostale primene. Za dodatne informacije posetite distributera ili zastupnika firme Cummins.

### **3.2. Ugradnja uređaja za mikrofiltraciju motornog ulja marke KLEENOIL**

Najviše zastupljena ulja u mašinama pomoćne mehanizacije su motorna i hidraulička ulja. Ono što izdvaja motorna ulja od ostalih je period zamene od 250 mh (po preporuci proizvođača), i samim tim ga čini najviše trošenim mazivom u okviru pomoćne mehanizacije. Za razliku od motornih ulja, hidraulička ulja izdvaja velika količina po mašini, iako je period zamene od 1000 mh (po preporuci proizvođača). Optimizacija obe vrste ulja sa aspekta troškova i racionalizacije uveliko će u današnje vreme doprineti kvalitetnijem i ekonomičnijem radu i održavanju mašina pomoćne mehanizacije površinskih kopova.

Sve vrste ulja, u ovom slučaju motorna i hidraulička ulja, u toku eksploatacije dostižu graničnu upotrebnu vrednost u odnosu na vreme rada – imaju svoj vek trajanja. Kada stepen promene osobina maziva dostigne takav nivo i intenzitet da onemogućava dalje kvalitetno i funkcionalno podmazivanje, mazivo se u tom periodu mora odstraniti iz sistema. Uklanjanje maziva iz sistema se može sprovesti na dva načina:

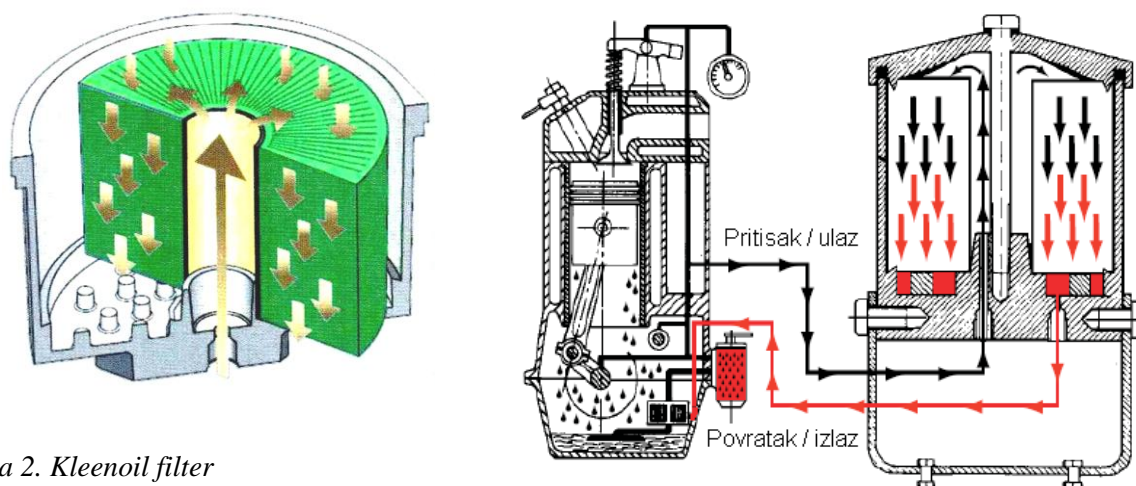
- na osnovu poznatog stanja maziva, koje je dobijeno analizom istog (vizuelna ili laboratorijska ispitivanja) i
- na osnovu preporuke proizvođača mašine.

U okviru pomoćne mehanizacije, odstranjivanje maziva iz sistema je vršeno na osnovu preporuke proizvođača mašine i do sada nije korišćen prvi način utvrđivanja stanja maziva. Ulja se prečišćavaju putem filtracije u okviru samog tehnološkog procesa u jednoj mašini pomoćne mehanizacije. Za izbor filtera presudan faktor imaju sledeći parametri: finoća filtriranja, kapacitet sakupljanja izdvojenih čvrstih čestica, brzina filtriranja i pritisak filtriranja. Kvalitet filtera ima direktan uticaj na rad agregata

(sistema) koji koriste određeno ulje, odnosno, izbor filtera definiše troškove i kvalitet rada i održavanja mašine. Što su parametri filtera kvalitetniji, samim tim i mazivo ima duži radni vek sa istim ili sličnim karakteristikama koje se traže od maziva – na taj način se dolazi do redukcije utroška odnosno do racionalizacije potrošnje maziva. Redukcija utroška motornog i hidrauličkog ulja u mašinama pomoćne mehanizacije se zasniva na korišćenju novog sistema prečišćavanja ulja KLEENOIL, pri čemu se poštuje dinamika zamene filtera koju je propisao proizvođač (kod motornih ulja na 250 mh, a kod hidrauličkih ulja na 1000 mh), s tim da se zamena ulja vrši nakon dosta dužeg intervala rada.

Uložak Kleenoil filtera je izrađen od vrlo gustog dugovlaknastog papira (veliki broj vlakana celuloze) koji je napravljen od drveta bora ili nekog drugog dugovlaknastog drveta (celuloze), čija je pulpa obrađena samo jednom, i ima odgovarajuću veličinu filtracije. Taj uložak se nalazi u kućištu. Filter deluje i kao apsorber i kao adsorber u kontinualnom procesu čišćenja. Dugovlaknasti kapilarni papir upija vodu koja je formirana da li kroz proces izgaranja ili kondenzacije i apsorbuje ga kao sunder. Istovremeno, o kapilarni papir odbijaju se veliki molekuli ulja koji su prisiljeni da prođu izuzetno velikom brzinom između uskih dugovlaknastih namotaja papira. Pri prolazu molekula ulja, različite čvrste čestice kao što su čađ, zatim čestice kao posledica trošenja metala, čestice silicijuma i prljavštine, prijanjaju na površinu uložka filtera – proces poznat kao adsorpcija. Na taj način, uklanjanjem vode nestaje mogućnost nastajanja kiseline koja degradira ulje i samim tim uzrokuje koroziju. Uložak Kleenoil filtera će ukloniti čestice do 1 mikrona (3 apsolutna mikrona), a potpuno će ukloniti vodu (ISO 14 / 9 ili NAS1638 Klasa 5). Treba napomenuti da u uljima postoje određene komponente koje osiguravaju određene potrebne i korisne parametre ulja (disperzanti, deterdženti, inhibitori oksidacije i rđe, modifikatori trenja, aditivi itd.). Iako Kleenoil filter uklanja sve nečistoće, kontaminante, produkte habanja metala, vodu, on ne uklanja u velikoj meri potrebne, korisne elemente koji se nalaze u ulju.

Na slici 2 dat je principijelni izgled preseka Kleenoil filtera kao i sistem recikliranja ulja kroz sistem Kleenoil.



Slika 2. Kleenoil filter

Međutim, posebno treba naglasiti da ono što izdvaja Kleenoil filter od ostalih je mogućnost filtracije čestica do 1 mikrona i vode sa ostatkom manjim od 0.1%. **Redukcija utroška maziva se zasniva na produženju veka trajanja motornog i hidrauličkog ulja u mašinama pomoćne mehanizacije kostolačkih površinskih kopova. Motorna ulja i mašine koja su predmet analize na površinskom kopu "Drmno", odnosno gde je moguće primeniti KLEENOIL mikrofiltraciju, su sledeća:**



**Rudarstvo 2011 / Mining 2011**

PD 320Y-1 (6)	TD 25H,M,E (6)	TD 25G (1)	TD 40C, E (6)	D8R CAT (2)	TD 25CS3 (5)	SB 60 (3)
2874 lit	2700 lit	260 lit	3726 lit	528 lit	1475 lit	882 lit
SB 85PT (2)	CAT 953C (1)	TD 175C (2)	ULT 220CK (3)	ULT 160CK (4)	JCB 3,4CX (4)	CAT 320B (2)
812 lit	110 lit	65.6 lit	504 lit	644 lit	1120 lit	428 lit
BGH1000G (3)	RH 6/20 (1)	Wieger L12 (1)	RD 600B (1)	Tatra T815 (6)	IVECO E180 (5)	FAP 1921 (1)
261 lit	85.5 lit	15 lit	42.5 lit	960 lit	345 lit	25 lit
FAP 2023 (1)	TATRA NJ20 (3)	BGH 600B (1)	Locatelli 840T (2)	Ukupna potrošnja motornog ulja na 72 mašine, na PK "Drmno": <b>18358.1 lit</b>		
25 lit	192 lit	82.5 lit	196 lit			

Znajući da je generalna preporuka trajanja ulja sa KLEENOIL mikrofiltracijom na 1250 mh, umesto dosadašnjih 250 mh, moguća potrošnja ulja u gore navedenim mašinama na površinskom kopu "Drmno" bi bila **3672 lit/god** (ušteda **14686 litara**).

Motorna ulja i mašine koja su predmet analize na površinskom kopu "Ćirikovac", odnosno gde je moguće primeniti KLEENOIL mikrofiltraciju, su sledeća:

PD 320Y-1 (7)	TD 25H (3)	TD 25G (1)	TG 160K (1)	TD 25CS3 (4)	CAT 953C (1)	ULT 160CK (3)
3696 lit	1350 lit	260 lit	104 lit	1180 lit	154 lit	414 lit
BGH1000G (1)	BGH1000E (1)	RH 5/3 (2)	MG 145 (1)	Kamaz 4314 (4)	TAM 150T11 (1)	TATRA NJ20 (3)
104.4 lit	144 lit	128 lit	88 lit	544 lit	36 lit	64 lit
Ukupna potrošnja motornog ulja na 33 mašine, na PK "Ćirikovac": <b>8266.4 lit</b>						

Znajući da je generalna preporuka trajanja ulja sa KLEENOIL mikrofiltracijom na 1250 mh, umesto dosadašnjih 250 mh, moguća potrošnja ulja u gore navedenim mašinama na površinskom kopu "Ćirikovac" bi bila oko **1653 lit/god** (ušteda **6613 litara**).

Hidraulička ulja i mašine koja su predmet analize na površinskom kopu "Drmno", odnosno gde je moguće primeniti KLEENOIL mikrofiltraciju, su sledeća:

ULT 220CK (3)	ULT 160CK (4)	JCB 3,4CX (4)	CAT 320B (2)	BGH1000G (3)	RH 6/20 (1)	Wieger L12 (1)
870 lit	840 lit	1560 lit	1420 lit	1050 lit	355 lit	380 lit
RD 600B (1)	TU 32 (1)	V5 DS/2 (1)	IHS 40 (1)	VAMO 3900K (1)	TU 35S (1)	R50D (1)
355 lit	80 lit	80 lit	180 lit	57 lit	70 lit	80 lit

TATRA NJ20 (3)	BGH 600B (1)	Locatelli 840T (2)	Ukupna potrošnja hidrauličkog ulja na 31 mašini, na PK "Drmno": <b>8997 lit</b>
360 lit	400 lit	860 lit	

Znajući da je generalna preporuka trajanja ulja sa KLEENOIL mikrofiltracijom na 2000 mh, umesto dosadašnjih 1000 mh, moguća potrošnja ulja u gore navedenim mašinama na površinskom kopu "Drmno" bi bila **4498.5 lit/god** (ušteda **4498.5 litara**). Hidraulička ulja i mašine koja su predmet analize na površinskom kopu "Ćirikovac", odnosno gde je moguće primeniti KLEENOIL mikrofiltraciju, su sledeća:

TG 160K (1)	ULT 160CK (3)	BGH1000G (1)	BGH1000E (1)	RH 5/3 (2)	MG 145 (1)	TU 32 (1)
110 lit	630 lit	350 lit	400 lit	710 lit	20 lit	80 lit
V5 DS/2 (1)	TATRA NJ20 (3)	Ukupna potrošnja hidrauličkog ulja na 14 mašina, na PK "Ćirikovac": <b>2500 lit</b>				
80 lit	120 lit					

Znajući da je generalna preporuka trajanja ulja sa KLEENOIL mikrofiltracijom na 2000 mh, umesto dosadašnjih 1000 mh, moguća potrošnja ulja u gore navedenim mašinama na površinskom kopu "Ćirikovac" bi bila oko **1250 lit/god** (ušteda oko **1250 litara**).

### **3.3 REDUKCIJA UTROŠKA FILTERA ZA VAZDUH**

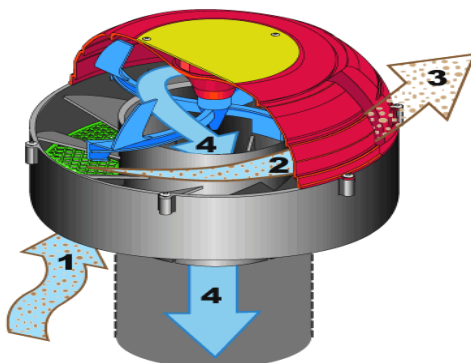
Pored maziva, predmet utroška su i filteri za vazduh kojih ima najviše, odnosno čija je dinamika potrošnje najveća. Filtera za vazduh ima 38% od ukupno utrošenih filtera za vazduh tokom jedne godine na mašinama pomoćne mehanizacije, odnosno 2522 komada. Čisti filteri za vazduh su od presudnog značaja za održavanje zavidnog nivoa radnih učinaka motora u teškim uslovima eksploatacije. Izuzetno efikasna Fleetguard tehnologija pod nazivom *Sy-klone* omogućava uklanjanje čestica prašine pre nego što ona uđe u filter za vazduh. *Sy-klone* predprečistači funkcionišu u najtežim uslovima eksploatacije i produžavaju životni vek filtera za vazduh u toj meri da se po pitanju efikasnosti svrstava u sam vrh. Smešteni na usisnoj grani *Sy-klone* predprečistači izbacuju većinu prašine/čestica koje su teže od vazduha. Prednosti su sledeće: produžen vek trajanja filtera za vazduh, povećana zaštita motora, smanjeni broj zastoja, smanjeni troškovi održavanja, sami se čiste, izuzetno lagani (mala masa), izuzetno lagani za ugradnju, čvrst i istrajan dizajn od polimera. Ovi tipovi predprečistača mogu imati posebnu ulogu na mašinama pomoćne mehanizacije na površinskom kopu "Drmno" zbog izuzetno velike zaprašenosti radne sredine i relativno čestog ubrzanog kretanja vazduha koji nosi prašinu, uglavnom silicijumske osnove (pesak i prašinski pesak). Samim tim mašina se čuva i produžava joj se vek trajanja na površinskom kopu.

Princip rada *Sy-klone* predprečistača je zasnovan na sledećim elementima (slika 3.):

1. Vazduh ulazi kroz mrežu na *Sy-klone* dnu, koja sprečava zapušavanje od strane čestica koje su veće od proreza na ulazu.
2. Zakrivljene lopatice rotora koji je zadužen za ubrzavanje čestica prašine, okreću se mnogo brže od ulaznog vazduha. Zahvaljujući tome lopatice rotora hvataju čestice i preusmeravaju ih

na unutrašnje bočne zidove. Čestice prašine se pod dejstvom centrifugalne sile potom sabijaju na unutrašnjoj strani (zidovima) separatorске komore.

3. Dok se rotor obrće on briše čestice prašine koje su se sabile na unutrašnjem zidu separatorске komore i izbacuje ih napolje kroz poseban otvor na predprečistaču.
4. Čist vazduh nastavlja da se kreće ka dole, do mesta gde se sabija, a potom pod pritiskom uduvava u kućišta filtera za vazduh.



Slika 3. Sy-klone predprečistač

Dosadašnja zamena filtera za vazduh bila je na 250 mh, a preporuka za zamenu filtera za vazduh sa ugradnjom Sy-klone predprečistača bi bila na 1000 mh (preporuka je limitirana donjom granicom zbog izuzetno nepovoljnih uslova rada i velike zaprašenosti radne sredine). Filteri za vazduh koji su predmet analize na površinskom kopu "Drmno", odnosno gde je moguće primeniti Sy-klone predprečistače, su:

PD 320Y-1 (6)	TD 25H,M,E (6)	TD 25G (1)	TD 40C, E (6)	D8R CAT (2)	TD 25CS3 (5)	SB 60 (3)
72 kom	120 kom	10 kom	108 kom	32 kom	50 kom	42 kom
SB 85PT (2)	CAT 953C (1)	TD 175C (2)	ULT 220CK (3)	ULT 160CK (4)	CAT 320B (2)	BGH1000G (3)
28 kom	10 kom	8 kom	36 kom	56 kom	32 kom	30 kom
Ukupna potrošnja filtera za vazduh na 46 mašina, na PK "Drmno": <b>634 kom</b>						

Znajući da je generalna preporuka trajanja filtera za vazduh sa ugrađenim Sy-klone predprečistačima na 1000 mh, umesto dosadašnjih 250 mh, moguća potrošnja filtera za vazduh u gore navedenim mašinama na površinskom kopu "Drmno" bi bila **158 kom/god** (ušteta **476 komada**).

Filteri za vazduh koji su predmet analize na površinskom kopu "Ćirikovac", odnosno gde je moguće primeniti Sy-klone predprečistače, su sledeća:

PD 320Y-1 (7)	TD 25H (3)	TD 25G (1)	TG 160K (1)	TD 25CS3 (4)	CAT 953C (1)	ULT 160CK (3)
98	60	10	4	40	14	36
BGH1000G (1)	BGH1000E (1)	MG 145 (1)	Ukupna potrošnja filtera za vazduh na 24 mašina, na PK "Ćirikovac": <b>294 kom</b>			
12	12	8				

Znajući da je generalna preporuka trajanja filtera za vazduh sa ugrađenim Sy-klone predprečistačima na 1000 mh, umesto dosadašnjih 250 mh, moguća potrošnja filtera za vazduh u gore navedenim mašinama na površinskom kopu "Ćirikovac" bi bila **73 kom/god** (ušteta **221 komad**).

## **7.0 PROJEKTOVANA UŠTEDA PRIMENE PREČISTAČA KLEENOIL I PREDPREČISTAČA SYKLON na 5 godina (do 2015.godine)**

U okviru analize, izdvajaju se tri aspekta sagledavanja troškova radi racionalizacije i uštete. Te celine su:

- godišnja ušteta potrošnje maziva i filtera,
  - potrebna ulaganja i
  - analiza troškova u određenom vremenskom periodu.
- **Godišnja ušteta potrošnje maziva i filtera**
    - a) Definisana je ušteta sledećih maziva:
      - motorno ulje SAE 15W-40:
        - PK "Drmno": 14686 lit/god x 183,61 din/lit = 2.696.496,46 din/god
        - PK "Ćirikovac": 6613 lit/god x 183,61 din/lit = 1.214.212,93 din/god
      - hidrauličko ulje DHV 46:
        - PK "Drmno": 4498,5 lit/god x 129,11 din/lit = 580.801,33 din/god
        - PK "Ćirikovac": 1250 lit/god x 129,11 din/lit = 161.387,50 din/god
- Cene su dobijene od NIS A.D.Novi Sad, NIS Petrol Jugopetrol Beograd, od 09.03.2009.godine (Godišnja ušteta maziva u pomoćnoj mehanizaciji PD "TE-KO Kostolac" iznosi:  
**4.652.898,22 din/god** odnosno približno **49.000, 00 €/god**)
- b) Definisana je ušteta filtera za vazduh:
    - PK "Drmno": 476 kom/god x 1927,60 din/kom = 917.539,00 din/god
    - PK "Ćirikovac": 221 kom/god x 1927,60 din/kom = 425.999,60 din/god
- Cene su dobijene od različitih dobavljača filtera tokom 2009. godine (vrednost je usrednjena zbog velikog broja različitih veličina i tipova filtera za vazduh; bez PDV-a).  
Godišnja ušteta filtera za vazduh u pomoćnoj mehanizaciji PD "TE-KO Kostolac" iznosi:  
**1.343.538,60 din/god** odnosno približno **14.150,00 €/god**)
- c) Posredna ušteta elemenata mašina pomoćne mehanizacije uvođenjem Quick Serve metodologije:
    - Hodni strojevi:
      - PK "Drmno": na osnovu iskustvenih podataka iz eksploatacije pomoćne mehanizacije, utvrđeno je da ušteta iznosi od 8-10% od svih troškova hodnih strojeva na godišnjem nivou; godišnji troškovi iznose oko 94.000.000,00 din, a ušteta je oko 8.500.000,00 din
      - PK "Ćirikovac": na osnovu iskustvenih podataka iz eksploatacije pomoćne mehanizacije, utvrđeno je da ušteta iznosi od 5-6% od svih troškova hodnih strojeva na godišnjem nivou; godišnji troškovi iznose oko 28.000.000,00 din, odnosno 50% manje zbog fonda sati i drugačije radne sredine, a ušteta je oko 700.000,00 din

Godišnja ušteta na hodnim strojevima u pomoćnoj mehanizaciji PD "TE-KO Kostolac" iznosi:

**9.200.000,00 din/god** odnosno približno **97.000,00 €/god**

Izduvni lonac (uvođenjem Sy-klone predprečistača smanjuje se emisija krupnih čestica nečistoće vazduha koje iz kućišta prečistača za vazduh isisava izduvni lonac i izbacuje u atmosferu; dosadašnje menjanje auspuha bilo je na 10000 mh, zajedno sa generalnim remontom motora, dok sa uvođenjem predprečistača to se vreme povećava za 25%):

- PK "Drmno": troškovi na svake četiri godine iznose oko 7.600.000,00 din (vreme generalnog remonta motora), na godišnjem nivou to iznosi 1.900.000,00 din, a ušteta je 25%, odnosno 475.000,00 din.

- PK "Ćirikovac": troškovi na svake četiri godine iznose oko 3.999.000,00 din (vreme generalnog remonta motora), na godišnjem nivou to iznosi 997.500,00 din, a ušteda je 25%, odnosno 249.375,00 din.

Godišnja ušteda na izduvnim loncima u pomoćnoj mehanizaciji PD "TE-KO Kostolac" iznosi:

**724.375,00 din/god** odnosno približno **7.625,00 €/god**

Produžetak veka rada motora (uvođenjem predprečistača Sy-klone i mikrofiltracije Kleenoil, produžava se prosečno vreme do generalne opravke motora sa prosečnih 10000 mh na 12000 mh, odnosno za 20%):

- PK "Drmno": troškovi na svake četiri godine iznose oko 55.200.000,00 din (vreme generalnog remonta motora), na godišnjem nivou to iznosi 13.800.000,00 din, a ušteda je 20%, odnosno 2.760.000,00 din.
- PK "Ćirikovac": troškovi na svake četiri godine iznose oko 27.600.000,00 din (vreme generalnog remonta motora), na godišnjem nivou to iznosi 6.900.000,00 din, a ušteda je 20%, odnosno 1.380.000,00 din.

Godišnja ušteda na produžetku veka rada motora u pomoćnoj mehanizaciji PD "TE-KO Kostolac" iznosi:

**4.140.000,00 din/god** odnosno približno **43.580,00 €/god**

Maziva kao sekundarno sredstvo za prodaju; dosadašnja prodaja maziva trećem licu je iznosila 14 din/kg svih tipova ulja (minimalna moguća cena):

- PK "Drmno": 33623 kg x 14 din/kg = 470.722,00 din
- PK "Ćirikovac": 10666 kg x 14 din/kg = 149.324,00 din

Godišnja ušteda usled prodaje ulja kao sekundarne sirovine u pomoćnoj mehanizaciji PD "TE-KO Kostolac" iznosi:

**620.046,00 din/god** odnosno približno **6.526,80 €/god**

Rekapitulacija godišnje uštede, na osnovnim, gore navedenim elementima:

ušteda maziva	49.000,00 €/god
ušteda filtera	14.150,00 €/god
ušteda na hodnim strojevima	97.000,00 €/god
ušteda na izduvnim loncima	7.625,00 €/god
ušteda na produžetku veka rada motora	43.580,00 €/god
ušteda usled prodaje ulja kao sekundarne sirovine	6.526,80 €/god
<b>UKUPNO:</b>	<b>217.881,80 €/god</b>

• **Potrebna ulaganja**

a) ugradnja Kleenoil filtera (mikrofiltracija) sa adekvatnim kućištem (kućište je samo prva ugradnja, dok su cene uložaka na nivou postojećih):

1. PK "Drmno":
  - motorno: 26.000,00 din x 72 mašine = 1.872.000,00 din
  - hidrauličko: 26.000,00 din x 31 mašina = 806.000,00 din
2. PK "Ćirikovac":
  - motorno: 26.000,00 din x 33 mašine = 858.000,00 din
  - hidrauličko: 26.000,00 din x 14 mašina = 364.000,00 din

Godišnje ulaganje u Kleenoil mikrofiltraciju (samo za prvu godinu) u pomoćnoj mehanizaciji PD "TE-KO Kostolac" iznosi:

**3.900.000,00 din/god** odnosno približno **41.100,00 €/god**

b) ugradnja Sy-klone predprečistača (samo prva ugradnja):

1. PK "Drmno": 42.567,50 din x 45 mašina = 1.915.537,50 din
2. PK "Ćirikovac": 42.567,50 din x 23 mašine = 979.052,50 din

Godišnje ulaganje u Sy-klone predprečistače (samo za prvu godinu) u pomoćnoj mehanizaciji PD "TE-KO Kostolac" iznosi:

**2.894.590,00 din/god** odnosno približno **30.470,00 €/god**

c) specijalizovano vozilo Quick Serve:

1. PK "Drmno": 180.000,00 € (procena)

Godišnje ulaganje u nabavku specijalizovanog vozila (samo za prvu godinu) u pomoćnoj mehanizaciji PD "TE-KO Kostolac" iznosi: **180.000,00 €/god**

d) skladište rabljenog maziva i filtera:

1. PK "Drmno" (plato, nadstrešnica, tankovi za ulje, kontejneri za filtere, bačve, mašine za prečišćavanje ulja): 58.000,00 € (procena)
2. PK "Čirikovac": (plato, nadstrešnica, tankovi za ulje, kontejneri za filtere, bačve, mašine za prečišćavanje ulja): 58.000,00 € (procena)

Godišnje ulaganje skladišta rabljenog maziva i filtera (samo za prvu godinu) u pomoćnoj mehanizaciji PD "TE-KO Kostolac" iznosi: **116.000,00 €/god**

Rekapitulacija godišnjih ulaganja na nivou samo prve godine, na osnovnim, gore navedenim elementima:

ugradnja Kleenoil filtera	41.100,00 €
ugradnja Sy-klone predprečistača	30.470,00 €
specijalizovano vozilo Quick Serve	180.000,00 €
skladište rabljenog maziva i filtera	116.000,00 €
<b>UKUPNO:</b>	<b>367.570,00 €</b>

• **Analiza troškova u određenom vremenskom periodu**

Ušteda na godišnjem nivou, za period od pet godina iznosi:  $5 \times 217.881,80 = 1.089.409,00 \text{ €}$

Ulaganja na godišnjem nivou (samo za prvu godinu), za period od pet godina iznosi: 367.570,00 €

Razlika predstavlja uštedu u petogodišnjem periodu: **721.839,00 €**

**ZAKLJUČAK**

U ovom radu data su realna sagledavanja mogućnosti smanjenja troškova održavanja mašinskog parka pomoćne mehanizacije PD "TE-KO KOSTOLAC" u narednom petogodišnjem periodu, primenom novih tehničkih dostignuća iz oblasti tribologije. Primena KLEENOIL sistema mikrofiltracije ulja je zaživela u poslednje tri godine i pomoćna mehanizacija ima ugrađen sistem KLEENOIL na 26 mašina pomoćne mehanizacije. Ovim načinom su smanjena tehnološka vremena održavanja mašina, povećana je njihova raspoloživost u eksploataciji i prisutne su znatne finansijske uštede. Unarednom periodu planira se ugradnja i primena SYKLON predprečistača vazduha na svim radnim mašinama, kao i potpuna primena navedene analize u održavanju mašina koja smatram da treba da u praksi potvrdi izračunate finansijske uštede.

**LITERATURA**

Evaluacija raspoloživosti mašina pomoćne mehanizacije na površinskim kopovima, Radiša Đurić dipl.ing. mašinstva- magistarski rad, RGF, Septembar 2008

Razvoj i unapređenje pomoćne mehanizacije na površinskim kopovima, N.Tasić dipl.ing.rudarstva, mr Žarko Aleksić dipl.ing.mašinstva, mr Radiša Đurić dipl.ing. mašinstva, MAREN 201016.06.2010.god.

Projekat racionalizacije potrošnje ulja i masti u pomoćnoj mehanizaciji na površinskim kopovima PD "TE-KO KOSTOLAC"

Analiza korišćenja uređaja za mikrofiltraciju ulja KLEENOIL i predfiltera SIKLON na mašinama pomoćne mehanizacije, Mr Rdiša Đurić dipl.ing.mašinstva, Mašan Trifunović dipl.ing.rudarstva, Desimir Milošević dipl.ecc, ENERGETSKO RUDARSTVO, Banja Junaković, APATIN8-11Septembar 2010.god.

# **RAZVOJ I PRIMENA TEHNOLOŠKOG MODELA RADA BAGERA ZA POTREBE OPERATIVNOG PLANIRANJA UPRAVLJANJA KVALITETOM UGLJA NA PRIMERU TAMNAVSKIH KOPOVA**

## **DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE TECHNOLOGY WORK MODEL FOR BUCKET-WHEEL EXCAVATOR FOR OPERATIVE PLANNING OF COAL QUALITY CONTROL AT TAMNAVA OPEN CAST MINES**

**Nadica Drljević**

*Rb Koluvara, Lazarevac*

### **Rezime**

Primarni cilj eksploatacije uglja na površinskim kopovima je da se obezbede dovoljne količine uglja potrebnog kvaliteta za potrebe rada termoelektrana i uz minimalne troškove. Kako su vremenom ležišta uglja dobrog kvaliteta znatno smanjena, javlja se potreba za uvođenjem sistema za operativno planiranje i kontrolu kvaliteta uglja odn. homogenizacija, kako bi se stvorili uslovi i za eksploataciju ležišta sa promenljivim ili slabijim kvalitetom uglja. Zbog toga je razvijen tehnološki model rada bagera za operativno planiranje upravljanja kvalitetom uglja kao deo Sistema upravljanja i kontrole kvalitetom (SUKU), a njegova primena je data na primeru Tamnavskih kopova.

**Ključne reči** : ugalj, homogenizacija, tehnološki model rada, operativno planiranje, kontrola kvaliteta

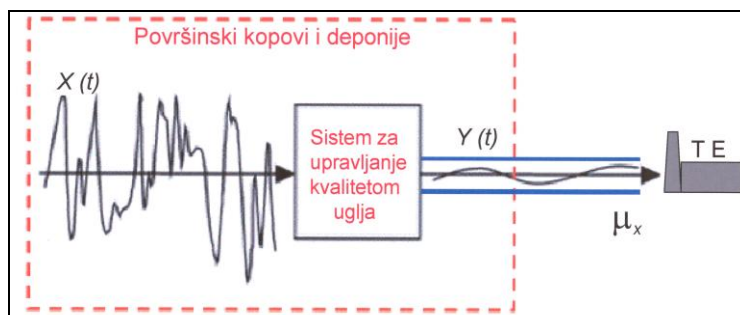
### **Abstract**

Primary goal of coal exploitation at open cast mines is to provide sufficient amounts of coal with necessary quality for power plants and with minimal costs. In time, coal deposits with good quality are exhausted. In order to create conditions for exploitation of deposits with different or low coal quality there was a need for implementation of system for operative planning and coal quality control (i.e. homogenization). Due to that, a new technological model of excavators work was developed for purposes of operative planning and quality control, as integral part of System for management and quality control (SUKU). The application is given on the example of Tamnava coal mines.

**Key words**: coal, homogenization, technology work model, operative planning, quality control.

### **1. Homogenizacija u rudarstvu**

Značaj uglja kao jedne od ključnih sirovina za proizvodnju električne energije je sve izraženiji. Obzirom da je procentualno učešće uglja u ukupnim energetske rezervama Srbije 84 %, to je koncepcija razvoja i planiranje eksploatacije veoma važno. U rudnicima lignita, od kojih se dobija oko 60% ukupne električne energije proizvedene u termoelektranama, značaj eksploatacije podrazumeva ne samo otkopavanje potrebnih količina već i pravilno planiranje. Dugogodišnje korišćenje i eksploatacija ležišta lignita dovela je do pojave da su najbolje partije tih ležišta već otkopane, i da se vremenom dolazi u delove sa izraženim složenim uslovima. To se odnosi pre svega na promene po pitanju dubine ugljonosnih slojeva kao i kvaliteta u njima. Da bi se valorizovali svi korisni delovi ležišta potrebno je uvesti sistem za kontrolu kvaliteta uglja odnosno homogenizaciju. To znači da tokom procesa otkopavanja uglja određenom opremom na različitim lokacijama unutar kopa dolazi do njegovog mešanja, a pri transportu od mesta otkopavanja do mesta utovara kroz sistem za kontrolu kvaliteta se postiže njegovo ujednačavanje prema zadatom parametru. Na taj način se postiže da ugalj pre utovara i transporta u TE poseduje karakteristike potrebne za ekonomično sagorevanje u kotlovima bez izraženih oscilacija.



Slika 1: Grafički prikaz efekata hpmogenizacije

## 2. Koncept sistema za upravljanje i kontrolu kvaliteta uglja

Osnovu sistema za upravljanje i kontrolu kvaliteta uglja čini praćenje svih delova procesa otkopavanja, transporta, odlaganja (deponovanja) i utovara uglja. Da bi se ovaj koncept pravilno sproveo potrebno je formiranje odnosno kreiranje baza podataka za sve celine koje čine proizvodni sistem. Pored baza podataka, potrebno je sprovesti i određene aktivnosti u cilju zadovoljenja postavljenih zadataka.

### 2.1. Baze podataka

Kao što je već rečeno, baze podataka predstavljaju osnovu funkcionisanja sistema za upravljanje i kontrolu kvaliteta uglja. Prema postavljenom konceptu ovog sistema baze podataka su definisane za: istražne radove, otkopnu mehanizaciju, transportne sisteme na uglju i deponiju uglja i organizovane su tako da se mogu ažurirati dodavanjem novih informacija koje mogu da utiču na rad sistema za homogenizaciju.

- Baza podataka za istražne radove (bušotine, analiza uzorkovanog materijala) je definisana tako da sadrži podatke o samoj lokaciji bušotine, litologiji, uzorkovanom materijalu, laboratoriji koja je vršila analize, parametrima analiza, graničnim opsezima, dozvoljenim vrednostima i istovremeno daje prikaz podataka koji se čuvaju u bazi. Za svaku podgrupu podataka iz ove baze moguće je videti i detaljnije informacije.
- Baza podataka otkopne mahanizacije sadrži podatke o vrsti opreme, tehničkim karakteristikama opreme i tehnološkim parametrima rada. Baza se stalno ažurira obzirom na uvek prisutnu nabavku nove opreme, a opseg podataka se kreće od informacija o konstruktivnim karakteristikama, podacima o ponašanju u eksploataciji, načinu održavanja, eventualnim izmenama na opremi i sl.
- Baza podataka o transportnim sistemima poseduje podatke o raspoloživim sistemima na kopu, broju transportera, dužini, kapacitetu, snazi i broju pogona, broju presipnih mesta, broju radnika, rasporedu u radu i dr. Svi podaci se mogu u okviru svoje podgrupe detaljno sagledavati, ažurirati i koristiti za dalji rad u sistemu upravljanja i kontrole kvaliteta uglja.
- Baza podataka o deponiji uglja je definisana tako da sadrži konstruktivne karakteristike deponijske mašine, tehnološke parametre rada, količinu i kvalitet deponovanog uglja, kao i podatke o stanju na svim karakterističnim delovima deponije.

Pored ovih baza podataka u sistem upravljanja i kontrole kvaliteta uglja se uvode informacije o samom površinskom kopu, a u odgovarajućoj bazi se nalaze podaci o prostornoj poziciji otkopne opreme, transportnih sistema, podaci o planskoj dokumentaciji, dodatni podaci (grafički ili drugi) o opremi, i sve ono što može uticati na izradu određenih modela u procesu planiranja i rada.

### 2.2 Model sistema za upravljanje kvalitetom uglja

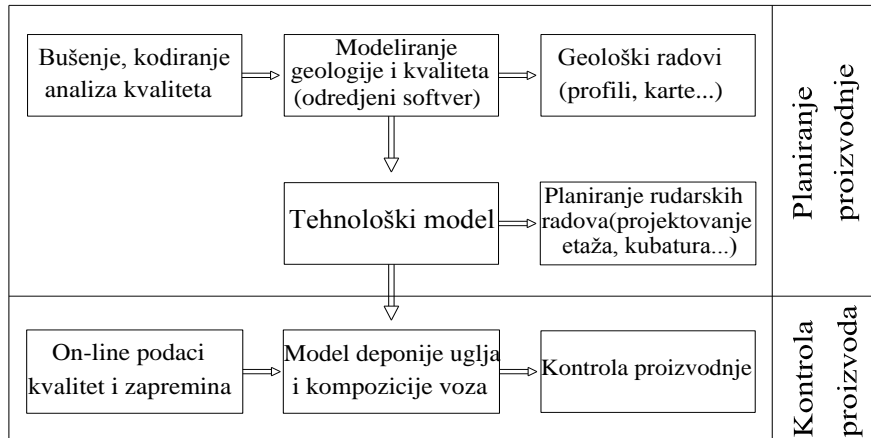
Model za upravljanje i kontrolu kvaliteta uglja se definiše kroz određene radnje odnosno procese koji se sprovode u cilju dobijanja uslova za ostvarenje postavljenog cilja.

To znači da se utvrđuju određene aktivnosti i pristupa se:



- izradi geološkog modela,
- izradi tehnološkog modela,
- operativnom planiranju i analizi rada bagera,
- operativnoj kontroli rada uz korišćenje on-line analizatora,
- definisanju korišćenja deponije,
- kontroli kvaliteta isporučenog uglja.

Nakon formiranja baza podataka započinje se sa korišćenjem sistema za upravljanje i kontrolu kvaliteta uglja kroz implementaciju potrebnih informacija i atktiviranje njegovih određenih komponenti za potrebe ispunjenja planiranih zadataka.



Slika 2: Struktura sistema za upravljanje kvalitetom uglja

Geološki model je osnova za dalju primenu sistema. Na osnovu rezultata istražnih bušenja model omogućava detaljnu sliku o prostornim karakteristikama ugljenog sloja u ležištu ili nekom njegovom delu gde se planira eksploatacija u određenom vremenskom periodu. Detaljnost odgovarajuće baze podataka omogućava uvid u broj slojeva, debljinu i položaj, prisustvo proslojaka jalovine ili nekog drugog materijala, parametre kvaliteta pojedinih slojeva i dr. Nakon izrađenog geološkog modela pristupa se izradi tehnološkog modela rada bagera na osnovu definisanih podataka u odgovarajućim bazama. Prema odabranim i zahtevanim parametrima određuje se način rada bagera u cilju dobijanja uglja potrebnih karakteristika. Za potrebe optimizacije proizvodnje uglja u funkciji potrebnog kvaliteta i kapaciteta otkopne opreme potrebno je razviti i primeniti operativno planiranje, a na osnovu prethodno detaljno razrađenih planova različitih nivoa. Da bi se olakšala kontrola rada bagera i da bi se omogućila što brža reakcija za potrebe eventualnih ispravki u radu potrebno je uvesti on-line analizatore kao sastavni deo sistema kontrole kvaliteta uglja. Ovi uređaji se postavljaju na karakterističnim mestima. Njihova primena se može definisati i kao kontrolna bez mogućnosti promene zadatih parametara rada, ali uz dalje korišćenje dobijenih vrednosti kontrolisanih parametara za dalja planiranja. U slučaju da nije moguće ostvariti postavljene ciljeve po pitanju kvaliteta ili kapaciteta otkopanog uglja u nekom periodu rada, potrebno je razviti model deponije i planirati njegovo korišćenje u daljem radu odnosno za određeni vremenski period. Kroz ovaj model se dobija egzaktna pozicija, količina i kvalitet uglja. Ovakvo stanje na deponiji je posledica detaljnog planiranja odlaganja uglja određenog kvaliteta koji stiže sa kopa i koji se po segmentima deponuje za dalje korišćenje. Krajnji cilj sistema za upravljanje i kontrolu kvaliteta uglja je isporuka proizvoda određenih karakteristika potrošaču. Kontrola proizvoda i izdavanje sertifikata je krajnja aktivnost u procesu.

### 3. Primena tehnološkog modela rada bagera i operativno planiranje na Tamnavskim kopovima

Sa aktivnih Tamnavski površinskih kopova „Tamnava-Zapadno polje“ i „Veliki Crljeni“ uglj se koristi za potrebe rada TE-TO „Nikola Tesla“ u Obrenovcu. Skoro 90% ukupne količine uglja se direktno, nakon prerade u postrojenju drobilane, utovara u vagone za dalji transport. Oko 10% se

upućuje na deponiju za potrebe kasnijeg korišćenja. Kako je kvalitet uglja na ovim kopovima raznovrstan uvođenje sistema za homogenizaciju je neophodno. Obzirom na postojeću otkopnu opremu na kopovima i sistem transporta do postrojenja za preradu i dalji utovar u vagone, moguće je definisati načina rada pojedinih bagera na karakterističnim delovima kopova u cilju ostvarenja zadatih kapaciteta i kvaliteta otkopanog uglja. To znači pronalaženje optimalnog kapaciteta kojim će pojedini bageri raditi tako da se pri poznatom kvalitetu uglja u otkopnom bloku omogući optimalna isporuka uglja potrošaču.

### Prikaz otkopne mehanizacije na kopovima

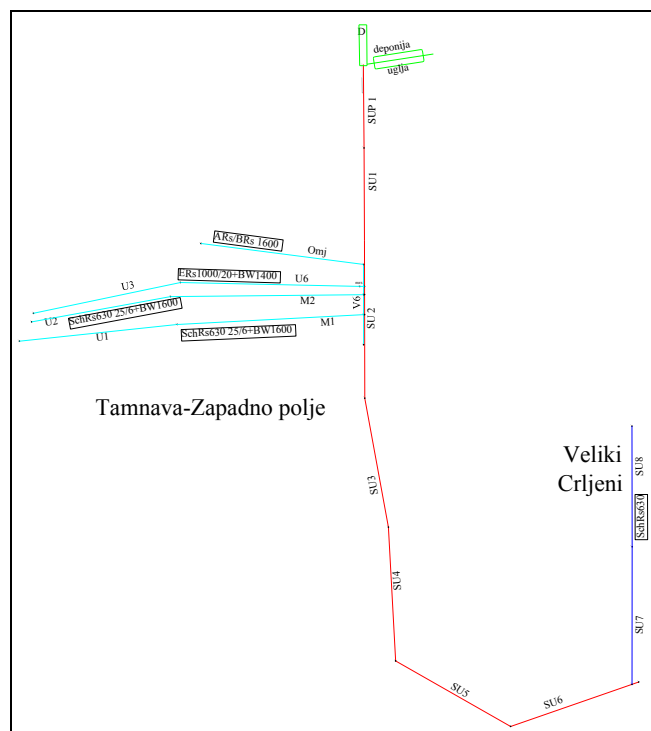
Na Tamnavskim kopovima trenutno su aktivna četiri ugljena sistema sa odgovarajućom otkopnom i transportnom opremom.

Na p.k. "Tamnava-Zapadno polje" rade tri sistema, a opremu sistema čine:

- I BTD sistem - rotorni bager SchRs 630; samohodni transporter BW 1600; transporteri M1 i U1,
- II BTD sistem - rotorni bager SchRs 630; samohodni transporter BW 1600; transporteri M2 i U2,
- IV BTD sistem - bager vedričar ERs1000; samohodni transporter BW 1400; transporteri U6 i U3,

Na p.k. "Veliki Crljeni" radi jedan sistem sa opremom sistema:

- BTD sistem - rotorni bager SchRs 630; transporteri SU7 i SU8



Slika 3: Dispozicija ugljenih sistema na Tamnavskim kopovima

Tehnološki model rada bagera predstavlja sastavni deo sistema za planiranje i kontrolu kvaliteta uglja i razvija se na osnovu prethodno urađenog geološkog modela i potrebnih podataka u odgovarajućoj bazi. Samo kreiranje tehnološkog modela i postupak operativnog planiranja podrazumeva sprovođenje određenih aktivnosti odnosno izvršavanje naredbi za:

- definisanje bagerskih blokovi,
- podelu na podetaže u odabranim blokovima na osnovu postavljenih kriterijuma,
- kreiranje tehnoloških blokova,
- snimanje tehnoloških blokova u odgovarajućoj bazi,
- proračun odabranih tehnoloških blokova,
- pokretanje naredbe operativnog planiranja,

- prikaz i štampanje izveštaja i predloga rada.

Svaka od ovih aktivnosti je karakteristična i predstavlja osnovu za narednu naredbu odnosno uslov je za dalji rad sistema.

**Definisanje bagerskih blokova** - nakon završene vertikalne podele ugljenog sloja prema njegovim osnovnim karakteristikama, zadatim kriterijumima selektivnosti i utvrđivanja neophodne otkopne opreme, pristupa se definisanju bagerskih blokova (dimenzije bloka i prostorni položaj) na pojedinim etažama (linijama) na osnovu broja i tehnoloških parametara bagera i u određenom planiranom periodu rada.

**Podela na podetaže u odabranim blokovima** - kada se odrede bagerski blokovi pristupa se podeli na podetaže prema zadatim kriterijumima homogenizacije i kapaciteta bagera. Blok se deli na oprimalan broj podetaža sa usklađivanjem visine etaže, kvaliteta i očekivanog kapaciteta prema opremi koja radi na toj etaži (liniji otkopavanja).

Podela može biti ručna, kada se na osnovu prikazanog bagerskog bloka i karakteristika uglja daje predlog podetaža u cilju zadovoljenja uslova selektivnosti u slojevima sa malom vrednošću posmatranog parametra (DTE) i zahteva da predložene podetaže u uglju imaju vrednost DTE iznad usvojene. U slučaju da ručna metoda ne zadovoljava postavljene kriterijume, pristupa se automatskoj podeli gde se, nakon upisivanja minimalne vrednosti DTE i vrednosti za kriterijum selektivnost odnosno minimalne visine podetaže koja se selektivno može otkopavati pristupa novoj podeli na podetaže. Razlika između ova dva načina podele bagerskog bloka na podetaže pomaže pri odlučivanju koja će se podela usvojiti i uvesti u dalje proračune.

**Kreiranje tehnoloških blokova** - nakon utvrđene podele na podetaže pristupa se opciji proračuna da bi se videlo da li predložena podela zadovoljava po pitanju kvaliteta. Kada se to postigne definiše se tehnološki blok i daje se prikaz karakterističnih parametara. Tabele, koje su sastavni deo svakog tehnološkog bloka daju i vrednosti dobijenih visina za svaku podetažu, što dodatno kontroliše da li je ispoštovan kriterijum maksimalne visine otkopavanja bagera prema njegovim karakteristikama. U tabeli su još i podaci o koti krovine i podine za svaku podetažu, kao i posmatranih parametara (DTE, vlaga i pepeo). Ako se u tabeli prikažu podaci koji po nekom kriterijumu ne zadovoljavaju, postoji nekoliko naredbi čijim startovanjem se omogućuje nova podela i provera u cilju zadovoljavanja postavljenih uslova.

**Snimanje tehnoloških blokova u odgovarajućoj bazi** - kada tehnološki blok zadovoljava po pitanju svih zadatih kriterijuma dodeljuje mu se ime i vrši se njegovo snimanje i čuvanje u odgovarajućoj bazi podataka. Za potrebe operativnog planiranja, ili iz nekih drugih razloga, na osnovu dodeljenog naziva (ID) tehnološki blokovi se iz baze „pozivaju“ za dalje korišćenje.

**Proračun odabranih tehnoloških blokova** - nakon što se za svaku etažu definišu tehnološki blokovi pristupa se njihovom proračunavanju startovanjem odgovarajuće naredbe. Moguće je u okviru jedne etaže raditi proračun više blokova koji su nasumično ili planski izabrani da bi se dobili kapaciteti rada odgovarajućeg bagera u svakom od njih. Ovim proračunom se dobija uvid u karakteristike svakog tehnološkog bloka po pitanju posmatranih parametara za svaku etažu, čime će se kasnije definisati prostorni položaj za rad svakog od bagera u cilju planiranja i kontrole kvaliteta uglja.

**Startovanje naredbe operativnog planiranja** – pošto se definišu bagerski blokovi u prostoru, podele na podetaže, formiraju odgovarajući tehnološki blokovi, obeleže se i snime i uradi se proračun kapaciteta za odabrane blokove, pokreće se opcija operativnog planiranja. Suština rada je da se za određeni broj tehnoloških blokova na svim radnim etažama uglja radi simulacija istovremenog rada bagera za potrebe ostvarivanja kvaliteta otkopanog uglja uz što bolje kapacitativno iskorišćenje bagera. Nakon definisanja bagera i odabira tehnoloških blokova iz odgovarajuće baze podataka (preko njihovih ID) startuje se simulacija i na osnovu određenih naredbi daje se uvid u tok simulacije i prikaz rezultata. Aktiviranjem pojedinih kartica moguće je istovremeno prikazati osnovne karakteristike

odabranih tehnoloških blokova, njihovu poziciju na etažama, vrednost posmatranih parametara. Takođe određenim naredbama je moguće menjati neke od uslova (npr. maksimalan kapacitet za bagere) u zavisnosti od rezultata simulacije. Simulacija rada bagera se sprovodi po ciklusima u određenom intervalu. Interval je definisan u planu rada simulacije u minutama i može da bude npr. vreme potrebno za utovar jedne kompozicije voza. Ciklus je deo intervala i odnosi se na vreme potrebno za otkopavanje jedne podetaže tehnološkog bloka za odabrane bagerske blokove. Početak novog ciklusa je prelazak na rad na drugu definisanu podetažu bez obzira na kojoj etaži se ona nalazi. Vreme otkopavanja pojedinih etaža je različito zbog ukupne visine i kapaciteta opreme, pa broj ciklusa zavisi od utvrđenog broja podetaža, njihove visine, kapaciteta u svakoj od njih. Rezultat simulacije daje vrednost DTE i kapacitet bagera koji rade u odabranim blokovima. U slučaju dobijanja neodgovarajuće vrednosti posmatranog parametra u toku simulacije pojavljuje se crveno upozorenje nakon čega postoji mogućnost uključivanja deponije za potrebe popravljivanja kvaliteta odnosno isključenje kritičnog bagera iz rada i uključivanje deponijske mašine za dodavanje uglja poznatog kvaliteta dok se ne postigne odgovarajući kvalitet. Posle ove intervencije radi se nova simulacija prema zadatim uslovima, i kada se dobiju pozitivni rezultati prelazi se na novi ciklus uz ponovno vraćanje „isključenog“ bagera u proces simulacije. Takođe postoji mogućnost ručne korekcije u smislu izmene broja bagera u radu, promene vrste materijala koji se otkopava nekim od bagera, smanjenjem ili povećanjem kapaciteta pojedinih bagera. Nakon svake od ovih izmena ponovo se pokreće simulacija. Kada se dobiju pozitivni pokazatelji, automatski se prelazi na sledeći ciklus i tako do kraja intervala.

**Prikaz i štampanje izveštaja i predloga rada** - završetkom simulacije i dobijanjem zadovoljavajućih pokazatelja posmatranih parametara za odabrane bagerske blokove na različitim etažama nije završen sam proces kontrole kvaliteta uglja. Za potrebe daljeg rada pristupa se izradi određenih izveštaja. Aktiviranjem odgovarajućih naredbi moguće je izraditi „Plan rada celog sistema prema ciklusima“ kao i „Plan rada bagera-radni nalog“ sa potrebnim detaljnim podacima.

Elektroprivreda Srbije						
Plana rada celog sistema prema ciklusima						
Bager	OznakaBloka	Q t/h	DTE k/Mg	Pepeo %	Vlaga %	Način rada
<b>Ciklus 0</b>						
SchRs 630 25/6	e1b005	1204	6400	20.4	47.6	Normalno
SchRs 630 25/6	e2b08	500	5142	25.9	45.9	Normalno
ERs 1000/20	e3b004	1000	7498	14.4	50.3	Normalno
<b>0</b> traje 38 minuta		<b>2704</b>	<b>6573</b>			
<b>Ciklus 1</b>						
SchRs 630 25/6	e1b005	1207	4631	28.5	44.7	Selektivno
SchRs 630 25/6	e2b08	1000	5142	25.9	45.9	Normalno
ERs 1000/20	e3b004	1000	7498	14.4	50.3	Normalno
<b>1</b> traje 38 minuta		<b>3207</b>	<b>5684</b>			
<b>Ciklus 2</b>						
SchRs 630 25/6	e1b005	1285	6577	19.2	48.2	Normalno
SchRs 630 25/6	e2b08	500	5142	25.9	45.9	Normalno
ERs 1000/20	e3b004	1000	7498	14.4	50.3	Normalno
<b>2</b> traje 20 minuta		<b>2785</b>	<b>6650</b>			
<b>Ciklus 3</b>						
SchRs 630 25/6	e1b005	1285	6577	19.2	48.2	Normalno
SchRs 630 25/6	e2b08	1784	7046	15.8	50.1	Normalno
ERs 1000/20	e3b004	931	7498	14.4	50.3	Normalno
<b>3</b> traje 24 minuta		<b>4000</b>	<b>7001</b>			
						<b>2,696.00</b>

Slika 3: Izveštaj- predlog plana rada sistema po ciklusima

Elektropriroda Srbije						
Plan rada bagera - radni nalog						
OznakaBloka	DTE kJ/kg	Pepeo %	Vlaga %	Q t/h	Tip rada	
<b>ERs 1000/20</b>						
e3b004	38	7498	14.4	50.3	1000	Normalno
e3b004	38	7498	14.4	50.3	1000	Normalno
e3b004	20	7498	14.4	50.3	1000	Normalno
e3b004	24	7498	14.4	50.3	931	Normalno
<b>SchRs 630 25/6</b>						
e1b005	38	6400	20.4	47.6	1204	Normalno
e2b08	38	5142	25.9	45.9	500	Normalno
e1b005	38	4631	28.5	44.7	1207	Selektivno
e2b08	38	5142	25.9	45.9	1000	Normalno
e1b005	20	6577	19.2	48.2	1285	Normalno
e2b08	20	5142	25.9	45.9	500	Normalno
e1b005	24	6577	19.2	48.2	1285	Normalno
e2b08	24	7046	15.8	50.1	1784	Normalno

Slika: Izveštaj - predlog rada bagera

#### 4. Zaključak

Jedna od karakteristika Kolubarskog lignita je izražena slojevitost unutar ležišta posebno u zapadnom delu basena kojem i pripadaju Tamnavski kopovi. Ova karakteristika, između ostalih, uslovljava pojavu varijacije u pogledu kalorijske vrednosti uglja. Da bi se ispoštovao kontinuitet snabdevanja TE „Nikola Tesla“ potrebno je razviti sistem koji će omogućiti detaljno planiranje i eksploataciju uglja pri čemu bi se vršila kontrola kvaliteta. Istovremeno bi se poboljšao tehno-ekonomski efekat eksploatacije uz iskorišćenje niskokvalitetnih delova ležišta. Kroz ovaj sistem ugalj će se kontrolisati i pratiti tokom otkopavanja, transporta, deponovanja i utovara u vagone, što će omogućiti isporuka uglja poznatog i zadatog kvaliteta. Celokupni posao se analizira, simulira i planira kroz program baziran na geološkom i tehnološkom modelu, operativnom planiranju, kao i modelu deponije uglja „Tamnava“. Sistem planiranja i kontrole upravljanja kvalitetom uglja ima višestruki značaj. Kopovi bi radili racionalno bez nekontrolisanog razbacivanja sirovinom iz prirodnog resursa i sa mogućnošću proširenja sirovinske osnove, termoelektranama bi se omogućili i stvorili regularni uslovi rada za sagorevanje uglja odgovarajućeg kvaliteta, proizvodila bi se jeftinija električna energija, sa aspekta zaštite životne sredine stvorili bi se povoljniji uslovi bez mogućnosti pojave ekscenih situacija (paljenje deponija odloženog uglja lošijeg kvaliteta i sl), a takođe bi se smanjilo korišćenje mazuta u kotlovima odnosno smanjila bi se emisija štetnih gasova u atmosferu.

#### 5. Literatura

1. Idejni program sa studijom opravdanosti uvođenja sistema za operativno upravljanje i kontrolu kvaliteta uglja na Tamnavskim kopovima: Rudarsko-Geološki fakultet, Beograd 2009 ,
2. D.Ignjatović, D.Knežević, B.Kolonja, N.Lilić, R.Stanković: Upravljanje kvalitetom uglja, Monografija, RGF, Beograd 2007,
3. N.Drljević: Razvoj tehnološkog modela rada bagera za operativno planiranje upravljanja kvalitetom uglja na Tamnavskim površinskim kopovima, Magistarska teza, Beograd 2010

## SWOT ANALIZA ENERGETSKOG POTENCIJALA LIVANJSKOG BASENA

Simić D.<sup>1</sup>, Lazarev S<sup>1</sup>, Mihajlović B.<sup>1</sup>, Vasojević L.J.<sup>1</sup> Ljubičić M.<sup>1</sup>, Simić V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jantar grupa d.o.o. Beograd; <sup>2</sup> Rudarsko-geološki fakultet Beograd

### Apstrakt

U ovom radu dat je kratak prikaz rezultata do kojih se došlo izradom Studije energetskeg potencijala Livanjskog basena i razvojnih mogućnosti, na osnovu kojih, koristeći se SWOT analizom, pristupilo kreiranju dalje strategije. Razlog izrade studije je bila potreba za sagledavanjem svih regionalnih, geoloških, rudarskih, ekoloških, pravno-socijalnih i ekonomskih faktora radi identifikovanja investicionih mogućnosti u projekat otvaranja rudnika lignita u Livanjskom basenu i izgradnje termoelektrane. Studija je rađena na nivou studije mogućnosti upravo sa ciljem pregleda trenutnog stanja u vidu prednosti i nedostataka, kao i mogućnosti i pretnji po projekat koje mogu da se očekuju u budućnosti. SWOT analiza je jednostavan, jeftin, fleksibilan i brz instrument za analitičko i strateško planiranje daljih aktivnosti i investicija u projekat.

### Abstract

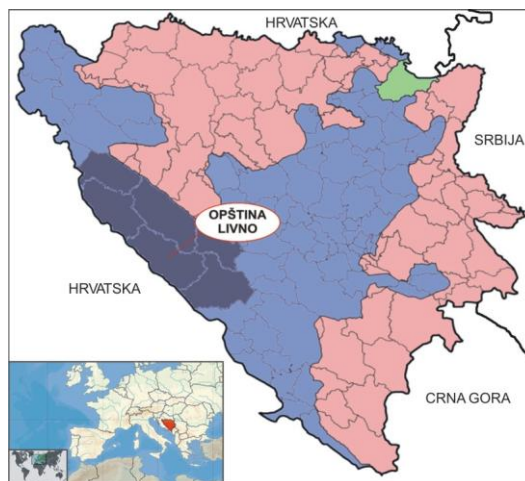
This paper will briefly discuss the results obtained during studies of the energy producing potential of Livno basin and development opportunities, based on which, using the SWOT analysis, we started creating further strategies. The reason of the study was the need for taking into account the regional, geological, mining, environmental, legal, social and economic factors to identify investment opportunities in the project open lignite mine in the Livno basin and construction of power plants. The study was performed at the level of study options just in order to review the current state of the advantages and disadvantages, opportunities and threats to the project that can be expected in the future. SWOT analysis is a simple, inexpensive, flexible and fast tool for analytical and strategic planning of future activities and investments in the project.

### UVOD

Livanjski ugljenosni basen i ležište lignita Čelebić koje se nalazi u njegovom severozapadnom delu, prostire se na teritoriji opštine Livno u jugozapadnom delu Bosne i Hercegovine. Opština Livno se nalazi u Federaciji Bosne i Hercegovine i ulazi u sastav Hercegbosanske županije – kantona 10.

Ležište Čelebić je u periodu posle II svetskog rata detaljno i sistematski istraživano što je dovelo i do izrade Elaborata o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi uglja ležišta Čelebić u Livanjskom basenu (1979).

Usled potrebe za energetskeim mineralnim sirovinama i zapošljavanju radne snage u Bosni i Hercegovini, a prema analizama tržišta i kretanju potrošnji energije u BiH i u svetu, društvo „Ugljeninvest“ d.o.o. iz Livna, 2008. godine pokreće inicijativu za nastavak istraživanja sa ciljem detaljnog istraživanja i buduće eksploatacije lignita za termoenergetske svrhe. Kao rezultat novijih istraživanja urađen je „Izveštaj o geološkim istraživanjima uglja na lokalitetu Čelebić kod Livna“, "Elaborat o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi uglja u ležištu Čelebić kod Livna" sa stanjem na dan 31.12.2009. godine, kao i „Predstudija procene uticaja na okoliš projekta eksploatacije lignita u ležištu Čelebić kod Livna“ i „Inženjersko-ekonomska analiza mogućnosti otkopavanja ležišta lignita Čelebić kod Livna“. Od posebne važnosti i vrednosti je Studija energetskeg potencijala Livanjskog basena i razvojne



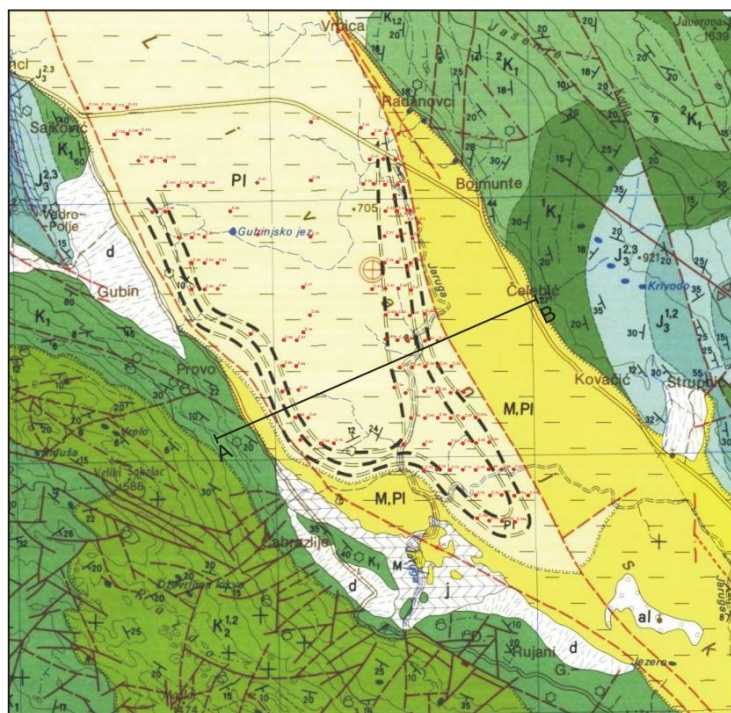
moгуćnosti koja je izrađena na zahtev investitora a za potrebe sagledavanja realnog stanja kako regionalnih, geoloških, rudarskih, ekoloških tako i socijalnih, pravnih i ekonomskih prilika koje bi imale uticaj na buduću eksploataciju i eventualnu izgradnju termoelektrane. Studija takođe daje pregled neophodnih i zakonski utvrđenih procedura i akcija koje je potrebno sprovesti u cilju detaljnih istraživanja i pribavljanja potrebne dokumentacije za otvaranje rudnika. Materijal studije je uz prostorne planove FBiH i HBŽ, novih nacрта prostornih planova, zakonske regulative iz oblasti rudarstva, geologije i energetike BiH i mnogobrojnih izveštaja i rešenja vezanih za dato ležište, poslužio kao građa za izradu SWOT analize. Radi lakšeg razumevanja problematike, u narednom tekstu daće se kratak prikaz geološke građe ležišta Čelebić, kvaliteta i rezervi uglja, ali i razvojnih mogućnosti i potencijalnosti susjednih prostora kao u smislu proširenja rezrvi uglja i mogućnosti upotrebe drugih mineralnih sirovina, tako i ostalih pogodnosti projekta otvaranja rudnika i izgradnje termoelektrane u Livnu.

### GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA ČELEBIĆ

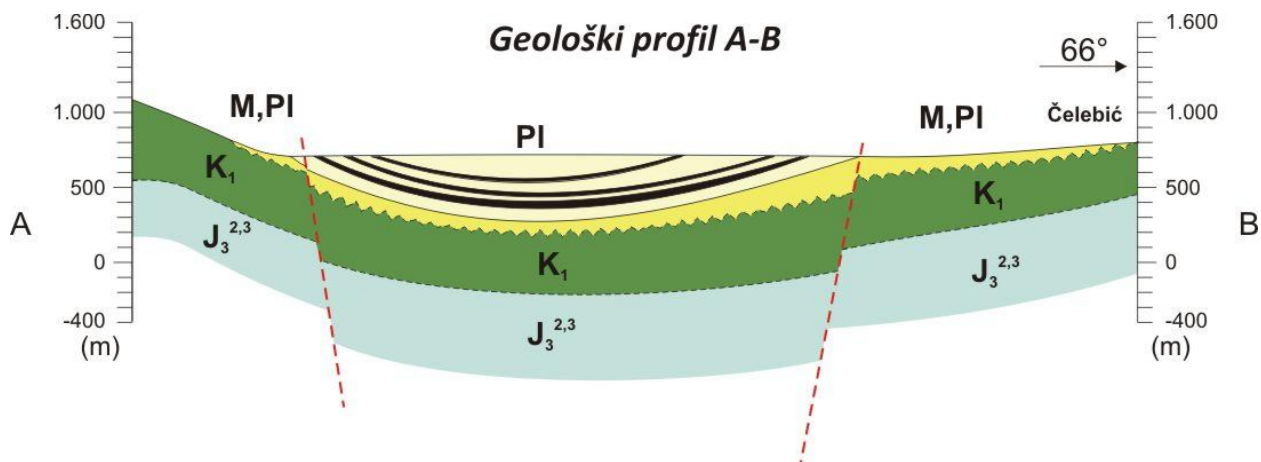
Ležište uglja Čelebić nalazi se u okviru laporovito glinovitih tvorevina Livanjskog basena miopliocenske starosti. Jalovinu u ležištu predstavljaju sedimenti gline i laporca. Ugalj pripada grupi sedimentnih, klasi biohemijskih sedimenata, odnosno jezerskom intramontanskom tipu.

Ugljonosna serija

Podinski - najniži ugljeni sloj u ležištu je debljine od 0,60 m do 37,85 m, prosečno 10,25 m dok se debljina rovnog uglja kreće od 0,60 m do 15,40 m, prosečno 5,08 m. Debljina selektivne jalovine podinskog ugljenog sloja maksimalno iznosi 30,50 m, a srednja 7,53 m. Sedimenti jalovine između glavnog i podinskog ugljenog sloja izgrađeni su od sive laporovite gline i glinovitih laporca, prosečne debljine 24,0 m.



Glavni ugljeni sloj predstavlja sloj u kome je utvrđena najveća debljina uglja u ležištu, i kreće se od 1,40 m u jugozapadnom delu ležišta do 66,20 m u jugoistočnom delu ležišta, prosečno 19,29 m. Debljina rovnog uglja varira od 0,55 m do 21,70 m, prosečno 8,30 m. Debljina selektivne jalovine unutar glavnog ugljenog sloja varira od 0,15 m do 48,00 m, sa srednjom vrednošću od 13,37 m. Sedimenti koji leže preko glavnog ugljenog sloja predstavljeni su sivim glinama (laporima) čija debljina najčešće iznosi oko 35 m.



Slika 1. Geološka karta i geološki profil ležišta Čelebić

Krovinski - povlatni ugljeni sloj je raslojen u više tanjih ugljenih slojeva, i utvrđen je na istočnom krilu Čelebićke sinklinale. Debljina povlatnog ugljenog sloja varira od 0,80 m do 45,40 m, prosečno 15,15 m. Prosečna debljina rovnog uglja je 4,57 m, selektivne jalovine povlatnog ugljenog sloja je maksimalno 43,60 m, a srednja je 10,57 m.

Sedimenti povlate ugljene serije u ležištu predstavljani su žutim, sedrastim, laporovitim, slatkovodnim krečnjacima i laporovito ugljevitim glinama. Debljina otkrivke je od 0,15 do 266,10 m u centralnom delu ležišta, prosečno 28,35 m.

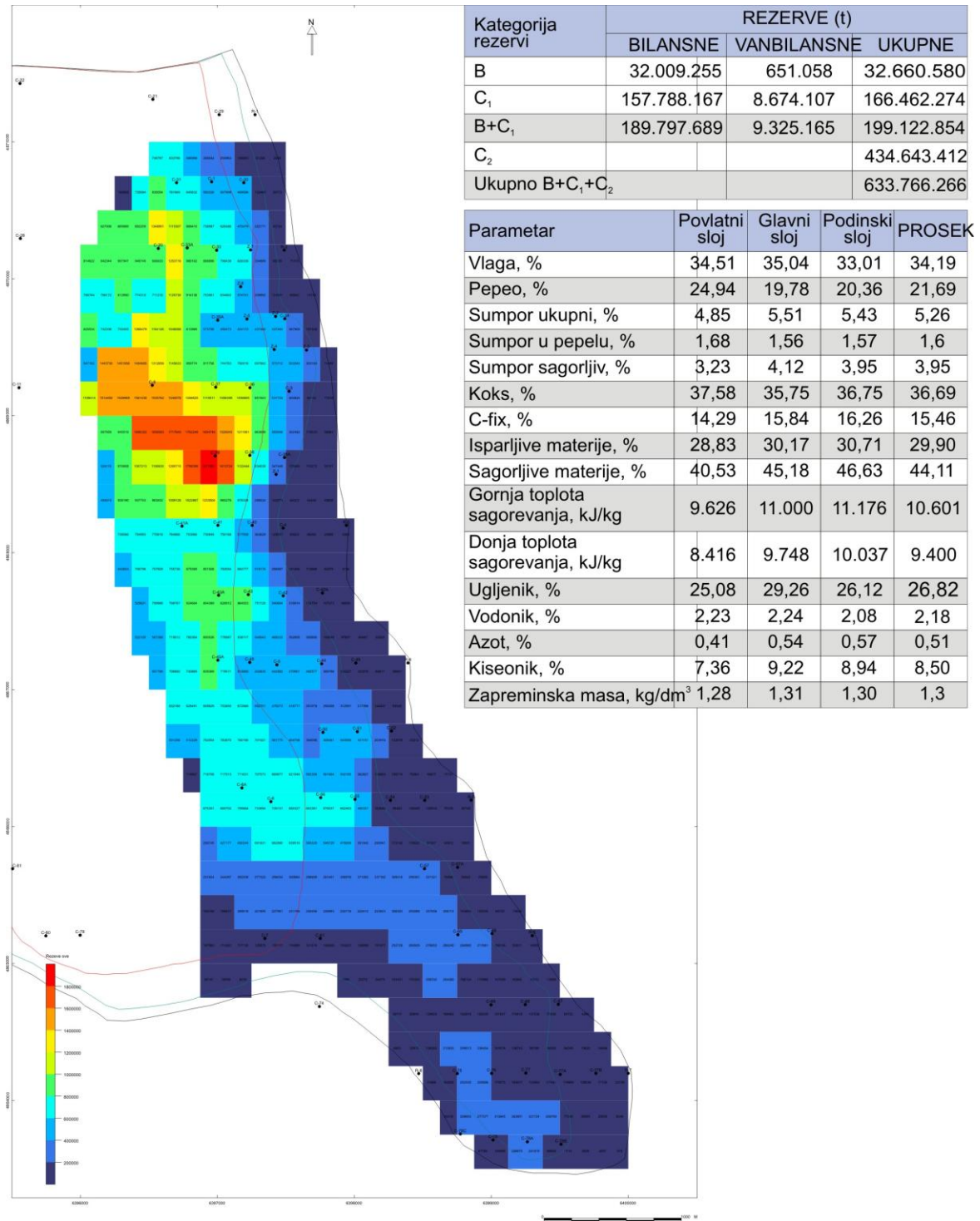
#### REZERVE I KVALITET UGLJA

Proračun rezervi uglja u ležištu Čelebić izveden je saglasno uslovima koje propisuje Pravilnik o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima (Sl. list SFRJ 53/79).

Kriterijum bilansnosti rezervi uslovljen je minimalnom debljinom eksploatacije uglja, koja iznosi 1 metar. U bilansne rezerve svrstane su rezerve uglja debljine preko 1 metar. Kao osnovna metoda proračuna rezervi uzeta je metoda mini blokova u programskom paketu GDM. Kod proračuna rezervi uglja, ukupne rezerve i po kategorijama uzet je ugaj sa proslojcima jalovine ispod 0,50 metara.

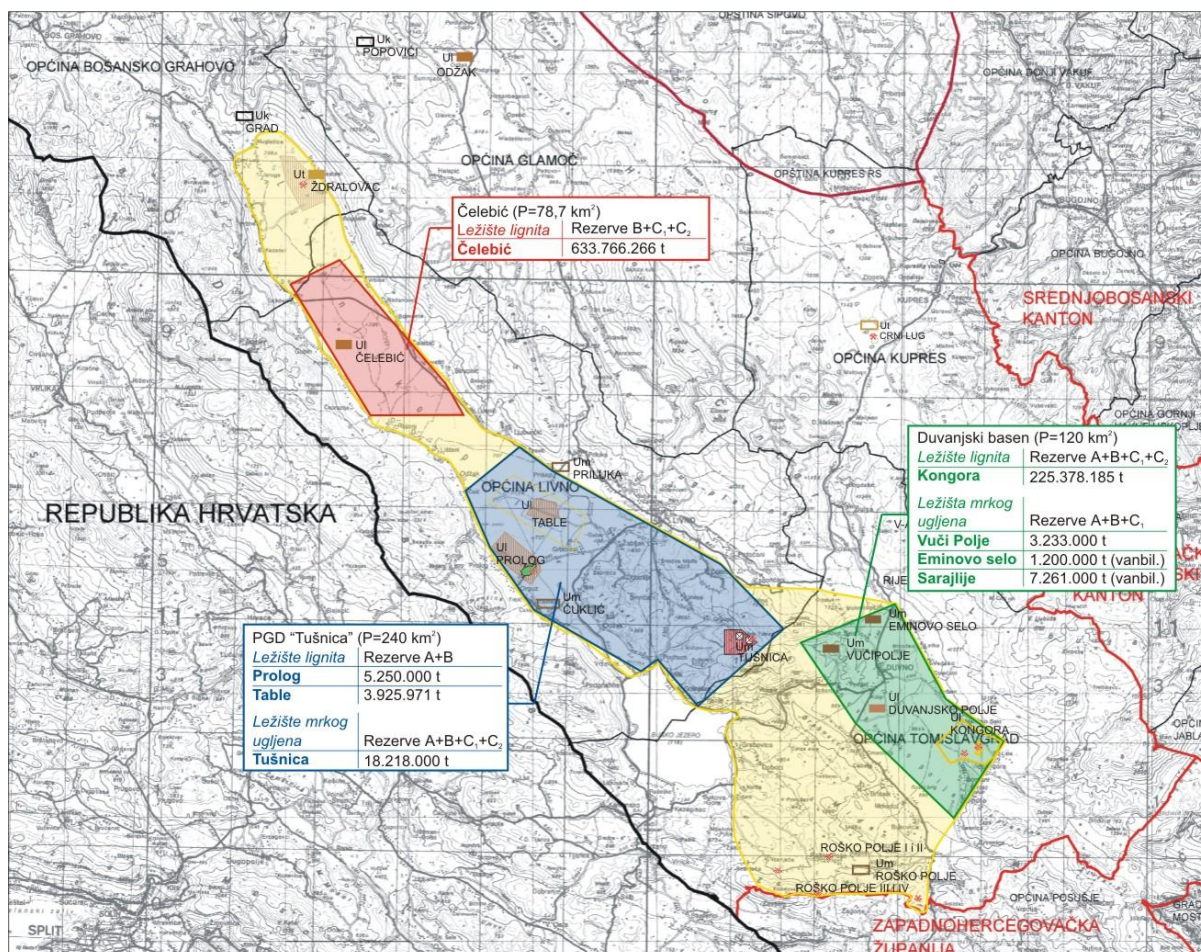
Rezultati tehničke analize uglja pokazali su da ugaj iz ležišta Čelebić ima sve odlike lignita: relativno visok sadržaj vlage, promenljiv sadržaj pepela i donju toplotu sagorevanja i veoma visok sadržaj sumpora.





Slika 2. Karta rezervi sva tri ugljena sloja sa tabelarnim prikazom rezervi i kvaliteta uglja

POTENCIJALNOST PODRUČJA



Slika 3. Karta potencijalnosti Livanjsko-duvanjskog polja

U ležištima lignita i mrkog uglja u Livanjskom polju do sada pronađene i utvrđene geološke rezerve A+B+C<sub>1</sub> kategorije iznose 224.982.825 t kao i predpostavljene rezerve C<sub>2</sub> kategorije od 434.643.412 t, S= A+B+C<sub>1</sub>+C<sub>2</sub> = 659.626.237 t.

Prostor ležišta Čelebić obuhvaćen koncesijom je površine 78,7 km<sup>2</sup> a koeficijent rudonosnosti, odnos mase uglja i površine ležišta, iznosi 18.640.184 t/km<sup>2</sup>. Susjedni potencijalni prostori za pronalaženje rezervi uglja, kao što je područje šire okoline Tušnice od oko 240 km<sup>2</sup> pa i dalji Duvanjski basen od oko 120 km<sup>2</sup>, jasno ukazuju da je ukupna potencijalnost šireg prostora mnogo veća. Pored postojećih ležišta, slojevi mrkog uglja realno se mogu očekivati i ispod svih poznatih lignitskih slojeva. Celo područje Livanjsko-duvanjskog basena od 870 km<sup>2</sup>, predstavlja potencijalno područje za njihovo pronalaženje. U neposrednoj blizini ležišta lignita Prolog i Table, tačnije po obodu II dela Livanjskog basena, nalaze se i pojave mrkog uglja na lokalitetima Priluka i Čuklić. Takođe, sa druge strane planine i ležišta mrkog uglja Tušnica, u Duvanjskom basenu u neposrednoj blizini ležišta lignita

Kongora, nalaze se ležišta mrkog uglja Vučipolje, Eminovo selo i Sarajlije.

Pored velikih rezervi uglja, kako u ležištima koja su u eksploataciji tako i u istraženim ležištima, neposredna okolina Livanjskog polja je bogata i drugim vrstama mineralnih sirovina (glina, tufova, laporaca, krečnjaka, dolomita, šljunkova i peskova).

Vrsta sirovine	Ležište	Kategorija rezervi	Rezerve
Opekarske gline	„Vidovići”	A+B+C <sub>1</sub>	3.402.216 t
	„Begluci jug”	A+B+C <sub>1</sub>	5.321.207 t
Tufovi	„Ploča”	A+B+C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub>	367.200 t
	„Mandak” i „Gost”	A+B	444.657 t
Cementni laporac	„Livno”	nema podataka	
Krečnjak (arhitektonsko građevni kamen AGK)	„Pogledala”	A+B	476.250 m <sup>3</sup>
Krečnjak (građevno tehnički kamen)	„Podgradina”	A+B+C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub>	7.739.911 m <sup>3</sup>
Dolomiti	„Grguljača”	A+B+C <sub>1</sub>	4.398.074 m <sup>3</sup>
	„Troljin vrh”	A+B	786.807 m <sup>3</sup>
	„Javorje”	A+B	1.458.728 m <sup>3</sup>
Šljunkovi	„Gornji Kazanci”	A+B+C <sub>1</sub>	1.341.145 m <sup>3</sup>
	„Begluci jug”	A+B+C <sub>1</sub>	391.686 t
	„Begluci istok”	A+B+C <sub>1</sub>	1.812.287 t
	„Gornjuše”	A+B+C <sub>1</sub>	601.254 t
	„Barjak”	A+B+C <sub>1</sub>	936.743 m <sup>3</sup>

#### OSTALE POGODNOSTI PROJEKTA

Usled potrebe odbrane kopa od atmosferskih voda potrebno je izraditi sistem kanala koji bi skupljali atmosfersku vodu i akumulaciju koja bi primala višak vode iz kanala i koja bi služila kao rezervoar vode potrebne za kontinuirano snabdevanje termoelektrane. Višak vode iz akumulacije mogao bi da se sistemom kanala i sa jednom crpnom stanicom prepumpava u Buško jezero. Takođe, voda iz akumulacije bi se mogla koristiti za proces melioracije i navodnjavanje zemljišta.

Kao produkt rada termoelektrane nastaje velika količina toplotne energije koja bi mogla da se koristiti za zagrevanje staklenika koji bi se izgradio u blizini termoelektrane ili za eventualnu toplifikaciju grada Livna. Takođe za potrebe odlaganja pepela neophodna je izvesna količina vode. Otkrivka, koja će se u toku buduće eksploatacije uglja na ležištu Čelebić otkopati i odložiti na za to predviđenim površinama, uglavnom će se sastojati od laporovitih, peskovitih i šljunkovitih glina kao i laporaca. Neophodno je izvršiti ispitivanje i utvrđivanje sastava i kvaliteta otkrivke, i odrediti mogućnosti njenog korišćenja u građevinarstvu, putogradnji, hemijskoj, opekarskoj ili cementnoj industriji. Takođe veliku primenu može naći u kasnijoj rekultivaciji površinskog kopa, izgradnji akumulacije, remedijaciji zemljišta, melioraciji, izradi nasipa, kao i za oblaganje i konzervaciju deponija šljake i pepela. Šljaka i pepeo, produkti sagorevanja uglja u termoelektranama, mogu se bezbedno upotrebljavati u putogradnji, industriji cementa, građevinarstvu, hemijskoj industriji, industriji stakla i dr. Iz tog razloga potrebno je obratiti posebnu pažnju planiranju njihovog deponovanja i kontrolu kvaliteta, kako zbog njihovog uticaja na okolinu, tako i zbog eventualne upotrebe u industriji.

SWOT ANALIZA

	PREDNOSTI	SLABOSTI
REGIONALNI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dobar geo-politički položaj;</li> <li>• Najveće kraško polje na teritoriji bivše Jugoslavije sa površinom od 372 km<sup>2</sup> i dužinom od 64 km;</li> <li>• Ležište Čelebić dobro je povezano sa industrijskim i potrošačkim mestima u federaciji i ostalim delovima Balkana;</li> <li>• Povezanost sa glavnim regionalnim centrima gustom mrežom magistralnih puteva, od Mostara ležište je udaljeno oko 130 km, oko 210 km od Sarajeva, od Banja Luke oko 170 km, a od Splita oko 100 km;</li> <li>• Izrazite prirodne vrednosti planina Cincar, Dinara, Šator kao i mnogobrojni hidrološki i hidrogeološki objekti ponornice, kraška vrela, estevele, jezera;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Najbliži autoput Zagreb-Split se nalazi na oko 70 km;</li> <li>• Relativno oštra planinska klima, sa velikim brojem vetrovitih i kišovitih dana i naglim promenama metereoloških uslova;</li> <li>• Na prostoru HBŽ ne egzistira ni jedna visokoškolska niti naučno-istraživačka institucija;</li> <li>• Nedovoljan broj objekata i ustanova kulture;</li> <li>• Na celoj teritoriji HBŽ postoji jedna bolnica i pet domova zdravlja;</li> <li>• Mnoštvo nivoa i institucija uprave;</li> <li>• Nepostojanje i nerazvijenost kanalizacionih sistema izvan urbanih područja;</li> <li>• Nepostojanje postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda;</li> </ul>
GEOLOŠKI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veliko prostiranje produktivnih ugljunosnih slojeva, na površini od preko 25 km<sup>2</sup>;</li> <li>• U celom basenu razvijena tri sloja lignita postojanog pružanja i debljine;</li> <li>• Slojevi zaležu u proseku pod uglom od 11°;</li> <li>• Ležište je tektonski neporemećeno;</li> <li>• Ugalj prema rezultatima tehničke analize po kvalitetu pripada grupi kvalitetnih lignita sa prosečnom vrednošću DTE 11.750 KJ/kg;</li> <li>• Istražene i overene rezerve B+C<sub>1</sub> kategorije iznose 199.122.854 t;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tonjenje ose sinklinale ka SZ, povećanje ugla pada slojeva ka centralnom delu polja a samim tim i dubine na kojoj se prostiru slojevi;</li> <li>• Visok sadržaj sumpora i promenljiv sadržaj pepela i vrednosti donje toplote sagorevanja;</li> </ul>

	PREDNOSTI	SLABOSTI
RUDARSKI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eksploatacione rezerve su <math>Re=178.409.828t</math>;</li> <li>• Na osnovu analogije sa drugim ležištima, može se pretpostaviti da će ležište biti površinski eksploatisano;</li> <li>• Predpostavljeni kapacitet <math>5 \times 10^6 t</math>, vek rudnika 35 godina, koeficijent otkrivke 5,5:1;</li> <li>• Analize su pokazale da uslovna vrednost ležišta ima pozitivan predznak, da je NPV, rađen za tri vrednosti diskontne stope u svim slučajevima pokazao pozitivan novčani tok i da vrednost IRR-a ukazuje na izvodljivost projekta;</li> <li>• Na prostoru ležišta Čelebić nema stambenih i drugih građevinskih objekata, kao ni objekata prenosa električne mreže;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Povećanje koeficijenta otkrivke u centralnom i severozapadnom delu ležišta;</li> <li>• Potreba odbrane kopa od površinskih voda i izrade odvodnih kanala i akumulacije koja bi služila za sakupljanje viška vode i odakle bi se crpela voda za snabdevanje termoelektrane za potrebe hlađenja sistema;</li> </ul>
EKOLOŠKI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Livanjsko polje je najvećim delom prekriveno pašnjacima slabog kvaliteta i retkom grmolikom vegetacijom dok se vrlo oskudna listopadna vegetacija javlja samo uz rubove polja;</li> <li>• Zemljište slabog kvaliteta koje se vrlo ograničeno koristi za poljoprivredu usled usitnjenost poseda, odsustvo intezivne obrade i primene savremenih agrotehničkih metoda;</li> <li>• Izgradnjom hidroenergetskog sistema Orlovac isušen je veći deo Livanjskog polja (centralni i južni deo) čime je dovedena u pitanje opravdanost veličine područja koje je stavljeno pod zaštitu Ramsarskim sporazumom;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Livanjsko polje je proglašeno Ramsarskim područjem od strane Sekretarijata Ramsarske konvencije (konvencija o zaštiti močvarnih područja);</li> <li>• Veliki priliv vode u periodu jesen-proleće koje je potrebno sistemom kanala prikupiti i distribuirati za druge namene;</li> <li>• Ispuštanje otpadnih voda iz gradskih naselja i industrije u vodotoke bez tretmana;</li> <li>• Nepostojanje sanitarnih deponija otpada;</li> <li>• Nepostojanje monitoringa komponenti životne sredine (voda, tlo, vazduh, buka);</li> <li>• Nepostojanje sistema protivgradne zaštite;</li> </ul>
SOCIJALNI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Homogena nacionalna struktura, većinsko stanovništvo u opštini Livno čine Hrvati (89%);</li> <li>• Učešće zaposlenog stanovništva u odnosu na stalno stanovništvo je najniže u opštinama Livno (13%) i Tomislavgrad (12%);</li> <li>• Raspoloživa, a nezaposlena i jeftina radna snaga;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hercegbosanska županija ima najmanju prosečnu naseljenost po <math>km^2</math> (<math>16,5 \text{ st/ km}^2</math>) od svih kantona u Federaciji gde je prosečna naseljenost <math>89 \text{ st/km}^2</math>;</li> <li>• HBŽ je 2001. ušla u negativan prirodni priraštaj za razliku od FBiH koja konstantno od 1996. godine ima pozitivan prirodni priraštaj;</li> <li>• Nedostatak radne snage sa stručnim obrazovanjem i radnim iskustvom;</li> <li>• Sistem moralnih vrednosti ne odgovara zahtevima tržišne ekonomije;</li> </ul>

	<b>PREDNOSTI</b>	<b>SLABOSTI</b>
<b>PRAVNI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dobijena rešenja od nadležnih institucija;</li> <li>• Koncesija za eksploataciju uglja 5 + 30 sa mogućnošću proširenja za još 15 godina;</li> <li>• Pozitivan stav lokalne samouprave;</li> <li>• Odlukom Vlade HBŽ Ležište Čelebić i planirana TE predloženi za upis u prostorni plan HBŽ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nepovoljna politička klima;</li> <li>• Nedovoljno uređen pravni sistem;</li> <li>• Tendencija centralizacije vlasti u Bosni i Hercegovini;</li> <li>• Visok nivo sive ekonomije;</li> <li>• Mnoštvo nivoa i institucija uprave;</li> </ul>
<b>EKONOMSKO-RAZVOJNI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monetarna stabilnost (princip Currency Board-a obezbedio je stabilan devizni kurs konvertibilne marke i njenu konvertibilnost) bez većeg uticaja monetarne politike na razvoj zemlje;</li> <li>• Potreba za povećanim količinama električne energije u regionu;</li> <li>• Tendencija rasta investicija u proizvodnju energije u vidu izgradnje vetro parkova;</li> <li>• Prostornim planom je predviđena rekonstrukcija postojeće mreže i izgradnja nekoliko novih 110 kV dalekovoda kao i jednog 400 kV;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nedostatak kapitala (nizak nivo stranih direktnih investicija, nedostatak domaćeg kapitala, nepovoljni kreditni aranžmani što se ogleda u visokoj kamatnoj stopi, kratkim periodima otplate i uglavnom bez grace perioda);</li> <li>• Niska kupovna moć stanovništva što utiče na smanjenu potražnju, a time i na obim proizvodnje i trgovine;</li> <li>• Poreski sistem je fiskalnog, a ne razvojnog karaktera (visok nivo direktnih i indirektnih poreza, skupa poreska administracija);</li> <li>• Niska konkurentnost domaćih preduzeća;</li> <li>• Usmerenost domaćih preduzeća na lokalna i bliža regionalna tržišta (BiH nema definisanu izvoznju politiku);</li> <li>• Visok nivo javne potrošnje (62% nacionalnog dohotka BiH čini javna potrošnja);</li> </ul>

	<b>ŠANSE</b>	<b>OPASNOSTI</b>
<b>REGIONALNI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prostornim planom HBŽ predviđena izgradnja autoputa Banja Luka -Split</li> <li>• Industrijski razvoj regiona povlači razvoj celokupne privrede u regionu a i šire;</li> <li>• Mogućnost korišćenja napuštenih vojnih i društvenih objekata u privredne svrhe;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nestabilna politička situacija u zemlji, jak uticaj političkih partija;</li> <li>• Seizmički aktivno područje;</li> <li>• Zaostala minska polja iz poslednjeg rata;</li> <li>• Opasnost od samozapaljivanja tresetišta u severozapadnom delu Livanjskog polja na području Ždralovca;</li> </ul>

	ŠANSE	OPASNOSTI
GEOLOŠKI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Predpostavljene potencijale rezerve C<sub>2</sub> kategorije u ležištu Čelebić u količini od 434.643.412 t;</li> <li>• Mogućnost proširenja rezervi lignita u ležištu Čelebić ka severo-zapadu basena;</li> <li>• U jugoistočnom delu polja su pronađena i istražena ležišta lignita Table i Prolog kao i ležište mrkog uglja Tušnica;</li> <li>• Velika potencijalnost celog Livanjsko-duvanjskog basena u pogledu proširenja postojećih rezervi i pronalaska novih ležišta kako lignita tako i mrkog uglja;</li> <li>• Kompleksno iskorišćenje mineralnih sirovina, mogućnost korišćenja materijala povlatnih i podinskih slojeva kao nemetaličnih mineralnih sirovina;</li> <li>• Značajne količine drugih mineralnih sirovina u neposrednoj okolini: ležišta gline, tufa, dolomita, laporca, krečnjaka (građevno tehničkog i AG kamena), šljunka i peska;</li> <li>• ležište pijaćih podzemnih voda na severoistoku Livanjskog polja;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nedovoljno istražen severozapadni deo ležišta;</li> <li>• Neophodnost provere i potvrde rezultata ranijih istraživanja prvenstveno bušenja;</li> <li>• Moguće neočekivane promene u prostiranju, debljini, prostornom položaju slojeva uglja u nedovoljno istraženim delovima ležišta;</li> <li>• Moguće neočekivane promene u kvalitetu uglja u nedovoljno istraženim delovima ležišta;</li> </ul>
RUDARSKI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• U centralnom delu Livanjskog polja derivacioni sistem kanala i akumulacija HE „Orlovac“, pored hidroenergetske funkcije, ima i funkciju zaštite od poplava centralnog dela polja;</li> <li>• Na području Malog Ždralovca u severozapadnom delu Livanjskog polja izgrađeni su odvodni kanali koji brže odvođe vode prema ponoru Kazanci;</li> <li>• Postojanje 3 ponora velikih kapaciteta u koje bi se sistemom kanala mogao sprovesti eventualni poplavni talas;</li> <li>• Postoji ideja o izgradnji tunela koji bi višak vode iz Livanjskog polja sprovodio u Peručko jezero i time doprineo u snabdevanju čitavog sistema hidroelektrana;</li> <li>• Korišćenje krečnjaka iz ležišta Podgradina II za snabdevanje termoelektrane za potrebe desumporizacije;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plavno područje, opasnost od podzemnih voda;</li> <li>• Potreba izmeštanja postojećih odvodnih kanala i hidroenergetskih sistema;</li> <li>• Problem neselktivnog odlaganja jalovine odnosno otkrivke i nemogućnost kasnijeg razdvajanja u cilju korišćenja pojedinih materijala u kasnijoj rekultivaciji kao i zbog različitih fizičko-mehaničkih karakteristika materijala koji će se različito ponašati na odlagalištu u smislu zadržavanja ili propuštanja površinskih voda;</li> </ul>

	ŠANSE	OPASNOSTI
EKOLOŠKI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gubitak obradivog zemljišta usled eksploatacije je privremenog karaktera jer se rekultivacijom može obnoviti i poboljšati poljoprivredna proizvodnja;</li> <li>Upotreba viška vode iz akumulacije za snabdevanje TE;</li> <li>Melioracija i navodnjavanje zemljišta;</li> <li>Sistemom kanala za odvođenje viška vode ka akumulaciji Buško Blato i dalje za proizvodnju struje;</li> <li>Izgradnja staklenika za proizvodnju voća, povrća i cveća u blizini TE u kojima bi se koristila topla voda koja nastaje kao produkt rada TE;</li> <li>Toplifikacija Livna vodom iz TE;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ramsarsko područje;</li> <li>U nacrtu prostornog plana FBiH predviđena je zaštita zaštićenog prirodnog pejzaža Livanjsko polje na površini od 29.310,6 ha;</li> <li>Uticaj eksploatacije na životnu sredinu u smislu degradacije zemljišta, zagađenje vazduha prašinom, remećenje režima podzemnih voda, zauzimanje prostora odlaganjem jalovine, buke od mehanizacije i narušavanja estetskih vrednosti okoline;</li> <li>Pojedinačni slučajevi povišenog sadržaja urana i retkih elemenata u lignitu;</li> <li>Potreba za sprovođenjem i pridržavanjem posebnih mera zaštite životne sredine, zaštite i bezbenosti na radu zbog specifičnosti prirode procesa proizvodnje kako na eksploataciji uglja i pripremi tako i u proizvodnji električne energije;</li> <li>Uticaj termoelektrane i odlagališta pepela na životnu sredinu;</li> </ul>
SOCIJALNI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potreba za otvaranjem novih radnih mesta za rad u rudniku i na izradnji TE;</li> <li>Poslovi za kooperantske firme iz oblasti izgradnje, mašinstva i drugih uslužnih delatnosti;</li> <li>Povećanje broja zaposlenih značajno utiče na ukupno podizanje standarda u lokalnoj zajednici što bitno utiče na pozitivne migracije stanovništva;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Odliv mladih i perspektivnih kadrova u veće gradove i inostranstvo;</li> <li>Potreba za dodatnom obukom i usavršavanjem zaposlenih za poslove na eksploataciji uglja;</li> <li>Potreba sprovođenja posebne obuke zaposlenih o merama zaštite i bezbednosti na radu i zaštite životne sredine zbog specifične prirode procesa proizvodnje i opasnosti od povreda na radu;</li> </ul>
PRAVNI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Koncesor ima obavezu da pomogne da se reše imovinsko-pravni odnosi;</li> <li>Koncesor se Ugovorom obavezao da će pomoći da se dobiju sve dozvole, licence i saglasnosti iz svoje nadležnosti neophodne za pravovremenu eksploataciju lignita;</li> <li>Postoji mogućnost da se zemljište u državnom vlasništvu ustupi bez nadoknade;</li> <li>Koncesor je u obavezi da osigura upisivanje rudnika i termoelektrane u prostorni plan opštine Livno, HBŽ i FBiH;</li> <li>Koncesor pomaže u dobijanju saglasnosti za priključenje termoenergetskog objekta u elektroenergetsku mrežu BiH;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nejasne nadležnosti tri nivoa vlasti, po pitanju rudarstva i energetike;</li> <li>Nizak nivo institucionalnog kapaciteta upravno administrativnih struktura županije i opština;</li> <li>Nedovoljan nivo saradnje sa višim nivoima vlasti i međunarodne saradnje;</li> <li>Navike nepoštovanja zakona;</li> <li>Izvršiti rezervaciju eksploatacionog prostora i sprečiti gradnju ili kupovinu većih površina od strane jednog lica;</li> <li>Izgradnja termoelektrane je u nadležnosti BiH, tako da je neophodno da se u prostorni plan FBiH unese koncesiono polje za eksploataciju ležišta lignita Čelebić i da se predvidi izgradnja termoelektrane Livno;</li> </ul>



	ŠANSE	OPASNOSTI
EKONOMSKO-RAZVOJNI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pokretanje eksploatacije lignita na ležištu Čelebić;</li> <li>• Izgradnja termoelektrane 2x300 MW za čiji je rad potrebno oko 200x106 t uglja geoloških rezervi odnosno 5 x 106 tona uglja godišnje;</li> <li>• Ukoliko se istražnim radovima dokažu veće rezerve može se računati na duži rad termoelektrane ili na izgradnju još jednog bloka;</li> <li>• Prema EIA potreba za ugljem će rasti kao i učešće uglja u proizvodnji energije;</li> <li>• Proizvodnja uglja u Evropi je od 1994. godine u opadanju čime se povećava potražnja;</li> <li>• Rast cena uglja zbog zagušenosti transporta do luka u zemljama vodećih proizvođača uglja;</li> <li>• Rast cena usled velike potražnje uglja u Kini i Indiji kao posledica oživljavanja svetske privrede;</li> <li>• Povećanje bruto prihoda opštine i HBŽ od prodaje uglja i struje daje mogućnost investiranja u infrastrukturu koja privlači dalje investicije;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nesigurnost priliva novca u planirane investicije;</li> <li>• Nezaštićena i nestimulirana domaća proizvodnja (veliki broj nelegalnih i fiktivnih preduzeća, nedostatak carinske i ostale zaštite domaće proizvodnje od uvoza, nedovoljna kontrola kvaliteta uvezene robe, neuređen sistem standardizacije i sertifikacije kao preduslova za izvoz, ne davanje prednosti domaćoj robi kod javnih nabavki, neefikasan rad inspekcijskih organa, itd.);</li> <li>• Nedostatak finansijskih sredstava sa viših nivoa vlasti (nedovoljna podrška FBiH);</li> <li>• Slaba inicijativa vlasti ka jačanju međunarodne podrške i saradnje;</li> <li>• Neizvesna ekonomska i poreska politika koja smanjuje interese za investiranje;</li> </ul>

## ZAKLJUČAK

Prednosti izrade Studije potencijalnosti i razvojnih mogućnosti u ranoj fazi, pre izrade prifizibiliti i fizibiliti studije projekta otvaranja rudnika i izgradnje termoenergetskog objekta, od velike je i višestruke koristi kako za investitore tako i za ostale interesne grupe (strakeholders). Ovakav pristup daje odličan uvid u realno stanje svih regionalnih, geoloških, rudarskih, ekoloških, pravno-socijalnih i ekonomskih prilika koje imaju i koje bi imale uticaj na projekat. Time se sagledavaju sve loše strane i opasnosti po projekat a samim tim moguće je planirati korake u njihovom sprečavanju ili smanjenju posledica radi smanjenja rizika investiranja. Sa druge strane daje se pregled svih prednosti projekta i mogućnosti razvoja i unapređenja. SWOT analiza omogućava brz i jednostavan pregled prednosti, slabosti, šansi i opasnosti po projekat i predstavlja sažetak (sintezu) najvažnijih zaključaka do kojih se došlo radom na izradi studije mogućnosti projekta.

## LITERATURA

1. Knezović Ž., 2009: Projekat detaljnih geoloških istraživanja ugljena u ležištu Čelebić–Livno, „Sijenit” doo iz Posušja
2. Milojević R., Kapeler I., 1979: Elaborat o Klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi ugljena ležišta Čelebić u Livanjskom basenu sa stanjem 1.1.1979. god., Knjiga I, II „Geoinženjering” – Sarajevo, OOUR Institut za geologiju Ilidža, Sarajevo
3. Pudar N., 1989: Elaborat o dosadašnjim istraživanjima ugljena sa ocjenom postignutih rezultata i mogućnosti primjene ugljena kao potencijalnog energetskog resursa za TE. RO Geoinženjering” – Sarajevo, OOUR Geoinstitut Ilidža, Sarajevo, 117 st.

4. Simić D. Izveštaj o geološkim istraživanjima ugljena na lokalitetu „Čelebić” kod Livna (I istraživačka godina), (Jantar grupa d.o.o., 2009) investitor: „Ugljeninvest” d.o.o., Livno, BIH
5. Simić D., Elaborat o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi ugljena u ležištu „Čelebić” kod Livna, (Jantar grupa d.o.o. 2010) investitor: „Ugljeninvest” d.o.o., Livno, BIH
6. Simić D., Predstudija uticaja na okoliš projekta eksploatacije lignita u ležištu „Čelebić” kod Livna, (Jantar grupa d.o.o. 2010) investitor: „Ugljeninvest” d.o.o., Livno, BIH
7. Simić D., Inženjersko-ekonomska analiza mogućnosti otkopavanja ležišta lignita „Čelebić” kod Livna, (Jantar grupa d.o.o. 2010) investitor: „Ugljeninvest” d.o.o., Livno, BIH
8. Simić D., Studija energetskog potencijala Livanjskog basena i razvojne mogućnosti, (Jantar grupa d.o.o. 2010) investitor: „Ugljeninvest” d.o.o., Livno, BIH
9. Simić D., Izvešće o stanju rezervi mineralnih sirovina J.P. Rudnici ugljena „Tušnica” d.o.o. Livno – Izradio JP Rudnici ugljena „Tušnica” d.o.o. Livno, direktor Niko Barać, 2010.
10. Prostorni plan Bosne i Hercegovine za period 1981 – 2000. godina,
11. Prostorni plan Federacije Bosne i Hercegovine za period 2008.-2028. godine - nacrt, Federalno ministarstvo prostornog uređenja, Sarajevo – Mostar, Srpanj 2010
12. Prostorni plan za područje Hercegbosanske županije za period 2005-2025. godina - nacrt, Vlada Hercegbosanske županije, 2010.
13. Studija ranjivosti Hercegbosanska županija – nacrt, Vlada Hercegbosanske županije, 2010.
14. Statistički godišnjaci/Ljetopisi Federacije BiH, Federalni zavod za statistiku F BiH za godine 2006-2009
15. Kanton 10 u brojkama, Federalni zavod za statistiku F BiH, 2010
16. Priručnik za pripremu industrijskih studija izvodljivosti, UNIDO Organizacija UN za industrijski razvoj, Izdavač: Evropski centar za mir i razvoj Univerziteta za mir UN, 1988.

## **PROMENE EKSPLOATACIONIH KOLIČINA UGLJA NA POVRŠINSKOM KOPU „POLJE D“**

### **THE CHANGE OF THE EXPLOITATION COAL AMOUNTS IN THE OPEN PIT MINE FIELD D**

**Zoran Ilić, Bosiljka Kitanović**  
*PD RB „KOLUBARA“ d.o.o. „PROJEKT“*

#### **APSTRAKT**

Površinski kop „Polje D“ u okviru PD RB „Kolubara“ d.o.o. je najproduktivniji površinski kop lignita u Republici Srbiji i decenijama je najpouzdaniji snabdevač ugljem termoelektrana „Nikola Tesla“. Od otvaranja ovog kopa daleke 1961. godine do 2011. godine otkopano je **1 276 110 390 m<sup>3</sup>** jalovine i **466 132 780 t** uglja. Maksimalna godišnja proizvodnja uglja od 15,96 miliona tona ostvarena je 1990. godine, a otkrivke 1991. godine u količini od 46,43 miliona m<sup>3</sup> čm. Tokom decenija rudarski radovi na „Polju D“ su se odvijali uz bezbrojne proizvodne probleme, međutim rudari su uspevali da održe i unaprede proizvodnju uglja, čime su obezbeđivali elektroenergetsku stabilnost zemlje. Od devedesetih godina rudarenje na ovom kopu suočeno je i sa problemima oko eksproprijacije zemljišta za potrebe napredovanja fronta radova. U ovom radu dat je prikaz promena granica eksploatacije zbog nerešene eksproprijacije, što je imalo za posledicu i promene eksploatacionih količina uglja na ovom površinskom kopu. Takođe, dat je i kratak prikaz razvoja „Polja D“ od njegovog otvaranja, promene bilansiranih rezervi uglja sa osvrtom na trenutno stanje eksploatacije uglja za potrebe termoelektrana.

**Ključne reči:** EKSPLOATACIONE KOLIČINE UGLJA, EKSPLOATACIONE GRANICE

#### **ABSTRACT**

In the Coal Mining Basin ‘Kolubara’, open-pit mine Field D is the most productive lignite mine in Republica Serbia and it was the most reliable provider of coal to the termo-electric power plant ‘Nikola Tesla’ for decades. Since the opening of this mine in 1961. until 2011., it has been digged up 1, 276 110 390 m<sup>3</sup> overburden and 466,132 780 t of coal. Maximal annual production of coal was 15,96 millions in 1990. and the overburden was 46,43 millions m<sup>3</sup> in 1991. During the decades, mining works in the Field D have been faced with numerous problems, however the miners managed to keep and improve the production of coal, by which they secured the electric-power stability in the country. Since 90’s working at this mine has been confronted with the problems concerning exploitation of the ground for the needs of the improvement of the work. In this research it is shown the change of the exploitation boundaries due to unsolved expropriation, which as a result also had changes of the exploitation coal amounts in this open-pit mine. In addition, the brief review of the development of the Field D and its opening is given, the changes of the balance of the coal reserves with a glance on the momentary condition of the coal exploitation for the needs of the termo-electric power plants.

**Key words:** EXPLOITATION COAL AMOUNTS, EXPLOITATION BOUNDARIES

#### **Uvod**

Radovi na otvaranju površinskog kopa „Polje D“ počeli su 1961. godine, kada se koristi deo mehanizacije prebačene sa „Polja B“. Kasnijom nabavkom nove i savremene mehanizacije počinje intenzivan rad ovoga kopa. Od 1967. godine počinje sa radom prvi BTO sistem na otkrivci (rotorni bager, transporter sa trakama, odlagač). Od 1970. godine radi sistem na uglju BTU (rotorni bager, transporter sa trakama, utovarno mesto) i dva BTO sistema na otkrivci.

Prvo spoljašnje odlagalište je Peštan u Zeokama, gde je izmešten i regulisan deo korita reke Peštan. Drugo je Turija gde su delovi korita reke Turije dva puta izmeštani i regulisani (Mirosaljci, Arapovac, Junkovac). Treće spoljašnje odlagalište je Istočno odlagalište u Baroševcu koje nije u rečnoj dolini, a deo ovog odlagališta je u granicama geološkog polja „C“. Od 1985. godine sva otkrivka ovoga kopa se transportuje na unutrašnje odlagalište. Površinski kop je pored Zeoka zahvatio delove Baroševca,

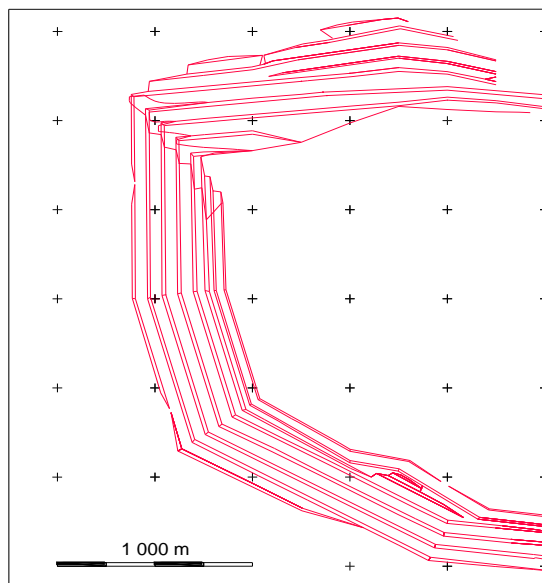
Junkovca i Medoševca i celu Sakulju. Ugalj sa BTU sistema od utovarnog mesta u Zeokama do separacije u Vreocima prevožen je železničkim transportom (industrijski kolosek 0,9 m), dok se od 1992. godine ugalj doprema u pogone prerade transporterima sa trakom. Razvojem i izgradnjom površinski kop „Polje D” je postao najveći površinski kopa lignita u Republici Srbiji sa sedam BTO sistema i dva sistema na uglju, sa osnovnom opremom vrlo značajnih kapaciteta (Tabela br. 1).

Tabela br. 1

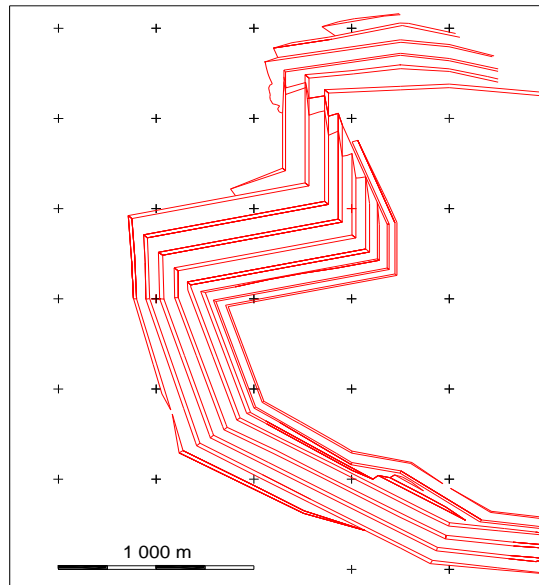
Osnovna oprema „Polja D”

<b>ROTORNI BAGERI</b>			
Pogonski broj	Tip bagera	Q ( r m <sup>3</sup> / h )	Početak rada
G - 1	SRs 1200 22 / 2 (630 kW)+VR	3456	1967
G - 2	SRs 1200 24 / 4 (400 kW)+VR	3456	1968
G - 3	SRs 1200 24 / 4 (400 kW)+VR	3456	1969
G - 4	SRs 1200 24 / 4 (400 kW)+VR	3456	1975
G - 5	SRs 1200 24 / 4 (400 kW)+VR	3456	1975
G - 6	SRs 1200 24 / 4 (400 kW)+VR	3456	1976
G - 7	SchRs 630 x 25 / 6	4100 / 6100	1977
G - 8	SRs 1300 x 26 / 5 (900 kW)+VR	4500 / 5100	1987
G - 9	SchRs 1760 x 32 / 5	6100	1989
G - 10	Srs 1301 24 / 2,5	4500	2008
<b>ODLAGAČI</b>			
Pogonski broj	Tip bagera	Q ( r m <sup>3</sup> / h )	Početak rada
O - 1	A2Rs - B 3500 x 60 + BRs	3500	1967
O - 2	A2Rs - B 3500 x 60 + BRs	3500	1969
O - 3	A2Rs - B 3500 x 60 + BRs	3500	1975
O - 4	A2Rs - B 3500 x 60 + BRs	3500	1975
O - 5	ARs 1600 / ( 37+33+60 ) x 18	4800	1981
O - 6	ARs 1800 / ( 14+33+60 ) x 20	6500	1989
<b>SAMOHODNI TRANSPORTERI</b>			
Pogonski broj	Tip bagera	Q ( r m <sup>3</sup> / h )	Početak rada
BW	BRs (ARs) 1600 ( 28+50 ) x 15	4500	1987
BW	BRs 1200 x 29 / 32	1800	1968
<b>DREGLAJNI</b>			
Pogonski broj	Tip bagera	Q ( r m <sup>3</sup> / h )	Početak rada
EŠ - 20	EŠ - 5 / 45	400	1965
EŠ - 21	EŠ - 5 / 45	400	1965
EŠ - 22	EŠ - 5 / 45	400	1966
EŠ - 29	EŠ - 6 / 45	480	1986
EŠ - 31	EŠ - 6 / 45	480	1987
EŠ - 10	EŠ - 10 / 70	666	1981
EŠ - 11	EŠ - 10 / 70	666	1988

Razvoj površinskog kopa „Polje D” se do 2004. godine odvijao u granicama eksploatacije određenim **Glavnim rudarskim projektom** (Crtež br.1). Zapadna granica na terenu je određena sigurnosnim rastojanjem do značajnih objekata - „Kolubara - Metal”, „Kolubara - Prerada”, „Gasbeton” i do gusto naseljenog dela sela Vreoci. Po ovakvom ograničenju groblje u Vreocima se nalazilo na eksploatacionom području površinskog kopa i predviđeno je bilo njegovo izmeštanje. Sa obzirom na to da poslovi koji prethode izmeštanju groblja u Vreocima nisu počeli na vreme, došlo je do promene eksploatacionih granica kopa u severozapadnom delu, kojima se praktično rudarski radovi lociraju van zone groblja u Vreocima, a time i umanjuju eksploatacione rezerve uglja. **Dopunskim rudarskim projektom** iz maja 2004. godine promenjene su granice otkopavanja otkrivke i uglja u odnosu na **Glavni rudarski projekat** u severozapadnom delu kopa i definisan je dalji razvoj kopa u skladu sa promenjenom konturom (Crtež br. 2).



Crtež br. 1 Granice po GRP



Crtež br. 2 Skraćene granice

**Elaboratom o rezervama uglja** iz 2004. godine, sa obzirom na promenjene eksploatacione granice, umanjene su bilansne rezerve uglja, a povećane vanbilansne rezerve. Prema Potvrdi o rezervama od 31. 05. 2005. god. broj 310-02-001507/ 2004-06, sa stanjem na dan 31. 12. 2003. godine bilansne rezerve uglja su iznosile 101 962 099 t (Tabela br. 2).

Tabela br. 2

Geološke rezerve uglja na dan 31. 12. 2003. god..

Rezerve	Kategorija			Ukupno
	A	B	C1	A + B + C1
Bilansne	101 962 099	/		101 962 099
Vanbilansne	Zapadni deo	83 792 251	/	83 792 251
	Južni deo	44 749 419	/	44 749 419
	Istočni deo	/	23 870 972	23 870 972
	Ukupno	128 541 670	23 870 972	152 412 642
Ukupne geološke rezerve ( t )				254 374 741

Vanbilansne rezerve „A” kategorije (128 541 670 t) predstavljaju količinu uglja koja ostaje u završnoj južnoj i zapadnoj kosini površinskog kopa zapadno od položaja fronta rudarskih radova u posmatranom periodu. One će biti zahvaćene novim površinskim kopom „Polje E” (južna kosina), dok će preostale količine biće zahvaćene budućom eksploatacijom. Vanbilansne rezerve „B” kategorije (23 870 972 t) predstavljaju količinu uglja u južnoj završnoj kosini istočno od fronta rudarskih radova i one su predmet eksploatacije budućeg površinskog kopa „Polje E”.

Na ovom mestu će se analizirati za koliko su umanjene bilansne rezerve uglja iz razloga smanjivanja eksploatacionih granica površinskog kopa „Polje D”, kao i kolike su bile eksploatacione količine uglja na dan 1. 01. 2005. godine. U periodu 1. 01. 2004. god. do 1. 01. 2005. god. sa površinskog kopa otkopano je 14 300 980 t uglja. Ako bi sagledavali preostale količine uglja za eksploataciju prema **Elaboratu o rezervama** imamo sledeće stanje :

- Bilansne rezerve sa stanjem 1. 01. 2004. god.		
- Otkopano u periodu do 1. 01. 2005. god.	.....	14 300 980 t
- Eksploatacioni gubitci 5 %	.....	715 049 t
- Preostale bilansne rezerve:	.....	86 946 070 t

Prethodnim **Elaboratom o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi uglja na površinskom kopu „Polje D”** sa stanjem radova od 1. 01. 1997. god. (granice otkopavanja po **Glavnom rudarskom projektu**, sa izmeštanjem groblja u Vreocima) overene su sledeće količine uglja :

- |    |                                      |               |
|----|--------------------------------------|---------------|
| 1. | Bilansne rezerve                     |               |
|    | - Glavni ugljeni sloj „A” kategorije | 234.125.900 t |
| 2. | Vanbilansne rezerve                  |               |
|    | - Glavni ugljeni sloj „A” kategorije |               |
|    | - Zapadni i južni deo                | 75.784.100 t  |
|    | - Glavni ugljeni sloj „B” kategorije | 23.870.972 t  |

Sa obzirom da je na površinskom kopu u periodu 1. 01. 1997. do 1. 01. 2005. godine otkopano 114 902 138 t , sa otkopnim gubicima od 5 % , proizilazi da su zaobilaskom groblja u Vreocima, odnosno promenom granica otkopavanja bilansne rezerve uglja umanjene za 32 277 692 t .Eksploatacione količine uglja na dan 1. 10. 2002. god. iznosile su 113 847 740 t uglja. U periodu od 1. 10. 2002. god. do 1. 01. 2005. god. otkopano je 31 180 980 t , pa je stanje eksploatacionih rezervi na dan 1. 01. 2005. godine iznosilo 82 666 760 t .

Zamenski kapacitet za površinski kop „Polje D“ je površinski kop „Polje E“. Da bi se obezbedio kontinuitet rudarskih radova i stabilnost proizvodnje uglja, potrebno je dinamički uklopiti otvaranje i razvoj novog kopa, koji kao zamenski kapacitet treba da ostvaruje godišnju proizvodnju uglja od  $12 \times 10^6 t$  . Površinski kop „ Polje E“ je rudarski objekat koji je po mnogim karakteristikama mnogo složeniji i teži za otvaranje i eksploataciju nego bilo koji do sada otvoreni površinski kop u lignitskim basenima Srbije. Radi ilustracije problematike otvaranja i izgradnje ovog zamenskog kapaciteta mogu se navesti samo neke bitne karakteristike:

- dubina kopa od površine terena do podine ugljonosne serije je preko 250 m
- prosečni koeficijent otkrivke je  $3,4 m^3/t$  , a u prvih deset godina eksploatacije prelazi  $4,4 m^3/t$
- veoma složeni hidrogeološki uslovi
- velika količina jalovine - preko  $390 \times 10^6 m^3$  čvrste mase (oko 1/3 ukupnih količina), koja se zbog sinklinalnog zaleganja glavnog ugljenog sloja, mora smestiti na spoljna odlagališta.
- potreba za izmeštanjem reke Peštan van granica kopa i rešavanje odbrane od poplavnih talasa

U periodu od 2000. do 2005. godine prosečna proizvodnja uglja sa površinskog kopa „Polje D” iznosila je  $14,35 \times 10^6 t$  . U tada važećim eksploatacionim granicama završetak eksploatacije uglja na ovom kopu bio bi 2010. godine. Imajući u vidu svu problematiku proizvodnje uglja, u Kolubari Projekt se tokom 2005. godine došlo do zaključka da nije realno očekivati prve tone uglja sa površinskog kopa „Polje E“ pre 2015. godine. Procenjeno je da će „Polje D“, kao glavni oslonac sigurne proizvodnje uglja, i dalje morati da ostvaruje proizvodnju veću od one date bilansom, a da u bliskoj budućnosti može doći do neprihvatljivog deficita uglja za potrebe termoelektrana. Zbog svega ovoga, Kolubara Projekt je te 2005. godine pokrenula inicijativu da se prošire eksploatacione granice površinskog kopa „Polje D“. Proširivanjem eksploatacionih granica prema zapadu i obezbeđivanjem dodatnih količina uglja, dobilo bi se neophodno vreme za sve pripremne radove za otvaranje i izgradnju površinskog kopa „Polje E“. U oktobru mesecu 2005. godine u Kolubari Projekt je završena izrada studije pod nazivom **Idejni projekat sa studijom opravdanosti proširenja granica površinskog kopa „Polje D“**.

U okviru novih eksploatacionih granica (*Crtež br. 3*) proračunate su sledeće količine masa :

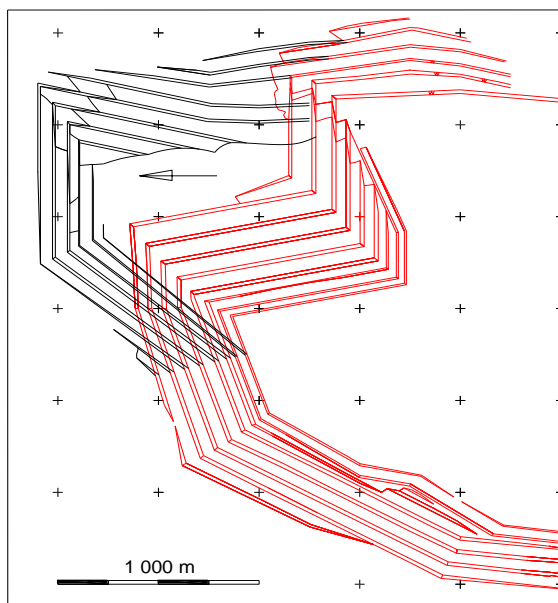
1	Direktna otkrivka	$282\,075\,294 m^3$
2	Podinska jalovina	$5\,155\,500 m^3$
3	UKUPNO ( 1 + 2 )	$287\,230\,794 m^3$
4	Međuslojna jalovina > 1 m	$5\,796\,250 m^3$

5	UKUPNA JALOVINA	293 027 044 m <sup>3</sup>
6	Ugalj	126 115 215 m <sup>3</sup>
7	Ugalj (m <sup>3</sup> ) x $\gamma$ (1,15)	145 032 497 t
8	Ugalj predviđen za eksploataciju 7 x $\eta$ ( $\eta = 0,95$ )	137 780 872 t

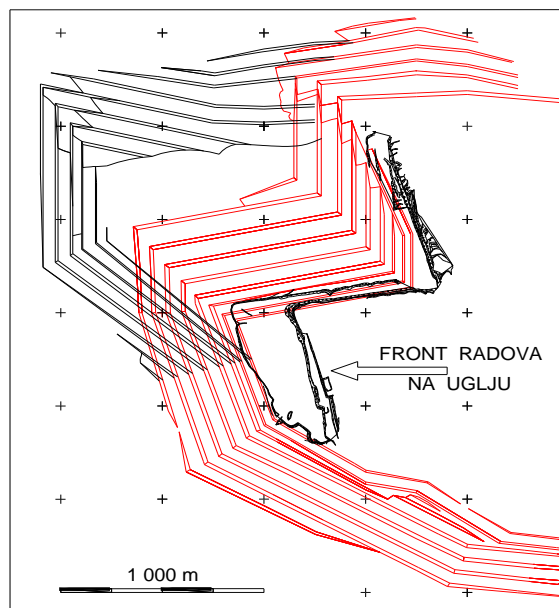
Okvako korigovane eksploatacione količine uglja sa stanjem radova na dan 1. 01. 2005. god. su iznosile 137 780 872 t, dok je prosečan koeficijent otkrivke  $k_o = 2.08$ . Samo u proširenom delu površinskog kopa u odnosu na granice iz tada važećeg **Dopunskog rudarskog projekta** (zaobilazanje groblja u Vreocima) proračunate su sledeće količine masa :

1	Direktna otkrivka	101 728 000 m <sup>3</sup>
2	Podinska jalovina	4 771 750 m <sup>3</sup>
3	UKUPNO (1 + 2)	106 499 750 m <sup>3</sup>
4	Međuslojna jalovina > 1 m	1 651 000 m <sup>3</sup>
5	UKUPNA JALOVINA	108 150 750 m <sup>3</sup>
6	Ugalj	50 447 700 m <sup>3</sup>
7	Ugalj(m <sup>3</sup> ) x $\gamma$ (1,15)	58 014 855 t
8	Ugalj predviđen za eksploataciju 7 x $\eta$ ( $\eta = 0,95$ )	55 114 112 t

Eksploatacione količine uglja samo u konturi proširenja iznose 55 114 112 t, dok je prosečan koeficijent otkrivke  $k_o = 1.93$ . Srednja vrednost DTE za novih 55 114 112 t eksploatacionih rezervi uglja u proširenim granicama površinskog kopa iznosi 9 970 KJ/kg.



Crtež br. 3 Proširene granice eksploatacije



Crtež br. 4 Front radova na uglju početkom 2011. god.

Ograničenje proširenja površinskog kopa „Polje D”, odnosno novih eksploatacionih granica izvršeno je u skladu sa dostignutim razvojem fronta rudarskih radova, geološkim i geotehničkim karakteristikama sredine, položajem infrastrukturnih objekata RB „Kolubara” i drugih značajnih objekata. Nove proširene granice površinskog kopa su zadovoljile dva uslova :

- da se proširenjem eksploatacionih granica obezbede dovoljne količine uglja za kontinuitet proizvodnje uglja, dok se ne izgradi zamenski kapacitet „Polje E”
- da se novim granicama ne zahvate značajni industrijski objekti kao ni važni infrastrukturni objekti za čije izmeštanje je potreban dug period, a što bi znatno povećalo cenu koštanja proširenja granica

Izabrana kontura kopa u proširenim granicama (*Crtež br. 3.*) ne zahvata industrijske objekte, crkvu Pokrova Svete Bogorodice, kao ni putni pravac Lazarevac - Stepojevac, a obezbeđivala je sasvim dovoljne količine uglja da se premosti period potreban za izgradnju zamenskog kapaciteta.

Severna granica površinskog kopa izabrana je tako da se otkopava sav ugalj u njegovom povijenom delu do prirodne granice. Granica na terenu određena je izborom bezbednog ugla nagiba severne završne kosine tako da se otkopa kompletan ugalj u njegovom povijenom delu. Do profilne linije 44 250 severna granica se poklapa sa granicom datom u **Glavnom rudarskom projektu**, a zatim se lomi ka severu, da bi se zahvatio ugalj između profilnih linija 44 360 i 44250.

Južna granica jednim delom predstavlja ograničenje površinskog kopa prema prethodno rađenoj tehničkoj dokumentaciji za izvođenje radova na ovom površinskom kopu. Južna granica se poklapa sa ograničenjima datim u **Glavnom rudarskom projektu**, odnosno u tada važećem **Dopunskom rudarskom projektu** do profilne linije 21 130, kada se lomi ka zapadu do profilne linije 21 750, odnosno 43 400 po pravcu sever – jug. Jugozapadna granica na terenu je postavljena na 115 m od koloseka „Kolubare - Prerade”. Nagib parcijalne kosine na jalovini je 16° a na uglju 26°. Generalni nagib završne kosine je do 19°.

Zapadna granica je postavljena po pravcu sever – jug po profilnoj liniji 43 400, na terenu ova granica je postavljena na 80 m od puta Lazarevac – Stepojevac. Nagib zapadne završne kosine kroz jalovinske etaže je 15°, ugljene etaže 26°, dok je generalni nagib zapadne završne kosine 18°.

**Idejnim projektom sa studijom opravdanosti proširenja granica površinskog kopa „Polje D“** detaljno je razrađen i dinamički razvoj svih jalovinskih i ugljenih sistema u novim eksploatacionim granicama. Jedan od zaključaka ove studije je bio da Ib BTO sistem mora već početkom 2008. godine da otkopava mase u proširenim granicama površinskog kopa, što bi omogućilo kontinuitet proizvodnje uglja. To znači da se do tada moralo rešiti pitanje eksproprijacije i dogovora sa MZ Vreoci. Studija je definisala i bilanse proizvodnje svih sistema sa godinama završetka radova na „Polju D“, periode revitalizacije opreme i uključenje u rad na otvaranju površinskog kopa „Polja E“ (*Tabela br. 3*).

Kolubara Projekt je 2008. godine uradila **Dopunski rudarski projekat površinskog kopa „Polje D“** sa razvojem rudarskih radova u proširenim granicama eksploatacije.

Tabela br. 3

Dinamika proizvodnje jalovine ( $\times 10^6 m^3$ ) i uglja ( $\times 10^6 t$ )

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Σ
I a	6.00	6.00	6.00	6.00	3.69							27.69
I b	6.50	5.50	5.50	5.50	1.70							24.70
I c	6.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	2.57					36.57
II	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	1.00	61.00
IV	5.00	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50						32.50
V	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	5.12		99.62
Σ	40.50	39.00	39.00	39.00	32.89	27.50	19.07	16.50	16.50	11.12	1.00	282.08
BTU	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	6.50	6.50	6.50	5.60	74.10
BTS	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	6.50	5.00	3.18		63.68
Σ	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	13.00	11.50	9.68	5.60	137.78

Odlaganje iseljenja groblja u Vreocima i kašnjenje sa planiranom dinamikom eksproprijacije MZ Vreoci stvorilo je probleme u planiranom tehnološkom razvoju jalovinskih i ugljenih sistema, pa se napredovanje fronta radova prema zapadu zaustavilo do granica eksploatacije po **Dopunskom rudarskom projektu** iz 2004. godine. Da bi se omogućio kontinuitet radova, svi BTO sistemi, kao i



BTS sistem uključeni su u rad na Istočnom odlagalištu, odnosno „Polju C” (Tabela br. 4), što će omogućiti spajanje „Polja B” i „Polja E” i otvaranje novog površinskog kopa „Polje E”.

Tabela br. 4 Početak rada na novoj lokaciji

<b>I a BTO</b>	29. 11. 2007.
<b>I b BTO</b>	9. 08. 2009.
<b>I c BTO</b>	2. 04. 2008.
<b>II BTO</b>	4. 04. 2009.
<b>IV BTO</b>	2. 11. 2009.
<b>V BTO</b>	27. 05. 2009.
<b>BTS</b>	16. 11. 2009.

U periodu od 1. 01. 2005. god. do 1. 01. 2011. god. (Tabela br. 5) na površinskom kopa „Polje D” otkopano je ukupno 80 195 843 t uglja. Tokom 2009. godine na površinskom kopa „Polje D” je otkopano ukupno 12 705 222 t uglja, od toga na BTU sistemu je otkopano 5 843 466 t , a na BTS sistemu 6 807 887 t uglja. Rotorni bager sa BTS sistema G-8 je od 15. 11. 2009. god. otkopavao mase u južnoj kosini „Polja D” i do kraja godine je otkopao 778 346 t uglja. Tokom 2010. godine na BTU sistemu je otkopano 5 934 700 t , a na BTS sistemu 5 069 753 t uglja. Kompletna proizvodnja uglja na BTS sistemu tokom 2010. godine se odvijala na južnoj završnoj kosini „Polja D”, sa rotornim bagerima G-8 i G-1. Tokom 2009. god. i tokom 2010. god. u južnoj završnoj kosini je otkopano ukupno 5 848 099 t uglja.

Tabela br.5

Proizvodnja otkrivke i uglja od 1961. do 2010. godine

God.	Otkr. ( m <sup>3</sup> )	Ugalj ( t )	God.	Otkr. ( m <sup>3</sup> )	Ugalj ( t )
1961	109 288	/	1986	35 150 582	10 509 196
1962	935 480	/	1987	38 807 648	11 820 953
1963	1 756 860	/	1988	45 050 000	12 153 911
1964	2 016 190	/	1989	45 529 976	12 901 741
1965	2 929 052	/	1990	39 200 988	15 958 401
1966	2 338 807	174 174	1991	46 432 539	14 200 116
1967	3 257 460	381 253	1992	35 663 248	11 415 928
1968	6 243 461	408 000	1993	27 028 339	12 778 126
1969	10 939 048	1 496 964	1994	25 173 047	12 402 233
1970	13 449 052	3 758 602	1995	22 620 174	13 363 336
1971	13 465 750	4 183 022	1996	20 851 795	11 562 284
1972	11 481 792	3 362 336	1997	25 313 014	12 737 924
1973	16 241 107	4 906 776	1998	21 876 755	13 265 146
1974	15 254 279	4 874 160	1999	21 262 056	11 687 149
1975	14 010 469	5 228 632	2000	22 097 158	14 307 632
1976	26 310 119	5980 173	2001	21 549 668	14 051 094
1977	32 112 964	7 513 574	2002	38 297 757	14 765 040
1978	32 094 337	8 112 352	2003	45 834 260	14 315 643
1979	31 466 190	10 121 889	2004	45 602 364	14 300 980
1980	29 732 539	10 919 676	2005	41 343 140	13 950 061
1981	29 121 132	12 873 739	2006	40 431 350	14 418 084
1982	31 152 487	13 430 375	2007	44 795 832	14 048 997
1983	33 158 780	12 858 081	2008	39 590 875	14 069 026
1984	33 509 120	13 906 801	2009	29 758 215	12 705 222
1985	34 342 042	12 949 525	2010	29 704 950	11 004 453

Prema Potvrdi o rezervama od 31. 05. 2005. godine, sa stanjem radova na dan 31. 12. 2003. godine vanbilansne su rezerve uglja u južnoj završnoj kosini i to 44 749 419 t , pa u ovom radu gde se sagledavaju eksploatacione količine uglja, nisu ušle u obračun mase otkopane u južnoj završnoj kosini, već samo količine uglja po važećem **Dopunskom rudarskom projektu.**

U odnosu na stanje eksploatacionih rezervi uglja na dan 1. 01. 2005. godine od 82 666 760 t uglja (po varijanti otkopavanja sa zaobilaženjem groblja u Vreocima) na frontu radova prema zapadu do 1. 01. 2011. godine otkopano je ukupno 74 347 099 t uglja. Prema **Dopunskom rudarskom projektu** iz 2004. god. eksploatacione količine uglja na dan 1. 01. 2011. god. iznosile su 8 319 016 t .

U jugozapadnom delu površinskog kopa naspram objekata Kolubare Metal, zbog problema sa sleganjem terena, pomerene su granice eksploatacije u odnosu na projektovane, pa su tako umanjene i eksploatacione količine uglja za  $2,5 \times 10^6$  t . Takođe, u centralnom delu kopa, u odnosu na **Dopunski rudarski projekat** sa zaobilaženjem groblja u Vreocima, nisu ostvarene projektovane etaže i po tom projektu trenutno se ne može otkopati  $1,2 \times 10^6$  t uglja. Može se reći da BTU sistem sa stanjem radova na dan 1. 01. 2011. godine može da otkopa još  $4,6 \times 10^6$  t uglja do projektovanih granica eksploatacije sa zaobilaženjem groblja u Vreocima.

Prema **Dopunskom rudarskom projektu** iz 2008. godine, koji je obradio razvoj kopa u proširenim granicama sa dodatnih  $55,1 \times 10^6$  t uglja, eksploatacione količine uglja na površinskom kopu „Polje D” na dan 1. 01. 2011. godine su iznosile  $59,7 \times 10^6$  t uglja.

#### **Literatura:**

1. Tehnička dokumentacija PD RB „Kolubara” d.o.o.

## **TEHNOLOGIJA OTKOPAVANJA UGLJA NA PK „GRAČANICA“ GACKO SA POSEBNIM OSVRTOM NA RAD DROBILIČNIH POSTROJENJA SB 1315 I SB 1515**

### **COAL MINING TECHNOLOGY IN PK GRAČANICA GACKO WITH SPECIAL REFERENCE TO PLANT OPERATION CRUSHING SB 1315 AND SB 1515**

**Šešlija Miodrag, Lasica Nenad, Saša Bošković, Zoran Koprivica**

*ZP Rudnik i TE Gacko a.d. Gacko, Rep. Srpska, BiH*

#### **Apstrakt**

Tehnološki sistem selektivne eksploatacije uglja na PK „Gračanica“ zasnovan je na selektivnom radu hidrauličnih bagera kašikara. Ugalj otkopan hidrauličnim bagerima damperima se transportuje do dobiličnih postrojenja SB 1315 i SB 1515 gdje se primarno drobi i dalje transportuje transporterima sa trakom ka dopremi uglja i deponijama TE. Ugalj se otkopava sa tri diskontinualna sistema (svaki sistem se sastoji od jednog hidrauličnog bagera i pripadajućeg broja transportnih jedinica). Primarno drobljenje se obavlja u udarno rotacionim drobilicama koje su sastavni dio dva DTD sistema instalirana na PK „Gračanica“ Gacko.

**Ključne reči:** površinski kop, selektivno otkopavanje, drobilica, primarno drobljenje

#### **Abstract:**

Technological system of selective exploitation of the coal on the open pit "Gracanica" is based on the selective work of hydraulic excavators. Coal excavated by hydraulic excavators transported by dump truck to the crushing plant SB 1315 and SB 1515 which is primary crushed and then transported by conveyor belt to the coal delivery and disposals. Coal is excavated from three discontinuous systems (each system consists of a hydraulic excavator and the corresponding number of transport units). Primary crushing is done in a rotary hammer crushers, which are an integral part of the two coal systems installed in the open pit "Gracanica" Gacko.

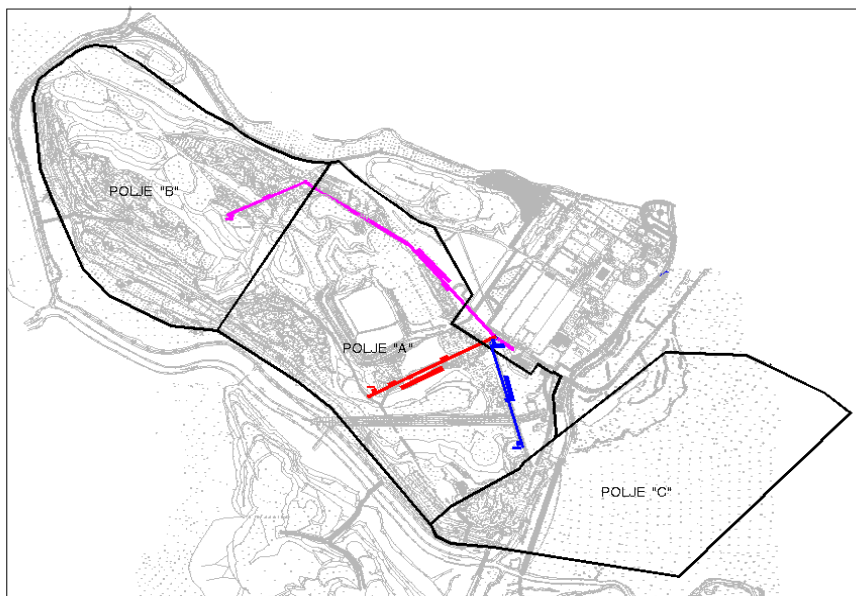
**Key words:** open pit mine, selective excavation, crushers, primary crushing

#### **Uvod**

Tehnološki sistem selektivne eksploatacije uglja na PK „Gračanica“ zasnovan je na selektivnom radu hidrauličnih bagera kašikara. Pogon Proizvodnja uglja se sastoji od tri diskontinualna sistema i dva DTD sistema. Diskontinualne sisteme čine hidraulični bageri kašikari: CAT 385B, CAT 365B i Komatsu PC 450, sa pripadajućim brojem transportnih jedinica za svaki sistem. DTD sistem 1 sastoji se od polumobilnog drobiličnog postrojenja SB1315 i tri transporter sa trakom, a DTD sistem 2 od polumobilnog drobiličnog postrojenja SB1515R i dva transporter sa trakom. Ugalj, otkopan hidrauličnim bagerima, GGK 1500 mm, damperima se transportuje do dobiličnih postrojenja SB1315 i SB 1515 R, gdje se primarno drobi do GGK 300 mm, i dalje transportuje tračnim transporterima prema dopremi uglja i deponijama TE. Ugalj se otkopava sa tri diskontinualna sistema (svaki sistem se sastoji od jednog hidrauličnog bagera i pripadajućeg broja transportnih jedinica). Primarno drobljenje se obavlja u udarno rotacionim drobilicama koje su sastavni dio dva DTD sistema instalirana na PK „Gračanica“ Gacko. Drobilično postrojenje SB 1315 instalirano je na PK „Gračanica“ Gacko polovinom 2000. godine i do sada je odradilo oko 30 000 mh, odnosno izdrobljeno je oko 15 000 000 t uglja. Prva pozicija drobiličnog postrojenja SB 1315 bila je u polju „A“ na PP 8+50, a DTD sistem se sastojao od drobiličnog postrojenja i dva transporter sa trakom. Nakon zaršetka eksploatacije u ovom dijelu rudnika izvršeno je premještanje drobiličnog postrojenja u polje „B“ kao i formiranje novih transporter za DTD sistem. Ovaj DTD sistem se sastoji od drobiličnog postrojenja i tri transporter sa trakom i ima dužinu 1600 m. Drobilično postrojenje stacionirano je u polju „B“ na PP 24 čime je ostvarena značajna ušteda u troškovima proizvodnje uglja zbog smanjenja transportnih dužina od

otkopnih etaža do drobiličnog postrojenja. Ovim DTD sistemom u posljednjih 10 godina otpremljeno je na TE oko 80% ukupno proizvedenog uglja, s tim da je posljednje dvije godine kompletno snabdijevanje Termoelektrane ugljem išlo preko njega.

Za potrebe eksploatacije uglja iz polja C krajem 2010 godine instaliran je novi DTD sistem sa drobiličnim postrojenjem SB 1515R kapaciteta 500 t/h i pušten u probni rad. DTD sistem se sastoji od drobiličnog postrojenja i dva transportera sa trakom ukupne dužine 650 m. Dokazivanje kapaciteta je vršeno tokom mjeseca januara i februara u periodu od sedam uzastopnih dana kroz sve tri smjene. Tada su ostvareni kapaciteti 704 t/h u januaru odnosno 714 t/h u mjesecu februaru. I ovaj sistem će se u perspektivi pomjerati prema istoku, prateći rudarske radove na eksploataciji uglja u polju „C“.



Situacioni plan PK "Gračanica" Gacko sa lokacijama DTD sistema

## DROBILIČNA POSTROJENJA

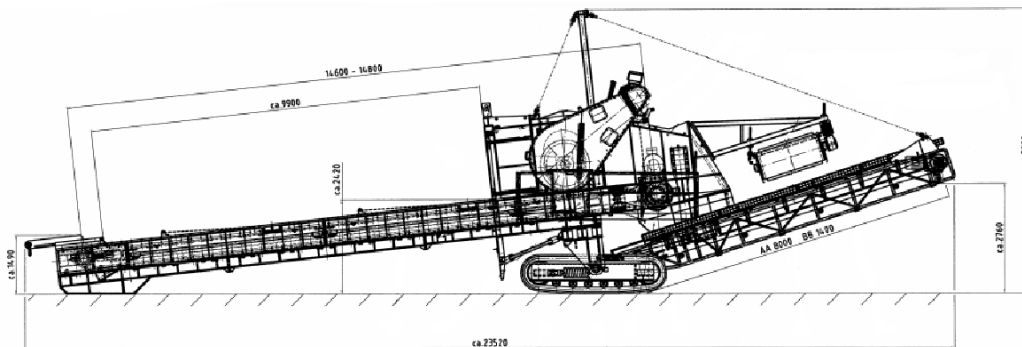
Primjenljivost pojedinih vrsta drobilica za primarno drobljenje u zavisnosti od čvrstoće na pritisak mineralne sirovine

Grupa stijena	Vrsta stijena	Čvrstoća na pritisak (MPa)	Drobilica			
			Kružna	Čeljusna	Udarna	Sa valjcima
Ekstremno čvrste	Bazaliti, dijabazi, dioriti, gabri, gnajs, peridotiti, kvarciti	200				
Vrlo čvrste	Granodioriti, graniti, sijeniti, gabri, andeziti, breče,	100-200				
Čvrste stijene	Pješčari, rude gvožđa, bakra, tvrdi lignit, fosfati	50-100				
Umjereno čvrste	Ugalj, boksit, glina, sol, gips	12,5-50				
Umjereno meke	Lignit, glina, čvrsti laporci	5-12,5				
Meke stijene	Laporovite gline, glinoviti pješčari, kreda	1,25-5				
Vrlo meke	Glinoviti laporci, glinoviti pješčari	1,25				

Drobilice SB 1315 i SB 1515R spadaju u grupu primarnih udarno rotacionih drobilica. Step en usitnjavanja je do 6. Karakteristika ovih drobilica je horizontalno uvođenje i provođenje materijala ispod udarnog valjka na kome se nalazi 7 udarnih elemenata. Materijal se u prostor za drobljenje uvodi pomoću lančastog grabuljastog transportera, a nakon drobljenja dalje predaje preko odlagajuće transportne trake na transportere DTD sistema.



Slika 1. Drobilično postrojenje SB 1315 u radu



Slika 2. Šematski prikaz drobilicnog postrojenja SB 1515R

## DROBILICA SB 1315

**Proizvođač:** DBT – Njemačka

**Godina proizvodnje – nabavke:** juli 2000. godine

**Odrađeni radni časovi:** 30000 RČ

### Tehničke karakteristike drobilicnog postrojenja SB 13 15

Osnovni tehnički podaci

–	Zadata sirovina	lignit
–	Punjenje	utovarač, buldozer, direktno
–	istresanje	
–	GGK ulaznih komada	1200 mm
–	Izlazna krupnoća komada	0-300mm + 5% nad
–	zrno	

–	Kapacitet drobilice	500 t/h
–	Instalisana ukupna snaga	346 kW
–	Ukupna težina postrojenja	60000 kg
Udarni valjak		
–	Prečnik radnog valjka	1300 mm
–	Širina radnog valjka	1450 mm
–	Broj obrtaja	370 min <sup>-1</sup>
–	Udarni elementi	7 komada
–	Pogonski mehanizam	uzani klinasti remen
	pogon	
Lančani grabuljasti transporter		
–	Odstojanje osa	7730-8100
–	Nominana širina	1435 mm
–	Dužina transportera (ispred drobilice)	ca.
	5600 mm	
–	Brzina transportera	0,12 do 0,3 m/s

### **DROBILICA SB 1515R**

**Proizvođač:** HAZEMAG – Njemačka

**Godina proizvodnje – nabavke:** decembar 2010. godine

**Odrađeni radni časovi:** 1200 RČ

#### Osnovni tehnički podaci

–	Dozirani materijal	Lignit
–	Punjenje	utovarač, buldozer, direktno
	istresanje	
–	Veličina punjenog zrna	0 - 1500 mm
–	Konačna veličina proizvoda	0 - 300 mm +
	nadržno	
–	Kapacitet	500 t/h
–	Ukupna težina	približno 110 t

#### Udarni valjak

–	Promjer udarnog valjka	približno 1500 mm
–	Širina ulaza	približno 1500 mm
–	Broj o/min	269 o/min
–	Obodna brzina	21 m/s
–	Udarni elementi	7 kom. podesivi
–	Pogon	sa jedne strane V-remenjem
–	Snaga pogona	1 x 250 kW

#### Lančani grabuljasti transporter

–	Razmak centara:	približno 14600 – 14800 mm
–	Unutarnja širina:	približno 1200 mm
–	Lančani sklop:	dva spoljna lanca 34 x 126
–	Razmak centara lanca:	1280 mm
–	razmak grabulja:	756 mm

–	Brzina transportera:	0,2 - 0,58 m/s
(regulisana frekvencijom)		
–	Upravljanje:	sa PLC (programs. logičko
upravljanje)		
–	Pogon:	jednostrani sa planetarnim
reduktorom		
–	Snaga pogona:	1 x 132 kW
Elektromagnetski tračni odvajач		
–	Razmak centara:	2165 +30/-80 mm (zavisno
od zatezanja trake)		
–	Brzina:	1,5 m/s
–	Snaga:	2,2 kW
Koritasti tračni transporter		
–	Razmak centara:	10000 mm
–	Širina trake:	1400 mm
–	Snaga:	15 kW

**Izvršeni servisi i popravke na drobiličnom postrojenju SB 1315 u periodu od 2000. do 2011. godine**

Za posmatrani period drobilica je odradila cca 30.000 RČ i u tom periodu izvršeni su sledeći zahvati:

*Sistem za upravljanje:*

- Zamjena PLC-a (programabilno logički kontroleri) na drobilici na 22000 RČ.

*Radni valjak:*

- zamijenjen jedan ležaj i kućište (bila greška proizvođača)
- zamijenjeni udarni elementi prvi put na odrađenih 23000 RČ
- pogonsko klinasto remenje mijenjano na odrađenih 2000 RČ (15 puta)

*Lančani grabuljasti transporter – ulazni*

- Zamjena zaptivnih limova i brisača na grabuljaru svakih 5000 RČ (6 puta)
- Zamjena pogonskih i povratnih lančanika svakih 15000RČ (2 puta)
- Zamjena lanaca na grabuljaru svakih 10000 RČ (3 puta)
- Zamjena grabulja svakih 10000RČ (3 puta)
- Zamjena ležajeva na povratnom lančaniku svakih 10000 RČ (3 puta)
- Zamjena frekventnog regulatora za pogon grabuljara na 28000 RČ

*Trakasti transporter – izlazni*

- Zamjena ležajeva na pogonskom i povratnom bubnju svakih 5000RČ (6 puta)
- Zamjena pogona trakastog transportera (motor-reduktor) na odrađenih 30000 RČ;
- Po potrebi mijenjani valjci, transportna traka i manji radovi na konstrukciji transportera.

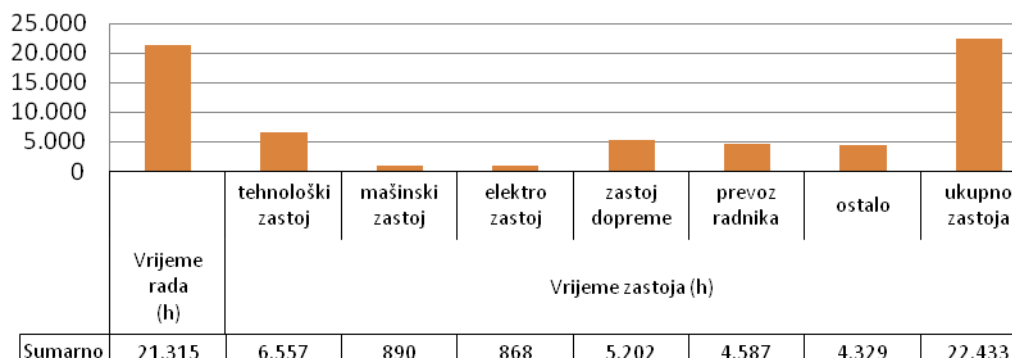
*Inspekcijski pregled postrojenja od strane ovlašćenog servisera*

- I put 2005. godine izvršen od strane ovlašćenog servisera od proizvođača;
- II put 2010. godine izvršen pregled od ovlašćenog servisera proizvođača i konstatovano da je postrojenje u maksimalno dobrom stanju. Habajuće limove i korito grabuljara, ako se zadrži dosadašnji tempo habanja ne treba mijenjati u narednih 5 godina.

### Analiza rada drobilnog postrojenja SB 1315

Struktura rada i zastoja drobilnog postrojenja SB 1315 u periodu 2005.-2010. godina

Godina	Vrijeme rada (h)	Struktura zastoja							Pogonska spremnost drobilice			
		tehnološki zastoj (h)	mašinski zastoj (h)	elektro zastoj (h)	zastoj dopreme (h)	prevoz radnika (h)	ostalo (h)	svoga (h)	ispravno (h)	u otkazu (h)	ispravno %	u otkazu %
2006	3.804	1.618	129	170	1.267	883	889	4.956	8.461	299	96,59	3,41
2007	3.106	1.718	124	46	1.375	758	1.633	5.654	8.590	170	98,06	1,94
2008	4.667	1.475	205	159	618	960	700	4.117	8.420	364	95,86	4,14
2009	4.936	891	263	112	899	985	598	3.748	8.309	375	95,68	4,32
2010	4.802	855	169	381	1.043	1.001	509	3.958	8.210	550	93,72	6,28
Suma	21.315	6.557	890	868	5.202	4.587	4.329	22.433	41.990	1.758	95,98	4,02



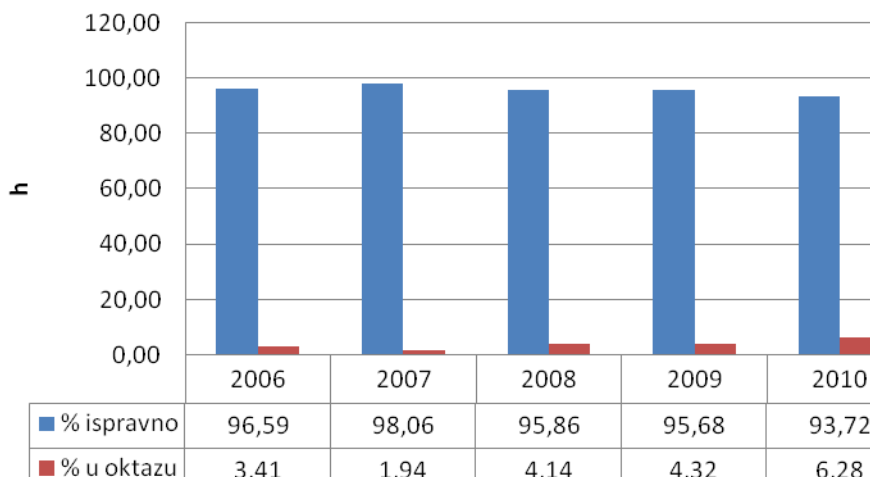
Dijagram 1. Pregled zastojadrobnog postrojenja SB 1315 u periodu od 2006-2010

Ostvarena proizvodnja drobnog postrojenja SB 1315 u periodu 2005.-2010. godina

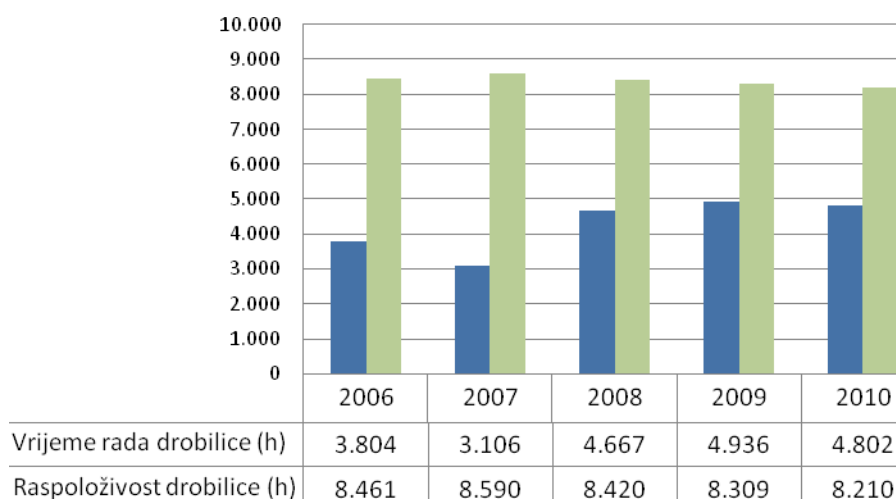
Godina	Koli. izdobljenog. uglja (t)	Vrijeme rada (h)	Raspoloživost (h)	Ostvareni kapacitet (t/h)
2006	1.727.444	3.804	8.461	454
2007	1.305.163	3.106	8.590	420
2008	1.923.983	4.667	8.420	412
2009	1.927.723	4.936	8.309	391
2010	2.292.598	4.802	8.210	477
Suma	9.176.911	21.315	41.990	431

Na dijagramu 2. je dat pregled raspoloživosti drobnog postrojenja SB 1315 u periodu od 2006-2010.





Dijagram 2. Pregled raspoloživosti drobiličnog postrojenja SB 1315 u periodu od 2006-2010



Dijagram 3. Odnos ostvarenih prema mogućim satima rada drobilice SB 1315 za period od 2006-2010

## Zaključak

Drobilično postrojenje SB 1315 u praksi se pokazalo kao vrlo pouzdano i sa minimalnim brojem otkaza. Efikasno radi u svim vremenskim uslovima i ne dolazi do zaglavlivanja prilikom drobljenja vlažnog i mokrog uglja kao i uglja sa primjesama glinovitih sastojaka. Za posmatrani period od 2006. do 2010. godine drobilica je odradila 21 315 RČ ili 49% od ukupnog vremena. Nije radila 22 433 RČ. U vrijeme zastoja je uračunato svo vrijeme kada drobilica nije radila, a to su sledeći zastoji: prevoz radnika, servisi, popravke, vremenske nepogode, zastoji dopreme uglja, remont, itd. Na dijagramu 1 je prikazan pregled zastoja drobiličnog postrojenja prema vrsti i obimu za poslednjih 5 godina. Iz dijagrama se vidi da najveće učešće u zastojima imaju tehnološki zastoj, zastoj dopreme uglja i prevoz radnika:

- Tehnološki zastoj – 29% - Zastoj Dopreme – 23% - Prevoz radnika – 20%

Uzimajući u obzir pokazatelje prikazane na dijagramima 1, 2 i 3 može se zaključiti da je ovo drobilice postrojenje i poslije 10 godina eksploatacije i dalje maksimalno pouzdano (raspoloživost poslije 10 godina 94%). Analizom prikazanih dijagrama može se konstatovati da je sa drobilicom SB1315 moguće postići i znatno veći godišnji kapacitet u koliko to bude zahtijevao proizvodni proces.

## **PRIMJENA HIDRAULIČNIH BAGERA KAŠIKARA NA SELEKTIVNOJ EKSPLOATACIJI UGLJA NA POVRŠINSKOM KOPU "GRAČANICA" GACKO**

### **USAGE OF HYDRAULIC EXCAVATOR IN SELECTIVE EXPLOITATION OF COAL ON OPEN PIT "GRAČANICA" GACKO**

**Ranko Stojanović , Boško Vuković**

*Rudnik i termoelektrana Gacko, Republika Srpska*

#### **Rezime**

U radu je opisana tehnologija rada hidrauličnog bagera kašikara na selektivnoj eksploataciji uglja. Prikazan je nivo selekcije u funkciji smanjenja eksploatacionih gubitaka i razblaženja uglja. Ugalj u ležištu gatačkog bazena je složene geološke građe raslojen znatnim brojem jalovih proslojaka debljine od 0,2 do 0,5 m. Tehnologija selektivnog otkopavanja ima za cilj da smanji gubitke i razblaženja mineralne sirovine (uglja), umani troškove proizvodnje, a istovremeno povećava vijek eksploatacije ležišta. Selektivnom eksploatacijom otkopavaju se proslojci međuslojne jalovine debljine veće od 0,2 m, a svi manji proslojci se otkopavaju zajedno sa ugljem. Prikazan je simulacioni model rada hidrauličnog bagera kašikara sa različitim debljinama proslojaka i ostvareni kapaciteti. Ovim tehnološkim rješenjem selektivne eksploatacije postižu se optimalni ekonomski efekti iskorištenja ugljene materije iz ležišta, a za termoelektranu Gacko obezbjeđuje se energetska gorivo topletno vrijednosti veće od 9 MJ/kg, što zadovoljava projektovane parametre kotlovske postrojenja. **Glavne riječi:** ugljeni sloj, gubitci i razblaženje, selektivna eksploatacija, hidraulični bager.

#### **Abstract**

In this paper we describe the usage of the hydraulic excavator in the selective exploitation of coal. The selection level is shown in function of reduction of exploitation losses and dilution of coal. Coal found in the open pit in Gacko has a complex geological content as it contains a number of tailings layers - 0.2 m to 0.5 m thick. The goal of the selective exploitation technology is to reduce the loss and dilution of coal, reduce the production expenses, as well as to allow the exploitation of the pit for the longer period of time. With the selective exploitation we are able to dig separately the tailings layers larger than 0.2 m and remaining dirt bands are dug with the coal. The simulation explains how hydraulic excavator is working with different layer thickness and the capacity that we were able to achieve. With this technology we are able to achieve the optimal economical level of coal exploitation and we provide the Thermal Plant in Gacko with the energy fuel with calorific value larger than 9 MJ/kg, which satisfy designed parameters.

**Key words:** Coal layer, losses and dilution, selective exploitation, hydraulic excavator.

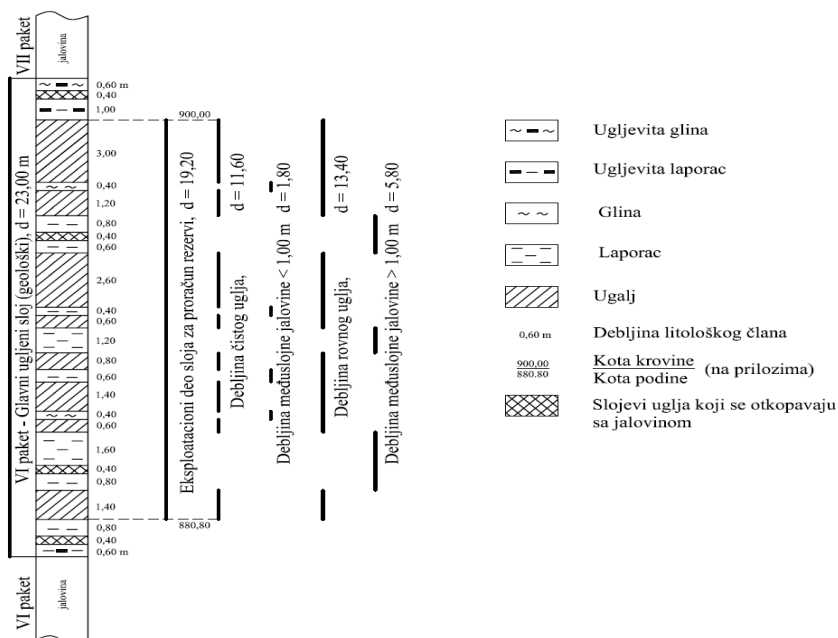
#### **GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA UGLJA „GACKO“**

Ugalj je osnovna mineralna sirovina gatačke ugljonosne formacije. U gatačkom neogenom basenu sačuvano je (neerodovano) oko 470 m debljine sedimenata Gatačke ugljonosne formacije. Geološkim istraživanjima utvrđeno je da je u nastaloj međuplaninskoj depresiji odlaganje biljne materije i stvaranje slojeva treseta počelo ubrzo poslije deponovanja prvih neorganskih slojeva u odvojenim paleoudubljajima plitkog jezera. Geohemijski (metamorfni) procesi u gatačkom ugljonosnom basenu došli su do stadijuma karbonifikacije gdje DTE iznosi oko 10 MJ/kg, a najzastupljeniji macerali su densinit, ulminit, atrinit i tekstinit. Ugljevi imaju značajan procenat ksilita (najmanje prvi podinski a najviše krovinski slojevi), što ima za posledicu nepovoljan Hardgrove indeks, odnosno otežanu meljivost uglja pri ulasku u termoelektranu.

Geološke karakteristike glavnog ugljenog sloja

Glavni ugljeni sloj (<sup>6</sup>Ng) je najproduktivnija jedinica u Gatačkom ugljonosnom basenu. Od područja do područja u basenu, pored promjene litologije, u ovom paketu mijenja se i struktura što se ogleda u promjenama debljine paketa, promjenama debljina i rasporeda slojeva uglja, u promjeni odnosa ugalj/jalovina i sl. Pored uglja litološki sadržaj jedinice čine ugljeviti, pjeskoviti i glinoviti laporci, ugljevite gline i gline. Ovi sedimenti, centimetarskih do metarskih debljina, preslojavaju se sa ugljenim slojevima, takođe različitih debljina.

Osnovni metod istraživanja uglja u gatačkom ugljonosnom basenu bio je istražno dubinsko bušenje sa jezgrovanjem. Kod proračuna rezervi svih kategorija u Zapadnom polju (prostor PK Gračanica) pod pojmom "čist" ugalj podrazumjeva se debljina uglja sa proslojcima jalovine do 0,20 m iz razloga što se na kopu primjenjuje tehnologija selektivnog otkopavanja uglja sa nivoom selektivnosti do 0,20 m. Svi proslojci jalovine debljine manje od ove, otkopavaju se zajedno sa ugljem, a debljine veće od 0,20 m, otkopavaju se selektivno i predstavljaju međuslojnu jalovinu koja se u proračunima rezervi računa zajedno sa ugljem, kao rovni ugalj. Na slici 1 prikazana je struktura ugljenog sloja na PK „Gračanica” Gacko.



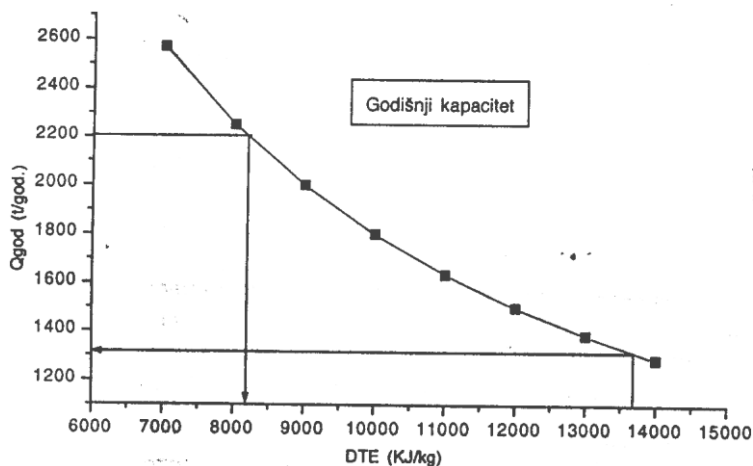
Slika 1: Geološka građa glavnog ugljenog sloja na PK "Gračanica" Gacko

U zapadnom području, gdje su granični djelovi sa Zapadnim poljem (PK "Gračanica"), glavni sloj ponekad u cjelini, katkad samo u pojedinim dijelovima (najčešće gornjim), ima, generalno posmatrano, trakast izgled: preslojavanja slojeva uglja sa proslojcima jalovine.

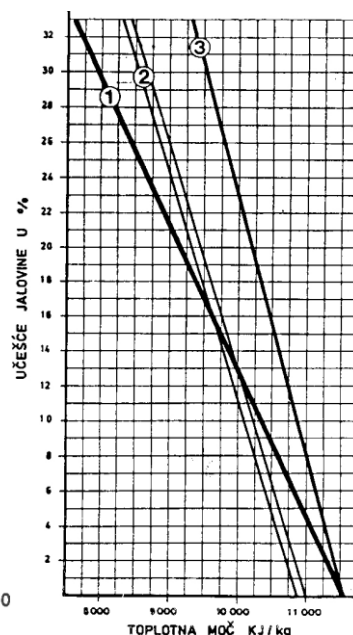
Ugalj iz ležišta „Gacko" kao termoenergetsko gorivo

Ugalj Gatačkog ugljenog basena kao energetska gorivo definisan je putem klasičnih imedijatnih analiza. Međutim, rezultati takvih istraživanja često odstupaju od onih koji su provjereni u praksi. Istraživanja kvaliteta uglja su izvedena na način koji nije prilagođen zahtjevima selektivne eksploatacije. Pri tome nisu precizno definisane ni partije nisko kalorične vrijednosti, kakve su glinoviti ugalj ili ugljevite gline, koje isto tako smanjuju toplotnu vrijednost uglja. Sve je to direktno uticalo na slabo odvajanje proslojaka jalovine iz uglja i umanjenje njegove toplotne vrijednosti. Dokaz za to su istraživanja kvaliteta uglja na glavnoj deponiji termoelektrane. Na dijagramu zavisnosti

toplodne vrijednosti uglja od pepela (slika 3), se jasno uočava kako se uticaj jalovine, odnosno pepela negativno odražava na toplotnu vrijednost uglja.



Slika 2: Dijagram zavisnosti godišnjeg kapaciteta u funkciji DTE uglja



Slika 3: Uticaj jalovine na toplotnu moć uglja

Toplotna vrijednost čistog uglja za cijeli ugljeni basen, dobijen ponderisanjem preko masa i dužina prikazan je u tabeli 1. Određeni koeficijent varijacije ukazuje na to da je ležište ravnomjerno sa aspekta toplotne vrijednosti.

Tabela 1: Toplotna vrijednost čistog uglja

	KJ/kg	Kcal/kg	Koeficijent varijacije sadržaja
GTE	11 497	2 746	10, 53
DTE	10 174	2 430	11, 40

Prosječan ponderisani sadržaj pepela za cijeli ugljeni basen iznosi 16,61 %, a koeficijent varijacije sadržaja iznosi 32,39 %. Minimalan srednji sadržaj pepela utvrđen je u glavnom ugljenom sloju i iznosi 13,99 %, a maksimalan u donjem trakastom ugljenom nivou u iznosu 24,49 %. Hemijska analiza pepela uglja ukazuje na njegov različit hemijski sastav po ugljenim slojevima. Izražene razlike hemijskog sastava pepela uglja po slojevima upućuju da ovaj parametar mora biti poštovan pri korišćenju uglja u termoenergetske svrhe, načinu odšljakivanja, te pri planiranju dinamike otkopavanja uglja u cilju obezbjeđenja njegovog što konstantnijeg hemijskog sastava, da bi se smanjili poremećaji u radu kotlovske postrojenja.

Prioritetni potrošač uglja sa PK „Gračanica” je TE, instalisane snage 300 MW, tako da se kapacitet površinskog kopa i kvalitet otkopanog uglja definiše prema potrebama TE. Ispitivanjem kvaliteta uglja utvrđeno je da se kreće u rasponu od 7 296 do 13 700 KJ/kg. Na osnovu podataka isporučioaca opreme, za blok snage 300 MW, uključujući i gubitke, specifična potrošnja toplote je 9 837 KJ/KWh, odnosno, potrebna potrošnja uglja za te uslove iznosi 305 t/h. Na godišnjem nivou za fond od 6 000 h rada TE, potreban kapacitet površinskog kopa iznosi 1 830 000 t/god. Za ugalj sa toplotnom vrijednošću od 7 296 KJ/kg, potreban kapacitet površinskog kopa je 2 467 100 t/god. Godišnji

kapacitet pratećih (mlinskih) postrojenja TE je 2 200 000 t/god., minimalna prosječna DTE uglja za taj kapacitet iznosi 8 182 KJ/kg.

Osnovni aspekti iskorištavanja postojećih rezervi uglja, u cilju dobijanja kvalitetnog goriva za termoelektranu zahtjevaju vrlo ozbiljan pristup, kako bi se dobili adekvatni, maksimalno racionalni tehnološki procesi proizvodnje i sagorjevanja uglja. Imajući u vidu da je ugalj heterogena sirovina, da se iz istog sloja njegov sastav i osobine mogu razlikovati, postoji potreba da se tehnološkim rješenjima i postupcima dobijaju što ujednačenije i kvalitetnije karakteristike.

Iz tih razloga sva problematika vezana za obezbjeđivanje garantovanog kvaliteta uglja kao goriva za TE Gacko, postizanja nominalnog kapaciteta i pouzdanosti rada kotlovskeg postrojenja se usmjerava na iznalaženje tehnoloških rješenja u cilju poboljšanja i ujednačavanja kvaliteta otkopanog uglja koji jako varira. Sva dosadašnja razmišljanja išla su prije svega u pravcu izbora optimalne tehnologije na otkopavanju uglja, što podrazumijeva primjenu selektivnog otkopavanja. Ugalj u ležištu Gatačkog basena je složene geološke građe, raslojen znatnim brojem jalovih proslojaka male moćnosti i zbog toga, veoma nezahvalan u pogledu kvaliteta, za eksploataciju i pripremu za potrebe sagorjevanja u termoelektrani. Primjena rotornog bagera ER-1250 16/1.5, na selektivnom izdvajanju jalovih proslojaka u uslovima Gatačkog ugljenog basena je do sada bilo skoro nemoguća, jer se ne dobija ugalj odgovarajućeg kvaliteta.

Novo tehničko rješenje tehnološkog procesa dobijanja uglja na PK "Gračanica" u Gacku, traženo je u otkopnim mašinama WIRTGEN SM-3500 i WIRTGEN SM-2100. Tehnologija rada mašine se sastoji u površinskom otkopavanju mineralne sirovine u tankim horizontalnim slojevima, pomoću radnog valjka sa spiralno raspoređenim noževima. Iako se, u poređenju sa rotornim bagerima, radi o mašinama sa velikim mogućnostima u selektivnom radu, one proizvode ipak određene gubitke, jer je praktično nemoguće izdvojiti proslojak jalovine u kosim slojevima, a da pri tome određene količine uglja ne budu otkopane sa njom. Primjena tehnologije otkopavanja sa hidrauličnim bagerima kašikarima dala je najveći efekat selekcije u Gatačkom ugljenom bazenu u odnosu na druge tehnologije otkopavanja.

### **SELEKTIVNO OTKOPAVANJE UGLJA BAGERIMA KAŠIKARIMA**

Hidraulični bageri kašikari su otkopne rudarske mašine, imaju dobre manevarske sposobnosti i prilagodljivost zahtjevima površinske eksploatacije. Sve radne operacije postiže hidrauličnim prenosom snage, na taj način hidraulični bageri kašikari ostvaruju:

- otkopavanje materijala,
- podizanje i spuštanje katarke,
- pomjeranje nosača kašike,
- zaokretanje kašike u vertikalnoj ravni,
- otvaranje i zatvaranje kašike.

Radni priključci hidraulike kod hidrauličnih bagera konstruktivno su riješeni na takav način da je kašikom bagera kao radnim organom moguće otkopavati materijal iz etaže prema operativnim i ukazanim potrebama. Na taj način hidraulični bageri ispunjavaju osnovne zahtjeve u procesu selektivnog otkopavanja na površinskim kopovima. To znači da rukovaoc bagera ima mogućnost kombinovanog aktiviranja hidrauličnih cilindara katarke, hidrauličnih cilindara produžne poluge i hidrauličnih cilindara kašike. Sve ove kombinacije odvijaju se bez dodatnih napora, uz mogućnost aktiviranja više hidrauličnih cilindara istovremeno. Otvaranje i zatvaranje kašike vrši se prema zahtjevu i potrebi, što omogućava smanjenje radnog ciklusa bagera, povećanje koeficijenta punjenja kašike i minimalne udare materijala u sanduk kamiona. Zubi kašike bagera mogu se direktno usmeravati u kontakt sa uslojenošću materijala bilo da se radi o nivou ispod, iznad ili sa nivoa stajanja bagera. Na ovaj način se najracionalnije koristi sila rezanja na zubu kašike.

Izbor tehnološke šeme rada sa selektivnim kopanjem uslovljen je geološkim, tehnološkim, sigurnosnim i ekonomskim faktorima, kao i razvojem rudarskih radova na otkrivci. U geološke faktore spadaju: prostorni raspored uglja i jalovine, karakter i broj kontakata između njih i fizičko-mehanička svojstva uglja i jalovine. Tehnološki faktori su visina i nagib etaže, vrsta i tip opreme za dobijanje i utovar, te vid primijenjenog transporta a ekonomski faktori se odnose na zahtjeve potrošača za kvalitetom uglja i cijenu dobijanja. Pri izboru tehnološke šeme dobijanja prednost se daje onoj koja u datim uslovima obezbjeđuje najveću sigurnost u radu, maksimalno iskorišćenje ležišta i minimalno razblaženje uz maksimalno iskorišćenje opreme i ekonomske efekte. Osnovna varijanta dobijanja uglja je rad u poprečnim blokovima sa otkopavanjem od krovine ka podini.

Pravac napredovanja bagerskog bloka od krovine prema podini omogućuje selektivno otkopavanje jalovinskih proslojaka male debljine uz minimalne gubitke i razblaženje uglja. Selektivno kopanje u bagerskom bloku vrši se određenim redosledom kopanja raznorodnih vrsta materijala. Jalovinski proslojak dijeli bagerski blok po visini koja se mijenja sa napredovanjem bagera u bloku. Redosled kopanja je odozgo prema dole. Prvo se kopa ugalj u gornjem dijelu bloka do kontakta sa jalovinskim proslojkom u maksimalnoj dužini (dubini bloka) i utovara u kamion, zatim se kopa jalovi proslojak koji se odlaže u otkopani prostor ili utovara u kamione za transport jalovine, i na kraju se kopa ugalj u donjem dijelu bloka (etaže), nakon čega se bager pomjera za dužinu koja je jednaka dubini jediničnog bloka (razlika maksimalnog i minimalnog poluprečnika kopanja na nivou stajanja) i ciklus se ponavlja. Za cijelu etažu gubici i razblaženja zavise od broja jalovinskih proslojaka i debljine sloja, odnosno debljine proslojka. Budući da su ove veličine različite kako u pojedinim dijelovima etaže tako i na pojedinim etažama samim tim su različiti i gubici odnosno razblaženja na pojedinim etažama i blokovima. Na slici 4 prikazan je rad hidrauličnog bagera kašikara CAT 385B na PK "gračanica" Gacko a u tabeli 2. njegove osnovne tehničke karakteristike.



*Slika 4: Rad hidrauličnog bagera kašikara CAT 385B na površinskom kopu*

*Tabela 2: Tehničke karakteristike hidrauličnog bagera*

Parametar	Jedinica mjere	Vrijednost
Zapremina kašike	(m <sup>3</sup> )	5,6
Sila rezanja na zubima	(kN)	384
Brzina kretanja	(km/h)	4,5
Dubina kopanja	(m)	7,38
Srednji pritisak na tlo	(N/cm <sup>2</sup> )	11,9
Širina gusjenica	(mm)	750
Širina gusjeničnog postolja	(mm)	4.260
Dužina gusjeničnog postolja	(mm)	5.840
Širina kašike	(mm)	2.440

Snaga motora	(kW)	382
Broj obrtaja motora	(obrt./min)	2.000
Težina	(kg)	82.000
Dužina katarke	(mm)	7.250
Ukupna dužina	(mm)	13.470
Visina grane	(mm)	4.970
Visina kabine	(mm)	3.790
Ukupna širina	(mm)	4.300
Širina izvučenog gusjeničnog postolja	(mm)	4.260
Dužina od središta bočnog reduk. do središta vodećeg točka	(mm)	4.600

*Analiza gubitaka i razblaženja uglja u selektivnom radu hidrauličnog bagera kašikara*

Jedan od važnijih pokazatelja primenjene tehnologije otkopavanja predstavljaju gubici mineralne sirovine (uglja) i razblaženje. Zbog toga se mora voditi računa kod opredeljenja za tehnologiju otkopavanja i izbor opreme.

Gubici mineralne sirovine smanjuju rudne rezerve, usled čega se povećavaju troškovi proizvodnje, a istovremeno se smanjuje i vijek eksploatacije ležišta. Razblaženje mineralne sirovine do kojeg dolazi usled miješanja jalovine sa ugljem ili uopšteno sa mineralnom sirovinom, povećava troškove po toni proizvedene mineralne sirovine (uglja).

Postoji veliki broj razloga zbog kojih dolazi do gubitaka i razblaženja, a praktično se ne može postići potpuno iskorišćenje mineralne sirovine iz nekog ležišta niti se može proizvesti potpuno čist ugalj sa kvalitativnim karakteristikama kao što ga ima neki blok ležišta koji se otkopava. Gubici i razblaženje zavise prvenstveno od primenjene tehnologije otkopavanja, vrste opreme, organizacije rada kao i niza drugih rudarsko-geoloških okolnosti. Najveći značaj imaju eksploatacioni gubici koji nastaju usled same tehnologije otkopavanja. Kao bitan element koji utiče na stepen razblaženja je debljina sloja, ležišta uglja. Može se reći da je debljina sloja uglja u obrnutoj proporciji sa razblaženjem.

Eksploatacioni gubici kod dobijanja uglja mogu se javiti u sledećim slučajevima: a) gubici u kontaktnom sloju, b) gubici u krovini i podini sloja, c) gubici kod selektivnog otkopavanja proslojka, d) gubici u zonama tektonskih poremećaja i gubici kod bušačko-minerskih radova. Razblaženje uglja nastaje kod proslojaka jalovine koji se selektivno otkopavaju i na kontaktu sa podinom i krovinom ugljenog sloja. Ako se eksploatacija uglja vrši bez miniranja tada nema gubitaka usled ovih radova. Gubici u zonama tektonskih poremećaja se usvajaju u zavisnosti od građe ležišta, odnosno njegove tektonike.

**KAPACITET HIDRAULIČNOG BAGERA KAŠIKARA U SELEKTIVNOM RADU**

Kapacitet bagera kašikara u selektivnom radu definisan je primjenom modela simulacije rada bagera kašikara "MSBK" (koji je razvijen na Katedri za površinsku eksploataciju, Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu). Simulacioni modeli tehnologije rada hidrauličnih bagera kašikara, razvijeni su za definisanje tehnoloških parametara rada. Zasnovani su na usklađivanju konstruktivnih karakteristika izabranog bagera kašikara sa radnom sredinom površinskog kopa, kako bi se definisali tehnološki parametri koji obezbjeđuju maksimalni kapacitet otkopavanja. Za izabrani bager kašikar, čije su tehničke karakteristike predstavljene u formi datoteke i sastavni su dio baze podataka o opremi na površinskim kopovima uglja, preuzimaju se njegove konstruktivne karakteristike.

Simulacioni model tehnologije rada hidrauličnog bagera kašikara razvijen je za analizu rada bagera u bloku visinski i dubinski, sa utovarom otkopanog materijala u kamione koji se mogu postavljati sa jedne ili sa dvije strane i za slučaj direktnog prebacivanja otkopanog materijala. Proračun kapaciteta

bagera kašikara u selektivnom radu i masovnom na otkopavanju uglja na površinskom kopu Gračanica - Gacko izvršen je primjenom modela simulacije rada bagera kašikara .

Zapremina ciklusa dobija se kao proizvod visine etaže, širine bloka i debljine reza, odnosno dubine bloka ili ciklusa:

$$V = B \cdot H \cdot d$$

Tehnički kapacitet bagera kašikara prema tome je:

$$Q_{th} = \frac{V}{T}, \text{ čm}^3/\text{h}$$

Vrijeme ciklusa (na osnovu konkretnih mjerenja), dobija se kao zbir svih navedenih vremena, odnosno:

$$T = t_{op} + t_k + t_i + t_{opr}$$

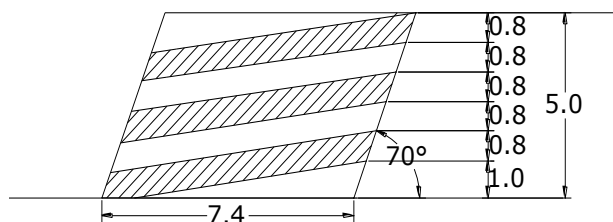
gdje je:

- otkopavanje -  $t_{op}$
- kružno kretanje kašike bagera do mjesta istovara (prema kamionu)- $t_k$
- istovar ili istresanje kašike bagera -  $t_i$
- kružno kretanje prazne kašike bagera prema bloku -  $t_{opr}$ .

U slučaju selektivnog otkopavanja, od zapremine otkopanog materijala u jednom ciklusu ( $V$ ), oduzima se zapremina proslojka jalovine koji se otkopava. Kod gubitaka uglja, zapremina proslojka jalovine uvećana je za gubitke uglja, a u slučaju razblaženja, zapremina proslojka jalovine umanjena je za količinu jalovine koja se kao razblaženje otkopava sa ugljem, pa se kapacitet izražava kao redukovani kapacitet, odnosno kapacitet sveden na zapreminu uglja:

$$Q_{th} = \frac{V - V_j}{T}, \text{ čm}^3/\text{h}$$

Proračun kapaciteta bagera kašikara u masovnom radu izvršen je za različit broj pojaseva (1 do 5 pojaseva) otkopavanja na ukupnoj visini etaže od 5 m. Kapacitet bagera kašikara u selektivnom radu izvršen je za različit broj proslojka (1 do 4 proslojka) jalovine. Kapacitet bagera kašikara u radu u bloku na visini etaže 5m u selektivnom radu sa četiri proslojka debljine po 0.8 m sa proračunom kapaciteta prikazan je na slici 5.





Slika 5: Kapaciteta bagera kašikara CAT 385B u radu i proračun kapaciteta

## PRORAČUN KAPACITETA BAGERA KAŠIKARA CAT 385B

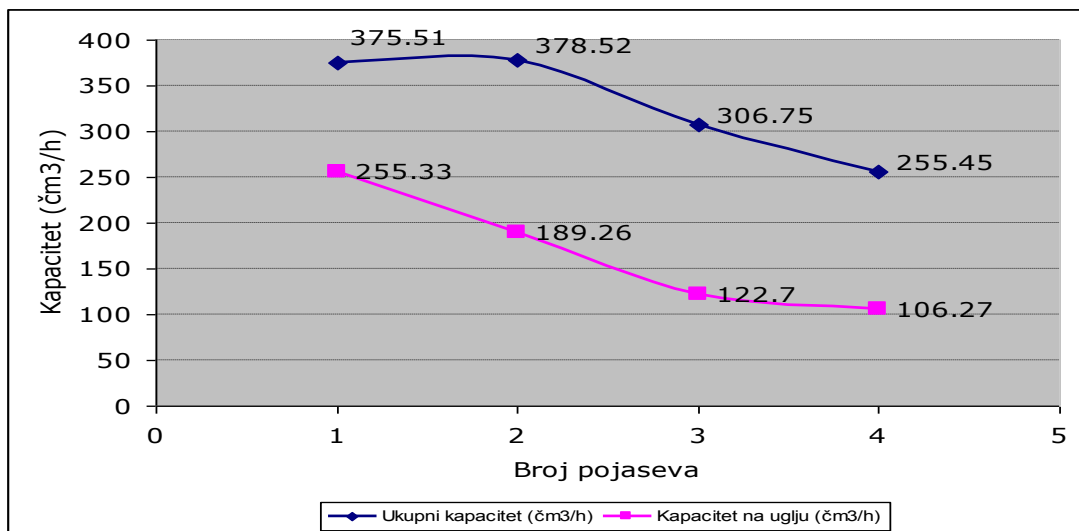
### KAPACITET BAGERA - UTOVAR NA JEDNU STRANU

Vreme ciklusa bagera (h)	0,26
Zapremina ciklusa bagera (čm <sup>3</sup> )	67,16
Kapacitet bagera (čm <sup>3</sup> /h)	255,45
Vreme utovara (min.)	4,34
Intenzitet utovara	13,84

### ANALIZA KAPACITETA SA GUBICIMA U SELEKTIVNOM RADU

Zapremina ciklusa na uglju (m <sup>3</sup> )	21,49
Zapremina gubitaka uglja (m <sup>3</sup> )	0,00
Zapremina jalovine (m <sup>3</sup> )	45,67
KAPACITET NA UGLJU:- (čm <sup>3</sup> /h)	81,74
- (t/h)	106,27

Na dijagramu (slika 6) prikazna je zavisnost ukupnog kapaciteta hidrauličnog bagera kašikara CAT 385B na otkopavanju materijala i kapacitet na otkopavanju uglja u selektivnom radu. Sa prikazanog dijagrama može se zaključiti da kapacitet bagera opada sa povećanjem broja jalovih proslojaka.



Slika 6: Kapacitet bagera CAT 385B u selektivnom radu u funkciji broja jalovih proslojaka na ukupnoj visini etaže

## ZAKLJUČAK

Ugalj Gatačkog ugljenog basena koristi se kao energetska gorivo za potrebe termoelektrane Gacko. Geološki stub glavnog ugljenog sloja predstavljen je sa ugaljem i jalovim primjesama gline i lapora koji čine međuslojnu jalovinu, koja se otkopava i deponuje na odlagalište jalovine. Debljina međuslojne jalovine kreće se u granicama od nekoliko cm pa do 2-3 m. Iz tog razloga na površinskom kopu „Gacko“ primjenjuje se selektivna eksploatacija kako bi se otkopali svi proslojci jalovine veći od 0,20 m, tj. razblaženja uglja svela na najmanju mjeru a time postiglo veće iskorištenje toplotne vrijednosti.

Primjena tehnologije selektivnog otkopavanja uglja hidrauličnim bagerima kašikarima na PK „Gračanica“ se pokazala vrlo efikasna. Ovakvim načinom rada smanjuju se eksploatacioni gubici i razblaženja uglja.

Ovim tehnološkim rješenjem selektivne eksploatacije postižu se optimalni ekonomski efekti iskorištenja ugljene materije iz ležišta, a za termoelektranu Gacko obezbjeđuje se energetska gorivo odgovarajuće toplotne vrijednosti, što zadovoljava projektovane parametre kotlovske postrojenja. Praktično se pokazalo da hidraulični bageri sa manjom zapreminom kašike ostvaruju veću efikasnost selekcije jalovih proslojaka.

## Literatura:

1. Pavlović V: Tehnologija površinskog otkopavanja, RGF, Beograd, 1992.
2. Vuković B: Kompleksna ocena gatačkog ugljenog basena i njegov značaj za ukupni energetska potencijal Republike Srpske, magistarska teza, RGF, Beograd, 2000.
3. Dopunski rudarski projekat površinskog kopa Gračanica - Gacko do kraja eksploatacije, Centar za površinsku eksploataciju, Beograd, 2005.
4. Dokumentacija površinskog kopa Gračanica - Gacko

## **UVOĐENJE NOVIH REAGENASA U POBOLJŠANJU TEHNOLOŠKIH PARAMETARA U FLOTACIJI MAJDANPEK**

**Blagoje Spaskovski<sup>1</sup>, Milorad Grujić<sup>1</sup>, S.Mustecić<sup>2</sup> i D.Vagner<sup>2</sup>**

*1. RTB BOR., 2. RBM*

### **IZVOD**

Mada se u našim flotacijama postižu relativno dobri rezultati, flotacijska koncentracija je najšira oblast za dalja usavršavanja. Ona je veoma složen proces u kojem deluje veliki broj promenljivih. U radu smo proučavali najsloženiji reagensni problem: selektivnost, hemizam, struktura, površinski napon i reaktivnost. Pre svega, što reagensi imaju veliki značaj u poboljšanju tehno-ekonomskih rezultata postrojenja. S tim u vezi, pristupilo se uvođenju novih reagenasa, radi boljeg prilagođavanja osobinama čvrste faze i osobinama flotacijskih mašina. U prvom slučaju, optimalnim izborom kolektora, površine korisnih minerala, postaju jače hidrofilne za odabranu AP 3404 kolektorsku strukturu, nego u svom prirodnom stanju ili sa drugim tipovima kolektora. U drugom slučaju pri raspoloživoj kinetici flotiranja sa instaliranim flotacijskim mašinama, došlo je do uvećanja koeficijenta mineralizacije i specifične brzine flotiranja, primenom odabranog kolektora AP 3404.

Industrijske provere novih kolektora, pokazale su, da on omogućuje potpunije iskorišćenje bakra i plemenitih metala iz mineralne sirovine Rudnika bakra Majdanpek. Takođe, utvrđene su manje brzine promena vrednosti tehnoloških rezultata, kao i viši novo pouzdanosti, primenom kolektora AP 3404.

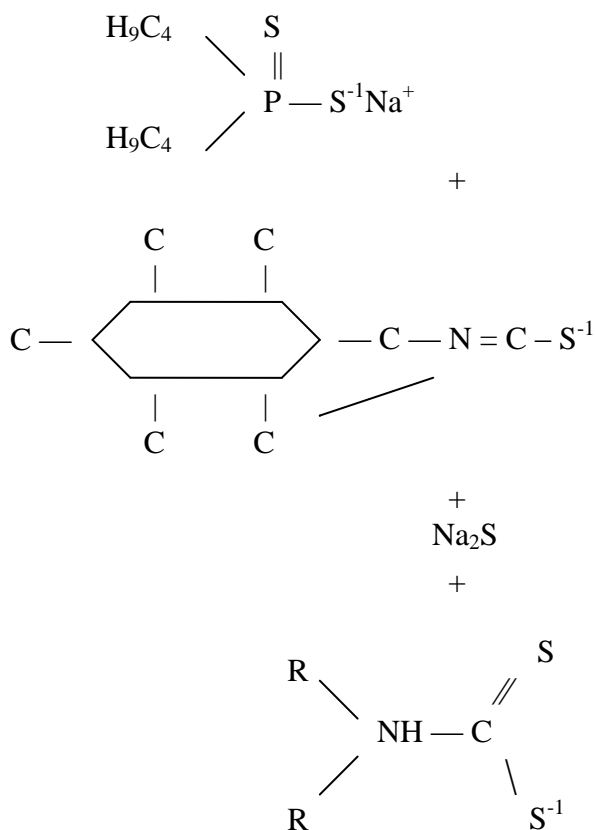
### **NOVI FLOTACIJSKI KOLEKTOR**

U okviru poboljšanja rada flotacije u Rudniku bakra Majdanpek, slika 1, posebno treba istaći primenu nove sintetizovane molekularne strukture kolektora AP 3404.

Eksperimentalnim poređenjem parametara, dobijenih refleksijom FTIR, utvrđena je intenzivnija adsorpcija surfaktanata AP 3404 na površini minerala Cu u odnosu na ksantate. Poređenje mernih kinetičkih parametara prikazanih na dijagramu 1, pokazuje da je adsorpcija kolektora AP 3404, na površinu minerala bakra, vremenski brža, nego sa NaIPX. Veća visina pika krive 1, u odnosu na krivu 2, ukazuje da je veća količina kolektora AP 3404 adsorbovala na površinu minerala bakra u odnosu na kolektor NaIPX. Praktično, ovo je značajan kriterij u razjašnjavanju efikasnije kinetike flotiranja u funkciji primenjene molekulske strukture kolektora.

To su potvrdili ostvareni tehnološki rezultati koji su prikazani na slikama 2 i 3.

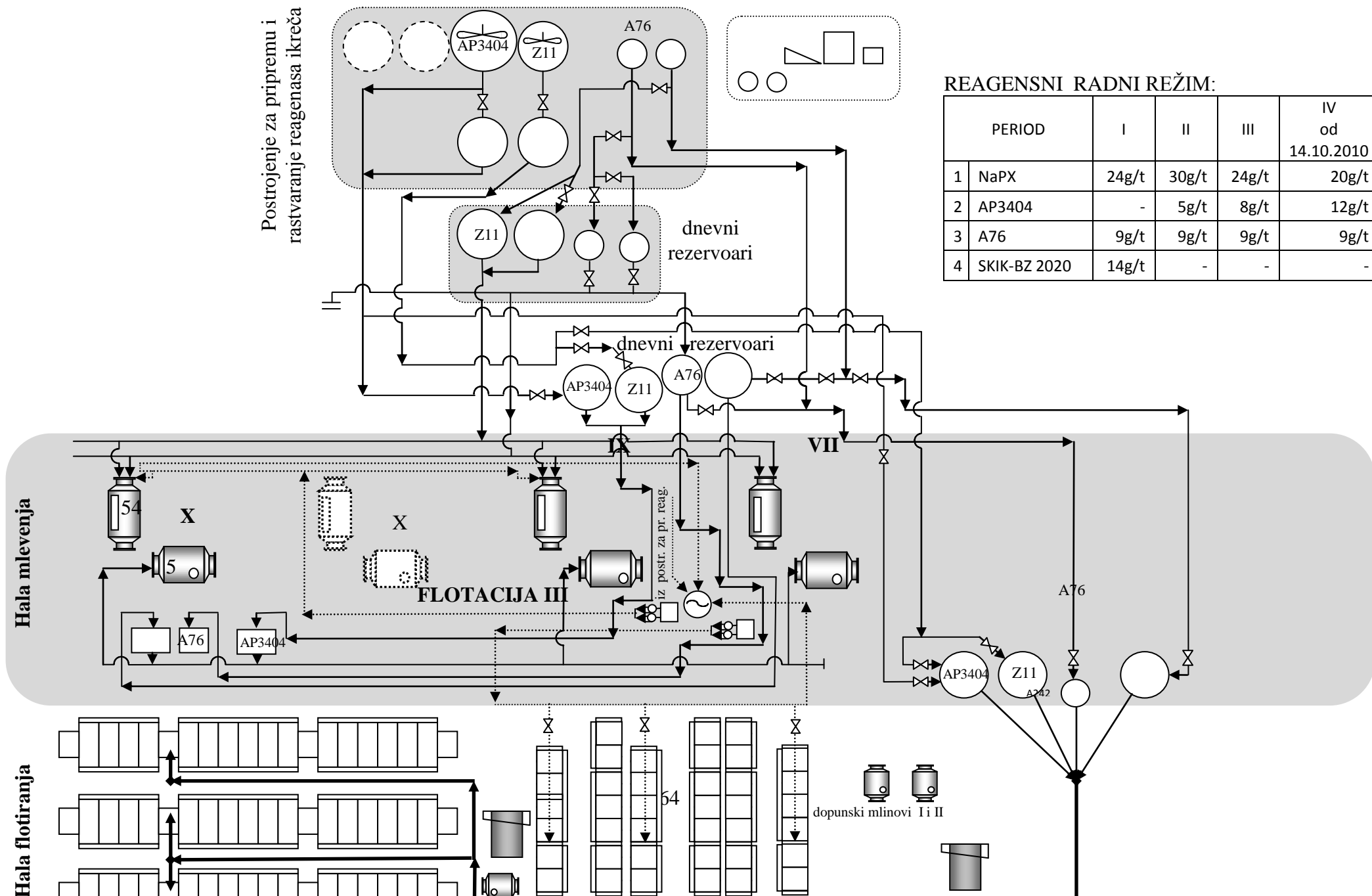
Iz prikazanih rezultata proizilazi da vrednosti iskorišćenja bakra i zlata dostižu maksimum pri dodavanju AP 3404 u količini 12 g/t.



U vezi sa ovim proizilazi da je primenjen režim reagenasa sa AP 3404 bolje prilagođen mineraloškim karakteristikama rude, protoku masa i po obimu instaliranim jedinicama. Pri tome, veća efikasnost, primenjenog kolektora za flotacijsku koncentraciju bakra i plemenitih metala, izražena je njegovom hemijskom prirodom, što je opet posledica od primenjene vrste i načina rasporeda atoma koji ga grade. Zbog toga su, za intenzivniju promenu naelektrisanja površina minerala bakra i plemenitih metala, primenom AP 3404 naročito značajne četiri sintetizovane specifične molekulske strukture. Njihov proizvod reakcije u flotacijskoj koncentraciji: Cu, Au i Ag, je abstrakcija mineralnih zrna mase 3 : 1 molg u odnosu na ksantate. Jer, više molekulska struktura, zbog izražajnijeg afiniteta, dovodi do veće njihove migracije na površine minerala. Sam mehanizam adsorpcije se dešava uz prisustvo molekulskih struktura, koje su pomoćne u strukturi kolektora. One pomažu jače izraženoj adsorciji na površine Cu, Au i Ag. Iz razloga, što površine ovih minerala, postaju jače hidrofilne za više molekulske strukture kolektora AP 3404, nego u svom prirodnom stanju i sa ksantatima. Zbog tih svojstava, adsorcija kolektora iz grupe ditiofofinata AP 3404 na površine minerala Cu, Au i Ag, ispitana je sa eksperimentalnim dizajnom, slike 2 i 3, od nižih koncentracija u pulpi do optimalne tehnološke vrednosti. S obzirom da selektivniji i aktivniji kolektori utiču na tok masa u procesu domeljavanja i prečišćavanja, znatno većom koncentracijom korisnih komponenata u grubom koncentratu, koji, zbog toga, po svojoj manjoj masi, omogućuje potpunije mlevenje do granične krupnoće koju iziskuje proces koncentracije u prečišćavanju. Zbog toga je, u procesu domeljavanja i prečišćavanja, potrebno tehničko – tehnološko usklađivanje proizvodnih faktora, na bazi rezultata dobijenih primenom kolektora sa složenijim molekulskim strukturama.

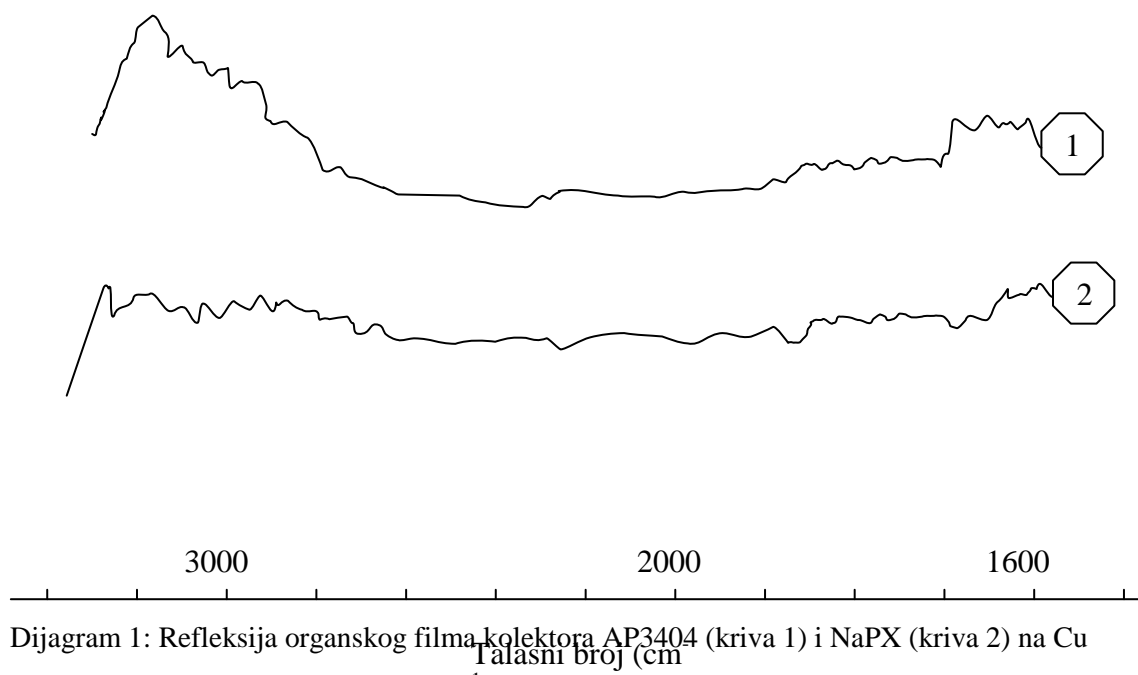
U tom cilju, započeto je optimiziranje dopunskog ciklusa mlevenja i klasiranja u flotaciji Majdanpek.

Slika 1: TEHNOLOŠKA ŠEMA PRIPREME I RAZVODA REAGENASA I KREČA FLOTACIJI III



REAGENSNI RADNI REŽIM:

PERIOD		I	II	III	IV od 14.10.2010
1	NaPX	24g/t	30g/t	24g/t	20g/t
2	AP3404	-	5g/t	8g/t	12g/t
3	A76	9g/t	9g/t	9g/t	9g/t
4	SKIK-BZ 2020	14g/t	-	-	-



#### **OSTVARENI REZULTATI SA NOVIM KOLEKTOROM AP 3404**

Efekti primene pojedinih kolektora u prvih šest meseci 2010. godine (NaIPX = 28 g/t i SKIK-PZ-2020 = 14g/t) i druge polovine godine (NaIPX = 20 g/t i AP3404 sa najvećom dozom od 12 g/t), uz konstantnu količinu penušača A-76 i kreča, prikazani su u tabeli 1.

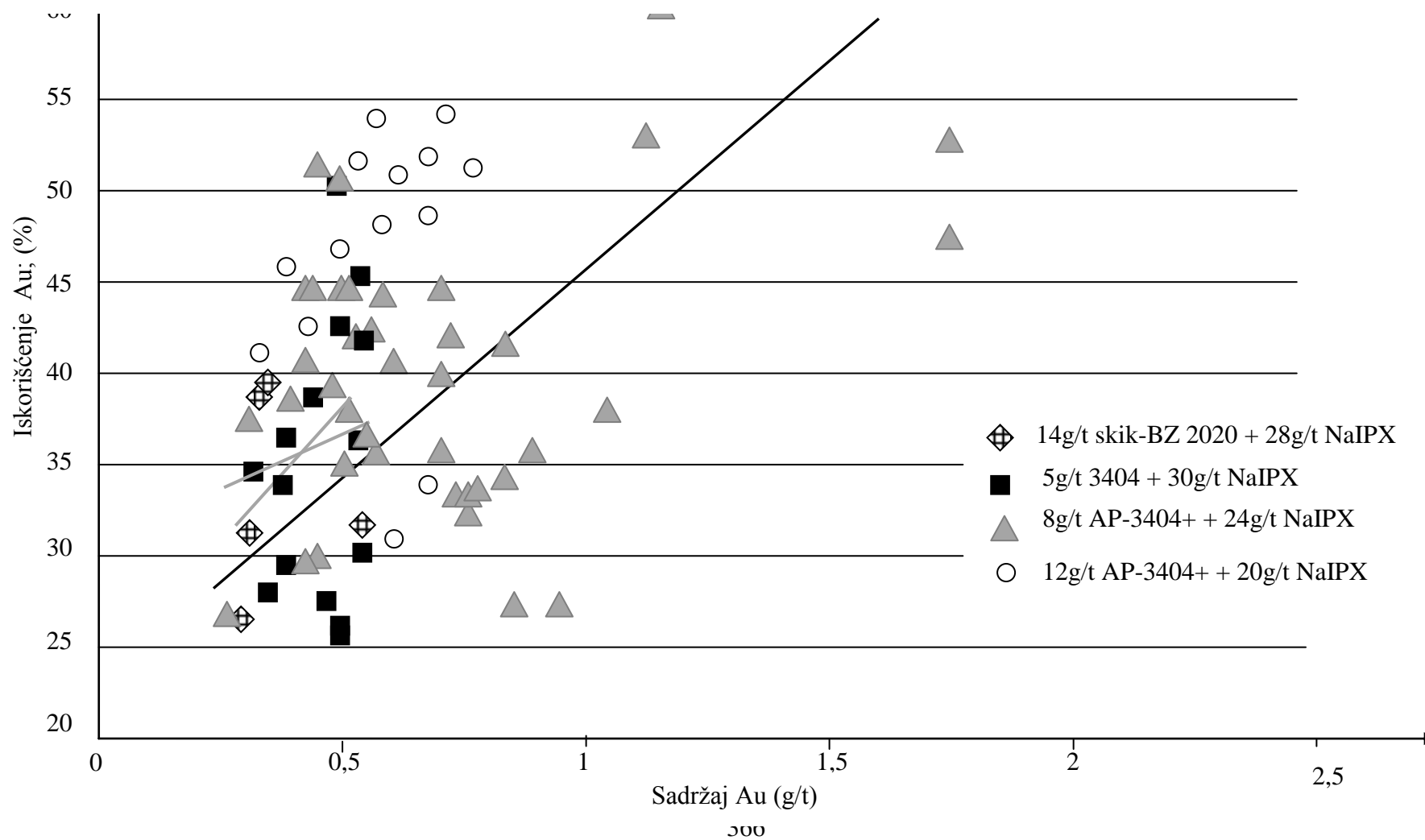
Više je utrošena za reagense na godišnjem nivou za novi kolektor, 60.000 USD, zbog čega je neto ostvarena dobit 3.108.842 USD. Odnos ostvarene dobiti i troška je 3.156 %.

Kao što se vidi iz podataka u tabeli 1., ekonomski je veoma opravdano, realizovano usavršavanje tehnološkog procesa, primenom novog kolektora sa složenijom molekulskom strukturom (AP3404).

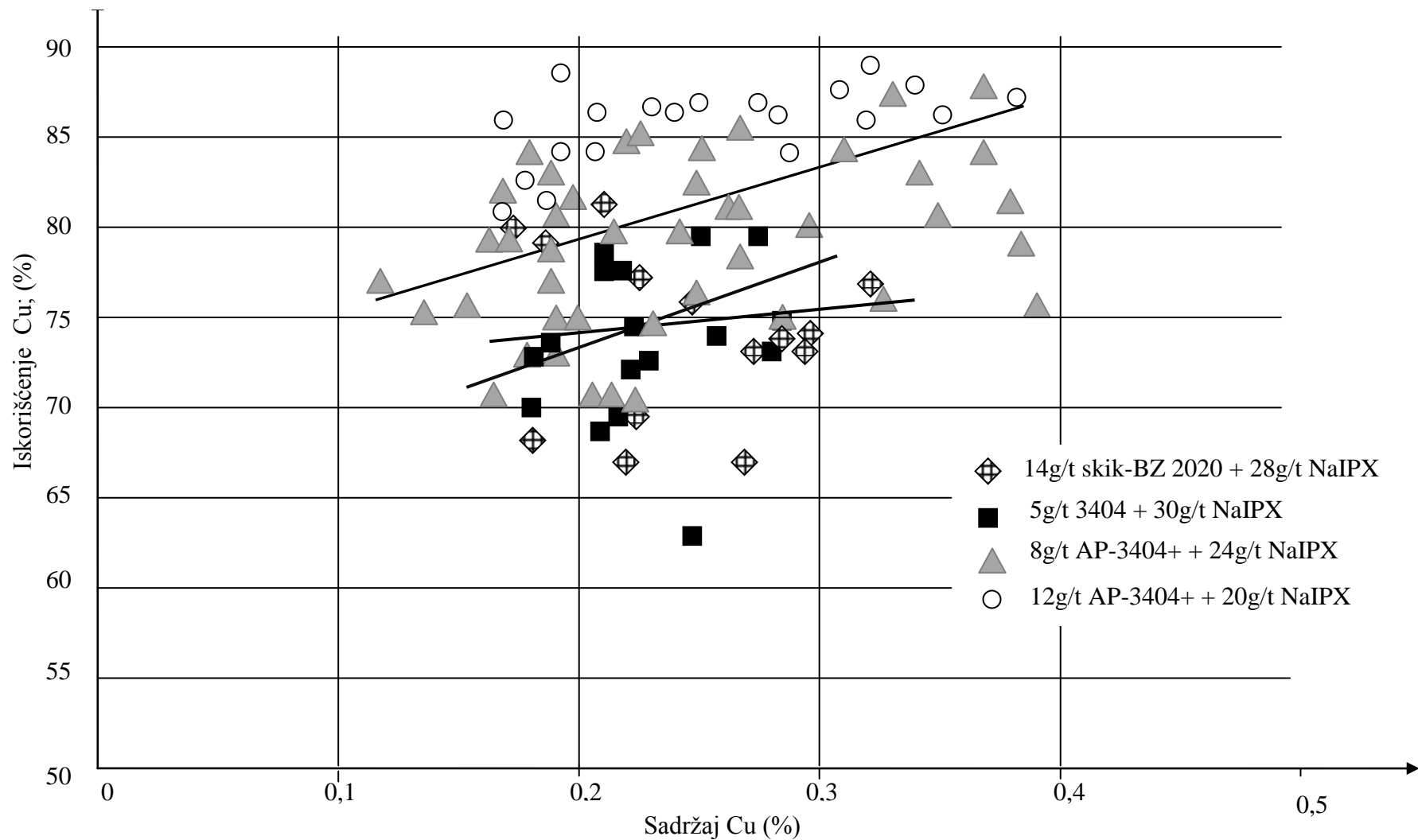
#### **ZAKLJUČAK**

Na osnovu rezultata flotacijske koncentracije u funkciji kombinacije i količina kolektora, čije su srednje vrednosti prikazane na slikama 2 i 3, izvršili smo detaljnu analizu najznačajnijih promenljivih u procesu kao što su: sadržaj bakra i zlata u rudi, njihovo iskorišćenje u koncentratu i kvalitet koncentrata. Analizirajući rezultate sa slika 2 i 3, uočljivo je da najbolje rezultate daje kombinacija AP 3404 – 12g/t i natrijum izopropil ksantat – 20 g/t, kako na bakru, tako i na zlatu. Treba reći da je za regulisanje pH korišćen kreč, a kao penušač A – 76. Uvođenje u proces novog reagensa AP 3404 dalo je znatan doprinos povećanju iskorišćenja Cu za 2,0% i Au za 10%. Primena AP 3404 u flotaciji Rudnika bakra Majdanpek, slika 1., sukcesivno se povećavala od 10% na oko 43%. Potrošnja penušača i regulatora sredine je zadržana na istom nivou. Prema tome, korišćenje kolektora iz grupe dipiofosfinata, znatno je doprinelo poboljšanju tehnološko-ekonomskih rezultata. Na kraju, može se reći, na osnovu izloženih istraživanja da postoje, velike mogućnosti za dalja proučavanja primene selektivnijih kolektora za minerale bakra i plemenitih metala. Pogotovu, imajući u vidu visoke efekte, koji se postižu. Tome se mnogo teži. Takođe, i da su manje toksični.

Slika 2: ISKORIŠĆENJE ZLATA U ZAVISNOSTI OD VRSTE I KOLIČINE MOLEKULSKIH STRUKTURA KOLEKTORA



Slika 3: ISKORIŠĆENJE BAKRA U ZAVISNOSTI OD VRSTE I KOLIČINE MOLEKULSKIH STRUKTURA KOLEKTORA





Parametri iskorišćenja bakra i zlata, troškovi i profit u funkciji primene tipa kolektora.

Tabela 1.

- Kapacitet:	8000 t/dan
- Sadržaj Au u rudi:	0,45 g/t
- Sadržaj Cu u rudi:	0,24 %
Metalurški gubici:	
- Iskorišćenje na Au:	91%
- Iskorišćenje na Cu:	93%
Planirana cena:	
- CaO	5,20 din/kg → 63,41 USD/t
- 1 t Cu	3.256 USD/t
- 1 kg Au	21.640 USD/kg
Utrošak kolektora i jedinična cena:	
I – VI:	
- NaIPX 28g/t	1,25 USD/kg
- SKIK-PZ-2020 14g/t	3,00 USD/kg
VII – XI:	
- NaIPX, 20g/t	1,25 USD/kg
- AP 3404, 11g/t	8,32 USD/kg
Ostvarena iskorišćenja pre i nakon korišćenja novog kolektora:	
Pre I-VI:	
- Iskorišćenje Au	29,3%
- Iskorišćenje Cu	77,9%
Za vreme VII-XI:	
- Iskorišćenje Au	40,0%
- Iskorišćenje Cu	79,5%
Povećani obim proizvodnje na godišnjem nivou primenom novog kolektora iznosi:	
- Količina zlata	Q = 129 kg
- Količina bakra	Q = 107 t
Potrošnja CaO i penušača A-76, slična u oba perioda	
Ostvarena dobit od zlata:	2.791.560 USD
Ostvarena dobit od bakra:	<u>377.282 USD</u>
Ukupno:	3.168.842 USD

# **PRODUŽENJE STRELE ODLAGAČA TRANSPORTNOG SISTEMA RBB BOR-A NA KOPU VELIKI KRIVELJ SA 30 m NA 45 m**

**Taško Maneski<sup>1</sup>, Milorad Pantelić<sup>2</sup>, Mirko Bučan<sup>3</sup>, Vladimir Ilić<sup>4</sup>**

1 - Mašinski fakultet Beograd, 2 - Kolubara Metal, Vreoci, 3 - Promaschinen, Beograd

4 - Weld-ing, Beograd

## **Rezime**

Produženja odložne strele odlagača na kopu Veliki Krivelj, RBB Bor, sa 30m na 45m je obuhvatio sledeće aktivnosti: idejni i tehnički projekat produženja odložne strele sa 30m na 45m, izrada nove odložne strele, projekat kontrole i ispitivanja izrade, tehnički projekat demontaže stare odložne strele, tehnički projekat montaže nove odložne strel i montaži, izvođenje radova na demontaži i montaži, merenje težine, određivanje i svodenje težišta odlagača sa novom strelom u propisanim granicama, projektantski i izvođački nadzor i probni rad sa verifikacijom parametara projekta. Sve ove aktivnosti su uspešno sprovedene i realizovane. Obavljen je probni rad, odgovarajuća merenja i odlagač od kraja prošle godine uspešno radi.

## **1. UVOD**

Na površinskom kopu Veliki Krivelj RTB Bor početkom decembra 2010 godine uspešno je završena realizacija produženja strele odlagališnog uređaja OU-1 sa 30m na 45m. Ovaj kompleksan zadatak izvršile su firme Inovacioni centar Mašinskog fakulteta u Beogradu (nosilac posla), Kolubara Metal doo Vreoci, Weld-ing doo Beograd i Promaschinen doo Beograd. Projektni zadatak produženja odložne strele sa 30m na 45m je glasio: idejni i tehnički projekat produženja odložne strele sa 30m na 45m, izrada nove odložne strele, projekat kontrole i ispitivanja izrade, tehnički projekat demontaže stare odložne strele, tehnički projekat montaže nove odložne strel i montaži, izvođenje radova na demontaži i montaži, merenje težine, određivanje i svodenje težišta odlagača sa novom strelom u propisanim granicama, projektantski i izvođački nadzor i probni rad sa verifikacijom parametara projekta.

## **2. POLAZNE OSNOVE**

Polazna osnova projekta produženja odložne strele predstavlja predstavljao je idejniji projekat produženja odložne strele koji je uradio Inovacioni centar Mašinskog fakulteta u Beogradu i isti će biti priložen. Idejni projekat je obuhvatio sledeće:

- analiza mogućnosti produžetka strele odlagača na odlagalištu borskog kopa
- vaganje gornje gradnje odlagača i analiza postojećeg rešenja
- rešenje produžetka konstrukcije odložne trake na 45 m i predmer radova.

Merenje težina i težišta gornje gradnje odlagača izvela je firma Kolubara Metal d.o.o., Vreoci, Lazarevac. Izveštaj merenja težina i težišta firme Kolubara Metal d.o.o. definisao je sledeće:

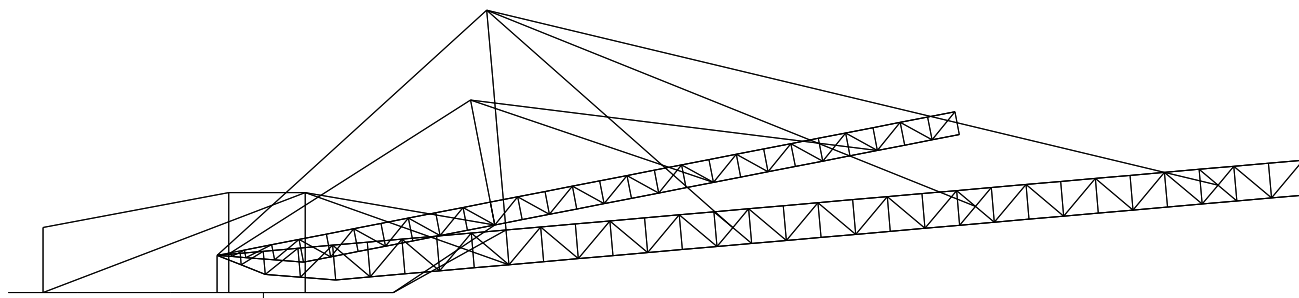
- težina gornje gradnje iznosi 1676 kN
- težište: podužno  $X_C = -1,4$  cm ka kontrategu, poprečno  $Y_C = 4,7$  cm ka reduktoru.

Pri merenju težine gornje gradnje uočena je razlika izmerene težine i težine po dokumentaciji. Ovo je predstavljao značajan problem u određivanju težišta odlagača sa idejnim rešenjem produženja odložne trake. Za potrebe predhodnih aktivnosti potrebno je prethodno predvideti moguću težinu dodavanja kontratega.

Postojeće težište gornje gradnje odlagača nije najpovoljnije i isto mora da se pomeri unazad. Težište postojeće gornje gradnje odlagača pri radu sa punim kapacitetom bi zasigurno bio napred van poluprečnika ležaja od 0,85 m, što nije dobro. Ova konstatacija je veoma nepovoljna za projekat produženja i ona nalaže da nova produžena strela mora biti značajno lakša. Možemo konstatovati da je prečnik ležaja u iznosu od 1,7 m predstavlja veliko ograničenje pri projektovanju nove strele.

Težište odlagača bez transportovanog materijala sa produženom trakom mora biti na oko 60-70 cm od ose obrtanja strele ka kontrategu. Sledi definisanje polazne osnove vezane za raster rešetke za produženje strele. Podužni korak poprečnih vertikalnih ramova, pa time i korak transportnih valjaka usvojen je 1500 mm. Raspon pojasnih nosača u horizontalnoj ravni mora da ostane isti u iznosu od 1774 mm. Predlog idejnog projekta raspona pojasnih nosača u vertikalnoj ravni bio je od 1500 do 1750 mm. Raspon pojasnih nosača u vertikalnoj ravni usvojeno je 1650 mm. Ovaj predlog je usvojen kao kompromis geometrijskog uklapanja nove odložne trake u postojeću konstrukciju gornje gradnje odlagača. Ugao podužne ose strele u odnosu na horizontalu u vertikalnoj ravni je morao biti usvojen  $5^\circ$ , odnosno njegovo smanjenje sa ugla od  $11^\circ$  prisutan kod stare strele. Ovo je neophodno jer snaga pogonskog motora u iznosu od 160 kW dozvoljava maksimalni ugao od  $5^\circ$ .

Na slici 1 dat je paralelan prikaz postojeće i predložene idejne konstrukcije gornje gradnje odlagača. Vidimo da se geometrija predloženog idejnog rešenja odložne trake uklapa u konstrukciju gornje gradnje.



Slika 1. Postojeće + idejno rešenje

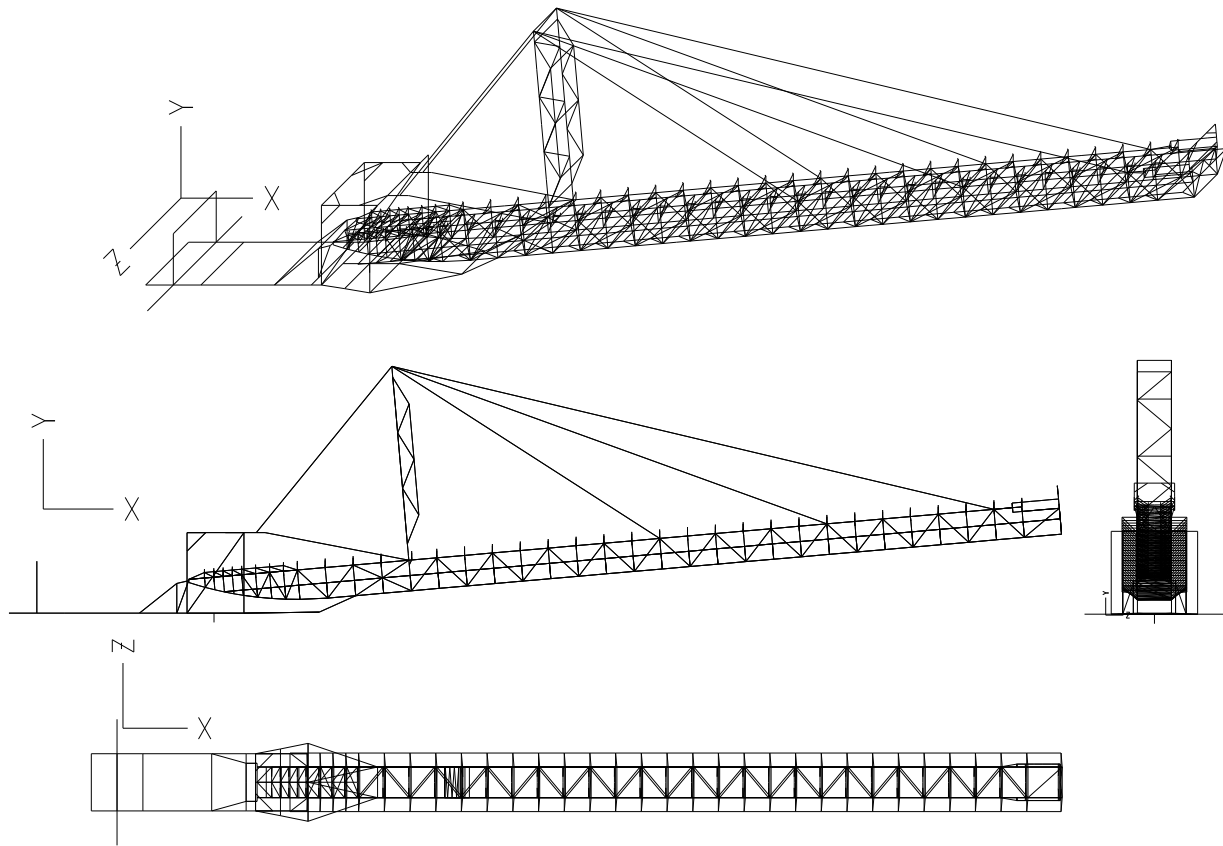
### **3. PROJEKAT PRODUŽENJA STRELE**

Konstrukcija produžene strele (slika 2) predstavlja prostornu rešetku sa pilonom koji definišu gredu raspona 9m i sa prepustom 38m. Pojasni nosači su profili 160x160x8 i 80x140x5 mm. Ispuna su profili 60x60x4 mm. Ostali nosači su profili 40x40x2 i 30x30x3 i savijeni U nosači 46x30x3 i 76x30x3. Limovi za čvorove, nastavke i zatege su debljine 8, 10 i 15 mm.

Osnovni ugrađeni materijal konstrukcije strele je S355J2G3 (+N,H) (C.0563). Navedeni šavni profili su dobijeni hladnim oblikovanjem. Možemo konstatovati da su karakteristike ugrađenih materijala profila su veoma povoljne i veće su za minimalno 30% od standardnom definisanih vrednosti uz žilavost koja je mnogostruko veća. Karakteristike ugrađenih materijala limova su takođe povoljne (granica razvlačenja je nešto veće od standardne vrednosti, relativno izduženje je značajno veće i žilavost je mnogostruko veća).

U projektu su uvedene dve novine koje se na ovim vrstama konstrukcije veoma retko primenjuju. One su: izvođenje zatega od lima u vidu članaka-lanac i izvođenje gazišta od materijala fiberglas.

Proračun konstrukcije strele urađen je primenom metode konačnih elemenata. Geometrija računskog modela proračuna produžene strele data je na skici 3.

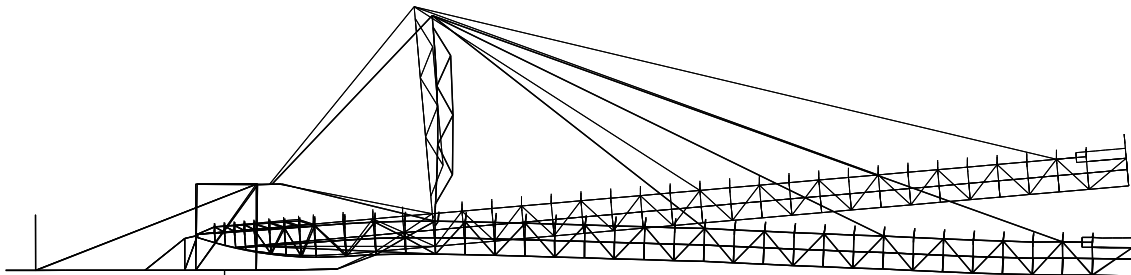


Slika 2.

Razmatrani su sledeći slučajevi opterećenja:

1. slučaj opterećenja – sopstvena težina, bez materijala
2. slučaj opterećenja – sopstvena težina + maksimalno opterećenje od transportovanog materijala
3. slučaj opterećenja – slučaj 2 + radni vetar u vertikalnom pravcu
4. slučaj opterećenja – slučaj 2 + radni vetar u horizontalnom pravcu
5. slučaj opterećenja – slučaj 2 + maksimalni sneg
6. slučaj opterećenja – slučaj 3 + maksimalni sneg
7. slučaj opterećenja – slučaj 4 + maksimalni sneg

Prikaz deformacije konstrukcije strele za drugi slučaj opterećenja dat je na slici 3.



Maksimalni ugib iznosi 10,3 cm  
Odnos  $L_{\text{prepusta}} / f_{\text{max}} = 3800 / (10,3 - 0,35) = 382$

Slika 3. Drugi slučaj opterećenja

Ovako veliki odnos dužine prepusta i maksimalnog ugiba nam govori da strela ima veliku krutost uz malu sopstvenu težinu.

Prikaz maskimalnih napona za sve slučajeve opterećenja i po različitom grupama elemenata dat je u tabeli 1, dok su u tabeli 2 date maksimalne vrednosti deformacije i napona za celu konstrukciju.

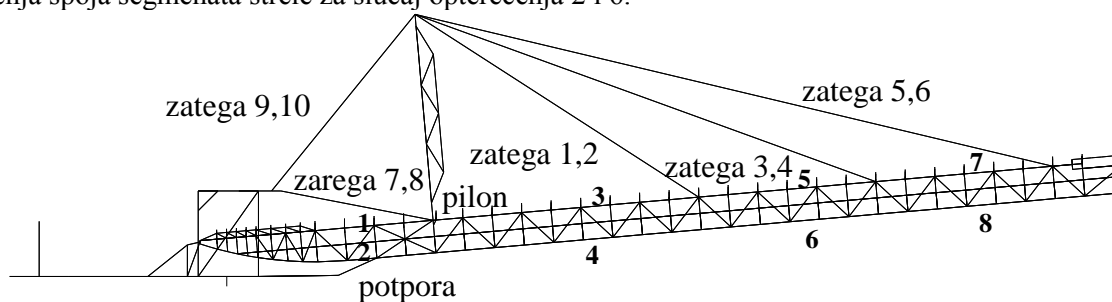
Tabela 1. Maksimalne vrednosti napona [kN/cm<sup>2</sup>] za izabrane grupe elemenata

Slučaj opterećenja	1	2	3	4	5	6	7
φ219,1x5	4,25	7,32	7,77	7,41	8,49	8,94	8,53
φ219,1x5 ojačana	4,13	6,98	7,33	7,71	7,91	8,26	8,65
160x160x8	4,42	8,77	9,38	10	10,1	10,7	11,1
80x140x5	9,43	9,49	9,47	9,5	9,44	9,42	9,45
60x60x4	6,98	7,93	7,92	8,03	7,99	8,1	8,2
ostali elementi	7,85	8,11	6,26	7,82	7,8	7,79	7,77
elem.gor.gradnje	2,81	5,5	5,85	5,52	6,41	6,76	6,43
zatege	3,47	4,4	6,72	6,47	7,29	7,62	7,37

Tabela 2. Maksimalne vrednosti deformacije [cm] i napona [kN/cm<sup>2</sup>] za celu konstrukciju strele

Slučaj opterećenja	1	2	3	4	5	6	7
max.deformacija	5,49	10,3	10,9	10,3	12	12,6	12
max.napon	4,72	9,49	9,47	10	10,1	10,7	11,1
dozvoljeni napon	21,8			24,6			

Možemo konstatovati da je nivo maskimalnih deformacija i napona za sve slučajeve opterećenja znatno ispod dozvoljenih (2,2 puta manje vrednosti). Ovaj faktor je još veći ako usvojimo atestne karakteristike materijala. Opterećenja određenih elemenata potrebna za dalju proveru čvrstoće sklopa osovinica-uška strele data su u tabeli 3. Na slici 4 prikazani su elementi analize i njihove pozicije. U tabeli 4 i 5 data su opterećenja spoja segmenata strele za slučaj opterećenja 2 i 6.



Slika 4. Oznake elemenata i veza

Tabela 3. Opterećenje sklopa osovina-uška [kN]

Slučaj opterećenja	1	2	3	4	5	6	7
zatega 1,2	27	50	53	51	57	58	56
zatega 3,4	37	64	68	66	74	73	76
zatega 5,6	22	35	38	36	43	50	44
zatega 7,8	80	163	174	172	190	201	200
zatega 9,10	96	188	200	198	220	232	221
pilon	114	213	227	220	247	260	253
potpora	-394	-708	-750	-760	-808	-850	-864

Tabela 4. Opterećenja spoja segmenata, Sila [kN], Moment [kNcm], Ekvivalentni napon [kN/cm<sup>2</sup>]

Slučaj opterećenja 2	N	F <sub>ty</sub>	F <sub>tz</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>fy</sub>	M <sub>fz</sub>	σ <sub>e</sub>
N – podužna sila, F <sub>ty</sub> , F <sub>tz</sub> – poprečne sile, M <sub>t</sub> – torzioni moment, M <sub>fy</sub> , M <sub>fz</sub> – savojni momenti							
lokacija 1	266	1,88	1,64	15,4	553	3,46	5,51
lokacija 2	6,65	0,35	8,26	4,81	45,1	23,7	1,2
lokacija 3	-33,1	0,38	0,6	5	1,89	3,92	1,75
lokacija 4	-156	1,62	1,94	3	38,2	7,09	4,89
lokacija 5	-66,9	0,54	0,94	5,86	8,13	4,03	3,6
lokacija 6	-103	1,2	1,3	2,64	14,2	22,9	5,8
lokacija 7	-75,5	0,86	0,36	6,7	18,6	3,22	4,17
lokacija 8	-18,3	0,3	0,53	0,69	17,5	2,74	1,22
veza na profilu 60x60x4	±15,4	0	0	2	7,2	14,8	3,17

Tabela 5. Opterećenja spoja segmenata, Sila [kN], Moment [kNcm], Ekvivalentni napon [kN/cm<sup>2</sup>]

Slučaj opterećenja 6	N	F <sub>ty</sub>	F <sub>tz</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>fy</sub>	M <sub>fz</sub>	σ <sub>e</sub>
N – podužna sila, F <sub>ty</sub> , F <sub>tz</sub> – poprečne sile, M <sub>t</sub> – torzioni moment, M <sub>fy</sub> , M <sub>fz</sub> – savojni momenti							
lokacija 1	326	2,28	1,38	15,5	664	3,89	6,72
lokacija 2	12,2	0,4	9,88	5,97	541	27,8	1,5
lokacija 3	-35,8	0,41	0,68	4,88	2,21	4,74	1,93
lokacija 4	-180	1,89	2,13	3,25	119	150	6,89
lokacija 5	-74,4	0,6	1,07	5,75	9,22	4,66	4,01
lokacija 6	-119	1,41	1,28	2,78	15,8	26,8	6,69
lokacija 7	-80,4	0,93	0,4	6,74	20,5	3,52	4,45
lokacija 8	-21,4	0,37	0,54	0,67	19,4	3,01	1,4
veza na profilu 60x60x4	±17,9	0	0	2	8,35	15,2	3,55

Slučaj opterećenja 6 izaziva maksimalne vrednosti opterećenja veza pojasnih nosača (za stepen sigurnosti ovo je II slučaj opterećenja).

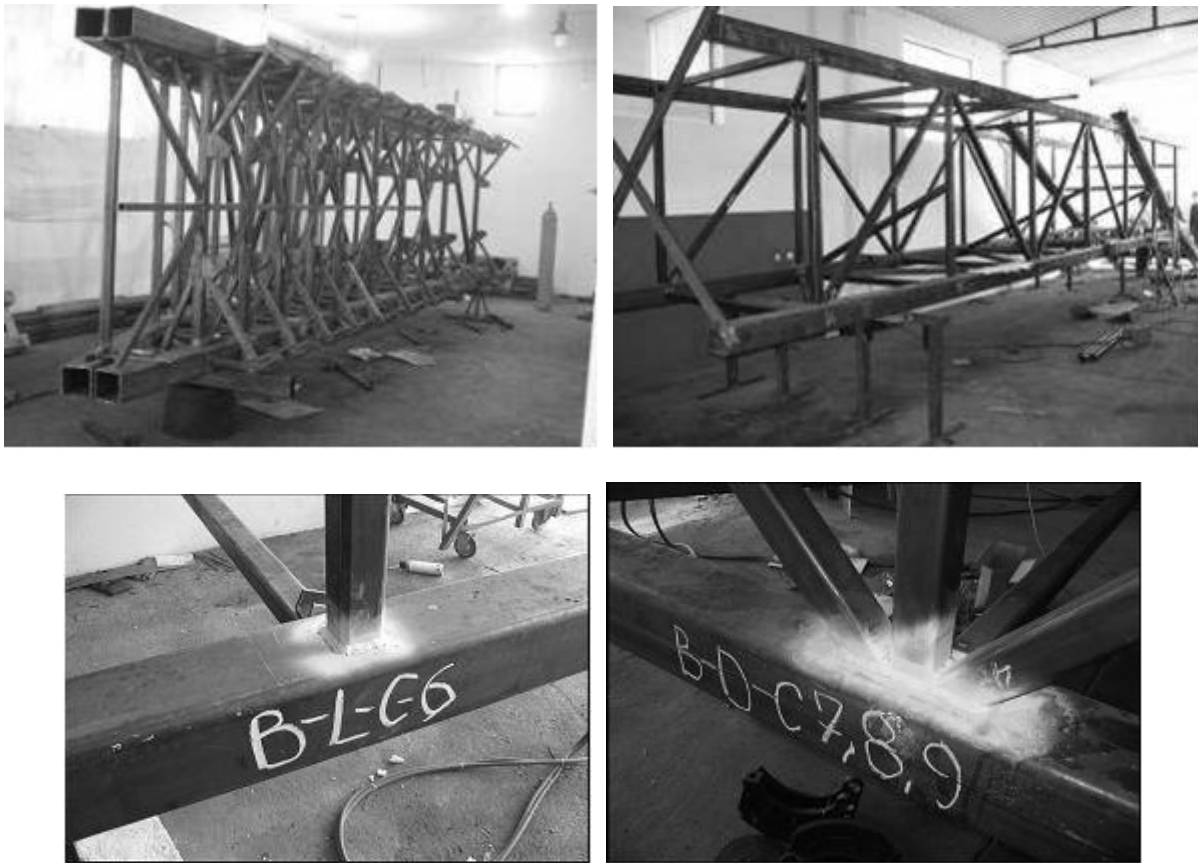
Razmatranje vitkosti nosača ima smisla samo kod kutija 60x60x4mm koje su primejenje u dijagonalama gornje i donje horizontalne rešetke. Vitkost dijagonala horizontalnih rešetke iznosi:  $\lambda = L_r/i_{\min} = 220\text{cm}/2,26\text{cm} = 97,4$ . Ovako mala vrednost vitkosti dijagonale neznatno povećava njen napon koji je ionako mali. Vitkost slabijeg pojasnog nosača (kutija 80x140x5mm) iznosi  $\lambda = L_r/i_{\min} = 150\text{cm}/3,3\text{cm} = 45,45$  i ona nije predmet razmatranja. Vitkost ostalih nosača je još manja.

### 3. IZRADA STRELE

Izrada nove strele izvele su firme Promaschinen, doo Beograd i firma Weld-Ing, doo Beograd u pogonu Nova Pazova je zvanično počela 12.10.2010. godine. Na slici 5 dat je prikaz jednog dela izrade strele i kontrole zavarenih spojeva penetrantima.

Tehnologiju zavarivanja strele odlagača i elaborat o izvođenju zavarivačkih radova nad izvođenjem zavarivačkih radova i ispitivanju zavarenih spojeva nakon zavarivanja strele odlagača uradila je firma Weld-ing, doo.

Treba reći da su oba gazišta izvedena od materijala fiberglas.



Slika 5.

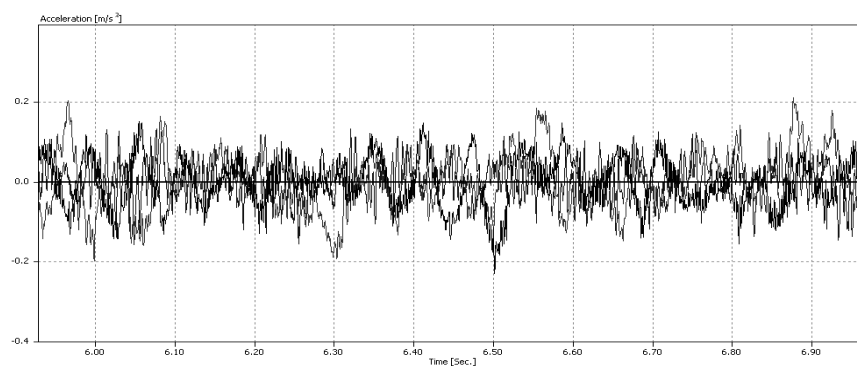
#### 4. DEMONTAŽA I MONTAŽA STRELE

Tehnički projekat demontaže stare strele i montaže nove strele odlagališnog uređaja OU-1 uradila je firma Kolubara Metal, doo Vreoci. Ista firma je izvela radove na demontaži i montaži. Izgled nove strele u toku rada prikazan je na slici 6.

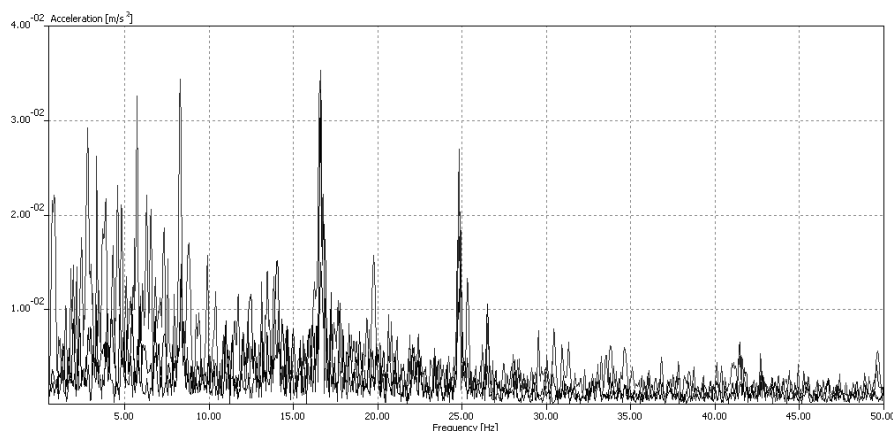


Slika 6.

Merenje ubrzanja u sva tri pravca na puno mesta na konstrukciji strele vršeno je u više navrata tokom rada odlagača sa transportovanim materijalom. Izgled signala u vremenskom i frekventnom domenu na mestu zatega broj 5,6 dat je na slici 7. Prikaz vrednosti ubrzanja i brzina vibracija za karatkteristična mesta na konstrukciji strele date je u tabeli 6.







Zatega broj 5,6  
Slika 7.

Tabela 6. Maksimalne vrednosti ubrzanja i brzina vibracija konstrukcije strele

	Ubrzanje [m/sec <sup>2</sup> ]		Brzina [mm/sec]	
	Vremenski domen	Frekventni domen	Vremenski domen	Frekventni domen
Pilon	0,1	0,015	1,5	1
Zatega broj 1,2	0,1	0,02	2	1
Zatega broj 3,4	0,1	0,015	3	2
Zatega broj 5,6	0,1	0,022	4	3

Vidimo da su vrednosti ubrzanja i brzina vibracija veoma male. Propisom definisana maskimalna vrednost ubrzanja na prepustima iznosi 2 m/sec<sup>2</sup>.

## 5. MERENJE TEŽINE, ODREĐIVANJE I SVOĐENJE TEŽIŠTA ODLAGAČA SA NOVOM STRELOM U PROPISANIM GRANICAMA

Merenje težine odlagača sa novom strelom i određivanje težišta izvela je firma Kolubara Metal, doo Vreoci dana 08.12.2010 na montažnom placu odlagača u Bor-u. Kolubara Metal ima akreditovanu laboratoriju za merenja i ipitivanja.

Merenje težine i težišta gornje gradnje nove produžene strele bez svih rolki dalo je sledeće podatke:

- težina gornje gradnje sa uspinim uređajem iznosi  $G^m = 1481$  kN
- koordinata težišta duž strele iznosi  $X = -0,7$  cm ka kontra tegu
- koordinata težišta poprečno na strelu iznosi  $Y = -14,7$  cm ka reduktoru

Težina kompletne gornje gradnje sa svim rolkama iznosi  $G = G^m + \Delta G^m = 1481 + 27 = 1508$  kN.

Razlika težine stare i nove produžene strele iznosui:  $\Delta G = 1508 - 1676 = -168$  kN. To znači da je nova produžena strela ukupno lakša za 168 kN u odnosu na staru. Ovim smo stvorili uslove za daodavanje kontratega za svođenje težišta na željenom mestu sa i bez transportovanog materijala. Usvojini dopunski kontra teg i njegov moment na rastojanju 10m od ose ležaja iznose:

$$\Delta G_t = 148 \text{ kN} , \Delta M_{xt} = (52+96)\text{kN} \cdot 10\text{m} = 1480 \text{ kNm}$$

Težište gornje granje odlagača bez prisustva transportovanog materijala glasi:

$$X_C = (452 - 1480) / (1508 + 148) = -0,62 \text{ m}$$

Težište gornje granje odlagača sa prisustvom transportovanog materijala glasi:

$$X_{Cm} = (452 - 1480 + 0,8 * 3037) / (1508 \text{ kN} + 148 + 0,8 * 3 \text{ kN/m} * 45 \text{ m}) = 0,795 \text{ m}$$

Vidimo da težište gornje gradnje za oba slučaja ne napušta poluprečnik ležaja (0,85 m).

## **6. ZAKLJUČAK**

Izvedena strela uspešno je u eksploataciji od 10.12.2010.godine. Ceo projekat realizacije izveden je za veoma kratko vreme od dva meseca. Jedna od najbitnijih stvari predstavlja činjenica da je nova duža strela skoro duplo lakša od postojeće strele. Raspon pojasnih nosača, raster ispune i dimenzije preseka nosača su za ovu konstrukciju odlagača skoro optimalne. Optimalnost se ogleda da je postignuta najveća moguća krutost uz minimalnu težinu. Primenjeni materijal imaju veoma dobre karakteristike koje su značajno bolje od standardom propisanih.

## **LITERATURA**

- [1] KOMIPS, Softver, Autor: Taško Maneski, Mašinski fakultet Beograd
- [2] Prejeksi realizacije produženja strele, Inovacioni centar Mašinsko fakulteta, Beograd, 2011
- [3] Propisi i standardi

## **ODVODNJAVANJE AKUMULIRANIH VODA PK BOR GOULD PUMPAMA**

### **WATER ACCUMULATED DRAINAGE AT OPEN PIT BOR WITH GOULD PUMPS**

**Radmilo Rajković, Miroslav Ignjatović, Branislav Rajković, Daniel Kržanović**

*Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Bors*

#### **APSTRAKT**

U cilju zaštite aktivnog dela Jame Bor i ležišta "Borska Reka" potrebno je odvodnjavanje akumulacije na koti K+116 m površinskog kopa Bor. Prema površini vodenog ogledala i konfiguraciji terena procenjuje se da ova količina vode iznosi 60 000 m<sup>3</sup>. Ukupan maksimalni priliv vode u kop se usvaja na 33 700 m<sup>3</sup>, s tim što se na početku odvodnjavanja mora uzeti u obzir uklanjanje postojeće akumulacije. Kako borski kop nije aktivan a posmatrajući i ekonomski aspekt odvodnjavanja, kao i činjenicu da akumulacija na koti K+116 m postoji duže vremena što znači da iz nje vode ne dospevaju u Jamu Bor većim intenzitetom, potreban kapacitet ispumpavanja neće biti određen prema uslovu da se maksimalni priliv površinskih voda mora ispumpati za 24 h. Analizirajući uticajne uslove naodvodnjavanje, , izabran je proizvođač pumpi Gould Pumps u sastavu ITT Corporation. Za izbor pumpi korišćen je softver proizvođača [Pump Selection System](#).

**KLJUČNE REČI:** PK Bor, odvodnjavanje, Gould pumps

#### **ABSTRACT**

In order to protect the active part of the underground mine Bor and deposit Borska Reka is necessary to drain the reservoir at elevation +116 K m open pit Bor. The surface water mirror and the terrain is estimated that this amount of water is 60 000 m<sup>3</sup>. The total maximum flow of water in the mine is approved to 33 700 m<sup>3</sup>, with the proviso that at the beginning of drainage should take into account the removal of existing reservoirs. How open pit Bor is not active, and looking at the economic aspects of drainage, and the fact that the reservoir at elevation +116 m K there is a long time, which means that the water it does not get into the pit Bor greater intensity, the required pumping capacity will be determined by the condition that the maximum inflow of surface water must be pumped for 24 h. Analyzing influential naodvodnjavanje conditions, was selected pump manufacturer Gould Pumps within the ITT Corporation. For the selection of pumps used the software manufacturer Pump Selection System.

**KEY WORDS:** Open pit Bor, drainage, Gould pumps

#### **UVOD**

Akumulacija vode na dnu površinskog kopa prihranjuje se iz tri nezavisna izvora. Prvi je isticanje vode iz stenskog masiva iz podzemnih akumulacija. Drugi izvor vode su atmosferske padavine koje sa obzirom na veliko gravitaciono područje u nekim slučajevima mogu biti ekstremne i više puta su ugrožavale Jamu. Treći izvor su otpadne vode uglanom iz gradskih i industrijskih kolektora, a predpostavlja se i gradskog vodovoda.

Na dnu kopa je formiran stotinak metara debeo sloj jalovine sa površinskog kopa „Veliki Krivelj“ kao i od obrušenih etaža starog kopa. Dobar deo ovog masiva je nastao spiranjem najsitnijih glinovitih čestica atmosferskim i provirnim vodama kako sa kosina kopa, tako i sa velikog gravitacionog područja. Taloženjem ovih čestica na dnu vodene akumulacije formiran je skoro vodonepropusan sloj. Zahvaljujući njegovom postojanju ogromne količine vode su akumulirane u jezeru koje je formirano na kamenom

granulatu ispod koga je razgranata mreža jamskih radova iznad kojih je velika masa zarušenog ili veoma ispucalog stenskog masiva, koji je veoma vodopropusan. Voda se iz akumulacije sa dna kopa slabo drenira jamskim radovima upravo zbog prisustva skoro vodonepropusnog sloja istaloženih glinenih čestica na njegovom dnu. Prema površini vodenog ogledala i konfiguraciji terena procenjuje se da ova količina vode iznosi 60 000 m<sup>3</sup>.

Izdani podzemnih voda nemaju značajno učešće u prihranjivanju akumulacije na dnu kopa. Najveći prilivi vode u kop su prilikom padavina od voda koje padnu direktno na područje kopa i otpadnih voda TIR-a koje prilikom padavina dospevaju u kop prvenstveno kao povratne vode iz kolektora na istočnoj strani kopa na koti K+325 m. Maksimalni priliv od površinskih voda koje padnu direktno u područje kopa iznosi 32 098,3 m<sup>3</sup>. Maksimalni priliv od povratnih voda TIR-a i ostalih voda koje se ispuštaju u kop prilikom maksimalnih padavina se usvaja na 200 m<sup>3</sup>/h, odnosno za period od 8 h ova količina vode iznosi 1 600 m<sup>3</sup>. Ukupan maksimalni priliv vode u kop se usvaja na 33 700 m<sup>3</sup>, s tim što se na početku odvodnjavanja mora uzeti u obzir uklanjanje postojeće akumulacije.

Pri normalnim radnim uslovima, maksimalni priliv vode je od industrijskih i TIR-ovih voda. Ne postoje tačni podaci o količini ovih voda koja se infiltrira u radnu sredinu i nije moguće dati tačnu procenu o njenoj vrednosti. Na osnovu iskustvenih podataka usvaja se da je količina industrijskih i TIR-ovih voda koja se ispumpava pri normalnim radnim uslovima 1 200 m<sup>3</sup>/dan.

## **KONCEPCIJA ODVODNJAVANJA**

Koncepcija odvodnjavanja i zaštite površinskog kopa Bor [1] sastoji se u sledećem:

- Da se sva voda sa slivnih područja sa kojih gravitira prema kopu, prihvati zaštitnim obodnim kanalima i gravitacijski odvede van područja kopa;
- Da se vode koje dospeju u područje kopa prihvate na dnu kopa i odatle ispumpaju van njegovog područja.

Vode koje potiču od atmosferskih padavina na slivne površine sa kojih gravitiraju prema kopu, a koje se mogu prihvatiti zaštitnim kanalima, pojavljuju se u najvećoj meri sa zapadne strane kopa i istočne strane kopa sa odlagališta jalovine. Ka kopu gravitiraju i vode koje dolaze iz pravca odloženog materijala transportnim sistemom za transport jalovine Veliki Krivelj, ali njih nije moguće prihvatiti obodnim kanalima.

Vode sa slivnog područja sa zapadne strane kopa koje gravitiraju ka njemu, odvede se kanalom K<sub>1</sub> do taložnika T<sub>1</sub> odakle se posle taloženja čvrstih čestica, voda kanalom K<sub>2</sub> odvodi do postojeće akumulacije za prihvatanje jamskih voda VS<sub>1</sub>.

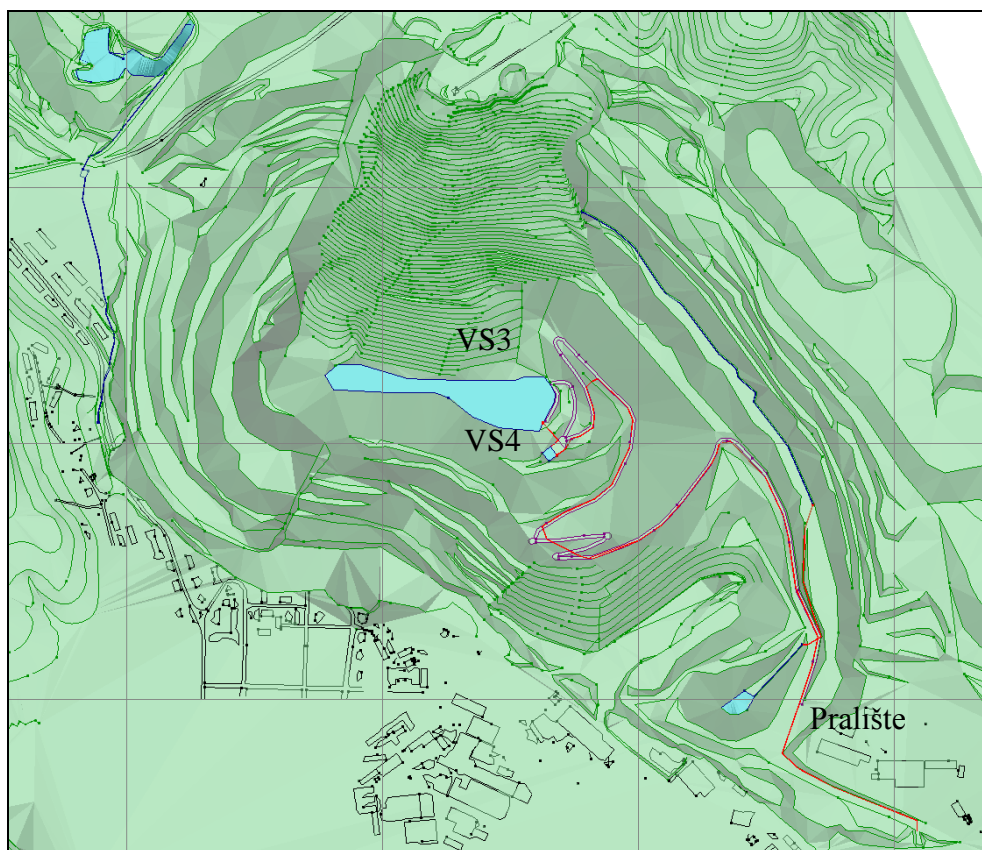
Vode sa slivnog područja sa istočne strane kopa koje gravitiraju ka njemu, odvede se kanalom K<sub>3</sub> do gravitacijskog cevovoda C<sub>3</sub>. Gravitacijski cevovod C<sub>3</sub> prihvata vode iz kanala K<sub>3</sub> i sprovodi ih do kanala K<sub>4</sub>. Vode iz kanala K<sub>4</sub> dovode se do vodosabirnika VS<sub>2</sub> sa južne strane kopa koji je u sklopu postojećeg sistema odvodnjavanja.

Ispumpavanje vode sa dna površinskog kopa iz akumulacije VS<sub>3</sub> do postojećeg sistema odvodnjavanja – „Pralište“, vršice se kaskadno.

Prva faza je ispumpavanje kiselih voda sa niskom Ph vrednošću iz akumulacije VS<sub>3</sub> – privremeni vodosabirnik na koti K+116 m, do vodosabirnika VS<sub>4</sub> – glavni vodosabirnik na koti K+130 m sa istočne

strane akumulacije. U vodosabirniku VS<sub>3</sub> biće postavljena potapajuća prohromska pumpa otporna na kiselost vode.

Voda iz vodosabirnika VS<sub>4</sub> ispumpavaće se stabilnom prohoromskom pumpom visokog pritiska direktno do postojećeg sistema odvodnjavanja – „Pralište“ na koti K+338,5 m. Prikaz sistema ispumpavanja vode dat je na slici 1.



*Slika 1. Sistem ispumpavanja vode na PK Bor*

## **IZBOR PUMPI**

Kako borski kop nije aktivan a posmatrajući i ekonomski aspekt odvodnjavanja, kao i činjenicu da akumulacija na koti K+116 m postoji duže vremena što znači da iz nje vode ne dospevaju u Jamu Bor većim intenzitetom, potreban kapacitet ispumpavanja neće biti određen prema uslovu da se maksimalni priliv površinskih voda mora ispumpati za 24 h [1].

Analizirajući više proizvođača, osnovni činioci vezani za izbor pumpi [2] su sledeći:

- Rad samo jedne pumpe na svakoj poziciji,
- Pumpe koje mogu da rade u uslovima kiselih voda do pH vrednosti 3,
- Predstavništva proizvođača pumpi u okruženju,
- Cena pumpi.

Na osnovu pomenutih činilaca, za proračun pumpi izabran je proizvođač pumpi iz SAD-a Gould Pumps u sastavu ITT Corporation. Za izbor pumpi korišćen je softver proizvođača: [Pump Selection System](#).

Izbor pumpe za radne uslove ispumpavanja iz vodosabirnika VS<sub>3</sub>, prikazan je na slikama 2 i 3. Za ispumpavanje iz vodosabirnika VS<sub>3</sub> izabrana je potapajuća pumpa Proizvođača Gould, tip JCU 8x8,5-17,25 sa fiksnim brojem obrtaja za vode sa kiselošću pH > 3. Karakteristike ove pumpe date su na slici 4.

The screenshot shows the 'Pump Selection System' software interface. It is organized into several sections:

- Basic Criteria:** \*Flow: 200.00 m<sup>3</sup>/hr, \*Total Dynamic Head: 19.00 m, Cycles: 50Hz. Includes fields for Suction Pressure and Max Suction Pressure (both in bar g).
- Liquid Properties and operating conditions:** Name: Water, Item No: ITEM 001, Sp.Gr.: 1,000, NPSHa: m, Viscosity: 1,000 cp, Temp(R): 20.0 deg C, Vapor press.: Bar abs. Includes radio buttons for Lethal or Toxic (selected) and Non Hazardous.
- Optional Selection Criteria:** % Headrise to Shut Off min to max, Nss less than m<sup>3</sup>/hr.m, Allow Near miss selections, Operating Point to be % BEP min to max, Impeller diam: No constraint, Max NPSHR Margin %, Max. Allowable Shut Off Pressure (bar g).
- Search Results:** A list of pump models is shown with checkboxes for selection. The selected model is 'Submersible Slurry Pump'. Other models include 'Overhung Impeller, Magnetic Drive, Horizontal, ISO, Seal-less, Metallic, Inc' and 'Overhung Impeller, Magnetic Drive, Horizontal, ISO, Seal-less, Metallic, Ce'.
- 3D Model:** A 3D rendering of the selected submersible slurry pump is displayed on the right side of the interface.

Slika 2. Izbor pumpe za vodosabirnik VS<sub>3</sub>

**PumpSmart Calculator**

Criteria Results Curves **PumpSmart Calculator**

Pump Data Curve Performance Details

Non-IP Pump

**Pump Data**

Model: JCU  
 Group: S  
 Size: 8X8.5-17.25  
 60 Hz  50 Hz  
 Diam.: 377,8250 mm  
 Speed: 970  
 Max. Speed: 1200  
 Min. Speed: 300

**Pump Curve Data**

Flow	Head	Power
0,0	19,5	6,8
181,6	19,3	17,9
200,0	19,2	18,9
363,2	17,8	25,6
544,8	15,0	29,7
726,4	11,4	30,4

BEP Flow: 603,3 m<sup>3</sup>/hr    BEP TDH: 14,0 m    SO TDH: 19,5 m  
 BEP Power: 30,3 kW    SO Power: 6,8 kW   

**System Demand Flow Points**

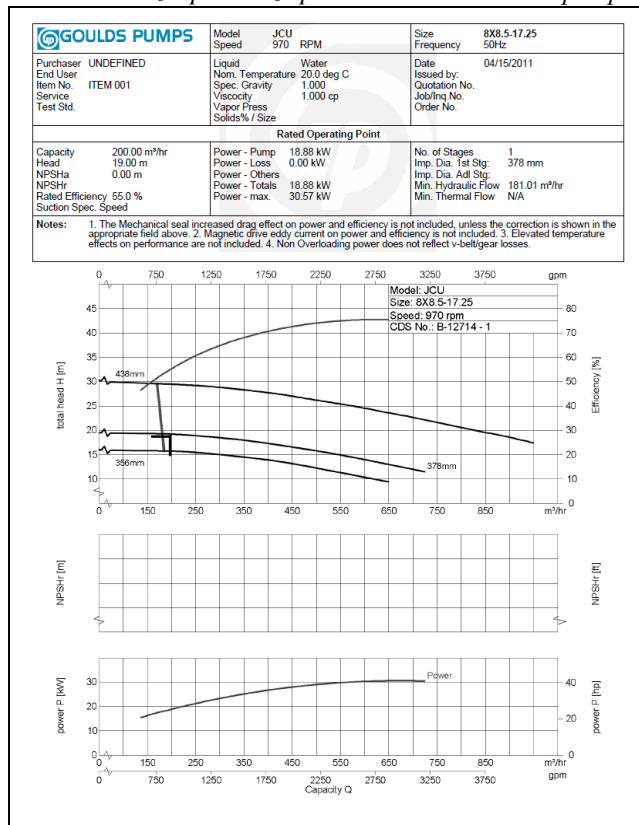
% Load	Flow	% Time
Qmin	100	20
Qnormal	150	60
Qmax	200	20

**System Curve Points**

Flow	Head
0,0	9,6
200,0	19,2

Operating Hrs: 8760,00  
 Cost per KWHr: 0,075 USD   
 Add another pump when flow exceeds: 120 of BEP

Slika 3. Ulazni podaci za proračun rada izabrane pumpe



Slika 4. Karakteristike pumpe Gould JCU

Izbor pumpe za radne uslove ispumpavanja iz vodosabirnika VS<sub>4</sub>, prikazan je na slikama 5 i 6. Za ispumpavanje iz vodosabirnika VS<sub>4</sub> izabrana je stabilna pumpa Proizvođača Gould, tip 3355 5x6-11 B/ES-IND sa fiksnim brojem obrtaja za vode sa kiselošću pH > 3. Karakteristike ove pumpe date su na slici 7.

**Basic Criteria**

\*Flow: 200,00 m<sup>3</sup>/hr \*Total Dynamic Head: 229,00 m Cycles: 50Hz

Suction Pressure: [ ] bar g Max Suction Pressure: [ ] bar g

**Liquid Properties and operating conditions**

Name: Water Item No: ITEM 001

Sp. Gr.: [ ] NPSHa: [ ] m Viscosity: 1,000 cp Temp(R): 20,0 deg C Vapor press.: [ ] Bar abs

Service: [ ]  Lethal or Toxic  Non Hazardous

**Optional Selection Criteria**

% Headrise to Shut Off min: [ ] to max: [ ] Nss less than: [ ] m<sup>3</sup>/hr,m  Allow Near miss selections

Operating Point to be % BEP min: [ ] to max: [ ] Impeller diam: No constraint

Max NPSHR Margin %: [ ] Max. Allowable Shut Off Pressure: [ ] bar g

\*Speed: [ ]

- 3000
- 1500
- 1000
- Variable
- 750
- 600
- 500
- 429

Impeller Between Bearing, Horizontal Split Case, 2 stage

Impeller Between Bearing, Ring Section, Multi-stage

Severe Duty Slurry Pump, Chrome Iron / Alloy

Severe Duty Slurry Pump, Chrome Iron / Alloy

Overhung Impeller, Horizontal, ANSI, Solids Handling

Heavy Duty Back-Pull-Out Slurry Pump, Chrome Iron

Heavy Duty Back-Pull-Out Slurry Pump, Shearceller, Chrome Iron

Horizontal Vortex Pump, Recessed Impeller

Search by Model and Size Search Using Selection Criteria More Info

Slika 5. Izbor pumpe za vodosabirnik VS<sub>4</sub>

**Criteria Results Curves PumpSmart Calculator**

**Pump Data**

Non-IP Pump

Model: 3355

Group: [ ]

Size: 5X6-11 B/ES-IND

60 Hz  50 Hz

Diam.: 257,1750 mm

Speed: 2950

Max. Speed: 3600

Min. Speed: 600

**Pump Curve Data**

Flow	Head	Power
0,0	279,9	120,8
74,8	270,2	135,2
149,6	252,7	163,8
200,0	236,0	179,5
224,5	225,6	186,9
299,3	182,5	204,8

BEP Flow: 254,4 m<sup>3</sup>/hr BEP TDH: 0,0 m SO TDH: 279,9 m

BEP Power: 195,0 kW SO Power: 120,8 kW

**System Demand Flow Points**

% Load	Flow	% Time
Qmin	100	20
Qnormal	150	60
Qmax	200	20

**System Curve Points**

Flow	Head
0,0	118,0
200,0	236,0

Operating Hrs: 8760,00

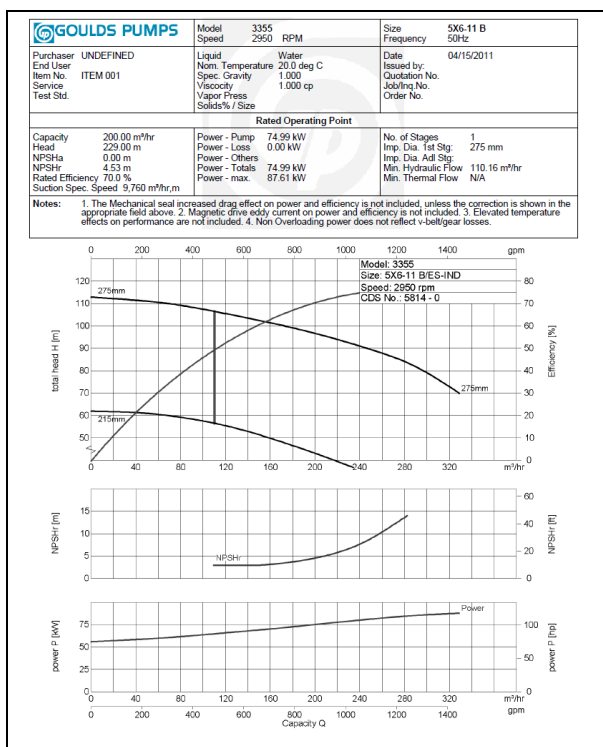
Cost per KWhr: 0,075 USD-U...

Add another pump when flow exceeds 120 of BEP

Calculate

Slika 6. Ulazni podaci za proračun rada izabrane pumpe





Slika 7. Karakteristike pumpe Gould 3355

## ZAKLJUČAK

Prilikom izbora pumpe za odvodnjavanje treba obratiti pažnju na tri činioca koji se moraju uzeti u obzir prilikom konačne odluke. Prvi činilac je potrošnja električne energije. Sa aspekta potrošnje električne energije najekonomičnije je izabrati pumpe koje imaju najmanju potrošnju električne energije za ispumpavanje potrebne količine vode. Drugi činilac od značaja za izbor pumpe su investiciona ulaganja u pumpna postrojenja i prateće objekte odvodnjavanja. Prosečan radni vek pumpe u kiselim rudničkim vodama treba da bude do 10 godina. Pri odabiru pumpe treba voditi računa o zbiru investicionih troškova i normativnih troškova električne energije za desetogodišnji period. Treći uticajni činilac na izbor pumpe je unufikacija pumpnih postrojenja. Zbog rezervnih pumpnih agregata i zamene delova, treba se težiti što manjem broju različitih tipova pumpe ukoliko je to moguće, pa i po cenu nešto nepovoljnijih radnih uslova ili većih investicionih ulaganja. U uslovima odvodnjavanja na površinskom koku Bor, sva tri uticajna činioca su međusobno saglasni, pa je za optimalno odvodnjavanje dubinskog dela kopa potrebno obezbediti izabrane pumpe.

## LITERATURA

- [1] R. Rajković, Tehnički projekat odvodnjavanja akumuliranih voda sa površinskog kopa Bor, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, 2011. god.
- [2] R. Simić, V. Kecojević, Objekti za odvođenje voda na površinskim kopovima, Rudarsko geološki fakultet 1997. god.

# STABILNOST SUSPENZIJE U FUNKCIJI FINOĆE MLEVENJA I UTICAJ NA TEHNOLOŠKE REZULTATE PROCESA FLOTIRANJA KORISNIH KOMPONENATA IZ TOPIONIČKE ŠLJAKE<sup>12</sup>

## SUSPENSION STABILITY IN FUNCTION OF GRINDING FINENESS AND INFLUENCE ON TECHNOLOGICAL RESULTS IN FLOTATION OF USEFUL COMPONENTS FROM COPPER SMELTER SLAG<sup>1</sup>

Dragan Milanović<sup>13</sup>, Daniela Urosević<sup>2</sup>, Zoran Marković<sup>14</sup>, Srđana Magdalinović<sup>2</sup>, Miroslav Ignjatović<sup>2</sup>, Vesna Ljubojev<sup>2</sup>, Suzna Stanković<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Bor, <sup>3</sup> Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru

### Izvod

U ovom radu prikazana su eksperimentalna istraživanja koja su imala za cilj utvrđivanje stabilnosti suspenzije, formirane od topioničke šljake. Prikazana je i mineraloška i fizičko-hemijska karakterizacija topioničke šljake. Stabilnost formirane suspenzije ispitivana je proučavanjem uticaja sledećih parametara: finoća mlevenja (stepen otvaranja materijala), odnos čvrsto-tečno i pH vrednosti pulpe. Stabilnost suspenzije je ispitivana merenjem brzine sedimentacije odnosno, očitavanjem visine formiranja taloga na dno menzure u određenim vremenskim intervalima, za različite finoće mlevenja. Rezultati su pokazali da se sa porastom sadržaja klase -0,075mm u formiranoj suspenziji, povećava stabilnost suspenzije. Parametri za postizanje najbolje stabilnosti suspenzije formirane od topioničke šljake su kada je finoća mlevenja -0,075mm, učešća klase 80 - 90 %. Ovi rezultati su iznad vrednosti parametara koji se postižu pri mlevenju u toku eksperimentalne proizvodnje koncentrata bakra iz topioničke šljake. Oni se kreću od 60-70 % učešća klase krupnoće -0,075mm u definitivom proizvodu mlevenja. Iz tih razloga, nastavljena su ispitivanja zavisnosti iskorišćenja bakra u osnovnom koncentratu od finoće mlevenja odnosno, od sadržaja klase krupnoće -0,075mm u pulpi osnovnog flotiranja. Postignuti rezultati, takođe su prikazani.

**Ključne reči:** Topionička šljaka, Suspenzija, Sedimentacija, Mlevenje, Flotacija, Iskorišćenja Cu

### Abstract

In this paper is presented experimental research which are aimed determination suspension stability formed of the smelter slag, whose mineralogical and physico-chemical characterization is shown here. Investigation of the following parameters influence on the suspension stability formed of the smelter slag, as well as: milling fineness (the degree of openness of the raw materials), the ratio S:L and pH values of pulp. Suspension stability was investigated with measurement velocity sedimentation and reading the height of the formation of sludge on the bottom of the glass gauge at certain intervals for different grinding fineness, the relationship S:L and pH values of pulp. The results showed that with increasing of the class -0.075 mm content in the formed suspension, increasing the stability of the suspension. The optimal parameters to achieve the best stability of the suspension formed of the smelting slag, when is milling fineness: -0.075 mm 80-90%. These results are above parameters that are achieved in milling during experimentally production of copper concentrate from smelter slag, which is range from 60-70% content of size class -0.075 mm in the definitely product of milling. For these reasons, continued the investigation of dependence

<sup>12</sup> Ovaj rad je proistekao iz Projekta TR 33023 koji je finansiran sredstvima Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije

copper recovery in the primary concentrate of fineness of grind or, of the class -0.075 mm content in the pulp of main flotation which achieve results are shown in paper, too.

**Keywords:** Smelting slag, Suspension, Sedimentation, Milling, Flotation, Recovery Cu

## **1.UVOD**

Topionička šljaka dobija se u procesu metalurškog konvertovanja flotacijskih koncentrata bakra u topionici u Boru. Rezerve ovog materijala procenjuju na oko  $15 - 18 \times 10^6$  tona, uz prosečan sadržaj od 0.6-0.9 % bakra. Eksperimentalna proizvodnja koncentrata bakra flotacijom od topioničke šljake je započeta u 2001 god. Flotacijski koncentrat od topioničke šljake još jednom ide na topljenje u topionicu bakra radi proizvodnje bakarnih katoda, dok definitivna flotacijska jalovine od topioničke šljake odlazi na deponovanje na flotacijsko jalovište. Iskorišćenje bakra u procesu flotacijske koncentracije bakra iz topioničke šljake dostiže vrednost od oko  $I_{Cu} = 50\%$ . To je dosta niža vrednost od one koja se uobičajeno postiže standardnim flotacijskim postupkom na mineralima sulfida  $I_{Cu} = 70-80\%$  nosioca metala bakra, Cu. Takođe, je istovremeno detektovana visoka vrednost sadržaja bakra u finalnoj flotacijskoj jalovini.

Mogući razlog tome je što u industrijskim uslovima flotiranja topioničke šljake, zbog njenog karakterističnog hemijskog i mineraloškog sastava, dolazi do narušavanja stabilnosti pulpe formirane od topioničke šljake. To dalje ima direktnog uticaja na niska tehnološka iskorišćenja korisne komponente-bakra, iz topioničke šljake. Kao jedan od glavnih problema u industrijskom procesu flotiranja topioničke šljake ističemo održavanje zadovoljavajuće stabilnosti suspenzije. Suspenzija formirana od topioničke šljake, kao veštačke tvorevine karakterističnog fizičko-hemijskog sastava, razlikuje se od suspenzija formiranih od prirodnih materijala. Polazeći od navedenog problema, da se brzim taloženjem krupnih čestica šljake na dno flotacione ćelije, u prvim minutima flotiranja, narušava stabilnost suspenzije-pulpe formirane od topioničke šljake, ispitivan je uticaj najznačajnijih faktora na stabilnost iste. S tim u vezi, ispitivanja su se odnosila na brzinu sedimentacije (formiranje taloga), čestica šljake na dno menzure. Za suspenziju kažemo da je stabilna ukoliko je postignuta njena potpuna homogenost. U suprotnom stabilnost suspenzije je narušena [1]. Iz svih navedenih razloga svaki rad koji upućuje na pravac mogućih rešenja, za postizanje boljih tehnoloških rezultata iskorišćenja bakra u postupku flotacije koncentracije bakra iz topioničke šljake, ima velikog značaja.

## **2.KARAKTERIZACIJA I PRIPREMA UZORKA**

### **Uzorkovanje i fizičko- hemijska karakterizacija uzorka**

Uzorak za ovo istraživanje izuzet je od izdrobljenog materijala šljake plamenih peći topionice Bor. Zaustavljanjem transportne trake ispod bunkera gotovog proizvoda drobljenja, na ulazu u mlin za mlevenje, izvršeno je uzorkovanje u flotaciji Bor . Uzorak gotovog proizvoda drobljenja topioničke šljake je prvo homogenizovan standardnim laboratorijskim postupkom, a potom usitnjen do 100% -12,7mm. Posle određivanja Bondovog Indeksa u mlinu sa šipkama, uzorak je usitnjen do 100% -3,327mm, homogenizovan i posle toga korišćen za određivanje Bondovog Indeksa u mlinu sa kuglama i za druga tehnološka istraživanja. Fizičko hemijske karakteristike polaznog uzorka topioničke šljake su određene uobičajenim laboratorijskim metodama.Ove karakteristike su predstavljene u tabeli 1. Uzorci-specimeni su uzeti iz istog uzorka topioničke šljake za mineralošku karakterizaciju i rendgensku X-ray analizu.

**Tabela 1.** Fizičko hemijske karakteristike uzorka topioničke šljake.

Fizičke karakteristike		Vrednosti i merne jedinice:
Gustina šljake i prirodna pH vrednost		$\rho = 3\,575,0 \text{ kg/m}^3$ ; pH 6,75
Bondov indeks		Wi (KWh/t)
Mlin sa šipkama ; Mlin sa kuglama		19.13 ; 31.96
Granulometrijski sastav		Predstavljen analitički (RRS jednačina):
Finalni proizvod drobljenja , polazni uzorak Klasa krupnoće -12,7mm+0,0mm		$R = 100 \cdot e^{-\left(\frac{d}{23474}\right)^{1.020}}$ ,%
Uzorak spreman za flotaciju (mlevenje) Klase krupnoće -3,327mm+0,0mm		$R = 100 \cdot e^{-\left(\frac{d}{1859}\right)^{1.036}}$ ,%
Hemijske karakteristike		Sadržaj :
Cu-total.		0.89 %
Cu-elem.		0.45 %
Cu-ox		0.246 %
Cu-sulphid.		0.214 %
S		0.82 %
SiO <sub>2</sub>		34.87 %
Fe		38.55 %
FeO		37.00 %
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>		8.98 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		4.84 %
Au		< 1.0 g/t
Ag		< 1.0 g/t
MgO		1.10 %
Na <sub>2</sub> O		0.45 %
K <sub>2</sub> O		1.54 %
CaO		3.77 %

### X-ray analysis

X-ray analiza je izvedena u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor na uređaju “Simens” uz korišćenje Cu antikatode sa filtriranim zračenjem Ni filtra, pri naponu od 40 kV i jačini struje od 20 mA. Difrakcionom analizom uzorka topioničke šljake, određene su sledeće kvalitativne kompozicije: fajalita (Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>), magnetita (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), i kvarca (SiO<sub>2</sub>) kao glavne faze.

### Mikroskopski opis

Uzorci su približno istih dimenzija i veoma slični po boji i obliku, što ukazuje na isto poreklo. Na površini uzorka uočljive su skoro sferične šupljine, što ukazuje da su uzorci proizvod topljenja rude - šljaka. Dominira tamno siva, mat boja, sa zeleno-plavom i crveno-braon nijansom. Mineraloški sastav: fajalit, magnetit, halkopirit, bornit, bakrenac, samorodni bakar, pirit, halkozin, kovelin... Osnova preparata se sastoji od fajalita, koji se pojavljuje u vidu lamela (najčešće) i u vidu zvezdica (ređe), pri čemu formira mermekitsku strukturu. Fajalit predstavlja izomorfni niz, koji se u prirodi javlja u mineralu olivinu (MgFe)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>. Olivin je izomorfna smeša forsterita (Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>) i fajalita (Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>). Za olivin je karakteristična metamorfoza u serpentin sa istovremenim izlučivanjem magnetita i hematita. Na ovu fajalitsku osnovu naležu ostale mineralne faze. [2] Uglavnom se magnetit javlja samostalno, ređe je srastao sa mineralima bakra. Od minerala bakra najzastupljeniji je bornit. Javlja se u vidu ksenomorfnih zrna, a mestimično se javlja u vidu skoro izometričnih sfernih zrna. U ovim zrnima se vidi transformacija halkopirita u bornit, a bornita u halkozin odnosno bakrenac koji predstavlja međufazu. Ređe se uočava u

ovoj transformaciji i kovelin. Krajnji produkt je samorodni bakar, koji se lokalno uočava u zrnima bornita. Kao samostalan se uočava vrlo retko. Pirit se javlja u vidu hipidiomorfih zrna, uglavnom samostalan, a rede srastao sa mineralima bakra.

### **3. EKSPERIMENTALNA PROCEDURA**

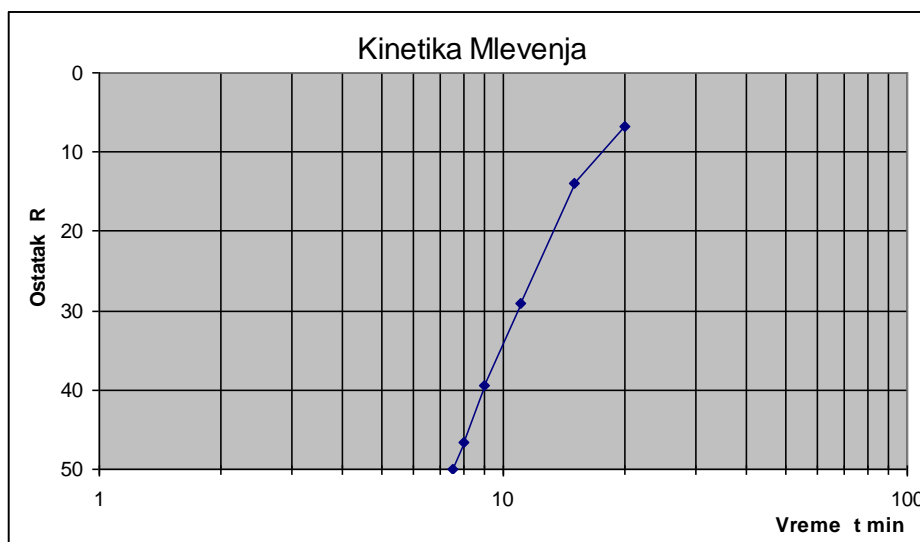
U toku izrade ovoga rada korišćene su standardne procedure koje se koriste u laboratorijama za izvođenje oglada utvrđivanja brzine sedimentacije i za izvođenje flotacijskih oglada.

#### **Brzina taloženja**

U svrhu korišćena dodatnih sredstava koja su olakšala izvođenje planiranih oglada, upotrebljeni su indikatori Rodamin B i Rodamin D. Svrha primene navedeni indikator je u bojenju suspenzije topioničke šljake u jarko ljubičastu nijansu. Ova boja dobija se njihovim mešanjem, radi lakšeg praćenja formiranja taloga na dno menzure i merenja ostvarenih rezultata i to bez ikakvog uticaja i promene na hemijski sastav formirane suspenzije i odigravanja bilo kakvih hemijskih reakcija u istoj. U menzuri zapremine 1 dm<sup>3</sup>, posmatrana je brzina formiranja taloga na dno menzure, grafički predstavljena odnosom, visina formiranja taloga-vreme taloženja. Ispitivan je uticaj finoće mlevenja suspenzoida (topioničke šljake) od 60%; 75% 80% i 90% učešća klase krupnoće - 0,075mm, na stabilnost suspenzije, uz održavanje ostalih parametara konstantnim. Uticaj ispitivanih faktora na stabilnost, predstavljen je funkcionalnom zavisnošću brzine formiranja taloga od vremena taloženja. Aproksimacijom dobijenih eksperimentalnih krivih, za posmatrani vremenski interval od 0-1,4 min, (pretpostavljeni vremenski interval taloženja krupnih čestica na dno flotacione ćelije u industrijskim uslovima), utvrđena je matematička zavisnost ispitivanog uticajnog faktora na stabilnost suspenzije topioničke šljake. Detaljni rezultati ovih ispitivanja su objavljeni u radu pod nazivom: „Ispitivanje uticajnih faktora na stabilnost suspenzije topioničke šljake“ časopis „Bakar“ 35(2010) 2, str. 41-54, UDK:622.7:666.952(045)=861. Ovde će mo ponovo predstaviti samo pomenutu matematičku zavisnost ispitivanog uticajnog faktora na stabilnost suspenzije topioničke šljake, radi lakšeg razumevanja i praćenja u našem radu, ostvarenih istraživanja.[3]

#### **Flotacijski ogledi osnovnog flotiranja**

Predhodno su izvršeni eksperimenti mlevenja radi određivanja kinetike mlevenja uzorka topioničke šljake. Eksperimenti su rađeni u elipsoidnom mlinu sa kuglama zapremine 15,2 dm<sup>3</sup>. Masa šarže kugli na početku ispitivanja bila je 12 kg. Za jedan eksperiment mleveno je 0,6613 g rude, pri sadržaju čvrstog od 75 %. Svi uslovi mlevenja su dakle zadržani konstantnim dok je samo vršena promena vremena mlevenja. Na sl.1., prikazani su ostvareni rezultati oglada kinetike mlevenja uzorka topioničke šljake.



Sl. 1. Kinetika mlevenja topioničke šljake

Svi ogledi flotacijske koncentracije, osnovnog flotiranja topioničke šljake izvršeni su po standardnoj eksperimentalnoj proceduri u „Denver” laboratorijskoj flotacijskoj mašini zapremine komore  $2,4 \text{ dm}^3$  i sa brzinom obrtanja rotora od  $1300 \text{ min}^{-1}$ . Tokom ispitivanja izvedena je serija eksperimenata osnovnog flotiranja u cilju odabira najboljeg rezultata tehnološkog iskorišćenja  $I_{\text{Cu}}$  bakra odnosno, najvišeg sadržaja bakra u osnovnom koncentratu flotacije topioničke šljake.[4] Na osnovu tih rezultata ogleda flotiranja topioničke šljake predstavljena je funkcionalna zavisnost iskorišćenja bakra u osnovnom flotacijskom koncentratu od finoće mliva odnosno, od sadržaja date klase krupnoće  $-0,075 \text{ mm}$  u proizvodu mlevenja. U tabeli 2. prikazani su ostvareni rezultati iskorišćenja bakra u osnovom koncentratu dobijenim u ogledima flotacijske koncentracije. Ogledi su izvedeni na predhodno pripremljanom uzorku topioničke šljake, po protokolu i šemi ogleda datoj na sl.2 uz predhodnu pripremu sledećih reagenasa[5]:

1. Kreč- CaO – vodeni rastvor u obliku  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,
2. Kalijumetilsantat -KAX – 1 % vodeni rastvor 100 ml,
3. Dowfroth - D-250-1 % vodeni rastvor 100ml.

## 4. REZULTATI I DISKUSIJA

### 4.1 Ispitivanje uticaja finoće mlevenja na stabilnost suspenzije

Ogledni rezultati uticaja finoće mlevenja na stabilnost suspenzije dobijeni su po opisanoj eksperimentalnoj proceduri.[6] Oni predstavljaju praćenje visine formiranja taloga u menzuri u funkciji vremena, za pulpe sa istim sadržajem čvrstog od  $\bar{C}=25 \%$  i različitom finoćom mlevenja odnosno, različitim sadržajem učešća klase krupnoće  $-0,075 \text{ mm}$  u proizvodu mlevenja. Sa dobijenim eksperimentalnim podacima, aproksimacijom je iznađena linearna zavisnost ( $Y=kX+n$ ), visine formiranog taloga od vremena taloženja, u intervalu od 0-1,4 min i prikazana je na sl. 3., sa prikazom stepena korelacije. Ti rezultati su iskorišćeni u cilju definisanja, zavisnosti koeficijenta pravca pravih k od finoće mlevenja. Grafički prikaz zavisnosti koeficijenta pravca pravih k od finoće mlevenja dat je na sl. 4. Analizirajući podatke sa sl. 3., može se zaključiti da se sa porastom sadržaja klase  $-75 \mu\text{m}$  u proizvodu mlevenja šljake, povećava stabilnost suspenzije. Stabilnost suspenzije je najizraženija kod šljake sa finoćom mlevenja od 90 %  $-0,075\text{mm}$ .

Grafičkim predstavljanjem, funkcionalne zavisnosti koeficijenta pravca prave  $k$  od sadržaja klase  $-0,075\text{mm}$ , slika 4., uočava se porast stepena usitnjenosti sirovine sa smanjenjem koeficijenta pravca prave  $k$ , što dalje ukazuje na povećanu stabilnost suspenzije topioničke šljake formirane sa većim učešćem klase  $-0,075\text{mm}$ . Matematički gledano, sa porastom stepena finoće mlevenja smanjuje se koeficijent pravca pravih  $k$ , što u našem slučaju znači povećanje stabilnosti. Dobijeni visok stepen korelacije pri finoći mlevenja od  $90\%-0,075\text{mm}$ , od  $R^2=0,9938$  dobro opisuje proces praćenja formiranja taloga u menzuri. Nešto niži stepen korelacije dobijen za finoću mlevenja od  $60\%-0,075\text{mm}$ ,  $R^2=0,9411$  ukazuje na greške koje su zanemarljive, a nastale su zbog teškoća pri praćenju i očitavanju visina u toku postepenog formiranja taloga. U skladu sa prethodno utvrđenim činjenicama, sledi, da u idealnim uslovima izvođenja eksperimenata, jednačina prave linije bi imala oblik  $Y=kX$ . Linearnom aproksimacijom, dobijene su jednačine oblika  $Y=kX+n$ , koje pokazuju da se u početnom trenutku  $t=0$ , do početka očitavanja i uključivanja štoperice, stvara izvesna količina taloga na dnu menzure predstavljen preko odsečka na  $y$  osi. Imajući u vidu sve napred navedeno, kao najbolja, usvojena je finoća mlevenja od  $90\%$  sadržaja klase krupnoće  $-0,075\text{mm}$ , jer je stabilnost suspenzije pri tim uslovima najveća. Ostaje da se vidi kakvog će to efekta imati na proces osnovnog flotiranja topioničke šljake t.j. na tehnološke rezultate flotiranja formirane pulpe sa istim parametrima !

#### **4.2 Ispitivanje uticaja finoće mlevenja na iskorišćenje bakra**

Slaba industrijska iskorišćenja bakra dobijena postupkom flotacije šljake plamene peći topionice Bor, koja se kreću do nivoa od  $I_{Cu} = 50 \%$ , uslovlila su brojne pokušaje radi postizanja boljih tehnoloških rezultata, iznalaženja mogućih pravaca uspešnijeg tretmana ove sirovine. Preliminarno ispitivanje *uticaja finoće mlevenja na iskorišćenje bakra pri procesu flotiranja topioničke šljake* kroz uporedni test je sprovedeno na laboratorijskom nivou. Na taj način, pri izvođenju eksperimenata, svi tehnološki parametri oglada su zadržavani konstantnim sem finoće mliva uzoraka koji se ispostavljaju postupku flotacije. Finoća mliva je regulisana na osnovu izbora neophodnog vremena mlevenja iz kinetike mlevenja topioničke šljake koja je predstavljena na sl. 1., da bi se dobio proizvod mlevenja sa određenim procentualnim učešćem klase krupnoće  $-0,075 \text{ mm}$ . Dakle, jedina razlika je učinjena u finoći mliva. Industrijski uslovi za proces flotacije topioničke šljake su, da se sirovina uobičajeno melje do finoće  $60 \%$  -  $75 \mu\text{m}$ , dok su za naše ogleda to parametri mlevenja od  $90 \%$  -  $75 \mu\text{m}$  evidentirani kao najpovoljniji sa aspekta stabilnosti šljake.[7]

Dobijeni koncentri i jalovine flotacije šljake, po protokolu oglada sa datim parametrima sl.2., su u laboratorijskim uslovima dalje obrađeni i analizirani. Produkti flotacijskih oglada tretmana topioničke šljake - flotacijski koncentri i flotacijske jalovine, su nakon oglada profiltrirani i osušeni, a potom je na njima urađena hemijska analiza. Rezultati su predstavljeni u tabeli br 2. gde su sračunati i tehnološki parametri sprovedenih oglada radi međusobnog poređenja i poređenja sa industrijskim parametrima. Iz prikazanih tehnoloških rezultata, flotacijskih oglada tabela 2., vidi se da je ustanovljena direktna zavisnost između sadržaja klase krupnoće  $-75\mu\text{m}$  i postignutog iskorišćenja Cu. Naime, sa porastom finoće mliva raste i iskorišćenje bakra, Cu u osnovnom flotacijskom koncentratu. To se jasno vidi na narednoj sl. 5., gde je dat prikaz tehnološki rezultata flotacije topioničke šljake u funkciji različitih finoća mlevenja.

**Mlevenje :**

- R u d a: Topionička šljaka, gotov proizvod drobljenja: m=0.6613 kg
- V o d a: v=220,43 ml
- Sadržaj čvrstog: Č= 75 %
- Vreme mlevenja: t = 8;9;11;15 i 20 min
- Sadržaj klase -75µm orjentaciono prema vremenima: 50;60;70;80;90 %
- Kreč: CaO=1,5 g

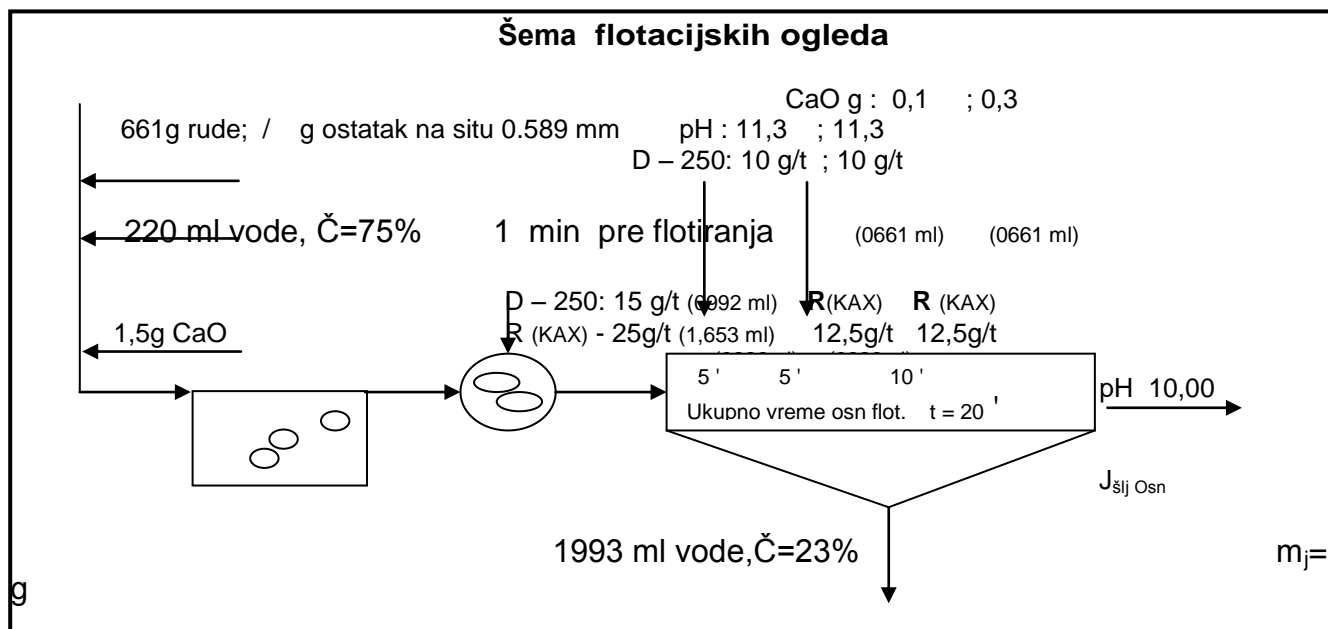
**Kondicioniranje :**

- Vreme kondicioniranja: t = 5 min
- Sadržaj čvrstog: Č= 23 %
- Kreč: CaO= /, g
- pH vrednost : pH=11,3
- Kolektor: KAX = 25 g/t (1,653 ml)
- Voda(Dopuna do 2,4 l pulpe) v=220,43ml+1993,45ml= 2214 ml
- Penušač : (dodati 1 min pre flotiranja) D-250 = 15 g/t (0.992 ml)

**Osnovno flotiranje :**

- Sadržaj čvrstog Č = 23 %
- pH vrednost: pH =11,3
- Vreme flotiranja: t<sub>ukupno</sub>= 20 min( 5 + 5 + 10 )min
- Kolektori : R=12,5( 0,826 ml) + 12,5( 0,826 ml)g/t
- Penušač: D-250(prema potrebi) orjentaciono=10(0.661 ml) + 10(0.661 ml)g/t
- Kreč: CaO = / g

**Šema flotacijskih ogleda**



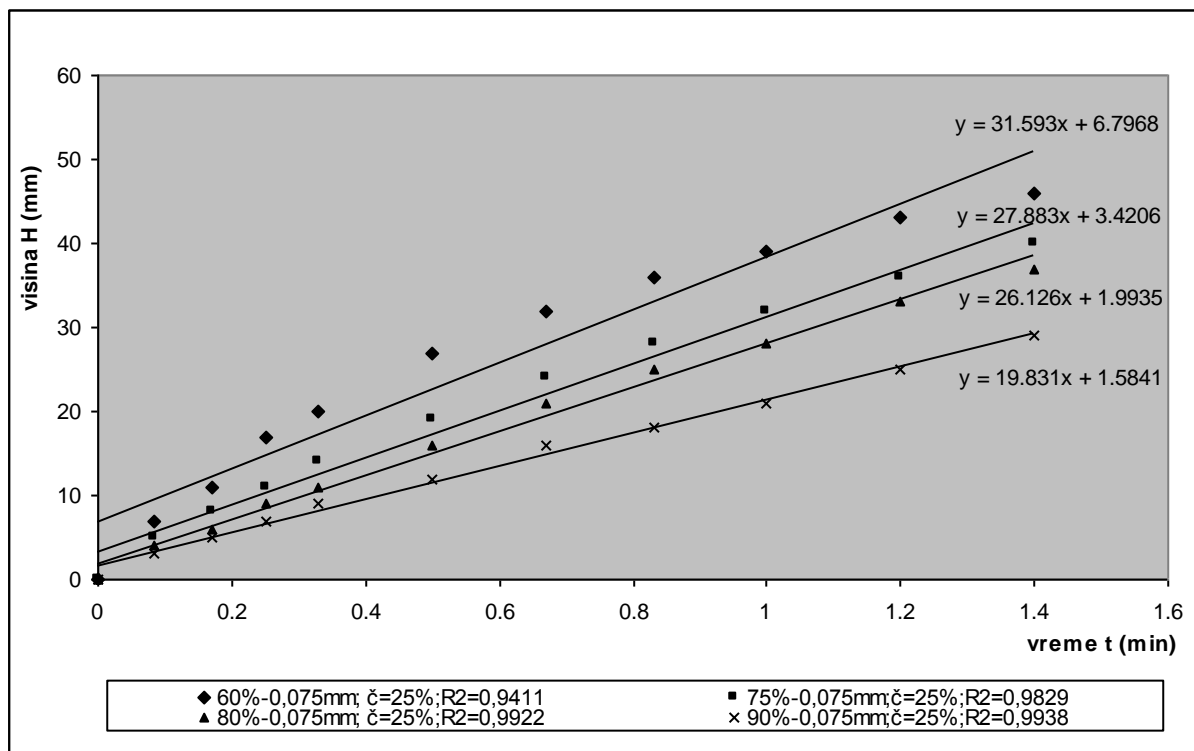
t<sub>ml.</sub> = 8; 9;11;15 i 20 '  
 Kl.(-0,075 mm)= 50; 60;70;80;90 %  
 pH=11,3

t<sub>kond.</sub> = 5'  
 pH - 11,3  
 / g CaO

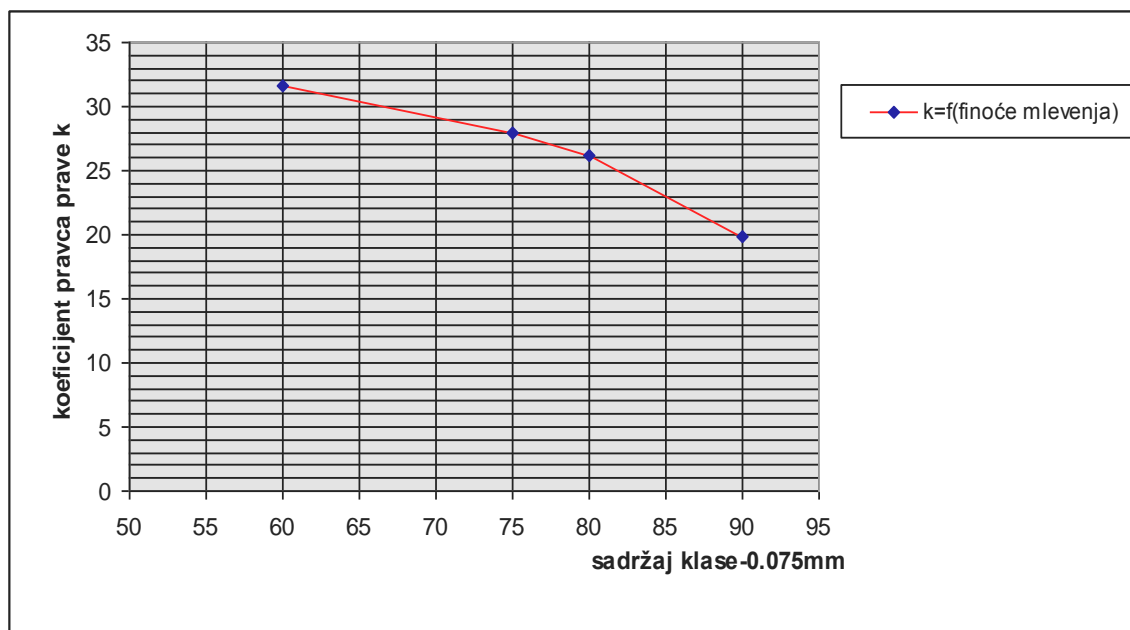
K<sub>Osn</sub> Cu m<sub>k Osn</sub> = g

SI.2. Protokol i šema flotacijskih ogleda





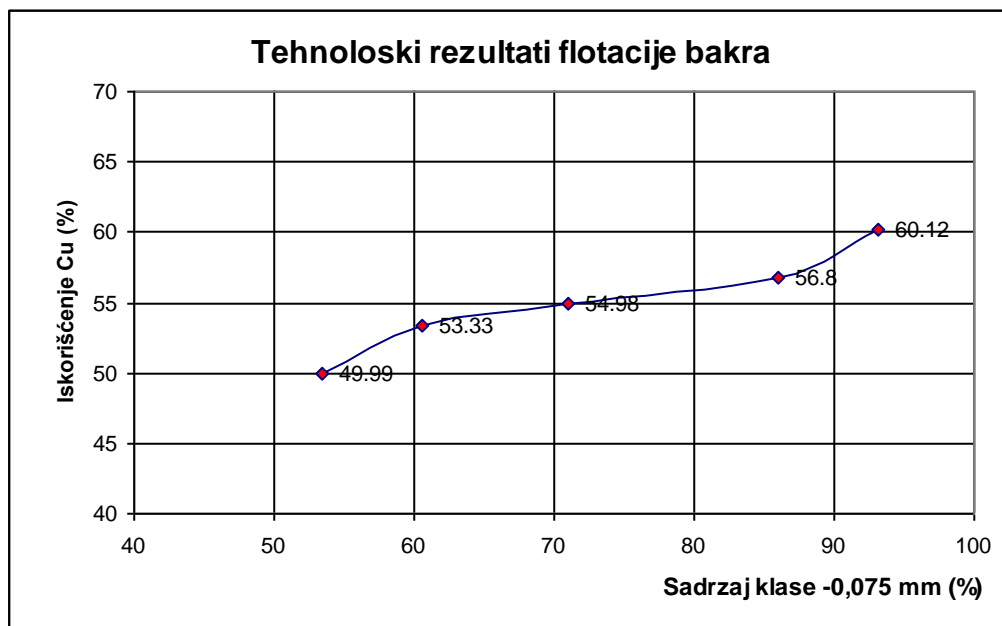
Slika 3. Visina taloga u funkciji vremena za različite finoće mlevenja, linearna aproksimacija



Slika 4. Zavisnost koeficijenta pravca pravih k od finoće mlevenja

Tabela 2. Rezultati flotacije topioničke šljake ostvareni na različitim finoćama mlevenja

Tehnološki rezultati flotacije topioničke šljake				
Vreme mlevenja	Proizvod	m(g)		I Cu(%)
		U	J	
t=8min -75µm 53,4 %	U	665,8	100	100
	K	51,2	7,69	<b>49,99</b>
	J	614,6	92,31	50,01
t=9min -75µm 60,6%	U	663,8	100	100
	K	59,2	8,92	<b>53,33</b>
	J	604,6	91,08	46,67
t=11mi n- 75µm 71,0 %	U	665,8	100	100
	K	62,8	9,43	<b>54,98</b>
	J	603	90,57	45,02
t=15mi n- 75µm 86,0 %	U	665,7	100	100
	K	75,3	11,31	<b>56,8</b>
	J	590,4	88,69	43,2
t=20mi n -75µm 93,2 %	U	663,5	100	100
	K	80,1	12,07	<b>60,12</b>
	J	583,4	87,93	39,88



Sl. 5. Prikaz tehnološki rezultata flotacije topioničke šljake u funkciji različitih finoća mlevenja

Iz predstavljene tablice 2 i slike 5., vidi se da je u osnovnom flotiranju najbolje iskorišćenje I Cu = 60,12 % postignuto sa najboljom finiocom mliva odnosno sa sadržajem date klse krupnoće -75µm u proizvodu mlevenja od 93,2 %.

## 5. ZAKLJUČAK

U predhodnim istraživanjima ustanovljeno je svojstvo topioničke šljake t.j. suspenzije formirane od topioničke šljake, da ima nisku stabilnost. To se negativno odražava na postizanje tehnološke rezultate flotiranja bakra. Ovim radom je ustanovljena direktna proporcionalna zavisnost između finoće mliva odnosno, sadržaja klase krupnoće -75 $\mu$ m u proizvodu mlevenja i stabilnosti formirane suspenzije od topioničke šljake. Ustanovljeno je da je stabilnost suspenzije pri finoći mlevenja od 90% sadržaja klase - 0,075mm, najbolja. To ima direktnih posledica na ostvarene rezultate iskorišćenja bakra u flotacijskom koncentratu. Sa porastom finoće mliva raste i postignuto iskorišćenje bakra, u osnovnom koncentratu. Tako, ako bi se finoća gotovog proizvoda mlevenja od uobičajene ( industrijske) vrednosti sadržaja 60 % - 75  $\mu$ m, podigla na nivo od 90 % - 75  $\mu$ m i time ostvarila bolja stabilnost suspenzije-pulpe formirane od topioničke šljake, mogao bi se očekivati porast iskorišćenja bakra, u koncentratu osnovnog flotiranja, od desetak procenata.

To može imati industrijskog značaja samo ako se pokaže, nakon ekonomske analize, isplativost takvog poduhvata. Drukčije rečeno, ako taj porast iskorišćenja bakra u osnovnoj flotaciji od 10-ak % ostvari takve finansijske efekte koji mogu pokriti i onako visoke troškove mlevenja topioničke šljake. Ako se to u praksi realno može očekivati u nekom od narednih radova daće se predlog nove tehnološke šeme mlevenja topioničke šljake u industrijskim uslovima.

## 6. ZAHVALNICA

Rad je proizašao iz projekta **TR 33023** koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, kao i iz rada „Ispitivanje uticajnih faktora na stabilnost suspenzije topioničke šljake“ časopis „Bakar“ 35(2010) 2, UDK:622.7:666.952(045)=861. Na čemu smo Ministarstvu i autorima pomenutog rada veoma zahvalni. (Autori)

## 7. LITERATURA

- [1] R.Ačić, N.Magdalinić, M.Trumić, Lj.Šutulović, „Odvodnjavanje i jalovišta“, Beograd, 2001.
- [2] S.Janjić, P.Ristić, „Mineralogija“ IP-Naučna Knjiga, Beograd1995 god.
- [3] D.Urošević, Z.S.Marković, „Ispitivanje uticajnih faktora na stabilnost suspenzije topioničke šljake“, Bakar 35 (2) (2010) 2 41-54.
- [4] A.Sarrafi, B.Rahmati, H.Hassani, „Recovery of copper from reverberatory furnace slag by flotation“, Minerals Engineering, Vol. 17, 3 (2004) 457-459.
- [5] L.Mitra, „A Text book of inorganic chemistry“, Calcutta, 1962.
- [6] A.M.Spasić, „Višefazni disperzni sistemi“, Beograd, 1997.
- [7] R.Stanojlović,Z.Marković i ostali, Studija:„Tehnoekonomska opravdanost prerade topioničke šljake u izvedenom tehnološkom procesu“, Tehnički Fakultet Bor SMRT, 2002 god.

# **SISTEMI ZA AUTOMATSKO UZORKOVANJE**

## **SAMPLING SYSTEMS**

**Milan Djordjevic**

*EUROPROCESS, Beograd*

### **REZIME**

Značajno povećanje troškova proizvodnje i cene proizvoda doveli su do rastućih zahteva proizvođača i korisnika za brzim i pouzdanim praćenjem i kontrolom kvaliteta proizvoda u samom procesu proizvodnje, isporukama finalnog proizvoda i proveru kvaliteta kod krajnjeg korisnika. Kvalitet materijala se analizira u laboratoriji i ova analiza je tačna onoliko koliko je i reprezentativan uzorak koji se analizira. Uzorkovanjem treba da se obezbedi adekvatna frekvencija i količina uzorka potrebna za laboratorijsku analizu u skladu sa važećim standardima i propisima kao i automatski rad postrojenja za uzorkovanje u cilju smanjenja uticaja i greške ljudskog faktora prilikom uzorkovanja. Ova studija opisuje princip rada, osnovne kriterijume za odabir i komponente modernih sistema za automatsko uzorkovanje čvrstih rasutih materijala u pokretu.

### **ABSTRACT**

Significant increase of the production costs and product price leded to growing requirement for quick and accurate materials quality measurement and control in the production processes, delivery and by end user. Material quality is analysed in the laboratory, but results obtained from laboratory are only as accurate as primary sample is representative. Sampling should provide adequate frequency and amount of sample required for lab analyse in accordance with standards and mechanical automatic taking of samples for removing of potential errors of manual sampling. This study explains working principle, basic criteriums for determination and possible parts of modern automatic sampling systems for bulk solids moving streams.

### **UVOD**

#### *Šta je uzorkovanje ?*

Uzorkovanje se definiše kao operacija uzimanja reprezentativnog dela materijala pogodnog za testiranje iz cele mase materijala. Ovo uzimanje treba da obezbedi da distribucija parametara kvaliteta koji se mere bude proporcionalne u masi materijala i uzetom uzorku

#### *Zašto se uzorkuje ?*

Uzorkovanje se primenjuje u cilju provere proizvodnih standarda, procesnih zahteva i zadovoljenja zahteva za kvalitetom proizvoda od strane kupaca

#### *Ko treba da uzorkuje ?*

Svaka kompanija koja je uključena u procese koji zahtevaju ON-LINE praćenje proizvodnih standarda (npr. fizičko-hemijske karakteristike), one kompanije čiji kupci diktiraju standarde kvaliteta kao i kompanije koje proveravaju kvalitet isporuka proizvoda.

#### *Da li postoje standardi za uzorkovanje ?*

Ima više standarda (ASTM, ISO, BS) koji definišu minimalno prihvatljivu masu uzorka i minimalan broj uzimanja iz mase materijala, zajedno sa ostalim zahtevima koji su određeni karakteristikama materijala

koji se uzorkuje , procesnim uslovima i specijalnim zahtevima korisnika. Standardi ne postoje za sve materijale i u takvim slučajevima korisnik i isporučilac razmatraju analitičke zahteve u cilju dobijanja sistema za uzorkovanje koji zadovoljava osnovne statističke zahteve tačnosti uzorkovanja

Način uzorkovanja, frekvencija uzorkovanja i tačnost uzetih uzoraka određuju koliko će uzorci reprezentovati prave karakteristike ukupne mase materijala. Svi ovi parametri zavise od prirode materijala koji se uzorkuje. Potpuno homogen materijal će zahtevati jedan uzorak da bi se odredile njegove karakteristike, dok će za nehomogen materijal biti potrebno sakupljanje više manjih uzoraka ili subuzoraka koji će kombinovani predstavljati karakteristike cele mase sa prihvatljivim stepenom tačnosti.

Broj i frekvencija uzorkovanja treba zavise od varijabilnosti materijala i od osnovne vaznosti je sve čestice u masi imaju istu verovatnoću prisustva u konačnom uzorku koji se analizira. Za postizanje ovog zahteva ,poželjno je da se uzorci uzimaju u „dinamičkom stanju"odnosno dok je materijal u pokretu.

*Generalna procedura uspostavljanja šeme uzorkovanja:*

- Definisane parametara kvaliteta koji se određuju i tip i uzorka koji je potreban za analizu
- Definisane LOT-a (količine za koju je potreban uzorak)
- Definisane potrebne tačnosti
- Određivanje promenljivosti parametara kvaliteta i nominalne granulacije materijala i definisanje količine uzorka i minimalnog broja i mase subuzoraka
- Određivanje da li se uzorkovanje vrši na vremenskoj ili količinskoj bazi i definisanje intervala uzorkovanja .
- Određivanje metode kombinovanja subuzoraka u konačni uzorak i metode pripreme uzorka za analizu
- Specijalni zahtevi korisnika definisani .npr.ugovorom kupac/prodavac
- Analiza procesa , sistem dizajn

Važan aspekt bilo kog procesa uzorkovanja , bilo da se radi o osnovnom primarnom uzorkivaču ili potpuno automatizovanom sistemu , je da se ne sme razmatrati izolovano od proizvodnog procesa. Prilikom projektovanja i inženjeringa sistema za uzorkovanje uzimanje u obzir zahteva i uslova celog proizvodnog procesa , jednako je važnookao i pravilan izbor adekvatnih komponenti sistema.

Primer- Kada sistem zahteva transfer materijala između faza ,izbor metode transporta je esencijalan za minimiziranje rizika od kontaminacije ili redukcije mase uzorka.

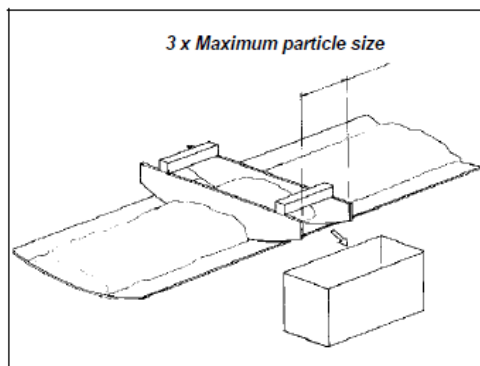
Nemoguće je eliminisati greške i kontaminaciju u potpunosti, ali je prihvaćeno da se drže u okviru prihvatljivih granica koje su definisane standardima za uzorkovanje.

Bez obzira da li se radi o malom uzorku skupog materijala pri malom protoku ili o velikoj količini pri najvećim protocima,sistem za uzorkovanje mora biti adekvatno dizajniran za posao koji treba da obavlja.

## **A/ RUČNO UZORKOVANJE**

Procedura koja je prihvaćena kao zadovoljavajuća metoda dobijanja reprezentativnog uzorka iz LOT-a je tzv.„metoda sa zaustavljenom trakom" .Ova metoda je prihvaćena,čak i primenjiva kao referentni standard za proveru drugih automatskih metoda. Rama za uzorkovanje (SI 1.) dizajniran da je u kontaktu sa celom trakom tračnog transportera sa stranicama koje su na rastojanju od minimalno 3x maksimalna granulacija materijala , se postavlja na zaustavljenu traku. Kompletan sadržaj unutar rama se uzima za dalju obradu i analizu.Ovo uzorkovanje je uglavnom u praksi nepraktično usled nemogućnosti čestog zaustavljanja transportera. Standardna procedura je tada da se uzorak ručno uzima iz materijala u pokretu

na presipnim mestima, što uводи rizike vezane za sigurnost operatera i proizvodi nepravilno uzorkovanje sa velikim greskama uzorka i treba ga izbegavati.



Sl.1

## **B/ AUTOMATSKI PRIMARNI UZORKIVAČI**

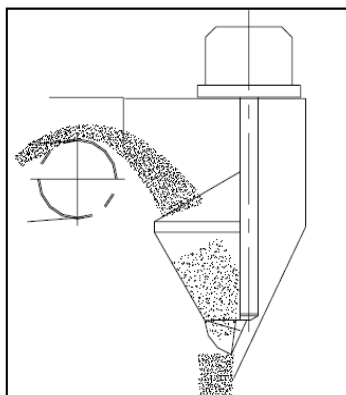
Primarni uzorkivači se dele u 2 glavne kategorije u zavisnosti od oblika u kojoj je materijal za uzorkovanje prisutan- za slobodan pad(presipe) i nadtračni uzorkivači

### **a /UZORKIVAČI ZA „SLOBODNI PAD“**

#### **a1/ ROTACIONI UZORKIVAČ**

Sektorski „sekač"uzorkivača (sl.2) preseca mlaz materijala u padu, rotirajući oko svoje ose koja je izvan mlaza materijala . Radijus uzorkivača obezbedjuje da se ceo mlaz može uzorkovati. Otvor uzorkivača na minimalnom radijusu prihvata 3x maksimalnu dimenziju komada materijala.

Ovaj tip uzorkivača je jednostavnog dizajna, veoma pouzdan i omogućava direktno pražnjenje i slobodan prolaz uzetog uzorka.

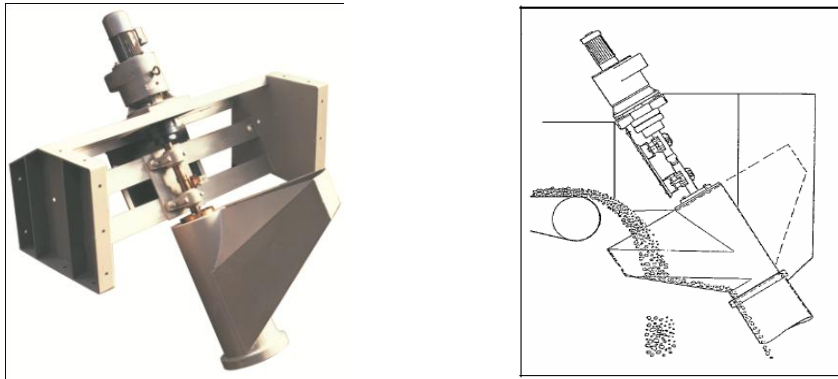


Sl.2

#### **a2/ TRANSVERZALNI UZORKIVAČ**

„Sekač" sa paralelnim stranicama rotira pod pravim uglom kroz mlaz materijala u padu. Dimenzije obezbedjuju da se ceo mlaz može uzorkovati. Otvor „sekača" prihvata 3x maksimalnu granulaciju

materijala. „Sekač“ može biti prolaznog tipa iz koga uzorak protiče ili kontejnerskog tipa , kod koga uzorak ostaje do kraja rotacionog ciklusa (sl.3)



Sl.3

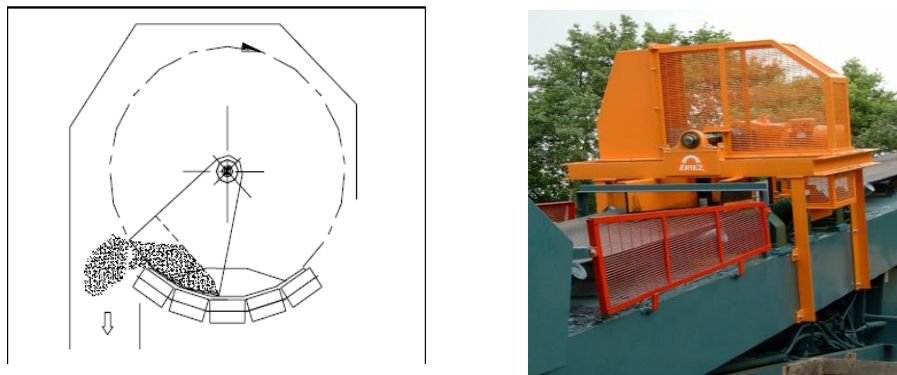
### **B/ NADTRAČNI UZORKIVAČI**

Za situacije kada iz tehnoloških razloga primarni uzorkivač ne može biti na presipu već se instalira iznad transportera

### **ČEKIĆNI (HAMMER) UZORKIVAČ**

„Sekač“ paralelnih stranica montiran iznad transportera rotira oko ose paralelne transporteru, preseca transportovani materijal, uzima uzorak i izbacuje ga sa strane transportera dalje u proces. (sl.4).

Oblik trake se modifikuje specijalnim slogovima kako bi se obezbedio što sličniji oblik trake i uzorkivača u cilju uzimanja cele količine materijala sa trake. Otvor „sekača“ je min 3x maksimalna dimenzija materijala

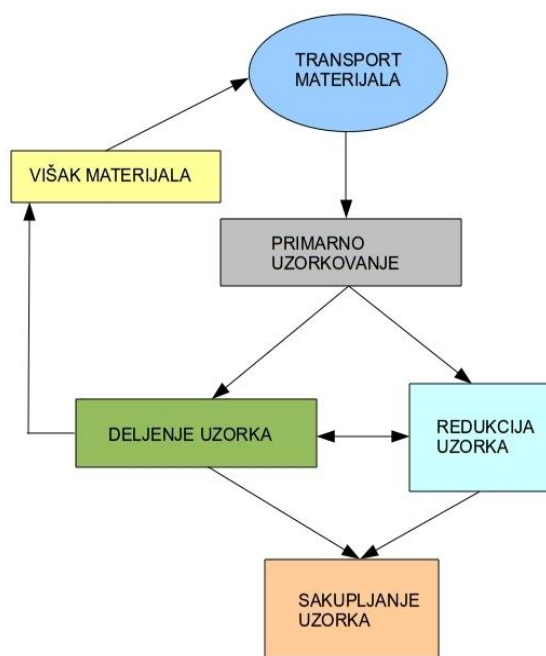


Sl.4

### **C/ PRIPREMA UZORKA**

Bazična oprema sistema za uzorkovanje se sastoji od samog uzorkivača i opreme za pripremu uzorka.

Pod pripremom uzorka se podrazumevaju sve operacije kojima se materijal dobijen uzorkovanjem dovodi u stanje pogodno za željeno ispitivanje. Za vreme uzorkovanja transportovani materijal je najčešće nehomogenog kvaliteta. Intenzitet uzorkovanja je proporcionalan nehomogenosti materijala i u cilju dobijanja reprezentativnog uzorka iz cele količine materijala ili LOT-a potrebno je izdvajati veliki broj uzoraka. Procesiranje tako velike količine materijala je veoma zahtevno, tako da se nakon primarne faze uzorkovanja pristupa procesu redukovanja granulacije i deljenja materijala dobijenog iz primarnog uzorkivača, kako bi se dobila razumna količina finalnog uzorka pogodna za laboratorijsku analizu. Proces drobljenja i deljenja uzorka se radi u jednoj ili više faza u zavisnosti od primarne granulacije i zahteva laboratorije. Uzorci odlaze u sakupljač uzoraka-karousel za održavanje stanja finalnog uzorka do postizanja zeljene količine finalnog uzorka i njegovog odnošenja. Višak materijala se vraća u proces.



*Šema sistema za uzorkovanje (sl.5)*



Primarno uzorkovanje

Deljenje uzorka

Drobljenje

Sakupljanje uzoraka

Višak materijala



*Tipičan primer sistema za uzorkovanje*

Sl.6

## **OSNOVNI ZAHTEVI SISTEMA ZA UZORKOVANJE**

Termin „uzorkovanje“ obuhvata proces uzimanja reprezentativne količine iz cele mase materijala bez uvodjenja neočekivanih grešaka. Osnovno je da primarni uzorkivač preseca celi tok materijala. Priprema uzorka mora obezbediti da je ova filozofija održana kako bi finalni uzorak ostao reprezentativan u celom procesu. Frekvencija i minimalna količina svakog subuzorka se mora pažljivo razmotriti u odnosu na stepen nehomogenosti materijala. U svim fazama uzorkovanja se vodi računa o načinu manipulacije materijalom kako bi se izbegla kontaminacija i promene u vlažnosti, materijal mora zadržati reprezentativnu prirodu uzorka. Finalni uzorak će biti rezultat većeg broja subuzoraka koji su statistički određeni. Broj uzoraka neophodnih za određeni tip analize se određuje za tip materijala prema usvojenom standardu.

## **ZAKLJUČAK**

Dizajn i komponente sistema za uzorkovanje treba da odrede kompanije specijalizovane za ovakve sisteme. Njihova ekspertiza i iskustvo obezbeđuju da korisnik dobije operativan i pouzdan sistem koji zadovoljava standarde, omogućava povećanje kvaliteta procedura provere kvaliteta i obezbeđuje informacije o kvalitetu proizvoda kroz laboratorijske analize pravog reprezentativnog uzorka unapredjujući konačno i kontrolu procesa. Automatski sistemi za uzorkovanje nose „skriveni“ profit jer redukuju broj procesa i vreme kao i učešće osoblja u analitici i pripremi uzorka. Jedan od najvažnijih aspekata dobiti od automatskog uzorkovanja je drastično smanjenje uticaja i greške ljudskog faktora prilikom ručnog uzorkovanja. Pravovremena informacija o promeni kvaliteta može redukovati količinu neodgovarajućeg proizvoda i gubitke. Proizvod lošeg kvaliteta znači-dodatni troškovi kao rezultat dorade ili materijala van specifikacije. Benefite automatskog uzorkovanja akumuliraju i kupac i prodavac

proizvoda. Kontinualniom proverom proizvoda prilikom isporuka i obezbedjivanjem stabilnog stanja kvaliteta proizvoda potvrđenog analitičkom evidencijom stvara se poverenje medju partnerima i umanjuju dodatni troškovi reklamacija, nepriznavanja isporuka i nesuglasica. Ekonomski aspekt pokazuje da je investiranje u pouzdan automatski sistem za uzorkovanje apsolutno opravdano jer postojenje otplaćuje sebe u relativno kratkom roku donoseći nakon toga korisniku samo profit.

## **LITERATURA**

European Aggregate Standards – Sampling Requirements - John Clarke, Eriez Europe

*Plant engineering* - Lawrence F. Drbal, Patricia G. Boston, Kayla L. Westra, Black & Veatch

ISO 139093 *Solid mineral fuels*, Subcommittee SC 4, *Sampling*. by Technical Committee ISO/TC 27,

*World Coal- Automatic vs. Manual sampling* – ERIEZ USA

*Sample taking and preparation* – SIEBTEHNIK GmbH

ASTM INTERNATIONAL - Standard Guide for Quality Management of Mechanical Coal Sampling Systems 1

# **INFORMATIKA, INFORMACIONI SISTEMI, MODELIRANJE I RAZVOJ SOFTVERA**

## ***COMPUTER SCIENCE, INFORMATION SYSTEMS, MODELLING AND SOFTWARE DEVELOPMENT***

**Branislav Pašajlić**

*PACHA d.o.o Stragari*

### **Apstrakt**

Savremeni pristup realizacije geoloških istraživanja i dalje eksploatacije ležišta mineralnih sirovina nemoguć je bez visoko sofisticirane informatičke podrške. Ovim radom daje se prikaz NOVE VERZIJE aplikativnog softvera GDM za pripremu i obradu geoloških podataka u funkciji izrade kompletne geološke dokumentacije (profila, geoloških karata, proračuna geoloških rezervi, kvaliteta mineralnih sirovina, programa daljih geoloških istraživanja, projektovanje i 3D modeliranje). Na bazi jednom unetih geoloških podataka u cilju izrade geološke dokumentacije, softver omogućuje i kasnije planiranje i praćenje eksploatacije i na bazi nje kontinualno inoviranje rudarske i geološke tehničke dokumentacije svakog rudarskog objekta, definisanje klasa kvaliteta njihovih zapremina i kvaliteta u eksploatacionoj etaži i podetaži.

**Ključne reči:** BRGM, GDM, 3D modeliranje, baza podataka, interpretacija, proračuni, klase kvaliteta, planiranje i praćenje eksploatacije, etaže i podetaže.

### **Abstract**

Modern approach to the implementation of geological exploration and further exploitation of mineral deposits is not possible without highly sophisticated database support. This paper gives an overview UPDATES GDM application software for preparation and processing of geological data in the function of making a complete geological records (profiles, geological maps, calculation of geological reserves, the quality of mineral resources, of further exploration, design and 3D modeling). Based on geological data once entered in order to establish the geological documentation, the software allows for later planning and monitoring of operations and based on it continuously innovating mining and geological technical documentation of each mining facility, the definition of class quality of their volume and quality in exploitation level and sublevel..

**Key words:** BRGM, GDM, 3D modeling, database podatakaka, interpretations, calculations, quality class, plan and monitor the exploitation, level and sublevel.

### **PRIKAZ GDM-a 7**

Zahvaljujući svom Windows interface-u, GDM je veoma produktivan softverski alat koji sejednostavno integriše u informatičko okruženje kompanije. GDM 7 je integralni 3D aplikativni softver koji kao ulazne podatke koristi: tačke - (Points data sources), slike - (Images data sources), kartografske osnove - (Base map data sources- WMF, BMAP, JPG, TIF i dr), mreže - (Grid data sources- GDM, Arc/Info, ASEII), krive - (Curves data sources), bušotine - (Drill holes data sources, Drilling, Casing/screens). Podatke eksportuje u: Map Info (MIF), Autocad (DXF), Drawing files (BGN), Datamine databases (MDB), Esri Shapefiles (SHP), XML files (xml), Tekst files (CSV).

Fleksibilan i korisnički intuitivan, GDM omogućuje da se:

upravlja podacima bilo kog tipa: bušotine, profili, geološke i topografske osnove, rezultatima analiza, dijagramima, geološkim i strukturnim podacima, merenim, skeniranim ili vektorskim podacima. Na bazi unetih podataka radi pouzdane analize i kvalitetnu grafičku dokumentacija. Aplikativni softver je modularnog tipa i veoma otvoren jer poseduje set drajvera za direktnu konekciju na najkorišćenije baze podataka, Access, Oracle, SOL-Server, konektovanje na fajlove Excel, d Base, Texte, kao i internet

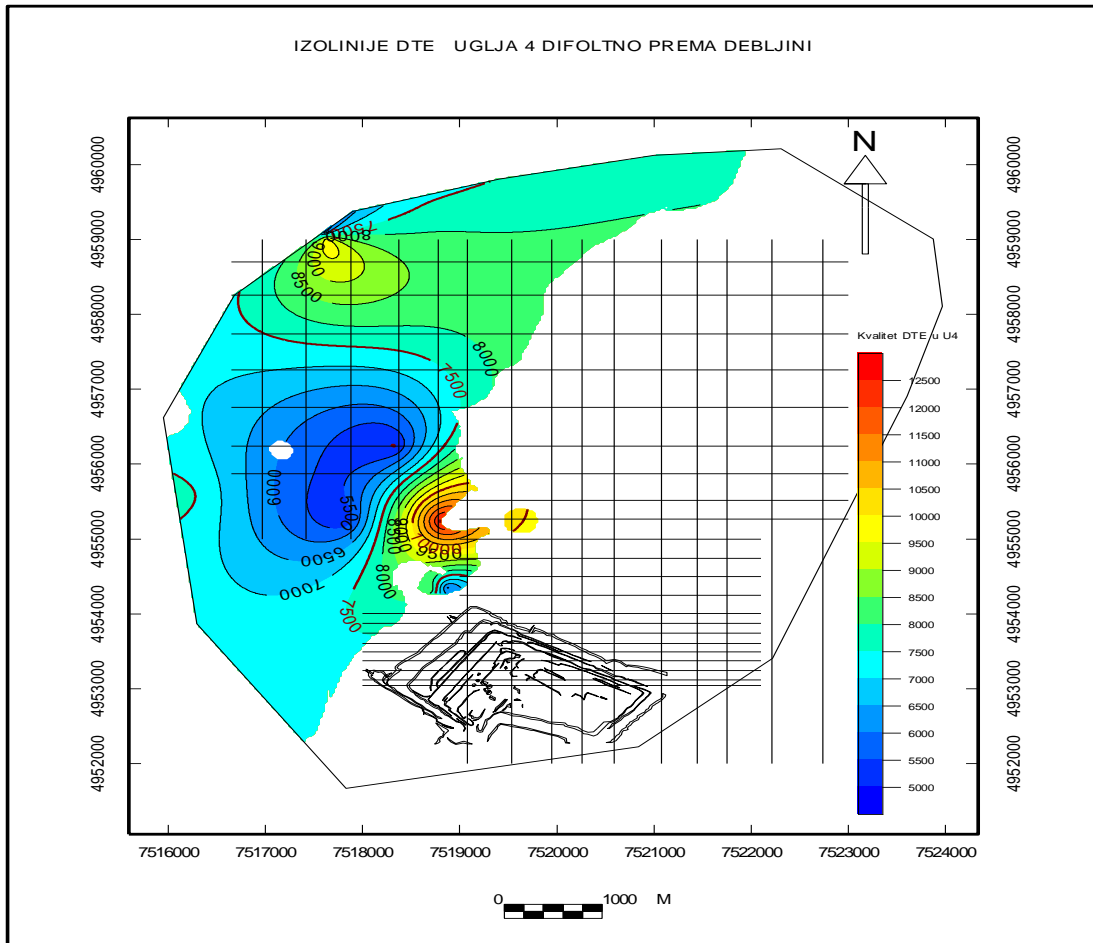
konekciju ,neograničen broj unosa podataka (do 256 kolona) lokalnih i geografskih koordinata, različitih jedinica. GDM 7 (Geological Database Management) uzima u obzir rasede, poligone, granice, indikativne promenljive, estimaciju tačaka ili mrežu tačaka ili blokova 2D, 8 metoda interpolovanja uključujući krigovanje, i modelira ležište u 3D.

### **PRIMER DEFINISANJA KLASA KVALITETA - REZULTATI**

Kao primere modeliranja ležišta odabrao sam :

1. Ležište uglja Kostolac,čiji kvalitet uglja se karakteriše svojom heterogenošću te potrebom da se koliko je to moguće ,izvrši selektivno otkopavanje radi dobijanja što homogenijeg kvalitetaneophodnog za kvalitetnije iskorišćenje u termoelektrani. Od podataka sam koristio tabelarne prikaze podataka ; koordinata bušotina, litoloških opisa bušotina i laboratorijskih rezultata kvaliteta uglja. Definisanje formacija je uradjeno na bazi litoloških kodova u kombinaciji sa kodovima definisanim na bazi kvaliteta , što je dalo mogućnost da se prikažu ne samo klase kvaliteta već i svi proslojci u uglu koliki god oni bili. Definisanjem debljine neke od formacije definiše se automatski ii softverska kontura dateformacije što je izvanredna opcija koja omogućava ne samo definisanje granice prostiranja litološkog člana ,već je to istovremeno i granica interpolacija svih parametara formacije koju sam softver definiše.

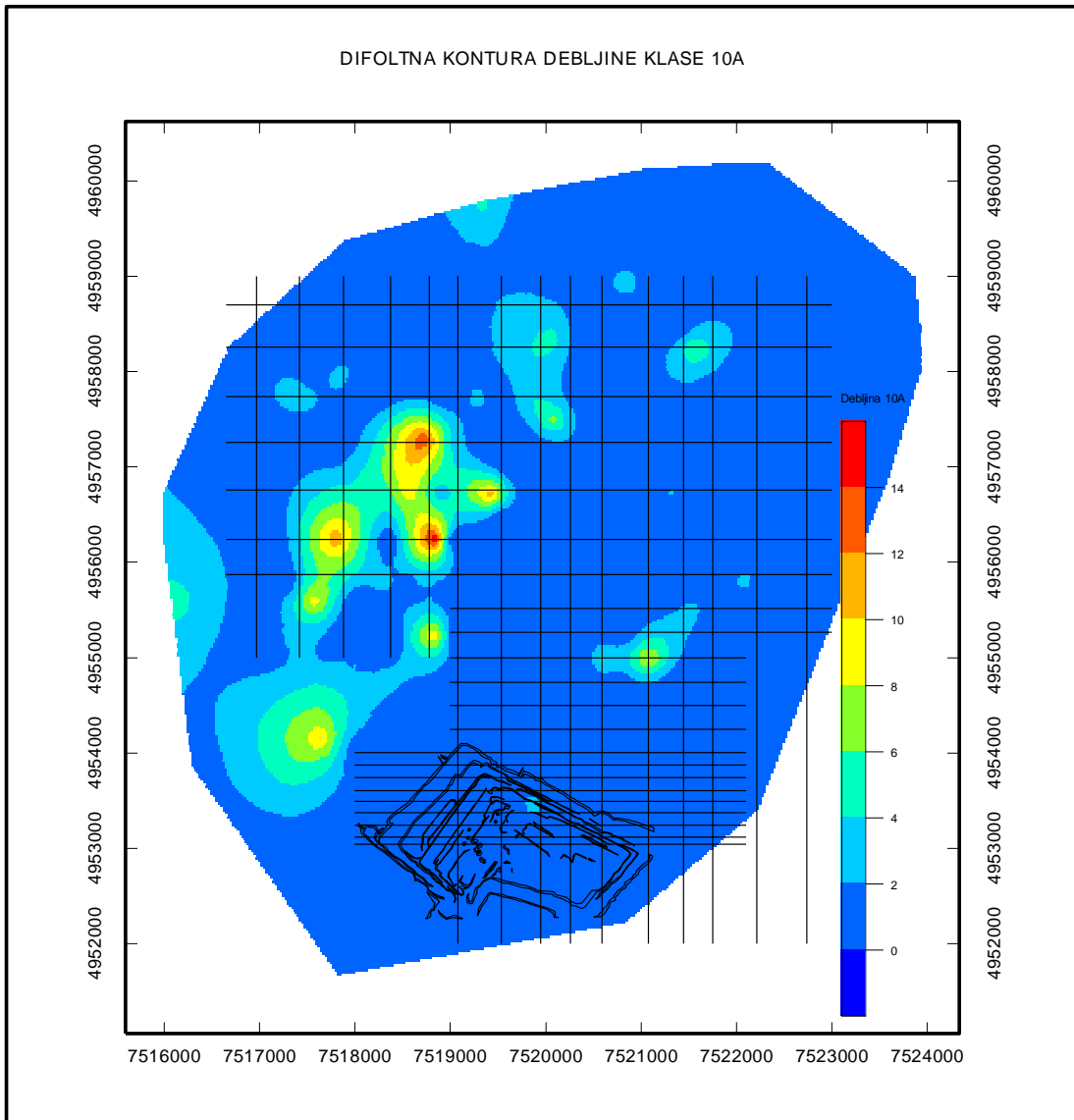
Na slici 1 vidimo prikaz tako definisane granice kvaliteta uglja 4 na bazi debljine uglja 4 ,koja je istovremeno postala I granica interpolacija svih ostalih parametara; vlage ,krovine,podine itd.



Slika 1.

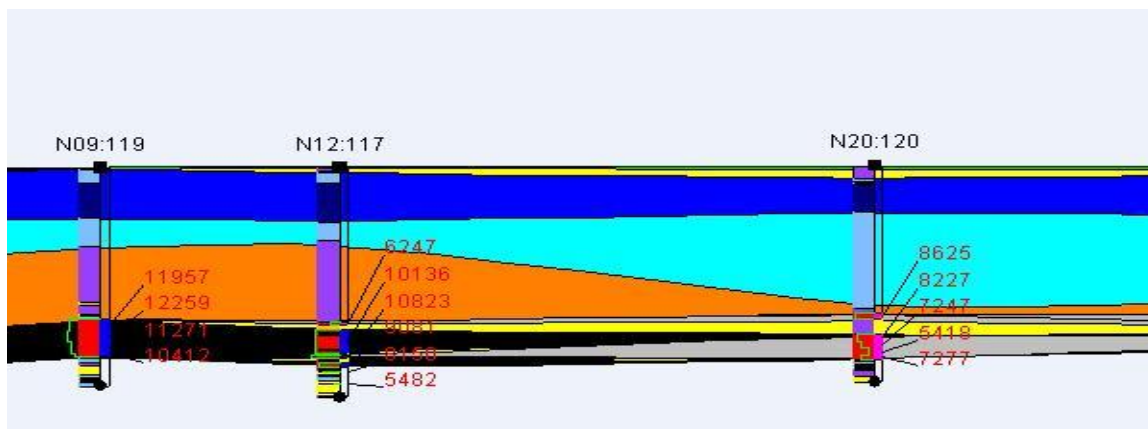
Potpuno je indentična situacija i sa formacijama dobijenim na bazi podataka klase kvaliteta, bilo da se radi o formaciji prikazanoj u svom integritetu prostora ,bilo da je ta ista formacija ograničena ,kako po pružanju na površini ,tako i po dubini u okviru etaže ili podetaže.

Na slici 2 debljina formacije klase kvaliteta 10A (PREKO 10000 kj).



*Slika 2*

Na slici 3 prikazani su rezultati definisanih klasa kvaliteta automatskih profila po modelu kvaliteta i to preko 10000 KJ (u crnoj boji), od 5000 do 10000 KJ (u sivoj boji) i proslojak jalovine (u žutoj boji).

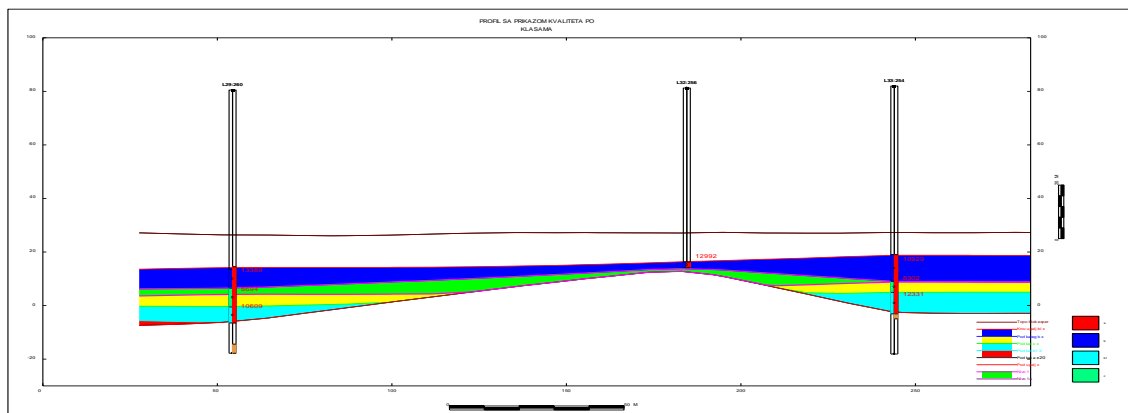


Slika 3.

Kada je to potrebno ,proračune definisanih klasa kvaliteta možemo izvršiti u ograničenom prostoru , kako na planu (u konturi) , tako i po dubini i to ;

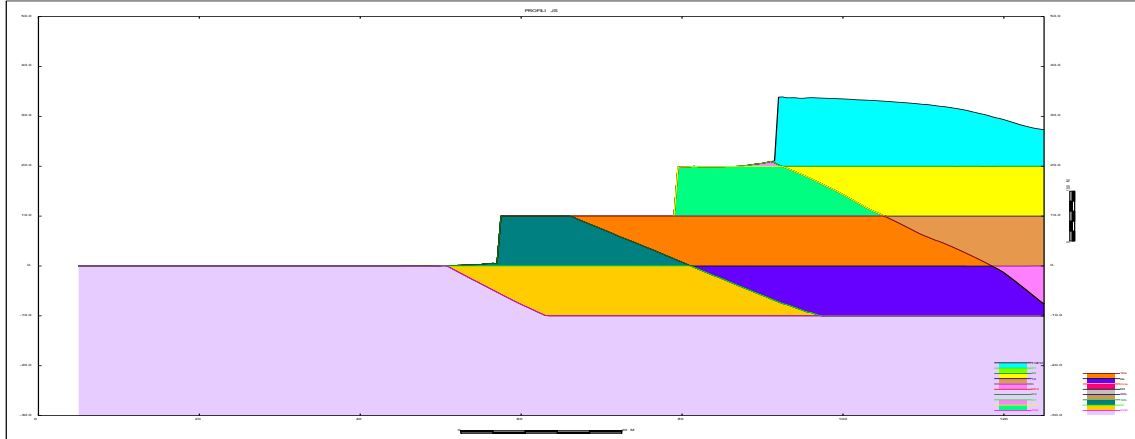
- između dva nivoa
- između dve dubine
- u kombinaciji nivoa,dubina ili bilo kojih gridova ,
- u etaži i podetaži.

Na slici 4 primer definisanja kvaliteta uglja u etaži i pod etaži sa svim proračunima zapremina- kvaliteta – krovina- podina itd.

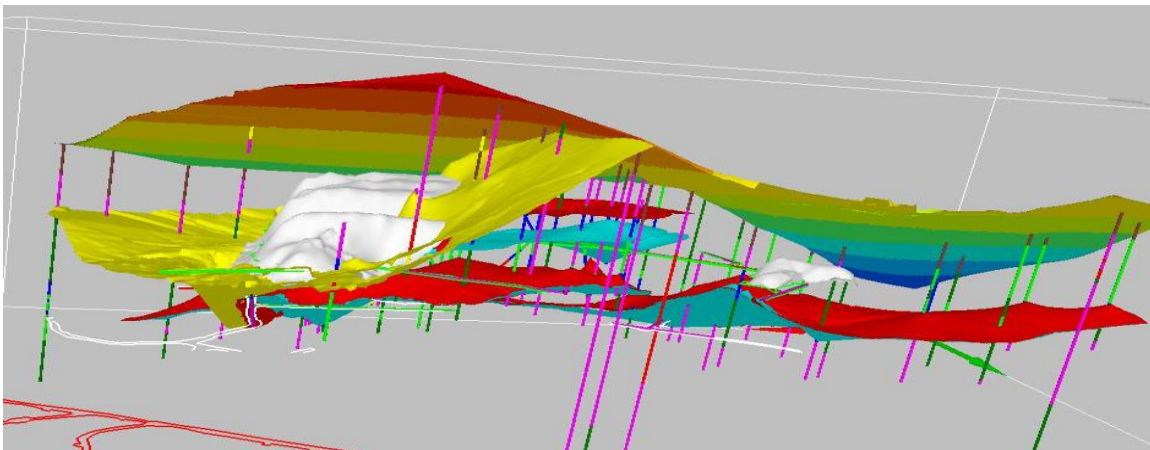


Slika 4.(zelena i žuta boja su jedan te isti kvalitet razdvojen etažom i poetažom.Složeniji primeri mogućnosti GDM-a su primeri kamenoloma arhitektonskog kamena ( gde su veličine blokova

definisane nivoima etaža sa jedne strane i pukotinama i rasedima sa druge), ili primer rudnih tela polimetaličnog ležišta olova i cinka rudnika Rudnik (slika 5 i 6).



Slika 5.



Slika 6.

## ZAKLJUČAK

Savremeni zahtevi geoloških istraživanja, analize i prikaza podataka kao i kasnije zahtevi eksploatacije ležišta neizostavno impliciraju odgovarajući inženjerski pristup i korišćenje kvalitetne informatičke podrške. GDM u sebi sadrži i inženjerski pristup i softversku podršku baziranoj na dobroj svetskoj praksi i kao takav čini modularan savremeno dizajniran informacijski sistem koji omogućuje maksimalno iskorišćenje i potpunu ažurnost podataka sa minimalnim utroškom rada.

## Literatura

- 1) BRGM , Uputstvo za korišćenje GDM-a



# **CENTRALNO-PLANSKI (KOMUNISTIČKI) I TRŽIŠNO ORIJENTISANI (KAPITALISTIČKI) PRINCIP LICENCIRANJA U GEOLOGIJI - KOMPARATIVNA ANALIZA**

**Branislav Radošević,**

*„Advanced Systems“, Beograd,*

**Bogdan Radošević,** Jovana Bijelića 29, Beograd

## **ABSTRAKT**

Tranzicionim procesima je za očekivanje bilo da i u Srbiji započne primenjivanje principa primerenih novonastalim uslovima privređivanja a koji su u svetu već decenijama standardna praksa. U geološkim istraživanjima tržišni princip se u svetu pokazao daleko efikasniji tako da su i zemlje koje su ga i prve uvele daleko ispred ostalih po nivou i profesionalnosti od drugih. Ovaj princip je, pored ostalog, doveo i do toga da je korupcija minimalizovana, stručnost dovedena do visokog nivoa, razvijena svest profesionalizma, postignuta daleko veća efikasnost u izvođenju projekta i kasnijem finansijskom ishodu. Nasuprot tome u Srbiji se još uvek forsira tvrdokorni komunistički sistem državno kontrolisanog licenciranja koji sa sobom donosi sve negativne anomalije koje proizilaze iz ovakvog naopakog principa. Za dalji razvoj geološke struke apsolutno je neophodno konačno usvojiti tržišne principe koji razvijaju, umesto zastarelih principa koji uništavaju struku i šire geološki mediokritizam.

## **1. UVOD**

Rudarstvo se do kraja hladnog rata smatralo „strateškim“ tako da je i u rano kapitalističkim zemljama sa razvijenom tržišnom ekonomijom ovaj sektor dobrim delom bio u državnim rukama do 60-tih godina prošloga veka. Prestankom hladnog rata i početkom razvoja globalizacije ovaj sektor je morao da mutira u skladu sa aktuelnim trendovima. Uloga države u finansiranju prestaje a tokovi novca postaju hiperdimenzionalni. Mehanizmi državne kontrole na taj način postaju ne samo neefikasni već i nepotrebni. Kontrola investicije postepeno prelazi na izvor novca dok se država izmiče sa svojim beskorisnim principima. Licence koje su važile na državnom nivou, i bile lokalnog tipa, više nisu imale „težinu“ da bi investitoru osigurale sigurnost investicije i pristup tržištu kapitala. S obzirom da je investiranje postalo globalno tako je i tržištu kapitala nametnuto da licence moraju da budu globalnog tipa, odnosno da ne poznaju državne granice. Tako su berze ovlastle „kvalifikovane“ i „kompetentne“ osobe za zaštitu investicije iz ovoga izvora kapitala. Slično su postupile i banke i investicioni fondovi koji takođe operišu globalno. U Srbiji je nažalost i dalje slabo razvijena percepcija o tržišnoj ekonomiji i permanentna je težnja da se primeni komunističko-etatistički princip državnih licenci koje su savršeno bezvredne sem onima koji u njima vide lični interes da dođu do pozicije koja im ne pripada.

## **2. ISTORIJAT RAZVOJA LICENCI TRŽIŠNE EKONOMIJE**

Visoko razvijene zemlje koje su već u 19-tom veku počeli razvoj kapitalizma i tržišne ekonomije su period „tranzicije“ samostalno iznele bez ičije pomoći i uspostavile liberalan režim investitorima da mogu nesmetano da samostalno vode računa o investiciji, odnosno da snose i dobrobit i rizik iste. Rastućom globalizacijom prve su na udaru bile Afričke zemlje, mlade u nezavisnosti, ali i otvorene za investicije kao generatoru ekonomskog razvoja. Važeća legislativa u tom momentu je bila u dubokom neskladu kako prema investitorima, tako i prema državi. Javljale su se anomalije kao što su korupcija, loše vođeni projekti, prevare. Ovakvo stanje je pretilo da zaustavi investiranje a obe strane su samo bile u stanju da prepoznaju probleme a ne da i pronađu rešenje za neprihvatljivo stanje. Ulogu reformatora je preuzela Svetska Banka (SB) i u nizu problema je prepoznala i neprimereno zalaganje u stručnost investitora

(Strongman, 1994a; 1994b). Sledeća na redu je bila Južna Amerika sa Karibima (World Bank, 1996) i na kraju tranzicija u socijalističkim zemljama (Onorato *et al*, 1998). Sa druge strane finansijske institucije stvaraju svoje standarde (Radošević & Radošević, 2010) i u okviru njih određuju nadležnost za potvrdu validnosti investicije. Na taj način se nakon dosta muka kristališe stanje u rudarskom sektoru i principima neophodnim za stvaranje „prijateljskog“ ambijenta za investiranje. Kao konačni ishod država odustaje od zalaženja u stručnost i takve licence su odavno nestale dok su stvorene globalne koje reguliše investitor u cilju osiguranja investicije.

### 3. ETATISTIČKI PRINCIP LICENCI

Pred kraj 20. veka državne licence su se održale još jedino u komunističkim sistemima koji nisu započeli tranziciju. Ideja iza ovakvih liceni je bila da se zaštiti državna investicija jer je u ovakvim sistemima država bila jedini moguć finansijer projekata. Suština je bila da se kroz licence obezbedi neophodna stručnost koja bi uz druge birokratske postupke (tehničke kontrole, revizije, komisije) trebalo da obezbedi efikasno i finansijski opravdano izvođenje projekta. Međutim, u praksi se dogodilo sasvim suprotno. Licence su se izdavale nekontrolisano, van svakog tržišnog principa, i na kraju, pored ostalog (protekcionizma, partijskog protežiranja, itd) postale „socijalna“ kategorija. Efekti takvih licenci su brzo bili vidljivi i sistem se neminovno srušio na ekonomskoj osnovi jer drugačije nije ni moglo da bude. Nažalost, otpori ka ukidanju takvih licenci su bili ogromni tako da nigde taj prelaz nije prošao baš bezbolno. U Srbiji je prava masovna histerija koja nastaje već pri samom pomenu da nešto treba da se menja što je i razumljivo jer ovakve nekontrolisane licence donose velike, a ničim zaslužene, privilegije i beneficije. Umesto da se sektor prilagodi globalnim trendovima nerazumno se i dalje forsira tvrdokorni etatistički princip koji nema ama baš nikakve veze sa tržišnom ekonomijom.

### 4. KOMPARATIVNA ANALIZA LICENCI

Glavna razmimoilaženja u etatističkom i tržišnom principu su data u Tabeli 1. Suština u razlici je da se u državnom sistemu neko proglašava za kvalifikovanog prema krajnje sumnjivim kriterijumima koji su lične a ne konkretne prirode. U tržišnom principu kvalifikovano lice se nameće sopstvenim izdvajanjem u tržišnoj utakmici i priznanjem investitora. Stručni poeni se prikupljaju samo visoko stručnim, profesionalnim i odgovornim radom. Tržište je nemilosrdno i odmah eliminiše one koji ne daju očekivane rezultate od strane investitora tako da se brzo kristališu oni koji se izdvajaju u pozitivnom smislu. U takvom elitističkom ambijentu se na veoma zdrav način formiraju stručnjaci sposobni da poseduju globalne licence.

Tabela 1 Komparativna analiza licenci

<b>Princip</b>	<b>Etatistički</b>	<b>Tržišni</b>
Stručnost	Niska	Visoka
Profesionalnost	Javašluk	Visoka
Elitizam	Mediokritetizam	Visoko razvijen
Etičnost	Nikakva	Visoka
Korupcija i protekcionizam	Redovna pojava	Nemoguća
Tezgarenje	Redovna pojava	Nemoguće
Polutani	Kolo vode	Nepostojeći
Pristup tržištu kapitala	Nikakav	Obavezan
Važnost	Lokalna	Globalna

## **5. ZAKLJUČAK**

Ideja o državnim licencama je višestruko destruktivna. Pored svih anomalija koje sa sobom nose, od korupcije do mediokritetizma, ovakve licence se negativno odražavaju i na rejting zemlje za investiranje jer na najblatantniji način bagatelišu investitora. Odavno je poznat princip da onoga koji ne poštuje kapital isti zaobilazi u širokom luku, što je i redovna pojava sa Srbijom, koja je kao posledica poslednja u regionu po učešću direktnih stranih investicija u bruto nacionalnom proizvodu. Stoga bi konačno moralo da se odustane od državnih licenci kao krajnje neprimerenih tržišnoj ekonomiji i globalističkim trendovima. Naravno licence same po sebi su samo kap u moru sektorskih reformi koje su preko neophodne daova grana može da počne da funkcioniše normalno i da se razvija u skladu sa potencijalom. Nažalost to je još jedna od bolnih tema a proizišla iz takođe krajnje nerazumnog otpora prema onome što će kad tad morati da se uradi.

## **6. LITERATURA**

- Onorato, W., Fox, P., Strongman, J., (1998). World Bank Group Assistance for Minerals Sector Development and Reform in Member Countries. WORLD BANK TECHNICAL PAPER NO. 405. The World Bank, Washington, D. C.
- Radošević Branislav, Radošević Bogdan (2010): ZNAČAJ STANDARDIZACIJE U GEOLOŠKIM ISTRAŽIVANJIMA. OMC 2010. IX Međunarodna naučna konferencija o površinskoj eksploataciji. Vrnjačka Banja, 20-23. Oktobar 2010. pp. 254-259.
- Strongman J., (1994a). Strategy for African Mining. WORLD BANK TECHNICAL PAPER NUMBER 181. AFRICAN TECHNICAL DEPARTMENT SERIES. Mining Unit, Industry and Energy Division. The World Bank, Washington, D. C.
- Strongman J., (1994b). Strategies to attract new investment for African mining. Industry and Energy Department of the vice Presidency for Finance and Private Sector Development. The World Bank, Washington, D. C.
- World Bank, (1996). A Mining Strategy for Latin America and the Caribbean. Industry and Mining Division, Industry and Energy Department. World Bank Technical Paper No. 345. Washington, D.C.

# **VODOUGLJENE EMULZIJE MOGUĆNOST PRIMENE U JP EPS-u I TRŽIŠTU SRBIJE**

## **WOTERCOAL EMULSION POTENTIAL APPLICATION IN JP EPS AND SERBIAN MARKET**

**Dragoljub Laković**  
*JP Elektroprivreda Srbije*

### **Abstrakt**

Rad ima za cilj da ukaže na mogućnosti korišćenja vodougljenih energenata u funkciji proizvodnje toplotne i električne energije. Sadašnji način pripreme i sagorevanja ugljeva u energetskim postrojenjima ima dosta manjkavosti u odnosu na mogućnosti koje nudi varijanta rada sa vodougljenim emulzijama. Implementacija ovog energenta nudi mogućnost maksimalnog iskorišćenja organske strukture u oslobađanju toplotne energije, a s druge strane omogućuje potpunije odvajanje neorganskih primesa kao balasta koji troši veliku količinu energije u njenoj oksidaciji. Ekološki efekti se ogledaju u mogućnosti ostavljanja neoksidovane jalovine na samom pozajmištu rudnika, potpunim sagorevanjem organskih materija, mogućnošću regulacije emisije sumpornih i azotnih oksida do nivoa emisija gasnih energenata. Pepeo dobijen iz vodougljenih goriva ima karakteristike pogodne za proizvodnju građevinskog materijala i komponenti u procesu proizvodnje cementa.

### **1. Sagorevanje energenata**

Sagorevanjem različitih vrsta goriva u industrijskim pećima, parnim kotlovima, motorima sa unutrašnjim sagorevanjem, reaktivnim motorima, gasnim turbinama,... hemijska energija goriva se pretvara u toplotnu a zatim prema potrebi u mehanički rad i električnu energiju. Iako se sve više koriste drugi izvori energije, još uvek su glavni izvori proizvodnje energije bazirani na procesima sagorevanja goriva. Mnogi procesi proizvodnje ( cementa, građevinskog materijala, metala, stakla, keramike,...) bazirani su na procesima zagrevanja materijala u procesima topljenja, fizičkih ili hemijskih promena, gde se kao izvor toplote koriste procesi sagorevanja goriva.

Vatra predstavlja jedno od najranijih čovekovo otkriće. Ovo otkriće mu je služilo u funkciji zaštite i funkciji usavršavanja mehanizama kojima je kroz epohe oplemenjivao svoj način života. Činjenica je da je i pored veoma dugog perioda eksploatacije vatre čovek same mehanizme procesa sagorevanja nije potpuno ovladao i precizno definisao. Nedovoljno poznavanje ovih procesa potiče od složenosti istih i nemogućnosti univerzalnog posmatranja materija koje se koriste kao goriva. Proučavanjem procesa sagorevanja stvoreni su uslovi za razvoj teorije o sagorevanju. Ova teorija je bazirana na zakonima hemijske kinetike, termodinamike, mehanike fluida i procesima prenosa mase i toplote. Razvoj industrijske proizvodnje doprineo je razvoju teorije vezane za peći koje uz teoriju sagorevanja obuhvata i teorijske probleme koji su vezani za njihovo konstruisanje, eksploataciju korištenih sistema i uređaja za izmenu i prenos toplote.

### **2. Goriva**

Gorivom se najčešće nazivaju materije koje se pri zagrevanju u prisustvu kiseonika intenzivno oksidišu uz oslobađanje velike količine toplote koja se može ekonomično koristiti bilo za zagrevanje, bilo za proizvodnju mehaničke ili električne energije.[4] Najznačajnija za industrijsku primenu su goriva sa velikim sadržajem ugljenika i vodonika. Goriva se uslovno mogu deliti prema poreklu i prema agregatnom

stanju. Goriva prema poreklu se dele na prirodna i prirodna fosilna goriva. U prirodna goriva spada drvo, a u prirodna fosilna spadaju sve vrste ugljeva, nafta, prirodni gas, nafti škriljci. Ovu vrstu goriva nismo uvek u stanju da koristimo u formi u kojoj se nalaze u prirodi. Podvrgavaju se specifičnim postupcima prerade u funkciji željenih proizvoda i kvaliteta goriva. Ovako dobijena goriva se često nazivaju veštačka ili sintetička goriva. U njih se mogu svrstati: koks, drveni ugalj, alkohol, gas iz uglja, derivati nafte, ... Za goriva su najvažnije karakteristike: hemijski sastav, toplotna moć, temperatura sagorevanja, procesi i karakter promena u toku zagrevanja.

#### a. Hemijski sastav goriva

Od hemijskog sastava goriva zavisi toplotna moć, temperatura sagorevanja, procesi i karakter promena u toku zagrevanja. Korisne sagorljive komponente goriva su ugljenik i vodonik. Oblik ovih jedinjenja karakterističan je za svaku vrstu goriva. Pored ugljenika i vodonika u sastav goriva ulaze i sumpor, azot i kiseonik. Kvalitetna upotreba goriva proistekla je iz kvalitetne hemijske strukture. Analizom je definisana struktura jedinjenja koja čine dato gorivo. Razvojem određenih analitičkih metoda dobijene su kvalitativne i kvantitativne karakteristike određenih tečnih i gasnih goriva, posebno goriva dobijenih kao derivati nafte. Za određivanje kvaliteta čvrstog goriva radi se elementarna analiza kojom se određuje od kojih elemenata i u kom međusobnom odnosu se sastoji dato gorivo. Ova analiza ne daje kvalitativnu strukturu jedinjenja koja grade analizirano gorivo. Posledica nepoznavanja strukture je i nemogućnost tačnog računskog određivanja njegove toplotne moći.

Na slici 1. dat je grafički prikaz elementarne analize čvrstog goriva.

Indeks	sastav u mas. %						
	C	H	O	N	S	A	W
g	goriva masa						
s	suva masa						
r	radno gorivo						

Slika 1. Grafički prikaz elementarne analize čvrstog goriva [4]

gde je: C – ugljenik, H – vodonik, O – kiseonik, N – azot, S – sumpor, A- pepeo i W – vlaga. Struktura goriva može se predstaviti na sledeći način:

$$C_g + H_g + O_g + N_g + S_g = 100\%, \quad (1) [4]$$

$$C_s + H_s + O_s + N_s + S_s + A = 100\% \quad (2) [4]$$

$$C_r + H_r + O_r + N_r + S_r + A + W = 100\% \quad (3) [4]$$

Sadržaj pepela predstavlja količinu mineralnih materija sadržanih u radnoj strukturi goriva. Mineralne materije u procesu sagorevanja menjaju svoju strukturu u obliku različitih jedinjenja koja su posledica karakteristika procesa sagorevanja goriva. Za određene uslove u proračunima koriste se empirijske formule koje bliže definišu sadržaj mineralnih materija. U praktičnim uslovima sagorevanja koriste se podaci dobijeni na osnovu tehničke analize goriva. Tehnička analiza je praktičnija, definiše važne karakteristike goriva posebno bitne za definisanje njegove toplotne moći.

**b. Čvrsta goriva**

Najčešće korištena goriva su fosilna goriva (ugalj, tečni i gasoviti derivati nafte i sl.). Najbolji konfor pri proizvodnji energije omogućuju gasovita i tečna goriva. Zbog niže cene i veće rasprostranjenosti veliki značaj za proizvodnju energije čine čvrsta goriva. U čvrsta goriva ubrajamo drvo, treset, razne vrste ugljeva, naftne škriljce,... Kao produkti prerade primarnih goriva javljaju se drveni ugalj, sušeni treset, briket, polukoks, koks i petrol koks. U funkciji ove primene značaj ima proizvodnja uglja.

U zavisnosti od područja nastanka i geološke starosti ugljevi se mogu podeliti u četiri grupe čije su karakteristike date u tabeli br.1.

Vrste uglja	Vlaga mas. %	Sastav u mas. % sračunato na gorivu masu ( bez pepela i vlage )						
		C	H	O	N	S	isparljivi sastojci	gornja topl. moć, kJ/kg
Lignit i mrki ugljevi	20 – 60	60 – 75	5	16 – 28	0,6 – 1,6	0,3 – 6	45 – 60	2470,2-29397,6
Kameni ugljevi	5 – 15	75 – 90	4,5 – 6,5	2 – 13	1 – 2,7	0,5 – 6	9 – 50	3056,3-34750,4
Poluantracit	2 – 3	90 – 94	3 – 5	2 – 5	1	0,5 – 3	6 – 9	33494-34331
Antracit	ispod 5	92 – 94	2	1 – 2	1	2 – 3	3 – 4	33500

*Tabela br. 1. Sastav i toplotna moć ugljeva [4]*

**3.2.1. Lignit**

Lignit predstavlja osnovnu vrstu čvrstog goriva koja se koristi na postrojenjima za proizvodnju energije u termoelektranama u EPS-u. Ova vrsta uglja spada u niskokalorične ugljeve sa značajnim sadržajem vlage i pepela. Osnovne karakteristike lignita u EPS-u date su u tabeli broj 2.

**3.2.1.1. Hemijski sastav lignita**

Za definisanje uslova sagorevanja uglja i dobro dizajniranje parnih kotlova i sistema za prečišćavanje dimnih gasova neophodno je poznavati hemijski sastav uglja najčešće definisan u obliku tehničke i elementarne analize. Elementarna analiza predstavlja hemijsku analizu koja obuhvata ukupnu masu uglja. Jedan od mogućih načina prikaza strukture uglja je:

$$c + h + o + n + s + p + ca + mg + fe + w + a = 1 \dots\dots\dots(1) [4]$$

$$c + h + o + n + s + p + ca + mg + fe + w + a = 1 \dots\dots\dots(1) [4]$$

	Kolubara	Kostolac	Kosovo
Tehnička analiza (mas.%)			
Vlaga, W	47,50	46,10	46,01
Pepeo, A	16,45	18,04	15,31
Sumpor ukupni, S	0,55	0,95	0,95
Koks, K	31,08	31,91	28,36
Fiksni ugljenik, C <sub>fix</sub>	14,38	13,87	13,05
Isparljivo, id	21,42	21,99	25,63
Sagorljivo, V <sub>g</sub>	36,05	35,86	38,68
Gornja toplotna moć uglja, kJ/kg	9701	9502	9227
Donja toplotna moć uglja, kJ/kg	8039	7863	7649
Elementarna analiza (maseni udeli, %)			
Ugljenik, C	23,86	23,42	23,31
Vodonik, H	2,11	2,16	2,06
Sumpor sagorljivi, S <sub>s</sub>	0,25	0,31	0,16
Azot + kiseonik, (N+O)	9,83	9,97	13,16

Tabela broj 2. Osnovne karakteristike lignita u EPS-u [7]

$$c + h + o + n + s + p + ca + mg + fe + w + a = 1 \dots\dots\dots(1) [4]$$

gde su maseni udeli c - ugljnika, h - vodonika, o - kiseonika, n - azota, s - sumpora, p - fosfora, ca - kalcijuma, mg - magnezijuma, fe - gvožđa, w - vlage, a –pepela.

Elementarna analiza osušenog uglja (W=0) definiše hemijski sastav sveden na suhu masu uglja. Ona je određena izrazom:

$$c + h + o + n + s + p + ca + mg + fe + a = 1 \dots\dots\dots(2) [4]$$

Elementarna analiza sagorljive mase uglja određena je izrazom:

$$c + h + o + n + s = 1 \dots\dots\dots(3) [4]$$

Elementarna analiza organske mase uglja data je izrazom:

$$c + h + o + n = 1 \dots\dots\dots(4) [4]$$

Karakteristike uglja definisane su uslovima nastajanja i hemijskom strukturom. Organska struktura goriva predstavlja koristan deo uglja u procesu proizvodnje energije.

Osnovnu strukturu uglja čini **ugljenik (C)**. Toplotna moć uglja u direktnoj je prporciji sa sadržajem ugljenika. Realni proces sagorevanja uglja prati oslobađanje ugljen-monoksida čime se smanjuje količina oslobođene toplote u količini od oko 10200 *kJ/kg* u odnosu na potpunu oksidaciju ugljenika do ugljendioksida i oslobođenom toplotom od 33900 *kJ/kg* za čist ugljenik. Zbog ove činjenice neophodno je da se proizvodnja uglja organizuje tako da se procesi vode u cilju dobijanja uglja sa što većim udeonim sadržajem ugljenika.

Sledeći važan sastojak uglja je **vodonik (H)**. Značaj vodonika je u tome što njegovo prisustvo povećava toplotnu moć i brzinu sagorevanja goriva. Kao konačan produkt sagorevanja vodonika nastaje voda u vidu vodene para. Vodena para u uslovima sagorevanja ima katalitičke efekte. Gornja toplotna moć vodonika  $H_g = 144000 \text{ kJ/kg}$  a donja toplotna moć je  $H_g = 120000 \text{ kJ/kg}$ .

**Kiseonik (O)** nepoželjan element uglja. Svojim prisustvom umanjuje toplotnu moć uglja, jer omogućuje oksidaciju vodonika (*H*) van ložišta i produkuje vodu (*H<sub>2</sub>O*) koja predstavlja balast. Sa druge strane ako je moguće očuvati kiseonik u uglju bez predreakcije van ložišta tada on omogućuje lakše sagorevanje i brže paljenje uglja.

**Azot (N)** u uglju predstavlja unutrašnji balast zbog udeonog smanjenja procenta sagorljivih elemenata. Pri visokim temperaurama reaguje sa kiseonikom stvarajući azotne okside ( $N_xO_y$ ) koji su veoma štetni.

**Sumpor (S)** se u uglju nalazi u vidu piritno vezanog, sulfatnog i organski vezanog sumpora. Njegovim sagorevanjem stvaraju se štetne gasovi u obliku  $SO_2$ ,  $SO_3$ ,  $H_2SO_3$ ,  $H_2SO_4$  koji zagađuju okolinu nagrizađu delove opreme kroz koju prolaze.

**Mineralni deo uglja** čine neorganska jedinjenja sadržana u uglju. Njihovo prisustvo je nepoželjno, smanjuju udeoni sadržaj sagorljivih sastojaka a time i toplotnu moć uglja.

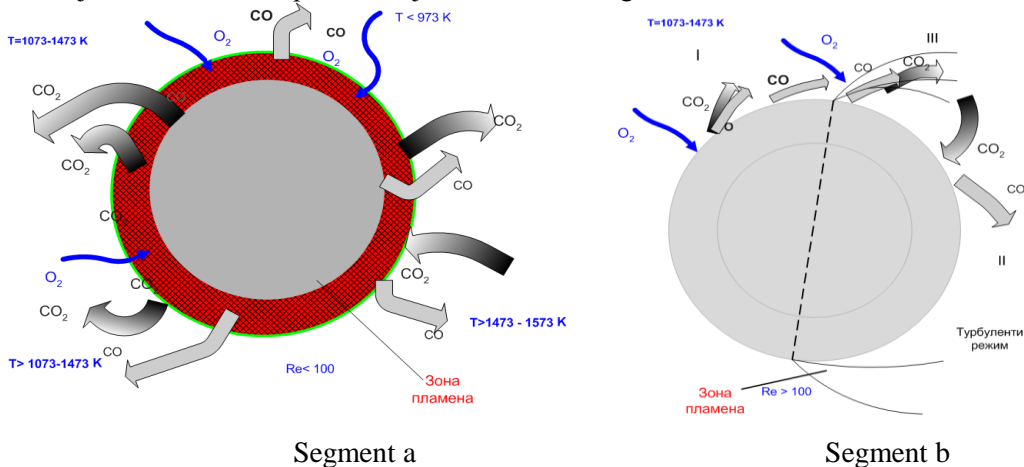
Ispitivanja su pokazala da se 95% mineralnih materija u uglju sastoji od karbonata kalcijuma, magnezijuma, alumosilikata i sulfida.

U procesu sagorevanja od mineralnog dela nastaje šljaka i pepeo. Kod naših lignita sadržaj mineralne materija iznosi od 7-20%. U zavisnosti od perioda u kom su dospеле u ugalj, mineralne materije se dele na primarne, sekundarne i tercijarne. Primarne ili unutrašnje mineralne materije potiču iz doba deponovanja organskih materija. One su vezane sa procesima fermentacije, saponifikacije i aminifikacije drvenastih delova biljaka zbog čega su prilično ravnomerno raspoređene u uglju. One se vrlo teško izdvajaju a sam proces je veoma skup. Sekundarne ili spoljašnje mineralne materije u ugalj su dospеле ili srastanjem sa maceralima ili naizmeničnim taloženjem organskih zatim i neorganskih materija usled tektonskih poremećaja. Poznati su kao proslojci u ugljenoj seriji. Tercijalne mineralne sirovine čine grube mehaničke nečistoće a produkt su primene neadekvatne tehnologije otkopavanja uglja ili njegovog prljanja u transportu ili preradi. Spoljašnje mineralne materije (sekundarne i tercijarne) neophodno je izdvojiti iz uglja čime se postiže potpuno sagorevanje organskih materija i povećava iskorišćenje resursa. Ovo je moguće postići na više načina ali kao ekonomski i ekološki najprihvatljiviji je sistem drobljenja i pranja uglja. Nakon pranja, u uglju ostaje samo sagorljiva organska masa koja se melje do odgovarajuće krupnoće.



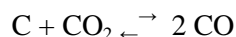
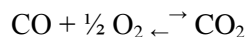
### 3.3. Mehanizam sagorevanje čestice ugljenika

U realnim uslovima pripremljene čestice ugljenika imaju napravlilan oblik. Radi jasnijeg i jednostavnijeg opisa mehanizma procesa sagorevanja razmatrane čestice ćemo tretirati kao čestice sfernog oblika. Proces najjednostavnijeg sagorevanja čestice ugljenika odvija se u uslovima kada se čestica nalazi u neograničenom vazдушnom (gasnom) prostoru. Vazduh oko čestice može mirovati ili se kretati. Mirovnje ili strujanje vazduha malom brzinom u nivou laminarnog strujanja u režimu  $Re < 100$ , čestica ugljenika sagoreva ravnomerno po celoj površini i zadržava svo sferni oblik do kraja procesa. Šema procesa sagorevanja u ovom režimu prikazana je na slici br. 2 segment a.



Slika br. 2. Šematski prikaz sagorevanja sferne čestice ugljenika

Proces sagorevanja se odvija kao primarni u kome dolazi do reakcije C i O pri čemu nastaje CO kao produkt nepotpune oksidacije ugljenika. Paralelno sa ovim procesima, a u zavisnosti od temperature i vlažnosti ( na višim temperaturama ) odvijaju se sekundarni procesi oksidacije



čiji su procesi ilustrativno predstavljeni slikom 2. Sagorevanje ugljenmonoksida oko čestice manifestuje se vizuelno plavičastim plamenom.

Kod velikih brzina opstrujivanja vazduha oko čestice ugljenika, u režimu strujanja koje odgovara  $Re > 100$ , dolazi do neuporedivo bržeg sagorevanja čeonog dela čestice, dok zadnji deo gotovo da i ne sagoreva. Ugljenmonoksid nastao primarnom reakcijom kiseonika iz vazduha i ugljenika sa čestice biva strujom udaljen od čestice tako da se sekundarni procesi oksidacije odvijaju u struji vazduha a posledica ovih reakcija je pojava plavičastog plamena iza čestice. Procesu ovog režima sagorevanja čestice ugljenika predstavljeni su na slici br.2. segment b. Recirkulaciona zona obrazovana na zadnjoj strani čestice ugljenika ima za posledicu nemogućnost dospevanja kiseonika do čestice, tako da pri dovoljnoj temperaturi omogućuje redukciju produkovanog ugljendioksida do ugljenmonoksida, i smanjenja ugljenika sa zadnje strane čestice, do koje kiseonik ne dospeva. Pri dovoljno visokim temperaturama dolazi do redukcije ugljendioksida, što ima za posledicu utrošak ugljenika na zadnjoj strani čestice. U procesu sagorevanja a u zavisnosti od brzine kretanja vazduha uočena su dva režima sagorevanja čestice ugljenika, prvi u laminarnom režimu za  $Re < 100$  i drugi turbulentnom za  $Re > 100$ .

#### **4. Vodougljena emulzija VUE**

##### **4.1. Značaj emulzionih energenata**

Kvalitetno i potpuno sagorevanje energenata predstavlja jednu trajnu inspiraciju kako proizvođača energenata tako i proizvođača opreme i sistema kojima i u kojima se vrši proces sagorevanja i proizvodnje toplotne i ostalih oblika energije. Proizvođači opreme nastoje konstruisati takve sisteme koji omogućuju potpunije sagorevanje energenta i što efikasnije iskorišćenje proizvedene energije u funkciji cilja ( proizvodnja pare, tople vode, grejanja procesnih fluida, pospešivanje fizičkih, hemijskih, bioloških procesa,...). Proizvođači energenata nastoje da proizvedu takve energente koji će svojom cenom i fizičko-hemijskim svojstvima udovoljiti postojećim standardima u korištenim procesima. U funkciji ovih zahteva razvijeni su energenti koji se uslovno mogu svrstati u energente iz kojih se oslobađa hemijski vezana energija u procesima sagorevanja i energente iz kojih se oslobađa energija na promenama u atomu, sa promenom u strukturi jezgra atoma.

Za razmatranja u ovom radu od interesa su procesi oslobađanja hemijski vezane energije. U funkciji predstavljanja klasičnog čvrstog goriva u vidu uglja i proizvoda nastalog iz procesa prevođenja istog u tečni energent u vidu vodougljene emulzije. Primena goriva u vidu vodougljene emulzije je realna mogućnost zamene ne samo uglja i maloefikasnih metoda njegovog sagorevanja nego i deficitarnih tečnih i gasnih vrsta goriva.

##### **4.2. Teoretske postavke sagorevanja emulzionih energenata**

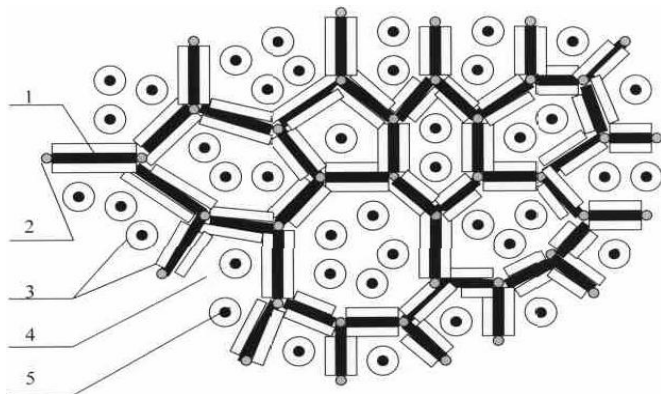
Jedan od načina rešenja problema racionalnog korišćenja energetske resursa i kvalitetnog upravljanja zaštitom životne i radne sredine omogućuje se korišćenjem emulzionih energenata kao potpuno novog goriva za sagorevanje u termoenergetskim postrojenjima. U slučaju lignita to je sagorevanje uglja u vodougljenoj emulziji.

Emulzioni energenti se proizvode u posebnim uređajima uz primenu ultrazvučne tehnologije kojom se omogućuje reakcija vode i osnovnog energeta (mazuta, ugalja, dizel gorivoa, benzina i sl.). Dodavanje vode u energent mora biti strogo kontrolisano tako da se voda i energent uvežu u specifičnom obliku, tada voda postaje katalizator procesa sagorevanja. Sadržaj vode zavisi od vrste energenata i kreće se od 12-17% u nivou tečnih energenata a u posebnim slučajevima i od 20-40% u kombinaciji sa čvrstim energentima. U termoenergetici interesantne su vodomazutne emulzije (VME) i vodougljne emulzije (VOE), vodougljene emulzije (VUE),...

Da bi objasnili sagorevanje vodougljene emulzije (VUE) i kakvi se efekti dobijaju u odnosu na klasično sagorevanje uglja posmatračemo šta se dešava sa jednom kapljicom vodougljene emulzije u trenutku ulaska u ložište. U užarenom ložištu kapljica se prostorno deli na vodeni i ugljeni deo. Vodeni deo se trenutno u vidu mikroeksplozije prevodi u vodenu paru koja se širi po celom ložištu sa povećanjem zapremine sa 1:1260 puta. Sa trenutnom promenom zapremine čestice vode prostorno se ekspanduju i mikronizirane čestice uglja.

Cepanje kapljice vrši se u delovima sa tzv. mikroeksplozijama gde ugljene čestice dobijaju dodatnu kinetičku energiju i trenutno se disperguju u kotlu. Tako se uvećava disperzija ugljenih čestica u ložištu i naglo povećava površina kontakta goriva sa kiseonikom iz vazduha. Praktično se poboljšava stehiometrijski odnos sagorivih materija i vazdušne smeše što omogućuje ubrzano (gotovo trenutno) sagorevanje energenta. Kao rezultat mikroeksplozija u mestu sagorevanja čestice pojavljuju se žarišta

turbulentnih pulsiranja koja uvećavaju broj elementarnih kapljica VUE. Zbog toga se plamen uvećava po obimu i ravnomernije popunjava komoru sagorevanja (ložišta). To dovodi do ujednačavanja temperaturnog polja grejanja uz smanjenje lokalnih maksimalnih temperatura i uvećanja prosečne temperature u ložištu. Zato pri sagorevanju VUE plamen ima jako svetlu boju u odnosu na tamnu boju plamena kod klasičnog sagorevanja čestica uglja. Ta intenzivno svetla boja plamena znak je da je sagorevanje energenta (čestica VUE) potpuno i da nema potrebe u ložište dodavati dodatni vazduh. Manja količina vazduha automatski smanjuje gubitak toplote u ložištu i povećava stepen iskorišćenja kotla. Kod smanjenja koeficijenta dodatnog vazduha za 0.1% stepen iskorišćenja kotla se povećava za 1%. Na slici broj 3. prikazana je uvećan izgled segmenta VUE.



*Slika broj 3. Prostorni model strukture VUE*

*1-krupnije čestice uglja, 2-prisustvo strukture bez površinski aktivnog uticaja, 3-prisustvo strukture sa aktivnim površinskim uticajem, 4-prostor zapunjen emulzionim sredstvom, 5-malene čestice uglja*

Manja količina vazduha automatski smanjuje gubitak toplote u ložištu i povećava stepen iskorišćenja kotla. Kod smanjenja koeficijenta dodatnog vazduha za 0.1% stepen iskorišćenja kotla se povećava za 1%. Na slici broj 3. prikazana je uvećan izgled segmenta VUE. Voda prilikom proizvodnje vodougledne emulzije menja svoju strukturu i reaguje sa prisutnim materijama u smeši. Stepem promena zavisi od kvaliteta i prisutnih materija, veličine čestica u smeši i od tehnološkog režima proizvodnje. Fenomeni pri procesu proizvodnje su objašnjeni u tekstu. U procesima potpunog sagorevanja čestica uglja dešavaju se i razne katalitičke reakcije koje znatno smanjuju emisiju štetnih produkata iz ložišta. Brzina sagorevanja čestica VUE se znatno povećava što prati manje izdvajanje čvrstih produkata sagorevanja. Važna pojava koja se uočava pri sagorevanju VUE je čišćenje kotla i kotlovske cevi od starih i sprečavanje formiranja novih naslaga čađi i ostalih produkata sagorevanja. Ovo se objašnjava činjenicom da deo čestica VUE ulazi u ložište i tu eksplodiraju. Kao produkt mikroeksplozija imamo odvajanje nataloženog materijala na kotlovske cevi. Time se smanjuje potrošnja goriva za 30-55% zbog zaprljanosti ložišta.

Dostizanjem navedenih parametara u procesu sagorevanja VUE bez preduzimanja bilo kakvih dugih aktivnosti u startu postižu se sledeći efekti:

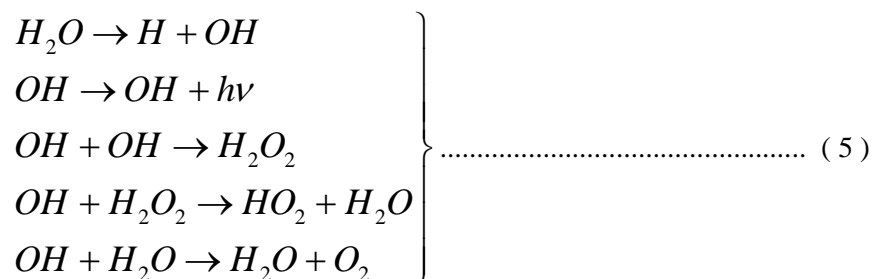
- smanjenje emisije  $\text{NO}_x$  i do 50%,
- smanjenje  $\text{SO}_2$  i do 3 puta,
- smanjenje SO u proseku za 50%,
- smanjenje  $\text{CO}_2$  za 1,5 do 2 puta,
- čađi za 2-3 puta,
- ako se u vodenu masu dodaju određeni rastvori ili ako ovih jedinjenja ima i nakon pranja uglja dobićemo potpunu neutralizaciju ekološki neprihvatljivih oksida S.

- kod proizvodnje VUE u vodenu masu mogu se dodati sve otpadne vode i organska ulja koja će pri sagorevanju pomagati proces.

#### 4.3. Tehnologija dobijanja vodougljenih emulzija (VUE) iz lignita

Bazno svojstvo svih ugljeva pa i lignita daje mogućnost da u postupku hidrogenizacije može doći do reakcije vodonika sa atomima ugljenika. Ova reakcija se može izvesti na dva načina. Prva mogućnost je stvaranje uslova sa veoma visokim pritiskom od 700 - 800 bara i visokom temperaturom od 400-500 ° S. Druga mogućnost jeste pri korišćenju ultrazvučnih efekata gde se pored hemijskih efekata mogu postići i efekti zamene, fizičkog pripajanja i destrukcije postojećih molekula . U ultrazvučnim uređajima na molekularnom nivou stvaraju se uslovi za odvijanje procesa hidrogenizacije i drugih fizičko – hemijskih procesa koji dovode do sonolize vode.

Ultrazvučni režim dovodi do pojave radikalnih čestica sa reakcionom sposobnošću. U slučaju vode karakteristične radikalne čestice nose atom vodonika i hidrosilni radikal :



oblici peroksida formiranih u vodougljenoj emulziji

U vodenoj sredini koja se nalazi u ultrazvučnom režimu prisutne su hidrosilne, peroksidne i druge radikalne čestice i jedinjenja. Hidrosil radikal je najjači oksidans koji može da postoji u vodi i ima jako visok oksidacioni potencijal. Zbog toga je sposoban oksidovati praktično sva organska jedinjenja, jer lako kreće u reakciju sa molekulima koji sadrži aromatični prsten. Aktivacija ovih struktura odvija se na povišenoj temperaturi, i ima veliki značaj u povećanju brzine oksidacije CO do CO<sub>2</sub>.

Pre dovođenja uglja u ultrazvučne uređaje mora se izvršiti njegova priprema. Priprema uglja podrazumeva demineralizaciju odnosno odstranjivanje iz uglja mineralnih nesagorivih materija. Demineralizacija uglja može se vršiti flotiranjem ili pranjem uglja. Flotiranjem uglja odstranjuju se i spoljašnje i unutrašnje mineralne materije, ovaj postupak je izuzetno skup i ne koristi se kod masovne proizvodnje. Pranjem uglja mogu se odstraniti spoljašnje mineralne materije što je za naše uslove sasvim prihvatljiv stepen čišćenja. Pre pranja ugalj je potrebno izdrobiti. Kod klasičnog sagorevanja ugalj se drobi u drobilanama na frakciju – 0 + 40 mm odnosno – 0 + 30 mm. Kapacitet drobljenja u našim drobilanama je 1000 – 1200 t/h ulazne sirovine po jednom mlinu. Broj mlinova na drobilanama obezbeđuje potrebne količine uglja za pojedina postrojenja. I kod pravljenja vodougljenih emulzija ovaj proces bi se zadržao jer frakcija koja se dobija nakon drobljenja odgovara uređajima za pranje uglja. Izdrobljeni ugalj bi se pre odlaganja na deponiji termoelektrane ili pre utovara u vagonu podvrgao procesu pranja u centrifugalnom separatoru.

#### **4.4. Pranje uglja**

Pri izboru postupka i uređaja za demineralizaciju uglja vodilo se računa o efektima, tehnoekonomske opravdanosti, kapacitetu postrojenja i mogućnosti primene u postojećim uslovima. Analizirajući sve postupke za uslove EPS-a najprihvatljiviji postupak demineralizacije uglja je pranje uglja u centrifugalnom separatoru uz hidrauličnu klasifikaciju dvokomponentne smese na ulazu. Kao medij za odvajanje koristi se voda u zatvorenom sistemu rada postrojenja i cirkulacije.

Hidraulički separator u svom radu koristi energiju kod razdvajanja mineralne (jalovine) od organske (ugljene) materije u ulaznoj sirovini:

1. energiju vode koja kontrolisanim pritiskom i količinom konstantno cirkuliše kroz rotacioni bubanj separatora. Mesto ulaska ove količine vode je podešavajuće a izlazak je na najnižem kraju bubnja. Sa tom energijom razdvaja se frakcija I od frakcije III iz VD dijagrama hidraulične klasifikacije.

Na prvoj spiralnoj strani (jalovinska) izdvojiće se frakcija I koju čine čestice isključivo veće specifične težine (jalovina) prečnika  $d_3$  do  $d_2$  i brzine taloženja od  $V_2$  do  $V_2'$ .

Na drugoj spiralnoj strani (ugljena) energija vode izneće frakciju III gde se nalaze čestice isključivo manje specifične težine prečnika od  $d_1$  do  $d_4$  i brzine taloženja od  $V_1'$  do  $V_1$ .

2. dodatna energija vode koja se uvodi na mestu ulaska sirovine u vodeno ogledalo bubnja. Zadatak te vode je da sa podešavajućim pritiskom i količinom razdvojimo mešovitu frakciju II iz VD dijagrama. U toj frakciji nalazi se deo čestica veće gustine (jalovina) dimenzija  $d_1$  do  $d_3$  i deo čestica manje gustine (ugalj) dimenzija  $d_2$  do  $d_4$  a koje imaju zajedničku brzinu taloženja od  $V_1$  do  $V_2'$ . Dodatna voda se može kontrolisati.

3. podešavanjem obrtne brzine i prečnika bubnja kojim se uz visinu spirale ( $h$ ) i odgovarajući kvalitet razdvajanja može postići zahtevani kapacitet pranja.

4. viskozitet suspenzije u kojoj se vrši razdvajanje stalno se povećava. Pošto se radi u zatvorenom sistemu cirkulacije vodene suspenzije poboljšava se kvalitet razdvajanja.

Na osnovu ovih kriterijuma konstruisan je poseban uređaj za pranje. Centrifugalni separator je ustvari blago nagnut cev osnovnog prečnika  $D$ (mm) koji se na krajevima završava konusno na prečnik  $d$ (mm). Sa unutrašnje strane cevi ugrađene su dve spirale visine ( $h$ ) pod uglom od  $45^\circ$  u odnosu na zid cevi. Prva spirala (1) okrenuta je na gore i ona nakon taloženja iznosi jalovinu koja ima veću specifičnu težinu od uglja. Druga spirala (2) okrenuta je na dole i ona van bubnja iznosi ugalj koji je nošen energijom osnovne i dodatne vode. Kroz separator struje dve vrste vode. Osnovna koja se ubacuje sa gornje strane i ona obzirom da je postrojenje pod nagibom stalno cirkuliše kroz separator. Ona na svom putu kroz uređaj iznosi sve čestice uglja i taloži ih u donjem delu separatora gde ih ugljena spirala iznosi van uređaja. Dodatna voda odnosno njena energija koristi se za razbijanje ulazne sirovine na mestu istovara vibro dozatora i razdvajanje mešovite frakcije. Zbog toga se dodatna voda odnosno njena energija može kontrolisano usmeravati u željenom pravcu. Energiju ove vrste vode moguće je kontrolisati u zavisnosti od kapaciteta i prečnika čvrstih čestica uglja i prateće jalovine, odnosno u razlici njihovih specifičnih težina. Ulazna sirovina, odnosno izdrobljeni rovni ugalj se u bubanj ubacuje preko vibrododavača (3) sa raspodelnom pločom na kraju. Zadatak vibrododavača i ploče je kontinuiran i ravnomeran raspored rovnog uglja u vodenom ogledalu bubnja. Zbog toga je kapacitet vibrododavača podešavajući a oblik ploče na kraju izmenljiv.

Ovo su pored navedenih vrlo važna dva faktora koja direktno utiču na kapacitet i kvalitet razdvajanja. Ulazna sirovina dospevanjem u vodenu sredinu u bubnju kreće sa razdvajanjem mineralnog od organskog dela koristeći njihovu razliku u specifičnim težinama i kontrolisanom dotoku vode koja se konstantno ubacuje u bubanj. Zahvaljujući nagibu obrtnog bublja (h) voda stalno cirkuliše u jednom smeru i u tom smeru sa sobom iznosi lakši (organski) deo materije u uglju. Energija osnovne i dodate vode je kontrolisana u zavisnosti od gornje granične krupnoće ulazne sirovine. Krupnija frakcija uglja koju ne može da iznese energija vode istaložiće se na dnu separatora gde se nalazi ugljena spirala (2) koja će ih izneti van bubnja. Ugalj će se od vode odvojiti sistemom sita (5) gde se ugalj deponuje na deponiju ili ide na mlevenje a voda preko taložnika (7) dovodi na jedno mesto i ponovo vraća u sistem. Neorganski (teži) mineralni deo u ulaznoj sirovini će se brže istaložiti na mestu dodira sa vodenim ogledalom zbog veće specifične težine od organskog dela. Na tom delu ga prihvata jalovinska spirala (1) koja ga izbacuje van bubnja a odatle sistemom traka na odlagalište. Da bi se postigli maksimalan kapacitet i kvalitet razdvajanja vrlo je važno pravilno usaglasiti mesto istovara vibrododavača i ravnomeran raspored ulazne sirovine sa energijom vode i veličinom čestica koje se razdvajaju. Podešavanje rada sistema vrši se i regulacijom brzine obrtanja bubnja separatora. Regulacija brzine vrši se preko motora i reduktora (6) i zupčanika po obimu bubnja. Brzina obrtanja bubnja i visina spirala (h) u direktnoj su proporciji sa kapacitetom separatora.

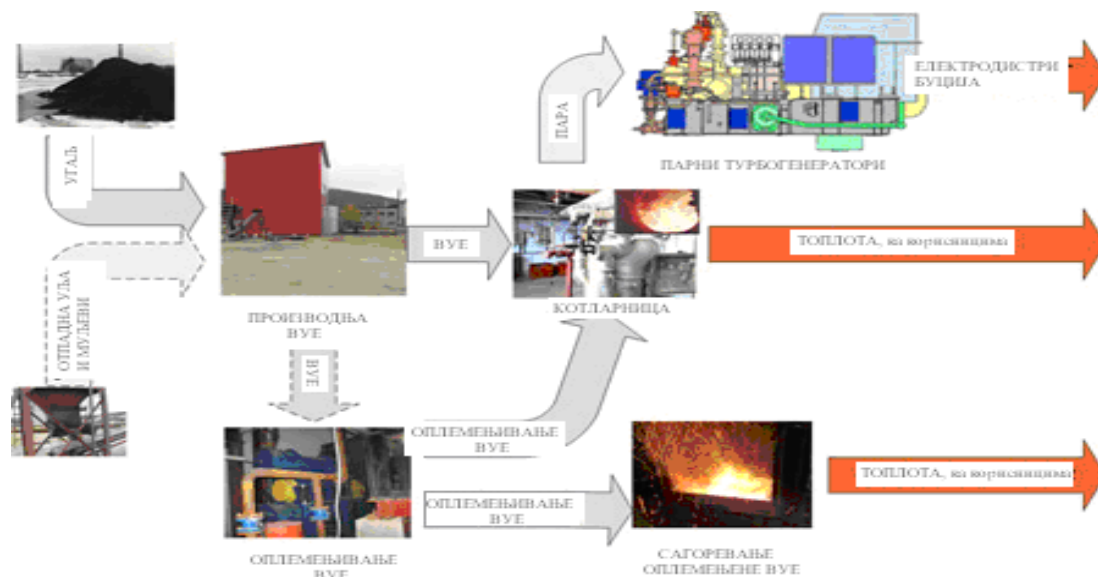
Primenom ovakve tehnologije pranja, odnosno demineralizacije uglja postižu se sledeći efekti:

- ne dolazi do poremećaja postojećih tehnoloških postupaka rudarskih i termoenergetskih postrojenja,
- najveći deo jalovine u uglju (85 – 90 %) se odstranjuje pre mlevenja,
- povećava se kalorična vrednost uglja a time i efekti u termo- postrojenjima
- omogućava se korišćenje niskokaloričnih ugljeva i njihova potpuna valorizacija preko vodougljenih emulzija
- smanjuju se troškovi transporta i ukupni troškovi u termorudarskom sektoru

#### **4.5. Tehnologija pripreme stabilne vodougljene emulzije u ultrazvučnim uređajima**

Sušтина tradicionalne pripreme vodougljene emulzije (VUE) sastoji se u tanko disperzionom mlevenju uglja, njegovom mešanju sa vodom i po potrebi dodavanju različitih hemijskih dodataka radi povećanja fluidnosti i stabilnosti dobijene emulzije. Zbog čega se kao tečna faza mogu koristiti sve vrste industrijskih otpadnih voda i ulja organskog porekla. Odnos uglja i tečnosti u VUE keće se od 50 % : 50 % do 75 % : 25 %. Mlevenje uglja može se vršiti u svim vrstama mlinova u kojima je moguće dobiti frakciju od 0-800 $\mu$  U toj frakciji potrebno je imati najmanje 50 % frakcije od 0-300 $\mu$ . Tako samlevena frakcija sa potrebnom količinom vode upućuje se u ultrazvučni uređaj u kom se završava proces fizičko-hemijskih transformacija dugačkih ugljenih molekula u lakša jedinjenja na bazi reakcija strukture uglja i vode. Ovako pripremljeno gorivo nema potrebe za bilo kakvim dodacima jer ne dolazi do njegovog raslojavanja u periodu od 6 meseci, lako se transportuje kroz cevovod do mesta sagorevanja, tu se intenzivno raspršava i u potpunosti sagoreva.

Na slici br 4. prikazan je ciklus proizvodnje uglja, VUE, toplotne i električne neregije.



Slika br. 4. Ciklus proizvodnje uglja, VUE, toplotne i električne energije.

Na osnovu podataka i svetskih iskustava prelaz sa klasičnog sagorevanja uglja na vodougļenu emulziju u termoenergetskim i komunalnim postrojenjima pri sagorevanju mazuta i uglja znatno se poboljšavaju ekološki i ekonomski efekti. Za primenu ove tehnologije u postrojenjima EPS-a nije potrebno menjati postojeću tehnologiju rada u odnosu na sadašnji način kopanja, pripreme i sagorevanje uglja. Eventualne izmene se sastoje u sledećem:

1. Posle drobljenja ugalj se podvrgava pranju u separatoru. Kapacitet jednog separatora mora biti prilagođen kapacitetu jednog mlina na drobilani.
2. Posle finog mlevenja uglja isti se umesto u ložište ventilatorskim mlinovima usmerava u ultrazvučne uređaje gde sa vodom formira vodougļenu emulziju. Ta emulzija se pumpama transportuje do ložišta i kao svaki tečni energent sagoreva. Ova vrsta vodougļene emulzije može u potpunosti zameniti tečne energente kako pri sagorevanju u toplotnim postrojenjima, tako i pri proizvodnji električne energije.

Kapacitet ultrazvučnih uređaja moguće je prilagoditi potrebnom kapacitetu postrojenja. Za prelazak rada sa vodougļenim emulzijama neophodno je uraditi odgovarajuću projektno-tehničku dokumentaciju prilagođavanja postojećih postrojenja.

#### 4.6. Karakteristike i primena ultrazvuka

Ultrazvuk, predstavlja talase visoke učestalosti, kojim se postižu specijalni efekti u nauci i tehnici. Čovečije uho prepoznaje i poprima rasprostruće vibracije u datoj sredini približne frekvencije od 16 000 promena u sekundi ( Hz ). Promene sa veoma visokim učestalostima predstavljaju efekat ultrazvuka ( u oblasti čujnosti ). Obično ultrazvučni dijapazon opsega se nalazi u pojasu frekvencija od 20 000 do nekoliko milijardi herca. Naučnicima je davno bio poznat uticaj ultrazvuka, međutim praktična njegova zastupljenost u nauci, tehnici i industriji započela je nedavno. Sada se ultrazvuk dosta primenjuje u različitim fizičkim i tehnološkim metodama. Po brzini rasprostiranja zvuka kroz sredinu definisana je njenim fizičkim karakteristikama. Merenje brzine na ultrazvučnim frekvencijama izvodi se sa veoma velikom tačnošću, zbog čega se čine veoma male greške određivanja, na primer, adijabatske karakteristike

brzine odvijanja procesa, uticaja udeonih gasova u toplotnoj razmeni, elastičnost ponašanja čvrstih čestica,... Hemijska tehnologija. Gore opisane metode odnose se na kategorije finih procesa, u kojima su fizičke karakteristike sredine bez promena. Međutim odvijaju se i procesi u kojima je uticaj ultrazvuka na sredinu veoma intenzivan. Tada se u tečnosti razvija jak kavitacioni proces ( obrazovanje velikog broja mehurića, ili kaverni, koji se pri povećanju pritiska kondenzuju ), izaziva esencijalne promene fizičkih i hemijskih karakteristika sredine. Mnogobrojni procesi ultrazvučnog uticaja na hemijski aktivne materije objedinjuju se u naučno-tehničku oblast, nazvanu ultrazvučna hemija. U njoj se aktiviraju i stimulišu takvi procesi, kao hidroliza, oksidacija, premeštanje molekula, polimerizacija, depolarizacija, povećanje brzine reakcije,... Stvaranje ultrazvučnih talasa. Ultrazvuk možemo dobiti od mehaničkih, elektromagnetnih i toplotnih izvora. Mehanički izvori obično potiču od raznih vrsta mehaničkih pulsiranja promenljivog karaktera. U medijum oni emituju vibracije snage do nekoliko kilovata na frekvenciji od 40 kHz. Ultrazvučni talasi u tečnostima i čvrstim materijama običo se pobuđuje mehaničkim, elektroakustičnim, magnetrostrikcionim i piezoelektričnim promenama.

### **5.0. Zaključak**

Na osnovu iznetog može se konstatovati da:

1. Vodougijene emulzije (VUE) su potpuno novi ekološki i ekonomski prihvatljiv energet koji pri sagorevanju u potpunosti može zameniti mazut ili klasično sagorevanje uglja u termoenergetskim postrojenjima.2. Kvalitet vodougijene emulzije moguće je postići i pri otkopavanju niskokaloričnih ugljeva koji će u Srbiji u narednom periodu biti na svim kopovima uglja. Predložena tehnologija je zamena za tehnologiju homogenizacije uglja koja se planira uvesti na našim površinskim kopovima. Predložena tehnologija je ekološki, ekonomski i tehnički prihvatljivija u odnosu na klasičnu homogenizaciju uglja kojom se ne rešavaju osnovni problemi u procesu pripreme i sagorevanja.3. Primenom predložene tehnologije u sadašnjim uslovima rada termoenergetskih i rudarskih postrojenja u EPS-u moguće je uz minimalna ulaganja u rekonstrukciju pojedinih delova u sistemu. Potpunom primenom predložene tehnologije moguće je u kratkom roku rešiti sve ekološke probleme sagorevanja uglja uz minimalna ulaganja. Na ovaj način bi EPS u potpunosti ispunio sve kriterijume koji se međunarodnim sporazumima zahtevaju.4. Primena ultrazvučne tehnologije u industriji još je u razvoju ali svetska naučna iskustva se uveliko primenjuju u svim industrijama pa i u energetici. Zbog toga smatramo da bi i EPS mogao da ovoj tehnologiji posveti posebnu pažnju i u skorije vreme je primeni u svojim tehnološkim postupcima.

### **Literatura:**

1. **Agranat B.A. i dr.** *Osnovy fiziki i tehniki ultrazvuka*. M., 1987
2. **Baulan I.** *Za bar'yerom sl'ysimosti*. M., 1971
3. **Horbenko I.G.** *Zvuk, ultrazvuk, infrazvuk*. M., 1986
4. **Joksimović Tjapkin S.**, *Procesi sagorevanja*, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 1987
5. **Karpov E.G.**, *Vodougol'noe toplivo – tehnologija buduućego* "Energetika i promyšlennost' Rossii", №5, 2007.
6. **Morozov A.G., Mosin S.I., Murko V.I.** *VUT v teploenergetike* "Энергия: экономика, техника, экология. 2007. № 4.
7. **Stanojević P.**, *Istraživanje uticaja procesnih parametara dimnih gasova na optimizaciju elektrofitera*, doktorska disertacija, Novi Sad 2008
8. **Vin'kov A., Imamutdinov I., Medovnikov D., Rozmirovich S., Rubanov I.**, *Rossia v energetičeskoj sfere*, Innovacionnoe biro «Эксперт» M. 2006



# **TRŽIŠNA VALORIZACIJA VANBILANSNOG BOKSITA UZ MAKSIMALNO ISKORIŠTENJE SIROVINSKE BAZE U KOMPANIJI „BOKSIT“ MILIĆI**

## **MARKET EVALUATION OFF-BALANCE BAUXITE TO THE MAXIMUM UTILISATION RESOURCE BASE IN COMPANIES “BAUXITE“ MILIĆI**

**Rajko Dukić, Dragan Simić, Branko Perišić**

*AD „BOKSIT“ MILIĆI*

### **REZIME**

Kompanija „Boksit“ Milići za više od pedeset godina postojanja bila je i ostala najveći evropski proizvođač rude boksita. Višegodišnjom eksploatacijom otkopan je znatan dio rezervi rude. U situaciji kada nema prirasta rezervi, jer je boksitonosni prostor detaljno i potpuno istražen, planovi i koncepcije Kompanije zasnivaju se na tome da se raspoložive rezerve rude, kao neobnovljivi prirodni resurs, racionalno i u potpunosti otkopaju, a da se iskorištena vrednost tog resursa pretaje u druga trajna dobra, što je omogućilo razvoj i drugih kompatibilnih grana i za tržište interesantnih djelatnosti kao što su transport, građevinarstvo, elektro-mašinstvo, proizvodnja hrane i dr., a što sve skupa obezbjeđuje tržišnu i poslovnu stabilnost Kompanije. Kvalitet rude, kao dominantan faktor tržišne vrednosti, je promjenjiv i po lokalitetima i unutar pojedinih ležišta. Vanbilansne rezerve, koje same po sebi ne zadovoljavaju uslove tržišta, otkopavaju se i pripremaju po tehnološkom režimu koji omogućava da se one, uz bilansne rezerve, prevode u robu boljeg kvaliteta i na taj način tržišno i ekonomski iskoriste. Na ovakav način postiže se potpunije iskorištenje dostupnih rezervi kao eksploatacionih, ostvaruje je maksimalni prihod i dobit od prodaje rude, a kroz povećanje količina prodaje rude produžava se vijek rudarske proizvodnje. Ovakvim radom dosadašnje iskorišćenje geoloških rudnih rezervi je preko 70%, a ukoliko se promjene tržišni i tehnološki uslovi prerade rude lošijeg kvaliteta u aluminijumskoj industriji i drugim primjenama, iskorišćenje rude može se još povećati.

**Ključne riječi:** ruda boksita, rezerve, kvalitet, ležište, iskorištenje, površinski kop, jama, homogenizacija, koncepcije, projekti

### **ABSTRACT**

The company “Boksit” Milici for more than fifty years of existence was and still is the biggest European producer of bauxite ore. Throughout many years of exploitation substantial amount of ore has been dug. In the situation where there is no increase of the reserves, because the Bauxite area is thoroughly and completely investigated, the plans and concepts of the Company are to rationally and fully excavate the ore of bauxite, as well as non-renewable natural resources, and that exploited value of that resource is transformed in some other lasting goods. which allowed development of other compatible branches and for market interesting industries such as transportation, construction, electro-mechanical engineering, food production etc., and all of that provides market and business stability of Company. The quality of ore, as the dominant factor in market value, and is variable by location and within the reservoir. Balance reserves, which by themselves do not meet the requirements of the market, dug up and prepared by the technological regime that allows that those, with its balance reserves, translate into better quality goods and thus take the economic advantage on the market. In this way achieves the full utilization of the available reserves as exploitation, achieves the maximum revenue and profits from the sale of ore, and increasing the amount of ore, extends the life of mine production. This work provide the current utilization of geological ore reserves of over 70%, and if the market changes and technological conditions of processing the ore of lower quality in the aluminum industry and other applications, the use of ore can be further increased..

**Key words:** bauxite mining, reserves, quality, bearing, yield, open pit, pit, homogenization, concepts, projects

## UVOD

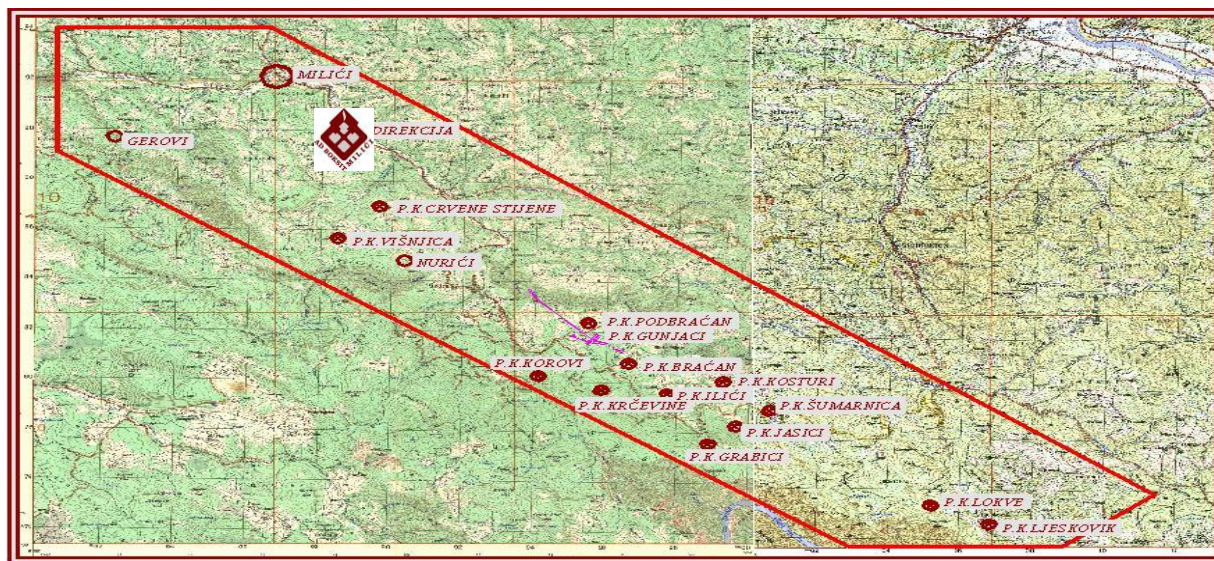
Kompanija „Boksit“ Milići je bila, a i sada je, značajan proizvođač rude boksita.

Osnovni koncept eksploatacije ovog neobnovljivog prirodnog resursa je maksimalno iskorišćenje i racionalizacija raspoloživih rudnih rezervi, što se obezbjeđuje produbljavanjem postojećih kopova i zahvatanje dubljih dijelova ležišta, jamska eksploatacija dubljih dijelova ležišta koja su nedostupna površinskoj eksploataciji i maksimalno iskorišćenje i valorizacija vanbilansnih rezervi rude koja se sistemom homogenizacije sa rudom boljeg kvaliteta isporučuje tržištu.

U iskorišćenju raspoloživih rudnih rezervi, i po količinama i kvalitetu postignuti su nadprosječni rezultati.

## RUDNA LEŽIŠTA

Boksitonosni prostor dužine oko četrdeset i širine do pet kilometara prostire se na potezu od Vlasenice preko područja opštine Milići, prema Srebrenici. Najveći dio produktivne zone nalazi se na području Milića.



Slika br. 1. Boksitonosno područje

Na zapadnom dijelu teritorije, od granice prema opštini Vlasenica, gdje je locirano ležište „Gerovi“ preko ležišta „Crvene Stijene“ koje sa još nekoliko manjih ležišta i to: „Erići“, „Dragošnica“, „Višnjica“, „Nurići“ i „Višnjica“ čine zapadnu zonu, sve do prostora Gunjaka, na kome se pored najvećeg ležišta „Podbraćan“ nalazi skupina od nekoliko ležišta – Gunjaci, Potoci, Nazda, Braćan i Palež, čine dominantnu centralnu zonu do i uz granicu sa opštinom Srebrenica. Na širem prostoru Podravanja u opštini Srebrenica, istočnu zonu čine ležišta „Šumarnica“, „Kosturi“, „Krunići“, „Ilići“, „Grabici“ i „Jasici“. Bliže lijevoj obali Drine smještena su ležišta: „Lokve“, „Mlake“, „Ljeslovačke ravni“ i „Ljeskovik“ koja čine dio zone koja se preko Drine nastavlja od Tare do Zlatibora.

Na boksitonosnom području istraženo je i dokazano oko 60 miliona tona rude boksita. Ležišta su različite veličine, od nekoliko stotina do dvadeset miliona tona, koliko ima ležište „Podbraćan“. Kvalitet boksita je takođe promjenjiv, kako u samom ležištu tako i po ležištima i tu ne postoji nikakva pravilnost.

### **PODACI O RUDI BOKSITA**

Ruda boksita je mineralna sirovina koja ima nezamjenjivu primjenu u proizvodnji aluminijuma, mada je značajnu primjenu našla i u vanaluminijumskoj industriji kao sto su: metaluška, cementna, građevinska, vatrostalna i dr.

U boksitima našeg područja pronađeno je oko 50 hemijskih elemenata. Po zastupljenosti samo deset od njih ima maksimalni sadržaj veći od 1% (kiseonik, vodonik, aluminijum, gvožđe, ugljenik, silicijum, titan, kalcijum, mangan i sumpor). Pet elemenata (fosfor, hrom, vanadijum, kalijum i natrijum) ulaze u sastav maksimalno do 1%, dok svi ostali elementi zajedno sadržajem ne prelaze 1%.



Slika br. 2. Uzorci rude boksita

U procesu dobijanja glince kvalitet boksita se vrednuje sadržajem komponenti: korisne -  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (aluminijum oksid), štetne  $\text{SiO}_2$  i suvišnih – nepoželjnih  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (željezni oksid) i  $\text{H}_2\text{O}$  (vlaga). Uobičajeni naziv za odnos procentualnog sadržaja korisne i štetne komponente je: **Modul**

odnosno:

$$M = \% \text{Al}_2\text{O}_3 / \% \text{SiO}_2$$

Rezerve boksita po kvalitetu se razvrstavaju na bilansne i vanbilansne. Bilansne su sve rezerve koje se sistemom eksploatacije mogu otkopati i rentabilno plasirati na tržište. U vanbilansne svrstavaju se rezerve koje po kvalitetu (niskom sadržaju  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , i visokom sadržaju  $\text{SiO}_2$ ) ne zadovoljavaju uslove tržišta, kao i zbog nemogućnosti ili neekonomičnosti njihove eksploatacije uslovljenih rudarsko-geološkim prilikama (dubine zalijeganja, moćnosti, zavodnjenosti i drugih ograničavajućih faktora). U ovom radu pod pojmom vanbilansnog boksita najčešće se podrazumjeva ruda koja po kvalitetu ne može samostalno da se plasira na tržište.

Granica između bilansnog i vanbilansnog kvaliteta rude vremenom se mijenjala. Početkom šezdesetih godina, kada je ruda prodavana na inostrano tržište, kvalitet je morao biti minimalnog modula  $M = 28$  i sve rezerve koje su bile ispod tog kvaliteta bile su vanbilansne i nisu otkopavane. Kasnije je tržište imalo blaže zahtjeve pa se i granica bilansnosti znatno smanjila. Početkom rada fabrike „Birač“ u Zvorniku 1978. godine, koja je izgrađena na bazi rezervi i kvaliteta našeg boksita, isporučivan je „garantovani kvalitet“ modula  $M = 7,0 - 9,12$ , tako da je i granica između bilansnih i vanbilansnih rezervi boksita modula  $M=7$ .

## OSTVARENA PROIZVODNJA I KVALITET ISPORUČENE RUDE

Od početka rada 1959. godine do 31.03.2011. godine proizvedeno je i isporučeno trežištu 29.772.842 tona rude. Od ovih količina dato je 6.366.141 tona rude vanbilansnog kvaliteta ili 21%.

U tabeli br. 1 navedena su četiri karakteristična perioda rudarske proizvodnje i to: period od osnivanja Preduzeća do početka rada fabrike «Birač» u Zvorniku, drugi period se nastavlja i traje do početka rata, treći period je ratno i poratno vrijeme i period normalizacije rudarske proizvodnje koji i sada traje.

Tabela br. 1. Proizvedene količine i kvalitet rude

Period	Bilansnost	Količine, t	Kvalitet			Učešće, %
			% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% SiO <sub>2</sub>	Modul, M	
1959-1977.	Bilansne	5.761.017	54,48	3,19	17,08	83
	Vanbilansne	1.179.967	50,00	10,00	5,00	<b>17</b>
	<b>Ukupne</b>	<b>6.940.984</b>	53,72	4,35	<b>12,36</b>	100
1978-1991.	Bilansne	13.817.790	52,00	5,70	9,12	79
	Vanbilansne	3.673.083	51,90	10,94	4,74	<b>21</b>
	<b>Ukupne</b>	<b>17.490.873</b>	51,98	6,80	<b>7,64</b>	100
1992-2003.	Bilansne	1.037.194	52,50	6,50	8,08	80
	Vanbilansne	259.299	51,71	8,44	6,13	<b>20</b>
	<b>Ukupne</b>	<b>1.296.493</b>	52,34	6,89	<b>7,60</b>	100
2004-2011	Bilansne	2.790.699	53,10	5,03	10,56	69
	Vanbilansne	1.253.793	51,18	9,78	5,23	<b>31</b>
	<b>Ukupne</b>	<b>4.044.492</b>	52,50	6,50	<b>8,07</b>	100
<b>1959-2011</b>	Bilansne	23.406.701	52,76	5,04	10,47	79
	Vanbilansne	6.366.141	51,40	10,44	4,93	<b>21</b>
	<b>Ukupne</b>	<b>29.772.842</b>	52,47	6,19	<b>8,47</b>	100

Vidljivo je da je u periodu od 2004. godine do danas došlo do značajnog povećanja učešća rude vanbilansnog kvaliteta u proizvodnji i prodaji rude. To je rezultat, prije svega, zbog prekategorizacije rezevi na bazi novih koncepcija rudarske proizvodnje (produbljavanje i zahvatanje rude boljeg kvaliteta na PK «Podbraćan» i jamska eksploatacija na ležištu «Braćan – blok II») i primjena nove tehnologije u pripremi i otpremi rude sistemom homogenizacije. Udio rude vanbilansnog kvaliteta u ukupnoj otpremi rude je 31%.

## HOMOGENIZACIJA RUDE

Homogenizacija rude je pripremni proces kojim se mješanjem ruda različitih kvaliteta pravi kompozit zadatog kvaliteta koji se isporučuje kupcu.

Napomenuto je da se proizvodnja rude vrši na nekoliko lokacija i da je kvalitet vrlo neujednačen, što stvara velike probleme u kontroli kvaliteta dnevnih i lotovskih isporuka boksita. Sa druge strane kupac traži da se svakodnevno isporučuje ujednačen (ugovoreni) kvalitet rude, bez velikih odstupanja naročito kada je u pitanju ruda lošijeg kvaliteta. Iz tih razloga nametnula se potreba da se 2004. godine izgradi objekat za homogenizaciju rude.



Slika br. 3. Utovar i homogenizacija rude

Lokacijski objekat za homogenizaciju rude je smješten u Lukića Polju (u blizini direkcije Kompanije). Na ovom mjestu se sjedinjuju putevi transporta rude koja se proizvodi na dva najveća lokaliteta: Crvene Stijene i Gunjaci-Bračan. Pored raspoloživog prostora od 12 ha, vode, struje, asfaltnog puta i dr., na navedenoj lokaciji se od ranije nalazi vaga, objekti i laboratorije za pripremu i kontrolu kvaliteta boksita.

Tehnika homogeniziranja rude sastoji se u tome da se ruda sa radilišta (kopova i jame), dovezena i deponovana na odvojene deponije, uzorkuje i određuje njen kvalitet. Nakon toga, obradom podataka o kvalitetu, koristeći sofisticirani računarski program koji daje najbolju finansijsku kombinaciju, određuje se odnos miješanja ruda različitih kvaliteta. Miješanje rude - pravljenje kompozita vrši se utovatačem sa poznatom težinom rude pri jednom zahvatu. Kvalitet rude iz kompozita se kontroliše, a nakon toga se ruda utovara i otprema kupcu.

Sistemom homogenizacije, kroz strogo kontrolisanje kvaliteta rude, postiže se racionalnije iskorištenje raspoloživih rudnih rezervi, uz maksimalno korištenje vanbilansnih rezervi, odnosno rude slabijeg kvaliteta.

Sistem deponovanja i homogenizacije rude, pored navedenog, ima i druge prednosti koje se ogledaju u ravnomjernoj i stabilnoj dinamici otpreme rude, koja se direktnom otpremom rude sa kopova često remeti lošim vremenskim uslovima, neispravnošću rudarske mehanizacije i td.

Homogenizacijom rude postižu se značajni finansijski efekti što se ilustruje sledećim primjerom.

Tabela br. 2. Homogenizacija rude

Ruda	Količina, t	Odnos,%	Kvalitet			Vrednost, KM
			% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% SiO <sub>2</sub>	Modul	
Ruda I (dobar kvalitet)	1,00	70%	53,10	10,56	10,56	57,45
Ruda II (loš kvalitet)	0,45	30%	51,18	9,78	5,23	16,93
Kompozit	1,45	100%	52,50	6,50	8,07	74,38

Iz navedene tabele se vidi da ruda lošeg kvaliteta koja nema svoju tržišnu vrijednost, homogenizacijom u navedenom odnosu povećava vrednost kompozita za 16,93 KM, odnosno ona je dobila svoju vrijednost od 37,62 KM/t

## SIROVINSKA BAZA I ISKORIŠĆENJE REZERVU

Na boksitonosnom prostoru od 1956. godine do kraja 1990. godine utvrđene su geološke rezerve od 58.596.428 tona rude. U proteklom periodu otkopano je i isporučeno 29.772.842 tona rude kvaliteta navedenog u tabeli br. 1.

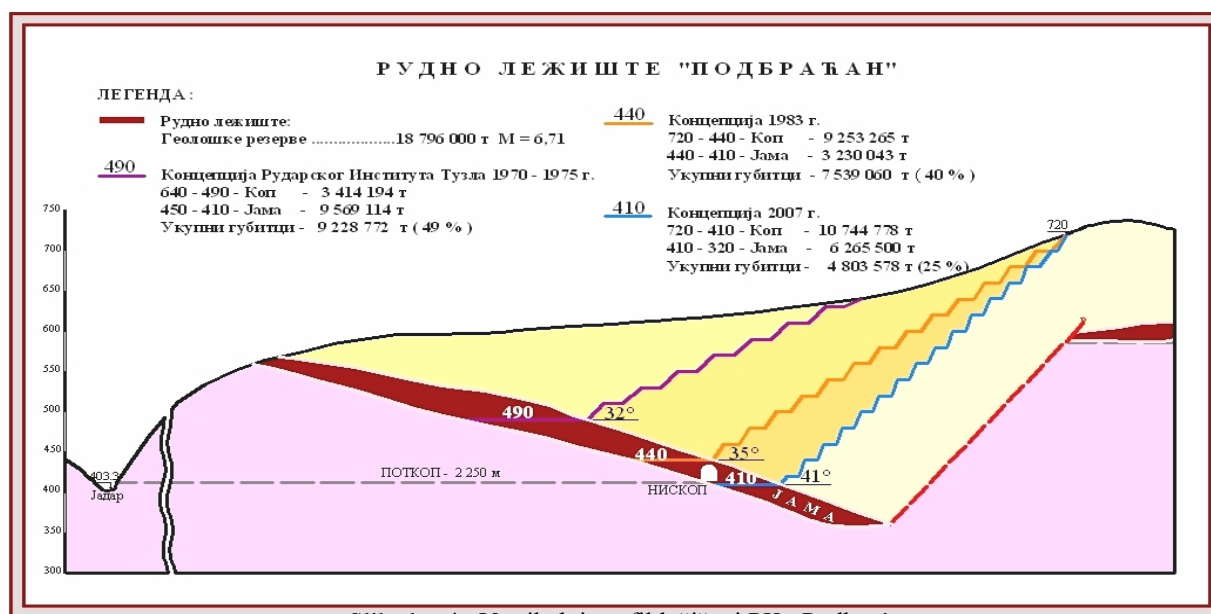
Sirovinsku bazu Kompanije „Boksit“ sada predstavljaju preostale geološke rezerve tri najveća ležišta: „Podbračan“, „Bračan“ i „Crvene Stijene“ koje iznose 16.206.000 tona. Na bazi projektno-tehničke dokumentacije otkopaće se još 11.830.622 tona rude pri čemu je iskorištenje geoloških rezervi 73%

Učešće proizvodnje vanbilasne rude u ukupnoj proizvodnji će se povećati u odnosu na dosadašnje i iznosiće 35%

Tabela br. 3. Rezerve boksita i njihovo iskorišćenje

Geološke rezerve	Količine, t	Eksploatacija rude, t			Neotkopano i ekspl. gubici	Iskorišćenje, %	
		Otkopano	Otkopaće se	Ukupno		Rezervi	Kvaliteta
Bilansne	36.584.241	23.406.701	7.689.704	31.096.605	5.487.636	85	75
Vanbilansne	22.012.187	3.366.141	4.140.718	10.506.859	11.505.328	48	25
Ukupne	58.596.428	29.772.842	11.830.622	41.603.464	16.992.964	71	100

U tabeli br. 3 vidljivo je da će se ukupno utvrđene geološke rezerve rude otkopati sa 71%, a da će učešće rude lošeg kvaliteta u ukupnoj proizvodnji rude za sve vrijeme eksploatacije iznositi 25%.



Slika br. 4. Vertikalni profil ležišta i PK «Podbračan»

## GENERALNA OCJENA

Permanentno povećanje stepena iskorišćenja vanbilasnog boksita, kako zbog promjene tržišnih uslova tako i kroz proces eksploatacije i homogenizacije, omogućava ne samo racionalniju već i jeftiniju i

korisniju eksploataciju sirovinske baze, a što je veoma bitno produženje vijeka trajanja rudarske eksploatacije.

Eksploatacijom preko 10 miliona tona vanbilansnog boksita, koji je otkopan ili će se otkopati, a što čini 48% ukupnih vanbilansnih rezervi, ostvaruje se prihod od više miliona tona.

Povećanje stepena iskorišćenja rudnih rezervi stvorena je mogućnost da se permanentno povećava koeficijent otkrivke, sa 7,70 na 10.83 t/t. Ova činjenica, kao i saznanje do koga smo došli geomehaničkim ispitivanjem da se ugao završne kosine kopa može povećati sa 35° na 41°, omogućio je produblјavanje kopa za 30 metara i dodatno dobijanje 2.150.000 tona rude boksita

Produblјavanje površinskog kopa, koje je tehnološki izvodljivo a ekonomski izuzetno opravdano, omogućava uslove da se spuštanjem kopa na K-410 iz podinskog dijela, znatno jeftnije u odnosu na ranije varijante, pristupi otvaranju jame, obuhvati 6.265.500 tona i otkopa 3.752.000 tona veoma kvalitetnog boksita

# **MOGUĆNOST KORIŠTENJA GEOTERMALNE ENERGIJE ZA POTREBE INDUSTRIJSKIH ZONA I, II i III U BIJELJINI**

## **POSSIBILITY OF USING GEOTHERMAL ENERGY FOR INDUSTRIAL ZONE I, II & III IN BIJELJINA**

**Neđo Đurić<sup>1</sup>, Martinović M.<sup>2</sup>, Radovanović S.<sup>1</sup>, Đurić A.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Tehnički institut Bijeljina*, <sup>2</sup>*Rudarsko-geološki fakultet Beograd*, <sup>3</sup>*Agencija za vode Republike Srpske, Bijeljina*

### **Rezime**

Područje Semberije raspolaže velikim resursima geotermalne energije, što je konstatovano ranijim istražnim bušotinama koje su uglavnom bile za naftu. Iskorištenost resursa u dosadašnjem periodu je simbolična, ali dovoljna da ukaže na opravdanost korištenje geotermalne energije. Posljednjih godina izražen je značajniji interes za korištenje geotermalne energije, prvenstveno za toplifikaciju grada Bijeljine, ali i neke druge manje poslovne i privredne objekte. U radu će se dati prikaz mogućnosti korištenja geotermalne energije i ekonomski efekti njene primjene na dijelu industrijskih zona koje se nalaze na obodu sjevernog dijela grada Bijeljine. Pored ekonomskih efekata, značajni su i ekološki efekti, jer će doći do smanjenja emitovanja štetnih gasova, prvenstveno CO<sub>2</sub> u atmosferu.

**Ključne riječi:** *geotermalna energija, toplifikacija, ekonomski efekti, ekološki efekti*

### **Abstract**

Semberija has large resources of geothermal energy, as noted earlier in the drill holes that were mostly for oil. Resource utilization in the current period is symbolic, but sufficient to indicate the reasons for the use of geothermal energy. In recent years expressed a strong interest in the use of geothermal energy, primarily for heating the town of Bijeljina, and some other small business and commercial property. The paper will provide insight into the possibilities of using geothermal energy and economic effects of its application on the part of industrial zone located on the outskirts of the northern part of the town of Bijeljina. In addition to economic effects, are also significant environmental effects, it will be a reduction in transmission of harmful gases, primarily CO<sub>2</sub> into the atmosphere.

**Key words:** *geothermal energy, heating, economic effects, environmental effects*

### **UVOD**

Prisustvo geotermalne energije u sjeveroistočnom dijelu Republike Srpske i zapadnom dijelu Srbije oko Bogatića, predmet je interesovanja druge polovine dvadesetog vijeka i traje do danas. Tokom pedesetih godina izbušeno je nekoliko bušotina za naftu na području Semberije. Obzirom da nafta nije pronađena, a tople vode nisu bile interesantne, to su dalja istraživanja obustavljena. Do tada urađene bušotine su zatvorene i ostavljene za „neka bolja vremena“

Zainteresovanost građana za mogućnost korištenja toplih voda, izražena je prvo u naselju Dvorovi. Od prvih početaka korištenja vode kao obične kupke, vremenom se razvijao banjski kompleks, tako da danas predstavlja jedan od najmodernijih banjsko rekreacioni centara u Republici Srpskoj.

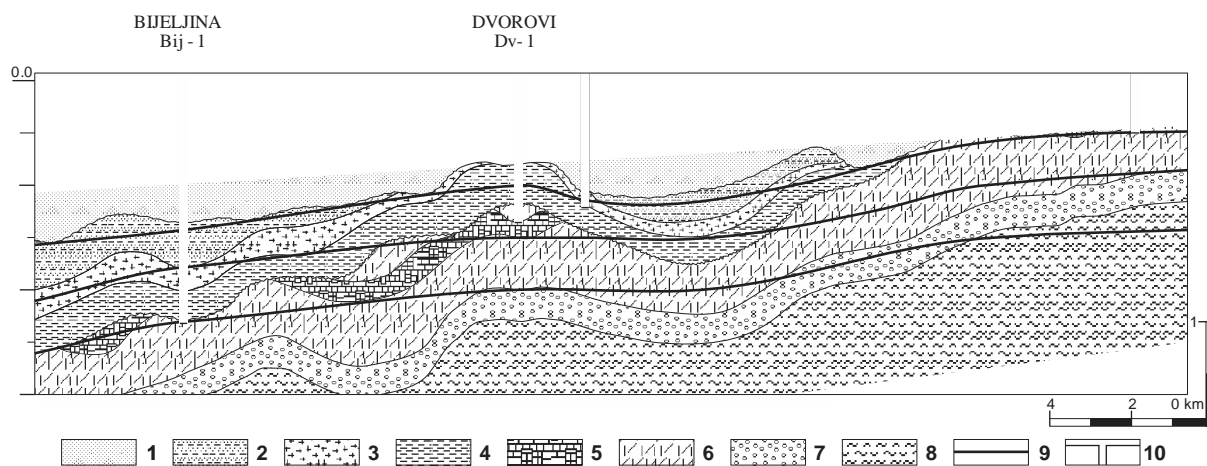
Osamdesetih godina na prostoru Semberije intenzivirana su istraživanja geotermalnih voda u cilju njihovog korištenja za potrebe proširenja banjskih kapaciteta i mogućnosti korištenja energije za toplifikaciju grada Bijeljine. Istraživanja su pokazala da je Semberija zajedno sa područjem Mačve veliko nalazište termalnih voda.



Početkom ovog vijeka odobrena je koncesija za toplifikaciju grada Bijeljine. Njena realizacija se očekuje u narednih pet do deset godina. Kako je geotermalni kompleks veliki, to se otvaraju mogućnosti za korištenje energije u industrijske svrhe. Tako se danas razrađuje mogućnost korištenja tople vode za industrijske zone, koje se nalaze na sjevernom dijelu grada Bijeljine, a izvan istražnog prostora predviđenog za toplifikaciju grada Bijeljine

## OPŠTE GEOLOŠKE I HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE

Geološki sastav površine terena u području istraživanja je relativno jednostavan. Prema podacima OGK list "Bijeljina" 1:100.000 sačinjavaju ga sedimentne stene kvartarne starosti. Do dubine oko 2,5 km, u građi terena učestvuju tercijarni i mezozojski sedimenti, slika 1.



Slika 1. Geotermalni procesi terena Semberije - krovinški izolator u hidrogeotermalnom sistemu  
 1. neogene gline i pijeskovi, 2. paleogeni pješčari - rezervoar hidrogeotermalnih fluida, 3. gornjokredni krečnjaci,  
 4. gornjokredni laporci i pješčari, 5. srednjotrijaski dolomiti, 6. srednjotrijaski krečnjaci - podinski izolator  
 hidrotermalnom sistemu, 7. donjotrijaski pješčari i krečnjaci, 8. paleozojski škriljci, 9. izoterma, 10. bušotina  
 Figure 1 Geothermal processes Semberije ground - hanging insulator in the hydro-geothermal system  
 1st Neogene clay and sand, 2 Paleogene sandstones - hydro-geothermal fluid reservoir, 3 Upper Cretaceous  
 limestones, 4 Upper Cretaceous marls and sandstones, 5 Middle Triassic dolomite, 6 Middle Triassic  
 limestone - foot wall insulator hydrothermal system, 7 Lower Triassic sandstones and limestones.  
 8 Paleozoic sediments, 9 isotherm, 10 wells

Kvartarni sedimenti (Q) imaju veliko prostranstvo i moćnosti su od 30,0 – 60,0 m, a u njima dominira šljunkovita komponenta sa valuticama prečnika 2,0 – 20,0 cm. Valutice su porijeklom od krečnjaka, rožnjaca, pješčara, kvarcita i magmatskih stijena.

Pliopleistocenski sedimenti (Pl, Q) učestvuju u sastavu velikog dijela površi terena. Predstavljani su sivosmeđim glinama sa malo karbonatnih konkcrcija, a prisutna su sočiva šljunka i pijeska. Miocenski sedimenti (M) predstavljani su peščarima i laporcima, do masivnim i bankovitim lajtovačkim i litotamnijskim krečnjacima debljine 20,0 – 140,0 m. Najbliži izdanci podloge tercijarnih sedimenata, odnosno rezervoara, nalaze se po obodu uže istraživanog terena, odnosno u slivu rijeke Tavnje, u Pocerini, u okolini Banje Koviljače i na južnim padinama Fruške Gore. Kredni sedimenti (K) čini podlogu tercijarnih sedimenata. Za geotermalnu potencijalnost najbitniji je paket krečnjaka koji ima veliko rasprostranjenje na ovom području. Oni su masivni, bankoviti, a rjeđe slojeviti. Karstifikacija je mestimično veoma dobro izražena. Preko njih

leži kredni fliš, koji prelazi u paleogen. Najveća debljina ovih krednih sedimenata je baš na području grada Bijeljine. Tu iznosi oko 950 m. Prostirući se prema obodnim dijelovima Semberije i Posavine ona se postepeno smanjuje, da bi na južnom i zapadnom delu izbila na površinu kod Tavne i Teočaka, a na istoku, prema Mačvi iščezava.

Trijasi sedimenti (T) nalaze se na većim dubinama ispod 1.300,0 m, a predstavljeni su krečnjacima i dolomitima. Obzirom na nagib slojeva od istoka ka zapadu, to se dubina do pojedinih sedimenata povećava. Podaci o geotermalnim karakteristikama ovog područja dobijeni na osnovu analize i reinterpetacije rezultata djelimičnih geoloških istraživanja, sastava, debljine i razvoja Zemljine kore ovog i susednih dijelova bivše Jugoslavije. Debljina Zemljine kore na području Semberije je relativno dobro poznata zahvaljujući rezultatima dubokih seizmičkih ispitivanja vršenih za ovu namenu, a kreće se od 25,0 – 27,0 km.

U toku neogena i kvartara teren je bio zahvaćen intenzivnom tektonskom aktivnošću, gdje neotektonska etapa traje od srednjeg miocena pa do danas. Tokom vremena, pojedini tektonski blokovi i geotektonske jedinice različito su se tektonski ponašali. Posmatrano lokalno, područje Semberije predstavlja depresiju tercijarnog i kvartarnog basena koji je ranije spušten, a od nedavno je počeo da se lagano izdiže brzinom od 0,0 – 0,2 mm/god, obzirom da se nalazi u obimu velikog bloka.

Prognozne vrijednosti temperature stijenskih masa i geotermalnih fluida dobijeni na nekim istražnim bušotinama na području Semberije i Posavine u uslovima nestacionarnog temperaturnog polja, date su u tabeli br. 1, iako se može smatrati da su realne vrednosti znatno više.

Tabela br. 1. Prognozne vrijednosti temperature stijenskih masa i geotermalnih fluida  
Table. 1 Prognostic value of the temperature of the rock mass and the geothermal fluid

Bušotina	Dubina (m) / (°C).						
	500	750	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
V – 1	35,2 <sup>1</sup>	47,3 <sup>1</sup>	53,2 <sup>1</sup>	67,6 <sup>2</sup>	86,4 <sup>2</sup>		
V – 2	31,1 <sup>1</sup>	41,2 <sup>1</sup>	51,2 <sup>1</sup>	71,3 <sup>2</sup>	91,4 <sup>2</sup>		
V – 3	36,5 <sup>1</sup>	49,2 <sup>1</sup>	61,9 <sup>1</sup>	87,4 <sup>2</sup>	112,8 <sup>2</sup>		
Po – 3	34,8 <sup>1</sup>	46,6 <sup>1</sup>	58,5 <sup>1</sup>	82,3 <sup>2</sup>	106,0 <sup>2</sup>		
S – 1		50,6 <sup>1</sup>	63,0 <sup>1</sup>	88,3 <sup>2</sup>			
Bij – 1		49,8 <sup>1</sup>	62,1 <sup>1</sup>	81,5 <sup>1</sup>	101,0 <sup>1</sup>	123,0 <sup>2</sup>	145,0 <sup>2</sup>
Dv – 1		52,6 <sup>1</sup>	65,9 <sup>1</sup>	92,3 <sup>2</sup>	116,2 <sup>2</sup>		

<sup>1</sup>Interpolovane vrijednosti temperature, <sup>2</sup>Ekstrapolovane vrijednosti temperature

Porijeklo termalnih voda u krednim i trijaskim krečnjacima na području Semberije, pokazuje da se sistem prihranjuje, obzirom da je dosadašnjim istraživanjima utvrđeno miješanje mladih voda (mladih od 50 godina) sa starim vodama, čija je starost prema sadržaju izotopa <sup>14</sup>C od 16.000 – 24.000 godina. Detaljnije posmatrano, može se zaključiti da se radi o ogromnoj jedinstvenoj karsnoj izdani, gdje se nalaze vode male mineralizacije sa povećanim sadržajem pojedinih komponenti kao posledicom dubine.

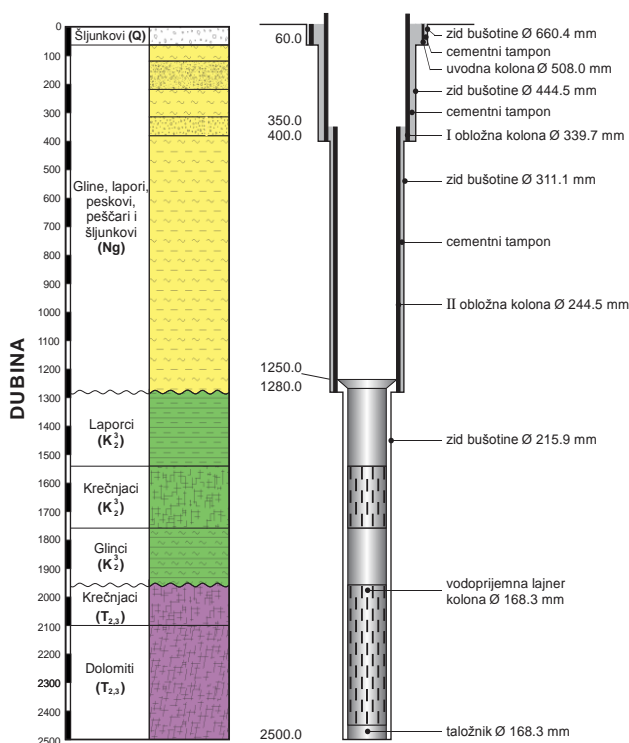
Hidrogeotermalni sistem na području Semberije karaktertiše rezervoar koji se nalazi u mezozojskim sedimentima i čine ga kredni krečnjaci i trijaski krečnjaci i dolomiti. Predstavlja jedinstvenu karstnu izdan, gdje se nalaze vode male mineralizacije sa povećanim sadržajem pojedinih komponenti kao posljedicom dubine. Pri tome se tople vode mogu racionalno eksploatisati u cilju korištenja toplotne energije.

## EKSPLOATACIONE KARAKTERISTIKE

Industrijske zone I, II i III nalaze se na sjevernom dijelu grada Bijeljine, a koje obuhvataju različite proizvodne programe. Mogućnost korištenja geotermalne energije je različita, od potreba za toplotne svrhe, do mogućnosti njenog korištenja u nižim temperaturnim intervalima kod različitih proizvodnih programa ili objekata koji se koriste u rekreacione svrhe. Iskustva iz zemalja koje koriste geotermalnu energiju, kao i zainteresovanost privrednih subjekata, dovoljna su garancija da će se projekat eksploatacije geotermalnih voda u cilju iskorištavanja toplotne energije biti uspješno realizovan.

Geotermalna energija akumulirana je u arteskim termalnim vodama u gornjokrednim krečnjacima i trijaskim krečnjacima i dolomitima, kao i u samim stenskim masama. Dosad konstatovana ukupna debljina ovih stijena iznosi oko 1.000 m, odnosno procenjuje se na oko 1.500 m maksimalno. Temperatura u kolektoru voda od 90 – 130°C.

Eksploatacija geotermalne energije samo iz termalnih voda u gornjokrednim i trijaskim krečnjacima i dolomitima, može se racionalno vršiti pomoću pojedinačnih vertikalnih dubokih bušotina oko 2.500 m. Glavnim rudarskim – tehničkim projektom definisaće se način eksploatacije i korištenja energije. Obzirom da se kolektor toplih voda nalazi na velikoj dubini, neophodno je provesti istražno bušenje do dubine oko 2.500,0 m, slika 2. Nakon završetka bušenja i sagledavanja svih podataka sa bušotine, ista će služiti kao eksploataciona.



Slika 2. Geološki profil i konstrukcija geotermalne istražno-eksploatacione bušotine  
Figure 2 Geological profile and construction of geothermal exploration-exploitation wells

Za potrebe industrijskih zona planirana su dva eksploataciona bunara, koja bi godišnje eksploitala oko 2.000.000 m<sup>3</sup> tople vode. Prema tehničko-tehnološkim standardima pretvaranja energije tople vode u električnu, iz jednog m<sup>3</sup> proizvede se 50 KWh energije za grijanje. Duboke bušotine će imati dvostruku ulogu i to kao istražne i eksploatacione. Iz pojedinačnih bušotina crpiti će se termalna voda i

toplotna energija, koja će se dalje slati u zajednički rezervoar. Način iskorištavanja energije i njena distribucija definisati će se drugim projektima. Takođe, definisati će se mogućnost iskorištavanja cjelokupne toplotne energije od cca 100°C do 16°C, kada se voda može ispustiti u otvoreni vodeni tok. Ova varijanta je najprihvatljivija i ekonomski najpovoljnija, te će se kao takva uzeti u ozbiljna razmatranja i na njoj će se bazirati buduća ekonomska opravdanost.

Nakon izbušenog prvog eksploatacionog bunara i definisanja njegovih karakteristika, detaljnije će se znati polazni pokazatelji, prvenstveno gdje će biti tačno položaj druge bušotine. Završetkom drugog eksploatacionog bunara i njegovim stavljanjem u puni kapacitet, definisaće se osnovne hidrogeološke karakteristike kolektora, njihova međusobna zavisnost, te maksimalna pojedinačna izdašnost.

### **EKONOMSKA OCJENA RENTABILNOSTI EKSPLOATACIJE**

Ekonomska analiza obuhvatila je efekte ulaganja u eksploataciju geotermalnih voda za potrebe industrijskih zona, prema podacima potencijalnih korisnika usluga geotermalne energije u narednih deset godina. U okviru ekonomsko-finasniske analize analiziran je predračun potrebnih ulaganja u osnovna i obrtna sredstva, kao i izvori finansiranja i obaveze prema izvorima, rezultati poslovanja i bilans uspjeha te finansiski, ekonomski i društveni tok projekta. Takođe, kao bitan faktor analiziran je i socioloski aspekt, obzirom da će se postići mnogobrojni kvaliteti kao što je čist grad, kvalitetno grijanje, jeftina energija, trajno rješenje snabdijevanja industrijskih zona u punom kapacitetu obnovljivim izvorima energije. Ekonomska ocjena projekta sa aspekta praktične realizacije, polazi od pogodnosti prirodnih uslova, što zahtijeva da se prirodno bogastvo racionalno iskoristi na najbolju ekonomsku i svaku drugu korist. Ocjena je data preko statičke i dinamičke analizu projekta.

**Kod statičke ocjene projekta**, za izvodjenje dokaza statičke analize uzete su reprezentivne godine i elementi investicije. Za reprezentivne godine uzete su peta i deseta godina. Peta godina sa 82,45% realizacije ulaganja u postrojenja, gdje stepen eksploatacije geotermalne vode doveden gotovo do 100% projektovane tehničkih i geoloških kapaciteta. Deseta godina potpuno zaokružuje investiciju, gdje su svi krediti otplaćeni, a nastavak eksploatacije se nastavlja u narednih dvadeset godina vlastitim kapitalom sa potpuno instaliranim tržištem u okviru industrijskih zona, grada Bijeljine.

Rentabilnost ukupnih poslovnih sredstava, čije su vrijednosti iskazane su u KM x 10<sup>3</sup>, date su u proračunu, primjenom sljedećih jednačina:

$$R_{\text{ups } 5} = \frac{\text{Neto-dobit}}{\text{Osn. sred. + Obrt.sred.}} = \frac{3.897}{62.245} = 0.062607$$

$$R_{\text{ups } 10} = \frac{\text{Neto-dobit}}{\text{Osn. sred. + Obrt.sred.}} = \frac{11.030}{62.245} = 0,177219$$

Poslije pete godine instalirano postrojenje treba da donese dobit od 6.2607% na uložena sredstva u investiciju, a desete godine taj procenat se povećava na 17.7219% što se smatra rentabilno ulozenim sredstvima.

Rentabilnost prometa iskazana je kroz sljedeći proračun:

$$\text{Neto-dobit} \quad 3.897$$

$$R_{p,5} = \frac{\text{Neto-dobit}}{\text{Ukupan prihod}} = \frac{11.030}{12.360} = 0,31529$$

$$R_{p,10} = \frac{\text{Neto-dobit}}{\text{Ukupan prihod}} = \frac{11.030}{20.893} = 0,55279758$$

Investicija koja od 31.529% ukupnog prihoda ide u dobit, pokazuje efikasnost ulaganja. Kako je taj koeficijent porastao za samo 5 godina na 55.27975%, to dalje polazuje da sa uhodavanjem postrojenja raste i efikasnost eksploatacije.

**Dinamička analiza projekta**, obuhvatila je razradu finansijskih rezultata investiranja i poslovanja organizacije koja se bavi eksplotacijom geotermalnih voda. Analiziran je period od 10 godina, do kada se realizuje investicija i otplaćuje kredit u potpunosti, odnosno vraćaju se sva uložena sredstva u investiciju. Nastavak korištenja eksploatacije geotermalne energije, više nije opterećen finansijskim ulaganjima, nesigurnošću tržišta i drugim nepredvidivim faktorima, što investiciji čini povoljnom.

Metod razdoblja povrata investicionih ulaganja, dat je u sljedećem proračunu, gdje su vrijednosti iskazane su u KM x 10<sup>3</sup>:

$$\sum_{n=0}^{t=5} TI_n^t \quad / \quad \sum_{n=0}^{t=5} NP_n^{ep} = \frac{\text{Net. prim.} \quad 15.095}{\text{Ukupn. inv.} \quad 62.245} = 0,2425094$$

$$\sum_{n=0}^{t=8} TI_n^t \quad / \quad \sum_{n=0}^{t=8} NP_n^{ep} = \frac{\text{Neto prim.} \quad 40.916}{\text{Ukup. inv.} \quad 62.245} = 0,6573379$$

$$\sum_{n=0}^{t=10} TI_n^e = \sum_{n=0}^{t=10} NP_n^{ep} = \frac{\text{Neto primici} \quad 51.946}{\text{Ukupno invest.} \quad 62.245} = 0.8345409$$

gdje je:  $TI^e$  – ukupne investicije u ekonomskom toku;  $NP^{ep}$  – neto-primici u ekonomskom toku  
 $t_p$  – razdoblja povrata investicionih projekata;  $n$  – godina u vijeku projekta

Dobiveni rezultati pokazuju dinamiku vraćanja uložених sredstava. Za pet godina, vraća se 24.25% uložених sredstava kroz ostvarne neto dobitke, a za osam godina investicija se otplaćuje 83.45% projekta. Cjelokupno uložena osnovna sredstva otplaćuju se za deset godina, tako da se od tog perioda ostvaruje čistu dobit.

## ZAKLJUČAK

Ranije izbušene bušotine za potrebe nafte, pokazale su da se na prostorima Semberije nalaze tople vode koje su interesantne u dijelu korištenja geotermalne energije. Termalne vode vezane su za kredne i trijaske krečnjake na području Semberije, rasprostranjene u ogromnoj jedinstvenoj karsnoj izdani. Vode su male mineralizacije sa povećanim sadržajem pojedinih komponenti kao posledicom dubine.

Korištenje toplih voda za industrijske zone I, II i III, koje se nalaze se na sjevernom dijelu grada Bijeljine, vezano je za različite proizvodne programe. Eksploatacija toplih voda iz kojih će se uzimati energija, vršit će

se iz gornjokrednih i trijaskih krečnjaka i dolomita, pomoću vertikalnih dubokih bušotina oko 2.500 m. Za potrebe industrijskih zona planirana su dva eksploataciona bunara, koja bi godišnje eksploatisala oko 2.000.000 m<sup>3</sup> tople vode. Prema tehničko-tehnološkim standardima pretvaranja energije tople vode u električnu, iz jednog m<sup>3</sup> prozvede se 50 KWh energije za grijanje. Dobiveni rezultati o ekonomskoj rentabilnosti pokazuju da se za pet godina, vraća se 24.25% uloženi sredstava kroz ostvarne neto dobitke, a za osam godina investicija se otplaćuje 83.45% projekta. Cjelokupno uložena osnovna sredstva otplaćuju se za deset godina, tako da se od tog perioda ostvaruje čistu dobit. Pored ekonomskih zadovoljeni su i sociološki i ekološki efekti. Jedni su vezani za povećanu zaposlenost i stvaranja određene dobiti, a drugi za čistiju životnu sredinu, obzirom da je geotermalna energija zamjenski ekološki energent za postojeće „nečiste energente“.

#### **LITERATURA**

1. Acin Đ., Bodiroža M.M.: Međunarodna ekonomija. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Srpsko Sarajevo 2002.
2. Djuric N.: Geothermal Energy New Energetic Reality in the Area of Semberija, Republic of Srpska – Bosnia and Heryegovina. 10 th International Mine Water Association Congress. Poster session 1. Karlovy Vary, Czech Republic 2008.
3. Đurić N., Jovanović L.: Perspektive geotermalne energije u Republici Srpskoj. Međunarodni naučni skup "100 godina hidrogeologije u Jugoslaviji". Beograd 1997.
4. Milivojević M., Perić J.: Geotermalna potencijalnost Mačve, Semberije i Srema. XI Kongres geologa Jugoslavije, knj. 5, SGD-SITGMSJ, Beograd 1986.
5. Stavrić B., Šarčević M.: Osnovi teorije mikroekonomije. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Srpsko Sarajevo 2004.

# **EKONOMSKO-FINANSIJSKI INSTRUMENTI EKOLOŠKE POLITIKE RACIONALNOG KORIŠĆENJA MINERALNIH RESURSA**

## **ECONOMIC AND FINANCIAL INSTRUMENTS OF ENVIRONMENTAL POLICY FOR MINERAL RESOURCES' RATIONAL USAGE**

**Zoran Jakovljević<sup>1</sup>, Slobodan Spasić<sup>1</sup>, Tea Spasojević<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Univerzitet Singidunum, Fakultet za primenjenu ekologiju - Futura, Beograd*

<sup>2</sup> *Institut za ispitivanje materijala IMS, Beograd*

### **Abstrakt**

Mineralni resursi pripadaju širokoj grupi neobnovljivih resursa, prvenstveno zbog toga što je za njihovo stvaranje potrebno više miliona godina. S obzirom da prilikom eksploatacije i procesiranja mineralnih resursa dolazi do emisije polutanata u životnu sredinu, degradacije prostora, kao i iscrpljivanja prirodnih sirovina racionalno korišćenje mineralnih i drugih resursa postavlja se kao imperativ u kreiranju ekoloških politika u razvijenim zemljama. Ovaj rad je pokušaj sagledavanja mogućnosti primene kako konvencionalnih fiskalnih instrumenata, tako i modernih mera poput reciklaže ili supstitucije. Poseban osvrt biće dat analizi uloge naknade za korišćenje mineralnih sirovina u domenu valorizacije i očuvanja prirodnog kapitala.

**Ključne reči:** Ekološka ekonomija, neobnovljivi resursi, prirodni kapital.

### **Abstract**

Mineral resources belong to a broad group of non-renewable resources, primarily due to a period of millions of years needed for their creation. Given that the exploitation and processing of mineral resources lead to the emission of pollutants into the environment, a spatial degradation, and the exhaustion of natural resources, a rational usage of mineral and other resources is posed as an imperative in the creation of environmental policies in developed countries. This paper is an attempt to discover the possibilities of application of conventional fiscal instruments, and modern measures such as recycling and substitution. A special review will be given to the analysis of the role of fees for the usage of mineral resources in the area of evaluation and conservation of natural capital.

**Key words:** Ecological economics, non-renewable resources, natural capital.

### **UVOD**

Prirodni resursi obuhvataju dve velike grupe. Prvu grupu čine osnovni prirodni resursi koji su neophodni za opstanak i razvoj života na planeti, a to su biološki sistemi Zemlje, zemljište, podzemne i površinske vode, atmosfera, okeani i dr. Drugu grupu čine resursi koji se koriste za razvoj i napredak ljudske kulture i civilizacije, odnosno za obezbeđivanje prosperiteta ljudskog društva. Eksploatišu se i prerađuju u proizvodnim procesima, pri čemu se koriste materijali biološkog porekla: drvo, metali i nemetali, prirodni energetske resursi i dr [1]. Koji se delovi prirode javljaju kao prirodni resursi zavisi, između ostalog, od dostignutog nivoa razvijenosti tehnike i tehnologije, od ekonomskih mogućnosti i celishodnosti korišćenja, i stepena istraženosti i poznavanja resursa.

Mineralni resursi, s obzirom na geološku građu naših terena veoma su raznovrsni u pogledu vrsta, količina, kvaliteta i ekonomskog značaja. U širokoj lepezi prisutni su metalni, nemetalni i energetske mineralni resursi. Energetske mineralni resursi imaju poseban značaj u energetici Srbije, kako u elektroenergetici, tako i u termoenergetici.

## **EKOLOŠKE POSLEDICE EKSPLOATACIJE MINERALNIH RESURSA**

Prisutnost i upotreba fosilnih goriva u svakodnevnom životu govori o njihovom značaju, a sa druge strane ona predstavljaju glavni razlog zagađenja. Ovo stvara paradoksalnu situaciju u kojoj upotreba fosilnih goriva, čiji je cilj bolji kvalitet života, vodi ka degradaciji osnovnih životnih uslova [2]. Iskorišćavanjem jednog prirodnog resursa, delimično ali dugotrajno, sa tendencijom rasta, uništavamo druge prirodne resurse. To je direktna i odmah vidljiva šteta na samom početku eksploatacije rude. Ostale štete manifestuju se kroz zagađivanje životne sredine.

Jalovine rudnika metala, na primer, izložene su neprekidnom dejstvu vetra. U njima se odvijaju hemijski procesi rastvaranja većine prisutnih minerala i teških metala, kao i spiranja njihovih jona u vodotokove, čime se ugrožava, a negde i u potpunosti uništava flora i fauna. Erozijom odlagališta i jalovišta od strane površinskih voda ili od atmosferskih padavina, takođe, nastaju ozbiljna zagađenja vodotokova. Kod nailaska velikih voda plavi se priobalno, po pravilu, kvalitetno poljoprivredno zemljište i trajno zagađuje štetnim jonima teških metala.

Rudnici lignita i termoelektrane u kojima lignit sagoreva radi proizvodnje elektroenergije takođe su veliki zagađivači životne sredine. Pošto se u našim termoelektranama vrši sagorevanje niskokvalitetnog lignita koji ima veliki sadržaj pepela, količine pepela koje se generišu su izuzetno velike. Procenjeno je da se u termoelektranama Nikola Tesla A i B u Obrenovcu generiše oko 6 miliona tona elektrofilterskog pepela na godišnjem nivou.

Problem deponovanja pepela iz termoelektrana je daleko složeniji i skuplji od deponovanja flotacijskih jalovina. Odlaganje pepela i šljake je često osnovni razlog za zatvaranje termoelektrana. Put od goriva do razvijenog depozita je kompleksan i podrazumeva veliki broj varijabli koje utiču na odlaganje pepela i šljake. Odlaganje ovih materijala je ozbiljan posao koji zahteva znanje iz više disciplina. Metodi transporta i odlaganja ovih ostataka, njihova distribucija i sastav govore o njihovom mogućem uticaju na životnu sredinu [2]. Velike količine otpadnog materijala nastaju u rudarskoj proizvodnji i tehnološkoj pripremi ruda za metaluršku i hemijsku preradu. Tako nastaju velike površine degradiranog zemljišta koje, prema ekološkim i privrednim standardima, predstavljaju otpadno zemljište.

Da bi industrijski sistemi funkcionisali u ekološkim uslovima, neophodno je, pored rekultivacije degradiranih zemljišta i jalovišta, reciklirati sve otpadne materijale. Recikliranju se pridaje veliki značaj i zbog smanjenja upotrebe primarnih sirovina, budući da se proizvodi ponovo koriste ili izrađuju od recikliranog materijala. Manje korišćenje primarnih sirovina čuva prirodne resurse, isto kao što smanjuje i zagađenje od strane fabrika koje ih prerađuju u finalne proizvode [3].

## **ODRŽIVI RAZVOJ I MINERALNI RESURSI**

Poslednjih godina se posebno insistira na razradi kriterijuma i indikatora održivog razvoja prirodnih resursa, što je značajno i za mineralne sirovine. Preko ovih instrumenata utvrđuje se značaj mineralnih sirovina sa ekonomskog i društvenog stanovništva, kontroliše njihov negativan uticaj na životnu sredinu u svim fazama njihovog tretmana i donose ključne odluke u realizaciji mineralne strategije određene države. Postoje već čitavi setovi razrađenih kriterijuma i indikatora održivog razvoja za mineralne sirovine u EU, SAD, Kanadi, Velikoj Britaniji i drugim zemaljama, koji uspešno funkcionišu, ali se i permanentno usavršavaju [4]. Mineralne sirovine su od izuzetnog značaja za ekonomski i ukupni društveni razvoj svake države i zbog toga je potrebno obezbediti dugoročno i stabilno snabdevanje privrede iz domaćih ili



inostranih izvora, kao i njihovo racionalno, efikasno i efektivno korišćenje. Za mineralne resurse neophodno je sveobuhvatno identifikovati i ispitivati tokove od njihove geneze, preko geoloških istraživanja, eksploatacije, tehnološkog tretiranja i korišćenja do njihovog povratka u životnu sredinu u vidu zagađujućih materija ili otpada. Složena analiza celog lanca životnog ciklusa materijalnih resursa pomaže u identifikaciji i proceni kritičnih tačaka duž tokova materije sa uključivanjem prevencije zagađenja. Osim informacije o uslovima eksploatacije, neophodno je i obuhvatanje elemenata uslova i načina pripreme i prerade mineralnih sirovina, kao i obuhvatanje njihovih utvrđenih tehnoloških karakteristika u cilju kvalitetnog praćenja njihovih komponenata važnih za životni ciklus materija u navedenim tokovima.

## **EKONOMSKO-FINANSIJSKI INSTRUMENTI U U ZAŠTITI ŽIVOTNE SREDINE**

Spoznajom da ekonomski i industrijski razvijena područja vrše jako štetan uticaj na okruženje, degradirajući životnu sredinu i ugrožavajući zdravlje ljudi, došlo je do stvaranja novog razvojnog okvira prihvaćenog kao održivi razvoj. Tako su ekonomski instrumenti i njihova integracija u politiku životne sredine postali veoma aktuelna tema. Ekonomski instrumenti našli su svoju primenu ne samo u zaštiti životne sredine već i u promociji održivog razvoja kroz uvođenje novih, čistih tehnologija. To je imalo za posledicu kako povećanje investicija u oblasti životne sredine u procentima bruto nacionalnog dohotka, tako i održivi industrijski razvoj, otvaranje novih radnih mesta i poboljšanje efikasnosti u preduzećima.[5]

Politika životne sredine sprovodi mere za poboljšanje stanja i redukciju zagađenja životne sredine uz istovremenu primenu instrumenata ekonomskog razvoja. Fundamentalni razlog za uvođenje ekonomskih instrumenata u politiku životne sredine jeste supstitucija ekološke štete nastale usled degradacije životne sredine i prekomerne eksploatacije resursa. Kreiranje i funkcionisanje ovakvih sistema zavisi u najvećoj meri od adekvatno usvojenog i implementiranog zakonodavnog okvira, administrativnih kapaciteta za njegovu implementaciju na republičkom, pokrajinskom i nivou lokalne samouprave, ali i od privatnog i javnog sektora. Subvencije i druge podsticajne mere za ekološki prihvatljive instalacije, opremu i operacije tokom eksploatacije mineralnih resursa treba maksimalno razvijati, kako bi se vršila minimizacija negativnog uticaja na životnu sredinu uz ostvarivanje dobiti.

Primena ekonomsko-finansijskih instrumenata u životnoj sredini se ogleda u povećanju investicija u oblasti zaštite životne sredine, ali i otvaranju novih radnih mesta. Iznalaženje adekvatnog modela alokacije resursa može samo pogodovati tržišnoj konkurenciji, jer veća efikasnost u korišćenju resursa smanjuje proizvodne troškove, tj. intenzitet energetske potrošnje. Politika životne sredine, sa "zelenom" ekonomijom kao motorom, nije spontan tržišni proces, već opšta dobrobit društva, koja se može vrednosno dostići samo u pozitivnoj državnoj i ukupnoj društvenoj klimi novog ekološkog ponašanja svih subjekata.

## **ŠTA JE „RUDNA RENTA“?**

Osnov za primenu naknade za korišćenje mineralnih sirovina nalazimo u članu 16. Zakona o rudarstvu [6] u kome između ostalog stoji da preduzeće koje vrši eksploataciju mineralnih sirovina plaća naknadu za korišćenje mineralnih sirovina prema sledećim osnovama:

- za sve vrste uglja i uljnih škriljaca 1% od ukupnog prihoda;
- za ugljovodonike u tečnom i gasovitom stanju (nafta i gas) i ostale prirodne gasove 3% od ukupnog prihoda;
- za nemetalične sirovine i sirovine za dobijanje građevinskog materijala 5% od ukupnog prihoda;
- za sve vrste soli i sonih voda 1% od ukupnog prihoda;

- za podzemne vode iz kojih se dobijaju korisne mineralne sirovine i geotermalna energija, kao i podzemne vode vezane za rudarsku tehnologiju i gasove koji se sa njima javljaju 1% od ukupnog prihoda.

Namenu sredstava reguliše član 16a istog zakona, pa su tako sredstva ostvarena od naknade za korišćenje mineralnih sirovina u visini od 50% prihod Republike Srbije, a u visini od 50% prihod opštine na čijoj teritoriji se vrši eksploatacija. Dalje, kada se eksploatacija mineralnih sirovina vrši na teritoriji autonomne pokrajine, sredstva koja su prihod Republike Srbije, u visini od 40% su prihod Republike Srbije, u visini od 10% prihod autonomne pokrajine, a u visini od 50% su prihod opštine na čijoj teritoriji se vrši eksploatacija. Osvrnimo se na sistemska rešenja nekoliko susednih država.

Visina rudne rente u Mađarskoj je 12% od vrednosti proizvedene sirovine, ali je ostavljena mogućnost da se visina rente odredi u pregovorima sa ugovoračem, tako da iznos rente prevashodno zavisi od potencijalnosti predmetnog bloka. Rumunija je rudnu rentu, koja iznosi od 3,5 do 13,5% vrednosti proizvedene sirovine, vezala za obim proizvodnje nafte i gasa. U Austriji ona je u rasponu od 11-13% vrednosti proizvedenog gasa i oko 6% vrednosti proizvedene nafte, što u krajnjoj sumi zavisi od cene nafte i gasa. [7]

Pravilnik o načinu plaćanja naknade za korišćenje mineralnih sirovina [8] daje nam uvid u modalitet finansijskog obavezivanja preduzeća koja vrše eksploataciju mineralnih sirovina na prostoru Republike Srbije, i to prema teritoriji opštine na kojoj se vrši eksploatacija. Osnovni ekonomski instrument u ovoj kategoriji, naknada za korišćenje mineralnih sirovina, plaća se periodično, kao akontacija, i konačno, po isteku godine. Konkretno, obračun i akontaciono plaćanje naknade vrši se tromesečno u roku od 15 dana po isteku tromesečja. Ukoliko je iznos plaćenih akontacija naknade u toku godine manji od iznosa obračunate naknade po isteku godine, razlika se plaća u zakonskom roku za podnošenje godišnjeg finansijskog izveštaja, a u slučaju da je iznos uplaćenih akontacija u toku godine veći od iznosa konačno obračunate naknade po isteku godine, više plaćena naknada uračunava se kao akontacija za naredni period. Sredstva ostvarena iz naknade za korišćenje mineralnih sirovina, trebalo bi usmeravati isključivo namenski, u cilju sanacije ekološke štete i remedijacije degradiranih prostora izazvanih tokom eksploatacije sirovina.

Osnovni postulat ekonomije neobnovljivih resursa nam govori da pri optimalnoj eksploataciji stopa rasta cene resursa mora biti jednaka diskontnoj stopi. Ova zakonitost, poznata i kao *Hotelingovo pravilo*, važi u najjednostavnijem slučaju, kada se izostavljaju troškovi eksploatacije resursa, stoga se cena ekstrahovanog resursa i resursa u zemlji ne razlikuje. [9] Međutim, s obzirom na troškovi eksploatacije nisu nepostojeći niti zanemarljivi, ovaj postulat doživljava određenu promenu u smislu pojave rente koja ustvari predstavlja razliku između cene resursa i troškova njegovog ekstrahovanja. Drugim rečima, rudna renta je ništa drugo do neto cena resursa, odnosno cena resursa u zemlji.

Na tokove upotrebe resursa može se delovati kako klasičnim instrumentima ekonomske politike, tako i modernijim finansijskim merama. Šta je racionalnije i u duhu održivog razvoja, s obzirom da mineralni resursi čine deo strateških resursa svake države, dalekosežno je pitanje koje traži ozbiljan analitički odgovor. Većina autora smatra da porezi i subvencije na rudnu rentu nemaju efekta na brzinu ekstrahovanja resursa, već samo na trenutnu vrednost ekstrahovanog resursa. Nametanje poreza ili subvencija na rentu neutralnog je efekta na tempo optimalne ekstrakcije resursa u odnosu na period pre uvođenja ovakve fiskalne mere. S druge strane, oporezivanje bruto cene resursa izaziva porast troškova eksploatacije, što dalje vodi ka sporijem iskorišćavanju zaliha resursa, dok subvencije ekvivalentno smanjuju troškove eksploatacije, te podstiču napore na pronalaženju novih zaliha resursa.

Radmilo V. Pešić [10] u svojoj knjizi navodi da sve ovo govori da oporezivanje cene prirodnih resursa može imati uticaj na očuvanje zaliha i ležišta, te se zahtevi za što većim stopama poreza često mogu čuti iz redova konzervacionista. Međutim, svako ovakvo nametanje poreza vodi usporavanju privrednog rasta i izaziva burno negodovanje poslovnog sveta. Iako bi ovakvi porezi, po svemu sudeći, izdašno punili državni budžet, postoje gledišta prema kojima oni, ne samo da smanjuju tempo privrednog rasta, nego smanjuju i potencijale privrede da vrši supstituciju retkih prirodnih resursa. Prema ovakvim gledištima, bilo kakvo uvođenje poreza na resurse stvara negativne efekte, jer problem iscrpljivanja resursa je zapravo prenaplašen. Umesto netržišnih pokušaja, veštačkog produžavanja veka zalihama iscrpivih resursa na Zemlji, daleko je mudrije podsticati ekonomski i tehnološki razvoj, koji će, sa svoje strane, pružiti nove mogućnosti supstitucije resursa koji budu nedostajali.

## **OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE**

Pod pojmom obnovljivi izvori energije (OIE) podrazumevaju se izvori energije koji se nalaze u prirodi i obnavljaju se u celosti ili delimično, posebno energija vodotokova, vetra, neakumulirana sunčeva energija, biomasa, geotermalna energija i dr. [11]. Korišćenje ovih izvora doprinosi efikasnijem korišćenju sopstvenih potencijala u proizvodnji energije, smanjenju emisija „gasova staklene bašte“, smanjenju uvoza fosilnih goriva, razvoju lokalne industrije i otvaranju novih radnih mesta. Obnovljivi izvori energije veoma su bitni zbog iscrpljivosti fosilnih goriva. Dosadašnje korišćenje ovih izvora energije u Srbiji, s obzirom na potencijale, relativno je malo. Otvoren je prostor za izgradnju malih hidroelektrana, primenu energije vetra, energije biomase, geotermalne i solarne energije.

Zakonski okviri u Zakonu o energetici i strategiji razvoja energetike omogućili su povoljnije uslove za primenu alternativnih izvora energije, tako da se očekuje veće interesovanje privatnih investitora za izgradnju i korišćenje ovih malih energetske kapaciteta, što je potpuno u skladu sa evropskim tendencijama širenja primene alternativnih izvora. Republika Srbija postala je 26. januara 2009. godine članica i osnivač Međunarodne agencije za obnovljivu energiju (IRENA), kao prve međunarodne (međuvladine) organizacije koja se fokusira isključivo na obnovljivu energiju i aktivno će nastaviti učešće u radu ove agencije u skladu sa Statutom Agencije i svojim interesima u oblasti aktiviranja i korišćenja obnovljivih izvora energije. Nova Direktiva o obnovljivoj energiji 2009/28/EC postavlja obavezujuće nacionalne ciljeve koje članice Evropske unije treba da dostignu kroz promociju obnovljive energije u sektorima električne energije, grejanja i hlađenja i u sektoru transporta, kako bi se obezbedilo da do 2020. godine obnovljiva energija čini bar 20% ukupne potrošnje energije u Evropskoj uniji. Direktiva takođe predviđa da će do 2020. godine korišćenje obnovljive energije u transportu (biogoriva, električna energija i vodonik proizveden iz obnovljivih izvora) iznositi najmanje 10% ukupne potrošnje goriva u Evropskoj uniji.

## **EFIKASNOST RESURSA**

Evropska ekonomija se zasniva na visokom nivou potrošnje resursa, što uključuje korišćenje sirovina, energije i zemljišta. Evropa visokom potrošnjom resursa stavlja pritisak na životnu sredinu unutar same Evrope ali i u drugim regionima sveta. Najveći deo resursa završava kao materijal akumuliran u privredi, dok se ostatak konvertuje u emisije polutanata u životnu sredinu.

Ekonomski rast, tehnološki napredak i način proizvodnje i potrošnje resursa, kao glavni pokretači razvoja imaju sve veći uticaj na životnu sredinu. Zbog toga Evropska unija ima za cilj da postane „Društvo za reciklažu“ i podržava zeleniju ekonomiju koja obezbeđuje bolju efikasnost resursa i poboljšanu sigurnost snabdevanja. Međutim, nema naznaka da će se ovi ciljevi ostvariti ukoliko se znatno ne promene ustaljeni

obraci u proizvodnji i potrošnji. Poboljšanje efikasnosti korišćenja resursa i bolje upravljanje otpadom su jedan od prioritetnih strateških ciljeva Evropske unije. Poboljšanje efikasnosti resursa i bolje upravljanje resursima i otpadom su jedan od četiri glavnih ciljeva Šestog akcionog programa za životnu sredinu, u kome se navodi da korišćenje resursa i generisanje otpada treba da budu odvojeni od stope ekonomskog rasta, kao i da korišćenje resursa ne treba da prelazi noseći kapacitet sredine. [12] Ovaj Program posebno ima za cilj smanjenje ukupnog generisanja otpada i njegove opasnosti i usmeravanje aktivnosti prema ponovnoj upotrebi, reciklaži i iskorišćenju. Tematska Strategija o održivom korišćenju prirodnih resursa i Tematska Strategija o prevenciji otpada i reciklaži sadrže jedan broj mera dizajniranih da pomognu u skladu sa ovim ciljevima. Politika upravljanja resursima jedna je od sedam vodećih inicijativa Strategije "Evropa 2020". Njen cilj je da udvostruči ekonomski rast počev od korišćenja resursa, podrške pomaku pravca razvoja ekonomije sa niskom emisijom ugljenika, povećanja korišćenja obnovljivih izvora energije, modernizacije sektora transporta i promovisanjem energetske efikasnosti. Kada se projektuju i koherentno implementiraju, politike korišćenja resursa i upravljanja otpadom mogu da jačaju jedna drugu, što pokazuje uloga cene.

## **UMESTO ZAKLJUČKA**

Pravni osnov za uspostavljanje finansijskih mehanizama i ekonomskih, tržišnih instrumenata u korišćenju resursa jesu opšteprihvaćeni principi ekološkog prava, implementirani u praksi kroz zakonske i podzakonske akte. Principi „korisnik plaća“ i „zagadjivač plaća“ predstavljaju osnov definisanje finansijskih mehanizama. Ovaj princip u literaturi često se tretira kao model „recikliranja novčanih sredstava“. Agregacija prikupljenih sredstava i njihovo namensko korišćenje, ključni su faktori ekološke politike, čime se omogućava kreiranje „zelenog budžeta“ za finansiranje projekata i programa koji imaju za cilj zaštitu, očuvanje i unapređenje stanja životne sredine. [13] .Suprotstavljenost interesa i ciljeva ekonomije i ekologije sa stanovišta upotrebe materijalnih resursa, najviše dolazi do izražaja kroz primenu tržišta kao osnovnog mehanizma alokacije materijalnih resursa koji se koriste u cilju ekonomskog rasta i tehnološkog napretka. Zbog toga je bitno pronaći modele i rešenja u cilju efikasnog korišćenja resursa, kao i prevencije stvaranja i iskorišćenja generisanog otpada od strane rudarstva. Ekonomski instrumenti doprinose uspostavljanju efikasnog korišćenja resursa, u skladu sa načelom održivog razvoja, kao imperativom za razvoj zelene ekonomije, koja se zasniva na razvoju industrije otpada i obnovljivih izvora energije.

## **LITERATURA**

1. R.Tošović, Prirodni resursi Srbije, Beograd, 2006, (ISBN 86-7856-027-4).
2. T. Spasojević, Z.Radojević, B.Petrović, Neki aspekti remedijacije deponije pepela i šljake, Naučno-stručna konferencija - Electra VI, Zlatibor, 2010, Zbornik radova, str.239-245.
3. B.Petrović, Z.Radojević, T.Spasojević, Treatment of industrial waste, 18<sup>th</sup> International Scientific and Professional Meeting - Ecological thruth, Eco-Ist'10, Apatin, Proceedings (ISBN 978-86-80987-79-1), pp.168-173.
4. Z.Radojević, B.Petrović, M.Arsenović, Ivana Delić-Nikolić, Novi pristup u građevinskoj industriji i održivi razvoj, Naučno stručni skup Ekološka istina 09, Kladovo, 2009, Zbornik radova, (ISBN 978-86-80987-69-9), str.179-182.
5. Veljković, N., Spasic, S., Jakovljević, Z., (2010): Dizajn i primena ekonomsko-finansijskih instrumenata u funkciji zaštite životne sredine, Zbornik radova VI Regionalne konferencije „EnE10 - Životna sredina ka Evropi“. Ambasadori životne sredine i PKS. Jun, 2010.
6. Zakon o rudarstvu ("Službeni glasnik RS", br. 44/95, 34/2006 i 104/2009)

7. Studija "Ekološki profil Opštine Kikinda", Fakultet za primenjenu ekologiju Futura, Beograd, 2009. godine.
8. Pravilnik o načinu plaćanja naknade za korišćenje mineralnih sirovina ("Sl. glasnik RS", br. 102/2006 i 46/2010)
9. Perman, R., Ma Y. and McGilvray J. (1996) Natural Resource & Environmental Economic. London and New York, Longman.
10. Dr Radmilo V. Pešić, Ekonomija prirodnih resursa i životne sredine, Beograd, 2002, (ISBN 86-80733-30-X).
11. <http://www.mre.gov.rs/>
12. Dražić, M, Kuzmanović, Z, Jakovljević, Z. Osvrt na politiku upravljanja otpadom i materijalnim resursima EU. Međunarodna konferencija: Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad, Niška Banja, april 2011. Zbornik radova, pp 255-260. (ISBN 978-86-82931-38-6)
13. S. Spasić, M. Adžemović, Z. Jakovljević, Ekonomsko-finansijski instrumenti u sektoru upravljanja otpadom, Palić, 2011. Konferencija: Planska i normativna zaštita životne sredine i prostora.

# INTEGRAL APPROACH TO ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT FOR MINING AND METALLURGICAL ACTIVITIES

**Željko Kamberović<sup>1</sup>, Zvonimir Milijić<sup>2</sup>, Dragan Marinković<sup>2</sup>, Boban Todorović<sup>2</sup>, Jasminka Šerović<sup>3</sup>, Zoran Petrović<sup>4</sup>, Marija Korac<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>*Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Belgrade, Serbia,* <sup>2</sup>*Rudarsko-topioničarski basen Bor, Bor, Serbia,* <sup>3</sup>*Tehnikum doo, Vrnjci, Serbia,* <sup>4</sup>*Ingeko doo, Kruševac, Serbia*  
<sup>5</sup>*Innovation Center of the Faculty of Technology and Metallurgy in Belgrade, Belgrade, Serbia*

## Abstracts

In 2009, RTB Bor decided to modernize the existing smelter and acid plant in the RTB Bor Complex by replacing the outdated smelting technology with a new technology known as autogenous Flash Smelting. Installation of the new Sulphuric Acid and associated waste water treatment plant is also part of the modernization project. Environmental Impact Assessment is completed by EDC, Canada guidelines, which financed the majority of the Project. The environmental assessment included visits to the site and surrounding areas to view the site and to ascertain the importance of environmental conditions or features, such as Geo-environmental investigations and an air quality dispersion modeling. The smelter modernization has the potential of having a very significant social impact on the Bor community and the surrounding district that serves as a positive contribution to the region and to Serbia.

**Key words:** RTB Bor, copper, environmental assessment, air quality, pollutants

## Introduction

RTB's Bor operations are located in the Town of Bor in eastern Serbia, approximately 240 km south east of Belgrade. RTB Bor is an integrated copper mining complex, which is considered to be one of the most important producers of copper and precious metals in Central Eastern Europe, with active production dating back to 1903 [1]. A hundred years of mining and an outdated copper extraction technology (oxidation roasting-smelting in reverberatory furnace-converting), still present in the Bor Copper Smelter (TIR), left extensive environmental problems of polluted air, water and soil, not only for local community but for whole Balkan region and Danube basin [2].

The modernization, as an inevitable step, will include a new Flash furnace smelting technology with a design capacity of 400,000 tons/year concentrates [3]. The new smelter project will involve closure of the old FS roaster/Reverberatory furnace technologies and installation of new primary smelting by modern Flash furnace technology which will also require two PS converters operating for the defined capacity. The upgraded metallurgical complex will produce about 80,000 ton per year of fine copper. The selection of flash smelting will mean more efficient use of concentrate energy that will allow for the reduction in fossil fuel consumption, enable total collection of process off-gas for acid production, and will significantly improve overall copper recovery [4]. The modernization will also incorporate the installation of a new modern gas collection for the Flash furnace and the operating converters, with process gases fixed to sulphuric acid in a new modern sulphuric acid plant. Steam will be generated from waste heat recovery in the new smelter and acid plant. It will be partly used to dry concentrates and heat refinery electrolyte with the balance exported for local district heating and/or power generation. The existing oxygen plant serving the existing smelter will be expanded to meet the new facility needs. Flash furnace and converter slags will be slow cooled, crushed, milled and then concentrated within an upgraded section

of the existing Bor flotation plant to produce a optimum grade slag concentrate for recycle by Flash smelting. This will enable a much higher overall smelter copper recovery than that of current operations. The slag tailings from the slag flotation will again be combined with the Bor concentrator ore tailings, as at present, for pumping to the local tailings dam disposal and storage. In an effort to solve future waste disposal in the BOR area, the RTB proposed Project New Tailings disposal system for the Bor and Veliki Krivelj flotation plant allocated to resolving the most urgent environmental problems. The discharge of Reverberatory furnace gases via the existing stack will cease. Liquid effluent will be treated in a dedicated effluent treatment facility as part of the new project.

### **Historical Air Quality**

It has been recognized for a long time that the past operations of the RTB Bor complex has created poor air quality due to the outdated smelter technology creating high levels SO<sub>2</sub>, particulate matter and heavy metal concentrations in the air [5; 6]. These levels were compounded by dust blowing from the pits, the waste rock piles, and the tailings that has contributed to the contamination of agricultural soils. The degraded air quality has led to a number of health problems for the residents of the Bor community and surrounding area [7].

### **Emission Targets**

Due to new Serbian directives [8], by 2013/2014, RTB's Bor operations will be required to operate within lower SO<sub>2</sub>, particulate and metal emissions standards and limits. The capture rate for SO<sub>2</sub>, in particular, is 98% as measured by incoming sulphur.

To meet these targets, a number of sources of emissions must be addressed. These range from large sources such as the process gases presently being released from the existing reverberatory furnace operation, to relatively small sources such as dust from material handling and ventilation.

### **Improved Air Quality**

The new smelter will result in a significant reduction in emission levels involving SO<sub>2</sub>, particulates and heavy metals [3]. The heat recovery derived from the new smelter will also allow for a reduction in the amount of coal burned in the power plant and district heating plant which will further reduce these emissions. The reduction in the air emissions attributed to the smelter/acid plant together with other Local Environmental Action Plans designed to reclaim tailings and waste rock piles will also contribute to an improvement in local air quality, by reducing the amount of dust scavaged or blown from these areas that have been contaminated by heavy metals. The existing air quality monitoring system that has been established will be further improved and enhanced to provide better production management of the smelter, and compliance with the new emission targets.

### **EIA methodology & results**

The environmental assessment included visits to the site and surrounding areas to view the site and to ascertain the importance of environmental conditions or features. These studies included:

- A detailed assessment of the existing smelter prepared as part of the Engineering Feasibility Study has also served to provide a good understand of the existing site and facility conditions;
- Geo-environmental investigations carried out to define the extent of potential contaminants on-site to determine how they should be handled during site demolition and construction of the new facilities;
- An air quality dispersion modeling to determine the extent of the environmental effects of the emissions from the upgraded smelter

Geo-environmental investigations carried out in the area of the New Smelter/Acid Plant have determined the underlying soils to be contaminated with metals that principally include copper, lead, mercury, arsenic;

and lower amounts of cadmium, zinc, chromium, and nickel. Geotechnical investigations will be used to determine what amount of the underlying soils will need to be removed; how it should be handled, re-processed along with ore, or carefully disposed of as waste along with slag.

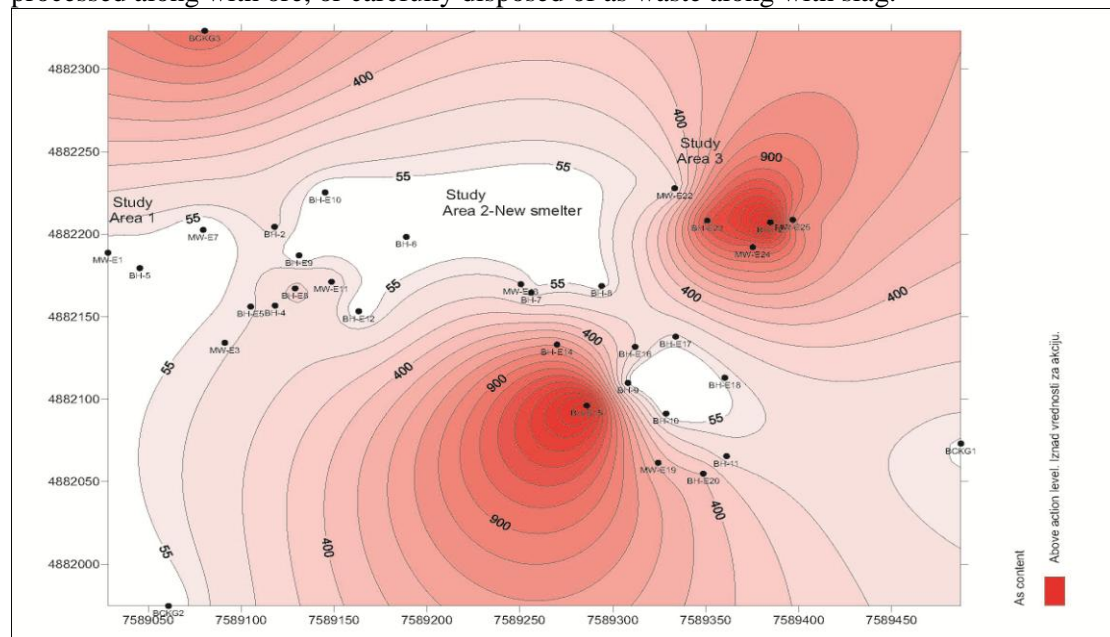


Figure 1 Results of Geo-environmental investigations regarding As concentration

A new waste water treatment plant will be included with the construction of the new smelter/acid plant to provide for treatment of waste waters from these facilities to meet current standards. While the smelter/acid plant is under design and construction, RTB Bor is committed to developing a Water Management Plan for the Bor Complex to further address water contamination issued related to drainage from existing waste rock and tailings areas, and to develop new properly engineered tailings facilities. The Municipality of Bor through their Local Environmental Action Plan (LEAP) will also work in conjunction with RTB Bor to undertake a number of environmental initiatives to deal with industrial/ hazardous wastes to reduce contaminant loadings on the local river systems. Dispersion modelling was conducted as part of the impact assessment considering scenarios representative of historical production conditions, existing or current situation, and future conditions resulting from the modernization and re-construction smelter/acid plant. This allowed for a comparison of air quality attributable to the smelter over time, and what improvements can be obtained through the installation of the Best Available Technologies.



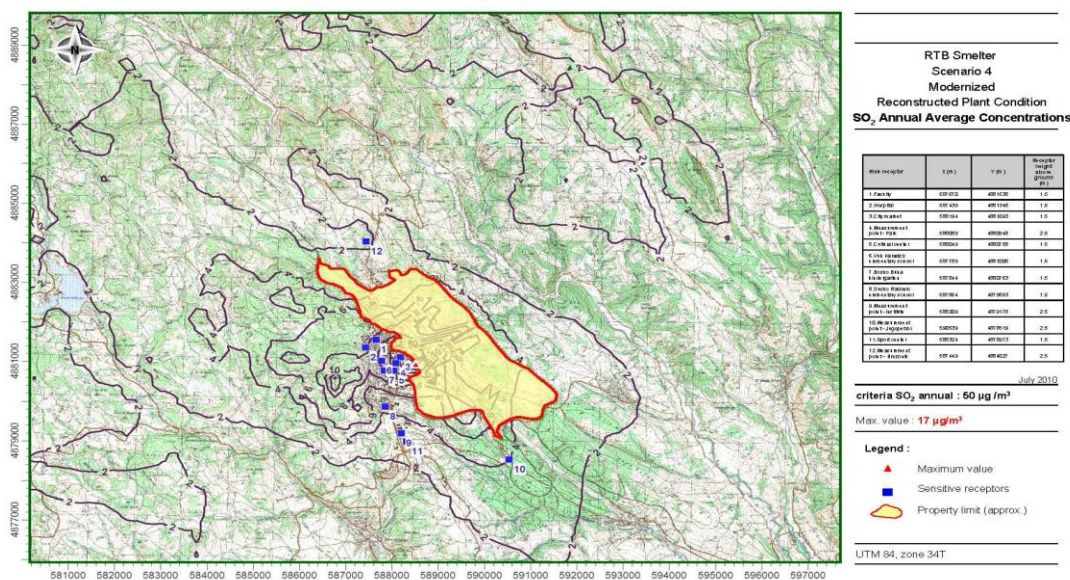


Figure 2 Modernized RTB Smelter SO<sub>2</sub> Annual Average Concentrations

Key conclusions of the dispersion modelling are that:

- The application of BAT Technologies will significantly reduce air emissions for the smelter and acid plant;
- The local setting-considering the topographic conditions, the local climatological and meteorological characteristics, and nearby critical receptors will continue to present significant limitations to the operations of the modernized smelter from time to time uncertain meteorological conditions;
- The close proximity of the smelter to a number of sensitive receptors (residential properties, public meeting points, schools, etc) requires highly managed air quality modeling and management control system that is integrated with smelter processes and scheduling;
- During detailed design further air quality modeling needs to be undertaken to integrate information from the air quality monitoring stations that have been established. Further modeling will allow for refinement of the design and emission controls. During site operations the existing air quality monitoring station system needs to be integrated with predictive/prognostic air dispersion modeling to develop an more comprehensive air quality management system.
- Prior to commissioning the new smelter, the existing air quality monitoring system should add 1 or more additional monitoring stations to address extended SO<sub>2</sub> effects on villages such as Borska Slatina, Ostrelj, and the surrounding agricultural areas. This is important to document and demonstrate that the smelter does not have any trans-boundary effects given the proximity of the Bulgarian border.

### What the New Smelter/Acid Plant Means to RTB Bor and the Bor Community

#### Environmental Benefits

- The waste heat from the new smelter will reduce the current coal consumption requirements for the district heating plant that provides 95% of the heat for the local urban community.
- Improved air quality resulting from the new smelter will reduce the health risks for the local community.
- Upgrade production in line with long-term Strategic business/Operations Plan of RTB Bor summarized in Section 4 of this EIA.

- Modernization means RTB Bor can realize significant development potential of mineral resources in Bor area over the next 30 years.
- Proposed Project consistent with LEAP initiatives developed cooperatively between RTB Bor, the Municipality of Bor, and Ministry of Environmental Protection and Spatial Planning.
- Environmental effects for both air and water quality of the proposed new facilities is considered to be localized and manageable compared the effects caused by the outdated and antiquated facilities. Overall positive 'net environmental impact' when compared to degrade baseline condition resulting from the environmental effects created by the previous plant and site operations.
- Improvement of energy efficiency
- Improve efficiency of operations,
- Reducing sulphur dioxide emissions
- Dust emission reduction
- Stopping the discharge of waste water
- Reducing the amount of solid waste
- Slag recycling
- Reduction of waste in the area of formation
- Reduction of pollution of surface and ground water
- Establishing a system of water recirculation
- Elimination of damage to agricultural crops
- Reducing water consumption
- Reduce the risk of chemical accidents
- Establishment of improve environmental monitoring and management system(s)

#### Socio-Economic Effects/Impacts

- Bor Community has multi-generational families who have for RTB Bor over 3-4 generations, with strong ties to the community and family. Increased employment opportunities for younger workers maintained and expanded through proposed Project. Workers with family ties may be encouraged to stay in Bor, or return home to Bor provided there are job opportunities.
- RTB Bor maintains and re-instates employment opportunities for the new smelter, acid plant, and water treatment plant. Some staff can be re-trained and re-deployed to undertake the various LEAP initiatives.
- Greater chance for attracting other secondary industries, or SMEs to BOR area.
- RTB Bor's prosperity has secondary economic and social benefits for the surrounding Bor community and nearby settlement areas.
- Modernized Bor assists in removing environmental stigma or image that people attach to Bor because of the environmental legacy issues.
- Proposed new smelter/acid plant/water treatment plant is supported by the local community, and interested stakeholders.
- Project is supported by the Ministry of Economy and Regional Development, the Ministry of Environmental Protection and Spatial Planning, and the Municipality of Bor.
- Local educational training facilities (e.g., Univ. Belgrade – Technical Faculty) offers training for Bor residents interested in working at RTB Bor. Training can be adapted to suit new smelter/acid plant operations.
- Reducing employee absences due to illness
- Improvement of working conditions in new plants and the mining industry round RTB
- Remediation of land in the industrial circle

- Creating conditions for agricultural development
- Creating conditions for tourism development
- Creating conditions for the implementation of the project of rehabilitation of the historical pollution (World Bank)
- Reducing expenditures for environmental taxes for 1 million euros
- Establishing a system of solid waste
- Establishment of EMS
- Elimination of pollution and transboundary effect on waters
- Increasing the level of expertise of employees
- Raising the environmental awareness of employees and citizens
- The establishment of mutual trust between companies and the population RTB
- Increase the level of public awareness about the environment
- Improving the situation of the population health
- Improving the aesthetic appearance of the city
- Improvement of the overall metallurgical production RTB Bor
- Employment of young and skilled workers (labour rejuvenation RTB Bor)
- Activation of educational institutions that educate the staff of Mining and Metallurgy,
- Encourage the development of SMEs and infrastructure in the municipality relied on RTB Bor
- Stopping of migration of the population from Bor and its surrounding villages, especially young
- Stopping process of demographic aging and population decrease
- Increase standards and quality of life for inhabitants of the municipality Bor
- Increase in exports and gross domestic product Serbia
- Disassembly of parts Smelter and Sulphuric acid plant which is not in use since 2002 to ensure security and safety of workers working in the area of technological line number 1.

## **Conclusion**

From a natural environment perspective the new smelter/acid plant will cause no significant impact to the environment outside of the Bor complex, but improvements in air quality and water quality attributed to improved environmental pollution controls will be conducive to improving the biodiversity of the local area. Other LEAP initiatives undertaken by RTB Bor, in conjunction with the Municipality of Bor will further improve or help restore degraded natural environment conditions caused by historical activities.

The smelter modernization has the potential of having a very significant social impact on the Bor Community and the surrounding District that serves as a positive contribution to the Region and to Serbia. Improvements to the ambient air quality compared to the past and existing situation should contribute to an improvement in the health of individuals with existing respiratory problems. This will generally benefit the Residents of Bor, but it will particularly benefit the young children in the community or older residents. The proposed project will prove an overall positive impact on the local socio-economic environment by restoring local employment and business opportunities and fostering continued economic growth and diversification.

## **References**

- [1] Mineral deposits and mining districts of Serbia - Compilation map and GIS databases, Montheil, P. Vadala, J.M. Leistel, F. Cottard with the collaboration of M. Ilic, A. Strumberger, R. Tosovic, A. Stepanovic, March 2002, BRGM/RC-51448-FR., [www.mineralinfo.org/Cartes/Serbie/serbie.htm](http://www.mineralinfo.org/Cartes/Serbie/serbie.htm)

- [2] Graham Bird; Paul A. Brewer; Mark G. Macklin, Management of the Danube drainage basin: implications of contaminant-metal dispersal for the implementation of the EU Water Framework Directive, *Intl. J. River Basin Management* 8 (1), 2010, 63–78
- [3] Environmental impact assessment, New Smelter and Sulfuric Acid Plant, [http://www.rtb.rs/media/dokumenti/nt/EIA\\_Volume\\_1.pdf](http://www.rtb.rs/media/dokumenti/nt/EIA_Volume_1.pdf)
- [4] Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries, European Commission, December 2001
- [5] Nenad Radović, Željko Kamberović, Dimitrios Panias, Cleaner metallurgical industry in Serbia: A Road to sustainable development, *CI&CEQ*, ISSN 1451-9372, UDC 504.05/.06:669 , 15 (1), 2009, 1-4
- [6] Ž. Kamberović, N. Radović, M. Korać, M. Jovanović, Strategy of cleaner production implementation in Serbian metallurgical industry, *Proceedings ISBN 987-86-80987-53-8, II Symposium Recycling technologies and sustainable development Soko Banja, Serbia, Oktobar, 7-10, 2007, 284-291*
- [7] Local Environmental Action Plan (LEAP) Municipality Bor, 2003
- [8] Regulation on monitoring conditions and requirements for air quality (Off. Jour. of RS, 11/10 and 75/10)

## **UPRAVLJANJE OPASNIM I NEOPASNIM OTPADOM U RB „KOLUBARA“ D.O.O. OGRANAK „PRERADA“ – VREOCI**

### **HAZARDOUS AND NON HAZARDOUS WASTE MANAGEMENT PLAN IN RB „KOLUBARA“ D.O.O. DEPARTMENT „PRERADA“ – VREOCI**

**Marina Vučković<sup>15</sup>, Novica Momčilović<sup>16</sup>, Vesna M. Krstić<sup>17</sup> Snežana Đorđević<sup>4</sup>**  
*PD RB „Kolubara“ d.o.o.*

#### **IZVOD**

U okviru RB „Kolubara“ ogranak „Prerada“ se bavi preradom rovnog uglja dobijenog sa površinskih kopova kao i proizvodnjom sušenog uglja. Tokom samog procesa prerade uglja, a naročito tokom remonta postrojenja dolazi do generisanja izvesnih količina opasnog i neopasnog otpada. Određene količine neopasnog otpada svoj plasman mogu naći na tržištu sekundarnih sirovina iz razloga što poseduju komercijalnu vrednost. Trenutno, odlaganje otpada vrši se na neuređenim prostorima u okviru samog ogranka „Prerada“. Radi optimalnog i kontrolisanog upravljanja otpadom, potrebno je izraditi plan upravljanja otpadom, kojim bi se definisalo mesto nastanka, vrste, sastav, količine, način razvrstavanja otpada kako neopasnog tako i opasnog, mere koje se preduzimaju u cilju smanjenja nastanka otpada, mere zaštite od požara i eksplozije i mere zaštite životne sredine i zdravlja ljudi kao i njegov dalji plasman na tržište sekundarnih sirovina.

**Ključne reči:** Plan upravljanja otpadom, generisanje otpada, opasan i neopasan otpad

#### **ABSTRACT**

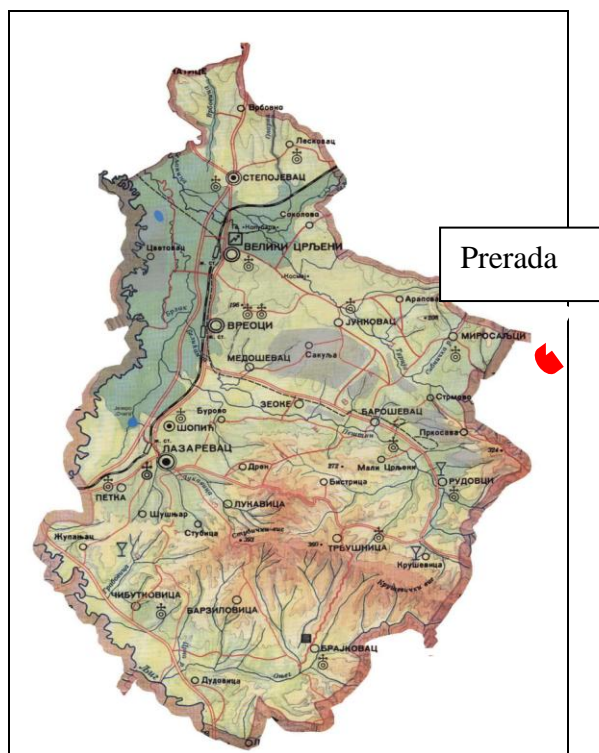
RB „Kolubara“ department „Prerada“, is engaged in processing raw coal resulting from surface coal mines and the production of dried coal. During the processing of coal, particularly during repair facilities there is a certain amount of generation of hazardous and non-hazardous waste. Certain amounts of non-hazardous waste, with their commercial value can find their placement on the market of raw materials. Currently, waste disposal is done on the disordered area of the department „Prerada“. For optimum and controlled waste management, it is necessary to develop a waste management plan, which would define the place of occurrence, types, composition, quantity, method of classifying waste as non-hazardous and hazardous, the measures taken to reduce the occurrence of waste, protection from fire and explosion, and protection of the environment and human health as well as its further placing on the market of raw materials.

**Key words:** Waste management, waste generation, hazardous and non-hazardous waste

#### **1.0. UVOD**

RB „Kolubara“ ogranak „Prerada“ – Vreoci nalazi se u centralnom delu rudarskog basena „Kolubara“, neposredno uz površinske kopove „Polje D“, „Tamnava – Istočno polje“ i „Polje E“. U blizini su magistralni putevi Stepojevac - Lazarevac, Lazarevac - Arandelovac, pruga Beograd - Bar i industrijska pruga. (Slika 1.).

U okviru ogranka „Prerada“ vrši se prerada i oplemenjivanje rovnog uglja sa površinskih kopova „Polje B“ i Polje D“. Dobijeni ugalj koristi se za snabdevanje termoelektrana, široku potrošnju, industriju i dr.



Geografski položaj Ogranka „Prerada“ *Slika 1*

U sastavu ogranka „Prerada“ posluje:

1. Oplemenjivanje uglja,
  - ❖ Mokra separacija,
  - ❖ Sušara i Klasirnica,
  - ❖ Toplana,
  - ❖ Održavanje,
2. Suva separacija,
3. Železnički transport,
4. Direkcija.

Tokom samog procesa prerade uglja, a naročito tokom remonta postrojenja dolazi do generisanja određene količine opasnog i neopasnog otpada.

Zakon o upravljanju otpadom definiše upravljanje otpadom, od njegovog nastanka, preko sakupljanja, transporta, skladištenja, tretmana do konačnog odlaganja.

**Proizvođač otpada dužan je da u skladu sa Zakonom o upravljanju otpadom iz člana 26. definiše odgovornost proizvođača otpada tj. je u obavezi da sačini plan upravljanja otpadom iz člana 15. ovog zakona i organizuje njegovo sprovođenje, ako godišnje proizvodi više od 100 tona neopasnog otpada ili više od 200 kilograma opasnog otpada;**

## **2.0. PRIKAZ SADAŠNJEG STANJA UPRAVLJANJA OTPADOM**

Otpad koji se generiše u ogranaku „Prerada“ možemo svrstati u opasan, neopasan i komunalni otpad. Svaki pogon u okviru ogranaka generiše različite količine otpada i vrši njegovo skladištenje i odlaganje na način koji je u tom trenutku za njih najprihvatljiviji. Neka od tih mesta odlaganja nisu bila u skladu sa zakonskim regulativama.

## **3.0. DOKUMENTACIJA O OTPADU KOJI NASTAJE U PROCESU RADA POSTROJENJA**

RB „Kolubara“ ogranak „Prerada“ kao vlasnik otpada dužna je da klasifikuje i razvrstava otpad na propisan način, u skladu sa Zakonom o upravljanju otpadom (Sl. Glasnik RS, br 36/09).

Ispitivanje otpada vrši stručna organizacija i druga pravna lica koja su ovlašćena za uzorkovanje i karakterizaciju prema obimu ispitivanja za koja su akreditovana (akreditovane laboratorije) u skladu sa zakonom.

**Tok otpada** od mesta nastanka, unutrašnjeg transporta, privremenog skladištenja i kretanje otpada prati više dokumenata, zapisa i formulara koji proizilaze iz Zakona, Procedura i Uputstava vezanih za otpad. Nazivi formulara, zapisa i dokumenata u Planu upravljanja otpadom:

1. Zapisniku o nastanku otpada.
2. Nalepnica otpada.
3. Evidencija o unetom i iznetom otpadu.
4. Evidencija o prodatom otpadu.
5. Dokument o kretanju otpada. Ministar propisuje obrazac kao i uputstvo za njegovo popunjavanje.
6. Dokument o kretanju opasnog otpada. Ministar propisuje obrazac kao i uputstvo za njegovo popunjavanje.

### **3.1. VRSTE, SASTAV I KOLIČINE OTPADA**

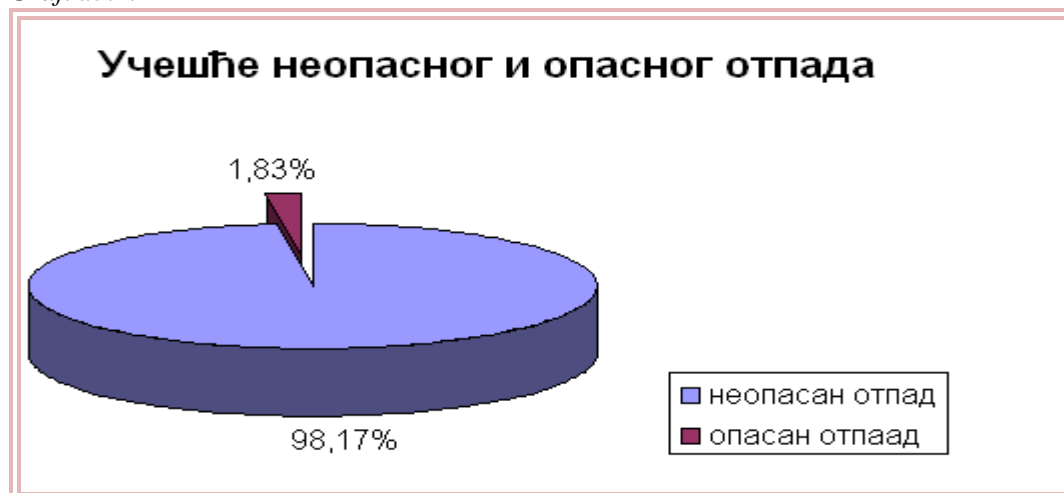
Vrste, sastav, ukupne količine, procentualna zastupljenost otpada i opasnog otpada na godišnjem nivou prikazano je u tabelama 3.1. i grafikonu 3.1.

Učešće opasnog i neopasnog otpada u ogranaku „Prerada“ (2009) *Tabela .3.1.*

VRSTA	KOLIČINA (t)	ZASTUPLJENOST (%)
neopasan otpad	262,5	98,17%
opasan otpad	4,97	1,83%
<b>UKUPNO</b>	<b>267,47</b>	<b>100,00%</b>

Grafički prikaz procentualnog učešća opasnog i neopasnog otpada u ogranaku „Prerada“ (2009)

Grafik.3.1.



#### **4.0. MERE KOJE SE PREDUZIMAJU U CILJU SMANJENJA PROIZVODNJE OTPADA, POSEBNO OPASNOG OTPADA**

Smanjenje količine otpada podrazumeva umanjenje količine bilo koje vrste otpada, koji nastaju, obrađuju se, skladište ili odlažu. Tehnika smanjenja otpada se usredsređuje na umanjenju izvora otpada, (manje otpada na mestu nastanka) ili aktivnosti reciklaže koje umanjuju količine otpada.

Prerada rešava pitanje skladištenja opasnog i neopasnog otpada izgradnjom privremenih skladišta otpada.

#### **4.1. NEOPASAN OTPAD**

U grupi preventivnih mera postoje više mehanizama, odnosno načina za sprečavanje nastajanja otpada, a predlažu se sledeće: poštovati Zakone, Propise i sprovoditi programe vezane za oblast Upravljanja otpadom, odgovorna lica za upravljanje otpadom rade godišnji izveštaj o industrijskom otpadu kao i u obavezi da uradi Integralni katastar zagađivača (prikupljanje i transport otpada), izvršiti edukaciju zaposlenih i sprovođenje sistema upravljanja otpadom, postepeno usklađivanje ili zamena materijala proizvoda koji su nepoželjni u tokovima otpada, uvođenje sistema kaucije, kako bi se umesto odlaganja, proizvodi usmerili prema ponovnoj upotrebi (na primer ambalaža), stimulisanje kupovine ekološki prihvatljivih proizvoda, promovisanje principa čistije proizvodnje u industriji, uz podsticanje potvrđivanja sistema upravljanja životnom sredinom (EMS, ISO 14000), označavanja ekološki povoljnih proizvoda dr, birati proizvode sa dužim vekom trajanja, birati manju ambalažu i selektivno sakupljati otpad, uključiti ogranak „Prerada“ u reciklažu (sklapanje ugovora o direktnoj prodaji sa mesta nastanka otpada u cilju dalje reciklaže ili uništenja), pridržavati se uputstva za Upravljanje otpadom.

#### **4.2. OPASAN OTPAD**

Kada je reč o opasnom industrijskom otpadu on zahteva poseban tretman. S obzirom na zakonske zahteve, vlasnik otpada je u obavezi da: izradi Plan upravljanja otpadom i poštuje proceduru postupanja sa opasnim otpadom od momenta nastanka do privremenog skladištenja i konačnog zbrinjavanja, uradi katastar opasnog otpada identifikuje sve tipove otpada, izvršiti karakterizaciju otpada i utvrditi količine opasnog otpada, definiše obaveze maksimalnog ponovnog korišćenja i reciklaže ambalaže za dopremu sirovina, rekonstruiše ponovne proizvodne cikluse sa aspekta nastajanja opasnog otpada, smanji toksičnost nastalih opasnih otpada zamenom sirovina, radi na permanentnoj edukaciji zaposlenih u pogledu rukovanja



opasnim otpadom, pridržava se uputstva za Upravljanje opasnim otpadom, lica odgovorna za upravljanje otpadom moraju biti obučena za razvrstavanje i skladištenje opasnog otpada, prednost na tenderu dati firmama koje se obavezuju da preuzmu opasan otpad.

Važnu ulogu za sprečavanje i smanjenje količina otpada imaju i ekonomski instrumenti, na primer uključivanje stvarne cene postupanja s otpadom u cenu proizvoda i usluga, uvođenje tarifa za različite postupke i načine odlaganja otpada, uvođenje merenja svih vrsta otpada (kako opasnog tako neopasnog otpada i komunalnog) i naplata usluga na osnovu stvarne količine otpada.

## **5.0. POSTUPAK I NAČIN RAZDVAJANJA RAZLIČITIH VRSTA OTPADA, POSEBNO OPASNOG I OTPADA KOJI ĆE SE PONOVO KORISTITI, RADI SMANJENJA KOLIČINA OTPADA ZA ODLAGANJE**

Za svaku vrstu otpada (opasnog i neopasnog), koji se generiše predviđeni su postupci i načini razvrstavanja. Adekvatno razvrstavanje svake vrste otpada, (opasnog i neopasnog), treba vršiti prema zakonskim zahtevima, na obezbeđenom i označenom prostoru za tu namenu. Razvrstavanje sekundarnih sirovina i otpada po vrstama i kvalitetu, vršiti na način da razvrstane sekundarne sirovine sadrže najviše 5% nečistoća, kako bi se jednostavnije i kvalitetnije izvršila njihova valorizacija.

Na osnovu mesta nastanka i svojih karakteristika postoji:

- komunalni otpad,
- sekundarne sirovine i
- otpad koji ima svojstva opasnih materija.

Razvrstavanje otpad vrši se prema **poreklu otpada** (katalog otpada), **kategoriji otpada** (lista otpada) i **karakteru otpada** (postupci kojima se utvrđuju fizičke, hemijske i biološke osobine otpada i predstavlja određenje, da li otpad sadrži ili ne opasne karakteristike).

## **6.0. MERE ZAŠTITE OD POŽARA I EKSPLOZIJA**

Zakonom o Zaštiti od požara (Službeni Glasnik R Srbije br: 111/09) uređuje se sistem zaštite od požara, prava i obaveze državnih organa. Odredbe ovog Zakona primenjuju se i na zaštitu od eksplozija.

Mere zaštite od požara i eksplozija u Planu upravljanja otpada obuhvataju skup mera vezanih za zaštitu od požara i eksplozija otpada. Prilikom upravljanja opasnog i neopasnog otpada pored primene određenih uputstava od mesta nastanka, unutrašnjeg transporta kao i privremenog skladištenja, otpad mora biti vidno obeležen. Obavezna je zaštitna oprema prilikom rukovanja otpadom i opasnim otpadom. Pravilnikom o tehničkim normativima za skladišta zapaljivih opasnih materija (Sl. list SFRJ br.14/80 i 9/81) utvrđuju se tehnički normativi za skladište zapaljivih opasnih materija radi obezbeđenja od požara i eksplozija.

## **7.0. MERE ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE I ZDRAVLJA LJUDI**

Privremena skladišta, predstavljaju specifične objekte koji mogu da imaju negativan uticaj na životnu sredinu. Neposredno se javlja uticaj na vazduh, podzemne i površinske vode, zemljište i ugrožavanje bukom. U principu, ne postoji direktan i trenutni uticaj eksploatacije deponija na ljudsko zdravlje, ali se indirektno ugrožavanje zdravlja.

Jedna od mera je **predselekcija otpada** na izvoru stvaranja koja je bitan faktor u sprečavanju i smanjenju zagađenja životne sredine. U tu meru spadaju i izdvajanje vrednijih vrsta otpada (bakar, aluminijum...) i odvajanje opasnog otpada iz ukupnog industrijskog otpada, a koji se ne sme mešati. Prednost ovakvog

sakupljanja, pored primarne kontrole otpada, je sprečavanje zagađenja vode, vazduha i zemljišta od prisustva opasnih materija.

### **ZAKLJUČAK:**

Nastanak otpada u postrojenjima Ogranka „Prerada“ vezan je za sam proces prerade uglja, a naročito za vreme remonta postrojenja, kada dolazi do generisanja velikih količina opasnog i neopasnog otpada. Trenutno, odlaganje otpada vrši se na neuređenim prostorima u okviru samog ogranka „Prerada“. Radi optimalnog i kontrolisanog upravljanja otpadom, potrebno je izraditi Plan upravljanja otpadom.

Planom upravljanja otpadom definišu se vrste, količine, sastav otpada. U okviru Plana upravljanja otpadom definišu se mere za smanjenje proizvodnje otpada i opasnog otpada, postupci i načini razdvajanja različitih vrste otpada, način skladištenja kao i mere zaštite od požara i mere zaštite životne sredine i zdravlja ljudi. Planom su dati tokovi za svaku vrstu otpada. Tok otpada od mesta nastanka, unutrašnjeg transporta, privremenog skladištenja i kretanja otpada, prati više dokumenata, zapisa i formulara. Ukupne količine neopasnog otpada za 2009. god. su 262 t sa procentualnim učešćem od 98,17%. Količina opasnog otpada je 4.97 t, sa procentualnim učešćem od 1.83%.

Primena i poštovanje predloženog Plana upravljanja otpadom u Ogranku "Prerada" svodi na najniži nivo mogućnost ugrožavanja životne sredine i okolnog prostora.

### **LITERATURA:**

Zakon o upravljanju otpadom (Sl. gl. RS br. 36/09); Zakon o bezbednosti i zdravlja na radu (Sl. gl. RS br. 101/2005);  
Zakon o zaštiti od požara (Sl. gl. RS br. 37/88 i Sl. gl. RS 111/2005); Zakon o prevozu otpadnih materija (Sl. gl. RS br. 47/03);  
Pravilnik o načinu postupanja sa otpadnim materijama (Sl. gl. RS br. 12/95);  
Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu skladišta od požara i eksplozije (Sl. List SFRJ br. 14/80, 9/81);  
Pravilnik o uslovima i načinu razvrstavanja pakovanja i čuvanja sekundarnih sirovina (Sl. gl. RS br. 55/01),  
Pravilnik o kriterijumu za određivanje lokacije i uređenje deponije otpadnih materijala (Sl. gl. RS br. 54/02);  
Zakonom o ambalaži i ambalažnom otpadu (Sl. gl. RS. br. 36/09); Uredba o upravljanju otpadnim uljima (Sl. gl. RS br. 60/08);  
Uredba o načinu i postupcima upravljanja otpadom koji sadrži azbest (Sl. gl. 36/09); Dokumenta QMS i EMS, Godišnji izveštaj o otpadu (za 2008 i 2009)

# **SKLADIŠTENJA OTPADA U RB „KOLUBARA“ D.O.O. OGRANAK „PRERADA“**

## **WASTE STORING IN RB „KOLUBARA“ D.O.O. DEPARTMENT „PRERADA“**

**Vesna M. Krstić<sup>18</sup>, Tijana Marinković, Snežana Đorđević, Marina Vučković**  
*RB „Kolubara“ ogranak „Projekt*

### **IZVOD**

U skladu sa Zakonom o Upravljanju otpadom Generator otpada, RB „Kolubara“ d.o.o. ogranak „Prerada“ dužan je da vrši razvrstavanje otpada prema mestu nastanka i svojim karakteristikama na: komunalni, sekundarne sirovine i otpad koji ima karakteristike opasnih materija. U zavisnosti od vrste otpada i količine generisanja u toku godine, zavisice način, dinamika i mesto skladištenja otpada. Način skladištenja raznih vrsta otpada i lokacija za privremeno skladištenje moraju da ispunjavaju Propise o sanitarnoj i zdravstvenoj zaštiti kao i tehničke druge uslove kojima se obezbeđuje zaštita od njihovog štetnog delovanja.

**Ključne reči:** skladištenje, generator otpada, komunalni otpad, sekundarne sirovine, otpad koji ima karakteristike opasnih materija

### **ABSTRACT**

In accordance to Serbian government legislation on Waste Management, RB „Kolubara“ d.o.o. department „Prerada“ as a waste generator is obligated to make sorting of waste to the place of occurrence and its characteristics of: communal, secondary raw materials and waste that has the characteristics of hazardous substances. Dynamics and place of waste storage will depending on the type and quantity of waste generated during the year. Way of storing various types of waste and the location for temporary storage shall meet the regulations on sanitary and health care as well as technical and other requirements that ensure protection against their harmful effects.

### **1.0. UVOD**

U okviru Rudarskog basena „Kolubara“ nalazi se Ogranak „Prerada“ locirana u Vreocima, gde se vrši prerada i oplemenjivanje rovnog uglja sa površinskih kopova „Polja B i D“. Dobijeni ugalj se koristi za snabdevanje termoelektrana, industrije i široke potrošnje. Postrojenje za preradu uglja obuhvata Oplemenjivanje koje čini Moku separaciju, Sušaru i Klasirnicu, Toplanu i Održavanje. U okviru Ogranka „Prerada“ nalazi se i Suva separacija i Železnički transport.

U samom procesu prerade uglja, a naročito tokom remonta postrojenja, dolazi do generisanja određene količine opasnog i neopasnog otpada. Nastajanje (generisanje) otpada obuhvata one aktivnosti prilikom kojih materije dolaze u takvo stanje da su isključene iz upotrebe, te se sakupljaju radi odlaganja.

Zakon o upravljanju otpadom definiše upravljanje otpadom, od njegovog nastanka, preko sakupljanja, transporta, skladištenja, tretmana do konačnog odlaganja. Navedeni Zakon zahteva izradu Plana upravljanja otpadom. U okviru Plana definisan je način skladištenja za pojedine vrste otpada (komunalni otpad, sekundarne sirovine i otpad koji ima svojstva opasnih materija).

## **2.0. NAČIN SKLADIŠTENJA ZATEČENOG STANJA**

Problem odlaganja industrijskog otpada u Ogranku „Prerada“ rešava se trenutno na sledeće načine:

- odlaganjem u interna privremena odlagališta ili deponije u okviru ogranka,
- prodajom pravnim ili fizičkim licima.

Reciklaža otpada u industrijskim krugovima se u najvećoj meri odnosi na reciklažu metala i ambalaže i to:

- vraćanjem dobavljaču na ponovno korišćenje;
- davanjem sakupljačima na dalju preradu.

## **3.0. NAČIN SKLADIŠTENJA OTPADA U PLANU UPRAVLJANJA OTPADOM**

Za svaku vrstu otpada (opasnog i neopasnog), koji se generiše predviđeni su postupci i načini razdvajanja. Adekvatno razvrstavanje svake vrste otpada, (opasnog i neopasnog), treba vršiti prema zakonskim zahtevima, na obezbeđenom i označenom prostoru za tu namenu. Otpad se razvrstava prema katalogu otpada. Katalog otpada predstavlja zbirnu listu opasnog i neopasnog otpada prema mestu nastanka, poreklu i prema predviđenom načinu postupanja.

Opasan otpad se klasifikuje prema poreklu, karakteristikama i sastavu koje ga čine opasnim.

Radi utvrđivanja sastava i opasnih karakteristika otpada, vlasnik otpada je dužan da izvrši ispitivanje opasnog otpada, kao i otpada koje prema poreklu, sastavu i karakteristikama može biti opasan otpad. Ispitivanje otpada vrši stručna organizacija i druga pravna lica koja su ovlašćena za uzorkovanje i karakterizaciju prema obimu ispitivanja za koja su akreditovana (akreditovane laboratorije).

Proizvođač, odnosno vlasnik otpada mora da klasifikuje otpad pre otpočinjanja kretanja otpada. Otpad se transportuje na određeni način kako bi se sprečilo rasipanje ili ispadanje otpada prilikom transporta, utovara ili istovara kako bi se sprečilo zagađenje vazduha, vode, zemljišta. Lokacija za odlaganje otpadnog materijala, kao i samo skladište (privremeno ili trajno), mora da ispunjava propise o sanitarnoj i zdravstvenoj zaštiti, kao i tehničke i druge uslove kojima se obezbeđuje zaštita od njihovog štetnog delovanja. Sav otpadni materijal odlagaće se u za to predviđen prostor u krugu ogranaka „Prerada- Suva Separacija“, pri čemu će veličina skladišta otpada biti primerena količini otpada za duži period i po potrebi, pokrivena i na betonskoj podlozi.

Opasan otpad će se **privremeno skladišti** na način propisan Zakonom za pojedine vrste otpada, na prostoru koji je jasno definisan za tu namenu (privremeno skladište). Skladište biće ograđeno žičanom ogradom, i oko njega je potrebno uraditi zaštitni kanal, koji bi se koristio u eventualno nekoj akcidentnoj situaciji, i za skupljanje i odvođenje atmosferskih voda. Planirana površina skladišta je prostor od oko 30 ar. U okviru skladišta je deo koji je potrebno izbetonirati površine 240 m<sup>2</sup>, za skladištenje opasnog otpada u spremišta i 270 m<sup>2</sup> za otpad koji se skladišti u natkrivenim i zaključanim boksevima.

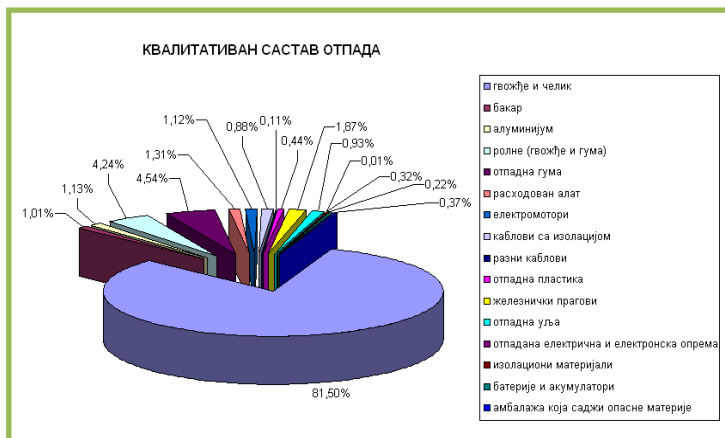
Za skladište otpada vodiće se *Evidencija o unetom i iznetom otpadu*. Vrlo važna operacija prilikom nastanka otpada je vođenje evidencije o količini otpada –tj. merenje otpada. Pakovanje otpada se vrši tako da zapremina i težina pakovanja otpada budu minimalne i da se istovremeno obezbedi neophodan nivo sigurnosti za prihvatanje otpada u daljem postupanju sa njim. Spakovani otpad, (svako pojedinačno pakovanje), se obeležava *Nalepnicom otpada*, koji se lepi na pakovanje ili pričvršćuje na pogodan način.

Pakovanje otpada vrši se na prostoru namenjenom za pakovanje otpada, a u suprotnom otpad se pakuje na mestu nastanka.

Na narednom grafiku 3.0. dato je procentualno učešće pojedini vrsta otpada na godišnjem nivou.

**Grafički prikaz procentualnog učešća vrsta opasnog i neopasnog otpada u ogranku „Prerada“(2009).**

**Grafik 3.0.**



Ukupne količine neopasnog otpada su 262 t sa procentualnim učešćem od 98,17%, ukupne količine opasnog otpada su 4,97 t sa procentualnim učešćem od 1.83%.

Najveće procentualno učešće pripada gvožđu i čeliku od 81,50%, rolnama (gvožđa i čelik) od 4,24%, zatim železničkim pragovima 1,9%. Ostale vrste otpada zastupljene su oko 1% i manje.

### 3.1. VRSTE NEOPASNOG OTPADA

- **Gvožđe, železničke šine, strugotine od ferometala, otpadni čelik** - Indeksni broj iz kataloga 17 04 05 sa ukupnom količinom 218 tona/god.
- **Stara odbačena oprema i alati** - Indeksni broj iz kataloga 17 04 07 sa ukupnom količinom 11,2 tona/god.
- **Rolne** - Indeksni broj iz kataloga 17 04 07 sa ukupnom količinom 3.5 tona/god.

U privremenom skladištu nalazi se boks za skladištenje metala. U boksu predviđenom za odlaganje metala nalazi se i kontejner za odlaganje strugotine od obrade ferometala, kontejner je zapremine 1000l (Slika 3.0.).



**Kontejneri za strugotine od fero metala**  
**Slika 3.0.**

- **Otpadna guma** - Indeksni broj iz kataloga otpada 16 01 03 sa ukupnom količinom 12 tona/god.
  - **Otpadne plastike** - Indeksni broj iz kataloga 20 01 39 sa ukupnom količinom 1,3 tona/god.
- RB „Kolubara“ ogranak „Prerada“ generiše različite vrste guma i plastike: otpadne automobilske gume, otpadni pneumatici teške građevinske mehanizacije, transportne trake, zaptivci i dr.
- **Obojeni metali** - Indeksni broj iz kataloga otpada 17 04 01 bakar, bronza, mesing sa ukupnom količinom 2,7 tona/god,
  - **Aluminijum (limovi)** - Indeksni broj iz kataloga otpada 17 04 02 sa ukupnom količinom 3 tona/god.
- U privremenom skladištu nalaze se boksevi za skladištenje navedene vrste otpada. Boksevi su ograđeni, natkriveni, na betonskoj podlozi, obeleženi i zaključani. U boksevima se nalazi kontejner u kome će se odlagati strugotine od obrade obojenih metala (Slika 3.1.).
- **Kablovi sa izolacijom** - Indeksni broj iz kataloga otpada 17 04 11 sa ukupnom količinom 2,5 tona/god;
  - **Rashodovani alat i elektromotori** - Indeksni broj iz kataloga otpada 17 04 07 sa ukupnom količinom 3 tona/god.
  - **Železnički pragovi** - Indeksni broj iz kataloga otpada 20 01 37 sa ukupnom količinom 5 tona/god,
  - **Otpaci od građenja, rušenja, šamot** - Indeksni broj iz kataloga otpada 17 09 04 sa ukupnom količinom 20 tona/god,
- Mesto za skladištenje navedenih vrsta otpada vršiće se na obeleženom mestu, skladišta Suva Separacija.
- **Komunalni otpad** - Indeksni broj iz kataloga otpada 20 03 01,
  - **Ambalaža u komunalnom otpadu** - Indeksni broj iz kataloga otpada 15 01 06
- Ne postoje tačni podaci o količinama i vrstama komunalnog otpada koji se generiše u RB „Kolubara“ ogranak „Prerada“. Sakupljanje komunalnog otpada vrši se u kontejnerima i odvozi se na postojeće odlagalište komunalnog otpada u Baroševcu, u skladu sa lokalnim planom upravljanja otpadom.

### **3.2. VRSTE OPASNOG OTPADA**

Neophodno je poštovati **Uputstvo za rukovanje opasnim otpadom** kojim se definiše rukovanje i skladištenje opasnog otpada u skladu sa zakonskom regulativom. Opasan otpad ne može biti privremeno skladišten duže od 12 meseci po Zakonu o upravljanju otpadom. Prostor u kojima se skladišti opasan otpad, su zatvorena spremišta sa kontejnerima i buradima, koji ispunjavaju propisane uslove u pogledu tehničke opremljenosti, lokacije, zaštitnih mera bezbednosti, ne stvaraju opasnost za druge objekte. Uputstvo za upravljanje opasnim otpadom treba da stoji na vidnom mestu gde se skladišti opasan otpad. Prostor za čuvanje opasnog otpada mora biti obeležen sa upozorenjem za vrstu opasnosti.

#### **Otpadna ulja**

- **Transformatorska ulja** - Indeksni broj iz kataloga 13 01,
- **Reduktorska ulja** - Indeksni broj iz kataloga 13/02,
- **Hidraulička ulja** - Indeksni broj iz kataloga 13 03

Ukupne količine **otpadnih ulja** su 2.5 tona/godišnje.

**Uredba o upravljanju otpadnim uljima** (Sl. Gl.RS br.60/08 ) doneta na osnovu člana 10. iz Zakona o zaštiti životne sredine (Sl. Gl. RS br 135/04), sa ovom uredbom propisuje se način upravljanja otpadnim uljima.

Skladištenje otpadnih ulja vršiće se u hermetički zatvorenim buradima i čuvaće se u spremištima (Slika 3.2.a.) zapremine 3000 l. Spremište će se nalaziti na betoniranom prostoru skladišta.



Slika 3.2.a. Spremište i izgled načina pakovanja buradi

**Baterije i akumulatori**

- **Upotrebljene baterije** - Indeksni broj iz kataloga otpada 16 06 02 i 16 02 04,
- **Akumulatorske baterije** - Indeksni broj iz kataloga otpada 16 06 05,
- **Olovni akumulatori** - Indeksni broj iz kataloga otpada.16 06 01.

Količine baterija i akumulatora su 3.6 tona/godišnje.

Na betoniranom (privremeno skladište) prostoru, nalazi se više poluotvorenih spremišta (Slika 3.2.g.), u kome se nalaze po tri zatvorena kontejnera izgleda (Slika 3.2.b.) i (Slika 3.2.v.).



Kontejner za akumulare

vuna)

Slika 3.2.b.



Kontejner za stare baterije (tekstil, azbest, st.

Slika 3.2.v.



Slika 3.2.g. Poluzatvorena spremišta

- **Otpadna električna i elektronska oprema, računari, monitori, ketridži** – Indeksni broj iz kataloga 20 01 36,
- **Živine sijalice** – Indeksni broj iz kataloga 20 01 21,
- **Natrijumove sijalice** – Indeksni broj iz kataloga 16 02 13,
- **Obične sijalice** – Indeksni broj iz kataloga 16 02 13,
- **Fluo cevi** – Indeksni broj iz kataloga 20 01 21

Ukupne količine otpadne elektronske opreme i električne opreme su oko 0,01 tona/godišnje.

Skladištenje navedene vrste otpada vrši će se takođe u kontejnere ((Slika 3.2.b.) i (Slika 3.2.v.).

- **Ambalaža koja sadrži opasne supstance ili je kontaminirana opasnim supstancama** - Indeksni broj iz kataloga 15 01 10

Količina ambalaže koja sadrži opasne supstance su oko 1tone/godišnje. Odlaganje prazne ambalaže na prostor skladišta Suve Separacije vrši će se u zatvorena spremišta (Slika 3.2.a.).

- **Odpatci od tekstila** (rukavice, otpadni pucval filteri) - Indeksni broj iz kataloga 15 02 02

Količine otpadaka od tekstila su 0,2 tona/godišnje.

Privremeno skladištenje, vršiće se u kontejnere u poluotvorena spremišta (Slika 3.2.g.).

- **azbestni zaptivači i pletenice** - Indeksni broj iz kataloga 16 02 12,
- **otpadni izolacioni materijal (staklena vuna)** - Indeksni broj iz kataloga 17 06 04.

Količine azbesta, staklene vune je 0,535 tona/godišnje. U skladu sa Zakonom o zaštiti životne sredine, doneta je Uredba o načinu i postupcima upravljanja otpadom koji sadrži azbest ( Sl. Gl.36/09). Privremeno skladištenje, vršiće se u poluotvorenom spremištim (slika 3.2.g.).

## **ZAKLJUČAK:**

Prilikom Upravljanja opasnog i neopasnog otpada pored primene određenih uputstava od mesta nastanka, unutrašnjeg transporta kao i privremenog skladištenja otpada, otpad mora biti vidno obeležen oznakama. Pravilnikom o tehničkim normativima za skladišta zapaljivih opasnih materija (Sl.list SFRJ br.14/80 i 9/81) utvrđuju se tehnički normativi za skladište zapaljivih opasnih materija radi obezbeđenja od požara i eksplozija. Neadekvatan način skladištenja industrijskog otpada – privremena skladišta, predstavljaju specifične objekte koji mogu da imaju negativan uticaj na životnu sredinu. Neposredno se javlja uticaj na vazduh, podzemne i površinske vode, zemljište i ugrožavanje bukom. Prednost skladištenja opasnog otpada u spremišta i kontejnere, pored primarne kontrole otpada, je sprečavanje zagađenja vode, vazduha i zemljišta od opasnih materija.

## **L I T E R A T U R A**

1. Plan upravljanja otpadom ogranka "Prerada" 2010.god.



## **UPRAVLJANJE ŽIVOTNOM SREDINOM U VELIKIM INDUSTRIJSKIM SISTEMIMA U SRBIJI**

### **THE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN LARGE INDUSTRIAL SYSTEMS IN SERBIA**

**Milisav Tomić<sup>1</sup>, Miodrag Tomić<sup>2</sup>, Miodrag Đurović<sup>3</sup>, Lana Ristić<sup>2</sup>, Vlatka Tadić<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup> РБ „Колубара“; Лазаревац; <sup>2</sup> Министарство животне средине и просторног планирања; <sup>3</sup> Београдска отворена школа*

#### **Izvod:**

Razvojni socio-ekonomski procesi u Srbiji, od druge polovini 20-og do kraja prve decenije 21-og veka, određivani su različitim geo-političkim i geo-ekonomskim dominacijama, na lokalnom, nacionalnom i globalnom nivou. Dok je prvu polovinu 20-og veka karakterisala ograničena industrijalizacija i urbanizacija, koja je pretežno ruralni prostor sigurno transformisala, ali po intenzitetu, obimu i masi drugačije od perioda posle novouspostavljenog sistema od 1945-91. god. Periode tranzicije, do kraja 20-og i početka 21-og veka do danas, karakterišu periodi socio-ekonomske stagnacije u kojoj veliki industrijski sistemi, formirani u specifičnim ideološko-političkim uslovima, funkcionišu do momenta održivosti, tehničko-tehnološki i kadrovski prevaziđeni vremenom i interesima državnog i globalnog poretka. Društveno-ideološko-političko-ekonomsko-industrijski razvojni procesi, sa momentima revolucionarnih koraka, inicirani su prostornim i vremenskim potrebama, pojedinaca i društva, i vođeni različitim metodama kontrole i upravljanja uspostavljenih sistema.

**Ključne reči:** Upravljanje, industrijski sistemi, životna sredina, održivi razvoj.

#### **Abstract:**

The development of socio-economic processes in Serbia, the other half of the 20th to the end of the first decade of the 21st century, determined by different geo-political and geo-economic domination of the local, national and global levels. While the first half of the 20th century, characterized by limited industrialization and urbanization, which is predominantly rural area is certainly transformed, but by intensity, volume and weight different from the period 1945-91 after the newly established system. Periods of transition, until the end of the 20th and early 21 th century to the present, characterized by periods of socio-economic stagnation in which large industrial systems, formed in the specific ideological and political conditions, functioning and sustainability of the moment, technically and technologically outdated and staff time and interests of the state and global order. Socio-ideological-political-economic and industrial development processes, with moments of revolutionary steps, initiated by the spatial and temporal needs of individuals and society, and led to different methods of control and management systems established.

**Key words:** Management, industrial systems, Environment, Sustainable Development.

#### **Uvodna razmatranja**

Ciljevi ovog rada su otkrivanje metodološke osnove za upravljanja životnom sredinom u velikim industrijskim sistemima, zatim, pronalaženje metoda za racionalno upravljanja industrijskim sistemima, prirodnim resursima, kao i specifičnostima informacione osnove za upravljanje zaštitom životne sredine.

Rad takođe razmatra problem optimizacije upravljačkih odluka u pogledu ekologije i odgovornost za te odluke. Veliki industrijski sistemi koji su izgrađivani u periodu od 1945-1991. god. u duhu kolektivismu i socijalističkog samoupravljanja, i koji su održivo funkcionisali u okvirima tadašnje ideologije, planski, organizaciono, tehničko-tehnološki nisu predviđali zaštitu životne sredine<sup>1</sup>. Ideološke vrednosti, koje je promovisala vladajuća oligarhija, stvarale su idejni okvir, indoktriniranih, radnika-samoupravljača, koji je uglavnom pozitivno uticao na „kolektivni duh“, i motive za postizanje proizvodnih zadataka. Period posle urušavanja aktuelnog društvenog uređenja<sup>2</sup>, nosi sa sobom niz specifičnosti, a to su: socio-ekonomska kriza, zastarelost tehnoloških sistema, vrhovni menadžment velikih industrijskih sistema ostaje bez do tada specifične kontrole, koja se posredno odražava i na uslove upravljanja životnom sredinom.

### **Životna sredina**

Evolucija planete Zemlje, geneza i evolutivna povezanost njenih sfera (litosfera, atmosfera i hidrosfera), predstavljaju vremensko-prostorne faze formiranja različitih, uzajamno-uslovljenih sistema prirodne sredine abiogenog porekla. Starost planete se procenjuje na oko 4,5-5 milijardi godina, to je dug period u toku koga se abiogene sfere evolutivno jasno diferenciraju, i svojim kvantitativnim i kvalitativnim osobinama se osposobljavaju da stvore, ili prime i očuvaju novu formu materije (živi organizam), koja će da formira novu, evolutivno složeniju i osetljiviju sferu prirodne sredine- biosferu. U abiogenoj i biogenoj sredini kretanje materije i energije u prostoru se odvija prirodnim zakonima, geneze i morfološke evolucije, različitih oblika nežive i žive prirode. Sa promenama u životnoj sredini, po evolucionističkoj Darwinovoj teoriji, nastaju nove vrste prilagođavajući se novonastalim uslovima. Čovek kao kopнено biće, i to kao tropska vrsta, toplog staništa<sup>3</sup>, više se ne ponaša kao do tada poznate vrste koje usled promene uslova u životnoj sredini izumiru ili se prilagođavaju, već se evolucija Homo-a odvija sa razvojem raznih pomagala i alatki, čije će usavršavanje označiti uspon ljudske vrste, i čoveka odrediti kao dominantnu vrstu, koja će prostor oko sebe prilagođavati svojim potrebama, i vremenski obezbeđivati svoj opstanak, različitim mogućnostima kontrole i upravljanja prirodne i društvene, odnosno životne sredine.

### **Upravljanje**

Razvoj industrije, kao i ukupne privrede, nemoguć je bez ljudske kontrole i upravljanja, različitog obima i organizacije, u različitim periodima razvoja društva i različitim prostornim specifičnostima. Upravljanje društvom i privredom, kao organizovana aktivnost, javlja se relativno rano. Obim i organizacija upravljanja, kroz vreme i prostor, može se pratiti kroz razvoj i stagnacije najstarijih civilizacija. Razvoj društva, revolucionarnim skokovima, odvijao se kroz pet istorijskih tipova društveno-ekonomskih formacija: Prvobitna zajednica, Robovlasničko društvo, Feudalno društvo, Kapitalističko društvo i Socijalističko društvo. Svesno **upravljanje** razvojem **industrije** javlja se još u prvoj fazi razvoja kapitalizma, **Liberalnog kapitalizma** posle industrijske revolucije. Stepenn organizacije kontrole i upravljanja proporcionalan je samim značajem industrijske proizvodnje na ukupnu privredu. Kako je industrijska proizvodnja postajala dominantna i vodeća grana privrede, tako je rasla i potreba za njenom kontrolom i upravljanjem, jer je njen razvoj već određivao ekonomsku, političku i vojnu moć države. U drugoj fazi razvoja kapitalističkog društva, **Monopolističkog kapitalizma**, karteli, trustovi i koncerni, monopolistički upravljaju razvojem. U trećoj fazi savremenog ili **Državnog kapitalizma**, država preuzima monopol razvoja, kontrole i upravljanja industrijskim sistemima kroz politiku investiranja, zaštitnih cena, carina, fiskalne politike. U **četvrtj fazi** razvoja kapitalizma, neke manje vitalne države

---

<sup>1</sup> I na globalnom nivou to je period u kome nema ozbiljnijih organizacionih rešenja koja bi se bavila problemima životne sredine.

<sup>2</sup> Socijalističko samoupravljanje.

<sup>3</sup> Bibi A. i Brenan En-Marija (2008): „Osnovi ekologije“, CLIO, Subotica.

gube monopol upravljanja privredom i industrijom u korist međunarodnih institucija i organizacija, gde se centri kontrole i upravljanja sprovode iz visoko razvijenih zemalja preko globalnih multi-nacionalnih kompanija. Razvojne **faze Liberalnog i Monopolističkog kapitalizma** i društva tog perioda uopšte, nisu davale značaj zaštiti životne sredine. Sredstva u vidu nemilosrdne eksploatacije ljudi i prirode, su opravdavala konačni cilj-profit. Takav odnos prema životnoj sredini je bio i očekivan, obzirom na nivo tadašnje društvene svesti, i da su ti sistemi upravljali samim sobom. U fazi **Državnog kapitalizma**, obzirom na nivo hijerarhije kontrole i upravljanja, kao i razvojem društvene svesti, nauke i tehnologije, stvaraju se mogućnosti ozbiljnijeg sagledavanja problema životne sredine i društva u njoj. Ideja globalizma, savremenog doba, koji promovise i ideju o zaštiti životne sredine, čiji su ciljevi unifikacija svih vrednosti, se javlja i sa izraženim tendencijama unifikacije problema upravljanja u oblasti zaštite životne sredine. Pošto je priroda globalizma autoritarna, jer se on ne uspostavlja koncenzusom, već dominacijom ideja aktuelnog poretka, javlja se kao antiteza lokalnim i nacionalnim poimanjima zaštite životne sredine i održivog razvoja. Međutim, kao i svaka avangardna ideja, i unificirana ideja o zaštiti životne sredine, promovise idealne poglede, postupke i rešenja. Tako da međunarodne organizacije preuzimaju vodeću ulogu u kreiranju modela upravljanja, na globalnom i regionalnom nivou.

Urušavanjem jednopartijskih sistema (gde monopol jedne ideje različitim metodama sprovodi kontrolu i upravljanje društva i privrede, definisanim programima i planovima kroz uglavnom jasno određene strategije), društvo i privreda tranzicionih prostora naglo stagniraju (psiho-socijalno-ekonomski), i počinju da se stihijski transformišu i razvijaju po potpuno drugačijim logičkim, etičkim i estetičkim principima.

Bivše komunističko društvo ide ka liberalnom kapitalizmu i demokratskim formama<sup>4</sup>, odnosno, prolazi kroz fazu tranzicije<sup>5</sup>, vraćajući se u nižu fazu evolutivnog razvoja kapitalizma savremenije forme, sa drugačijim sistemom kontrole i upravljanja<sup>6</sup>. Period „tranzicije“, privredu nekadašnjih socijalističkih zemalja, predstavljenu velikim industrijskim sistemima, državnog ili društvenog vlasništva, specifičnog razvoja, kontrole i upravljanja, ostavlja bez nadzora vrhovnog menadžmenta.

### **Upravljanje životnom sredinom**

„**Environmental management**“, engleski, „**Umweltmanagement**“, nemački, „**Upravljanje životnom sredinom**“ ili „**Upravljanje životne sredine**“ srpski termini, ne odnose se na upravljanje životnom sredinom, niti na upravljanje životne sredine, već na takav način **upravljanja** preduzećem, koje će uzeti u obzir sve uticaje preduzeća na životnu sredinu, sa namerom da te uticaje dovede u sklad sa ciljevima, proklamovanog, održivog razvoja, odnosno dugoročnog opstanka preduzeća i društva<sup>7</sup>.

Upravljanje životnom sredinom ima dvojak karakter jer s jedne strane predstavlja metod (sredstvo), koji se primenjuje u cilju regulisanja odnosa na relaciji društvo - životna sredina, dok je sa druge, da bi se došlo do faze definisanja sistema organizovanih akcija kroz sistem mera i instrumenata (planske, ekonomske, zakonodavne, organizacione i dr.), neophodna primena čitavog niza veoma različitih i kompleksnih metoda (pristupa).<sup>8</sup> Po Milutinu Lješeviću (2005), **upravljanje** bi podrazumevalo: 1. Organizaciju praćenja stanja, 2. Definisane pravne regulative, 3. Modelovanje i prognoziranje stanja životne sredine, i

---

<sup>4</sup> Dilas M. (1994): „Pad nove klase“, Službeni list SRJ, Beograd.

<sup>5</sup> Latinski: transitivus“- prelaz.

<sup>6</sup> Politička pluralizacija-demokratizacija, koja prati društva u tranziciji, kao i promene u konstelaciji interesa, urušavanje starih javnih interesa i nastup velikog broja novih i legitimnih individualnih-parcijalnih interesa. Transformacija starih aparata i institucija kontrole društva i privrede.

<sup>7</sup> Gereke Z. (1996): „O terminologiji u oblasti ekološkog upravljanja“, Ekologika br. 3, Beograd.

<sup>8</sup> Miljanović Dragana (2007): „Kompleksnost ekoloških problema“, Sveska br. 2, Glasnik SGD, Beograd.

4. Donošenje odgovarajućih planova unapređenja. Sistem upravljanja životnom sredinom obuhvata sve postupke i aktivnosti koje su povezane sa institucijama, planiranjem, pojavama i procesima u prostoru, raspoređivanjem resursa, povratnim vezama u sistemu, itd., a sve u cilju što bolje i efikasnije zaštite.<sup>9</sup> Da bi se zaštitila životna sredina, neophodno je da se definišu pokazatelji (indikatori) delovanja na sredinu i da se oceni to delovanje u odnosu na pređašnje stanje. Indikatori životne sredine se mogu podeliti u tri grupe i to: indikatori trenutnog stanja životne sredine; indikatori delovanja na sredinu i indikatori upravljanja sredinom. Indikatori stanja životne sredine se odnose na vezu između svih elemenata unutar sistema. Stanje životne sredine se može podeliti u tri oblasti: Prirodni resursi; Izgrađeni resursi i Zdravlje ljudi. Osnovni cilj praćenja ovih indikatora je definisanje jednog dobrog i efektivnog programa zaštite sredine i svih njenih delova (zemljište, voda, vazduh, flora, fauna itd.). Indikatori delovanja na sredinu obuhvataju materijale i energiju, infrastrukturu, itd. Konkretno oni se odnose na: korišćenje sirovina; potrošnju različitih vidova energije; potrošnju vode; emisije u atmosferu; ispuštanje zagađujuće materije u vodu; otpad i sl. Indikatori su sve ono što ima direktnu vezu sa upravljanjem, a najčešće se odnose na usaglašenost sa zakonskim propisima, finansijska sredstva, efikasnost realizacije, obučavanje osoblja, eksterne komunikacije, korektivne mere, itd.

### **Pojam sistema**

**Sistem** (grč. Systema- sastavljati): 1. Skup načela, pojmova ili stvari usklađenih tako da deluju kao celina; 2. Celina sastavljena od više delova<sup>10</sup>

Za **sistem** može da se kaže da je to skup raznovrsnih objekata sa svojim osobinama, koji su povezani određenim međusobnim vezama, i među kojima su uspostavljeni odgovarajući odnosi.

**Prirodni sistem** ili sistem prirodne sredine, je uži pojam od sistema životne sredine i kao takav deo njenog podsistema. Drugi podsistem sistema životne sredine je antropogeni podsistem, koji je u dualističkom odnosu sa prirodnim sistemom. Vezu ova dva podsistema, u antropocentričnom smislu reči, čini čovek sa svojom pojavom, potrebama, aktivnostima i delatnostima. Ljudsko biće od momenta pojave svesti počinje da stvara novi aprirodni-antropogeni sistem, antitezu prirodnom sistemu. Taj dualizam u samom ljudskom biću, koji ga čini shizofrenim u odnosima prema ova dva podsistema, jednom koji ga je stvorio i drugom koji sam stvara, određivao je i određivaće tačku održivosti ljudskog bića i njegovog uspostavljenog sistema. Prirodni sistem je stariji, formiran na abiogenoj i biogenoj osnovi sa izvanredno tačnim zakonitostima, međusobnih uzajamno posledičnih veza svojih podsistema koji održivo funkcionišu.

**Poslovni sistem** podrazumeva preduzeće ili radnu organizaciju, i on predstavlja podsistem antropogenog sistema, čiji je uloga da proizvodnjom materijalnih sredstava i dobara zadovoljava osnovne potrebe društva. Preduzeće kao i drugi sistemi ima svoju strukturu organizacije, elemente sistema ili podsisteme, osobine pojedinih elemenata, veze i odnose među elementima-podsistemima. Preduzeće je i socijalni sistem, koji predstavlja za članove ovog sistema unutrašnju sredinu, dok je taj isti sistem pod uticajem šireg socijalnog okruženja u koje je smešten, ali i taj sistem (industrijsko preduzeće), deluje i na svoje okruženje, odnosno sredinu. Industrijsko preduzeće predstavlja, i socijalni sistem, koji ima svoju materijalno- tehničku strukturu (zgrade, mašine, infrastrukturu), svoju socijalnu strukturu (osoblje koje je zaposleno u ovom materijalno- tehničkom prostoru), kao i svoju duhovno- moralnu stranu, kao što je kolektivni mentalitet osoblja preduzeća, ili „duh fabrike“<sup>11</sup>. Taj individualni i kolektivni moral i mentalitet, kao i svest o opštem dobru, mogu da odrede održivost, naročito velikih društvenih preduzeća, i

---

<sup>9</sup> Radojević R. (2000): „Upravljanje kvalitetom i zaštitom životne sredine”, DOPIS, Beograd.

<sup>10</sup> Klajn I. (2007): „Veliki rečnik stranih reči i izraza“, Prometej, Beograd.

<sup>11</sup> Vojnović M. (1994): „Sociološki faktori u rudarstvu i geologiji“, Prometej, Beograd.

način njihove eventualne privatizacije u periodu tranzicije. Poslovni sistem je izložen stalnim spoljašnjim i unutrašnjim uticajima, koji uglavnom imaju tendenciju da naruše njegovu stabilnost. Da bi obezbedio stabilan rad sistem mora da se prilagođuje ovim uslovima i da im se efikasno suprostavlja. Do poremećaja u radu sistema, sa svim posledicama koje iz toga proizilaze, može doći u slučaju da neki od ovih uticaja nadjačaju odbrambene mehanizme sistema, ili prevaziđu mogućnosti kojima sistem raspolaže da bi mogao uspešno da se suprostavi tim uticajima. Sposobnost poslovnog sistema da se suprostavlja i savlada spoljne i unutrašnje uticaje, naziva se **upravljanje**.<sup>12</sup> Upravljanje se definiše i kao kontinualno dejstvo upravljačkih akcija kojima se, uticajem na parametre sistema, sistem prevodi iz jednog stanja u drugo. Proces koji se usmerava ka realizaciji ciljeva sistema.<sup>13</sup>

### **Problemi upravljanja životnom sredinom u velikim industrijskim sistemima društva u tranziciji**

Proizvodnje energije podrazumeva direktan uticaj na životnu sredinu u procesu eksploatacije goriva i njegovog sagorevanja, takve promene su izražajne i prostorno i vremenski, kako po površinama koje zauzimaju, tako i po dužini eksploatacije datog ležišta i energetskih objekata.

Različiti industrijski sistemi se na osnovu prihvaćenih kvantitativnih i kvalitativnih parametara tehnoloških procesa međusobno razlikuju u strukturi, funkcionisanju i karakteru interakcije sa prirodnim okruženjem. Čak se i identični kvalitativni i kvantitativni parametri procesa prirodnih i industrijskih sistema razlikuju jedni od drugih jedinstvenim ekološkim uslovima, što dovodi do različite interakcije sa sredinom svog prirodnog okruženja. Tako da je predmet proučavanja i analize, stanje životne sredine, kao i interakcija tehnoloških i prirodnih procesa u prirodnim i industrijskim sistemima.

Danas mnoge oblasti koje se bave zaštitom životne sredine imaju veoma praktične orijentacije i od velikog su značaja za razvoj različitih sektora privrede. U tom smislu, nova naučna disciplina na polju ekologije i praktične sfere ljudske delatnosti: Primenjena nauka o zaštiti životne sredine, projektovana tako da optimizuje ljudske odnose sa prirodnom sredinom, treba da nađe adekvatne modele **informisanja, kontrole i upravljanja**.

**Informisanje:** Proučavanje interakcija antroposfere sa prirodnim okruženjem u procesu društvene proizvodnje pre svega treba da počiva na **informaciji**. Prikupljanje i obrada informacija (Tomić M. 2010.)<sup>14</sup> je veoma složen posao koji podrazumeva njihovu zavisnost i uslovljenost nizom faktora: prirodnih, tehničko-tehnoloških i antropogenih karakteristika. Prirodne karakteristike prostora životne sredine mogu biti takve da otežavaju brzinu protoka informacija. Tehničko-tehnološke karakteristike prostora u zavisnosti od toga da li su adekvatne rešavanju datog problema u smislu kvaliteta, aktuelnosti i međusobne uslovljenosti i povezanosti takođe mogu pozitivno i negativno da utiču na brzinu i kvalitet prenosa informacija. Antropogene karakteristike se mogu ogledati u sposobnosti, stručnosti i motivisanosti lica zaduženih za prenos i obradu datih informacija.

**Kontrola:** U oblasti zaštite životne sredine uspostavljaju se zakonske norme i standardi, što podrazumeva odgovornost za njihovo kršenje. Zakon o zaštiti životne sredine kao i međunarodni zakoni, konvencije, sporazumi, propisi, odluke lokalnih vlasti kao i procedure preduzeća, itd, uređuju pravni odnos i položaj privrednih subjekata u datom prostoru na lokalnom, regionalnom i globalnom nivou.

**Upravljanje:** Veliki broj nerešenih problema zaštite životne sredine u industrijskim sistemima egzistira kao posledica neplanskog i neorganizovanog pristupa u rešavanju aktuelnih problema. Na osnovu analize

---

<sup>12</sup> Radojević R. (2000): „Upravljanje kvalitetom i zaštitom životne sredine“, DOPIS, Beograd.

<sup>13</sup> Dulanović Ž., Jaško O., (2008.): „Osnovi organizacije poslovnih sistema“, FON, Beograd.

<sup>14</sup> Tomić M.: „Primena informacionih tehnologija u upravljanju industrijskim otpadom, na primeru RB „Kolubara“.

stanja velikih industrijskih sistema u Srbiji, može da se zaključi da se nije organizovano i planski pristupalo upravljanju životnom sredinom. Izvršavanje funkcije menadžmenta u domenu informisanosti, kontrole i upravljanja životnom sredinom, nije adekvatno rešavano. Kao uzroci tome mogu biti problemi vezani za:

- informaciju (problem sa tačnom, pravovremenom, lako dostupnom, standardizovanom i uporedivom informacijom),
- kontrolu (problem u nadzoru i nadgledanju),
- upravljanje (problem vezan za neadekvatne odluke u upravljanju životnom sredinom).

Ovaj rad ima za cilj da analizira probleme vezane za informacije i kontrolu, koji bi menadžmentu omogućili ekonomičnije i operativnije upravljanje.

### **Problem etike**

Upravljanje privredom i industrijom je velika oblast nauke i prakse, gde bi etika održivog poslovanja zauzimala posebno mesto. Održivo poslovanje bi podrazumevalo ekonomski razvoj, ne samo zbog profita po svaku cenu, već upravljanje savremenom ekološkom proizvodnjom.

Raznovrsnost etike kao kompleksan sistem poslovne etike podrazumeva više podsistema i korelacija<sup>15</sup>:

**Državna etika** - skup etičkih standarda koje karakterišu stil ponašanja i odnosa države (državnih službenika u okviru svoje organizacije, zakonodavnih, izvršnih vlasti i institucija), prema privredi, industriji, životnoj sredini, kao i načinu kontrole i upravljanja kako industrijskim sistemima, tako i modelu kontrole i upravljanja industrijskih sistema životnom sredinom.

**Društvena etika** - sistem moralnih principa koji definišu javne komunikacije i odnose. Karakteristika socijalnog morala je da se moralni principi pojavljuju kao regulator socijalnog ponašanja. Etika poslovnih odnosa primenjuje koncept društvene odgovornosti kao određeni nivo odgovora na društvene, ekonomske, kao i probleme životne sredine.

**Proizvodna etika** - skup principa i normi koji regulišu odnose između učesnika procesa rada. Proizvodna etika pre svega podrazumeva poštovanje poslovne etike u industriji i njenog odnosa prema socijalnoj sredini, privredno-ekonomskoj i prirodnoj sredini.

**Upravljačka etika** - sistem moralnih zahteva rukovodstva preduzeća.

Proces uspostavljanja etičkog odnosa prema životnoj sredini, kao posledica tranzicije nije izolovan od drugih društvenih pojava i procesa. Naprotiv, stanje etičko poslovne prakse je posebno indikativno u analizi njegove interakcije sa drugim sferama životne sredine u širem smislu. Proučavanje ovog odnosa dovodi do dubljeg razumevanje specifičnosti proučavanog problema.

### **Odnos radnika prema privrednom sistemu u kome su zaposleni i prema životnoj sredini**

Obim moralnih i etičkih pitanja je u korelaciji sa procesima koji se dešavaju u društvenom životu ljudi, dobija okvire socijalnog i pravnog karaktera. Kada je reč o ne određenom odnosu prema životnoj sredini, treba istaći i konstataciju, da je „nasilje nekog čoveka ili čitave grupe upravljeno prema nekom drugom čoveku, grupi, pa i prema prirodi ili stvarima od vrednosti, često jedini način samoodržanja pred nezadrživom navalom ničim obuzdane agresije, koja bi se, u suprotnom, svom silinom upravila prema unutra i dovela do samouništenja“ (Jerotić V., 1988.), gde se prikazuje kako se stvara osećanje nemoći u ljudima u uslovima socio-ekonomske krize, i ispoljavaju njegove rušilačke agresivnosti, što je i primer primarne situacije čovekove egzistencijalne ugroženosti u svetu<sup>16</sup>, čime se donekle i objašnjava

---

<sup>15</sup> Egoršin A.P., Raspopov V.P., Šaškova N.V (2005): „Etika delovnyh otnošenii“, Nižegorodskij institut menadžmenta i biznisa, N.Novgorod.

<sup>16</sup> Jerotić V. (1988): „Čovek i njegov identitet“, Dečje novine, G. Milanovac.

destruktivan i nezainteresovan odnos članova društva u tranziciji na zaštiti i unapređenju privrede, materijalnih dobara i životne sredine uopšte.

### **Tranzicija (transitivus-prelaz)**

U postkomunističkim društvima, kroz proces demokratizacije poseban akcenat se stavlja na decentralizaciju, gde bi lokalna zajednica dobila veću ulogu u planiranju i politici održivog razvoja. Osnovne pojave koje prate period tranzicije, i koje će umnogome određivati način kontrole i upravljanja velikim industrijskim sistemima, kao i tok i brzinu zaštite životne sredine u okviru održivog razvoja su: privatizacija; politička pluralizacija; smena starih javnih interesa, velikim brojem novih i legitimnih individualno-parcijalnih interesa.

Demokratizacijom i uvođenjem političkog pluralizma u velikoj meri bi trebalo da se menja odnos centara moći i odlučivanja na nivou države. Lokalna zajednica kao jedna od „osnovnih ćelija“ novog demokratskog društva, trebalo bi da ima odlučujuću ulogu u donošenju ključnih odluka vezanih za interese lokalne zajednice, organizovanje privrede i korišćenje raspoloživih resursa. U slučaju velikih industrijskih sistema postavlja se pitanje kolike su ingerencije lokalne zajednice u odlučivanju, kada se na njenoj teritoriji nalazi javno preduzeće od nacionalnog značaja, i kome su na raspolaganju svi raspoloživi resursi. Postavlja se i pitanje na koji način lokalna zajednica može da sprovodi održivi razvoj, a da ne dođe u koliziju sa nacionalnim interesom. Dok je u predemokratskom periodu akcenat više stavljan na socijalnu komponentu na uštrb ekonomske (jedan od faktora koji je i urušio ekonomije socijalističkih zemalja, i izbacio ih iz konkurencije sa zapadnim ekonomijama), procesom tranzicije bi trebalo da se usaglase sva tri principa održivog razvoja (ekonomski, socijalni, ekološki). Procesom tranzicije bi trebalo javni interes, legitimno zameniti individualnim interesima. Privatizacija velikog industrijskog sistema, ili njegovih delova, kao logična posledica aktuelnog procesa, bi u cilju racionalizacije proizvodnje podrazumevala smanjenje broja radnih mesta, a samim tim otpuštanje znatnog broja radnika, ili potpuno gašenje takvog sistema. Takav ishod i pored socijalnih programa, bi teško bio održiv bez kontrole i planskog upravljanja resursima i privredom u okruženju potpuno devastiranom i podređenom velikom industrijskom sistemu. Da li je proklamovani lični pragmatizam i individualizam moguće usaglasiti sa održivim razvojem društva i lokalne zajednice?

Postavlja se i problem definisanja interesa društva i lokalne zajednice, da li je to globalna ili nacionalna privilegija, ili je to zadatak predstavnika lokalne zajednice? Koliko su predstavnici društva i lokalnih zajednica (opterećeni ličnim političkim, materijalnim i statusnim interesima), društva u tranziciji, motivisani i kompetentni da „vide“ interese lokalne zajednice, i da li imaju kulturni i civilizacijski potencijal da shvate i sprovedu njen interes kroz održivi razvoj? Interesi novih vlasnika, bilo da su predstavljeni domicilnim, nacionalnim ili globalnim kapitalom, legalizovanih tranzicijom, mogli bi da se sukobe sa opštim interesom lokalne zajednice, kao i mogućnostima i kapacitetom prirodne sredine, koja treba da zadovolji tržišne potrebe za očekivanim profitom.

### **Mogući pravci upravljanja životnom sredinom u velikim industrijskim sistemima društva u tranziciji**

U širem smislu, upravljanje zaštitom životne sredine treba da omogući stvaranje baze za održivi ekološki i ekonomski razvoj. Takav razvoj podrazumeva odbacivanje preovlađujuće prakse koncepta ekonomskog rasta po svaku cenu, u osnovi filozofije razvoja svetske privrede, kojoj se u procesu tranzicije uglavnom i teži, i na osnovu pojma neiscrpnih prirodnih resursa i neograničenih mogućnosti prirodne sredine za samoodržanjem i samoobnovljivošću. Upravljanje zaštitom životne sredine je usko povezano sa privredom zemlje i generiše početne informacije o potrebi za korišćenjem prirodnih resursa u rešavanju

problema efikasnosti proizvodnje. Jedan od mogućih pravaca upravljanja životnom sredinom u velikim industrijskim sistemima, uz shvatanje značaja kompleksnosti tranzicionih problema i usmerenja, sa prihvatanjem činjenice uticaja ekonomsko-politički moćnog okruženja, predstavljenog evropskim političkim aspektom tranzicije, koje će bitno odrediti načine budućeg razvoja, ogledaće se i u usklađivanju nacionalnih propisa u oblasti zaštite životne sredine sa propisima evropskih visoko razvijenih zemalja, uz njihovu primenu. Održivi razvoj je moguće sprovoditi uz strategije razvoja kojima će se na sveobuhvatan način definisati osnovni ciljevi, načela i prioritete unapređenja stanja u oblasti privrede, velikih industrijskih sistema i zaštite životne sredine, utvrđujući aktivnosti koje je neophodno preduzeti, uz jasno predstavljene modele kontrole i upravljanja životnom sredinom u velikim industrijskim sistemima.

## **Zaključak**

Ni jednom društvu, ideologiji, ekonomiji i preduzeću nije osiguran opstanak, ukoliko nisu u stanju da se transformišu sa potrebama savremenog doba. To je naročito značajno za društva čije su ideologije i politike izgubile ili su vremenom prevaziđene na globalnom nivou. Kako etika društava u tranziciji nije jasno utvrđena i definisana, jer se i ona nalazi u transformaciji u procesu prelaska na nove sisteme vrednosti, neophodno je pronaći najoptimalnije modele kontrole i upravljanja, kako se ukupan održivi razvoj ne bi zasnivao na odlukama bez jasno definisanih logičkih, etičkih i estetičkih vrednosti i stavova. Neophodno je suočiti se sa realnom društveno-političkom situacijom, i procenom svih uzročno-posledičnih veza u prostoru koji je opterećen „tranzicionim problemima“, a koji će sigurno određivati kakve će se odluke donositi u centrima moći koje su vezane za način upravljanja životnom sredinom u velikim industrijskim sistemima u Srbiji.

## **LITERATURA**

1. Jerotić V. (1988): „Čovek i njegov identitet“, Dečje novine, G. Milanovac.
2. Đilas M. (1994): „Pad nove klase“, Službeni list SRJ, Beograd.
3. Gereke Z. (1996.): „O terminologiji u oblasti ekološkog upravljanja“, Ekologika br. 3, Beograd.
4. Lješević M. (1999.): „Životna sredina teorija i metodologija istraživanja“, Geografski fakultet - centar za životnu sredinu i GIS, Beograd.
5. Radojević R. (2000.): „Upravljanje kvalitetom i zaštitom životne sredine“, DOPIS, Beograd.
6. Milinčić M. (2001): „Srbija-geopolitika životne sredine“, Srpsko Geografsko Društvo, Beograd.
7. Milanović M. (2002.): „Mogućnost informacionog povezivanja Srbije sa svetskim institucijama koje se bave zaštitom životne sredine“, Zbornik radova geografskog fakulteta, Beograd.
8. Lješević M., Milanović M. (2004.): „Uloga informacionih sistema u istraživanju i zaštiti i životne sredine“, Zbornik radova geografskog fakulteta, Sveska LII, Beograd.
9. Lješević M. (2005): „Urbana ekologija“, Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.
10. Miljanović Dragana (2007.): „Kompleksnost ekoloških problema“, Sveska br. 2, Glasnik SGD,
11. Egoršin A.P., Raspopov V.P., Šaškova N.V (2005): „Этика деловых отношений“, Nižegorodskij institut menedžmenta i biznisa, N.Novgorod.
12. Яkunina I.V., Popov N.S. (2009): „Методы и приборы контроля окружающей среды“, Министерство образования и науки Российской Федерации, Тамбовский государственный технический университет, Тамбов.
13. Tomić M. (2010): „Primena informacionih tehnologija u upravljanju industrijskim otpadom, na primeru RB „Kolubara“, Zbornik radova 5. simpozijum „Reciklažne tehnologije i održivi razvoj“, Tehnički fakultet u Boru Univerziteta u Beogradu, Bor.
14. Tomić M. (2010): „Jedan od modela kontrole upravljanja industrijskim otpadom na primeru Ogranka „Prerada“, Vreoci“, „Šesta međunarodna Konferencija o sistemu upravljanja zaštitom životne sredine u Elektroprivredi, ELECTRA VI“, Zlatibor.



# **ZELENA REMEDIJACIJA - UPOTREBA LETEĆEG PEPELA U TRETMANU SOLIDIFIKACIJE/STABILIZACIJE**

## **GREEN REMEDIATION – USE OF FLY ASH IN SOLIDIFICATION/STABILIZATION TREATMENT**

**Milena Dalmacija<sup>1</sup>, Božo Dalmacija<sup>1</sup>, Srđan Rončević<sup>1</sup>, Miljana Prica<sup>2</sup>, Elvira Karlović<sup>1</sup>, Dejan Krčmar<sup>1</sup>, Ljiljana Rajić<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine, <sup>2</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka*

### **APSTRAKT**

Solidifikacija/Stabilizacija je tehnologija koja se koristi da bi se potencijalno hazardne vrste otpada transformisale u manje hazardan ili potpuno nehazardan oblik pre njegovog odlaganja na deponiju, u cilju sprečavanja ulaska zagađenja u životnu sredinu. Uključuje mešanje stabilizirajućeg agensa i kontaminiranog materijala, na taj način štiteći životnu sredinu imobilizujući štetne komponente. Cilj ovog rada je bio da se utvrdi mogućnost korišćenja letećeg pepela za solidifikaciju/stabilizaciju sedimenta zagađenog metalima, koji predstavlja izuzetan rizik po životnu sredinu i spada u četvrtu, poslednju klasu kvaliteta po holandskoj klasifikaciji koja je upotrebljena zbog nepostojanja nacionalne regulative. Kao stabilizirajući agens korišćen je leteći pepeo jer predstavlja sporedan industrijski otpad, te su njegovom primenom u ovom tretmanu imobilisane dve vrste otpada. U cilju određivanja dugoročnog ponašanja S/S smeša, rađeni su testovi izluživanja u skladu sa ANS difuzionim testom u periodu od 90 dana. Kao najefikasnije, pokazale su smeše sa 20 i 30% letećeg pepela, sa manje od 1% izluženih metala, a upoređivanjem kumulativnih izluženih koncentracija sa važećim pravilnikom za otpad koji propisuje Evropska Unija (2003/33/EC) sve ispitivane smeše se mogu smatrati inertnim ili nehazardnim otpadom.

### **ABSTRACT**

Solidification/stabilization technology is used to transform potentially hazardous wastes into less hazardous or completely non-hazardous form prior to its disposal at the landfill to prevent entry of pollutants into the environment. It involves mixing stabilizing agent and the contaminated material, thereby protecting the environment by immobilizing harmful components. The aim of this study was to determine the possibility of using fly ash for the solidification/stabilization of metals contaminated sediment, which represents an extraordinary risk to the environment and belongs to fourth, the last class quality in the Dutch classification that was used because of the absence of national legislation. Fly ash was used as stabilizing agent because it represents a secondary industrial waste, and by its application in the treatment two types of waste were immobilized. In order to determine the long-term behavior of S / S mixtures, leaching tests were conducted in accordance with ANS diffusion test for 90 days. As the most effective, were mixtures of 20 and 30% of fly ash, with less than 1% metals leached, and comparing the cumulative leached concentration with the applicable regulations for wastes prescribed by the European Union (2003/33/EC) all of these mixtures can be considered inert or non-hazardous waste.

### **UVOD**

Procesi i tehnike stabilizacije i solidifikacije (S/S) su se razvili u važan deo tehnologije životne sredine. Ova tehnologija je najčešći izbor zbog nekoliko kriterijuma: pre svega efektivnost u protekciji ljudskog zdravlja i životne sredine, saglasnost sa zakonskim regulativama i zahtevima, mogućnost implementacije i isplativost. Pri izboru metode, troškovi su jedan od najvećih interesa pri odabiru tehnologija za tretman ili

odlaganje otpada. S/S je jedna od najpopularnijih tehnologije zbog svojih niskih troškova u poređenju sa drugim tehnologijama. Ova grupa tehnika spada u kategoriju tehnika koje ne menjaju zagađenje: podrazumevaju prevođenje zagađujuće supstance u čvrsto stanje (solidifikacija), njenu stabilizaciju i sve potrebne procese da se izbegne širenje površine zahvaćene zagađivačem. Ovi procesi su usmereni na smanjenje pokretljivosti i toksičnosti zagađujućih materija smanjenjem njihove rastvorljivosti i isparljivosti i propustljivosti medijuma. Kao rezultat mnoge S/S metode se promovisu i nude kao tretman opasnog i drugih otpada iz industrije i komunalnih izvora. Ova tehnologija, koja uključuje mešanje cementa ili drugog vezivnog materijala sa kontaminiranim materijalom, štiti životnu sredinu imobilizujući štetne komponente. Vezivni materijal reaguje hemijski sa vodom iz materijala koji je tretiran, izazivajući promene u fizičkim i hemijskim osobinama i stabilizuje štetne konstituente i tako sprečava njihov dalji transport u životnoj sredini.

Poslednjih par godina sve više se koristi pojam „zelena remedijacija“, koja podrazumeva procese, proizvode i aktivnosti koji imaju mali ili neznatan uticaj na životnu sredinu. Ovo se odnosi kako na konačne proizvode remedijacije, tako i na samu tehnologiju procesa koja bi trebalo da ima što manji uticaj na životnu sredinu. Iz ovog razloga, u radu je kao stabilizirajući agens korišćen leteći pepeo, u cilju postizanja tzv „zelenog koncepta“ - imobilizacije i odlaganja dve vrste otpada. Pozolani su silikatni ili aluminozni materijali, koji se pojavljuju u prirodi ili nastaju kao industrijski sporedni proizvodi, a dobijaju cementne osobine kada se aktiviraju kalcijum-hidroksidom, pa je zbog toga korišćenje ovih aditiva isplativo jer nije potreban nikakav poseban postupak za njihovo dobijanje kao što je to slučaj kod cementa koji se najčešće koristi u klasičnim S/S tehnologijama.

Radi procene mobilnosti kontaminanata iz S/S otpada rađen je semi-dinamički test izluživanja. Testovi izluživanja se upotrebljavaju širom sveta da bi se odredila koncentracija kontaminanata koji su prisutni u S/S otpadu i njihova verovatna mobilnost. Uslovi pod kojima se ovi testovi izvode mogu biti modifikovani da bi se procenili parametri koji utiču na izluživanje u životnoj sredini i da bi se procenile karakteristike S/S otpada pri realnim uslovima u životnoj sredini i njihovo variranje kroz vreme. Krajnji cilj svakog testa izluživanja je mogućnost procene opcija remedijacije i uopšte mogućnosti remedijacije u cilju zadovoljenja zakonskih mera (*Bone et al., 2004*). Testovi izluživanja bi generalno trebalo da oponašaju uslove na terenu što je više moguće više.

## **MATERIJAL I METODE**

Korišteni leteći pepeo (iz Termoelektrane Kolubara) imao je sledeći sastav (maseni %): SiO<sub>2</sub> (39,4), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (20,1), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (4,95), MgO (4,01), CaO (23,2), K<sub>2</sub>O (0,64), Na<sub>2</sub>O (2,12), SO<sub>3</sub> (1,88).

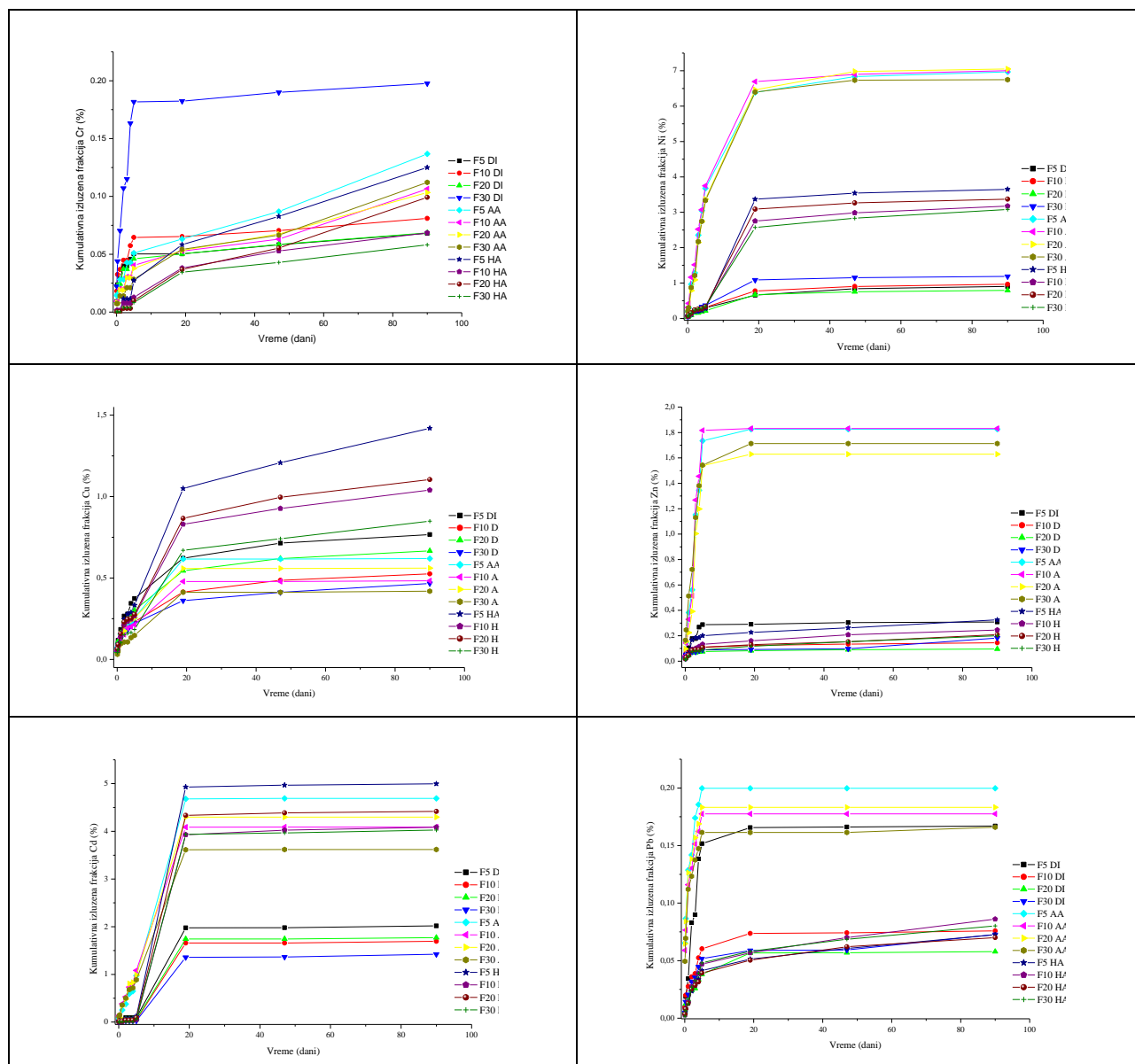
Smeše su pripremljene dodatkom 5, 10, 20 i 30% letećeg pepela u odnosu na ukupnu masu sedimenta, zatim kompaktirane u skladu sa ASTM D1557-91 metodom. Smeše su, zatim, ostavljene 28 dana u zatvorenim vrećicama na temperaturi od 20<sup>0</sup>C (ANS, 1986).

Uzorci su nakon toga smešteni u inertne plastične mrežice i postavljeni u visećem položaju u plastične posude sa dejonizovanom vodom, pri čemu je odnos tečno/čvrsto (L/S) bio 10:1 (l/kg). Nakon toga, radi određivanja dugoročnog ponašanja S/S smeša, rađeni su testovi izluživanja u skladu sa ANS difuzionim testom (ANS, 1986) u periodu od 90 dana. Ovaj test je modifikovan i kao rastvori za izluživanje korišćeni su rastvori sirćetne (pH 3,25) i huminske (20mgTOC/l) kiseline. Ovo je urađeno sa ciljem simulacije realnih uslova, u slučaju sirćetne kiseline oponašanje kiselih kiša, a u slučaju huminskih kiselina radi simulacije velikog organskog opterećenja do kojeg bi moglo doći usled akcidentnih situacija (na primer poplava) i generalno uslova koji se stvaraju u prirodi pri raspadanju organskog materijala (lišće, trava, i

sl.) Koncentracije metala su određivane na ICP MS (Perkin Elmer Elan 5000) i AAS (Perkin Elmer AA700).

## REZULTATI I DISKUSIJA

Na slici 1. prikazane su kumulativne izlužene frakcije metala iz smeša letećeg pepela i sedimenta.



Slika 1. Kumulativne izlužene frakcije metala (Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb i As) iz S/S smeša sa letećim pepelom (%) sa dejonizovanom vodom, sirćetnom i huminskom kiselinom kao rastvorima za izluživanje

Sa porastom udela letećeg pepela u smeši, smanjuje se i procenat izluženih metala, bez obzira koji je rastvor za izluživanje u pitanju. Ipak, u slučaju Cr, Ni, Zn, Cd i Pb najmanji procenat izluženih metala bio

je u slučaju dejonizovane vode kao rastvora za izluživanje. Najefikasnijom se može smatrati smeša sa 30% letećeg pepela sa najmanjim procentom izluženih metala.

Ako uporedimo izlužene frakcije metala u dejonizovanoj vodi i sirćetnoj kiselini, ne postoji značajna razlika u izluživanju, osim u slučaju nikla (0,79 % u DI, 6,7% u AA), što može značiti samo da su smeše stabilizovane i otporne na rastvaranje u kiselim uslovima. Slična situacija se javlja i kada je u pitanju rastvor huminskih kiselina, gde nijedan metal nije pokazao znatno veće izluživanje nego u dejonizovanoj vodi.

Ukoliko kumulativne izlužene koncentracije metala iz dejonizovane vode poredimo sa koncentracijama koje za otpad propisuje Evropska Unija (2003/33/EC), u pogledu Cu i Zn sve smeše se mogu smatrati inertnim otpadom, a sa aspekta ostalih metala neopasnim otpadom. Ukoliko ovo poređenje izvršimo i u rastvorima sirćetne i huminske kiseline, situacija je nešto drugačija. U rastvoru sirćetne kiseline, samo smeša sa 30 % letećeg pepela se smatra inertnim otpadom u pogledu koncentracija Cu, dok u pogledu koncentracija ostalih metala spada u neopasan otpad. Ostale smeše se takođe svrstavaju u neopasan otpad, osim u slučaju Ni čije koncentracije prelaze granične vrednosti.

U rastvoru huminske kiseline, smeša sa 30 % letećeg pepela se smatra inertnim otpadom u slučaju Cu i Zn, a neopasnim u slučaju ostalih metala. Ovo se verovatno dešava zbog stvaranja koordinacionih jedinjenja ovih metala u prisustvu huminskih kiselina. Ostale smeše su neopasan otpad, sem kao i u prethodnom slučaju, u pogledu koncentracija nikla, pa takođe spadaju u opasan otpad. Ipak, ukoliko posmatramo razliku u izluživanju metala prilikom promene udela letećeg pepela u smeši, nećemo primetiti značajnu razliku u smanjenju procenta izluživanja (npr. 0,46 % za smešu sa 30 % letećeg pepela i 0,79 % za smešu sa 5 % letećeg pepela u slučaju Pb). Ovo ukazuje smao na to da je proces imobilizacije kontrolisan rastvorljivošću metalnih hidroksida pre nego površinskom adsorpcijom (*Dermatas i Meng, 2003*). Leteći pepeo se proučava kao potencijalni materijal za adsorpciju metala iz raznih vrsta otpadnih materijala, bilo putem S/S tertmana ili nekih drugih procesa (*Dermatas i Meng, 2003; Moon i Dermatas, 2007; Suzuki i Ono, 2007*).

Utvrđeno je da na se na površini letećeg pepela nalaze funkcionalne grupe  $\text{SiO}_2$  i  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Površina  $\text{SiO}_2$  ima jak afinitet vezivanja metalnih jona, centralni jon silikata  $\text{Si}^{4+}$  ima veliki afinitet prema elektronima, pa su zbog toga joni kiseonika slabo vezani u ovom jedinjenju, što čini silicijum pogonim za vezivanje jona metala (*Mohan i Gandhimathi, 2009*). Ipak, pokazano je da u baznoj sredini slicijum i aluminijum iz letećeg pepela imaju negativno naelektrisanje iznad pH 6,9. Ovo negativno naelektrisanje je aktivno na površini letećeg pepela i dozvoljava metalima ( $\text{M}^{2+}$ ) i metalnim hidroksidima ( $\text{M}(\text{OH})_2$ ) da se kompleksiraju (*Mohan i Gandhimathi, 2009*).

*Yu et al.* (2005) su ispitivali efekte izluživanja teških metala iz solidifikovanih smeša letećeg pepela i cementa, i pokazali da je način izluživanja teških metala iz letećeg pepela komplikovana stvar jer zavisi od mnogo drugih faktora, kao što su izvor uglja, uslovi njegovog sagorevanja i metod zahvatanja letećeg pepela. Sagorevanje uglja proizvodi leteći pepeo bogat kalcijumom što čini leteći pepeo još pogodnijim za adsorpciju metala jer kao takav ima cementne karakteristike (*Dermatas i Meng, 2003*). *Dermatas i Meng* (2003) su takođe pokazali da je leteći pepeo superiorni imobilizacioni agens za hrom (u poređenju sa krečom, cementom i kaolinom), i takođe, da se dodatkom letećeg pepela povećava pH opseg imobilizacije hroma i olova.

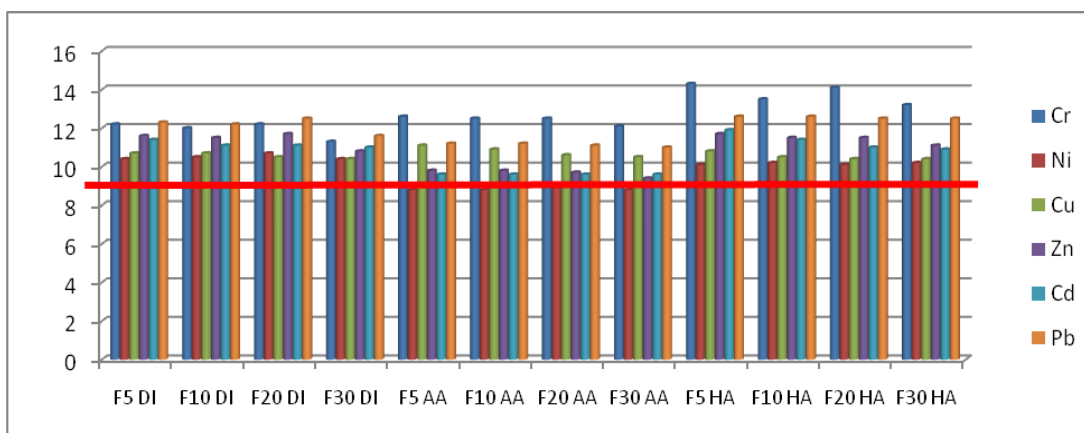
Srednje vrednosti difuzionih koeficijenata i indeksa izluživanja (LX) su prikazani u tabeli 1. i slici 2. Srednje vrednosti koeficijenata difuzije za tretirani sediment su se kretale u opsegu:

- od  $1,6E-11 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$  do  $1,3E-14 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$  u rastvoru dejonizovane vode,
- od  $4,0E-09 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$  do  $6,4E-13 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$  u rastvoru sirćetne kiseline, i
- od  $1,0E-10 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$  do  $1,0E-14 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$  u rastvoru huminske kiseline.

S obzirom na rezultate može se primetiti da ne postoji neka značajna razlika između ova tri rastvora za izluživanje u pogledu srednjih koeficijenata difuzije. Odnosno, prema *Nathwani i Philips* (1980), metali se mogu smatrati praktično imobilisanim sa koeficijentima difuzije većim od  $E-10 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ , osim u slučaju Ni u rastvorima sirćetne kiseline u smešama sa 5, 10 i 20% letećeg pepela koji se može smatrati umereno mobilnim sa koeficijentom difuzije ( $4,0E-09$ ,  $4,5E-09$  i  $4,9E-09 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$  respektivno).

Tabela 22. Srednji difuzioni koeficijenti  $\overline{De}$  ( $\text{cm}^2 \text{ s}^{-1}$ ) u S/S smešama sa letećim pepelom

		$\overline{De} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$			
		F5	F10	F20	F30
DI	Cr	1,4E-12	1,9E-12	2,1E-12	1,3E-14
	Ni	5,0E-11	5,5E-11	6,3E-11	6,3E-12
	Cu	2,3E-11	2,6E-11	4,5E-11	6,6E-13
	Zn	5,1E-12	6,1E-12	6,5E-12	7,4E-12
	Cd	1,6E-11	2,1E-11	2,4E-11	3,3E-11
	Pb	1,1E-12	1,4E-12	6,1E-13	8,6E-13
AA pH 3,25	Cr	3,6E-13	5,9E-13	6,3E-13	6,4E-13
	Ni	4,0E-09	4,5E-09	4,9E-09	4,8E-10
	Cu	1,2E-11	2,2E-11	3,4E-11	4,3E-11
	Zn	1,0E-09	7,5E-10	8,4E-10	9,1E-10
	Cd	3,9E-10	4,5E-10	5,4E-10	6,1E-10
	Pb	1,4E-11	1,5E-11	2,0E-11	2,6E-11
HA 20 mg TOC l <sup>-1</sup>	Cr	3,1E-14	7,3E-14	5,4E-14	5,8E-14
	Ni	1,0E-10	1,1E-10	1,3E-10	1,4E-10
	Cu	2,3E-11	4,3E-11	5,0E-11	5,9E-11
	Zn	3,8E-12	7,8E-12	5,8E-12	5,9E-11
	Cd	1,9E-10	2,2E-10	2,5E-10	2,8E-10
	Pb	6,6E-13	7,0E-13	7,7E-13	8,3E-13



Slika 2. Srednji indeksi izluživanja ( $\overline{LX}$ ) u smešama sedimenta i letećeg pepela; (—) LX kriterijum za efikasnost tretmana

Ukoliko koristimo LX (*Environment Canada, 1991*) kao kriterijum za korišćenje i odlaganje tretiranog otpada, smeše sa letećim pepelom, kao što se vidi sa slike, se sve mogu smatrati pogodnim za dalju upotrebu, bez obzira na korišćeni rastvor za izluživanje, jer se srednji indeksi izluživanja kreću u opsegu od 9 do 14,8.

## **ZAKLJUČAK**

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da se leteći pepeo može efikasno upotrebljavati za imobilizaciju metala u kontaminiranim sedimentima. Upotrebom letećeg pepela može se vršiti imobilizacija dve vrste otpadnog materijala, što je jedan od osnovnih principa koncepta zelene remedijacije. Može se zaključiti da tehnika solidifikacije/stabilizacije ima značajan potencijal u pogledu rešavanja problema kako kontaminiranog sedimenta tako i problema velike količine letećeg pepela iz termoelektrana, bilo u smislu njegovog korišćenja kao dodatka pri proizvodnji građevinskog materijala (opeke), bilo u pogledu sigurnog odlaganja na deponiju.

## **LITERATURA**

1. ANS (American National Standard) ANSI/ANS-16.1. (1986). American National Standard for the Measurement of the Leachability of Solidified Low-Level Radioactive Wastes by a Short-Term Tests Procedure. ANSI/ANS-16.1. American National Standards Institute, New York, NY.
2. Bone, B.D., Barnard, L.H., Boardman, D.I., Carey, P.J., Hills, C.D., Jones, H.M., MacLeod, C.L. i Tryer, M. (2004) *Rewiew of scientific literature on the use of stabilisation/solidication for treatment of contaminated soil, solid waste and sludges*, Science Report, Environment Agency, Bristol.
3. Moon, D.H., Dermatas, D. (2007). Arsenic and lead release from fly ash stabilized/solidified soils under modified semi-dynamic leaching conditions. *Journal of Hazardous Materials* **141**, 388–394.
4. Dermatas, D. i Meng, X. (2003) Utilisation of fly ash for stabilization/solidification of heavy metal contaminated soils, *Engineering Geology* **70**, 377-394.
5. Suzuki, K., Ono, Y. (2008). Leaching characteristics of stabilized/solidified fly ash generated from ash-melting plant. *Chemosphere* **71**, 922–932.
6. Mohan, S. i Ganhimathi, R. (2009) Removal of heavz metal ions from municipal solid waste lechate using coal fly ash as an adsorbent, *Journal of Hazardous Materials* **169**, 351-359.
7. Nathwani, J.S., Phillips, C.R. (1980). Leachability of Ra-226 from uranium mill tailings consolidated with naturally occurring materials and/or cement: II. Analysis based on mass transport equation. *Water, Air and Soil Pollution* **14**, 389–402.
8. Environment Canada (1991). Proposed Evaluation Protocol for Cement-Based Solidified Wastes, Environmental Protection Series, Report No. EPS 3/HA/9.
9. Official Journal of the European Communities, L11, (2003), *Council Decision 2003/33/EC of 19 December 2002 establishing criteria and procedures for the acceptance of waste at landfills pursuant to Article 16 of and Annex II to Directive 1999/31/EC.*

## **KONVENCIONALNA ELEKTROREMEDIJACIJA KAOLINA ZAGAĐENOG Ni, Cu I Pb**

### **CONVENTIONAL ELECTROREMEDIATION OF Ni, Cu AND Pb CONTAMINATED KAOLIN**

**Ljiljana Rajić\*, Božo Dalmacija, Svetlana Ugarčina Perović, Milena Dalmacija, Srđan Rončević, Elvira Karlović**

*Prirodno-matematički fakultet, Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine, Novi Sad*

#### **Apstrakt**

U okviru ovog rada predstavljena je efikasnost konvencionalne elektroremedijacije kaolina zagađenog teškim metalima. Tretmani su izvođeni na kaolinu zagađenom niklom (e1), bakrom (e2) i olovom (e3) pri čemu su postignute sledeće efikasnosti uklanjanja: 29% nakon e1, 44% nakon e2 i 35% nakon e3 odnosno ukoliko se ne uračunava sadržaj metala u katodnom regionu efikasnosti su: 72%, 68% i 53% nakon e1, e2 i e3, redom. Može se utvrditi da je elektroremedijacija pogodna tehnika za tretman medijuma tipa kaolina zagađenih navedenim metalima, a koja je ujedno jednostavna za izvođenje i ekonomična.

**Ključne reči:** elektroremedijacija; kaolin; Ni, Cu i Pb

#### **Abstract**

In this work we present the efficacy of conventional electroremediation of heavy metals contaminated kaolin. Treatments were performed on nickel (e1), copper (e2) and lead (e3) contaminated kaolin, where the following removal efficacies are achieved: 29% after the e1, 44% after e2 and 35% after e3 or if metal content in the cathode region is not included efficacies are as follows: 72%, 68% and 53% after the e1, e2 and e3, respectively. It can be noticed that the electroremediation is suitable technique for the treatment of kaolin-type mediums contaminated with mentioned metals which is also cost-effective and easy to operate.

**Key words:** electroremediation; kaolin; Ni, Cu and Pb

#### **Uvod**

S obzirom da sediment i zemljište mogu biti zagađeni teškim metalima usled niza prirodnih i, u većoj meri, antropogenih aktivnosti, pronalaženje novih i usavršavanje postojećih metoda remedijacije ovih medijuma je od velikog značaja. U novije vreme se u cilju njihovog prečišćavanja sve češće koristi elektrokinetička (EK) remedijacija koja je jednostavna za izvođenje i ekonomski prihvatljiva (*Gardner 2005, US EPA 1997, 1997a*). Ona podrazumeva primenu slabe jednosmerne struje ( $\text{mA/cm}^2$ ) ili napona na heterogene sisteme (sediment, zemljište, industrijski mulj) (*Acar i Alshawabkeh 1993*). Posledica propuštene jednosmerne struje kroz heterogeni medijum je niz procesa: elektromigracija, elektroliza vode, elektroosmotsko kretanje vode, elektroforeza tj. kretanje koloidnih čestica i difuzija (*Alshawabkeh 2001*). Da bi se primenom EK remedijacije metali uklonili iz medijuma neophodno je da se nalaze u obliku jona i to jednakog naelektrisanja (katjoni ili anjoni) s obzirom da je elektromigracija u najvećoj meri odgovorna za njihovu ekstrakciju (*Ottosen i Jensen 2005*). Na uklanjanje metala značajno utiče proces elektrolize vode. Elektroliza se odvija na površini elektroda pri čemu se na površini anode formiraju  $\text{H}^+$  joni dok se na katodi formiraju  $\text{OH}^-$  joni. Formirani joni se kreću pod dejstvom struje u pravcu suprotno naelektrisanih elektroda, te dolazi do njihovog prodora u medijum čiji se tretman vrši. Prisustvo  $\text{H}^+$  jona u medijumu (kiseli front) je poželjno, jer doprinosi desorpciji jona metala sa čestica medijuma dok se u u

baznoj sredini u okolini katode metali talože u obliku hidroksida i akumuliraju u medijumu (*Acar i Alshawabkeh 1993*). Na taloženje metala u okolini katode može posmatrati kao na stabilizaciju zagađenja. i može se posmatrati kao poželjan tretman Tako se na konvencionalni tretman može posmatrati kao na poželjan s obzirom da se zagađenje nalazi u stabilnoj formi hidroksida, da je količina zagađenja značajno smanjena (*Hopkinson et al. 2009*). Takođe, primena unapređenih procesa elektrokinetičke remedijacije snosila bi finansijske troškove.

U okviru ovog rada ispitivana je efikasnost konvencionalne elektrokinetičke tehnike radi uklanjanja Ni, Cu i Pb. Kao medijum korišćen je kaolin, jer se realni sistemi (zemljište, sediment) mogu se odlikovati njemu sličnim karakteristikama, te se tehnike optimizovane na primeru kaolina mogu koristiti za njihov tretman.

### **Eksperimentalni deo**

Sve korišćene hemikalije u toku eksperimenata su bile *pro analysi*. U toku eksperimenata kontinualno je praćena promena struje (na svakih 1 h) pomoću multimetra, uz primenu softvera MasView. pH vrednost kaolina meren je pomoću pH-metra (340i, WTW). Merenje pH vrednosti vršeno je u supernatantu koji preostaje nakon mešanja medijuma i dejonizovane vode (medium:voda=1:5) u toku 1 h pomoću SenTix<sup>®</sup> 21 electrode. Amonijum-acetatni metod je korišćen za utvrđivanje kapaciteta katjonske izmene (eng. Cationic Exchange Capacity, CEC). Kapacitet kisele neutralizacije (eng. Acid neutralizing Capacity, ANC) je određen titracijom suspenzije kaolina i vode hlorovodoničnom kiselinom. Procedura za hemijsku ekstrakciju u cilju određivanja pseudo-ukupnog sadržaja metala u kaolinu je vršena prema USEPA 3051a metodi. Analiza metala vršena je primenom Atomskog apsorpcionog spektrometra (plamena tehnika) (PerkinElmer, AAnalyst 700) u skladu sa USEPA 7000b metodom.

Uzorak kaolina je bio veštački zagađen tako da se postigne željena koncentracija Ni od 300 mg/kg (e1), Cu od 200 mg/kg (e2) i Pb od 550 mg/kg (e3). Kako bi se obezbedilo vezivanje metala za čestice kaolina uzorci su stajali 24 h pre vršenja tretmana.

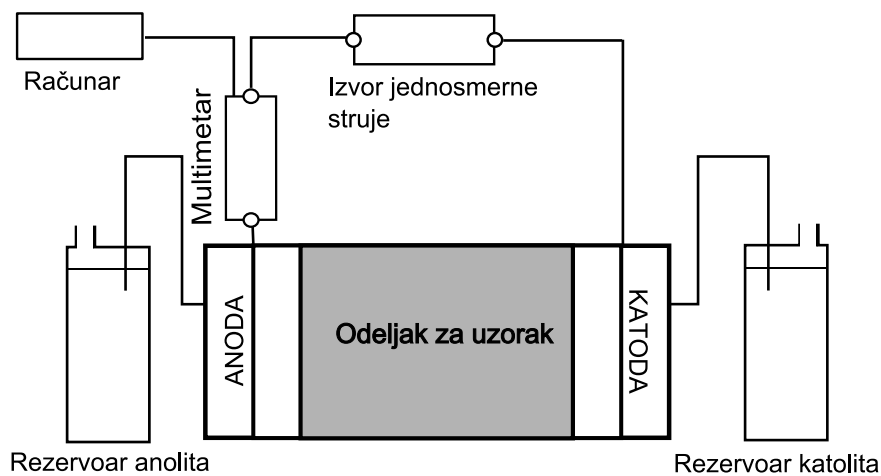
Šema elektrokinetičkog uređaja koji je korišćen za eksperimente prikazana je na Slici 1. Elektrokinetički uređaj sastojao se od elektrokinetičke ćelije, dva rezervoara za elektrolit povezana sa ćelijom polipropilenskim cevima, ispravljача struje (0-30V, 0-3A) i multimetra povezanog sa računarnom. Tačno izmerena masa kaolina je pomešana sa odgovarajućom količinom dejonizovane vode kako bi se obezbedio odnos voda:kaolin=1:1 i postavljena je u središnji deo EK ćelije od Plexiglass-a, dimenzija 16 x 4 x 10 cm, koji je definisan kao odeljak za uzorak. Na krajevima odeljka za uzorak nalazile su se komore sa ventilima za gasove (495 ml radne zapremine) označene kao elektrodne komore (katodna i anodna komora). Komore su odvojene od odeljka perforiranim pločama od Plexiglass-a. Na obe strane odeljka postavljena je filter hartija kako bi se sprečio prolaz čestica kaolina u elektrodne komore. Grafitne elektrode (0,5 x 10 x 4 cm) su korišćene kao anoda i katoda, dok je česmenska voda korišćena kao elektrolit (anolit i katolit). U toku svih eksperimenata primenjivan je konstantan napon tako da je gradijent električnog napona bio 1 V/cm. Eksperimenti su trajali 7 dana. Na kraju svakog eksperimenta uzorak kaolina je podeljen na 5 jednakih delova. Svaki deo je označen kao normalizovano rastojanje od anode (z/L: z = rastojanje od anode, L = dužina odeljka za uzorak): 0,20, 0,35, 0,50, 0,65 i 0,80. pH i pseudo-ukupna koncentracija metala su mereni u početnom uzorku kao i u kaolinu nakon tretmana na svakom rastojanju.

Ukupna efikasnost procesa računata je na sledeći način:

$$\% \text{ uklonjenog metala} = [(m_p - m_t) / m_p] \times 100$$



gde je  $m_p$  sadržaj metala u kaolinu na početku (mg), a  $m_t$  sadržaj metala u kaolinu nakon tretmana (mg). Pored praćenja efikasnosti na ovaj način, isto je vršeno i na pojedinačnim rastojanjima od anode po istom principu.



Slika 1. Uređaj za elektrokinetičku remedijaciju

## Rezultati i diskusija

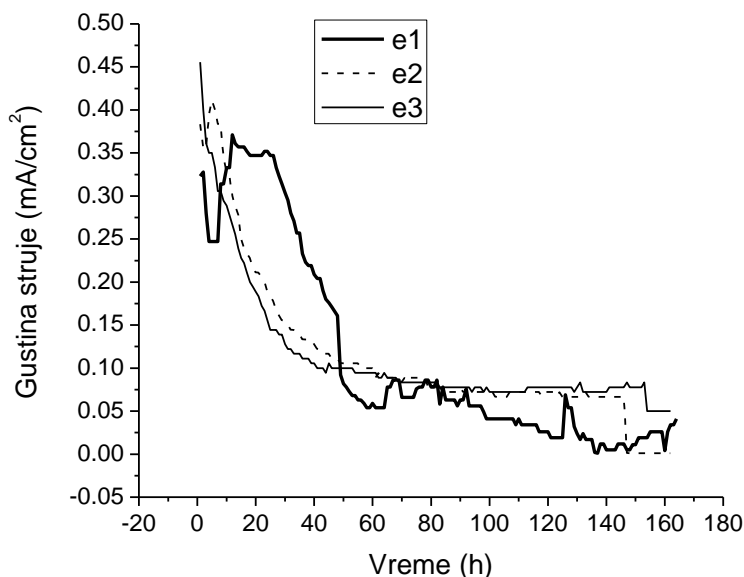
Početna pH vrednost kaolina je 7,8 dok je vrednost CEC 5,4 meq/100g. Niska vrednost CEC kao i ANC (<0,5 meq/100g) čine kaolin pogodnim za elektrokinetičke eksperimente budući da, usled niskih vrednosti ovih parametara, omogućava prostiranje kiselog fronta kroz sistem u toku elektroremedijacije, a time je moguća desorpcija metala sa čestica kaolina.

Struja koja prolazi kroz kaolin zavisi od provodljivosti kaolin odnosno koncentracije jona prisutnih u pornoj vodi. Što je veća koncentracija jona u sistemu veća je struja koja se kreće kroz sistem. S obzirom da je u toku eksperimenata napon između elektroda održavan konstantnim, gustina struje se vremenom menjala. U toku konvencionalnih eksperimenata vrednost gustine struje se vremenom znatno smanjivala (Slika 2) što je i očekivano u toku EK procesa (Alshawabkeh 2001). Smanjenje gustine struje je u vezi sa smanjenjem koncentracije slobodnih jona odnosno povećanjem otpora u predelu oko katode usled taloženja hidroksida metala (Slika 3). Može se primetiti da je početna vrednost gustine struje najveća za e3 što je u vezi sa koncentracijom jona Pb u kaolinu (550 mg/kg). Smanjenje pH vrednosti (Slika 3) u kaolinu je znatno na  $z/L=0,20, 0,35, 0,50$  i  $0,65$  u toku eksperimenata što se pripisuje prostiranju  $H^+$  jona i prethodno opisanim osobinama kaolina.

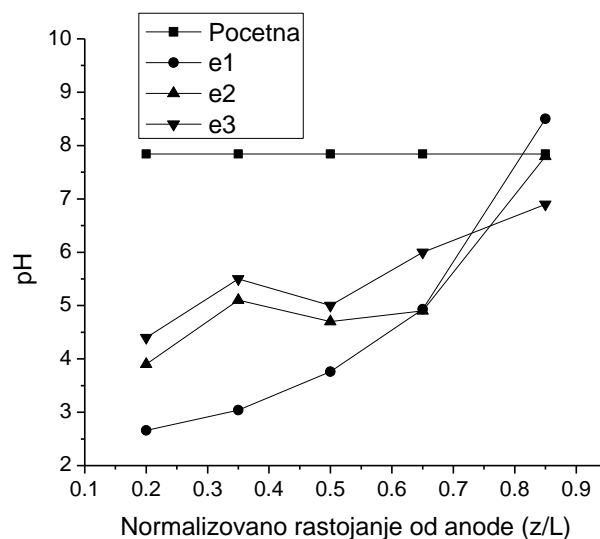
Distribucija Ni, Cu i Pb u kaolinu nakon konvencionalnog EK tretmana, data u formi normalizovane koncentracije ( $C/C_0$ ), prikazana je na Slici 4. Smanjenje koncentracije Ni na  $z/L=0,20, 0,35, 0,450$  i  $0,65$  je 60%, 71%, 76% i 55%, redom, što se može pripisati smanjenju pH vrednosti na ovim rastojanjima s obzirom da se u prisustvu  $H^+$  jona pospešuje desorpcija katjona Ni sorbovanih na/u česticama kaolina. Ukupna efikasnost konvencionalnog procesa (uklanjanje Ni iz ukupne mase kaolina) je 29%, usled prisustva zone u kojoj je koncentracija Ni 2,2 puta veća od početne ( $z/L=0,80$ ). Ukupna efikasnost procesa bez uračunavanja sadržaja Ni u katodnom delu kaolina iznosi 72%. Smanjenje koncentracije Cu na  $z/L=0,20, 0,35, 0,50$  i  $0,65$  je 91%, 49%, 49% i 49%, redom dok je na  $z/L=0,80$  koncentracija 1,2 puta veća od početne. Efikasnost uklanjanja Cu iz ukupne mase kaolina iznosi 44% dok je efikasnost procesa bez uračunavanja sadržaja Cu u katodnom delu kaolina 68%. U toku e3 tretmana postignute su sledeće efikasnosti uklanjanja Pb na prethodno definisanim rastojanjima: 41%, 28%, 47%, 24% i 32%, redom.

Ukupna efikasnost uklanjanja Pb iznosi 35% dok je efikasnost procesa bez uračunavanja sadržaja Pb u katodnom delu 53%. Ipak, u slučaju Pb nije došlo do akumulacije u katodnom regionu što je najverovatnije u vezi sa visokom jonskom pokretljivošću jona Pb ( $10,09 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{Vs}$  Pb,  $7,7 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{Vs}$  Cu i  $7,4 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{Vs}$  Ni) (Kim, Lee i Kim 2009) i prisustvom acetata (iz soli kojom je zagađen kaolin) sa kojima Pb gradi rastvornu so. Ipak najmanja efikasnost uklanjanja Pb u odnosu na Cu i Ni može se pripisati najvećim afinitetom Pb za adsorpciju na čestice kaolina (Kim, Lee i Kim 2009, Pedersen, Vilumsen i Ottosen 2005). Ovim se može objasniti i najveća efikasnost uklanjanja Ni s obzirom da je njegov adsorpcioni afinitet najmanji. Akumulacija Ni u okolini katode je najizraženija iako je proizvod rastvorljivosti nikel(II)-hidroksida najveći ( $2 \times 10^{-15} \text{ M}^3$  za nikel(II)-hidroksid,  $2,6 \times 10^{-19} \text{ M}^3$  za bakar(II)-hidroksid i  $1,4 \times 10^{-20} \text{ M}^3$  za olovo(II)-hidroksid). Ovo se može objasniti manjom jonskom pokretljivošću u odnosu na Cu i Pb. Takođe, u toku tretmana nije došlo do značajnijeg prodora hidroksilnih jona u katodni region (Slika 3) budući da je produkcija  $\text{H}^+$  u odnosu na  $\text{OH}^-$  jone u toku elektrolize vode 10 puta brža (Pazos et al. 2006), a prostiranje kiselog fronta kroz kaolin favorizovano. Iz tog razloga akumulacija Ni i Cu u okolini katode se može, u najvećoj meri, pripisati relativno malim vrednostima jonske pokretljivosti, a ne taloženjem hidroksida.

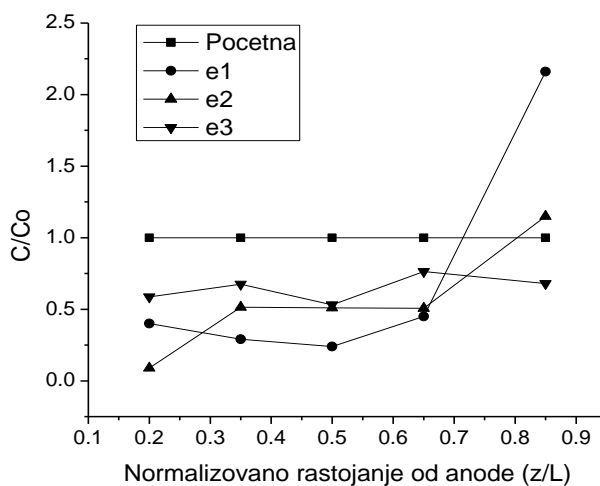
Može se uvideti da se značajna efikasnost uklanjanja Ni, Cu i Pb može postići primenom konvencionalne elektrokinetičke tehnike, ali da ona u velikoj meri zavisi od tipa metala i njegovog ponašanja u heterogenom sistemu koji se prečišćava.



Slika 2. Promena gustine struje u toku konvencionalnih eksperimenata



Slika 3. pH vrednost kaolina pre i nakon konvencionalnih eksperimenata



Slika 4. Distribucija Ni, Cu i Pb u kaolinu pre i nakon konvencionalnih eksperimenata

### Zaključak

Konvencionalni tretmani su izvođeni na kaolinu zagađenom Ni (e1), Cu (e2) i Pb (e3) pri čemu su postignute sledeće efikasnosti uklanjanja: 29% nakon e1, 44% nakon e2 i 35% nakon e3 odnosno ukoliko se ne uračunava sadržaj metala u katodnom regionu efikasnosti su: 72%, 68% i 53% nakon e1, e2 i e3, redom. Može se utvrditi da je konvencionalna elektroremedijacija pogodna tehnika za tretman medijuma tipa kaolina zagađenih navedenim metalima ukoliko se na nju posmatra kao na način koncentrisanja zagađenja i smanjenja količine zagađenog meidjuma, pri čemu efikasnost tretmana zavisi od tipa metala.

## Literatura

1. Acar, Y. B., Alshwabkeh, A. N., *Environ. Sci Technol.* 27 (1993) 2638-2647.
2. Alshwabkeh, N.A., Basics and applications of electrokinetic remediation, (2001), dostupno na <http://www1.coe.neu.edu/~aalsha/shortcourse.pdf>
3. Gardner, K., *Electrochemical Remediation and Stabilization of Contaminated Sediments*, (2005), dostupno na [http://ciceet.unh.edu/news/releases/reportRelease/pdf/gardner\\_final\\_report.pdf](http://ciceet.unh.edu/news/releases/reportRelease/pdf/gardner_final_report.pdf) (pristup Novembar, 2009)
4. Hopkinson, L., Cundz, A., Faulkner, D., Hansen A., Pollock, R. (2009) Electrokinetic stabilization of chromium (VI)-contaminated soils, U: *Electrochemical remediation technologies for polluted soils, sediments and groundwater*, (Eds. Reddy, K.R., Cameselle, C.), Wiley: New Jersey, 179-197.
5. Kim, K-W.; Lee, K-Y.; Kim, S-O. (2009) Electrokinetic remediation of mixed metal contaminants. U: *Electrochemical remediation technologies for polluted soils, sediments and groundwater*, (Eds. Reddy, K.R., Cameselle, C.), Wiley: New Jersey, 287-315.
6. Ottosen, L. M., Jensen, P, E., Electro-remediation of heavy-metal contaminated soil, U: *Soil and sediment remediation: mechanisms, technologies and applications* (Eds. Lens, P., Grotenhuis, T.), (2005) 265-288.
7. Pazos, M., Sanroman, M. A., Cameselle, C., *Chemosphere* 62 (2006) 817–822.
8. Pedersen, A.J., Ottosen, L.M., Villumsen, A. *J. Hazad. Mater. B122* (2005) 103-109.
9. United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), *Resource guide for electrokinetics laboratory and field processes applicable o radioactive and hazardous mixed wastes in soil and groundwater from 1992 to 1997*, 1997.
10. United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), *Recent developments for in situ treatment of metal contaminated soil*, 1997a.

# UPUSTVO O NAČINU POŠUMLJAVANJA NA ODLAGALIŠTIMA POVRŠINSKIH KOPOVA

## INSTRUCTIONS FOR AFFORESTATION OF SURFACE MINES' LANDFILLS

Miro Maksimović<sup>19</sup>, Rajko Đorojević<sup>20</sup>

*1- Zavisno preduzeće „Rudnik i Termoelektrana Ugljevik“ a.d. Ugljevik, 2- Ministarstvo  
poljoprivrede šumarstva i vodoprivrede Republike Srpske, Banja Luka*

### ABSTRAKT:

U ovom radu obrazložena je potreba donošenja Uputstva (smjernica) za pošumljavanje deposeda rudničkih odlagališta otkrivke i jalovine. Definisane su i osnovne smjernice tehnologije i tehnike za vještačko podizanje šuma, imajući u vidu da njihovo nepoznavanje može dovesti do neuspjeha pošumljavanja ovih zemljišta, pogotovo ako u tom procesu ne učestvuju i stručna lica iz oblasti šumarstva.

**Ključne riječi:** Uputstvo, pošumljavanje, deposeda.

### ABSTRACT:

This paper explains the need for having the Instructions (guidelines) for afforestation of deposed soil of mine tipping areas for coal overburden layers and waste rocks. It also defines main guidelines of technology and techniques for afforestation, taking into account that their ignorance results in the failure to afforest these soils, particularly if that process does not include technical forestry staff.

**Key words:** Instructions, afforestation, deposed soil.

### 1. UVOD

Novoformirane supstrate, nastale deponovanjem otkrivke pri površinskoj eksploataciji mineralnih sirovina kao vrstom tehnogenim zemljištima nazivamo deposedima. To su zemljišta čiji se dubinski profil sastoji od slojeva različitog litološkog sastava otkrivke nesistematski deponovane, u kojima nisu otpočeli pedogenetski i mikrobiološki procesi. Uputstva (smjernice) iz oblasti pošumljavanja rudničkih odlagališta otkrivke i jalovine (deposeda) su neophodna jer ne poznavanjem odgovarajuće tehnologije i tehnike pošumljavanja često dovodi do neuspjeha pošumljavanja ovih zemljišta, pogotovo ako u tom procesu ne učestvuju i stručna lica (inženjeri) iz oblasti šumarstva.

Šume vještačkim putem nastaju „pošumljavanjem“, odnosno sjetvom šumskog sjemena ili sadnjom biljaka. Tamo gdje već postoji šuma, a ima potrebe za njeno popunjavanje pod zaštitom postojećeg drveća, ta šuma se sjetvom sjemena ili sadnjom biljaka podmlađuje i sam postupak naziva „vještačko podmlađivanje šuma“. Mlada šuma podignuta vještačkim putem (pošumljavanjem ili vještačkim podmlađivanjem) naziva se „šumska kultura“. Pod „šumskim plantažama“ podrazumijevaju se šumske kulture koje su podignute oplemenjenim biljkama, odnosno klonovima, kultivarima ili sortama. U novije vrijeme se pominju i „energetske kulture“ čija je jedina funkcija proizvodnja biomase.

## **2. VJEŠTAČKO PODIZANJE ŠUMA – POŠUMLJAVANJE**

Vještačko podizanje šuma ili pošumljavanje ima u suštini dva osnovna cilja, tj. formiranje: 1. ekonomske, ili proizvodne šume i 2. zaštitne (prvenstveno zaštita od erozije) šume. Izbor načina podizanja šuma zavisi od uslova sredine, bioloških svojstava vrste sa kojom se pošumljava i ekonomskih mogućnosti. Na lošim staništima klase deposola u startu treba odbaciti ideju o jeftinom vještačkom podizanju šuma. Vještačko podizanje šuma pruža mogućnosti introdukcije vrsta ili rasa koje su superiornije u odnosu na autohtone, a to je značajna prednost za sastojine koje se podižu na degradiranim područjima površinskih kopova. Vještačkim pošumljavanjem sadnjom sadnica može se ostvariti tačna i podjednaka gustina biljaka. Osnivanje guste kulture sadnjom poželjna je varijanta u prvim godinama ophodnje zbog činjenica da se tada odigrava intenzivna prirodna selekcija između sadnica, ali je obično i veoma skupa.

## **3. CILJ I METOD RADA**

Konkretne mjere i aktivnosti na efikasnom popravljaju stanja u domenu zaštite životne sredine, moraju biti cilj menadžmenta koji izvodi radove na pošumljavanju poremećenih zemljišta-deposola rudničkih odlagališta otkrivke i jalovine.

Cilj ovog rada je definisanje osnovne strukture dokumenta, čija izrada će doprinijeti poboljšanju postojećeg stanja životne sredine prvenstveno na prostoru površinskog kopa. Primijenjeni metod rada je analiza i konsultacija stručne i naučne literature iz oblasti rekultivacije i pošumljavanja.

## **4. TEHNOLOGIJA I TEHNIKA POŠUMLJAVANJA**

### **4.1. Izbor vrsta za pošumljavanje deposola i sastva kultura**

Izbor vrsta za pošumljavanje deposola rudničkih odlagališta vrši se shodno ekološkim karakteristikama terena, prvenstveno orografskim prilikama (ravni dijelovi ili kosine) i pedološkim karakteristikama, i jedna je od najvažnijih odluka, koja dalje sugerise način pripreme zemljišta, metod pošumljavanja, njegu posađenih sadnica i ostale faze pošumljavanja. Uopšte uzevši, lokalne vrste i rase imaju prednost u pošumljavanju, mada ne treba odbaciti i strane vrste (duglazija, borovac, bagrem, crveni hrast, evroameričke crne topole i dr.), koje mogu biti bolje produktivnosti i kvaliteta drveta.

U nepovoljnim uslovima sredine što je slučaj i kod deposola, najčešće se koriste tzv. pionirske vrste, sposobne da na lošem staništu obezbijede šumski pokrivač u obliku predkulture. Pošto obavi svoju ulogu predkultura najčešće ustupa mjesto trajnoj šumi. Pionirske vrste su bijeli i crni bor, pančičeva omorika, breza, bagrem, jasika, crni grab, crni jasen, iva, rakita itd. Danas je, razvojem pošumljavanja kao nauke i prakse, definisano da je osnovna jedinica pošumljavanja „vrsta“. Tako se u savremenom pošumljavanju nastoje saditi „ekotipovi“, „edafotipovi“, „cenotipovi“ i u okviru njih najbolji „biotipovi“. Kao jedinica pošumljavanja može biti i „klon“, „forma“, „sorta“ ili „kultivar“. Pravilan izbor vrsta za pošumljavanje uslovljen je mnoštvom činilaca među kojima su najvažniji: 1. usklađenost između stanišnih uslova i bioekoloških osobina vrste, 2. podesnost vrste za ostvarivanje postavljenog cilja gazdovanja, 3. prilagođenost načinu gazdovanja u šumskouzgojnom smislu, 4. uticaj date vrste na stanište (vezivanje zemljišta, stvaranje stelje za brzo humificiranje i sl.), 5. brz prirast u mladosti, naročito u visinu, 6. otpornost prema oštećenjima pod uticajem negativnih abiotičkih i biotičkih činilaca, 7. troškovi podizanja kulture i mogućnost ostvarivanja prihoda od prorednog materijala i/ili dopunskih proizvoda.

Pravilo je da se nijedna vrsta za širu upotrebu ne koristi prije nego se utvrdi stepen korelacije između njenih bioekoloških karakteristika i uslova sredine. Za proizvodnu funkciju dobre su vrste bagrem i topola, koje daju prihode u kraćoj ophodnji. Na toplim i suvim staništima na krečnjaku može se upotrijebiti crni bor, koji kao i bijeli bor, smrču, brezu, trepetljiku, lipu i neke druge vrste treba koristiti i na silikatnim zemljištima ili dubljim zemljištima na krečnjaku. Na svježijim ali sunčanim položajima sa dobrom vazdušnom drenažom treba saditi ariš. Ekstremne klimatske i stanišne uslove dobro podnose bagrem, breza, smrča i domaći borovi. U mladosti brzo rastu topole, breza, crveni hrast i neke druge vrste.

Kada je u pitanju sastav šumskih kultura one mogu biti čiste (monokulture), sastavljene od jedne vrste i mješovite kada su izgrađene od dvije ili više vrsta. Danas se u zemljama sa razvijenim šumarstvom nastoje podizati mješovite kulture (polikulture) kad god za to ima uslova. Kod pošumljavanja degradiranih staništa, vrste treba miješati tako da se među odabranim vrstama obavezno nalaze i one koje spadaju u meliorativne vrste.

Vrste sa gušćom krunom i vrste koje obrazuju i održavaju potpuni sklop do kasnijeg životnog doba pogodne su za gajenje u obliku čistih kultura, s obzirom da je njihov potpun sklop glavni činilac u zaštiti staništa. Razloge za dosadašnja masovna pošumljavanja monokulturama treba tražiti u činjenici da se najčešće pošumljavaju staništa sa nepovoljnim uslovima klime i zemljišta, i da ta pošumljavanja prvenstveno imaju protiverozioni ili meliorativni karakter. Uz odgovarajuće gazdovanje sve domaće vrste drveća mogu se gajiti u obliku mješovitih kultura. Vrste sa rijetkom krunom treba miješati sa gustom krunom, a miješanje može biti pojedinačno, u redovima, u prugama ili gupimično. Kao opšte pravilo važi da je bolje osnivati mješovite kulture sastavljene od čistih blokova, odnosno trorednih i četvororednih pruga. Pojedinačna miješanja se koriste kada je jedna od vrsta spororastuća, „sciofitna“ (vrsta sjenke) i pogodna da gradi podstojni, donji sprat.

#### **4.2. Priprema staništa za pošumljavanje i prvobitna gustina sadnje**

Zavisno od uslova, predhodnu pripremu sačinjavaju jedna ili više radnih operacija kod tretiranja: a) vegetativnog pokrivača (čišćenje zemljišta od žbunja, korova i drugog materijala) i b) zemljišta (obrada zemljišta, dubrenje zemljišta). Što je klima suvlja dubina obrade zemljišta mora biti veća. Teža zemljišta treba obraditi dublje od rastresitijih. Izbor razmaka između biljaka pri sadnji zavisi u najvećoj mjeri od osobina vrste koja se sadi. Prilikom određivanja optimalnih razmaka sadnje polazi se od sljedećih pretpostavki: 1. veličine sadnog materijala (odraslije sadnice se mogu saditi rjeđe), 2. sistema proizvodnje (školovane sadnice se mogu saditi rjeđe nego neškolovane), 3. staništa (u sušnim područjima razmaci pri sadnji moraju biti širi), 4. vrste drveća (osjetljive ili spororastuće vrste i one koje teže formiranju jakih i debelih grana sade se gušće, a vrste koje u mladosti rastu brže, naročito u visinu se sade rjeđe), 5. tipa sadnog materijala (sadnice sa obloženim korijenom mogu se saditi rjeđe) i 6. korovitosti (što je opasnost da korov ovlada terenom za pošumljavanje veća, to razmaci sadnje trebaju biti uži).

Mogu se podizati mješovite šumske kulture kao stabilnije i postojanije, sa prosječnom gustinom sadnje od 3.000-4.000 sadnica po hektaru, kao i monokulture, prije svega bagrema sa 5.000 sadnica po hektaru na terenima sklonim klizanju i eroziji, odnosno 4.000 sadnica na boljim terenima, ili u prosjeku sa cca 3.500-4.000 sadnica po hektaru na kompletnom terenu predviđenom za biološku rekultivaciju (pošumljavanje).

#### **4.3. Vrste za pošumljavanje deposola i tip sadnica**

Analizom ekoloških faktora dolazi se do zaključka koje se vrste mogu upotrijebiti za pošumljavanje rudničkih odlagališta. Prema dosadašnjim iskustvima, mogu se primijeniti sljedeće vrste: 1) četinari: crni bor, bijeli bor, vajmutov bor, smrča, pančičeva omorika, jela, ariš, duglazija, kleka, pačempres, a od

lišćara: bagrem, hrast, javor, jasen, joha, lipa, breza, orah, topola, kesten itd. Poslije odluke o izboru vrste, ekotipa ili klona, rješava se pitanje tipa sadnog materijala koji će se upotrijebiti za pošumljavanje. Sadni materijal može biti generativnog (sjemenog) i vegetativnog porijekla. U grupu sadnica vegetativnog porijekla od praktičnog zanačaja su reznice i motke. Sadnice i presađene generativnog porijekla proizvedene su iz sjemena i odgajane u rasadnicima. Prema nekadašnjim neobavezujućim jugoslavenskim standardima iz 1967. godine za nepresađivane sadnice četinaru prvog kvalitetnog razreda, veličina osnovnih parametara je prikazana u tabeli 1, presađivane sadnice (presađenice) četinaru u tabeli 2. i presađivane sadnice (presađenice) lišćara u tabeli 3.

Tabela 1. - Veličina osnovnih parametara nepresađivanih sadnica četinaru

Vrsta četinaru	Starost (godina)	Prečnik korijena vrata (mm)	Visina nadzemnog dijela (cm)
		najmanje	najmanje
Jela	2	2	7
	3	3	12
Pačempres	2	4	25
Čempres	2	2	10
	3	3	13
Ariš	2	4	25
Smrča	2	3	10
	3	4	18
Omorika	2	2	10
	3	3	14
Crni bor	2	3	12
Bijeli bor	2	3	12
Borovac	2	3	10
	3	4	18
Duglazija	2	3	18

Tabela 2. - Veličina osnovnih parametara presađivanih sadnica četinaru

Vrsta lišćara	Starost (godina)	Prečnik korijena vrata (mm)	Visina nadzemnog dijela (cm)
		najmanje	najmanje
Jela	2+2	4	22
	2+3	5	25
Paračempres	1+2	8	60
	2+2	12	80
Ariš	1+1	5	30
	1+2	6	50
Smrča	1+2	4	20
	2+2	4	25
Omorika	2+2	4	20
	3+2	5	35
Crni bor	1+2	6	30
	2+2	10	50
Bijeli bor	1+2	6	35
	2+2	8	55



Borovac	1+2	4	20
	2+2	8	35
Duglazija	1+2	6	40
	2+2	10	60

Tabela 3. - Veličina osnovnih parametara presađivanih sadnica lišćara

Vrsta lišćara	Starost (godina)	Prečnik korijenovog vrata (mm)	Visina nadzemnog dijela (cm)
		najmanje	najmanje
Gorski javor, Javor-mleč	2	6	50
Crna joha	2	6	60
Obična breza	2	5	55
Pitomi kesten	2	8	20
Bijeli jasen, Poljski jasen	2	6	50
Bagrem	2	10	80
Lipa	2	6	40

Najčešće se proizvode i sade sadnice sa golim (otkrivenim) korijenovim sistemom (sadnice sa čijeg se korijena poslije vađenja iz rasadnika otesa zemlja). Poboljšanje kvaliteta ovih sadnica postiže se školovanjem sadnica (presađenice). Od sadnica sa obloženim korijenom (kontejnerske, nisula sistem) možemo očekivati bolji prijem i brži porast u odnosu na sadnice sa slobodnim korijenom, ali je pošumljavanje ovim sadnicama skuplje.

#### 4.4. Način pošumljavanja i vrijeme sadnje

Sve metode sadnje su zamišljene tako da se sadnici osiguraju visok stepen preživljavanja u datim uslovima sredine, a pri tome racionalizuju troškovi. Klasične sadnice sa slobodnim (otkrivenim, golim) korijenom i sadnice sa obloženim korijenom sade se ručno u jame veličine 40h40h40 cm, iskopane ručnim alatom, u jame otvorene pomoću svrdla, u brazde otvorene plugom, ili poluautomatizovanim i potpuno automatizovanim mašinama. Sadnice sa obloženim korijenom sade se i specijalnim alatima i specijalnim mašinama. Raspored posađenih sadnica može biti u obliku kvadrata, pravougaonika i istostraničnog trougla (tabela 4).

Tabela 4. – Raspored sadnica, broj sadnica i prostor koji zauzimaju

Razmaci sadnje	Prostor koji zauzima sadnica			Broj sadnica po hektaru		
	Trougaona (m <sup>2</sup> )	Kvadratna (m <sup>2</sup> )	Pravougaona (m <sup>2</sup> )	Trougaona	Kvadratna	Pravougaona
1,00 h 1,00		1,00			10.000	
1,50 h 1,50	1,95	2,25		5.132	4.444	
1,75 x 1,50			2,63			3.802
1,75 x 1,75	2,65	3,06		3.774	3.268	
2,00 x 1,00			2,00			5.000
2,00 x 1,50			3,00			3.333
2,00 h 2,00	3,46	4,00		2.890	2.500	
2,50 h 2,50	5,41	6,25		1.848	1.600	
3,00 x 2,00			6,00			1.667
4,00 h 4,00	13,84	16,00		722	625	

Mada pravilni razmaci imaju prioritet, ne treba se lišiti i drugih kombinacija sadnje. Nepravilan raspored se sreće pri kompletiranju podmladka, presađivanju ili podsijavanju pod zaštitom stare sastojine, na terenima sa velikim blokovima stijena na površini, na terasama, gradonima, konturnim rovovima, na terenima gdje treba zaobići izuzetno loše zemljište i sl.

Mirovanje vegetacije se smatra kao najpovoljnije vrijeme za sadnju biljaka, dakle ili u proljeće ili u jesen u toku jedne godine. Pri sadnji četinaru, ukoliko prilike dozvoljavaju prednost davati toplijem dijelu godine (proljeće), a lišćara hladnijem dijelu godine (jesen). Dosadašnje iskustvo na pošumljavanju laporovitih deposola kao teških zemljišta pokazalo da je jesenja sadnja kvalitetnija, pogotovo što proces usvajanja planova (planiranih radova i troškova) u tekućoj godini često uzima jedan dio proljetnog perioda. Za proljetnu sezonu sadnje može se planirati maksimalno 25 efektivnih radnih dana, dok za jesenju sezonu sadnje treba planirati maksimalno 30 efektivnih radnih dana.

S obzirom na djelimično teške uslove reljefa i supstrata treba računati na prijem sadnica od prosječno 75-85%, a popunjavanje izvršiti iduće jeseni ili proljeća naredne godine, sadnicama iste starosti kao i već posađenim, tj. starijim od onih kojim je pošumljavanje izvršeno.

#### **4.5. Dubina sađenja i đubrenje**

Opšte je pravilo da se biljka posadi tako da bude najmanje na istoj dubini na kojoj je bila prije vađenja iz zemlje, ali se preporučuje i da se sadnice sade za 1-2 cm dublje nego što su bile u rasadniku. Sadnice četinaru sade tako da se ne zatrpuju četine zemljom, a lišćarske tako da im najniži pupoljak bude iznad zemlje. Đubriva u koncentrovanom obliku ne smiju se dodavati u neposrednoj blizini korijena. Prvo đubrenje obavlja se u obliku "lokalizovanog dodavanja" sa postavljanjem đubriva u jednu stranu iskopane rupe (100 grama NPK đubriva) po mogućnosti na odstojanju od 7-15 cm od korijenovog sistema, u otvor napravljen ašovom 10-15 cm iznad sadnice, ili đubrenjem po površini oko sadnice. Prihranjivanje se može vršiti u jednom navratu (60-100 grama) ali se češće vrši u dva navrata sa po 30-50 grama azotnog đubriva po sadnici za svako prihranjivanje.

#### **4.6. Priprema sadnica i čuvanje sadnog materijala**

Neposredno prije sadnje vršiti se priprema sadnica za sadnju. Sadnice sa otkrivenim korijenom se pripremaju tako što im se podrezuje korijen i potapa u rastvore biostimulatora rasta (heteroauksin, gibberelin i sl.). Podrezivanje se vrši ostrim nožem istovremeno čitavog snopića sadnica. U praksi je poznata i situacija da se sadnice pripreme metodom „kaljužanja“ kada se potapaju u kašu napravljenu od zemlje, stajnjaka i vode. Pri jesenjoj sadnji, ukoliko se ne iskoristi sav sadni materijal, isti se mora sačuvati do prolječne sadnje, na taj način što se utrapi. Dubina trapa odgovara dužini korijena, a sadnice se zasipaju zemljom do korijenovog vrata. Čuvanje sadnica može se vršiti i u industrijskim hladnjačama, čime se omogućuje prevazilaženje vremenskog raskoraka između vađenja sadnica iz rasadnika i presađivanja na stalno mjesto. Prilikom prevoza sadnica od rasadnika do mjesta sadnje, od trapa do mjesta sadnje, ili raznošenje po terenu do mjesta sadnje, vodi se računa da njihov korijen bude stalno u vlažnoj sredini.

#### **4.7. Metod sadnje i tehnika sadnje**

Sadnice se postavljaju tako da im nadzemni dio bude uspravan, a njihovo korijenje usmjereno vertikalno naniže. Sadnja sadnica sa otkrivenim (slobodnim) korijenom kao najčešći vid masovnog načina pošumljavanja vrši se tako da se: 1. otvor u koji se postavlja korijen potpuno ispuni i bude bez ostavljenih

vazdušnih džepova i sadnica posadi tako čvrsto da pruža otpor blagom izvlačenju nadzemnog dijela uhvaćenog palcem i kažiprstom, a humusni dio zemljišta koristi za zasipanje žila, 2. spriječi zatrpavanje četina u toku rada, žilama omogući što prirodniji položaj u zemlji (bez njihovog gužvanja, preplitanja, sabijanja na jednu stranu ili stisnute u jednu ravan), a previše dugačke žile skrate, 3. na staništima sa previše vlage u zemljištu sadnice posade na predhodno izgrađen nasip ili humku, 4. na staništima sa manjkom vlage u zemljištu sadnice posade ispod opšteg nivoa terena, u rovovima ili na dnu brazde (kako bi mogle koristiti vlagu iz nižih slojeva zemljišta), 5. na strmim nagibima, predhodnom obradom, načini neka vrsta „ekološke niše“ i u nju duboko posadi sadnica. Tehnikom sadnje u jame se mogu uspješno saditi krupnije sadnice za sve vrste drveća i na svakom terenu, osim na suviše vlažnom. Sadnju treba da obavljaju dva radnika u paru. Jame se kopaju lopatom, ašovom, motikom i budakom, a u novije vrijeme ručnim ili na traktor montiranim svrdlom. Sadnja se obavlja neposredno poslije kopanja jama ili narednog dana u sredinu iskopane jame. Radna brigada broji 15-25 ljudi sa jednim poslovođom. Transport radnika treba organizovati sa maksimalnom distancom pješaćenja do 3 kilometra. Na deposolima, dobro uvježbani tim od dva radnika ukoliko jamu kopa veličine od 30-40 cm i dubine od 30-40 cm ašovom, budakom i lopatom može iskopati i zasaditi 100-160 sadnica za osam časova, odnosno 12-20 sadnica po času.

Ako se jama kopa budakom, dobro uvježbani tim (dva radnika) može postići normu od 200-250 sadnica (iskopati jamu i zasaditi sadnicu) po radniku dnevno (osam časova) na prirodnim šumskim zemljištima, koja su lakša za kopanje. Na deposolima dobro uvježbani tim od dva radnika može iskopati jamu i zasaditi 160-250 sadnica za osam časova, odnosno 20-30 sadnica po času. Sadnja uz vertikalni zid jame predstavlja varijantu sadnje u sredinu jame. Dobro uvježbani tim može postići normu od 700 sadnica po radniku dnevno (osam časova). Ovaj način sadnje se primjenjuje uspješno na rastresitom pjeskovitom zemljištu sa dvogodišnjim ili trogodišnjim sadnicama četinara, ili jednogodišnjim sadnicama lišćara.

Sadnja u brazde se izvodi plugom, otvaranjem brazdi na rastojanju od 1,5 metra, sa dubinom brazdi od 25-30 centimetara. Kod sadnje sadnice se postavljaju uz vertikalni zid brazde, a korijenje se zasipa iskopanom zemljom, kojom se zatim brazde potpuno popunjavaju. Mogu se zatrpavati tako da se pokriju zemljom koja se dobija izradom druge brazde. Sadnju najčešće obavljaju ekipe od dva radnika. Ova sadnja je 8-15 puta brža i 4-6 puta jeftinija metoda od sadnje u jame. Na vlažnim terenima, kao i zakorovljenim terenima, ili na terenima gdje se javljaju mrazevi, sadi se na humkama u jamama, ili na nasipima, a koriste se male sadnice (dvogodišnje i trogodišnje sadnice četinara), sa čupavim (tanjirastim) korijenom bez žile srčanice (smrčeve sadnice). Na terenima koji su izloženi periodičnim sušama vlaga se biljkama obezbjeđuje sadnjom u jarkove iskopane u proizvoljnim dužinama, dubine 20-30 cm i širine 30-40 centimetara. Na terenima koji su izloženi povremenoj suši i jakoj insolaciji za vrijeme ljeta, kao i jakom vjetru, jarkovi mogu biti duboki i 50-100 cm i široki 40-50 centimetara.

Mašinska sadnja u varijanti sa plugom otvaranje sadnog mjesta, zasipanje žila zemljom i nabijanje zemlje oko sadnice obavlja sama mašina. Prihvatanje, prenos i postavljanje sadnice na mjesto sadnje najčešće se izvodi ručno. Mašinsko kopanje jama obuhvata jedinično bušenje jama cilindričnog oblika korišćenjem mehanizovanog svrdla ili rotacione bušilice montirane na obični traktor. U prvom slučaju su to svrdla prečnika 25-35 cm i dubine 25-40 cm i koriste se uglavnom u brdsko-planinskom području. Moguće ih je izvoditi na nagibima do 15% sa traktorom točkašem i do 30% sa traktorom gusjeničarem. Kod pošumljavanja sa mekim lišćarima (topole, vrbe), najčešće u ravničarskim regionima, formiraju se jame cilindričnog oblika prečnika od 0,2-0,5 m, a dubine 0,4; 0,6; 1,0; 1,3; 2,0; 2,5 i 3,0 metara.

Korišćenjem mehanizovanih svrdla za jame 25-35 cm u prečniku i dubine 25-35 cm, moguće je formirati od 550-750 jama u zavisnosti od radnih uslova u toku jednog radnog dana od osam radnih sati. Bušenje rupa može se vršiti i ručnim svrdlom, jer na laporovitim deposolima nema kamenitih proslojaka. Učinak

sa dva radnika je 300-400 sadnica dnevno (rupe 25-35 cm u prečniku, dubine 25-35 cm), odnosno za osam časova.

#### **4.8. Popunjavanje kultura i zaštita kultura**

Bez obzira što se izvede najbrižljivija sadnja, kao i sadnja na najpovoljnijim stanišnim uslovima, jedan broj sadnica se osuši pa treba planirati određene količine za zamjenu posušenih sadnica. Gubici se izražavaju u procentima od ukupnog broja posađenih biljaka na određenoj površini. Popunjavanje počinje u drugoj godini života kulture, i to samo onda kada je procenat propalih biljaka veći od 15% (10-20%) i ako je ravnomjerno raspoređen. Kod izvršene sadnje sa gustom od 2.000 sadnica i manjom, svaka se uginula biljka mora zamijeniti novom.

Podignuta kultura izložena upadu stoke i divljači, najefikasnije se štiti izradom ograde. Osim ograđivanja, glavna mjera za odbranu od upada stoke je stroga zaštita ispaše na više godina dok sadnice dovoljno ne porastu (ispaša se potpuno zabranjuje u lišćarskim kulturama). Postavljanje mrežastih manžeta oko stabala, premazivanje vrhova raznim odbijajućim preparatima, omotavanje vrhova staklenom vunom i slične mjere zaštite od divljači su dosta skupe i teško izvodljive u pošumljavanjima na velikim površinama. Ostavljanjem livada i travnih proplanaka nezasađenim, zasijavanje izvjesnih površina kulturama trava i mjestimičnim unošenjem žbunastih vrsta koje divljač rado brsti, odbija se divljač od posađenog drveća.

Velika opasnost u ljetnjem periodu za vrijeme suše za četinarske kulture predstavlja požar pa se zbog preventive ostavljaju nezasađeni protivpožarni pojasevi široki 20 metara. Drugi način je da se ostavljaju pruge zasađene lišćarskim vrstama sa gustom krošnjom širine od 10-20 m ili više, u cilju brzog lokalizovanja i suzbijanja požara. Vjetrovi mogu štetno uticati na razvoj mladih kultura te se na izloženim i ugroženim mjestima, duž kulture mogu planirati vjetrobrani pojasevi od vrsta drveća koje brzo rastu i kojima vjetar ne škodi.

#### **5. ZAKLJUČAK**

Svako preduzeće koje izvodi radove na biološkoj rekultivaciji, odnosno koje vrši pošumljavanje tehnogenih zemljišta kao što su deponije odlagališta površinskih kopova uglja, dužno je da ima urađeno Uputstvo o načinu pošumljavanja. Primjenu odredbi definisanih Uputstvom vrši inženjer šumarstva.

#### **LITERATURA**

1. Stilinović, S. (1991): *Pošumljavanje*. Naučna knjiga, Beograd.
2. Maksimović, M. (2000): *Efekte biološke rekultivacije bagremom (Robinia pseudoacacia L.) crnim borom (Pinus nigra Arn.) na odlagalištima površinskog kopa „Bogutovo Selo“ Ugljevik*. Magistarski rad, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd.
3. Đorović, M., Isajev, V., Kadović, R. (2003): *Sistemi antierozionog pošumljavanja i zatravljivanja*. Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet, Banja Luka.

# **ORGANIZOVANJE FUNKCIJE ZAŠTITE OD POŽARA U PD RB „KOLUBARA“ U SKLADU SA NOVIM ZAKONOM**

## **ORGANIZATION OF FIRE PROTECTION IN PD RB „KOLUBARA“ IN ACCORDANCE WITH NEW LAW**

**Snežana Vuković, Miomir Živković**  
*PD RB „Kolubara“, Lazarevac*

### **Abstrakt**

U teoriji o rizicima govori se o ugroženosti ljudi i imovine od tehnoloških procesa u nekom ambijentu i povredivosti (ranjivosti) ljudi i oštećenjima imovine. Povredivost pri pojavi vanrednih situacija, havarija, poplava i požara, se pritom odnosi na sve zaposlene, a oni čiji je radni zadatak da se direktno suoče sa opasnošću sprečavanja i zaustavljanja akcidentne situacije su pritom najugroženiji. U tom smislu ovaj rad ima ambiciju da ukaže na složenost i raznovrsnost poslova, odgovornost i angažovanost zaposlenih u oblasti zaštite od požara.

Posmatrajući aktivnosti, pojave i procese na modulu rudnika površinske eksploatacije, analizira se primena svih načela propisanih Zakonom u cilju sprovođenja sistema zaštite od požara. Novim Zakonom zaštite od požara se značajnije obrađuje delokrug rada profesionalnih vatrogasnih jedinica uključujući delatnost spasavanja, dok je kod industrijskih vatrogasaca značajnije istaknuta preventivna uloga funkcije zaštite od požara.

**Ključne reči:** požar, preventiva, obuka

### **Abstract**

The theory of risk management deals with the main threat to people and property from the technological processes in certain environment and vulnerability of people and property damage. Vulnerability on the occurrence of emergencies, disasters, floods and fires applies to all employees, but those whose work task is to directly prevent and stop accidents, are threatened the most. In that sense, this research paper aims at showing complexity and variety of tasks, responsibilities and engagement of the employees in fire safety sector. By monitoring the activities, events and processes of fire extinction in surface mining, we analyze the applicability of all the principles determined by Law, in order to properly conduct the fire safety system. The new Fire Safety Law significantly defines the task scope for professional fire units, including rescue. In terms of industrial firefighting, the Law emphasizes preventive role of fire protection.

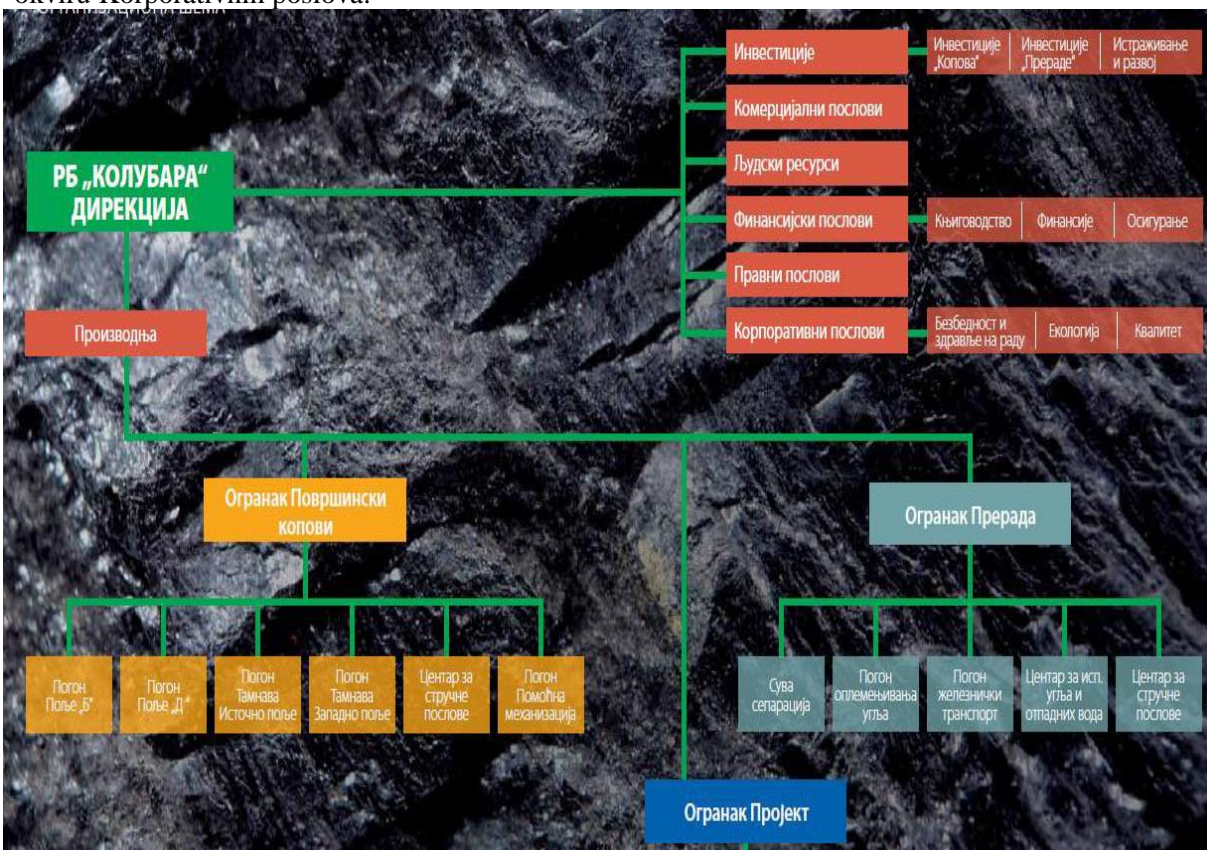
**Key words:** fire, preventive, training

## **1. UVOD**

Izvršenom kategorizacijom o ugroženosti od požara, od strane Ministarstva unutrašnjih poslova, PD RB „Kolubara“ je svrstana u prvu kategoriju ugroženosti i u skladu s tim je funkcija zaštite od požara organizovana tako da poseduje ljudske i materijalne resurse u skladu sa Zakonom koji omogućavaju ostvarenje ove odgovorne i zahtevne uloge. To znači da je na zaštiti od požara kolubarskih površinskih kopova, kao i na objektima prerade uglja neposredno angažovano oko 120 ljudi, od čega su oko 100 vatrogasci. Ogromne štete koje mogu prouzrokovati požari uništenjem skupe opreme, bagera, elektro postrojenja, tračnih transportera za prevoz uglja, i dr. pravdaju ulaganja u preventivu. Da je to angažovanje opravdano potvrđuje i sve manji broj požara tj. intervencija i jačanje preventivne aktivnosti zaposlenih u Službi zaštite od požara.

## 2. ORGANIZACIJA SEKTORA ZOP

U PD RB „Kolubara“ proces restrukturiranja je krenuo nešto pre donošenja novog Zakona o zaštiti od požara, ali je aktivnostima zaposlenih u oblasti zaštite od požara data istaknuta i važna uloga u pogledu broja zaposlenih, kadrovske strukture i položaja u hijerarhijskoj lestvici upravljanja. Na šemi prikazanoj na slici 1, prikazan je položaj Sektora za Bezbednost i zdravlje na radu i Zaštitu od požara (BZR i ZOP-a) u okviru Korporativnih poslova.



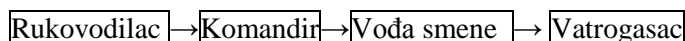
Slika 1: Organizaciona šema preduzeća

Služba zaštite od požara je organizovana u okviru Sektora i svojim aktivnostima pokriva kolubarske kopove, i preradu uglja, Ogranak “Prerada“. Formiranjem sektora, funkcija zaštita od požara najzad stiče potencijal za ostvarenje svoje prave uloge u Preduzeću, objedinjavanjem preventivne i operative, tj. referentna zaštite od požara sa vatrogasnim jedinicama. Time je ostvarena povratna sprega informacija, propusti i neusaglašenosti u preventivi se manifestuju štetnim događajima, a takođe informacije o štetnom događaju predstavljaju bazu podataka za novu preventivnu aktivnost.

Za ogranak “Površinski kopovi” formirana je Služba ZOP u kojoj funkcionišu dva odeljenja zaštite od požara:

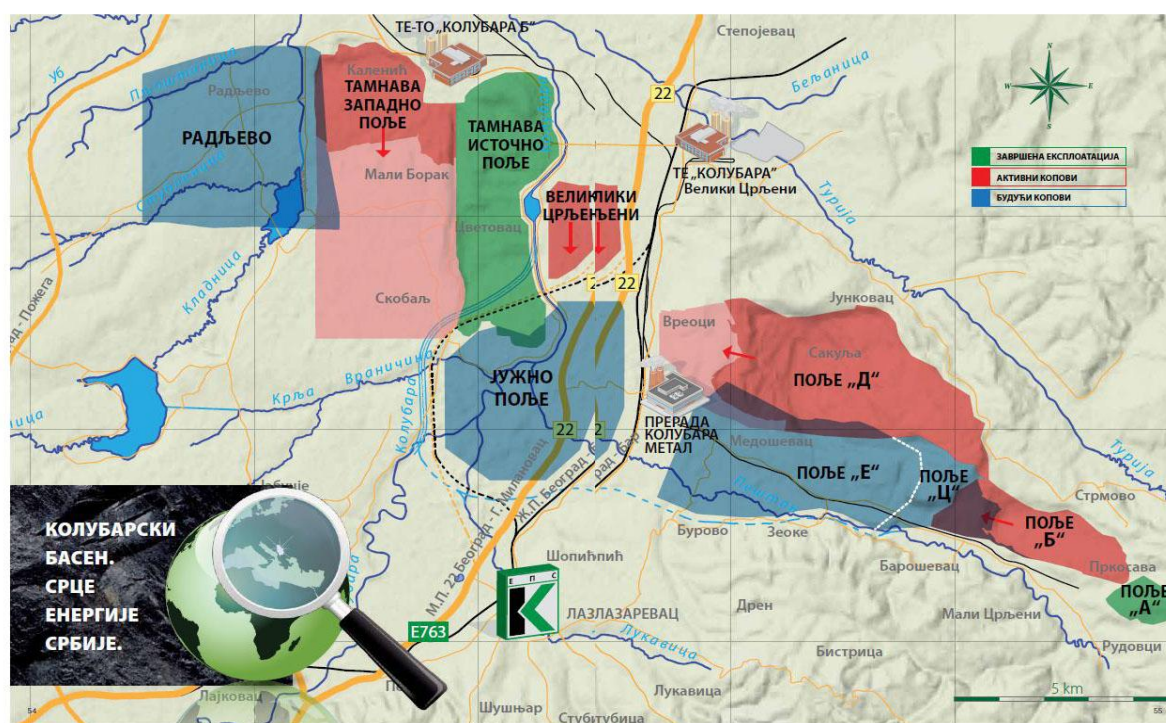
- Odeljenje zaštite od požara Rudovci, za zaštitu kopova B, D, kao i budućih kopova Polje E i Polje C,
- Odeljenje zaštite od požara Tamnava, za zaštitu kopova Zapadno polje i Veliki Crljeni, kao i budućeg kopa Radljevo.

Odeljenja čine timovi:



Rešenjem o kategorizaciji prema požarnoj opasnosti, datom od strane MUP-a, određen je potreban stepen zaštite u odnosu na strateški značaj i požarnu ugroženost objekata. U skladu sa veličinom kopa i brojem građevinskih objekata, radionica, kao i pokretnih rudarskih objekata, bagera i transportera, elektroenergetskih postrojenja i trafostanica definisana je potrebna oprema, određen broj vatrogasnih vozila, sredstava i opreme, kao i preventivnih aktivnosti iz oblasti zaštite od požara. Uz tehnička sredstva je potrebno obezbediti dovoljan broj ljudi da opslužuje vozila i opremu i u skladu sa tim je određen broj vatrogasaca-vozača, vatrogasaca operativaca, kao i vatrogasaca preventivaca u smeni. S obzirom na kontinuirani tok procesa proizvodnje i veliki broj zadataka koji iz tog procesa proizilaze, a imajući u vidu veličinu prostora koji se štiti, potrebno je obezbediti spregu sa proizvodnjom u svim smenama, što iziskuje prilično veliki broj ljudi.

Na slici 2 prikazana je karta kolubarskog basena, sa projekcijom budućih kopova, radi sticanja slike površine koju treba pokriti angažovanjem zaposlenih u zaštiti od požara.



Slika

2: Karta kolubarskog basena

Vatrogasna odeljenja industrijske vatrogasne jedinice organizovana su na način kako je to propisano za teritorijalne vatrogasne jedinice, ali s obzirom na delokrug rada i odgovornosti, kao i aktivno učešće u proizvodnom procesu putem pripreme objekata za opasne radove, pregleda i dežurstava, ne mogu se sprovesti sve mere koje bi obezbedile funkcionisanje industrijske vatrogasne jedinice na način kako je to uređeno u teritorijalnim. Pojačane su aktivnosti vatrogasne preventive, kao skupa mera i postupaka koje se preduzimaju na požarno ugroženim mestima, a koje imaju za cilj smanjenje verovatnoće štetnog događaja u smislu zaštite od požara. U poređenju sa drugim radnicima preduzeća koji imaju šefa i poslovođu, vatrogasci imaju komandira, i od njih se zahteva veća odgovornost prema planiranim i vanrednim odsustvovanja s posla, zadatak se ne sme prekidati dok se ne završi, pa je stoga i odnos prema

produženom radu (radu van redovnog radnog vremena) potpuno drugačiji nego kod ostalih radnika preduzeća. Vatrogasna jedinica radi u četiri smene zbog procesa proizvodnje. Svaka smena ima svog vođu smene, a postoji i rezervni vođa smene. Komandir odeljenja ZOP je odgovaran za spremnost ljudi i opreme i zajedno sa vođama smene organizuje raspored vatrogasne opreme i ljudi na terenu u preventivnom dejstvu, a po potrebi i akcije u operativnom dejstvu. U Službi je angažovano 6 referenata za zaštitu od požara, tj. tehničkih lica koja u skladu sa Zakonom obavljaju poslove na organizovanju i sprovođenju preventivnih mera zaštite od požara, koji donose predloge preventivnih i korektivnih mera i kontrolišu njihovo sprovođenje. Svi zaposleni u odeljenjima moraju imati položen stručni ispit iz zaštite od požara, svako za svoj nivo stručne spreme i radnog angažovanja. Zbog zabrane zapošljavanja kadrova u Javna preduzeća, Služba bilo je teškoća u podmlađivanju vatrogasne jedinice, što je takođe zakonska obaveza, ali je problem prevaziđen tako što jedan broj mlađih vatrogasaca angažovan preko preduzeća „Kolubara-Usluge“.

### **3. POSLOVI SLUŽBE ZAŠTITE OD POŽARA**

Da bi se prikazala slika stanja i potreba za ovakvim organizovanjem službe, treba spomenuti neke podatke iz delokruga rada Službe ZOP. Karta terena data na slici 2, prikazuje geografski položaj kopova i daje sliku teritorije i delokruga rada zaposlenih u oblasti ZOP, ali se na karti ne vidi da je ponekad potrebno utrošiti 20-tak minuta da se pređe 2-3 kilometra, u zavisnosti od vremenskih uslova. Na kopovima ima od 50 do 60 kilometara tračnih transportera, angažovano je oko 15 rotornih bagera, 10 odlagača i 15-tak dreglajna (izneti podaci su okvirno dati i odnose se menjaju se u skladu sa napredovanjem kopa). Bageri i pogonske stanice za tračne transportere se napajaju visokim naponom, tako da za te potrebe postoje trafo stanice 110/35kV, desetak trafo stanica 35/6kV, i stotinak stacionarnih i pokretnih trafostanica 6/0,4kV. Na kopovima se nalazi dve interne benzinske stanice i jedan magacin eksploziva, a gradi se i nova benzinska pumpa na lokaciji Kalenić, koja će imati naftu, benzin i plin. Na prostoru Tamnave, postoji Postrojenje za pripremu uglja, posebno značajno sa aspekta opasnosti od požara, u kojem se ugalj melje, drobi, prerađuje i tovari u železničke vagone za potrebe TE “Nikola Tesla“ Obrenovac. Radionice su grupisane u okviru svakog pogona, na jednoj, dve ili tri lokacije, tako da takvih lokacija, na kojima se nalazi veliki broj objekata, a koje pripadaju ogranku, ima desetak, uključujući i kontejnerska naselja za osoblje koja se periodično izmeštaju u zavisnosti od pomeranja kopa. Takva mini naselja se štite ručnim i prevoznim aparatima, i najčešće imaju instaliranu hidrantsku mrežu, koja takođe podleže periodičnoj proverbi. Na lokacijama kopova se nalazi 306 hidrantskih ormara na kojima se vrši provera pritiska i protoka vode. Tu nisu uračunati ormarići u hidrantskim mrežama bagera. Na više objekata i lokacija, na Zapadnom polju, Postrojenju za pripremu uglja, kao i na dva bagera postavljene su stabilne instalacije za rano otkrivanje i dojavu požara, tj. automatski sistemi za dojavu požara. Na delu transportera Postrojenja (za pripremu uglja) postavljene su sistemi za automatsko gašenje požara tzv. Drenčer sistem za automatsko gašenje vodenim mlazom, a na nekoliko bagera su postavljene uređaji za automatsko gašenje požara aerosolom. Na kopovima se sprovodi šestomesečna zamena svih vatrogasnih aparata, tako da oko 3000 aparata u redovnoj zameni, bude skinuto sa objekta, a na objekte se postavljaju kontrolisani ispravni aparati. Godišnje se za sopstvene potrebe ukupno servisira oko 5000 aparata tipa CO<sub>2</sub> i S i postavi na objekte u redovnim i vanrednim zamenama. Obilazak puteva radi upoznavanja sa dinamikom kretanja opreme i kontrole prohodnosti za vatrogasne cisterne, takođe spada u stalne zadatke Službe ZOP.

#### **3.1. Opremljenost vatrogasne jedinice**

U skladu sa kategorizacijom prema ugroženosti od požara, određen je i minimum vatrogasne i druge tehničke opreme i sredstava, neophodnih za samostalno i efikasno gašenje požara na teritoriji koja pripada PD RB „Kolubara“. Potrebna oprema je nabavljena u prethodnom periodu, ali se oprema mora održavati i



po potrebi obnavljati. Minimumom je određen broj vozila, vatrogasnih pumpi i druge vatrogasne opreme. Služba poseduje 15 vozila, od čega su 10 kamioni-cisterne postavljene na tri lokacije, ali je starost tih vozila alarmantna. U toku ove godine će se nabaviti dva nova vozila.

### **3.2. Sredstva veze**

Vatrogasne cisterne komuniciraju radio vezom na dvometarskom opsegu međusobno sa vatrogasnim domovima Rudovci i Tamnava, koji pripadaju DP "Kolubara-Površinski Kopovi", kao i sa teritorijalnim vatrogasnim jedinicama Lazarevac i Beograd, a takođe mogu pozivati dispečere, šefove sistema i druge organizatore koji su uključeni u sistem veze Kopova. Veza se ostvaruje preko vatrogasnih domova (vatrogasna jedinica Rudovci i Tamnava) koji raspoložuju radio stanicama sa dvometarskim opsegom kao i telefonskom vezom. Delovi pogona koji su snabdeveni uređajima radio veze mogu komunicirati sa Vatrogasnim jedinicama samo ako ih neko iz jedinice pozove, a oni ne mogu pozivati jedinice. U okviru ove teme neophodno je spomenuti da u oba vatrogasna doma (Rudovci i Tamnava) postoji tzv. centar veze u kojem se prihvataju informacije o požarima i drugim potrebnim intervencijama. Posmatrajući sistemski funkciju zaštite od požara, kao jedinstvo preventivnog i operativnog dejstva, razmišlja se o unapređenju sredstava veze povezivanjem mobilnim telefonima do nivoa vode smene, ili čak vatrogasca. Ova akcija bi sa dva aspekta imala pozitivno dejstvo: sa psihološkog stanovišta, pripadnost grupi, lojalnost i raspoloživost, a sa druge strane brza i laka komunikacija, koja je neophodna u organizaciji gašenja požara.

### **3.3. Požari**

U periodu od 01.01.2010. do 31.12.2010. godine u Ogranku "Površinski kopovi" se dogodilo 262 požara, u čijem gašenju (intervenciji) su učestvovali vatrogasci Vatrogasnih jedinica Rudovci i Tamnava, od čega je 14 požara gašeno za potrebe trećih lica, tj. požari su se dešavali van kruga preduzeća. Pod požarom se u ovom pregledu podrazumevaju sve vrste intervencija u cilju sprečavanja razvoja požarne opasnosti. Dakle, neke od tih početnih manifestacija se ne mogu čak ni nazvati požarom, jer je često preventivna akcija hlađenja pregrejanog dela uređaja, koji je počeo da se dimi. U nekoliko slučajeva se desilo da je od strane posade bagera ili pogonske stanice uz pomoć vatrogasnih aparata na objektu, opasnost otklonjena, ali da su vatrogasci ipak pozvani radi svake sigurnosti. U izveštajima vatrogasaca se često nalazi uzrok požara ugljena prašina, što naravno ne može biti uzrok, ali često nije moguće utvrditi pravi uzrok, tj. izvor paljenja prašine, pogotovo što se zbog nedostatka vremena radi samo analiza većih požara kod kojih postoji materijalna šteta. Kao što je prikazano u tabeli, najveći broj požara se desio zbog nepoznatog uzroka (ugljena prašina), zatim se kao uzrok navodi rolna koja je deo kretnog mehanizma transportne trake, elektro kvar, a jedan broj intervencija se desio zbog nepravilnog odlaganja smeća na divljoj deponiji u blizini kopa. S obzirom da je dosta čest slučaj da se prijavi potrošnja aparata i da se sa objekta traži zamena praznih za pune, veoma je važno sa aspekta analize i unapređenja ZOP insistirati da se tačno utvrdi razlog utroška aparata.

Tabela 1: Požari po uzrocima od 01.01.2010. do 31.12.2010.god

<b>Uzrok</b>	<b>VJ Rudovci</b>	<b>VJ Tamnava</b>	<b>Treća lica</b>	<b>ukupno</b>
Rolna	26	64		90
Ugljena prašina	36	59	2	97
Kočnice	4	16	0	20
Elektro kvar	4	6	1	11
Smetlište	9	2	1	12
Čišćenje (zaglavljen materijal)	0	2	0	2
Ležaj	2	2	0	4
Ugalj u bloku	4	2	0	6
Suva trava	3	0	4	7
Kvar motora	2	1	0	3
Zavarivanje	1	1	0	2
Nepoznat	0	2	6	8
<b>Ukupno</b>	<b>91</b>	<b>157</b>	<b>14</b>	<b>262</b>

#### **4. SPROVOĐENJE NAČELA ZAŠTITE OD POŽARA**

Zbog zahteva besprekorne organizovanosti, stalne pogonske spremnosti i maksimalne raspoloživosti ljudi i sredstava, a pogotovo strogih zakonskih zahteva, nerazdvojni deo koncepta zaštite od požara čini standardizacija svih aktivnosti koje Služba zaštite od požara na kopovima „Kolubare“ redovno vrši. Izvršena je implementacija sistema upravljanja kvalitetom i izvršene interne i eksterne provere, koje su pokazale rešenost organizovanja po najvišim standardima. Organizovani sistemski pristup zaštiti od požara, planiranje, organizovanje, sprovođenje i kontrola mera i radnji za sprečavanje izbijanja i širenja požara, uređena dokumentacija, jasno definisana ovlašćenja i odgovornosti, u spirali stalnog preispitivanja i poboljšanja, je cilj kojem se teži. U taj koncept se uklapa sprovođenje svih načela propisanih zakonom.

##### **4.1. Načelo zaštite**

Načelo zaštite se sprovodi organizovanjem Službe za zaštitu od požara, koja ima zadatak, potrebna sredstva i kadrove, da štiti živote ljudi, telesni integritet, objekte, oruđa i sredstva za rad, materijalna dobra i životnu sredinu.

##### **4.2. Načelo prevencije**

Organizovati prevenciju znači organizovati sledeće poslove:

- permanentni monitoring informacija i parametra ZOP,
- izrada analiza na bazi podataka i informacija praćenja, merenja i ispitivanja
- pravovremeno otklanjanje uočenih tehnoloških nedostataka
- održavanje odgovarajuće tehnološke i radne discipline osoblja
- održavanje instalacija
- organizovanje vatrogasnih dežurstava pri radovima zavarivanja, rezanja i lemljenja (prisustvo vatrogasnog vozila sa posadom)
- edukacija i obuka zaposlenih iz oblasti zaštite od požara
- praktična osposobljenost za rukovanje aparatima za gašenje od požara,
- održavanje sredstava za automatsku dojavu požara
- održavanje sredstava za automatsko gašenje požara

#### **4.3. Načelo stalnosti**

Organizovan je neprekidan rad, u smenama koje prate proizvodni ciklus, spremnost i mobilnost opreme, ljudi i sredstava uz održavanje sposobnosti za brzu i efikasnu intervenciju. Periodično, a najmanje jednom godišnje se spremnost jedinice proverava organizovanjem vatrogasne vežbe, koja se analizira i na osnovu zaključaka se donose predlozi za poboljšanja. Veoma je važno jačati motivaciju ljudi, a istovremeno sprovesti i održavati disciplinu i unutrašnji red, uz program za održavanje psihofizičke spremnosti.

#### **4.4. Načelo jačanja svesti**

Ovo načelo se sprovodi kroz edukaciju svih 10.198 zaposlenih iz oblasti Zaštite od požara. Novozaposleni radnici, radnici koji se upućuju na rad na nove poslove, kao i radnici angažovani od strane trećih lica, izvođača radova, se pri stupanju na rad moraju upoznati sa svim opasnostima i štetnostima na kopu, sa naglaskom na buduće poslove i rizike koji se pri obavljanju tih aktivnosti mogu javiti. Pritom se vrši i obuka iz oblasti zaštite od požara, sa naglaskom na značaj zaštite od požara, i svest pojedinca o njegovoj ulozi u zapažanju i pravovremenoj dojavi, kao i gašenju svake nekontrolisane pojave gorenja, ako je gašenje moguće izvesti bez opasnosti po život i zdravlje zaposlenog. Kod stalno zaposlenih radnika se vrši periodična obuka i provera znanja iz oblasti zaštite od požara, u skladu sa Zakonom.

#### **4.4. Načelo javnosti**

Službe ZOP izrađuju periodične mesečne, šestomesečne i godišnje izveštaje sa ciljem obaveštavanja menadžmenta preduzeća, nadzorno tehničkog osoblja na kopu, kao i svih drugih zainteresovanih, o stanju zaštite od požara, analizama podataka i predlozima za unapređenje. Ovo načelo se promovise i objavljivanjem podataka na stručnim skupovima, kako bi stručna javnost stekla sliku o složenosti problematike zaštite od požara u rudnicima.

#### **4.5. Načelo saradnje**

Subjekti zaštite od požara dužni su da međusobno razmenjuju informacije i usklade aktivnosti od značaja za zaštitu od požara. U skladu sa ovim načelom, stručni kadrovi iz ove oblasti su otvoreni za saradnju i razmenu iskustava u primeni sredstava, opreme za zaštitu od požara i oraganizovanja procesa rada. Saradnja se ogleda i iznošenjem iskustava u praksi i prezentovanjem radova na domaćim i međunarodnim stručnim skupovima, simpozijumima i savetovanjima.

#### **4.6. Načelo solidarnosti**

Subjekti zaštite od požara dužni su da pomažu jedni drugima u otklanjanju posledica požara. Takođe se solidarnost ogleda u učešću vatrogasnih jedinica „Kolubare“ u gašenju požara na teritoriji opštine, susednih opština, a po potrebi i šire.

#### **4.7. Načelo odgovornosti**

Načelo odgovornosti se sprovodi počev od rukovaoca pogonske stanice na tračnom transporteru, zaduženog za svakodnevnu proveru ispravnosti vatrogasne opreme do Direktora Preduzeća kao odgovornog lica za sistemske propuste Preduzeća iz oblasti zaštite od požara. Ovaj princip je razrađen u

Pravilniku o zaštiti od požara, koji jasno razgraničava i precizira zadatke, prava, obaveze i odgovornost zaposlenih u skladu sa njihovim radnim angažovanjem i nivoom u lestvici rukovođenja.

## **5. ZAKLJUČAK**

U skladu sa implementiranim standardima kvaliteta ISO 9001, 14001 i OHSAS 18001, uspostavljen je centralizovani sistem upravljanja, koji objedinjuje preventivu i operativu. Cilj je smanjivati operativna dejstva, uz srazmerno jačanje prventive. Poseban značaj dati edukaciji zaposlenih, jačanju svesti o potrebi ličnog angažovanja na zaštiti zajedničke imovine i obezbeđenju uslova da se radnici obuče za praktično rukovanje aparatima. Jedan od bitnih preduslova za praćenje, analizu i poboljšanje, tj. unapređenje kvaliteta u ovoj oblasti je tačan i precizan podatak, u smislu precizno date (pisane) informacije o uzrocima požara ili drugim zapažanjima u vezi događaja, pa će se i nadalje insistirati na formiranju standardom propisanih zapisa u vezi nastale pojave. Takav podatak predstavlja bazu za donošenje novih odluka u pogledu unapređenja zaštite od požara. Stalni zadatak Službe za zaštitu od požara je redovan obilazak terena, aktivnosti usaglašene sa proizvodnjom, stalna komunikacija sa organizatorima procesa, kontrola stanja svih elemenata ZOP na objektima, kao i izrada izveštaja o neusaglašenostima radi organizovanja otklanjanja primedbi. Timski rad svih zaposlenih na ovom polju, blagovremeno uočena pojava, spremnost i mobilnost vatrogasne jedinice, uz maksimalnu sigurnost ljudi pri dejstvu požara, su preduslov da se materijalni troškovi požara svedu na nulu, što je krajnji cilj angažovanja Službe zaštite od požara. Ovo će se postići odgovornim pristupom prema planiranju, primeni i sprovođenju preventivnih mera, uz stalno preispitivanje i unapređenje sistema zaštite od požara.

## **6. LITERATURA**

1. \*\*\*: *Standard ISO 18001: 2007 OHSAS.*
2. \*\*\*: *www.vss.org.rs*, zvanični sajt Vatrogasnog Saveza R. Srbije.

# ZNAČAJ PRIMENE PROCESA ODSUMPORAVANJA DIMNIH GASOVA U PD TEKO KOSTOLAC

## THE IMPORTANCE OF FLUE GASES IN THERMAL KOSTOLAC

**Veroslava Malešević**

*PD TE-KO „Kostolac, Kostolac*

### REZIME

Nakon usvajanja novog Zakona o zaštiti životne sredine, EPS ima za obavezu da preduzme mere za smanjenje emisije sumpornih oksida iz blokova postojećih termoelektrana. Tehnički pokazatelji procesa i opreme zaštite životne sredine i ukupni troškovi su osnovni kriterijumi za poređenje i izbor procesa za prečišćavanje gasova. Skupa tehnologija koja se implementira u TE, i koja se bavi procesom odsumporavanja dimnih gasova, treba da dovede do značajnih pomaka u zaštiti životne sredine okoline, kao i da dokaže svoj dugoročni ekonomski značaj. Ovaj rad pokušaće da ukaže na opravdanost ovog rešenja kada je TE „Kostolac“ u pitanju.

**Ključne reči:** termoelektrane, sumporni oksidi, odsumporavanje, gips, životna sredina.

### ABSTRAKT

After a new law on environmental protection, EPS has a duty to take measures to reduce emissions of sulfur oxides from blocks of existing power plants. Technical indicators of processes and equipment environmental protection and ukupni costs are the criteria for comparison and selection process for the purification of gases. Expensive technology which is implemented in the TE, and engaged in the process of flue gases will lead to significant advances in environmental protection of the environment, and to prove SVPJ long-term economic significance. This paper will attempt to show the validity of this solution when the TE Kostolac concerned.

**Keywords:** power plants, sulfur oxides, sulfur reduction, plaster, environmen

### UVOD

Kako je energetska glad sve izraženija u svetskim razmerama, tako se intenzivira potreba za čistim energentima, ali se pri tom ne zaboravljaju ni termoelektrane kao nosioci proizvodnje električne energije. Kako TE koriste najčešće ugalj i mazut, te stvaraju i nus proizvode sagorevanja (koji mogu biti u tečnoj, čvrstoj i gasovitoj fazi), a zagađuju vazduh, površinske i podzemne vode, zemljište, stvaraju buku itd. Prema rezultatima studije TE „Kostolac B“ izabrana je da bude i prva u EPS-u, u u kojoj će se ugraditi postrojenje za odsumporavanje dimnih gasova. Ugradnjom takvog postrojenja u blokove TE očekuje se najveći efekat smanjenja emisije sumpor dioksida, s obzirom na to da je njihov doprinos najveći u ukupnoj emisiji iz JP EPS (učešće u ukupnoj emisiji oko 38,5%, a učešće u u ukupnoj instalisanjoj snazi je oko 16%.

Da bi se sagledalo pouzdano tehnološko-tehničko rešenje odsumporavanja dimnih gasova za TE „Kostolac B“, u julu 2008 godine završena je izrada investiciono-tehničke dokumentacije. Idejni projekat je urađen je sa konzorcijomom koji čine : Mašinski i Rudarsko geološki fakultet iz Beograda i Američka firma „Worley Parsons“. Uskladu sa odredbama Diorektive EU za velika ležišta (2001/80/EC) ovo postrojenje za odsumporavanje dimnih gasova je projektovano sa zahtevom u pogledu graničnih vrednosti emisija sumpor-dioksida od 400 mg/m<sup>3</sup>, što predstavlja efikasnost procesa odsumporavanja od 94 odsto.

## **POLOŽAJ TE „Kostolac B“**

TE „Kostolac B“ nalazi se na oko tri km od desne obale reke Dunav, između sela Stari Kostolac i sela Drmna. Velika naselja u okolini su Požarevac, 18 km južno, Veliko Gradište na oko 20 km na istoku, Smederevo oko 30 km na zapadu, i Beograd na udaljenosti oko sto kilometara prema zapadu. Snaga oba bloka ove TE je oko 697kilovata.

Što se tiče glavnog problema u TE „Kostolac“, kontinualni merači pokazuju maseni protok sumpor dioksida od oko 5803mg/m<sup>3</sup> na B<sub>1</sub>, i masene koncentracije 5258mg/m<sup>3</sup> sumpor dioksida na B<sub>2</sub>, što višestruko prelazi granicu od 400mg/m<sup>3</sup> (6%O<sub>2</sub>, suv gas), koji propisuje nova Uredba iz Sl. glasnika RS 71/10 od četvrtog oktobra ove godine.

Sumpor dioksid nastaje pri sagorevanju fosilnih goriva. Stepenn emisije sumpora zavisi od vrste goriva, sastava pepela, uslova ložišta, brzine protoka, temperature gasa itd. Njihov uticaj se oseća na velikim rastojanjima zahvaljujući nepovoljnim meteorološkim uslovima i karakteristikama reljefa. Emitovani SO<sub>2</sub> ostaje u vazduhu nekoliko dana. Deo pri površini zemlje resorbujubiljke, deo zahvataju padavine, a veći deo se hemiski transformiše usled lagane oksidacije iz SO<sub>2</sub> u SO<sub>3</sub>, koji se hidrolizuje u prisustvu vodene pare u sumpornu kiselinu koja u vidu kiselih kiša pada na tlo. Inače sumpor dioksid spada u grupu iritanasa koji u visokim koncentracijama pruzrokuju respiratorne smetnje i obolenja kao što je astma ili kardiovaskularna obolenja. Takođe štetno deluje na vegetaciju i životinjski svet.

## **ZAKONSKI I DRUGI ZAHTEVI KOJI SE ODOSE NA ZAŠTITU VAZDUHA**

Zakon o zaštiti životne sredine (Sl. glasnik RS 135/04; 36/09; 72/09; 71/10), regulišu pitanje zaštite vazduha, prostorno planiranje, izgradnju industrisko energetskih postrojenja, finansiranje novih projekata, kontrolu i kazne za nepridržavanje. Zakon o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađenja životne sredine uz usaglašavanje sa BAT tehnologijama, vodi do dobijanja integrisane dozvole.

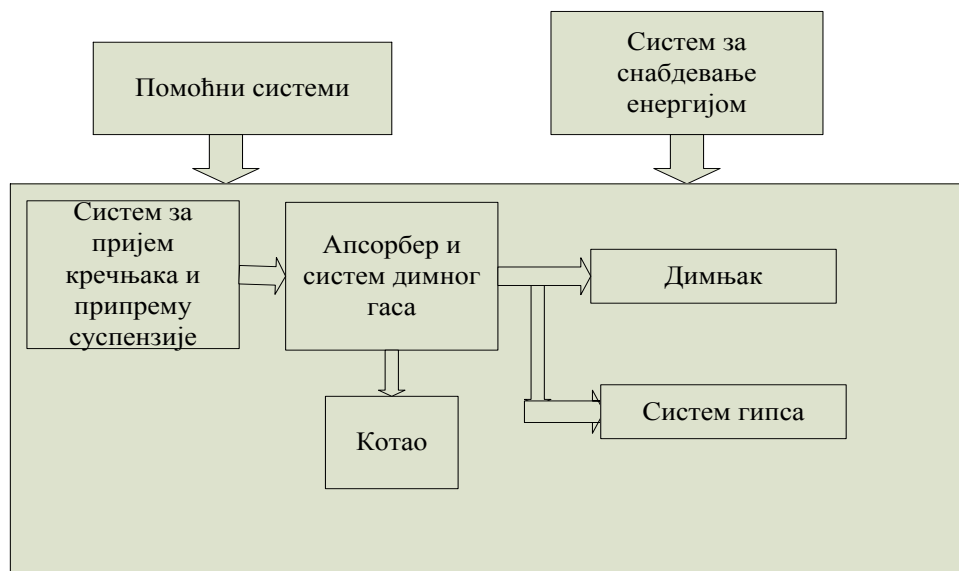
Strategija razvoja energetike do 2015 god. RS, Program ostvarivanja strategije razvoja energetike RS do 2015god, Strategija održivog razvoja RS, Nacionalni program zaštite životne sredine, Konvencija o prekograničnom zagađivanju vazduha na velike udaljenosti, Direktiva o velikim ložištima 2001/80EC, kojom se definišu granične vrednosti emisija štetnih materija u vazduhu, Direktiva o smanjenju udela sumpora u gorivima 1999/32/EC, samo su neka od dokumenta kojim se EPS obavezao da rad svojih postrojenja uskladi sa zakonskom regulativom.

## **SISTEM POSTROJENJA ZA ODG**

Najznačajniji tehnički pokazatelji za poređenje postupaka i postrojenja za prečišćavanje gasova uopšte su:

- raspoloživost postrojenja
- stepen izdvajanja zagađujućih komponenti
- složenost postrojenja
- karakteristike produkata procesa
- potrošnja radnih materijala i energije
- elastičnost postrojenja u radu;(pri promeni protoka i koncentracija)
- prostorni zahtevi
- stepen iskorišćenja reaktanta
- pogonska sigurnost

Šematski prikaz postrojenja za ODG



U projektu odsumporavanja dimnih gasova u TE „Kostolac B“, koji je radio ekspertski tim konzorcijuma, analizirane su postojeće podloge o kvalitetu uglja, u ovom slučaju lignita koji sadrži oko 1,13% S, a DTM oko 7648KJ/kg, i referentne parametre dimnog gasa, koncept postrojenja za ODG, uz predložene varijante, materijalni bilans gasne faze, suspenzije i gipsa, kao i koncept proizvodnje gipsa i njegovog odlaganja, te napajanje postrojenja električnom energijom. U projektu su dati i operativni troškovi održavanja na godišnjem nivou, ukupni troškovi realizacije ODG. Odnos investicionih i eksploatacionih troškova zavise od koncentracije zagađujućih komponenti i stepena izdvajanja. Kada se ODG uvodi u postojeću TE, ono pokazuje svu složenost jer se mora voditi računa o samom sistemu i podsistemu.

Trenutna studija pokazuje potrebu za izgradnjom dva apsorbera, novog dimnjaka, sistema dimnog gasa, nastavak korišćenja postojećih ventilatora dimnog gasa, postavljanje novih buster ventilatora, vlažno mlevenje krečnjaka na lokaciji, odlaganje suspenzije gipsa, kao i izgradnju svih pomoćnih objekata, konstrukcije i opreme vezane za ODG.

### POGODNOSTI I SPECIFIČNOSTI

- Vlažno mlevenje krečnjaka bi se obavljalo na lokaciji same elektrane, što snožava troškove.
- Postoji na samoj lokaciji TE dovoljno prostora za izgradnju postrojenja za ODG i nije potrebno rušenje postojećih objekata.
- Izgradnja novog vlažnog dimnjaka smanjiće rizik i vreme obustave rada same TE tokom izgradnje ODG-a.
- Kao nus produkt odsumporavanja nastaje gips komercionalnog kvaliteta sa manje od 10% vlage.
- Krajnje rešenje je postavljanje horizontalnih trakastih vakum filtera u cilju proizvodnje suvog gipsa. Dotada prelazno rešenje je ili odlaganje gipsa zajedno sa pepelom u prostor površinskog kopa Ćirikovac, ili kao odvojeni proizvod u prostor površinskog kopa Drmno.
- Sistem za ODG ne produkuje otpadnu vodu, s obzirom da se prelivna tečnost iz hidrociklona, kao i drenaža apsorbera i cevovoda vraća u proces, tako da nema potrebe za ugradnjom dodatne opreme za tretman otpadnih voda.

## **POSLEDICE ODSUMPORAVANJA ZA KOSTOLAC I OKOLINU**

70% svih problema vezanih za Zaštitu životne sredine u Srbiji prizilazi iz delovanja elektroprivrede, a ona sama odgovorna je za 20% zakonskih obaveza, što dovoljno govori.Štednja privrednih resursa kao i maksimalno iskorišćenje otpadnih materijala: pepela, gipsa, šljake i drugih nus proizvoda u cementnoj i građevinsko putnoj mreži.Ekonomski instrument „zagađivač plaća“, je svrha da se ekonomskim merama podstakne preduzeće da uklanja uzroke a ne posledice.Lokalna samouprava poboljšava infrastrukturu samog grada i okoline te se javlja potreba za otvaranjem novih radnih mesta. Komeracionalni efekat prodaje gipsa. Smanjenje efekta emisije sumpornih oksida, koji direktno utiču na obim nivoa akutnih i hroničnih obolenja stanovništva izazvanih povišenom emisijom štetnih gasova.

## **ZAKLJUČAK**

Ako se sa ovim projektom iz nekog razloga stane, kao i sa druga dva velika projekta, država neće moći da izvozi struju, EPS neće zadovoljiti standarde predviđene IPPC direktive EU, te neće dobiti integralnu dozvolu za rad, što rezultira zatvaranje postojećih objekata.

Sve ovo prevazilazi lokalni nivo i predstavlja strateški cilj ne samo jedne kompanije nego i šire.

Mogućnost da se uvedu nove tehnologije u saradnji sa stranim i domaćim stručnjacima i kompanijama, predstavlja podsticaj za razvoj domaće nauke.

Nemerljiv je značaj za očuvanje zdravlja ljudi i prirodnih dobara, što je i krajnji cilj svakog humanog društva

## **LITERATURA:**

1. Konceptsko rešenje sistema za odsumporavanje dimnih gasova, Energoprojekt-ENTEL, Beograd
2. Studija: Pravci optimalnog smanjenja emisije sumpornih oksida u TE EPS Energoprojekt-ENTEL
3. Postrojenje za odsumporavanje dimnih gasova TE Kostolac B, Generalni projekat, Mašinski fakultet u Beogradu, Worley Parsons E&-C Bulgaria, Energoprojekt-ENTE
4. Ekološko inženjerstvo dr. Milan Pavlović



# **NEKI PRIMERI MOGUĆIH SANACIJA I REKULTIVACIJA STARIH KOMUNALNIH DEPONIJA ČVRSTOG OTPADA (KDČO) U SRBIJI SA POSEBNIM OSVRTOM NA REMEDIJACIJU GEOLOŠKE SREDINE I PODZEMNIH VODA**

## **SOME EXAMPLES OF RECOVERY AND RECULTIVATION OLD MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILLS IN SERBIA WITH PARTICULAR RETROSPECTIVE OF REMEDIATION GEOLOGICAL ENVIRONMENT AND GROUNDWATERS**

**Milovan Rakijaš**

*“Hidro-geo rad” d.o.o., Beograd*

### **Abstrakt**

Našoj državi tek predstoji ozbiljan i složen posao na rešavanju godinama zapostavljenih problema u oblasti upravljanja komunalnim otpadom. S obzirom na to da komunalne deponije čvrstog otpada (KDČO) predstavljaju veliki izvor zagađenja, nameće se neophodnost pravilnog pristupa u smislu donošenja konačnih rešenja u cilju njihovih sanacija i rekultivacija u cilju zaštite životne sredine. Kako KDČO zagađuju, pored ostalog podzemne vode i geosredinu, nameće se neophodnost razmatranja na koje sve načine je moguće izvršiti „lečenje“, odnosno remedijaciju pomenutih medija. Sama kompleksnost remedijacije podzemnih voda i geosredine zahteva multidisciplinarni pristup rešavanju ove problematike. Prilikom razmatranja kojim projektantskim rešenjima treba pristupiti, mora se ozbiljno osvrnuti na to šta se sve odlagalo na komunalne deponije a tek potom pristupiti odgovarajućim istraživanjima i ispitivanjima čiji će rezultati predstavljati optimalne podloge za izradu Glavnih projekata sanacija, rekultivacija KDČO sa remedijacijom podzemnih voda i geosredine.

**Ključne reči: KDČO, sanacija, remedijacija, geosredina, podzemne vode**

### **Abstract**

In Serbia there are about 146 registered municipal solid waste landfills (MSWL) and an undetermined number of open dumps. Our first sanitary municipal solid waste landfill was put into operation in 2002 in Vranje. In the last few years, a few sanitary municipal solid waste landfills have been built in Gornji Milanovac, Kikinda, Leskovac, Pirot and Lapovo, while some municipal solid waste landfills are still under construction. Our country is still facing serious and complex work in solving problems in the field of waste management. Since municipal solid waste landfills are a big source of pollution, in order to protect the environment there is a need for a proper approach in terms of coming up with the final solution towards their recovery and reclamation. Because municipal solid waste landfills, among other things, pollute groundwater and the geologic environment, there is a need to determine the ways in which it is possible to treat or remediate them. The complexity of groundwater and geological environment remediation requires a multidisciplinary approach to solving the problem. While considering which project solution should be used, it is necessary to keep in mind what has been disposed on the municipal landfills, and access the appropriate research and studies whose findings represent the optimal base for the Main project of recovery, reclamation and expansion MSWL with groundwater remediation and geological environment.

**Key words:** MSWL, recovery, remediation, geological environment, groundwaters

## **UVOD**

Postojeće KDČO u Srbiji predstavljaju veliki izvor zagađenja životne sredine sa svih aspekata uzimajući u obzir da se na njih otkako su u eksploataciji odlagali i otpad koji po svim svetskim i našim standardima (Uredba o odlaganju otpada Sl. glasnik br 92/10) predstavlja opasan otpad. U svetu i kod nas se do sada pribegavalo sanaciji i rekultivaciji starih deponija tako što se glavna pažnja poklanjala načinima sprečavanja dotoka kako atmosferskih tako i podzemnih i površinskih voda, sa ciljem smanjivanja količine filtrata u samom telu KDČO. S obzirom na sastav otpada koji se odlagao u sklopu sanacije i rekultivacije KDČO treba izvršiti i remedijaciju podzemnih voda i geosredine.

## **NEKE OD METODA SANACIJA I REKULTIVACIJA KDČO, SA REMEDIJACIJOM PODZEMNIH VODA I GEOSREDINE, KOJE SE MOGU PRIMENITI U SRBIJI**

Sanacija onih sa manjom količinom otpada se može izvesti samo uklanjanjem celokupne količine komunalnog otpada na najbližu SKDČO. Prilikom njihovog uklanjanja se predlaže i uklanjanje i pripovršinskog sloja u zavisnosti od toga na kakvim terenima je smetlište formirano. Veća smetlišta (ukoliko zauzimaju veću kubaturu) treba tretirati kao i velike registrovane KDČO. Kako je na njima odlagan i opasan otpad koji u sebi sadrži razne kiseline i ostale otrovne materije, moraju biti tretirane kao male komunalne deponije i u tom smislu treba pristupiti njihovoj sanaciji i rekultivaciji, kao i remedijaciji podzemnih voda i geosredine. U svetu i kod nas se do sada pribegavalo sanaciji i rekultivaciji starih deponija tako što se glavna pažnja poklanjala načinima sprečavanja dotoka kako atmosferskih tako i podzemnih i površinskih voda, sa ciljem smanjivanja koncentracije filtrata u samom telu KDČO. Projekti koji su rađeni uglavnom su bili tipski, pri čemu se nisu uzimali u obzir hidrogeološki uslovi sredine. Kako se na KDČO u Srbiji uglavnom ne vrši nikakva prekrivka otpada inertnim materijalom, atmosferske padavine samo pospešuju stvaranje veće količine filtrata. Donji zaštitni sloj uglavnom nigde nije izrađen, što otvara mogućnost za nesmetano zagađivanje podzemnih voda i geosredine. U Srbiji se počelo sa sanacijom i rekultivacijom KDČO, ali samo tako što se one prekrivaju zaštitnim slojem odozgo u cilju sprečavanja dotoka atmosferskih taloga sa tendencijom smanjenja stvaranja filtrata. Međutim, takav vid sanacije i rekultivacije, bez valjanog sagledavanja hidrogeoloških uslova sredine i bez uzimanja u obzir zagađenja koje je već zahvatilo kako podzemne vode tako i geosredinu, nema efekta. Sve ovo ukazuje da se sanaciji i rekultivaciji, sa remedijacijom podzemnih voda i geosredine, treba pristupiti na jedan sasvim drugačiji način.

Postoje dve metode sanacija, rekultivacija KDČO i remedijacija podzemnih voda i geosredine. Prva je u stručnoj praksi poznata kao „in-situ“ metoda. Ona se može izvoditi u žarištu ili izvoru zagađenja. Druga „ex-situ“ metoda podrazumeva crpljenje podzemnih voda ili ekskavaciju (iskopavanje) geosredine (zemljišta) i njihovo prenošenje na bliža ili udaljenija mesta od samog žarišta zagađivanja. Sa aspekta ekonomičnosti, kao i načina izvođenja prva metoda je prihvatljivija, dok je „ex-situ“ efikasnija za sanaciju i remedijaciju KDČO. Jedan od najbržih načina sanacije, rekultivacije i remedijacije podzemnih voda i geosredine bio bi na samoj deponiji. Kako bi to trebalo uraditi prikazano je na slikama 1, 2 i 3.



Slika 1 – Stara komunalna deponija, nesrazmeran prikaz (M. Rakijaš, 2008)

Komunalni otpad bi se prebacivao sa jednog prostora na drugi. Na praznom prostoru bi se postavljali svi elementi koji bi buduću deponiju činili sanitarnom i komunalni otpad bi se vraćao na taj pripremljeni deo sa zaštitnim slojem. Potom bi se i drugi deo pripremio za ugradnju zaštitnih delova sanitarne deponije i takva deponija bi još neko vreme mogla biti u fazi eksploatacije.

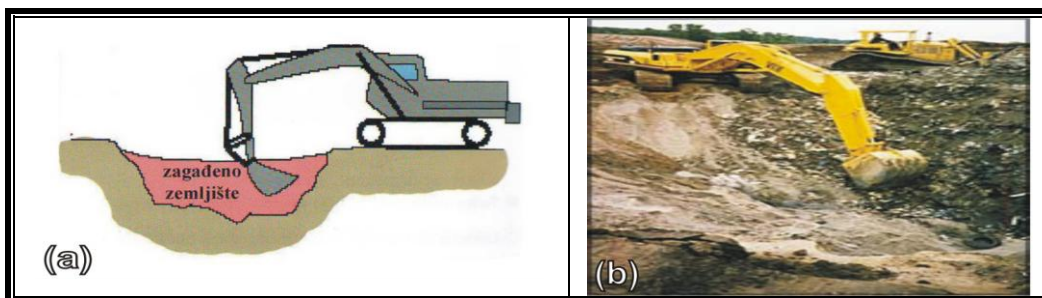


Slika 2 – Šematski prikaz jednog od načina sanacije u okviru stare komunalne deponije (M. Rakijaš,)

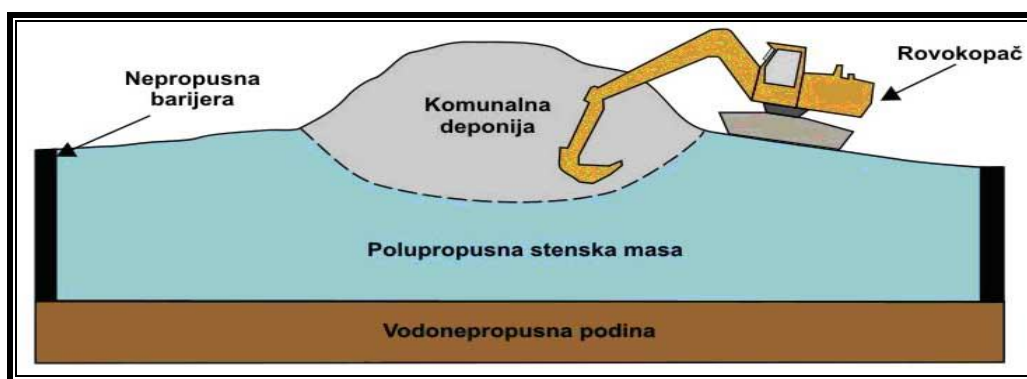


Slika 3 – Način dovođenja starih komunalnih deponija u sanitarno stanje, nesrazmeran prikaz

U razvijenim zemljama sveta primena remedijacione tehnike („in-situ“ i „ex-situ“) uveliko je u upotrebi. Metode „ex-situ“ podrazumevaju odstranjivanje izvora zagađenja i zagađujućih materija (slike 4 i 5). Komunalni otpad i neposredno zagađena sredina se odvoze na specijalno pripremljen sanitarni prostor . Ovo su skuplje, ali i najefikasnije metode.



Slika 4 – Prikaz najjednostavnijeg odstranjanja zagađenog zemljišta ili KDČO, šematski (a) i kako se to već izvodi prigodnom mehanizacijom (b) metodom „ex-situ“ (DoD Enviromental Technolgy Transfer Committe, 1994)



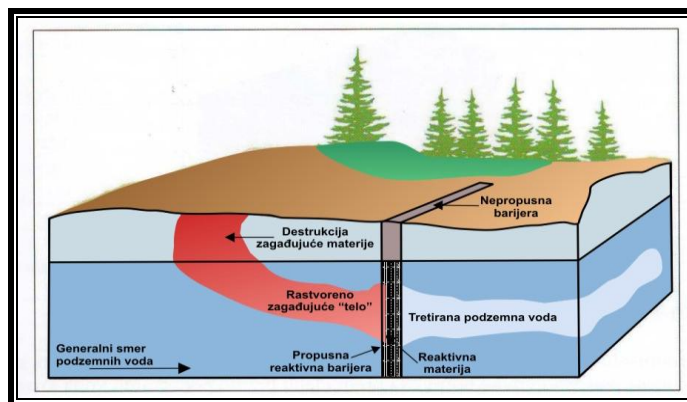
Slika 5 – Primer uklanjanja stare komunalne deponije i zagađene geosredine, odnosno remedijacije „ex-situ“, prilikom kojih se komunalni otpad odvozi na drugi sanitarni prostor pripremljen za odlaganje (Fetter, 1993)

Kao prelazno rešenje, dok se ne izgrade SKDČO, uveliko se koristi i baliranje otpada. Ove bale u kojima je presovan komunalni otpad imaju svoj vek trajanja, ali mogu poslužiti i kao prelazno rešenje dok se ne izgrade nove SKDČO, ali i kao sistem za brže sakupljanje otpada (slika 6).



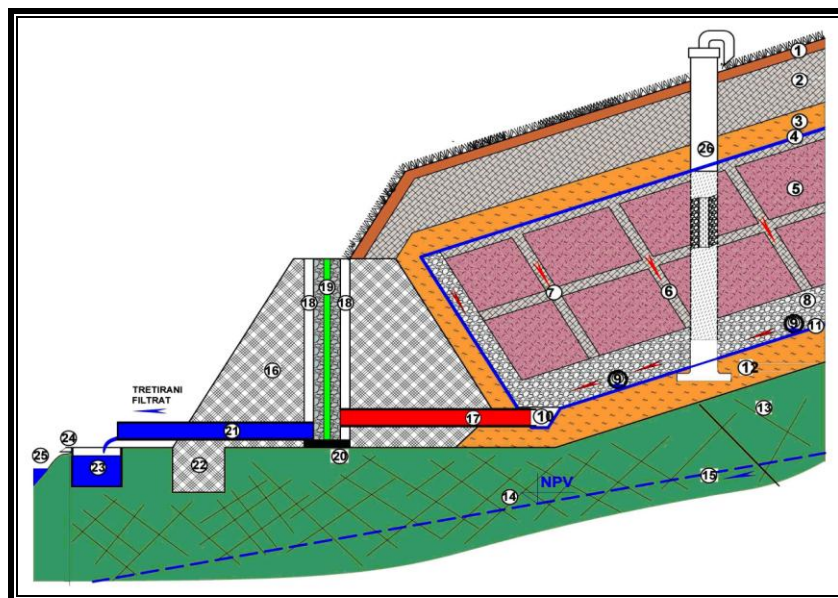
Slika 6 – Sakupljeni balirani KČO u Austriji (foto: Z. Marinković, 2008)

Remedijacija geosredine i podzemnih voda u zoni komunalnih deponija se može „in-situ“ izvesti i metodom permeabilnih reaktivnih barijera – PRB. Ove barijere predstavljaju „zid“ izgrađen ispod površine u podzemlju, sa ciljem da „prečisti“, dekontaminira podzemnu vodu (slika 7).



*Slika 7 – Šematski trodimenzionalni prikaz PRB (U.S. EPA, izmenjeno)*

Ova metoda bi se mogla primeniti kod sanacije i rekultivacije starih komunalnih deponija koje su formirane u strmoj jaruzi. U brane i nasipe bi mogla da se ugradi PRB sa odgovarajućim agensima za tretman filtrata. Na ovaj način bi se u povoljnim hidrogeološkim uslovima sredine smanjila finansijska opterećenja za izgradnju posebnih objekata za tretman filtrata iz deponija komunalnog čvrstog otpada. Naime, tako bi u povoljnim hidrogeološkim uslovima sredine mogao da se reši tretman filtrata bez izgradnje postrojenja za njegov tretman, odnosno prečišćavanje. Kako bi to izgledalo prikazano je na slici 8. Ovakav način za tretman filtrata je mogao efikasno da se primeni pri sanaciji i rekultivaciji i proširenju stare komunalne deponije u Gornjem Milanovcu. Na dnu strme jaruge formirane u serpentinitnom masivu izgrađena je brana. Sličan slučaj je bio u Novom Pazaru i Novoj Varoši. Ispod tela sanitarne komunalne deponije u Gornjem Milanovcu je izgrađen drenažni sistem za smanjivanje kinetike bujućih voda i njeno odvođenje u reku Despotovicu. Kako se u ovakvim geološkim uslovima sredine filtrat sakuplja na dnu deponije, ugradnja PRB sistema u već izgrađenu branu imala bi višestruki značaj.



**Legenda:**

1. Sloj humusa sa rastinjem	14. Nivo podzemnih voda
2. Pokrivni sloj	15. Pravac kretanja podzemnih voda
3. Sloj nabijene gline	16. Betonska brana
4. Geomembrana	17. Odvodna cev za filtrat do PRB-a
5. Čelija komunalnog čvrstog otpada	18. Nepropusni ekran PRB-a
6. Drenažni sistem za protok filtrata	19. PRB
7. Kretanje filtrata	20. Dno PRB-a
8. Donji drenažni sloj	21. Cev za odvod tretiranog filtrata
9. Drenažne cevi za sakupljanje filtrata	22. Nožica brane
10. Rov za sakupljanje filtrata	23. Laguna za sakupljanje prečišćenog filtrata
11. Donja geomembrana	24. Prelivna cev
12. Donji sloj od sabijene gline	25. Vodotok
13. Pukotinska tip izdani	26. Degazacioni objekat

Slika 8 – Mogućnost tretmana filtrata sa PRB sistemom na terenima sa nagibom, sa mogućom primenom kod izgradnje SKDČO u G. Milanovcu (M. Rakijaš, 2008)

Na slici 9 se vidi KDČO Gornjeg Milanovca u fazi sanacije i strma jaruga u kojoj je formirana. Na sledećim slikama će se videti koliko bi prednost i uštedu imala ugradnja permeabilne reaktivne barijere u samo telo brane. Tretirani filtrat bi se mogao direktno ispuštati u reku Despotovicu.



*Slika 9 – Komunalna deponija „Vujan“ u fazi sanacije u Gornjem Milanovcu (foto: M. Rakijaš, 2008)*

Prvo bi se ispuštao u lagunu, gde bi se kontrolisao stepen njegove prečišćenosti, a potom u reku Despotovicu ukoliko bi zadovoljavao hemijske i bakteriološke karakteristike prečišćenosti za ispuštanje u površinski vodotok. Na slikama (9, 10 i 11) vidi se kako je to projektantski rešeno bez ugradnje PRB sistema i mogućnost za takvo rešenje.



*Slika 10 – Brana izgrađena na dnu sanirane deponije „Vujan“ u Gornjem Milanovcu (foto: M. Rakijaš, 2008)*

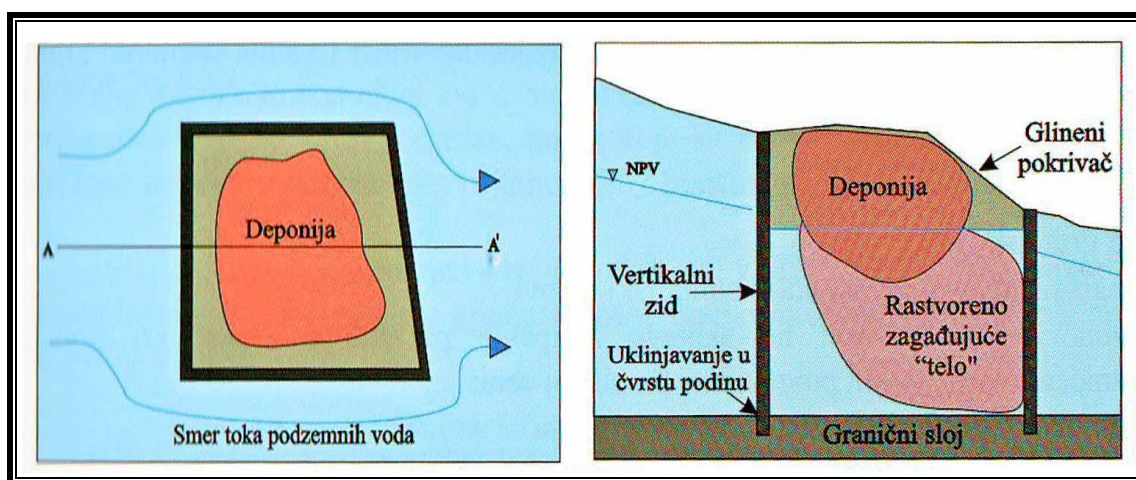


*Slika 11 – Laguna izgrađena na dnu sanirane deponije „Vujan“ u Gornjem Milanovcu za sakupljanje netretiranog filtrata (foto: M. Rakijaš, 2008)*



Slika 12 – Reka Despotovica skroz levo i otvor drenažnog sistema za bujične vode (foto: M. Rakijaš,)

Kao jedno od rešenja za sprečavanje širenja zagađujućih materija mogu poslužiti kompozitni – složeni zidovi (slika 13). Zid je uklinjen u nepropusnu podinu. Ovaj način remedijacije koriste Holandani. Naime, ove barijere se formiraju umetanjem položenih geomembrana u zid. Geomembrane se dodaju da ojačaju integritet zida i povećaju otpornost na hemijski uticaj. Ovaj način remedijacije podzemnih voda i geosredine je u razvijenim zemljama našao veliku primenu. Iako su dubine do kojih se ovakav metod primenjuje i do 70 m, u ovom slučaju proces remedijacije podzemnih voda i geosredine može se obaviti bez bojazni da će se zagađenje dalje širiti. Prednost ove metode je u tome da je konstrukciona tehnika vrlo jednostavna za izvođenje, brzo se izvodi i može biti primenjiva u sprezi s drugim metodama remedijacije. S obzirom na to da je naša država u periodu tranzicije, treba se ipak ozbiljno osvrnuti na mogućnosti sanacije starih KDCO bez obzira na finansijske mogućnosti, iz razloga što se na ovaj način može očuvati jedna od najvažnijih mineralnih sirovina u našoj zemlji, podzemne vode.

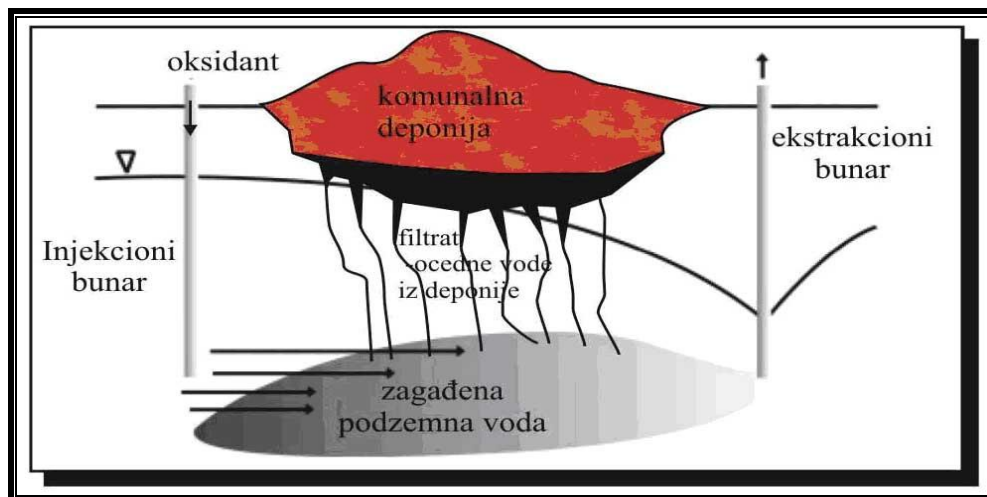


Slika 13 – Prikaz kotirane projekcije i poprečnog preseka vodonepropusnog zida koji kompaktno okružuje deponiju (po Fetteru, 1993)

Metod „in situ“ se može efikasno izvesti i utiskivanjem hemijskog oksidanta sa komprimovanim vazduhom u injekcioni bunar (slika 14). Ovaj način remedijacije se naziva i bioventilaciona metoda. Atmosferski vazduh se ubacuje pomoću ubrizgivača vazduha u injekcione bunare. Kiseonik iz vazduha na taj način biva iskorišćen od strane mikroorganizama. Da bi se pospešio proces, sa atmosferskim vazduhom ubacuju se i hranljive materije, azot, fosfor i dr. Na taj način se „osvežava“ zagađena podzemna voda ispod same deponije, izvlači se ekstrakcionim bunarom i odvodi najčešće u neki najbliži vodotok kao već prečišćena, naravno, ukoliko zadovoljava karakteristike po kojima se može smatrati prečišćenom.

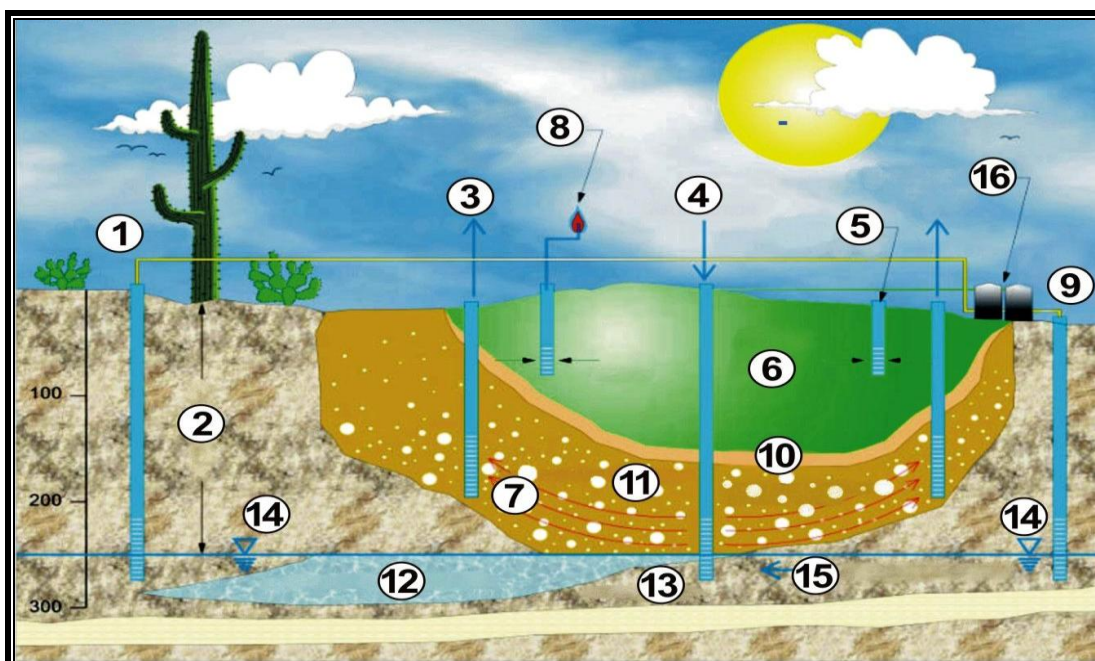


Dodavanjem vazdušnog raspršivanja, zagađujuće materije mogu biti odstranjene iz izdanske zone. Pomoću ove metode remedijacije može biti stimulisana i biodegradacija nekih zagađujućih materija.



Slika 14 – Šematski prikaz sistema za remedijaciju podzemnih voda ubacivanjem oksidanta (M. Rakijaš, 2008)

Drugi, sličan metod je **SVE** (*ekstrakcija gasnih isparenja iz zemlje*). Ova metoda se često koristi u svetu kao inovirani tretman u remedijaciji zagađene nezasićene hidrogeološke sredine. Zagađujuće materije se izvlače u isparljivoj formi (slika 15). Oba pomenuta sistema remedijacije zagađenih podzemnih voda i nezasićene hidrogeološke sredine ne zahtevaju iskopavanje (odstranjivanje) zagađenih medija. Takođe, veoma su laki za izvođenje i u kombinaciji sa drugim sistemima i tehnologijama remedijacije podzemnih voda i geosredine.



1. ekstrakcioni bunar	9. injekcioni bunar
2. vadozna zona	10. ocedni filtrat
3. ekstrakcija gasnih isparenja iz zemlje	11. isparenje koje izlazi na površinu
4. injekcioni bunar za komprimovani vazduh	12. podzemne vode
5. ventilacioni bunar	13. gornja izdan
6. komunalni otpad	14. nivo izdani
7. prijem isparljivih organskih materija	15. smer kretanja podzemnih voda
8. vatra od deponijskog gasa	16. postrojenje za tretiranje filtrata

Slika 15– Sistem remedijacije nezasićene geosredine podzemnim vodama metodom **SVE** (ekstrakcija gasnih isparenja iz zemlje). Izvor: <http://www.hgcinc.com/cotlf.htm>

Naravno, bez ikakvih nedoumica, najefikasnija metoda za sanaciju i rekultivaciju deponija KČO jeste metoda „ex-situ“, sa remedijacijom podzemnih voda i geosredine.

## ZAKLJUČAK

Pred nama je veliki i životno značajan zadatak da očistimo Srbiju. Ostvarivanju tog zadatka trebamo pristupiti bez ikakvih parola i političkih manipulacija. To se može ostvariti samo na inženjerski način gde će pomoći svaka inovacija u tom smislu.

## LITERATURA:

1. Doktorska disertacija - „Hidrogeološka problematika zatvaranja postojećih i izgradnje novih sanitarnih komunalnih deponija u Srbiji“, Milovan Rakijaš, Beograd, 2010.
2. Magistarski rad – „Hidrogeološki uslovi za izgradnju i eksploataciju sanitarnih gradskih deponija komunalnog čvrstog otpada sa osvrtom na zaštitu podzemnih voda“, Milovan Rakijaš, Beograd, 2
3. Remedijacija podzemnih voda i geosredine, N.Krešić, S.Vujasinović, I.Matić, Beograd, 2006.
4. Tehnička dokumentacija “Hidro-geo rad”-a
5. Uredba o odlaganju otpada na deponije Sl. glasnik br. 92/10

# **PROMENA TEHNOLOGIJE DEPONOVANJA PEPELA I ŠLJAKE NA „SREDNJEM KOSTOLAČKOM OSTRVU“**

## **CHANGES IN TECHNOLOGY DEPOSITING ASH AND SLAG IN THE „SREDNJEM KOSTOLAČKOM OSTRVU“**

**P. Stjepanović, D. Lazić, M. Žugić**

*Rudarski Institut Beograd*

### **Izvod**

Na našim termoelektranama do skora je bila 100% korišćena tehnologija transporta i deponovanja pepela u vidu retke hidromešavine, sa masenim odnosom Č : T = 1 : 13. Tokom dugogodišnjeg rada, ova tehnologija je ispoljila određene brojne probleme u pogledu stabilnosti deponija pepela, ekologije, i ekonomičnosti. Osnovni razlog predstavlja velika količina vode, koja se koristi za otpeljeljivanje i transport pepela. Ova tehnologija u svetu je uglavnom odbačena i zamenjena, između ostalih, i tehnologijom transporta i deponovanja pepela u vidu guste hidromešavine. Rudarski institut je učestvovao u realizaciji primene tehnologije transporta i deponovanja pepela u vidu guste hidromešavine primenjena u TE „Kosovo B”, TE „Gacko”, TE „Nikola Tesla B” i TE „Kostolac B”. U okviru boljeg rešenja transporta i deponovanja pepela na TE „Kostolac A”, planirana je rekonstrukcija postojećeg unutrašnjeg sistema za prikupljanje pepela, prelaskom na suvi postupak, što omogućava i promenu tehnologije transporta i deponovanja pepela. Ovim radom se daje kratak prikaz potrebnih izmena na deponiji ”Srednje kostolačko ostrvo,, pri promeni tehnologije deponovanja, kao i upoređivanje određenih parametara pri deponovanju rekom i gustom hidromešavinom.

**Ključne reči:** Gusta hidromešavina, pepeo, šljaka, deponovanje pepela

### **Abstract**

On our power plants until recently was 100% used technology of transport and disposal of ash slurry of dense, with a mass ratio of Č: T = 1: 13. During the years of work, this technology has shown a certain number of problems in terms of stability of coal ash, ecology, and economy. The main reason is the large amount of water used for removing and transport of ash. This technology in the world is generally discarded and replaced by, among others, the technology of transport and disposal of ash which form a thick slurry. Mining Institute was involved in the implementation of application technology of transport and disposal of ash to form a thick slurry used in the TPP „Kosovo B”, TPP „Gacko”, TPP „Nikola Tesla B” i TPP „Kostolac B”. In the better solution of transport and disposal of ash in TPP „Kostolac A”, is planned reconstruction of the existing internal system to collect ash, crossing the dry process, which allows you to change the technology of transport and disposal of ash. This paper outlines the necessary changes in disposal to the »Srednje kostolačko ostrvo«in changing technology and the deposit by comparing certain parameters for the deposit of the river and a thick slurry.

**Key words:**, dense slurry, ash, bottom ash, Ash disposal

### **UVOD**

Pri projektovanju, izgradnji, a kasnije i eksploataciji deponije veoma je bitno obratiti pre svega pažnju na lokaciju, stabilnost, kontinuitet u eksploataciji i tehnologiju deponovanja za koju se vezuju i određene vrste i stepeni zagađenja okolne sredine. Izbor lokacije za deponovanje pepela i šljake prvo iz termoelektrane „Kostolac A” a zatim i „Kostolac B” datira još od kraja šezdesetih.

Termoenergetski kompleks „Kostolac ” sastoji se od termoelektrana „Kostolac A” i „Kostolac B”. „Kostolac A” ima dva bloka snaga 110 MW i 210 MW, dok „Kostolac B” ima dva bloka snage po 350 MW. Pepeo sa svih blokova kostolačkih termoelektrana odlaže se na deponiji pepela i šljake „Srednje kostolačko ostrvo”. Ova deponija je izgrađena za potrebe odlaganja pepela i šljake TEKO-A. U eksploataciju, deponija je ušla 1977. godine, a nakon početka rada blokova TE „Kostolac B” 1987. i 1989. godine planirano je da se pepeo iz ove elektrane privremeno odlaže na deponiju «Srednje kostolačko ostrvo, dok se na jednom od površinskih kopova , u okviru otkopanog prostora, ne stvore uslovi za formiranje deponije pepela za ove blokove.

Elektroprivreda je na osnovu projektne dokumentacije rekonstrukcije sistema otpeljivanja, transporta i deponovanja pepela i šljake u vidu guste hidromešavine, na nivou Idejnog projekta, koju je izradio Rudarski institut, donela odluku a zatim i realizovala projekat odlaganju pepela i šljake TEKO-B u otkopani prostor PK „Ćirikovac”. Prema dinamici radova, pepeo iz obe elektrane će biti odlagan na deponiju „Srednje kostolačko ostrvo” najkasnije do sredine 2011. godine, kada TEKO B u potpunosti prelazi na novu deponiju. Potom će eksploatacija na ovoj deponiji biti nastavljena sa tehnologijom retke hidromešavine iz blokova TE „Kostolac A” do prelazka na tehnologiju guste hidromešavine.

### **POSTOJEĆA TEHNOLOGIJA ODLAGANJA PEPELA I ŠLJAKE**

Unutrašnje otpeljivanje na svim blokovima kostolačkih termoelektrana je mokro. Pepeo se sa levkova elektrofiltera putem čajnika ili ejektora transportuje do bazena hidromešavine, kao i šljaka koja se sa odšljakivača otvorenim kanalima doprema do bazena hidromešavine. Iz bazena se hidromešavina bager pumpama transportuje do deponije pepela gde se vrši direktno istakanje u unapred pripremljen akumulacioni prostor. Hidromešavina se iz TEKO A1 i 2 transportuje sa četiri (2+2) cevovoda i iz TEKO B sa tri cevovoda. Deponija pepela i šljake je podeljena na tri kasete, radnu, rezervnu i rekultivisanu tj biološki zaštićenu. Nadvišenje nasipa se po patentiranoj tehnologiji Rudarskog instituta vrši hidrauličkim putem peskom sekundarnog hidrociklona nakon dvostrukog klasiranja. U sadašnjoj fazi nadvišenja, pored pomenutog načina izgradnja se vrši i građevinskom mehanizacijom. Kao hidrograđevinski objekat, deponija pepela i šljake je opremljena drenažnim sistemom, kolektorima za evakuaciju slobodne vode, istakačima hidromešavine, pumpnom stanicom i sistemom za kvašenje deponije koji služi za sprečavanje razvejavanja odloženog pepela.

Na našim termoelektranama postojeća tehnologija transporta i deponovanja pepela u vidu retke hidromešavine je sa masenim odnosom Č:T=1:13. Tokom dugogodišnje primene ova tehnologija je ispoljila određene probleme u pogledu stabilnosti deponija pepela, ekologiji i ekonomičnosti. Najveći problem predstavlja velika količina vode, koja se koristi za otpeljivanje i transport pepela. U inostranstvu, ali i kod nas, pomenuta tehnologija se uglavnom menja tehnologijom prikupljanja, pripreme, transporta i deponovanja pepela gustom hidromešavinom.

Deponija pepela i šljake „Srednje kostolačko ostrvo” u osnovi zauzima oko 270 ha. Eksploatacijom i nadvišenjem njena aktivna površina se smanjivala. Trenutno, krajem 2010. i početkom 2011. godine, aktivna raspoloživa površina za deponovanje je oko 206 ha, a nadvišenje je dostiglo kotu akumulacije na oko 88 mm.

Na osnovu potrošnje uglja (srednja vrednost za TEKO A oko 490 t/h i TEKO B oko 850 t/h), produkcija pepela i šljake, kao produkata sagorevanja ovih blokova, varira u zavisnosti od DTV, sadržaja vlage i pepela. Na osnovu navedenog možemo uzeti da je srednja vrednost količine pepela i šljake za TEKO A 135 t/h, a za TEKO B 235 t/h. Blokovi TE „Kostolac” su projektovani za stalni rad sa planiranim remontnim zastojem tokom svake godine, tako da je godišnji broj radnih sati blokova 6000 h. Na osnovu

navedenog godišnje je potrebno deponovati iz TEKOA 810.000 t, a iz TEKOB 1.410.000 t pepela i šljake. Preostali akumulacioni prostor na postojećoj deponiji nije dovoljan za deponovanje pepela i šljake svih kostolačkih blokova tako da je bilo neophodno iznaći rešenje za prevazilaženje ovog problema. Preduzete aktivnosti su usmerene ka već pomenutoj realizaciji projekta kojim se pepeo iz TEKOB, tehnologijom guste mešavine, deponuje na novu deponiju PK „Ćirikovac” i ka uvođenju nove tehnologije na TEKOA.

Rekonstrukcijom postrojenja i zamenom postojeće tehnologije stvaraju se uslovi za uvođenje tehnologije pripreme, transporta i deponovanja pepela i šljake u vidu guste hidromešavine na TEKOA. Svrha promene tehnologije se ogleda u stvaranju uslova za produžetak radnog veka deponije, obezbeđenja nesmetane i bezbednije nadgradnje deponije do konačne kote nadgradnje, unapređenja i sticanja uslova za bolju zaštitu životne sredine.

### **NOVA TEHNOLOGIJA ODLAGANJA PEPELA I ŠLJAKE**

Eksploatacija i sam sistem transporta pepela i šljake od termoelektrane do deponije je usko povezan sa samom eksploatacijom deponije, tako da ga je neophodno pomenuti u kratkim crtama. Zamena postojeće i uvođenje nove tehnologije zahteva izmenu postojećih i dogradnju novih tehnoloških celina: unutrašnjeg transporta pepela i šljake, sabirnih silosa, pripreme i hidrauličkog transporta, kao i deponovanja pepela i šljake. Projektom je predviđena rekonstrukcija sistema prikupljanja pepela i šljake, izgradnja bunkera za 500 m<sup>3</sup> šljake, izgradnja silosa u koje će se prikupljati i smestiti 3400m<sup>3</sup> elektrofilterskog pepela. Predviđena je izgradnja postrojenja za pripremu i transport guste hidromešavine pepela i šljake do deponije, koje će biti smešteno ispod silosa. Ovo postrojenje je predviđeno da sa dve jednake linije, radnom i rezervnom, izvrši pripremu guste mešavine pepela i šljake i transport te hidromešavine na deponiju do 300 m<sup>3</sup>/h. Ove linije se sastoje od sistema transportera pepela i šljake, sistema napajanja tehnološkom vodom, sistema otprašivanja, kondicionera zapremine oko 50 m<sup>3</sup>, spregnutih pumpi za prinudni transport guste hidromešavine i magistralnog cevovoda do deponije. U kondicioneru se vrši priprema hidromešavine pepela i šljake sa tehnološkom vodom u željenom masenom odnosu (45-50%Č). Dužine magistralnog transporta do deponije je oko 1300 m, gde se potom distributivnim cevovodom hidromešavina transportuje do predhodno pripremljenog akumulacionog prostora za deponovanje. Potrebno je naglasiti da je u procesu prikupljanja pepela i šljake omogućeno izuzimanje elektrofilterskog pepela i šljake za potencijalne korisnike.

Proces odlaganja pepela i šljake na deponiji „Srednje Kostolačko ostrvao” podeljen je takođe na nekoliko međusobno povezanih tehnoloških celina: dogradnja deponije, distribucija hidromešavine po deponiji, slobodno istakanje hidromešavine u akumulaciju unutar izgrađenih nasipa, evakuacija, prikupljanje i recirkulacija drenažne vode.

#### **Podela na kasete**

U eksploataciji, nakon prelaska na gustu hidromešavinu, biće zadržana postojeća podela deponije na kasete, s tim što će kasete A biti podeljena na dve kasete A1 i A2. Na ovaj način dobijaju se četiri kasete, približno jednakih površina, za deponovanje. Na koti 88 mnm kasete A1 i A2 imaju površinu od po 42 ha a kasete B i C po 61 ha.

Najudaljenija tačka na deponiji od novoformiranog postrojenja za pripremu i transport guste hidromešavine je oko 5000 m, a završna kota nasipa na deponiji je 94 mnm.

### **Distribucija guste mešavine po deponije**

Na deponiji je razveden distributivni cevovod koji se sastoji od dva kraka cevovoda po obodu suprotnih strana deponije i montažno-demontažnog cevovoda koji je razveden po pregradnim nasipima. Na slici br.1 prikazana je uprošćena tehnološka šema deponovanja gustom hidromešavinom na Srednjem kostolačkom ostrvu.

Na ulazu u deponiju nalazi se sistem ventila koji omogućavaju distribuciju hidromešavine iz bilo kog transportnog cevovoda na bilo koji krak distributivnog cevovoda i na montažno-demontažni cevovod. Neposredno pre pomenutog sistema ventila nalazi se i sistem za dreniranje transportnog i dela distributivnog cevovoda.

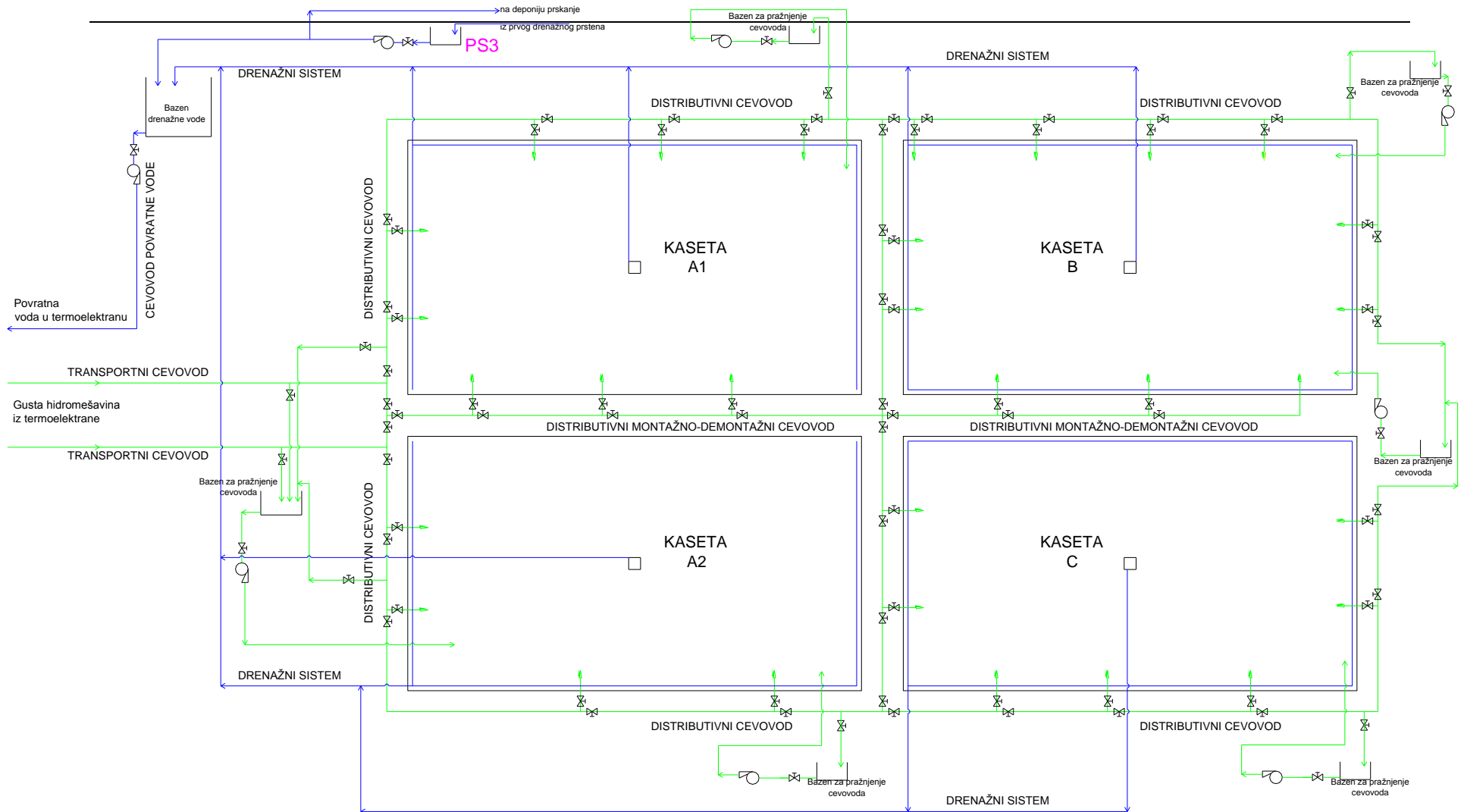
Na svakom kraku distributivnog cevovoda predviđene su na određenim stacionažama T račve preko kojih se hidromešavina usmerava odgovarajućim izvodom na istakačku grupu. Istakačku grupu čine tri istakača postavljena po kruni nasipa na jednakom rastojanju.

### **Pražnjenje cevovoda hidromešavine**

Za potpuno pražnjenje cevovoda, a da se ne ugrozi okolina nekontrolisanim isticanjem vode i materijala iz cevovoda, formiraju se bazeni za pražnjenje transportnog magistralnog i distributivnih cevovoda, koji su raspoređeni po obodu deponije na nižim kotama. Iz drenažnih bazena sadržaj se uronjenom centrifugalnom prepumpava u akumulaciju.

### **Drenažna voda i recirkulacija vode sa deponije**

Voda iz sistema za dreniranje deponije pepela i šljake se prikuplja u drenažni bazen povratne vode. Predviđeno je da se sva voda sa deponije, iz drenažnih i prelivnih kolektora tj. drenažnog sistema prikupi u drenažni bazen povratne vode. Zatim pomoću muljne potapajuće pumpe, potisnog cevovoda povratne vode vrati u termoelektranu u postojeći rezervoar jedne od bager stanica, koja služi kao rezervoar tehnološke vode. Na ovaj način se drenažna voda vraća u tehnološki proces pripreme i transporta guste hidromešavine. Dužina transporta povratne vode iznosi oko 3500 m.

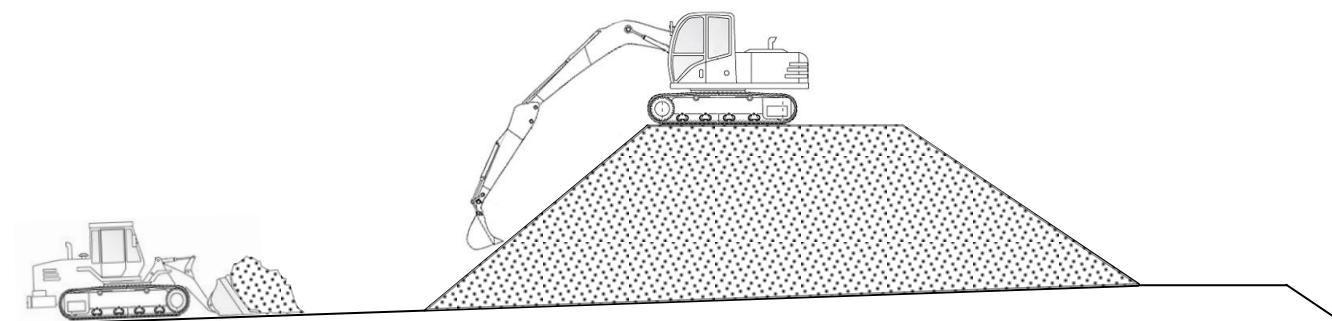


Slika br. 1 Uprošćena tehnološka šema deponovanja guste hidromešavine na Srednjem kostolačkom ostrvu

## **Način deponovanja i nadgradnja nasipa**

Deponovanje guste hidromešavine u pripremljenu kasetu vrši se preko izvoda i istakačke grupe sa po jednim istakačem po radnoj tehnološkoj liniji. U radu je uvek samo jedna tehnološka linija. U zavisnosti od dinamike eksploatacije, situacije i ograničavajućih faktora na deponiji, (slobodan prostor za deponovanje, izgrađenost nasipa, pripremljenost kasete i istakača, formiranja i položaja slobodne vode itd.) vrši se odabir istakača. Na deponiji pepela i šljake „Srednje kostolačko ostrvo“ nadgradnja obodnih i pregradnog nasipa vrši se pomoću građevinske mehanizacije, deponovanim materijalom. Za nadgradnju je predviđena građevinska mehanizacija u koju spadaju: bager kašikar na gusenicama, buldozer za naguravanje materijala i vibracioni valjak. Izgrađeni nasipi moraju zadovoljiti određene zahteve u pogledu geomehaničkih osobina. Nadgradnja obodnih i pregradnog nasipa odvija se periodično u zavisnosti od zapunjenosti kasete. Obodni i pregradni nasipi koji se grade građevinskom mehanizacijom od materijala odloženog u vidu guste hidromešavine imaju obe kosine sa nagibom od 1 : 2,5 i sa krunom nasipa od 5 m. Visina nasipa je 3 m. Napredovanje tj. nadgradnja obodnih nasipa vrši se nastupnom metodom ka unutrašnjosti deponije, dok je napredovanje pregradnih nasipa predviđeno centralnom metodom. Nasipi se grade na unutrašnjoj strani deponije kasete na kojoj je prethodno završeno deponovanje do predviđene kote zapunjavanja, kako bi se u kaseti obezbedio novi akumulacioni prostor. Po završetku, jedne faze, zapunjavanja akumulacionog prostora do tada aktivne kasete, prelazi se na zapunjavanje unapred pripremljene, druge, rezervne.

Način nadgradnje nasipa građevinskom mehanizacijom u poprečnom preseku prikazana je na slici 2.



Slika br. 2 Nadgradnja nasipa građevinskom mehanizacijom

Istakanje se vrši sa krune izgrađenog nasipa i zapunjavanje kasete ima levkast oblik sa padom oko 1:16 od nasipa ka središnjem delu kasete. Kako bi se napredovalo sa zapunjavanjem prema središnjem delu deponije i kako bi se ravnomerno ispunio sav raspoloživ akumulacioni prostor potrebno je sukcesivno produžavati izvode istakača, premeštati istakačke grane i vršiti deponovanje ka centralnom delu akumulacije.

## **ODREĐENI PARAMETRI PRIKAZANI ZA TEHNOLOGIJU RETKE I GUSTE HIDROMEŠAVINE**

Prema prikazanim produkcijama pepela i šljake, ako se vrši odlaganje aktuelnom tehnologijom retke hidromešavine, na deponiji date količine zauzimaju zapreminu od 1.214 .000 m<sup>3</sup>/god za TEK O A, a 2.114.000 m<sup>3</sup>/god za TEK O B (sredinom godine trajno prelazi na novu deponiju). Tehnologijom guste hidromešavine, na deponiji date količine zauzimaju zapreminu od 953.000 m<sup>3</sup>/god za TEK O A, a 1.659.000 m<sup>3</sup>/god za TEK O B. Na deponiji pepela i šljake „Srednje kostolačko ostrvo“ ukupan preostali prostor za deponovanje hidromešavine iznosi oko 12.500.000 m<sup>3</sup>, tj. (12.500.000-1.057.000) 11.443.000 m<sup>3</sup> tako da prema prikazanoj produkciji pri tehnologiji retke hidromešavine ima još za oko 9.5 godina deponovanja. Ako bi deponovali tehnologijom guste hidromešavine prostora ima za još nešto više od 12 godina. Za narednih 9.5 godina deponovanja tehnologijom retke hidromešavine bilo



bi neophodno nepovratno upotrebiti oko 100.035.000 m<sup>3</sup> vode (10.530.000 m<sup>3</sup>/god), koja bi završila u Dunavu i Mlavi. Za gustu hidromešavinu pri 50% Č bi za 12 godina bilo dopremljeno 9.720.000 m<sup>3</sup> vode na deponiju od toga bi se 3.888.000 m<sup>3</sup> vratilo kao povratna voda u proces (oko 486.000 m<sup>3</sup>/god), dok bi ostatak bio „zarobljen“ na deponiji do konačnog završetka deponovanja. U ovom slučaju nema ispuštanja drenažne vode u Dunav i Mlavu, već se sva voda vraća ponovo u proces. Razlika u količini korišćene tehnološke vode za pripremu i transport retke i guste hidromešavine iznosi više od 20 puta, pa možemo zaključiti da je uticaj tehnološke vode sa deponije na kvalitet podzemne vode srazmerno smanjen sa smanjenjem količine korišćene vode. Ispitivanja uticaja vazdušnog strujanja na raznošenje deponovanog pepela izvršenog na deponiji TENT-B 2002/03. god uporednim ispitivanjem na pepelu odloženom postojećom tehnologijom i pepelu odloženom u vidu guste hidromešavine. Ispitivanja su pokazala da je, pri različitim brzinama vetra, od pepela deponovanog u vidu guste hidromešavine od 30 do 60 puta manje emisija ukupne prašine. Takođe je pokazano da je emisija respirabilne prašine (ispod 10 µm) manja za 40 do 95 puta. Rezultati ovih ispitivanja se u mnogome mogu primeniti i na pepeo i šljaku TE „Kostolac“, jer pepeo TE „Nikola Tesla“ i TE „Kostolac“, pripadaju istoj vrsti pepela (silikatni pepeli).

## **ZAKLJUČAK**

Prednosti promene tehnologije pripreme i deponovanja pepela i šljake su:

- Svrstava TEK O A u sve brojniju grupu preduzeća koja se na odgovoran način ponašaju prema uticaju svojih objekata na životnu sredinu,
- TEK O A svoj rad dovodi u sklad sa domaćim zakonima i zakonima Evropske Unije iz oblasti zaštite životne sredine,
- Nije neophodno posebno školovati stručne kadrove za realizaciju, upravljanje i korišćenje nove tehnologije,
- Smanjuju se troškovi deponovanja,
- Mogućnost prodaje elektrofilterskog pepela i šljake, što poboljšava ekološke i ekonomske efekte,
- Povećava se smeštajni prostor za odlaganje pepela i šljake na postojećoj deponiji tj. produžava joj se radni vek,
- Povećava se stabilnosti deponije,
- Ispuštanje drenažne vode u vodotokove je svedena na nulu,
- Znatno manja količina vode se koristi za pripremu i transport pepela i šljake,
- Uticaj tehnološke vode sa deponije na kvalitet podzemne vode je srazmerno smanjen sa smanjenjem količine korišćene vode,
- Zagađenje vazduha raznošenjem čestica pepela sa deponije je višestruko smanjeno,
- Negativan uticaj deponije na kvalitet okolnog prostora i zemljišta je takođe smanjen.

Iz navedenog zaključujemo da se aktuelizacijom sve zahtevnijih ekoloških uslova koje će u budućnosti biti potrebno ispuniti pri korišćenju deponija pepela i šljake, uvećava značaj uvođenja tehnologije guste hidromešavine.

## **LITERATURA**

- Idejni projekat nadgradnje deponije pepela i šljake „Srednje kostolačko ostrvo“ novom tehnologijom (2011. Rudarski institut)
- Idejni projekat rekonstrukcije sistema za prikupljanje, pripremu, transport i deponovanje pepela i šljake TE „Kostolac A“ na deponiju pepela „Srednje kostolačko ostrvo“ metodom guste hidromešavine - Studija o proceni uticaja na životnu sredinu (2010. Rudarski institut)
- Elaborat industrijskih ispitivanja uslova transporta i deponovanja pepela Termeoelektrane „Nikola Tesla - B“, Obrenovac, u vidu guste hidromešavine (2002. Rudarski institut)

# **UTICAJ PRAŠINE NA POJEDINA RADNA MESTA U RUDNICIMA SA PODZEMNOM EKSPLOATACIJOM**

## **EFFECT OF DUST ON SOME WORKING PLACE IN MINES WITH UNDERGROUND EXPLOITATION**

**Tatjana Salić, Milan Kamberović**  
*Institut za preventivu Novi Sad,*

### **Rezime**

U poslednje vreme mnogo pažnje se posvećuje prepoznavanje i utvrđivanje opasnosti i štetnosti na radnom mestu i u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom. Pojedine prašine u rudarstvu mogu biti uzročnici profesionalnih oboljenja kod zaposlenih rudara. Procena rizika radnih mesta i odgovarajuća zaštita se utvrđuju na osnovu odgovarajućih merenja koncentracija prašine. Tema rada bice analiza pojedinih radnih mesta u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom, zakonska regulativa, preventivna zaštita rudara od prašine iz oblasti bezbednosti i zdravlja na radu

**Ključne reči:** Podzemna eksploatacija, zaprašenost, bezbednost i zdravlje na radu, procena rizika na radnom mestu

### **Abstract**

Recently, much attention has been paid to identify and determine the risks and hazards at the workplace and in underground mines. Some dust occurring in mining may result in occupational diseases of miners employed. Risk assessment of jobs and adequate protection are determined based on measurements of dust concentrations. Topics of this paper are the analysis of some jobs in the underground mines, of the legislation, the preventive protection of miners from the dust in the field of safety and health at work

**Key words:** Underground mining, dust, Safety and Health at Work, risk assessment at the workplace

### **ZAKONSKA REGULATIVA**

Sistem bezbednosti i zdravlja na radu u Republici Srbije uređen je Zakonom o bezbednosti i zdravlju na radu („Službeni glasnik RS”, broj 101/05). Donošenjem Zakona o bezbednosti i zdravlju na radu izvršeno je usaglašavanje sa ratifikovanim konvencijama MOR-a i osnovnom Direktivom 89/391/EEZ, kao i posebnim direktivama koje proističu iz osnovne, tako da su prihvaćene sve smernice koje iz njih proističu u meri i obliku prilagođenim domaćim uslovima. Pored Zakona o bezbednosti i zdravlju na radu, propisi koji utiču na aspekte bezbednosti i zdravlja na radu su Zakon o zdravstvenoj zaštiti, Zakon o zdravstvenom osiguranju, Zakon o penzijskom i invalidskom osiguranju i drugi zakoni i konačno zakonodavni okvir sistema bezbednosti i zdravlja na radu zaokružuju podzakonski akti.

Uspostavljanje i izgrađivanje sistema bezbednosti i zdravlja na radu podrazumeva delovanje i interakciju više činilaca (zakonodavstvo, inspekcija, osiguranje, poslodavci, službe medicine rada, lica zadužena za BZZR, predstavnici zaposlenih, poslodavaca itd.).

U oblasti bezbednosti i zdravlja na radu u Republici Srbiji, u skladu sa Ustavom RS izgrađen je sistem pravnih normi:

1. Pravilnik o načinu i postupku procene rizika na radnom mestu i u radnoj okolini («Službeni glasnik RS» br. 72/06 i 84/06-ispravka);
2. Pravilnik o postupku utvrđivanja ispunjenosti propisanih uslova u oblasti bezbednosti i zdravlja na radu («Službeni glasnik RS» broj 60/06);

3. Pravilnik o evidencijama u oblasti bezbednosti i zdravlja na radu («Službeni glasnik RS» broj 62/07);
4. Pravilnik o postupku pregleda i ispitivanja opreme za rad i ispitivanja uslova radne okoline («Službeni glasnik RS» br. 94/06 i 108/06-ispravka);
5. Pravilnik o prethodnim i periodičnim lekarskim pregledima zaposlenih na radnim mestima sa povećanim rizikom («Službeni glasnik RS» broj 120/07);
6. Pravilnik o izmenama i dopunama Pravilnika o prethodnim i periodičnim lekarskim pregledima zaposlenih na radnim mestima sa povećanim rizikom («Službeni glasnik RS», broj 93/08);
7. Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri korišćenju sredstava za ličnu zaštitu na radu («Službeni glasnik RS», broj 92/08);
8. Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad na radnom mestu («Službeni glasnik RS», broj 21/09).

### **UVODNE NAPOMENE**

Prema principima Ujedinjenih nacija, Svetske zdravstvene organizacije (SZO) i MOR bezbednost i zaštita zdravlja na radu shvata se temeljnim pravom čoveka, jer svaki građanin u svetu ima pravo na zdrav i bezbedan rad i na radnu sredinu koja mu omogućava socijalno i ekonomski produktivan život. Zdravlje na radu i zdrava radna sredina spadaju u najvrednije sadržaje svakog pojedinca, svake zajednice i svake zemlje. Zbog navedenog cilj bezbednosti i zaštite zdravlja na radu nije samo osiguranje zdravlja radnika i očuvanje dobara, već i pružanje pozitivnog doprinosa produktivnosti, kvalitetu proizvoda, radnoj motivaciji, radnom zadovoljstvu i, na taj način, sveukupnom kvalitetu života pojedinca i društva (3).

Postoji više grupa indikatora koji određuju kvalitet radne sredine:

- mikrolimatski uslovi radne sredine (temperatura, vlažnost vazduha, osvetljenost, buka, prisutnost isparenja, zračenja ...);
- ergonometričnost, pristup radu, korisnost rada;
- koncentracija hemijskih štetnosti;
- opažanja i stavovi u vezi sa radom.

Autori su u ovom radu posmatrali uticaj hemijskih štetnosti, odnosno uticaj prašine na radna mesta u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom, a u skladu sa:

- Pravilnikom o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri izlaganju hemijskim materijama ("Sl.glasnik RS" br. 106/2009) ;
- Uredbom o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri podzemnoj i površinskoj eksploataciji mineralnih sirovina ("Sl.glasnik RS", br. 65/2010) i
- Direktivom ATEX 137

Članom 60. Zakona o rudarstvu "Službeni glasnik RS", br. 44/95, 34/2006 i 104/2009), definisano je sledeće:

Radi zaštite života i zdravlja zaposlenih, preduzeće je dužno da:

- 1) uredi bezbednost i zdravlje zaposlenih na radu, u skladu sa specifičnostima i opasnostima koje se mogu pojaviti;
- 2) organizuje obavljanje poslova bezbednosti i zdravlja na radu, u skladu sa ovim zakonom i propisima o bezbednosti i zdravlju na radu;
- 3) obezbedi lična zaštitna sredstva i ličnu zaštitnu opremu zaposlenima;
- 4) obezbedi zaštitu od požara, havarija, akcidenata, hemijskih i drugih udesa i da organizuje poslove spasavanja;
- 5) organizuje obuku radnika iz oblasti bezbednosti i zdravlja na radu i akcije spasavanja u slučajevima iznenadnih opasnosti po život i zdravlje ljudi i bezbednost objekata po

utvrđenom planu i programu, u toku cele godine i da vrši proveru znanja jednom godišnje.

## **RADNA SREDINA**

Radno mesto jeste prostor namenjen za obavljanje poslova kod poslodavca u objektu namenjenom za radne i pomoćne prostorije ili u objektu namenjenom za rad na otvorenom prostoru ili na otvorenom prostoru pri podzemnoj i površinskoj eksploataciji mineralnih sirovina, uključujući odlaganje na odlagalištima i jalovištima u kojem zaposleni boravi ili ima pristup u toku rada i koji je pod neposrednom ili posrednom kontrolom poslodavca. Poslodavac je dužan da obezbedi zaposlenom rad na radnom mestu na kojem su sprovedene mere za bezbedan i zdrav rad utvrđene u Pregledu mera za bezbedan i zdrav rad pri **podzemnoj** i površinskoj eksploataciji mineralnih sirovina, uvek kada to zahtevaju karakteristike radnog mesta, aktivnosti i okolnosti posla i specifični rizici od nastanka povreda i oštećenja zdravlja zaposlenih. Istraživanjima svojstava ugljene prašine dokazano je da je ona u podzemnim rudnicima uglja eksplozivno opasna (Direktiva ATEX 137). Pored toga, utvrđeno je da ugljena prašina iskazuje i zapaljiva i agresivna svojstva, a što ugrožava zaposlene u rudnicima i sam rudnik, te je neophodno sistematski sprovoditi mere zaštite, pri čemu posebnu ulogu ima kontrola zapašenosti. Kontrolisanje prašine u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom se utvrđuje postoje li na radnom mestu u radnoj okolini i u radnim prostorijama optimalni i zadovoljavajući uslovi rada, ili postoje odstupanja od propisanih normativa i kakav je karakter tih odstupanja, a u cilju obezbeđivanja odgovarajućih sredstva i opremu za ličnu zaštitu na radu, kao i druge specijalne bezbednosne opreme



Slika1. Radna mesta u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom

Eksploatacijom mineralnih sirovina, u smislu Zakona o rudarstvu ( "Službeni glasnik RS", br. 44/95, 34/2006 i 104/2009), smatra se izvođenje radova na otvaranju, pripremi i otkopavanju

ležišta kao i transport mineralnih sirovina i izvođenje drugih rudarskih radova u zemlji i na njenoj površini.

Eksploatacija mineralnih sirovina i izgradnja, korišćenje i održavanje rudarskih objekata, vrši se na način kojim se obezbeđuje optimalno tehno-ekonomsko iskorišćavanje ležišta mineralnih sirovina, **bezbednost ljudi, objekata i imovine**, a u skladu sa savremenim naučnim dostignućima, propisima, standardima i tehničkim normativima koji se odnose na tu vrstu objekata i radova i propisima kojima su utvrđeni uslovi u pogledu bezbednosti i zdravlja na radu, zaštite od požara i eksplozije i zaštite životne sredine.

## **UTICAJ PRAŠINE NA POJEDINA RADNA MESTA I PROFESIONALNA OBOLJENJA**

U rudnicima sa podzemnom eksploatacijom jedna od prisutnih štetnosti je prašina. Kod nekih rudnika je to u većim, a kod drugih u manjim količinama. Neke od prašina su zapaljive a neke nisu. Ove prašine u podzemnim rudnicima izazivaju profesionalna obolenja zaposlenih u rudniku.

**Zato, kad pričamo o prašinama i njihovoj prisutnosti u podzemnoj eksploataciji, ako se ne vodi računa i ne vrše blagovremene kontrole, a koje su bitne za bezbednost i zdravlje zaposlenih rudara, posledice mogu biti:**

- **profesionalno oboljenje zaposlenih radnika na radnom mestu;**
- **pojava požara, ako je prašina zapaljiva i samim tim do oštećenja i gubitka materijalnih dobara;**
- **ako se ne odstrane ili smanje nataložene prašine, a koje su gorive pored upale mogu nastati mini eksplozije, pri čemu može doći do uništenja materijalnih dobara a i povređivanja ili stradanja zaposlenog osoblja.**

**Analiza zaprašenosti, štetnosti i otklanjanja tih štetnosti za zaposlene i za objekte donosi veliku prednost jer se daju preventivne mere, pri eksploatacijama mineralnih sirovina i minimalnim zahtevima za smanjenje zaprašenosti.**

### Profesionalna oboljenja

**Pneumokonioze su grupa oboljenja koja nastaju kao posledica udisanja prašine pri čemu se pod pojmom prašine podrazumevaju sve čvrste čestice osim mikroorganizama.**

U osnovi bolesti je plućna fibroza koja je posledica vezivanja  $\text{SiO}_2$  u alveolama ali i drugih jedinjenja u kojima je silicijum-dioksid u vezanom stanju. Plućna fibroza nastaje kao nespecifična reakcija na prašinu. Nastajanje nespecifičnih pneumokonioza zavisi od:

- Vrsta prašine (više Si-dioksida veća i fibroza);
- Veličine čestica i mase udahnuće prašine;
- Dužine ekspozicije, dubina respiratornih pokreta;
- Kvalitet odbranbenih mehanizama, i individualna dispozicija organizma.

Klinička slika:

- Kašalj : suv, traje dugo, povremeno sadržajan (sluz, krv, gnoj);
- Bol u grudima : hronični nedostatak vazduha;
- RTG : neophodan za postavljanje dijagnoze (jače izražen plućni sekret);
- Smanjeni VC, FEV1, i difuzni kapacitet.

Ocena radne sposobnosti zavisi od:

- stepena razvijenosti plućne fibroze;
- rezultata f-nog ispitivanja pluća;
- nadograđenih bolesti i komplikacija (TBC);
- stanja higijenskih uslova radne sredine;
- stepen zaprašenosti i vrste prašine u radnoj sredini.

Prevenција nastajanja pneumokonioze

- mere za suzbijanje prašine u radnoj sredini;
- mere za rano otkrivanje obolelih od pneumokonioza;
- **mere za suzbijanje komplikacija i nastanka invalidnosti kod radnika.**

## PROCENA RIZIKA RADNOG MESTA RUDARA U PODZEMNOJ EKSPLOATACIJI

### Prisutne opasnosti i štetnosti na radnom mestu i u radnoj okolini

Štetnosti koje nastaju ili se pojavljuju u procesu rada

- hemijske - prašina;
- mogućnost oštećenja zdravlja-ugljena prašina;
- izloženost koncentracijama prašine koje prekoračuju MDK u radnom prostoru;
- izloženost štetnoj prašini zbog oštećenja disajnih organa.

Tabela 1: Određivanje nivoa rizika na radnom mestu

Procenjivani faktori	Vrednovanje uticaja						Ukupna ocena	Nivo rizika
	I	II	P	III	IV	Z		
opasna sredstva za rad, koja mogu proizvesti eksplozije ili požar	4	4	16	2	3	5	21	Velik
hemijske štetnosti - prašina	4	4	16	2	3	5	21	Velik
P = I · II; Z = III+IV; Ukupna ocena / Overall evaluation = P+Z								

### Radno mesto JE SA POVEĆANIM RIZIKOM

Mere koje je potrebno preduzeti za smanjenje rizika na radnom mestu:

- Korišćenje sredstava za ličnu zaštitu na radu;
- Predhodni i periodični lekarski pregledi za lica koja su izložena hemijskim štetnostima (prašina), fizičkim štetnostima upućuju se na obavezan lekarski pregled u cilju dobre selekcije radnika i praćenja zdravstvenog stanja (Sl. glasnik RS. Br. 120/07 tačka 3.4.2. i 2.3.);
- Redovni periodični pregled zaposlenih u roku 1 godine;
- Vanredni lekarski pregledi pri nastanku okolnosti koje bi mogle ugroziti radnu sposobnost zaposlenih;
- Periodični pregledi i ispitivanja primenjenih mera bezbednosti i zdravlja na radu na opremi za rad (u skladu sa propisima);
- Tehnička ispravnost opreme za rad i redovno održavanje iste;
- Svakodnevna kontrola korišćenja sredstava za ličnu zaštitu na radu;
- Svakodnevno poštovanje internih procedura i postupaka.

### POSEBNE MERE PRI PODZEMNOJ EKSPLOATACIJI MINERALNIH SIROVINA

Poslodavac pod čijom su kontrolom radna mesta pri podzemnoj eksploataciji mineralnih sirovina, dužan je da u Aktu o proceni rizika utvrdi sve mere za bezbedan i zdrav rad koje su primenjene u cilju obezbeđenja bezbednosti i zdravlja zaposlenih, u redovnom radu i u slučaju opasnosti.

- Zapaljiva prašina se javlja u rudnicima uglja, osim u slučaju kada je Aktom o proceni rizika utvrđeno da nijedna od jama u kojima se radi, ne sadrži prašinu koja može da dovede do eksplozije.
- Zabranjeno je pušenje, nošenje duvana za pušenje ili bilo kog predmeta koji može da proizvede plamen.

- Sečenje plamenom, zavarivanje i druge slične aktivnosti dozvoljene su samo u izuzetnim slučajevima i obavljaju se samo ako su preduzete odgovarajuće posebne mere kojima se obezbeđuje bezbednost i zdravlje zaposlenih.
- Moraju se preduzeti mere da se smanje naslage zapaljive prašine i da se ta prašina ukloni ili neutrališe.

## **ZAKLJUČAK**

U cilju zaštite zaposlenih i imovine u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom Republike Srbije, neophodno je preduzimati kompleks preventivnih mera zaštite, a ukoliko iste nisu dovoljne, moraju se preduzeti mere sanacije.

Mere preventivne zaštite moraju biti ugrađene u svaku fazu tehnološkog procesa, a za metode sanacije rudnici moraju sprovesti sledeće:

- održavanje pravilnog režima provetravanja;
- permanantna kontrola gasnih, ventilacionih i požarnih parametara.

Za eliminaciju požara u podzemnim objektima, rudnici moraju imati osposobljene kadrove i odgovarajuću opremu za efikasno gašenje (izolaciju) eventualno nastalih požara.

Zato cilj svake organizacije je postavljanje osnove na kojoj se može održavati bezbedna i zdrava radna sredina. Politika mora da sledi taj cilj. Preduzeće kao poslodavac, mora da prihvata odgovornosti za obezbeđenje bezbedne i zdrave radne sredine na svim poljima pod direktnom kontrolom, za obezbeđenje bezbedne i zdrave radne sredine svojih zaposlenih.

Zbog svega napred navedenog moraju se vršiti redovne kontrole i merenja zaprašenosti po pojedinim radnim prostorijama., od strane ovlašćenog preduzeća.

## **LITERATURA**

- [1]. Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu („Službeni glasnik RS”, broj 101/05)
- [2]. Direktiva ATEX 137
- [3]. Nacionalna strategija razvoja bezbednosti i zaštite zdravlja na radu – Web Site Vlade Republike Srbije.
- [4]. Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad na radnom mestu («Službeni glasnik RS», broj 21/09).
- [5]. Zakon o rudarstvu ("Službeni glasnik RS", br. 44/95, 34/2006 i 104/2009)
- [6]. Uredba o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri podzemnoj i površinskoj eksploataciji mineralnih sirovina ("Sl.glasnik RS", br. 65/2010)
- [7]. Pravilnik o načinu i postupku procene rizika na radnom mestu i u radnoj okolini («Službeni glasnik RS» br. 72/06 i 84/06-ispravka)

# UTICAJ TREPČINE FLOTACIJE NA ŽIVOTNU SREDINU LEPOSAVIĆA I OKOLINE

## THE IMPACT OF TREPCHA CONCENTRATOR TO THE ENVIROONMENT OF LEPOSAVIC REGION

**Dragica Jovanović, Ljiljana Biševac, Radiša Trifunović, Stevica Vidosavljević,**

**Milomir Milosavljević**

*Centar za istraživanje i razvoj, Zavod za ekologiju, Trepča – Zvečan*

### **Rezime**

Stanje životne sredine Leposavića i okoline je zabrinjavajuće, s obzirom da se u neposrednoj blizini nalazi Flotacija RMHK Trepča. Bez obira na to što Flotacija od 2005.god. povremeno radi, posledice njenog nekadašnjeg i sadašnjeg rada izuzetno loše utiče na životnu sredinu Leposavića i okoline. Momentalno su najveći zagađivači životne sredine Flotacija i nesansirane i nereaktivisane Trepčine industrijske deponije. Jedna od nesansiranih industrijskih deponija je Bostanište, koja se nalazi nedaleko od Flotacije. Na ovoj deponiji se vrši odlaganje flotacijske jalovine. Ova deponija i Flotacija su često izvor zagađenja Leposavića i okoline. Stanje životne sredine u severnom delu Kosova redovno prati ekološka služba kombinata RMHK „Trepče” u Zvečanu koja redovno vrši merenja, kontrolu zagađenosti i o tome publikuje izveštaje.

**Ključne reči: životna sredina, flotacija, deponija, zagađenje...**

### **Summary**

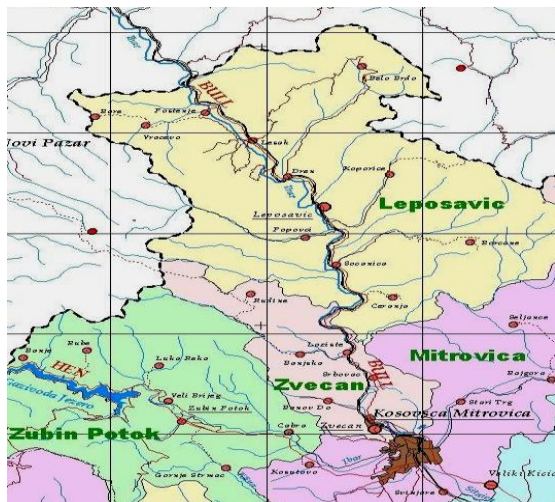
State of the environment in Leposavic municipality is worrying, in consideration with that in the vicinity is MMCC( Metallurgy Mining Concentrating Chemistry combine) “Trepča” Concentrator. Since 2005, Concentrator operates, the consequences of its former and current work has extremely bad environmental impact to Leposavic environment. At the moment, the biggest environmental pollutants are Concentrator and non-revitalized and non-cultivated Trepca tailing ponds. One of the non-revitalized tailing ponds is Bostaniste, located not far from the Concentrator. On this tailing pond dispose Concentrator tailing. This Tailing pond and concentrator often source of pollution in Leposavic region and the environment. The state of the environment in the northern part of Kosovo is regularly monitored from environmental service plant MMCC "Trepča" in Zvecan which regularly performs measurement, control pollution and about that that published reports.

**Keywords: environment, concentrator, tailing pond, pollution...**

### **UVOD**

Teritorija opštine Leposavić se nalazi u najsevernijem delu Kosova na površini 536 km<sup>2</sup> prostorne dužine 37 km i širine 20 km. Grad Leposavić se nalazi u dolini reke Ibra 35 km od K. Mitrovice. Područje je brdsko-planinskog karaktera i duž cele teritorije protiče reka Ibar, na nadmorskoj visini između 445 i 500 metara. Leposavić ima veoma povoljan geografski položaj jer kroz grad prolaze glavna magistrale, kao i železnička pruga. Od ostalih opština odvojena je prirodnim granicama, planinama Kopaonik i Rogozna, kao i vodotokovima.





Slika 1.- Leposavić  
Figure 1. Leposavic



Slika 2. - Leposavić  
Figure 2. - Leposavic

## RUDNICI I FLOTACIJA LEPOSAVIĆ

U samom gradu je locirana flotacija koja zajedno sa rudnicima Crnac, Belo brdo, Žuta Prlina i Koporić obuhvata radnu organizaciju Kopaonik u sastavu kombinata Trepča (mapa 1, slika 2).

Rudnici Belo brdo, Žuta Prlina i Koporić otvoreni su u istoimenim mestima na obroncima planine Kopaonik na desnoj obali reke Ibra. Rudnik Crnac otvoren je u istoimenom mestu naplanini Rogozni na levoj obali reke Ibra. Na svim ovim lokacijama vide se tragovi rudarenja iz ranijih perioda. u naselju Crnac pronađen je dobro očuvan krak starog gradskog vodovoda, što za sebe govori o intenzitetu rudarenja. Nedaleko od Leposavića na magistralnom putu za Kos. Mitrovicu nalazi se naselje Sočanica u kome se nalaze ostaci starog Rimskog grada kao i ostaci topionica što govori o razvijenosti rudarstva u to vreme, kao i to da je ovo područje bogato rudnim nalazištima. Flotacija u Leposaviću locirana je tako da može da primi celokupnu proizvodnju iz sva četiri rudnika na preradu. Flotacija ima u svom sastavu postrojenje za primarno drobljenje rude rudnika Crnac dok su postrojenja za primarno drobljenje rude ostalih rudnika izgrađena na samim rudnicima. Flotacija ima dve sekcije za selektivno flotiranje minerala olova i cinka. Kapacitet prerade je 1300 tona na dan, odnosno 27 tona po času, po svakoj sekciji, što je godišnja prerada od oko 400.000 tone rude i 35.000 tone koncentrata uz odlaganje 350.000 tona jalovine i 2.000.000 m<sup>3</sup> otpadne vode. Zgušnjavanje i odvodnjavanje koncentrata olova i cinka je zajedničko za obe sekcije. Glavne komponente koje se dobijaju u flotaciji su:

- Koncentrat olova sa kvalitetom 65.00 – 68.00%
- Koncentrat cinka sa kvalitetom 45.00 – 49.00%

Proizvodnja rude po rudnicima u toku godine, kao i donja i gornja granica proizvodnje pojedinih rudnika ( prikazano u tonama) :

		MIN	MAX
Belo Brdo	99.000	95.000	100.000
Crnac	47.000	35.000	80.000
Žuta Prlina	80.000	60.000	130.000
Koporić	100.000	50.000	3000.000
UKUPNO	326.000	240.000	610.000



*Slika 3. – Flotacija u Leposaviću*  
*Figure 3. – Concentrator of Leposavic*



*Slika 4. – deponija Bostanište*  
*Figure 4. – Dump Bostanište*



*Slika 5. – deponija Bostanište*  
*Figure 5. – Dump Bostanište*

U okviru RMHK Trepča RIF Kopaonik postoje dve oblasti, koje se nalaze nedaleko od Flotacije, na kojima se odlaže jalovina. formirano je 1972 sa količinom stvorenog otpada od 1 205 530 m<sup>3</sup> jalovine. Manje od 2/3 jalovišta je pokriveno slojem zemljišta, pa čak ni ta površina nema dovoljnu debljinu pokrivača. Drugo jalovište Bostanište (slika 3, 4) formirano je 1979 godine. Jalovište se proteže na površini od 19 ha sa 4 380 630 tona jalovine koja sadrži olovo Pb, cink Zn, gvožđe Fe i druge metale. Oba jalovišta smeštena su na periferiji naselja Leposavić pored reke Ibar i usled erozije, materijali naročito drugog jalovišta, zagađuju teškim metalima kako vazduh, tako i reku Ibar. Ove deponije su često izvor zagađenja Leposavića i okoline. Teški metali prouzrokuju bolesti respiratornih i digestivnih organa, jer je hrana koja se uzgaja na toj teritoriji takođe delom kontaminirana.

Degradaciju vode Ibra prouzrokuju sledeći izvori zagađenja

- Industrijski kompleks Trepča u Kosovskoj Mitrovici, Zvečanu i Leposaviću

- Urbani kanalizazoini sistemi
- Zagađene podzemne vode nastale prodiranjem kišnice kroz zemljište zagađeno atmosferskim talogom
- Zagađene vode nastale spiranjem jalovišta

Industrijski kompleksi RMHK-Trepča u severnom i južnom delu grada, zajedno sa rudnikom Stari Trg i flotacijom u Prvom Tunelu, rudnicima i flotacijom u Leposaviću su do 1999. godine bili najveći zagađivači životne sredine Kosovske Mitrovice, Zvečana, Leposavića i okoline. Slabiji zagađivači su postojeće nesanirane i nereaktivisane industrijske deponije, kojih u južnom delu ima tri, a u severnom delu Kosova četiri. Od avgusta 2000. god. sve fabrike u severnom delu grada (Zvečanu) su prestale sa radom. Deo industrijskog kompleksa Trepča u Zvečanu – Metalurgija olova, koji je rekonstruisan, počeo je sa radom septembra 2005. god. Iste godine su počeli sa radom rudnik Stari Trg sa flotacijom u Prvom Tunelu kao i kopaonički rudnici sa flotacijom u Leposaviću. Metalurgija olova sada ne koristi industrijsku vodu u procesu proizvodnje tako da njen rad ne utiče na kvalitet vode reke Ibar.

Zagađenje vode Ibra je posledica šireg uticaja više zagađivača, počev od REHK „Kosovo” iz Obilića, kao i Trepčinog industrijskog kompleksa, Reka Ibar spadala je u jednu od najzagađenijih reka u celoj zemlji. Naime, reka Sitnica koja se u severnom delu Kosovske Mitrovice uliva u Ibar donosi zagađene materije iz termoelektrane Obilić i iz južnog dela grada, tako da Ibar posle ulivanja otpadnih voda iz industrijskog kompleksa u Zvečanu postaje reka III i IV kategorije zagađenosti. Do prestanka rada fabrika u severnom i južnom delu K. Mitrovice nađene su velike koncentracije teških metala, suspendovanih materija, sulfata i ... Da je to tako svedoče dobijeni dijagrami kontrole kvaliteta ulazne i izlazne vode Ibra iz tog perioda (dijagrami 1 i 2).

Dijagram 1.

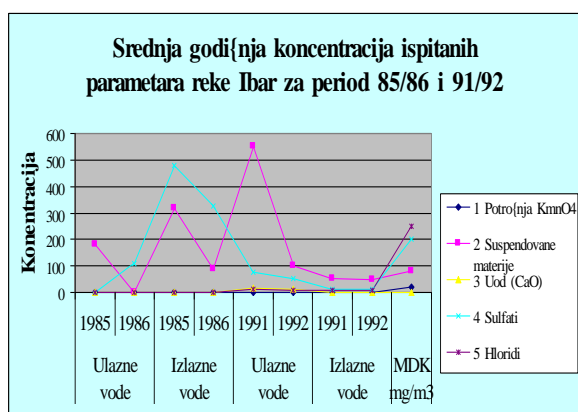


Figure 1. Average yearly concentration... for period 85/86 and 91/92 (measured in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Dijagram 2.

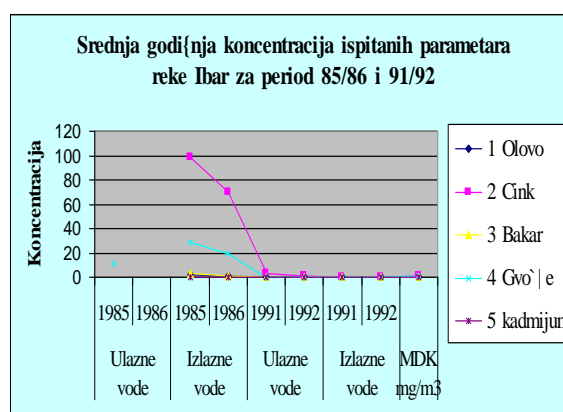


Figure 2. Average yearly concentration... for period 85/86 and 91/92 (measured in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Stanje životne sredine severnog dela Kosova redovno prati Ekološka služba kombinata RMHK „Trepča” u Zvečanu od 1980. god. Ovaj tim je vršio i vrši fizičko-hemijske analize kvaliteta otpadnih voda i vodotoka reke Ibar.

#### IZVEŠTAJ EKOLOŠKE SLUŽBE ZA PERIOD JANUAR 2010.- DECEMBAR 2010.GOD

Ekološka služba je za period januar-decembar 2010.god. vršila ispitivanja zagađenosti vazduha Leposavića i okoline na tri merna mesta i to: Flotacija-istočno od jalovišta, Gornji Krnjini-severozapadno od jalovišta i Kutnje-jugoistočno od jalovišta (dijagrami 1, 2, 3, 4). Takođe je vršila kontrolu kvaliteta vode Ibra (dijagrami 5 do 8) na mernom mestu “Kutnje” i na mernom mestu

“Gornji Krnjin” u Leposaviću (ispred i iza deponije “Bostanište”), kao i otpadnu vodu flotacije - ispušt u Tvrđan potoku (dijagrami 9 i 10).

- Leposavić – ulaz (ispred deponije i flotacije u Leposaviću), (Dijagrami 5 i 6)
- Leposavić – izlaz (iza deponije i flotacije u Leposaviću), (Dijagrami 7 i 8)
- Leposavić – Tvrđanski potok ( ispušt otpadnih voda flotacije, (Dijagrami 9 i 10)

Ispitivanje aerozagadenosti obuhvata: Ispitivanje taložnih materija i koncentracije olova pomoću merača i usmerenih merača prašine iz atmosferskih taloga i padavina. Rezultati ispitivanja ukupnih taložnih materija za period januar-decembar 2010.god. prikazani su dijagramski. Iz dijagrama se vidi da je srednja godišnja koncentracija ukupnih taložnih materija ispod GVI (200-450 mg/m<sup>2</sup>/dan), dok je srednja godišnja koncentracija olova na dva merna mesta veća od GVI (100-250 µg/m<sup>2</sup>/dan).

Dijagram 1.

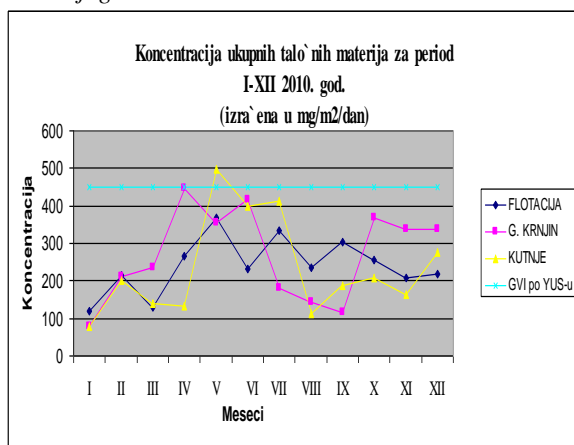


Figure 1. Concentration of total sedimented material for material for period I-XII 2010g. (measured in µg/m<sup>2</sup>/day)

Dijagram 2.

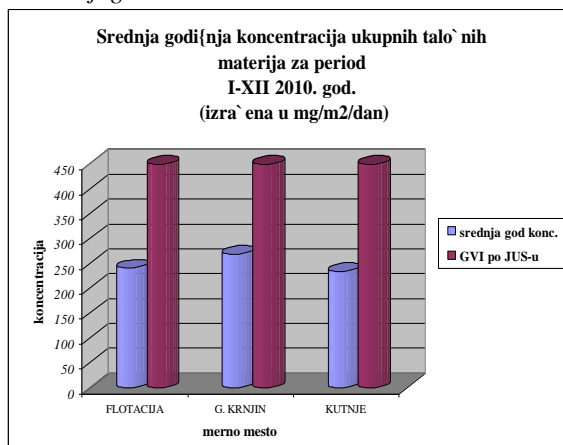


Figure 2. Average yearly concentration of total sedimented material for period I-XII 2010g. (measured in mg/m<sup>2</sup>/day)

Dijagram 3.

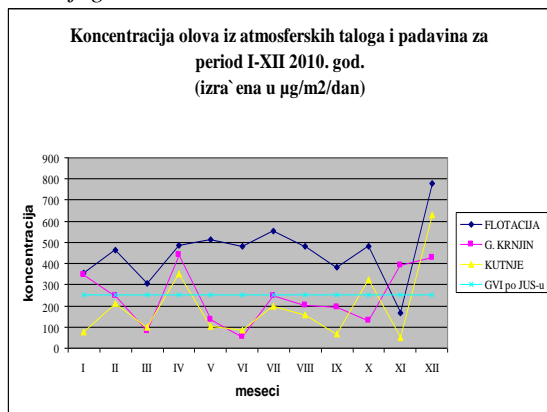


Figure 3. Concentration of lead from atmosphere sediment and rainfall for period I-XII 2010. (measured in µg/m<sup>2</sup>/day)

Dijagram 4.

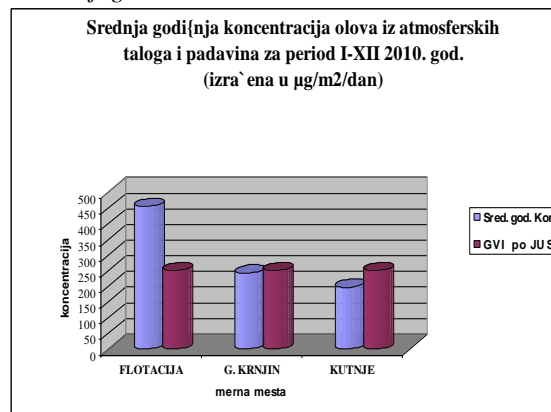


Figure 4. Average yearly concentration of lead from and rainfall for period I-XII 2010. (measured in µg/m<sup>2</sup>/day)

Dijagram 5.

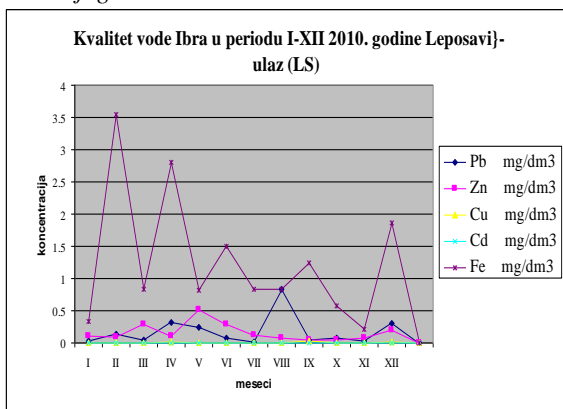


Figure 5. The water quality of Ibar river in period of I-XII 2010. (measured in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ ) Leposavici – a random sample of water taken before dam

Dijagram 6.

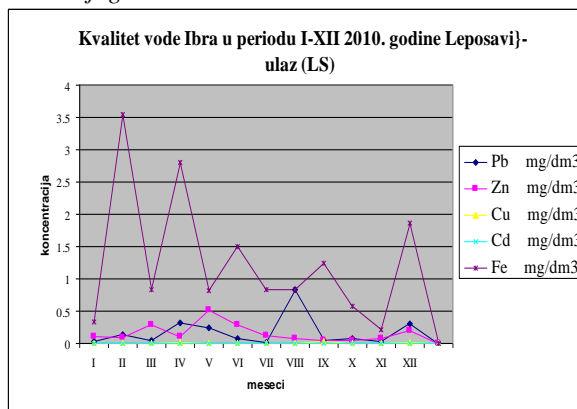


Figure 6. The water quality of Ibar river in period of I-XII 2010. (measured in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ ) Leposavici – a random sample of water taken before dam

Dijagram 7.

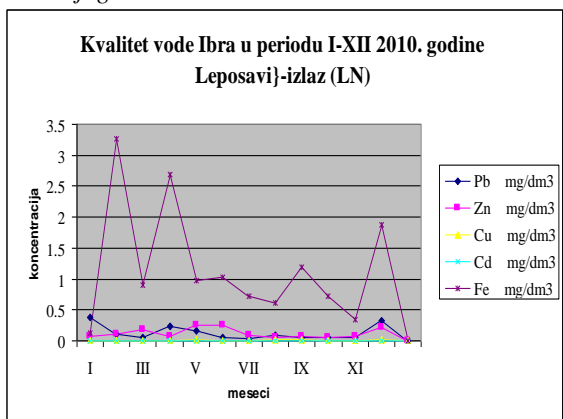


Figure 7. The water quality of Ibar river in period of I-XII 2010. (measured in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ ) Leposavici – a random sample of water taken after dam

Dijagram 8.

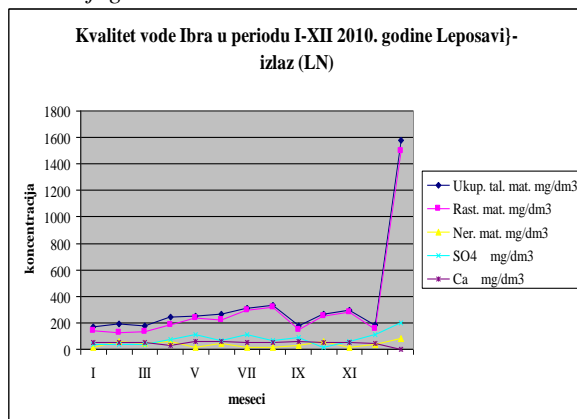


Figure 8. The water quality of Ibar river in period of I-XII 2010. (measured in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ ) Leposavici – a random sample of water taken after dam

Dijagram 9.

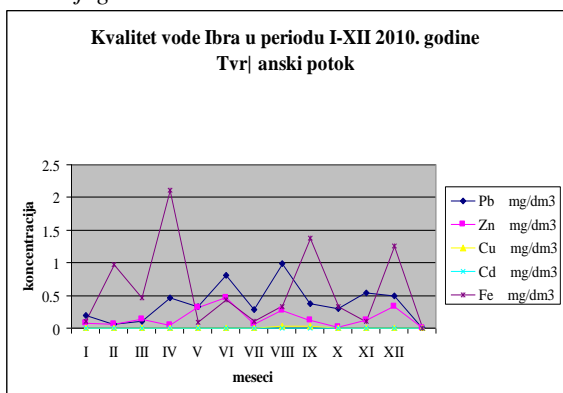


Figure 9. The water quality of Tvrdjanski stream in period of I-XII 2010. (measured in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ ) Leposavici – a random sample of water taken before dam

Dijagram 10.

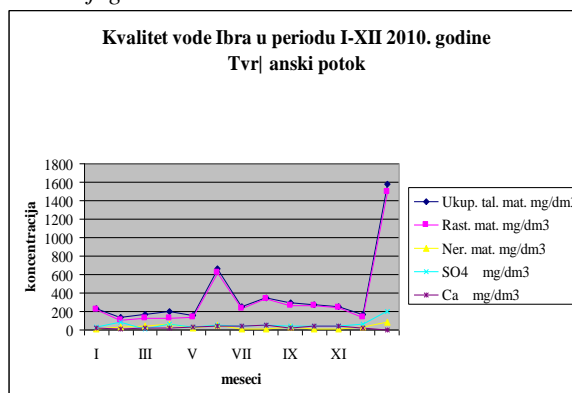


Figure 10. The water quality of Tvrdjanski stream in period of I-XII 2010. (measured in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ ) Leposavici – a random sample of water taken before dam

## **PREDLOG BIOLOŠKE REKULTIVACIJE INDUSTRIJSKE DEPONIJE BOSTANIŠTE U LEPOSAVIĆU**

Biosfera naselja Leposavića, Kutnja, Gornjeg Krnjina i njihove okoline degradirana je zbog prisustva industrijske deponije Bostanište nastale odlaganjem industrijskog otpada iz flotacije kombinata TREPČA u Leposaviću. Postojeća deponija predstavlja jedan od izvora zagađenja okoline, jer pravac kretanja vetra čini da se prašina (korpuskularne čestice) kreće u pravcu komunalne sredine. Biološka rekultivacija bi podrazumevala saniranje i rekultivisanje postojeće deponije pomoću biljnih kultura prilagodljivih tom terenu i otpornim na degradirano tlo. Prvi koraci biološke rekultivacije bi podrazumevali mehaničku obradu terena a to znači ravnjanje i prekrivanje postojećeg otpadnog materijala kao i mehaničko ublažavanje padina deponija. Biološka sanacija je najpovoljniji način za rekultivaciju jer bi podrazumevala mogućnost izgradnje sportskih objekata i terena.

Predlozi:

**Podnožje:** Predlaže se celom dužinom deponije drvored listopadnih i četinarskih kultura koje bi stvorile zaštitnu barijeru okolnim naseljima. Predlažu se sledeće sadnice: *Populus alba* -Bela topola, *Robinja pseudoakacija* –Bagrem, *Betula verrukoza* – Breza, *Pinus nigra* – Crni bor.

**Padine:** Celom širinom padina preporučuje se sadnja trave. Biološka rekultivacija padina ima za cilj sprečavanje osipavanje i eroziju terena a samim tim zagađenje vode Ibra. Predlažu se sledeće sadnice (ukrasno žbunasto šiblje zimzeleno i listopadno): *Pyrocantha coccinea* – pirokanta, *Forsythia europea* – forzicia, *Berberis vulgaris* – berberis, *Juniperus communis* – kleka.

**Gornja površina deponije:** Treba napomenuti da je delimično pokrivena otpadnim materijalom sto ometa direktnu sadnju bioloških kultura, pa je potrebno izravnjati taj otpadni materijal i prekriti humusom. Preporučuje se sadnja sledećih sadnica: *Abies alba* – Obična jela, *Thuja orientalis*- tuja, *Qfercus borealis*-obični hrast, *Kastanea sativa*-kesten, *Taksus bakata*- tisa, *Forzithia orientalis*-forzicija.

Valja napomenuti da sadnju navedenih sadnica treba obaviti u jesen (po završetku) ili u proleće pre početka vegetacije. Nakon potpune biološke rekultivacije potrebna je intenzivna nega koja će pomoći sadnicama da se bolje i lakše prilagode novoj sredini.

### **ZAKLJUČAK**

Na povremeno povećanje koncentracije olova i ukupnih taložnih materija dolazilo je najviše zbog prisustva postojeće deponije Bostanište, kao i zbog povremenog rada Flotacije. Potrebno je da se što pre preduzmu odgovarajuće mere na saniranju i rekultivisanju ove deponije, kako bi se sprečio negativan uticaj na životnu sredinu Leposavića i okoline.

### **LITERATURA:**

- [1.] Godišnji izveštaj (2010): „**Godišnjak '10**”, Trepča Under UNMIK, Centar za istraživanje i razvoj, Zavod za ekologiju, Kosovska Mitrovica
- [2.]Prezentacija RMHK „Trepče” - Zvečan (2003)
- [3.] Prezentacija opštine Leposavić (2009)

# MOGUĆA KONTAMINACIJA DEPOSOLA POVRŠINSKOG KOPA RAŠKOVAC TOKSIČNIM ELEMENTIMA

## POSSIBLE CONTAMINATION OF SURFACE MINE DEPOSOL RASKOVAC TOXIC ELEMENTS

Nenad Malić<sup>1</sup>, Una Matko-Stamenković<sup>2</sup>, Miladin Trbić<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Rudarski institut Banja Luka, Banja Luka, Republika Srpska - BiH

<sup>2</sup> EFT Group, Beograd, Srbija

<sup>3</sup> EFT – Rudnik i termoelektrana Stanari, Republika Srpska - BiH

### Rezime

Industrijalizacija i rudarski radovi su značajni zagađivači životne sredine i često mogu da prouzrokuju kontaminaciju zemljišta toksičnim jedinjenjima, ako se ne primjenjuju sva raspoloživa sredstva za sprječavanje zagađenja, uz detaljan monitoring za praćenje stanja životne sredine. U radu je analiziran sadržaj nekih potencijalno toksičnih hemijskih elemenata u tehnogenim zemljištima (deposoli) površinskog kopa Raškovac u Stanarima. Granične vrijednosti za maksimalno dozvoljene koncentracije teških metala u zemljištu predstavljaju značajni oslonac u ocjenjivanju zagađenosti zemljišta ovim pretežno toksičnim elementima. Izvršeno je poređenje sadržaja elemenata u odnosu na domaće i inostrane pravilnike o maksimalno dozvoljenim količinama štetnih elemenata pretežno teških metala u zemljištu. Utvrđene vrijednosti sadržaja elemenata ispitivanog područja ukazuju na nisku koncentraciju istih. Monitoring formiranih deposola na moguća toksična jedinjenja treba nastaviti i dalje tokom eksploatacije uglja i kasnije planirane rekultivacije.

**Ključne riječi:** Rudarski radovi, tehnogena zemljišta, teški metali, granične vrijednosti, Raškovac – Stanari.

### Abstract

Industrialization and mining operations might be the significant polluter of the environment and might cause toxic soil contamination, if not all available means of pollution prevention is used. This paper analyzes the content of some potentially toxic chemical elements in technogenic soils (deposol) of surface mine Raškovac at Stanari mine. Limiting values of maximum allowable concentrations of heavy metals in soil important mainstay in the evaluation of soil pollution. The comparison of the element content in relation to domestic and international regulations on maximum allowable quantities of harmful elements mainly heavy metals in the soil is presented. Established values of the contents of elements examined in the are indicate low concentrations of the same. Established deposol monitoring of the possible toxic compounds should continue during coal mining and reclamation later.

**Key words:** Mining operation, technogenic soil, heavy metals, limiting values, Raskovac - Stanari.

### Uvod

Problematika zagađenja životne sredine podrazumjeva kvantitativne i kvalitativne promjene bioloških, hemijskih i fizičkih osobina (vode, vazduha, zemljišta i dr.), što za posljedicu ima narušavanje zakonitosti i ravnoteže ekosistema [Sekulić, 2003]. Ovaj rad je usmjeren na potencijalnu kontaminaciju zemljišta kao veoma teško obnovljivog prirodnog resursa. Zemljište je između ostalih svojih funkcija kolektor organskih i neorganskih hemikalija koje dospjevaju iz različitih izvora i na različite načine. Tako opterećeno može biti sekundarni izvor zagađenja ostalih dijelova ekosistema – vode, biljaka koje se uzgajaju na kontaminiranom zemljištu, vazduha i čovjeka kao krajnjeg korisnika [Tančić Nadežda, 1993].

Kontaminacija prirodnih i tehnogenih zemljišta je konstantan proces današnjice, najčešće uzrokovan ljudskom aktivnošću. Kontaminacija zemljišta u vidu neograničenih procesa predstavlja stanje koje

nastaje unošenjem štetnih materija različitim vektorima na ili u zemljište iznad dozvoljene koncentracije kako vrste, tako i pojedinih kontaminata. Štetne materije u zemljištima mogu da se nađu u koncentracijama koja povremeno ili trajno dovodi u pitanje stanje i procese koji su u njemu prisutni.

Hemikalije u životnu sredinu dospjevaju sagorjevanjem, slučajnim ispuštanjem ili namjernim djelovanjem čovjeka kroz primjenu pesticida ili dejstvom drugih kontaminanata. U procesu sagorjevanja fosilnih, organskih goriva i komunalnog otpada nastaje 280 tipova kancerogenih policikličnih aromatičnih ugljovodonika (PAH-ova), teški metali, dioksini (PCDD) i dibenzofurani (PCDF) [Marković, 2007]. Polihlorisani bifenili (PCB) mogu dospjeti u životnu sredinu slučajnim izlivanjem transformatorskih ulja. Toksični elementi – teški metali koji će biti obrađivani imaju višestruku važnost: predstavljaju značajnu sirovinu za brojne industrijske grane, neki od njih su neophodni za žive organizme, mogu da djeluju na produktivnost biljaka i drugih živih organizama i većina od njih je često značajan zagađivač životne sredine [Kastori, 1997].

U teške metale se ubrajaju metali čija je gustina atoma veća od  $5\text{g/cm}^3$  i koji imaju atomski broj veći od 20. Zajedno sa ovim terminom koristi se i naziv toksični metali. U toksične metale se ubrajaju metali koji su biogeni i djeluju isključivo toksično, kao što su: Cd, Pb, Hg, As, Tl i U [Sekulić, 2003]. Teški metali se odlikuju različitim hemijskim i fiziološkim dejstvom. Neki od njih su neophodni za žive organizme (Zn, Fe, Mo, Mn, Co, Cu i Se), a osim njih vjerovatno i Cr, Ni i V [Kastori, 1983, 1990]. Zajednička im je osobina da i pri relativno malim koncentracijama djeluju toksično. Prirodno zemljište zagađeno teškim metalima predstavlja veoma ozbiljan ekološki problem, pošto brojni metali koji se nakupljaju u gornjem sloju zemljišta, predstavljaju potencijalnu opasnost neposrednog ekološkog sistema i to za duži vremenski period. Teški metali se i prirodno nalaze u zemljištu, u određenim koncentracijama i vode porijeklo od matičnog supstrata na kojem je zemljište nastalo. U površinskim horizontima zemljišta često se mogu naći i teški metali koji nisu pedogenetskog, već antropogenog porijekla, odnosno, dospjeli su u zemljište kao posljedica različitih ljudskih aktivnosti (industrija, energetika, sagorjevanje fosilnih goriva, primjena agrohemikalija, atmosferska depozicija, itd.). Problematika teških metala, kao i mogućnosti smanjenja njihovih štetnih uticaja u zemljištu je aktuelno već duži niz godina u svijetu [Merrington et al., 2002; Terry and Bañuelos, 2000]. Na prostorima BiH i Srbije u prethodnom periodu vršena su ispitivanja prisustva štetnih materija kako u prirodnim tako i u tehnogenim zemljištima [Sufi-Mićić, 2008; Stojanović i sar., 1977; Stojanović i sar., 1981], kao i mogućnosti remedijacije kontaminiranih zemljišta [Milenković, 2010; Borišev, 2010; Marković i sar., 2007; Marić, 2006]

Cilj istraživanja je fokusiran na potencijalnu kontaminaciju tehnogenih zemljišta površinskog kopa Raškovac u Stanarima (opština Doboj, Republika Srpska) teškim metalima. Na ovom kopu se već 3 decenije odvija površinska eksploatacija lignita, sa prisutnim konsekvencama koje primjenjena tehnologija eksploatacije prezentuje.

Tokom površinske eksploatacije otkrivke i uglja, te rekultivacije zemljišta degradiranih ovim načinom neophodno je ispitivanje hemijskog sastava oštećenih područja i tehnogenih zemljišta. Tako je u Ekološkoj dozvoli (br. 16-92-253/07, od 05.10.2007.) za "EFT - Rudnik i termoelektrana Stanari", izdane od strane Ministarstva za građevinarstvo, urbanizam i ekologiju u Vladi Republike Srpske, kao obavezna mjera monitoringa zemljišta naloženo je praćenje stanja novoformiranih tehnogenih zemljišta na formiranim odlagalištima (deposoli i rekultisoli). To podrazumjeva godišnje ispitivanje fizičkih i hemijskih karakteristika ovih tehnosola. Ispitivane eventualne štetne materije na pomenutoj lokaciji bile bi industrijskog – rudarskog porijekla.

### **Materijal i metode rada**

Laboratorijske analize su vršene 2009. i 2010. godine. Uzorkovanje je izvršeno na spoljašnjem i unutrašnjem odlagalištu površinskog kopa Raškovac u Stanarima. Uzorci su uzeti sa dubine 0-30 cm, pri čemu je sa svakog odlagališta (unutrašnje i vanjsko odlagalište) uzeto po pet prosječnih uzoraka.



Osim određivanja ukupnog sadržaja elemenata, određeni su i drugi elementi plodnosti zemljišta. Dobijeni rezultati će biti upoređeni sa određenim kriterijima dozvoljenog sadržaja ovih elemenata.

Količina fiziološki aktivnog fosfora u zemljištu određena je AL-metodom, uz očitavanje optičke gustoće na spektrofotometru. Pb, Cd, Hg, As i Fe su izvršeni mokrim spaljivanjem uzoraka u smješi kiselina (HNO<sub>3</sub>, HF, HCl) u mikrotalasnoj peći pod pritiskom, a očitavanje rezultata AAS.

Edafski uslovi. Zemljišta sa kojih su uzimani uzorci determinisani kao deposoli, starosti su od 30-ak do 4 godine. Mehanički sastav je u zavisnosti od mikrolokacije, pjeskovita ilovača, ilovasti pijesak i rjeđe glinovita ilovača. Kvarc predstavlja osnovni gradivni mineral, a podređeno se nalazi i bentonitna glina. Prema rezultatima hemijskih analiza površinskog sloja, na dubini 0-30 cm zemljište je kisele reakcije (pH u KCl 5,0-6,0). Po sadržaju lakopristupačnog fosfora (< 1,0 mg/100 g zemljišta P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), kalijuma (2,0÷10,0 mg/100 g zemljišta K<sub>2</sub>O) i humusa (max 1 %) ispitivani deposoli se svrstavaju u zemljišta vrlo siromašna humusom. Azot se nalazi u tragovima (0,01 % N), što zajedno sa nedostatkom organske materije uzrokuje slabu biološku aktivnost.

Klimatski uslovi. Prosječna količina padavina šireg istraživanog područja za 20-godišnji period iznosi 1006,95 l/m<sup>2</sup>. Srednja godišnja temperatura vazduha za isti period je 11,40 °C.

### Rezultati istraživanja i diskusija

Opšte je poznato da rudnici uglja, a naročito termoelektrane i druge topionice predstavljaju značajne antropogene izvore zagađenja zemljišta. Na površinskom kopu Raškovac u određenom obimu i intenzitetu su prisutni tačkasti, trakasti i difuzni (rasuti) izvori zagađivanja. Tokom površinske eksploatacije mineralnih sirovina moguća je pojava kontaminacije neposrednog ekosistema teškim metalima. U tabelama 1. i 2. dat je prikaz ukupnog sadržaja elemenata u površinskom sloju deposola sa oba odlagališta, ispitanih tokom dvogodišnjeg perioda.

Tabela 1. Ukupni sadržaj elemenata u 10 uzoraka deposola sa spoljašnjeg i unutrašnjeg odlagališta u 2009. godini

Lokacija uzorkovanja		(%)	mg/kg					
		P	Pb	Cd	Cu	Zn	Fe	Mn
Unutrašnje odlagalište	Uzorak 1	0,0	15	1	21	37	3450	270
	Uzorak 2	0,1	10	1	19	11	2850	65
	Uzorak 3	0,2	29	1	25	40	3330	150
	Uzorak 4	0,0	5	1	13	10	2950	70
	Uzorak 5	0,0	10	1	16	41	2950	90
Vanjsko odlagalište	Uzorak 1	0,0	10	1	15	10	2760	48
	Uzorak 2	0,0	8	1	12	17	2900	101
	Uzorak 3	0,0	14	1	0	14	2950	84
	Uzorak 4	0,0	8	1	4	13	2790	50
	Uzorak 5	0,0	19	1	10	31	3400	250

Tabela 2. Ukupni sadržaj elemenata u 10 uzoraka deposola sa spoljašnjeg i unutrašnjeg odlagališta u 2010. godini

Lokacija uzorkovanja		(%)	mg/kg					
		P	Pb	Cd	Cu	Zn	Fe	Mn
Unutrašnje odlagalište	Uzorak 1	0,0	7,2	< 1	2	10	3370	125
	Uzorak 2	0,0	8,3	< 1	1	8	3554	102
	Uzorak 3	0,0	8,5	< 1	2	9	3104	84
	Uzorak 4	0,0	26,8	< 1	2	9	3195	80

	Uzorak 5	0,0	22,3	< 1	1	9	3223	51
Vanjsko odlagalište	Uzorak 1	0,0	9,4	< 1	2	12	3300	95
	Uzorak 2	0,0	11,2	< 1	3	18	3500	160
	Uzorak 3	0,0	9,6	< 1	2	11	2233	102
	Uzorak 4	0,0	5,4	< 1	1	7	2512	16
	Uzorak 5	0,0	4,8	< 1	1	11	3153	30

Teški metali u normalnim zemljištima se nalaze u tečnoj i čvrstoj fazi zemljišta i vezani su različitim vezama. Njihova pristupačnost biljkama zavisi od prirode, stabilnosti i vrste veze kojom su vezani za sastojke zemljišta. Adsorpciona sposobnost teških metala u zemljištu u velikoj mjeri zavisi od sastava zemljišnih kolida i do pH vrijednosti. Naročita uloga u vezivanju toksičnih teških metala i štetnih organskih materija u zemljištu pripada prisutnoj organskoj materiji. Ovo iz razloga jer humusne materije imaju sposobnost stvaranja helatnih kompleksa sa teškim metalima.

Gore navedene konstatacije treba imati u vidu pri razmatranju tehnogenih zemljišta (deposola) u stanarskom rudnom basenu. Ovo iz razloga, jer su gradivni materijali odlagališta i deposola pretežno pjeskovitog sastava, kisele reakcije i deficitarnog povoljnog adsorpcionog kompleksa. Kada se ovome doda izuzetno mali sadržaj organskih i humusnih materija dolazi se do činjenice da bi ovaj supstrat predstavljao izuzetno nepovoljnu sredinu za sadržaj, kretanje i mobilizaciju teških metala sa aspekta njihovog štetnog uticaja.

Radi validnog poređenja sa graničnim vrijednostima za pojedine elemente, kao komparativne vrijednosti korišćeno je više normativa i pravilnika o maksimalnom dozvoljenom prisustvu ispitivanih elemenata u zemljištu. Granične vrijednosti su prikazane u sljedećoj tabeli.

Tabela 3. Maksimalno dozvoljene količine elemenata u zemljištu prema različitim pravilnicima i normativima

Pravilnik	(%)	mg/kg (ppm)					
	P	Pb	Cd	Cu	Zn	Fe	Mn
Thyll, 1996	50 mg	75	1	-	200	-	50
Sl. glasnik Republike Srbije 23/1994	-	100	3,0	100,0	300,0	-	-
Sl. list SRJ 51/2002	-	100,0	2,0	50,0	150,0	-	-
Pravilnik Vijeća Evrope 2091/91	-	50,0	0,8	50,0	150,0	-	-
Sl. novine Federacije BiH, 11/99	-	100,0	1,0	60,0	200,0	-	-
Narodne novine Republike Hrvatske 90/05	-	50-100	0,5-1,0	60-90	60-150	-	-

Utvrđene vrijednosti elemenata, osim mangana se nalaze ispod maksimalno dozvoljenih opasnih i štetnih materija prema svim korišćenim pravilnicima. Shodno navedenom, kada je u pitanju potencijalna kontaminacija zemljišta teškim metalima, rezultati analiza u ispitivanom periodu ukazuju da nema štetnih uticaja.

Radne mašine u eksploataciji, kao i druga motorna vozila koja koriste gorivo sa sadržajem olova predstavljaju najznačajniji mogući izvor aerosola olova, ako se ne primjenjuju mjere zaštite. Iako su

utvrđene vrijednosti olova dosta ispod graničnih vrijednosti, treba i dalje pratiti ovaj parametar sa akcentom na monitoring kretanja rudničke mehanizacije.

Nedostatak fosfora kao neophodnog biljnog makroelementa pokazuje ekstremnu siromašnost deposola ovim hranivom. Na istraživanom području nije vršena rekultivacija u većoj mjeri pa samim tim nisu upotrebljavana mineralna đubriva, koja u prekomjernim količinama uzrokuju nakupljanje teških metala. Nepravilno odlaganje akumulatora i suvih baterija može da dovede do visoke koncentracije nikla, kadmijuma i žive. Rezultati ukazuju da se Cd nalazi do granice od 1 mg/kg vazdušno suvog zemljišta, što ukazuje da se u rudniku Stanari na pravilan način rješava odlaganje opasnih materija.

Štetni uticaji bakra česti su pratioci industrijskih sredina i privrede uopšte. Korišćenje čeličnih užadi (sa bakrom kao legirajućim elementom) i električnih instalacija nosi sa sobom mogućnosti translokacije Cu u životnu sredinu. Primjena pesticida (fungicidi na bazi Cu) takođe u povećanim koncentracijama vodi mogućoj kontaminaciji, što treba imati u vidu pri kasnijim aktivnostima na rekultivisanim površinama. Ako se bakar posmatra kao biogeni element, za sada je njegova koncentracija u stanarskim deposolima dosta niska. Kao i kod prethodnog elementa, koncentracija cinka pokazuje malu snabdjevenost ovih zemljišta potrebnim mikro elementom. Najčešći štetni uticaji Zn se vezuju pri njegovom korišćenju kao zaštitnog sredstva željeznih predmeta od korozije.

Prema navodima Thyll-a (1996) granična vrijednost mangana je 50 ppm. Dobijeni rezultati u tabelama 1. i 2. Pokazuju da neki uzorci sadrže nešto povećanu koncentraciju ovog mikro elementa. Mn pokazuje štetno dejstvo u raznim plinovima i prašinama.

Dobijeni rezultati u odnosu na rezultate sličnih istraživanja se razlikuju uglavnom od vrste i lokacije ispitivanog područja. Većina uzoraka ne pokazuju povećane koncentracije hemijskih elemenata. Nasuprot ovome, zemljišta u blizini termoelektrana i sličnih zagađivača često su suočena sa toksičnim sadržajem pojedinih elemenata. U vezi s tim, moraju se primjenjivati sva raspoloživa sredstva za sprečavanje štetnih uticaja.

### **Zaključak**

Nakon provedenih ispitivanja na sadržaj nekih hemijskih elemenata u uzorcima deposola sa odlagališta površinskog kopa Raškovac mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- ❖ Rudarski radovi često prouzrokuju kontaminaciju prvobitne i nove antropogene sredine teškim metalima i drugim toksičnim jedinjenjima.
- ❖ Utvrđivanje sadržaja hemijskih elemenata na tehnenim zemljištima površinskog kopa Raškovac su vršeni za P, Pb, Cd, Cu, Zn, Fe i Mn.
- ❖ Mjerene vrijednosti većine elemenata u deposolima oba odlagališta su uglavnom minimalne ili se nalaze ispod graničnih vrijednosti u odnosu na korišćene pravilnike.
- ❖ Jedino je sadržaj Mn iznad granične vrijednosti.
- ❖ U nastavku eksploatacije potrebno je i dalje, u skladu sa dosadašnjom praksom, vršiti monitoring na sadržaj hemijskih elemenata u deposolima.
- ❖ Tokom i nakon rekultivacije degradiranih površina stanarskog rudnog basena obavezno pratiti stanje i procese rekultivisanih zemljišta.

### **Literatura**

Borišev Milan (2010): Potencijal klonova vrba (*Salix spp.*) u fitoekstrakciji teških metala. Doktorska disertacija. Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu. Str. 1-188.  
[www.uns.ac.rs/sr/doktorske/milanBorisev/disertacija.pdf](http://www.uns.ac.rs/sr/doktorske/milanBorisev/disertacija.pdf)

- Kastori, R. (1997): Teški metali u životnoj sredini. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad.
- Kastroi, R. (1990): Neophodni mikroelementi. Naučna knjiga Beograd.
- Kastori, R. (1983): Uloga elemenata u ishrani biljaka. Matica Srpska, Novi Sad.
- Marić Miroslava, Antonijević Milan, Milutinović Siniša (2006): Fitoremedijacija zemljišta oštećenog nanosima piritne jalovine. Zbornik radova XIV Naučno stručnog skupa o prirodnim vrednostima i zaštiti životne sredine. Str. 280-284. Sokobanja.  
[www.eco-ist.rs/Ekoloska%20Istina%2006%20-%20Zbornik%20radova.pdf](http://www.eco-ist.rs/Ekoloska%20Istina%2006%20-%20Zbornik%20radova.pdf)
- Marković, M., Babić, M., Šipka, M. (2007): Zagađenje zemljišta i fitoremedijacija (skripta). Univerzitet u Banjoj Luci, Poljoprivredni fakultet – Institut za agroekologiju i zemljište, Banjaluka.
- Merrington, G., Winder, L., Parkinson R., Redman, M. (2002): Agricultural Pollution (Environmental problems and practical solutions), Spon Press, London and New York.
- Milenković Gordana (2010): Fitoremedijacija zemljišta kontaminiranog teškim metalima. Zbornik radova III Međunarodnog simpozijuma "Energetsko rudarstvo ER 2010". Str. 165-172. Apatin.
- Tančić, Nadežda (1993): Fizički, hemijski i biološki agensi kontaminacije zemljišta. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet Beograd - Zemun.
- Terry, N., Bañuelos, G., (2000): Phytoremediation of contaminated soil and water. Lewis Publishers, Printed in the United States of America.
- Thyll, S. (1996). Environmental management in Agriculture. Mezogazda Kiadó, Budapest (Source: Hungary).
- Sekulić, P., Kastori, R., Hadžić, V. (2003): Zaštita zemljišta od degradacije. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad.
- Stojanović, D., Đurđević Melanija, Nikolić Snežana (1981): Hemijski sastav plodova nekih biljaka gajenih na pepelu termoelektrana. Zb. Gozdarstva in lesarstva, L. 19, št. 1, str. 379-388. Ljubljana.
- Sufi-Mičić, Slavka (2008): Bioproduktivna svojstva šljake i pepela iz termoelektrana "Kakanj" i "Tuzla" – rezultati laboratorijskih eksperimenata. Zbornik radova naučno-stručnog skupa sa međunarodnim učešćem "Savremene tehnologije za održivi razvoj gradova", str. 743-754, Вања Лука.
- Stojanović, D., Martinović, B., Vučković, M., Simić, S., Filipović, R. (1977): Hemijski sastav zemljišta oštećenih rudarskim radovima. Zemljište i biljka, Vol. 26, No. 2, str. 141-146, Beograd.
- \*\*\* (1994): Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja. Službeni glasnik Republike Srbije, br. 23, str. 553.
- \*\*\* (1999): Naputak o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih tvari u zemljištu i metode njihovog ispitivanja. Službene novine Fedracije BiH, 11/99.
- \*\*\* (2002): Pravilnik o metodama organske biljne proizvodnje i o sakupljanju šumskih plodova lekovitog bilja kao proizvoda organske proizvodnje. Službeni list SR Jugoslavije / Official Journal of the FRY, br. 51, str. 6.
- \*\*\* (2005): Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja. Narodne novine 90/05.
- \*\*\* Pravilnik Vijeća Evrope 2091/91.

## **BEYOND 2010, ODRŽIVI RAZVOJ NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA UGLJA RB "KOLUBARA" – ŠTA POSLE ZAVRŠETKA OTKOPAVANJA UGLJA?**

### **BEYOND 2010, SUSTAINABLE DEVELOPMENT ON "KOLUBARA" COAL MINES – WHAT'S GOING ON AFTER THE OPEN PIT'S DEAD END?**

**Bogoljub Vučković, Duško Nešić**

*PD RB "Kolubara" d.o.o., Ogranak "Projekt", Lazarevac*

#### **IZVOD**

Ovaj rad daje sažeti prikaz stanja resursa Nemetaličnih Mineralnih Sirovina (NMS) na odrbeanim ležištima uglja koja se nalaze u okviru kolubarskog ugljonosnog basena i procenjuje njihov potencijal u materijalnom i ekonomskom smislu. Razmatranja vezana za ovu problematiku su preliminarna i imaju karakter prethodne ocene. Rad je u saglasnosti sa principima kompletnog i kompleksnog iskorišćenja mineralno-sirovinskog potencijala rudnih ležišta. Ležišta uglja "polje E", "polje G" i "Veliki Crljeni" predstavljaju veoma bitan mineralno-sirovinski potencijal proizvodnje uglja u kolubarskom basenu u bliskoj budućnosti. Vreme započinjanja prvih radova na otvaranju i razradi polja "E" i "G" se neumitno primiče, a samim tim inteziviraju se radovi vezani za prethodna i detaljna projektovanja, kao i ostale vidove razmatranja. Na ležištu "Veliki Crljeni" od 2008. godine u radu je površinski kop, početkom 2010. godine otkopane su i prve količine uglja. Osnovna korisna mineralna sirovina u okviru rudarskog basena "Kolubara" je ugalj, na čijoj eksploataciji i bazira suština rudarskog basena. U prethodnom periodu ugalj je u celosti određivao ekonomsku vrednost ležišta i rudarske proizvodnje. Geološke rezerve lignita dostižu 2,5B t, eksploatabilno je oko 1,5B t. Osim uglja, ova ležišta izgrađuju i prateće korisne NMS kao što su šljunkovi, kvarcni i obični peskovi, niskokvalitetne gline, dijatomejska zemlja. Ogromne mase NMS se usled nižeg stepena geološke istraženosti se ne mogu svrstati u rudne rezerve, već u resurse. Značajno je naglasiti da se npr. na "polju E" osim 330M t eksploatacionih rezervi uglja nalazi i oko 145M m<sup>3</sup> međuslojnog kvarcnog peska i oko 90M m<sup>3</sup> šljunka; na polju "Veliki Crljeni" se pored 28M t uglja otkopava i oko odlaže oko 10M m<sup>3</sup> šljunka; na "polju G" projektuje se selektivna eksploatacija 5M m<sup>3</sup> šljunka uz eksploataciju 36,5M t uglja. Osim navedenih NMS, lokalno se u podini ugljenog sloja registruju dodatne pojave tzv. podinskih kvarcni peskova. Procenjene količine ovih kvarcni peskova su nekoliko desetina miliona m<sup>3</sup>. Na "polju D" se uspešno eksploatišu, prerađuju i valorizuju. Moguća finansijska i ostale vrste dobiti koje proizilaze iz ovako koncipirane kompletne rudničke proizvodnje nesumnjivo je od velikog značaja.

**KLJUČNE REČI :** ugalj, kvarcni pesak, šljunak, NMS

#### **ABSTRACT**

This paper represent a short review of non-metallic resources (NMR) on few selected lignite deposits in Kolubara Coalfield, Serbia and estimate them potential in material and economic aspects. The further discussions are in preliminary mean and looks like an preliminary case study estimation. The paper is in agreement with the principles of sustainable development and the principles of complete and complex utilisation of mineral resources potential of the coal deposits. Lignite deposits ore field "E", "G" and "Veliki Crljeni" represent a significant mineral resources potential in coal production in Kolubara Coal Mines (KCM) in near future. A timing of open pit works on "E" and "G" deposits are rapidly incoming, according to that the all types of design are accelerate. The open pit "Veliki Crljeni" is under exploitation since 2008., at the beginning of 2010. it produced a first quantities of raw coal. The senior mineral resource in KCM is low ranked brown coal – lignite, which exploitation gave a dominant features of mining activities. In earlier years, digged lignite provide all the economic income to the mine. Additional, following the lignite, in mentioned deposits there are a numerous non-metallic types of resources such as gravels, quartz sands and sands, low ranked clays and diatomea earth. Lignite is well geologically explored, so we can talk of about 2,5B t of it's quantities. More than 1,5B t are exploitable; the rest of 1B t is still under resources mean. The huge non-metallic quantities are, according to it's poor geologically explorations, still resources. It is important to say that the "E" deposit

represent a very significant mineral resource potential of open pit exploitation of KCM in a nearest future. The base economic resource is a lignite with >330M t of exploitation reserves. Also, quartz sands and gravels represent a complementary mineral resources suite in the deposit. Results of previous geological explorations on coal provides conditions for feasibility designing. Significant masses of intrabeded quartz sands (aprox. 145M m<sup>3</sup>) and gravels (aprox. 90M m<sup>3</sup>) according to it's poor previous geological explorations could be seated only in a non-metalic resources. On "Veliki Crljeni" open pit the actual excavation had to produce 30M t of lignite with additional 10M m<sup>3</sup> of roof gravels; on "G" deposit feasibility study designed digging 5M m<sup>3</sup> of roof gravels with 36,5M t of coal etc... In any circumstances, previously mentioned gravels and Q sands had to be digged before the lignite beds because they are above them. Except mentioned roof NMR, locally below of a floor coal bed levels there are again additional Q sand suite with few tens 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. On open pit "D" they are under economic exploitation and valorisation. Financial and other type of benefits in that "all-together" resources exploitation are obvious and significant.

**KEY WORDS** : lignite, Q sand, gravel, non-metalic resources

## 1. GEOGRAFSKI POLOŽAJ

Kolubarski ugljunosni basen nalazi se u zapadnoj Srbiji na oko 50 km jugozapadno od Beograda, površine je 600 km<sup>2</sup> (slika 1). Rekom Kolubarom podeljen je na istočni i zapadni deo. U njegovom istočnom delu nalaze se aktivni površinski kopovi uglja polje "B" i polje "D", zatvoreni površinski kop polje "A" i istražna polja "C", "E", "F", "G", Šopić-Lazarevac" i "Veliki Crljeni". U zapadnom delu basena nalaze se površinski kopovi uglja u radu "Tamnava Istočno i Zapadno polje, kao i istražno polje "Radljevo".

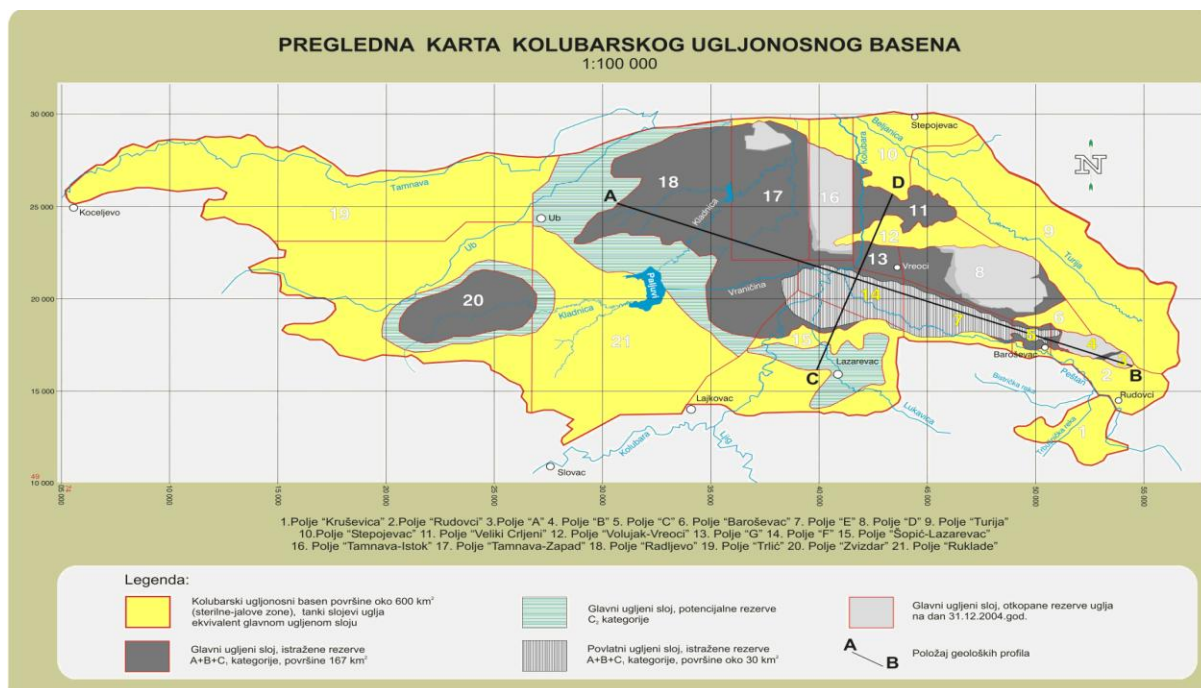


Slika 1. Položaj kolubarskog ugljunosnog basena, unutar crvene linije

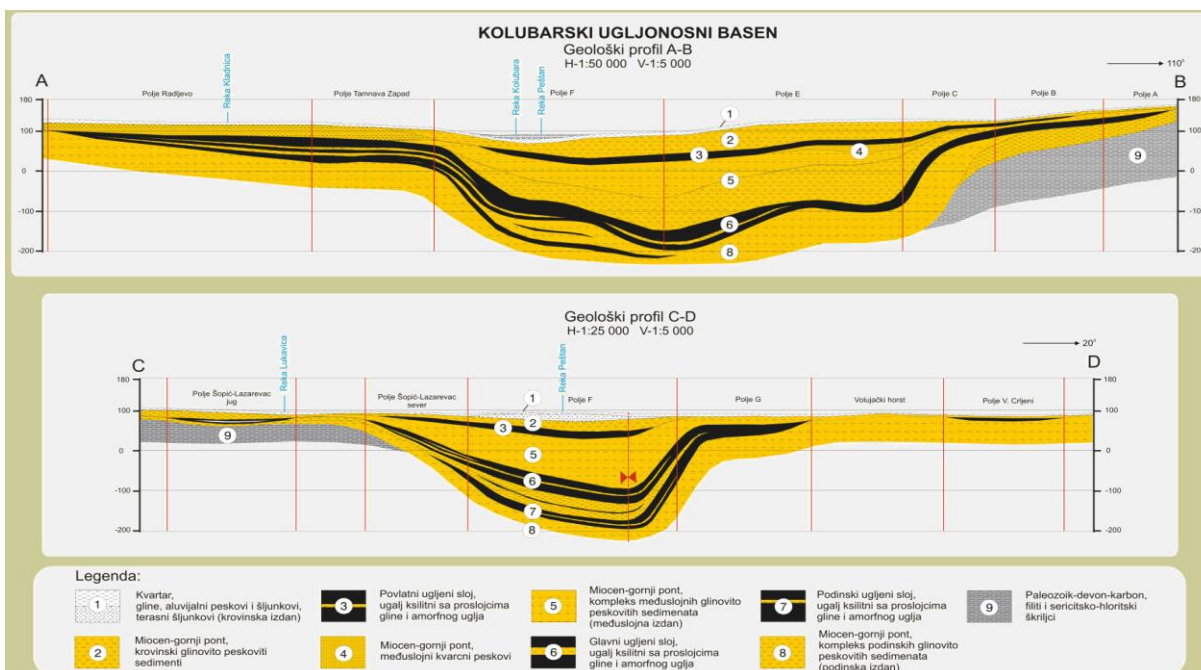
## 2. GEOLOŠKA GRAĐA UGLJUNOSNOG BASENA

Kolubarski basen izgrađen je od stena paleozojske, mezozojske i kenozojske starosti (slike 2 i 3). Podlogu (fundament) područja izgrađuju paleozojske škriljave stene. Lokalno se u obodnim delovima basena mogu registrovati sedimentne i magmatske stene mezozojske starosti. Transgresivno preko njih taložena je kenozojska miocen/pliocenska serija sedimentnih stena koja je produktivna u pogledu uglja. Osim uglja, u okviru ove sedimentne serije stena nalaza se i značajne mase pratećih korisnih

NMS (kvarcni pesak, pesak, gline, i dijatomejska zemlja koja je odavno otkopana). Kao završni član formiranja područja u najvišim nivoima pojavljuju se kvartarne gline i šljunkovi.



Slika 2. Pregledna karta kolubarskog ugljonosnog basena sa najproduktivnijim delom, sivo i crno predstavljaju područja sa najvećim količinama uglja i sa aktivnim površinskim kopovima (Stojaković i dr. 2004)

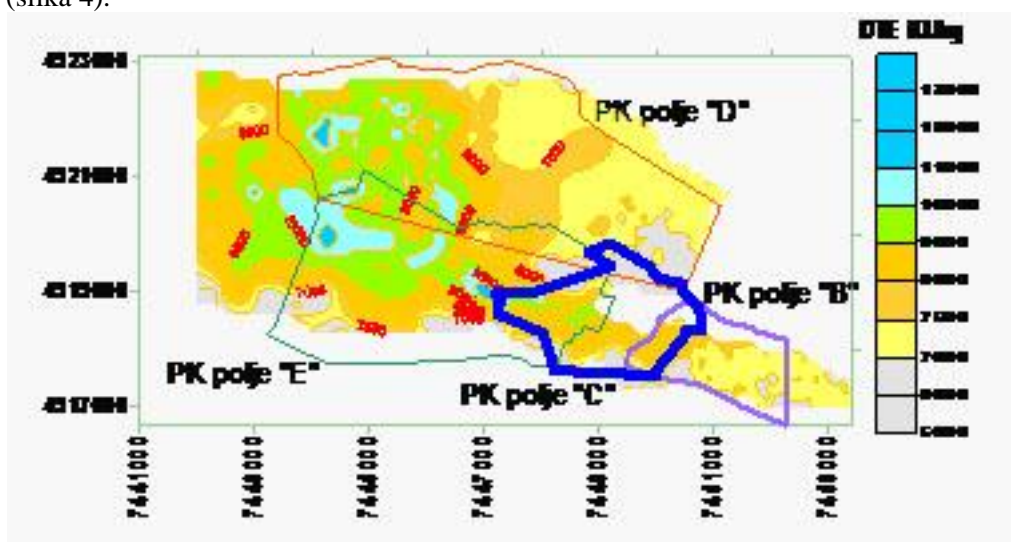


Slika 3. Geološki profili AB i CD; Legenda : 9. Sivo u dnu slike - Paleozojski fundament; 8,5,4,2. Žuto - Miocensko/pliocenski sedimenti, 3. Crno - Povlatni ugljeni sloj; 6,7. Crno - Podinski (glavni) ugljeni sloj; 1. Svetlo sivo na vrhu - Kvartarne sedimenti (Stojaković i dr. 2004)

### 3. PRIKAZ USLOVA I MOGUĆNOSTI OTKOPAVANJA UGLJA NA POLJIMA "E", "G" I "VELIKI CRLJENI"

#### 3.1. PRIKAZ USLOVA I MOGUĆNOSTI OTKOPAVANJA UGLJA NA POLJU "E"

Na "polju E" registruju se dva zasebna ugljena sloja. Prvi je povlatni, na manjoj je dubini i nižeg je kvaliteta. Ekonomsku vrednost ležišta (ali i eksploatacije) određuje drugi ugljeni sloj ("glavni") koji je podinski, na većoj je dubini i boljeg je kvaliteta. Ležište je u fazi završnih geoloških istraživanja i detaljnog rudarskog projektovanja, a pred izradu Glavnog rudarskog projekta i Investicionog programa otvaranja površinskog kopa. Definitivna odluka o "statusu" ovog veoma značajnog rudnog polja još nije doneta, te je pravo vreme i za ukazivanje na dodatne "povoljnosti" na ovom budućem površinskom kopu. U planu je eksploatacija oba navedena ugljena sloja površinskim kopom dubine do 300 metara ispod sadašnje površine terena. Prostorno, budući površinski kop "polje E" preklapaće se sa postojećim površinskim kopovima koji su u njegovom neposrednom okruženju (PK "D"; PK "B+C") (slika 4).



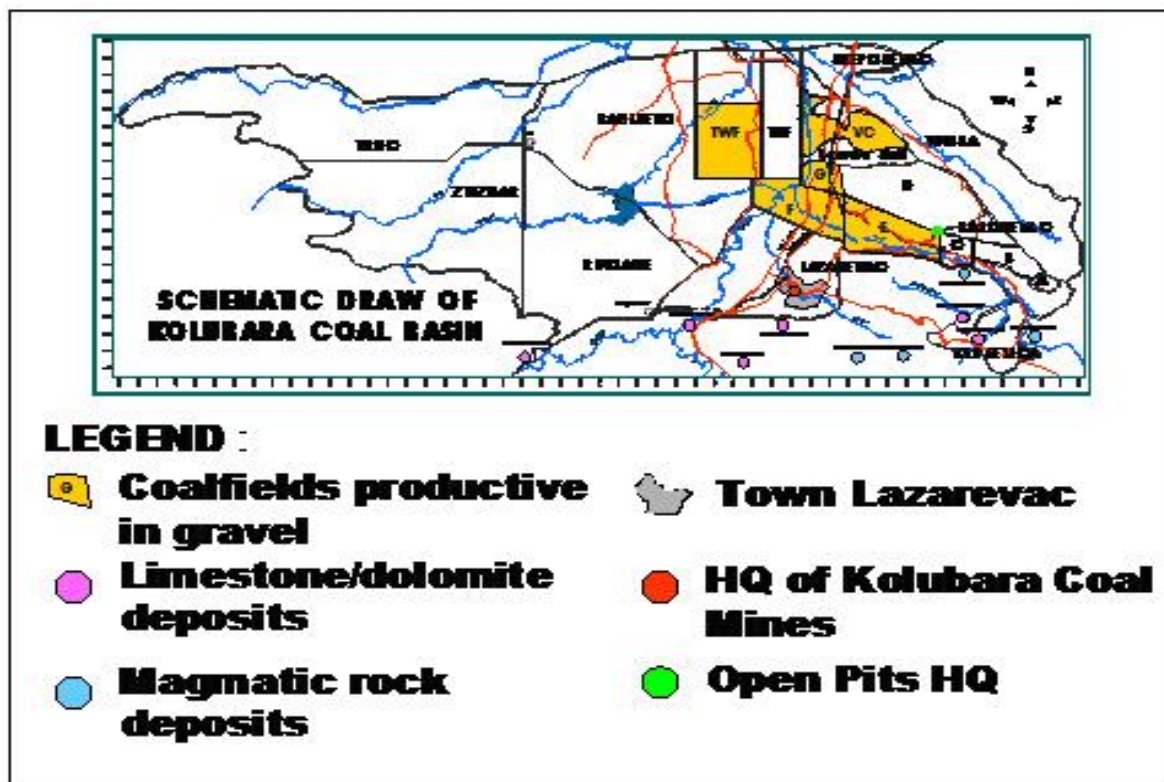
*Slika 4. Prostorni položaj projektovanog površinskog kopa "polje E", sa kvalitetom glavnog ugljenog sloja i neposrednog okruženja, projektovani PK "E" naznačen je zelenom konturom (Vučković, 2004)*

*Figure 4. Designed and In Run Open Pits in Neiboruoghoud of Ore Field "E", Designed Open Pit "E" Green Line Marked (Vuckovic, 2004)*

Ovako okonturen površinski kop je sa godišnjim kapacitetom otkopavanja od 12 Mt uglja, odnosno ukupno 330 Mt do kraja eksploatacije, i sa više od 1 Bm<sup>3</sup> otkrivke i ostale podinske i međuslojne jalovine (Jevtić, Kitanović, i dr., 2004/2008). Uz obimna investiciona ulaganja od >320 M€ i troškove proizvodnje od oko 12,5 €/t uglja, neophodna prodajna cena uglja pri ostvarivanju minimalne dobiti (8,5%) iznosi 13,5 €/t.

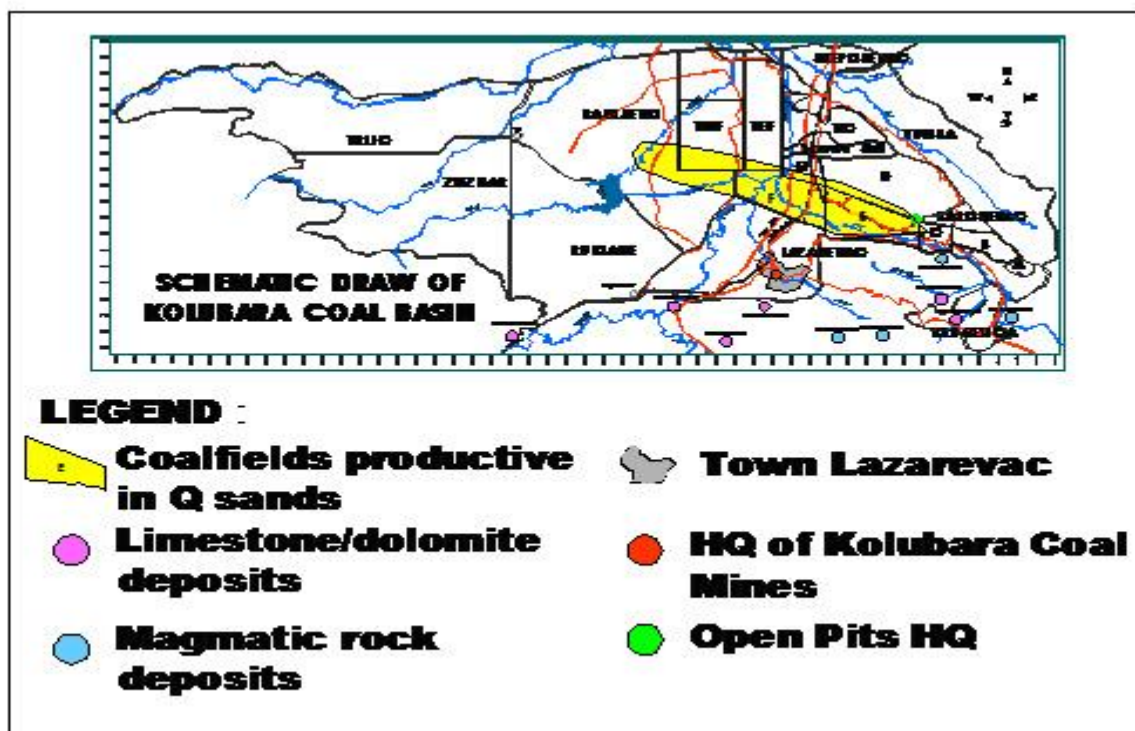


3.2. PRIKAZ USLOVA I MOGUĆNOSTI OTKOPAVANJA NMS NA "POLJU E"



Slika 5. Šematski prikaz kolubarskog ugljonosnog basena sa istražno-eksploatacionim poljima produktivnim u pogledu Q-peska (žuto)

Osim pomenutih ugljenih slojeva, u ležištu se iznad slojeva uglja nalaze i značajne mase pratećih korisnih NMS. U prvom redu kvarcnog peska i šljunka (slike 7 i 8). Nažalost, ove mineralne sirovine poseduju nizak stepen geološke istraženosti, te se pre može govoriti o resursima nego o rezervama. Po granulometrijskom sastavu rovni kvarcni pesak se kreće od prašinstih do krupnozrnih, stepen čistoće varira od 80% do 90%, retko i više. Slojevi kvarcnog peska su debljine od nekoliko pa do 80 metara. Šljunkovi su heterogeni po klasama krupnoće i petrografskom sastavu, lokalno su manje ili više peskoviti i/ili glinoviti. Debljine su od jednog pa do desetak metara. Nakon detaljnog sagledavanja i geološkog projektovanja dobijene su količine od oko 145M m<sup>3</sup> kvarcnog peska i oko 90M m<sup>3</sup> šljunka, a sve u konturi projektovanog površinskog kopa. Obzirom da se tehnikom i tehnologijom otkopavanja moraju otkopati pre uglja, njihovo otkopavanje je u potpunosti izvesno. Dosadašnjim rudarskim sagledavanjima nije predviđeno njihovo selektivno otkopavanje, odlaganje ili valorizacija. Narednim razmatranjima daje se predlog mogućih mera i aktivnosti na NMS kompleksu i ukazuje se na njihov materijalni i ekonomski značaj.



Slika 6. Šematski prikaz kolubarskog ugljonošnog basena sa istražno-eksploatacionim poljima produktivnim u pogledu šljunka (narandžasto)

Selektivno otkopavanje ovih korisnih mineralnih supstanci moglo bi se vršiti u kontinuitetu sa odlaganjem na za to ranije pripremljenim lokacijama. Time bi se formiralo jedno ili više spoljašnjih odlagališta kvarcnog peska i/ili šljunka, a u blizini vodotokova. Za navedeno, smatramo, postoje potrebni prirodni i tehničko-tehnološki uslovi. Preliminarna procena ukazuje da bi se u prvih 20 godina rada površinskog kopa mogle otkopati skoro sve navedene mase NMS, prosečno godišnje 5-10M m<sup>3</sup> kvarcnog peska i do 5M m<sup>3</sup> šljunka.

Kontinualna prerada ovako velikih količina NMS, kao i njihov kontinualni plasman na tržištu, nisu mogući uporedo sa eksploatacijom koja se odvija svojom dinamikom. Iz tih razloga prerada NMS bi se organizovala diskontinualno po potrebi, ili kontinualno po predviđenim kapacitetima. Lokacije selektivnih odlagališta kvarcnih peskova i šljunka, kao i kapaciteta njihove prerade, trebalo bi usaglasiti sa postojećim projektovanim smeštajnim kapacitetima spoljašnjih odlagališta jalovine. Njihov položaj mogao bi se verovatno iznaći neposredno uz južnu obodnu ivicu površinskog kopa, a u blizini reke Peštan, čime bi se obezbedile potrebne količine tehničke vode za postrojenja prerade. Uz sve moguće predviđene i nepredviđene gubitke, koje ovom prilikom usvajamo do 30%, kao finalni proizvod možemo očekivati :

- ⊕ *Oko 100 Mm<sup>3</sup> separisanog suvog kvarcnog peska, odnosno 160 Mt;*
- ⊕ *Oko 65 Mm<sup>3</sup> separisanog šljunka.*

Ekonomska razmatranja su preliminarna i okvirna, a baziraju na trenutnim prosečnim cenama ovih NMS na tržištu republike Srbije, te iznose :

- *pri prodajnoj ceni od 14-22 €/t suvog separisanog kvarcnog peska (srednje 16 €/t) "franco" separacija, mogući prihod iznosi **2,56 Mrd €**;*
- *Pri prodajnoj ceni od 10 €/m<sup>3</sup> šljunka "franco" separacija, mogući prihod je **650 Mil €**.*
- **UKUPNO **3,21 Mrd €****

Prethodnim brojnim radovima (studije, projekti, programi...) u više navrata dolazilo se do zaključaka da je proizvodnja uglja iz ovog dubokog površinskog kopa skupa i da se ostvaruje na granici rentabiliteta. Prodajne cene uglja su limitirane cenom električne energije, a troškovi proizvodnje su na udaru tržišnih faktora. Ovim "dodatnim" prihodom bi se u svakom slučaju poboljšala rentabilnost rudničke proizvodnje, te bi se u narednom periodu planiranja i projektovanja moglo "slobodnije" pristupiti razradi geoloških istraživanja i rudničke proizvodnje.

Ukupni mogući prihodi/rashodi (u vidu statičkih pokazatelja) ovako organizovane proizvodnje mogli bi iznositi :

<i>Prihod od uglja</i>	<i>4,45 Mrd€, odnosno 58,1% od ukupnog prihoda,</i>
<i>Prihod od NMS</i>	<i>3,21 Mrd€, odnosno 41,9% od ukupnog prihoda,</i>
<i>Rashodi na uglju</i>	<i>oko 4,1 Mrd€, odnosno 99% od ukupnog rashoda,</i>
<i>Investiciona ulaganja za NMS</i>	<i>oko 20 Mil.€, odnosno &lt; 1% od ukupnog rashoda,</i>
<b><i>Dobit od uglja</i></b>	<b><i>oko 350 Mil.€,</i></b>
<b><i>Dobit (U+NMS)</i></b>	<b><i>oko 3,54 Mrd€ !!!!!</i></b>

### **3.3. PRIKAZ USLOVA I MOGUĆNOSTI OTKOPAVANJA UGLJA I NMS NA "POLJU G"**

Razmatrana su na nivou nekoliko studija izvodljivosti, pre svega u okviru rudarskog projektovanja (Ilić 2008.; Sabov 2009/2010). Definitivna odluka o "statusu" ovog omanjeg rudnog polja još nije doneta, te je pravo vreme i za ukazivanje na dodatne "povoljnosti" na ovom budućem površinskom kopu. Studijskim rešenjem predviđeno je otkopavanje 36,4 Mt uglja; naknadnim sagledavanjima (Sabov 2009/2010) zaključeno je da je moguće otkopati i oko 5 Mm<sup>3</sup> šljunka. Uz sve moguće predviđene i nepredviđene gubitke, koje ovom prilikom usvajamo do 30%, kao finalni proizvod možemo očekivati :

⊕ *Oko 3,5 Mm<sup>3</sup> separisanog šljunka.*

Ekonomska razmatranja su preliminarna i okvirna, a baziraju na trenutnim prosečnim cenama ovih NMS na tržištu republike Srbije, te iznose :

● *Pri prodajnoj ceni od 10 €/m<sup>3</sup> šljunka "franco" separacija, mogući prihod je 35 Mil. €.*

Ukupni mogući prihodi/rashodi (u vidu statičkih pokazatelja) ovako organizovane proizvodnje na polju "G" mogli bi iznositi :

<i>Prihod od uglja</i>	<i>490 Mil.€, odnosno 93,3% od ukupnog prihoda,</i>
<i>Prihod od NMS</i>	<i>35 Mil.€, odnosno 6,7% od ukupnog prihoda,</i>
<i>Rashodi na uglju</i>	<i>oko 370 Mil.€, odnosno 99% ukupnog rashoda,</i>
<i>Investiciona ulaganja za NMS</i>	<i>oko 1 Mil.€, odnosno &lt; 1% ukupnog rashoda.</i>
<b><i>Dobit od uglja</i></b>	<b><i>oko 120 Mil.€,</i></b>
<b><i>Dobit (U+NMS)</i></b>	<b><i>oko 155 Mil.€ !!!</i></b>

### **3.4. PRIKAZ USLOVA I MOGUĆNOSTI OTKOPAVANJA UGLJA I NMS NA POLJU "VELIKI CRLJENI"**

Razmatrana su na nivou Glavnog rudarskog projekta (Nešić 2005) i Investicionog programa otvaranja površinskog kopa. Površinski kop je u radu od kraja 2008. godine. Tokom 2008 i 2009. godine otkopavao je samo jalovinu, prve količine uglja dao je 2010. godine. Projektnim rešenjem predviđeno je otkopavanje oko 28 Mt uglja; projektnim rešenjima zaključeno je da je moguće otkopati i oko 8,5 Mm<sup>3</sup> šljunka. Uz sve moguće predviđene i nepredviđene gubitke, koje ovom prilikom usvajamo do 30%, kao finalni proizvod možemo očekivati :

⊕ *Oko 6 Mm<sup>3</sup> separisanog šljunka.*

Ekonomska razmatranja su preliminarna i okvirna, a baziraju na trenutnim prosečnim cenama ovih NMS na tržištu republike Srbije, te iznose :

- Pri prodajnoj ceni od 10 €/m<sup>3</sup> šljunka "franco" separacija, mogući prihod je 60 Mil. €.

Ukupni mogući prihodi/rashodi (u vidu statičkih pokazatelja) ovako organizovane proizvodnje na polju "Veliki Crljeni" mogli bi iznositi :

Prihod od uglja	380 Mil.€, odnosno 86,4% od ukupnog prihoda,
Prihod od NMS	60 Mil.€, odnosno 13,6% od ukupnog prihoda,
Rashodi na uglju	oko 240 Mil.€, odnosno 99% ukupnog rashoda,
Investiciona ulaganja za NMS	oko 1 Mil.€, odnosno < 1% ukupnog rashoda.
<b>Dobit od uglja</b>	<b>oko 140 Mil.€,</b>
<b>Dobit (U+NMS)</b>	<b>oko 200 Mil.€ !!!</b>

Ova razmatranja vezana za NMS kompleks su geološki i rudarski delimično obrađena, a tehnološki su razrađena metodom analogije sa postojećim kapacitetima, uslovima i rezultatima prerade. Ekonomska obrada (za deo NMS) je uslovna i preliminarnog je karaktera. U svakom slučaju, rezultati ovih sagledavanja mogu da posluže daljim konkretnijim geološkim, rudarskim, tehnološkim, ekonomskim i plansko-strateškim razmatranjima.

I nakon prestanka eksploatacije uglja na površinskim kopovima "KOLUBARE" ovim pristupom moguće je u saglasnosti sa domaćinskim privređivanjem i principima održivog razvoja obezbediti veoma značajne količine korisnih NMS, koje će poslužiti kao sirovinski potencijal industrijske prerade i industrijske primene za narednih više desetina godina u Lazarevcu i Srbiji.

### 3.5. PREGLEDNI I UPOREDNI PRIKAZ PRETHODNIH STAVOVA

Analizirajući prethodne stavove, neminovno se nameće pitanje o vrednovanju navedenih ležišta prema njihovoj veličini, količinama uglja i pratećih korisnih NMS, kao i prema vrednosti iskazanoj preko statičkih vrednosnih pokazatelja. Naravno, kao najznačajnije ležište nametnulo se "polje E"; dok se za drugo mesto ravnopravno bore "polje G" i "Veliki Crljeni". Njihov relativni uzajamni odnos može se videti iz nekoliko narednih dijagrama.



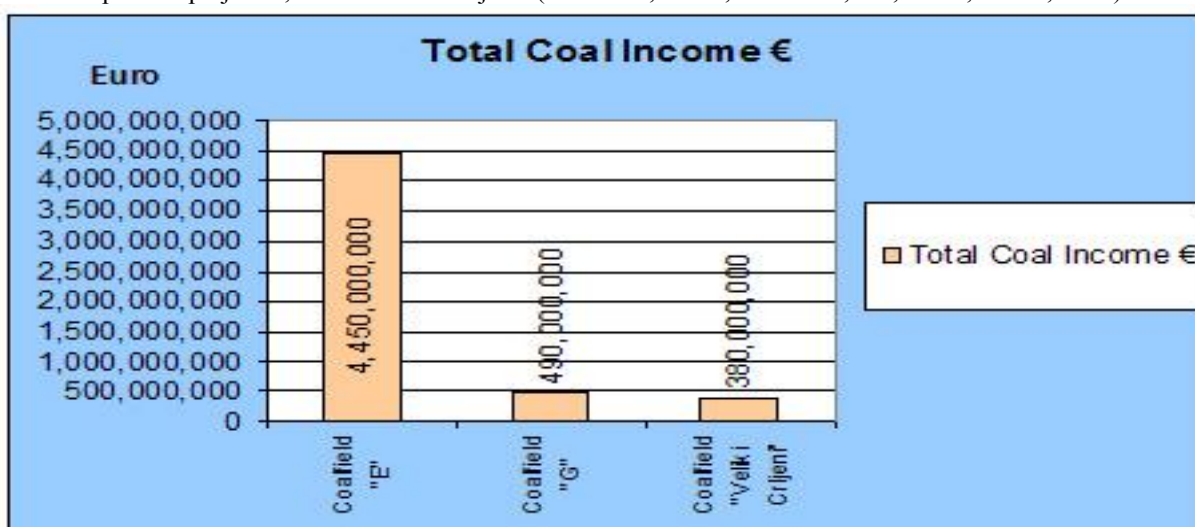
Dijagram 1. Naturalni pokazatelj eksploatacionih rezervi uglja na projektovanim površinskim kopovima polje "E", "G" i " Veliki Crljeni" (Vučković, Jevtić, Kitanović, Ilić, Nešić, Sabov, 2010)



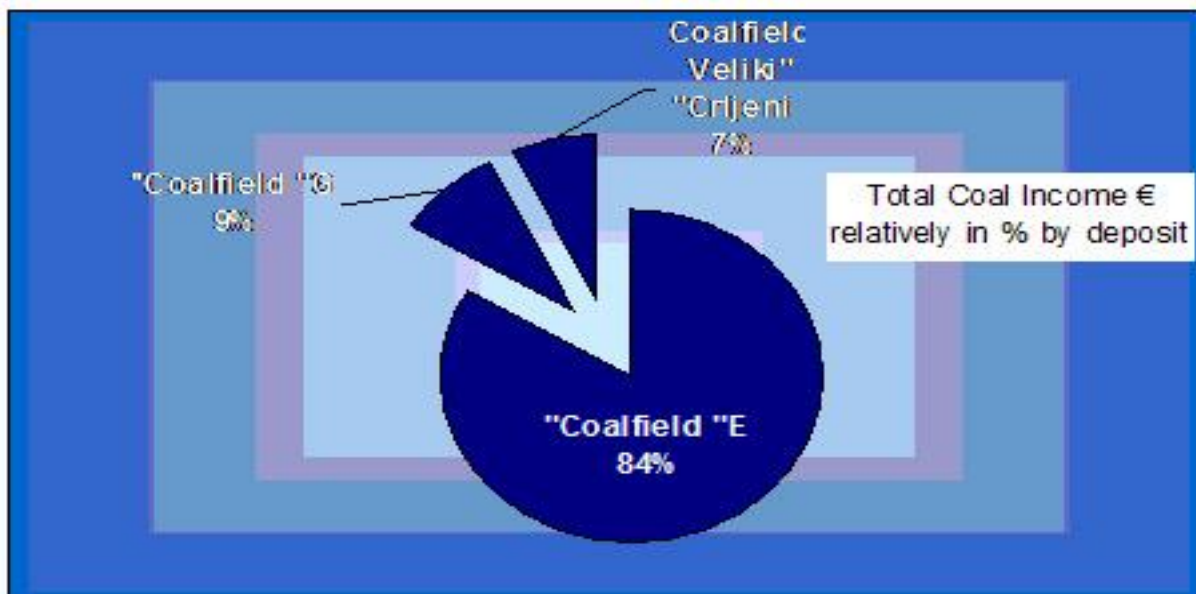
Dijagram 2. Naturalni pokazatelj eksploatacionih rezervi šljunka na projektovanim površinskim kopovima polje "E", "G" i "Veliki Crljeni" (Vučković, Jevtić, Kitanović, Ilić, Nešić, Sabov, 2010)



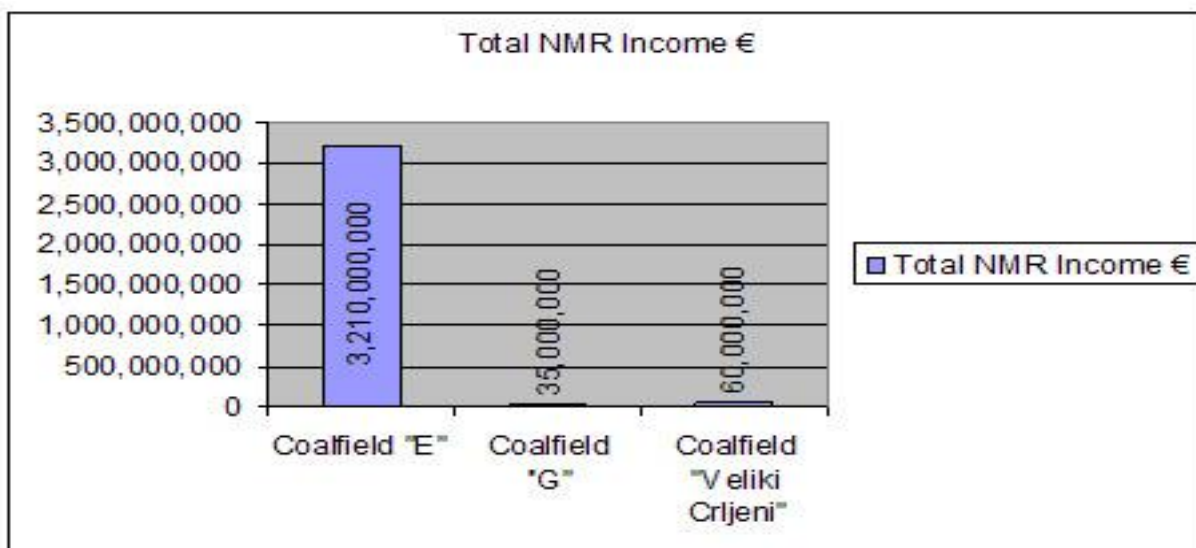
Dijagram 3. Naturalni pokazatelj eksploatacionih rezervi kvarcnog peska na projektovanim površinskim kopovima polje "E", "G" i "Veliki Crljeni" (Vučković, Jevtić, Kitanović, Ilić, Nešić, Sabov, 2010)



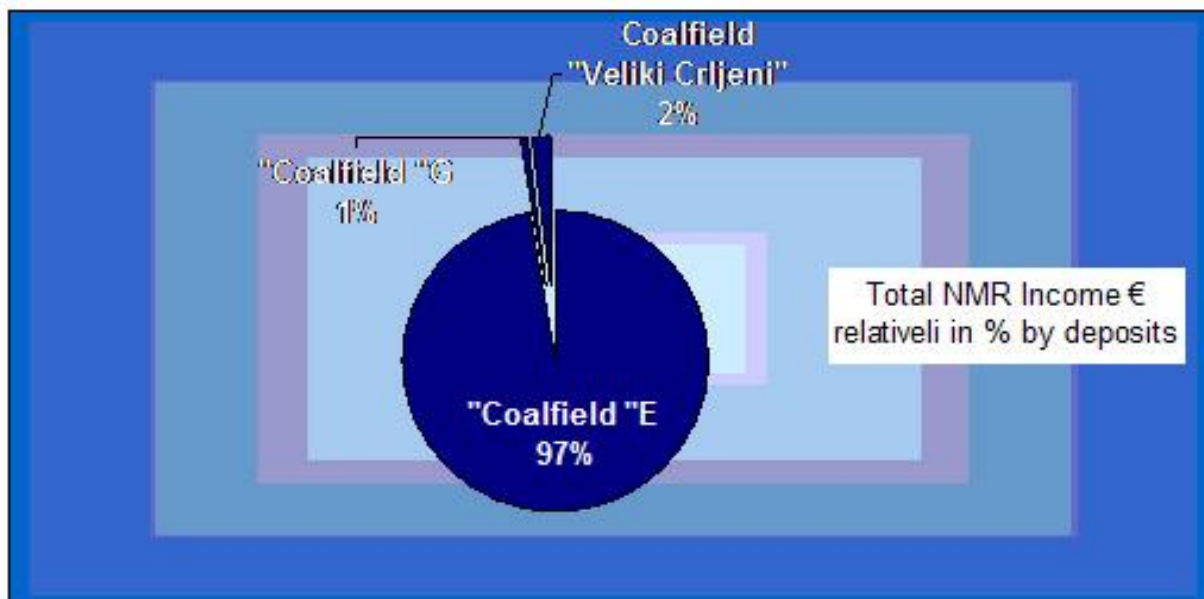
Dijagram 4. Vrednosni statički pokazatelj prihoda od uglja na projektovanim površinskim kopovima polje "E", "G" i "Veliki Crljeni" (Vučković, Jevtić, Kitanović, Ilić, Nešić, Sabov, 2010)



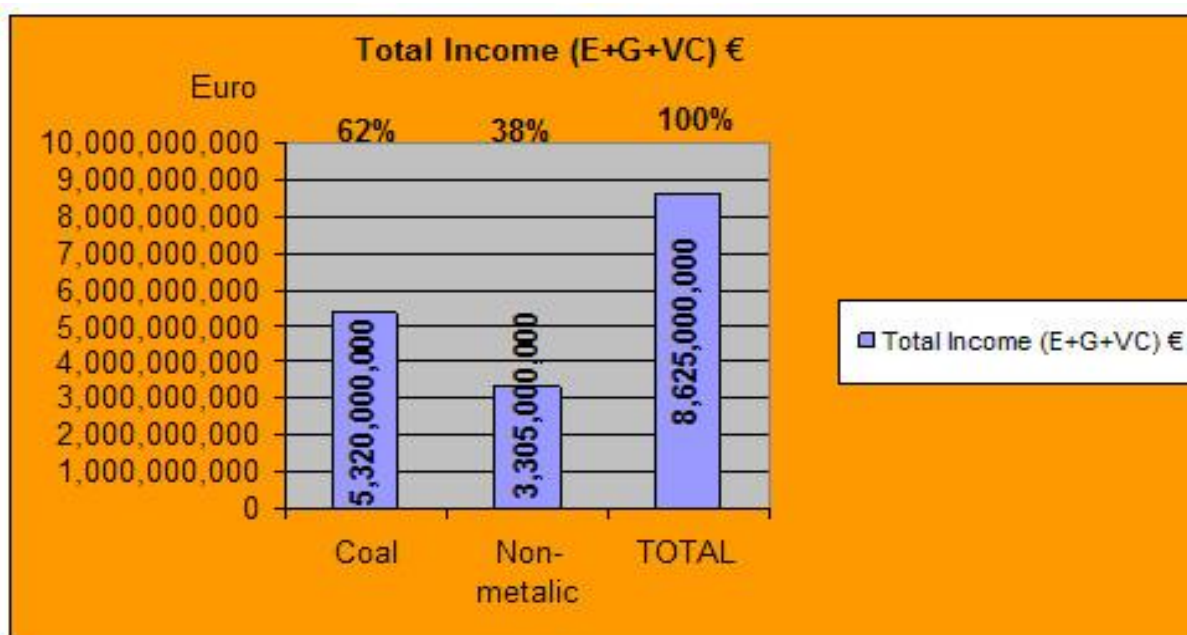
**Dijagram 5.** Relativno % učešće ukupnog prihoda na uglju na površinskim kopovima "E", "G" i "Veliki Crljeni" (Vučković, Jevtić, Kitanović, Ilić, Nešić, Sabov, 2010)



**Dijagram 6.** Vrednosni statički pokazatelj prihoda od NMS na projektovanim površinskim kopovima polje "E", "G" i " Veliki Crljeni" (Vučković, Jevtić, Kitanović, Ilić, Nešić, Sabov, 2010)



**Dijagram 7.** Relativno % učešće ukupnog prihoda na NMS na površinskim kopovima "E", "G" i "Veliki Crljeni" (Vučković, Jevtić, Kitanović, Ilić, Nešić, Sabov, 2010)



**Dijagram 8.** Vrednosni statički pokazatelj ukupnog prihoda od uglja i od NMS na projektovanim površinskim kopovima polje "E", "G" i "Veliki Crljeni" i njihov relativni % odnos (Vučković, Jevtić, Kitanović, Ilić, Nešić, Sabov, 2010)

Iz prikazanog preglednog dijagrama 8 uočava se ono što u stvari predstavlja i osnovnu crtu ovog sažetog rada. A to je da potencijalna i pretpostavljena vrednost NMS kompleksa iznosi izuzetnih 38% od ukupne vrednosti prihoda koji se može ostvariti proizvodnjom na tri navedena buduća površinska kopa. Pa čak i iznos moguće ukupne dobiti od NMS od 3,3 Mrd € ne može ostaviti čitaoca ovog rada ravnodušnim.

#### **4. ZAKLJUČAK U SKLADU SA PRINCIPA ODRŽIVOG RAZVOJA**

Zaključak je takođe i da će nakon prestanka eksploatacije uglja na površinskim kopovima "KOLUBARE" ovim pristupom, a u saglasnosti sa principima održivog razvoja, biti obezbeđene veoma značajne količine korisnih NMS, koje će poslužiti kao sirovinski potencijal industrijske prerade i industrijske primene za narednih više desetina godina u Lazarevcu i Srbiji.

#### **LITERATURA**

1. ANĐELKOVIĆ, N., SABOV, D., i dr., 2010. Elaborat o rezervama uglja ležišta polje "G", stanje 31.12.2008. godine, str. 148, RB "Kolubara", Ogranak "Kolubara-Površinski kopovi", Baroševac, 2010.
2. BABIĆ, M. VUČKOVIĆ, B. i dr., 2008. Elaborat o rezervama uglja polja E, Kolubarski ugljonosni basen, Srbija, Stanje 31.12.2006. godine, str. 236; PD RB "Kolubara", DP "Kolubara-Površinski kopovi", Baroševac, 2006.
3. VUČKOVIĆ, B., BOGDANOVIĆ, V., RADOVANOVIĆ, B., i dr., 2006. Projekat geoloških istraživanja ležišta uglja polje E, kolubarski ugljonosni basen, str. 259; PD RB "Kolubara", DP "Kolubara-Projekt", Lazarevac, 2006.
4. VUČKOVIĆ, B., BUKVIĆ, B., BELJIĆ, N., RADOVANOVIĆ, B., 2010. Elaborat o rezervama uglja ležišta Veliki Crljeni, Kolubarski ugljonosni basen, stanje 31.12.2008. godine, str. 180, RB "Kolubara", Ogranak "Kolubara-Projekt", 2010.
5. ILIĆ, Z., SABOV, D., VUČKOVIĆ, B. i dr. 2007, Studija izbor ograničenja i otvaranja površinskog kopa "Južno Polje" u kolubarskom ugljonosnom basenu, str 348, PD RB "Kolubara", DP "Kolubara-Projekt", Lazarevac, 2007.
6. JEVTIĆ, B., VUČKOVIĆ, B., i dr., 2005. Studija – Izbor ograničenja i otvaranja površinskog kopa polje E za kapacitet od 12 miliona tona uglja godišnje, str. 275; PD RB "Kolubara", DP "Kolubara-Projekt", Lazarevac, 2005.
7. KITANOVIĆ, B., VUČKOVIĆ, B. i dr., 2008. Idejni program sa studijom opravdanosti otvaranja i izgradnje površinskog kopa polje E, str. 260; RB "Kolubara", "Kolubara-Projekt", Lazarevac, 2007.
8. NEŠIĆ, D., RADOVANOVIĆ, B., VUČKOVIĆ, B., i dr., 2006. Glavni rudarski projekat površinskog kopa Veliki Crljeni, str. 648, RB Kolubara, "Kolubara-Projekt"
9. SABOV, D., VUČKOVIĆ, B., i dr., 2010. Idejni projekat otvaranja i izgradnje površinskog kopa "Polje G", str. 417, RB Kolubara, Ogranak "Projekt", Lazarevac
10. Stručna i fondovska dokumentacija RB "Kolubara"



# REKULTIVACIJA ODLAGALIŠTA JALOVINE I DEPONIJE PEPELA I ŠLJAKE PD RB KOLUBARA I TE VELIKI CRLJENI - IZVOĐENJE RADOVA NA TERENU

**Aleksandar Rakić, Vojislav Filipović, Ivana Rakić, Zoran Racić, Vladislav Vasiljević,  
Duško Obradović**

*PZIO „KOLUBARA – USLUGE“ d.o.o. Lazarevac*

## UVOD

Procesom površinske eksploatacije uglja u potpunosti se menja slika prvobitnih predela. U Kolubarskom basenu preovlađuju gajnjača i pseudoglej, smonica, livadsko zemljište, ritska crnica, aluvijum. Otkopavanjem otkrivke prirodno zemljište se potpuno narušava i humusni, najkvalitetniji sloj se zatrpava. Novoformirani supstrati nazvani su deposolima ili tehnogenim zemljištima. Po mehaničkom sastavu ovi materijali pripadaju različitim tekstualnim klasama, od lakih peskovitih ilovača i ilovastih peskova do težih glina. Sastav ovih zemljišta jako utiče i na druga fizička svojstva, kao što su kapacitet primanja i zadržavanja vode, brzinu filtracije i infiltracije, aerisanost i dr. Hemijske analize pokazuju nedostatak organske materije, a samim tim i nedostatak azota. Samo u retkim slučajevima sadržaj humusa je iznad 1%, što nije dovoljno za uspešan razvoj vegetacije. PH vrednost se kreće od 5,9 do 7,6. Područja koja su degradirana jalovinom nekada su bila očuvana u neporemećenom ekosistemu. Sada se ova područja moraju rekultivisati, što je dugotrajan i skup proces, jer podležu zakonskoj regulativi iz oblasti rekultivacije degradiranih površina iz Zakona o rudarstvu. Jalovišta postaju izvori zagađivanja ne samo zbog degradiranja područja gde je isto locirano, već i zbog podizanja prašine koja zagađuje vazduh i raznosi se na okolno zemljište i naselja. Sama rekultivacija podrazumeva složen postupak inženjerskih, agrotehničkih, meliorativnih i drugih radova, a sve su usmerene ka istom cilju – obnavljanju reproduktivnih sposobnosti i stvaranju organizovanih (kulturnih) predela. Generalno posmatrano, u okviru rekultivacije degradiranih površina potrebno je primeniti tehničke, biotehničke i biološke mere:

1. Tehničke mere doprinose poboljšanju otpornih i deformabilnih karakteristika odlagališta, koje direktno utiču na povećanje erozione stabilnosti kosina i privođenju površina budućoj nameni (biološkoj rekultivaciji).
2. Biotehničke mere zajedno sa tehničkim merama doprinose bržem postizanju i održavanju trajne stabilnosti odlagališta.
3. Biološke mere podrazumevaju primenu poljoprivrednih i šumskih melioracija, koje doprinose stabilnosti i održavanju rekultivisanih površina ali su mnogo značajnije sa aspekta revitalizacije prostora i uspostavljanju prirodnih biocenoza.

## RASADNIČKA PROIZVODNJA

U lancu sistema rekultivacije jedna od osnovnih karika je proizvodnja šumskih sadnica. Može se konstatovati da od izbora vrste za pošumljavanje i kvaliteta sadnog materijala dobrim delom zavisi uspeh pošumljavanja i budućí razvoj kultura. Proizvodnja sadnog materijala za potrebe biološke rekultivacije u okviru RB „Kolubara“ dobrim delom se odvija u Šumskom rasadniku „Baroševac“ u okviru preduzeća „Klubara-Usluge“.

Šumski rasadnik „Baroševac“ je jedini u našoj zemlji i jedan od retkih u svetu u kome se uspešno odvija proizvodnja sadnica na antropogenim zemljištima. Ukupna površina Rasadnika je oko 17 ha. Organizovanje je po klasičnom principu za šumske rasadnike i sastoji se iz tri dela: ožilišta, semeništa i pikirišta. Sadnice lišćara se proizvode u klasičnim lejama u semeništu i u zavisnosti od vrste koriste se za pošumljavanje posle prve ili druge godine starosti ( 1+0 i 2+0), a jedan broj se dalje školuje kao drvoredne sadnice. Rasadnik poseduje i dva plastenika sa izgrađenim lejama, sistemom za orošavanje i

zaštitnom mrežom, ukupne površine 5 ari. U jednom plateniku odvija se proizvodnja sadnica putem vegetativnog razmnožavanja, odnosno ožiljavanjem reznica skinutih sa matičnih biljaka (Slika 1). U drugom plateniku se vrši proizvodnja sezonskog cveća (Slika 2). Proizvodnja se odvija u dva turnusa. U prvom turnusu se proizvodi sezonsko jednogodišnje cveće. Setva se odvija krajem februara i početkom marta. Kapacitet je do 50 hiljada biljaka. Drugi turnus proizvodnje počinje u julu mesecu. Zastupljene su dvogodišnje vrste, a krajem septembra i početkom oktobra biljke su spremne za sadnju. Kapacitet proizvodnje je takođe do 50 hiljada biljaka. Najveći deo proizvodnje ide za potrebe RB „Kolubare“ a manji deo u slobodnu prodaju.



Slika 1



Slika 2

## REKULTIVACIJA JALOVIŠTA

U dosadašnjoj rekultivaciji kolubarskog basena prve kulture su zasađene 1957 i 1969 godine. Trenutno je šumom pokriveno oko 950 ha, lišćarsko-četinarskog sastava. Najviše su zastupljene kulture crnog i belog bora na oko 200 ha. Od vrsta su još zastupljeni ariš, duglazija, bagrem, jasen, jova, topola. Odnos između lišćarskih i četinarskih vrsta je 32:68 %.

### ➤ Tehnička rekultivacija

Služba za biološku rekultivaciju i zaštitu životne sredine preduzeća „Kolubara-Usluge“ izvodila je radove tehničke rekultivacije na spoljnjem odlagalištu kopa „Drmno“ (Slika 3). Kako je pomenuto odlagalište jalovine predstavljalo ekološki problem i to:

- eolska erozija koja je peskom zatrpavala okolne površine i naselja
  - vodna erozija koja je spirajući pesak isti nanosila na poljoprivredne površine i vodotokove,
- pristupilo se tehničkoj rekultivaciji koja se sastojala u sledećem:
- Seča samoniklih stabala topole, bagrema i retkog prizemnog rastinja na površini od 93 ha.
  - Nivelacija obe jalovinske etaže, na površini od 93 ha, čime su stvoreni uslovi za humusiranje i poljoprivrednu proizvodnju.
  - Izrada glavnog makadamskog puta širine 6,5 m i dužine 240 m koji je rađen u 4 sloja.
  - Sporedni makadamski put širine 5 m i dužine 1184 m koji je rađen u 3 sloja
  - Kružni zemljani put u dužini od 885 m i širine 5 m.
  - Izradi jezera sa stepenastim nasipima, za potrebe navodnjavanja budućih poljoprivrenih i šumskih kultura jezero je izgrađeno na najvišoj tački odlagališta. Zapremina mu iznosi 24 000 m<sup>3</sup> a njegovo punjenje će se vršiti podzemnim vodama sa samog kopa putem pumpi i cevovoda
  - Izrada kosina oko čitave gornje jalovinske etaže u padu 1:3
  - Sanacija 4 ha klizišta izradom terasa
  - Humusiranje 10,9 ha gornje jalovinske etaže u sloju humusa od 20 cm. Izuzetno kvalitetan humus je obezbeđen sa eksproprijisanih njiva oko samog rudnika čime je stvoren kompletan uslov za biološku rekultivaciju.



Slika 3

### ➤ **Biološka rekultivacija**

Biološka rekultivacija odlagališta se pored poljoprivredne proizvodnje odnosi na pošumljavanje i izradu vetrozaštitnih pojaseva.

#### **1. Pošumljavanje pepelišta**

Deponija pepela TE „Kolubara“ Veliki Crljeni je prostorna celina sa potpuno uništenim biodiverzitetom, izraženom eolskom erozijom i potpuno sterilnim supstratom. Kao takva ova degradirana površina ima direktno loš uticaj na zdravlje okolnog stanovništva, životinja, biljnog pokrivača, poljoprivrednih kultura, zagađenje okolnih vodotokova i zemljišta. Pepeo iz termoelektrana nastaje kao produkt sagorevanja uglja i kao takav se putem cevovoda odlaže u bazene na nasipima, tzv. kasete koje se nalaze u neposrednoj blizini termoelektrane. Po hemijskom sastavu u pepelu dominiraju oksidi Si, Al, Fe i ako se dodaju nepovoljne fizičko-mehaničke i vodno-fizičke osobine može se konstatovati da je pepeo neodgovarajući supstrat za rast i razviće biljaka. Izabrane vrste za rekultivaciju treba da imaju skromne potrebe za biljnim asimilatima, dobro razvijen korenov sistem i da omogućavaju naseljavanje i razvoj druge vegetacije. Pogodne vrste su: Pinus nigra (crni bor), Ulmus pumila (sibirski brest), Tilia parvifolia (sitnolisna lipa) i Robinia pseudoacacia (bagrem, Slika 4). Starost sadnica je obično 2+0; 3+0; 1+2; i 2+2. Postupak rada je takav da se prvo izvrši obeležavanje mesta za bušenje rupa za sadnju i to u trouglastom rasporedu na rastojanju 6 m. Nakon obeležavanja pristupa se mašinskom bušenju jama traktorskom burgijom prečnika 400 mm. U spremljene jame lopatom se ubacuje treset i to 3kg po jami. Istovremeno se dodaje i polimer, 2g po jami. Sadnice kojima se vrši pošumljavanje moraju biti korenom potopljene u vodu, najmanje 24 časa pre sadnje. Sadnja se vrši po redovima počev od ivice kasete i to : 2 reda crnog bora, 2 reda bagrema, 2 reda sibirskog bresta i 2 reda sitnolisne lipe. Sadnice se moraju dobro nagaziti i oko njih se mora formirati tanjirasto udubljenje kako bi se što bolje prikupili i zadržali atmosferski talozi, kao i voda pri zalivanju. Zalivanje se vrši odmah nakon sadnje sa po 20 lit. vode po sadnici a mora se ponoviti još tri puta u sezoni. Oko stabla svake sadnice se postavlja individualna zaštita (PVC mreža), tako da ne ometa razvoj grana. Cilj individualne zaštite je da zaštiti sadnicu od visoke i niske divljači kao i domaćih životinja. Do sada je izvršena rekultivacija na kaseti 1 P= 13 ha, kaseti 2 P=14 ha kao i podizanje vetrozaštitnog pojasa oko ovih kaseti.



Slika 4

## **2. Pošumljavanje dela odlagališta „Tamnava Zapadno polje“**

Zemljište predviđeno za pošumljavanje ovog lokaliteta odlikuje se malim sadržajem humusa i slabo je kisele reakcije. Ovaj deponovani materijal se odlikuje nepovoljnim vazdušnim svojstvima kao i vodnim karakteristikama. Gornji sloj jalovišta su skloni eolskoj i vodnoj eroziji sa izraženim brazdama i jarugama. Sam teren je pod blagim nagibom. Površina na kojoj je izvršena sadnja iznosi 7 ha i 15 ari a korišćene vrste su: crni orah (297 sadnica), divlja trešnja (1080 sadnica), topola (690 sadnica) i bagrem (1475 sadnica). Na terenu sadnja je vršena u rupe prečnika 600 mm u kvadratnom rasporedu na rastojanju 4m.

## **3. Pošumljavanje završne kosine na odlagalištu „Tamnava Istočno polje“**

Rekultivacija je vršena na izrazito strmim škarpama na zemljištu koje pod teksturnoj klasi pripada glinovitim ilovačama, alkalne reakcije. Ukupna površina za sadnju je iznosila 4,07 ha u osam razdvojenih škarpi. Sadnja je vršena u rupe prečnika 350 mm, bušene ručnom bušilicom STIHL MS 350, na rastojanju od 3 m.

Korišćene vrste za sadnju su:

- Pinus nigra (crni bor)
- Quercus petraea (lužnjak)
- Tilia tomentosa (bela lipa)
- Acer platanoides (mleč)
- Betula verrucosa (breza)
- Pyrus pyraister (divlja kruška)

Uspešnost sadnje u svim navedenim slučajevima je vrlo visoka i prelazi 90 % . Ekonomska vrednost šuma rudarskog basena je velika, ali ona prevashodno ima ulogu u zaštiti životne sredine, sprečavanju eolske i vodne erozije, emisije štetnih gasova. Ne treba zanemariti turistički i sportski značaj, pre svega lovni turizam.

*PD RB „KOLUBARA“ i PZIO „KOLUBARA – USLUGE“ ulažu velike napore da na svim degradiranim površinama izvrše rekultivaciju i prevedu ih u poljoprivredne ili šumske površine kako bi se smanjili štetni uticaji na okolinu i obezbedili uslovi za što kvalitetniji život.*

## MIKROBIOLOŠKA AKTIVNOST DEPOSOLA JALOVINE SPOLJNOG ODLAGALIŠTA PK DRMNO-KOSTOLAC

### MICROBIAL ACTIVITY DEPOSITIS OF BARREN SOIL ON EXTERNAL LANDFILL FROM OPEN COAST COAL MINNING DRMNO – KOSTOLAC

Jasminka Đorđević-Miloradović, Miroljub Miloradović, Nataša Savić

*PD Rekultivacija i ozelenjavanje, Kostolac*

#### REZIME

Ekološka restauracija je proces oporavka ekosistema koji su degradirani, oštećeni ili uništeni. Merenje mikrobiološke zajednice u zemljištu pruža odgovore na važna pitanja kao što je uspeh restauracije ekosistema i vraćanje njegovih osnovnih funkcija i biodiverziteta. Za ocenu efekata melioracije i rekultivacije metodom ispitivanja mikrobiološke zajednice izabrane su kosine odlagališta bez meliorativnih tretmana po sastavu lesoidna peskuša, ravne površine odlagališta posle teničke pripreme i meliorisane zeolitom i ugljenom prašinom, meliorisane i rekultivisane površine pod uljanom repicom koja je gajena za zelenišno ljubivo uz dodatak 500 kg NPK đubriva i površine meliorisane i rekultivisane travno-leguminoznom smešom. Rekultivacija ravnih delova odlagališta posle melioracije setvom i gajenjem uljane repice uz dubrenje NPK đubrivima dovodi do povećanja svih grupa mikroorganizama. Dalji tretmani u rekultivaciji setvom travno-leguminoznih smeša uz dubrenje NPK đubrivom povećavaju prisustvo i količine bakterija, gljiva i *Azotobacter sp.*, ali je povećanje manje od očekivanog. Povećanje ukupne količine bakterija pozitivno utiču na povećanje amonifikatora, kvasaca i *Azotobacter sp.*, a njihovo povećanje inhibira porast aktinomiceta i gljiva. Količine izdvojenog CO<sub>2</sub> (mereno u mg/100 g zemlj. za 24<sup>h</sup>) kreću se od 13,5 do 23,4. Svojom metaboličkom aktivnošću na ove procese najviše utiču bakterije, gljive i mikroaerofilni kvasci.

**Ključne reči:** deponije jalovine, melioracija, rekultivacija mikroorganizmi, zemljišno disanje

#### SUMMARY

Ecological restoration is the process of recovering ecosystems are degraded, damaged or destroyed. Measurement of microbial communities in soil provides answers to important questions such as the success of ecosystem restoration and return of its core functions and biodiversity. For evaluating the effects of reclamation and cultivation by testing microbial communities were selected slope landfill without treatment ameliorated by the composition less-sand, flat surface disposal site after data sheet preparation and meliorated zeolite and coal dust, and re-cultivated meliorated area under oilseed rape, plus 500 kg of NPK fertilizer and surface meliorated and re-cultivated grass-legume mixture. Flat parts reclamation landfill reclamation after sowing and growing of oilseed rape with the fertilization of NPK fertilizer resulted in an increase in all groups of microorganisms. Further treatment for reclamation seeding grass-legume mixtures fertilization with NPK fertilizer increased presence and quantity of bacteria, fungi and *Azotobacter sp.*, but an increase less than expected. Increase the total amount of bacteria have a positive impact on increasing aminodegraded bacteria, yeasts and *Azotobacter sp.*, and their increase inhibits growth of actinomycetes and fungi. Amounts of CO<sub>2</sub> (measured in mg/100 g soil. for 24 hours) range from 13.5 to 23.4. Its metabolic activity in these processes most affecting bacteria, fungi and microaerophilic yeasts.

**Key words:** landfill waste, land reclamation, reclamation of microorganisms, soil respiration

#### PROBLEM NASTANKA JALOVOG ZEMLJIŠTA I POJAM REKULTIVACIJE

Gubitak plodnog zemljišta usled intezivnog rudarenja, urbanizacije, neprimerene eksploatacije za poljoprivrednu proizvodnju je danas svetski problem, posebno u svetlu nestašice hrane i globalnih klimatskih promena. U Engleskoj je na primer, iz navedenih razloga izgubljeno 0,4% plodnog zemljišta (Hobbs & Harris, 2001). U Srbiji se gubitak zemljišta dešava iz sličnih razloga, a na mapi

Srbije najveći gubici su površinski kopovi uglja lignita, Kolubarski i Kostolački. U Srbiji se godišnje proizvede oko 40 miliona tona uglja u pomenutim ugljenim basenima. Tehnologija eksploatacije uglja ima za posledicu nastanak velikih količina jalovinskih deponija u kojima je na potpuno neselektivan način izmešana smesa zemljišnog materijala različite geneze i litoloških slojeva. Prvo se uništava i uklanja plodno zemljište, a zatim nastaju deponije jalovine koje svojim agrohemijskim osobinama spadaju u siromašna zemljišta koja ne mogu da obezbede uslove za poljoprivrednu proizvodnju.

Ekološka restauracija je relativno nov termin koji je zamenio pojam rekultivacija u svetlu novih potreba i saznanja. Ekološka restauracija je proces oporavka ekosistema koji su degradirani, oštećeni ili uništeni (SER, 2002). Poznato je da su procesi oporavka ekosistema veoma spori, a procesi pedogeneze još sporiji. Ono što stoji na kraju za svakog napora za rehabilitacijom ekosistema uništenog površinskom eksploatacijom uglja i deponovanjem je jalovina je vraćanje zemljišta koje je zauzeto prvobitnom kvalitetu i funkciji. Svi programi i planovi za rehabilitaciju zemljišta zasnivaju se na nizu meliorativnih i bioloških mera koje se preduzimaju u dužem periodu kao što je tehnička priprema, unošenje organo-mineralnih đubriva, setva travno-leguminoznih smeša, sadnja drveća i žbunja. Posle primene svih mera ostaje pitanje kvaliteta izvedene restauracije ili pitanje objektivne procene primenjenih mera. Pokušalo se procenom nutritivnih svojstava rehabilitovanog zemljišta ili sa merenjem količine teških metala i procenom rizika od njihovih količina za poljoprivrednu proizvodnju (MAFF, 2000). Arshad and Martin (2002) predlažu analizu količina organskih materija, dubinu humusno-akumulativnog sloja, merenje pH, elektro-provodljivosti, odsustvo zagadivača i zemljišnu respiraciju kao meru rehabilitacije poljoprivrednog zemljišta. Merenje mikrobiološke zajednice u zemljištu pruža odgovore na važna pitanja kao što je uspeh restauracije ekosistema i vraćanje njegovih osnovnih funkcija i biodiverziteta. U tom cilju mikrobiološka zajednica u zemljištu meri se kao: brojnost mikroorganizama ili njihova količina, zastupljenost osobenih vrsta ili funkcionalnih grupa i metabolička aktivnost mereno kao asimilacija ili disanje.

Prateći svetske trendove u oceni uspeha restauracije i rekultivacije deponija jalovine sa površinskog kopa uglja lignita u Kostolcu, u ovom radu smo istraživali mikrobiološku zajednicu na netretiranim deponijama jalovine i pod različitim fizičko-hemijskim i biološkim tretmanima u periodu 2008-2010 godina.

## **MESTO ISTRAŽIVANJA I PRIMENJENE METODE**

Eksploatacija uglja u Kostolačkom ugljenom basenu ima dugu tradiciju i praksu, od kraja 19. veka. Izgradnjom i eksploatacijom uglja na prostoru Drmna (na desnoj obali Dunava) od 1987. proizvodnja uglja se iz godine u godinu povećava, ali i višestruko uvećava problem deponovanja jalovine i njene rekultivacije (Slika 1). Prvih decenija eksploatacije se jalovina odlagala na deponijama tzv. jugo-zapadnog polja. Poslednjih godina sa napredovanjem kopa prema severu i otvaranjem šireg fronta otkopa počelo se sa deponovanjem jalovine u unutrašnje odlagalište rudnika, čime se privremeno rešeno pitanje odlaganja, ali ne i rehabilitacije zemljišta i vraćanja prvobitnoj nameni i funkciji. Zato su prve i najstarije deponije jalovine iz Drmskog ugljenokopa poslednjih nekoliko godina predmet intenzivne rekultivacije. Ona od 2007. godina na delu spoljašnjeg odlagališta Drmno, izvršena je planska tehnička rekultivacija koja je podrazumevala ravnjanje terena, oblikovanje kosina, gde se smenjuju zaravni i kosine sa namerom da se kosine pošume šumskim vrstama drveća, a zaravni koriste za poljoprivrednu proizvodnju (Slika 2).



Slika 1. Površinski kop Drmno



Slika 2. Deponije jalovine na spoljnom odlagalištu u fazi tehničke pripreme za rekultivaciju

Zbog velike heterogenosti pedološkog pokrivača ovog područja i kasnijeg neselektivnog deponovanja, na malom prostoru mogu se sresti nekoliko tipova zemljišta. Najveće površine deposola formirane su od zemljišta koje pripadaju klasi kambičnih zemljišta, tipa gajnjača i klasi nerazvijenih zemljišta različitog mehaničkog sastava, peskovit i lesolika peskuša. Definisana površina od 20 ha na kojoj je izvršena hemijsko biološka rekultivacija po svojim hemijskim, a posebno fizičko mehaničkim osobinama karakterisala se veoma velikom heterogenošću. Što se tiče hemijskih osobina vrednosti aktivne kiselosti pre početka rekultivacije kreću se od 6.64 (neutralna) do 8.08 (slabo alkalna), što ne predstavlja ograničavajući faktor za izvođenje biološke rekultivacije, već naprotiv jedan stabilan kompleks. Vrednosti razmenjive kiselosti kreću se od 4.90 do 7.60. Obezbeđenost deposola humusom na pojedinim mestima je nizak dok na većem delu skoro potpuno izostaje, približavajući se granici detekcije. Provodljivost zemljišta je veoma heterogena, kreće se od 144.1 do 455 uS. Sadržaj makro elemenata (NPK) je veoma nizak. Sadržaj pristupačnih oblika mikroelemenata i ukupni sadržaj (Zn, Mn, Cd, Pb, i dr) nije povećan i ne predstavlja ograničavajući faktor za biološku rekultivaciju. Za melioraciju je na navedenoj površini korišćen zeolit klinoptilolitsko hejlanditskog tipa, sa sadržajem klinoptilolita minimalno 50%, domaćeg je porekla, ZEO KOP, Igroš. Količina zeolite koja je primenjena po jediničnoj površini (ha) iznosi između 4.5 i 5.0 t. Pored zeolita za melioraciju je korišćena ugljena prašina. Proizvod na bazi ugljene prašine koji obezbeđuje zalihe humusa, azota i kalijuma po hektaru je oko 5.000 litara (Grubešić et al., 2010). Kulture koje su gajene na navedenim površinama su travno leguminozna smeša, lucerka i uljana repica. Za ocenu efekata melioracije i rekultivacije metodom ispitivanja mikrobiološke zajednice izabrane su kosine odlagališta bez meliorativnih tretmana po sastavu lesoidna peskuša (Slika 3), ravne površine odlagališta posle teničke pripreme i meliorisane zeolitom i ugljenom prašinom (Slika 4), meliorisane i rekultivisane površine pod uljanom repicom koja je gajena za zelenišno ljubivo uz dodatak 500 kg NPK đubriva (Slika 5) i površine meliorisane i rekultivisane travno-leguminoznom smešom (Slika 6).



Slika 3. Kosine odlagališta, lesoidna peskuša, bez melioracije



Slika 4. Ravne površine odlagališta posle melioracije zeolitom i ugljenom prašinom



Slika 5. Površine meliorisane i rekultivisane pod uljanom repicom





Slika 6. Površine rekultivisane travno-leguminoznom smešom

Mikrobiološke analize radjene su u junu mesecu 2010., uporedo sa ispitivanjem respiracije ili količine izdvojenog CO<sub>2</sub> iz uzetih uzoraka jalovine. Uzorci jalovine uzeti su krajem juna meseca 2010. godine sa dubine 0-20 cm. Za određivanje glavnih grupa mikroorganizama u zemljištu korošćena je indirektna metoda zasejavanja razblaženog svežeg uzorka na selektivne čvste podlohge. Uzorak 1 g svežeg zemljišta razređen je u 100 ml svežeg fiziološkog rastvora. Po 1 ml iz početnog razređenja zasejavan je na selektivne podloge. Određivan je broj kolonijalno funkcionalnih jedinica (ćelija ili spora) (CFU-colonial functional units) po formuli:

$$N_{cfu} g^{-1} soil_{a.s.s} = \frac{a \cdot b \cdot c \cdot d}{e}$$

Gde je  $a$  = srednji broj kolonija na ćvrstoj hranljivoj podlozi iz tri zasejavanja,  $b$  = faktor početnog razređenja od 10<sup>2</sup>,  $c$  = razredjenje za zasejavanje ispitivane grupe mikororganizama 10<sup>3</sup>-10<sup>9</sup>,  $d$  = težina svežeg zemljišta za zasejavanje,  $e$  = težina apsolutno suvog pepela. Početni broj bakterija (BAC g<sup>-1</sup> soil<sub>a.s.s</sub>) kao aerofilnih, mezofilnih, heterotrofnih i hemoorganotrofnih organizama određivan je na minimalnoj podlozi zemljišnog agara po metodi Pochon et al. (1934). Za određivanje broja gljiva (F g<sup>-1</sup> soil<sub>a.s.s</sub>) korišćena je podloga po Chapek-u. Ukupan broj kvasaca (Y g<sup>-1</sup> soil<sub>a.s.s</sub>) na sladnom agaru sa inkubacijom od 30 dana na temperaturi 28<sup>0</sup>C. Medju slobodnim azotofiksatorima određivan je broj ćelija *Azotobacter* sp. (Az g<sup>-1</sup> soil<sub>a.s.s</sub>) na Fjodor-ov agaru. Kao znaćajni mikroorganizmi u provcesima transformacije i pedogeneze na pepelu određivana je brojnost amonifikatora (AM g<sup>-1</sup> soil<sub>a.s.s</sub>) koji transformišu azotna jedinjenja uz oslobađanje amonijaka na mesopeptonskom agaru (MPA). Ukupan broj aktinomiceta (AK g<sup>-1</sup> pepeo<sub>a.s.s</sub>) određivan je zasejavanjem na sintetićkom agaru po Krasiljniko-u (Tate III, 1995). Određjene brojnosti kolonijalno funkcionalnih jedinica pojedinih grupa mikroorganizama se logaritmuju i poredde tabelarno. Za određivanje respiracije uzorkuju se 100 g svežeg zemljišta i inkubira 24 sata na sobnoj temperaturi u prisustvu KOH, a za određivanje kolićine izdvojenog CO<sub>2</sub> koristi se metoda titracije sa HCl u prisustvu indikatora fonolftalena i metiloranž. Statistićka obrada podataka, regresiona i korelaciona analiza radjena je pomoću SAS/STAT programa 4Ver. (Barr et al., 1979).

## REZULTATI

Brojnost, tj. kolićina glavnih grupa mikroorganizama na kosini odlagališta jalovine koji su po svojoj prirodi lesoidna peskuša je skroman, ali je od znaćaja da se u početku procesa pedogeneze pojavljuju sve glavne ispitivane grupe mikroorganizama. Posebno su znaćajno prisustvo slobodnih azotofiksatora (*Azotobacter* sp.), jer je jalovina siromašna organskim oblicima azota. Melioracija ravnih delova odlagališta zeolitom i ugljenom prašinom poboljšava svojstva jalovine i uvodi nove kolićine organskih oblika ugljenika, azota, fosfata i kalijuma, a brojnost glavnih grupa mikroorganizama se povećava (Tab.1).

Tabela 1. Brojnost glavnih grupa mikroorganizama kao  $\log N_{cfu} g^{-1} soil_{a.s.s.}$  na odlagalištima jalovine pri različitim tretmanima melioracije i rekultivacije, gde su BAC-sporogene i asporogene bakterije, AK-aktinobakterije, F-gljive, Az-Azotobacter sp., AM-amonifikatori i Y-vasci

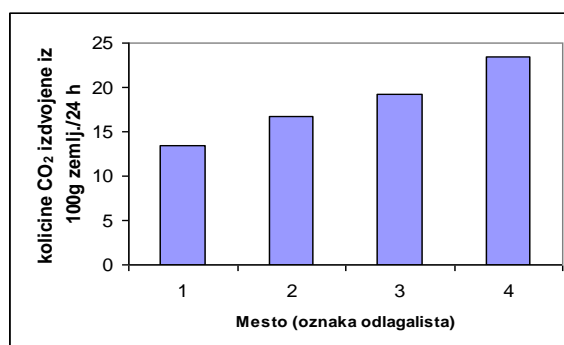
Odlakalište	Tretman i osobine	BAC	AK	F	Az	AM	Y
1. Kosina	Lesoidna-peskuša	6.0449	7.3585	7.6702	7.2335	7.9869	5.6015
2. Zaravan	Mel. zeolitom+uglj. prašina	7.7352	7.5310	7.5011	7.1332	8.1509	6.0914
3. Rek.-uljana repica	Mel.+NPK 500 kg/ha	8.0681	7.3512	7.5815	7.0915	8.4023	6.1534
4. Rek. – trava-leguminoze	Mel.+NPK 500 kg/ha	8.1172	7.0958	8.1372	7.4180	8.0735	6.1086

Rekultivacija ravnih delova odlagališta posle melioracije setvom i gajenjem uljane repice uz djubrenje NPK djubrivima dovodi do povećanja svih grupa mikroorganizama. Dalji tretmani u rekultivaciji setvom travno-leguminoznih smeša uz djubrenje NPK djubrivom povećavaju prisustvo i količine bakterija, gljiva i *Azotobacter sp.*, ali je povećanje manje od očekivanog.

Tabela 2. Korelacioni koeficijent između količina različitih grupa mikroorganizama pri različitim tretmanima melioracije i rekultivacije

	BAC	AK	F	Az	AM	Y
BAC	x					
AK	-0.2401	x				
F	0.2387	-0.9531	x			
Az	0.0211	-0.8455	<b>0.9552</b>	x		
AM	<b>0.6350</b>	0.1946	-0.3854	-0.6384	x	
Y	<b>0.9908</b>	-0.1072	0.1082	-0.1022	<b>0.6865</b>	x

Od početka kolonizacije deponija jalovine i kasnije pod uticajem različitih tretmana povećanje glavnih grupa mikroorganizama rezultat je promena abiotičkih uslova i biološke rekultivacije, ali i između mikroorganizama dolazi do uspostavljanja složenih odnosa kompeticije ili anabioze (Tabela 2). Povećanje ukupne količine bakterija pozitivno utiču na povećanje amonifikatora, kvasaca i *Azotobacter sp.* Njihovo povećanje je inhibirano porastom aktinomiceta i gljiva. Naime, poznato je da se aktinomicete i gljive oportunisti koji su zbog svoje antibiotske aktivnosti jaki kompetitori prema drugim mikroorganizmima.



Slika 7. Prosečna vrednost respiracionog testa iz zemljišta (količine CO<sub>2</sub> mg/100 g zemlj. za 24<sup>h</sup>) na odlagalištu pri različitim melioracionim i rekultivacionim tretmanima

Organski ugljenik u zemljištu nalazi se vezan za humusne metrije, u korenovima biljaka i u sastavu ćelija mikroorganizama. Izdvajanje CO<sub>2</sub> iz zemljišta ili respiracija je samo jedan izraz metabolizma

mikroorganizama, tj. disanja u aerobnim uslovima. Količine izdvojenog CO<sub>2</sub> (mereno u mg/100 g zemlj. za 24<sup>h</sup>) kreću se od 13,5 do 23,4.

Tabela 3. Korelacioni koeficijent između količina izdvojenog CO<sub>2</sub> mg/100 g zemlj. 24<sup>h</sup> iz 100 g zemljišta i količine glavnih grupa mikroorganizama

	CO <sub>2</sub>	BAC	AK	F	Az	AM	Y
CO <sub>2</sub>	x						
BAC	<b>0.8362</b>	x					
AK	-0.7260	-0.2401	x				
F	<b>0.7259</b>	0.2387	-0.9531	x			
Az	0.5308	0.0211	-0.8455	<b>0.9552</b>	x		
AM	0.2763	0.6350	0.1946	-0.3854	-0.6384	x	
Y	<b>0.7544</b>	<b>0.9908</b>	-0.1072	0.1082	-0.1022	0.6865	1

Svojom metaboličkom aktivnošću na ove procese najviše utiču bakterije, gljive i mikroaerofilni kvasci (Tabela 3).

## DISKUSIJA

Ostala istraživanja mikrobijalne količine ili aktivnosti potkrepljuju naša zapažanja na deponijama jalovine spoljnog odlagališta površinskog kopa uglja u Drmnu (Kostolac). Insam & Domsch (1988) su proučavali količine mikroorganizama i zemljišnu respiraciju na starim deponijama jalovine rekultivisane za poljoprivrednu proizvodnju i pod šumskom vegetacijom. Našli su da posle 50 godina đubrenje i ratarenje dovodi do depresije u brojnosti mikroorganizama i smanjene respiracije, što se ne događa pod šumskom vegetacijom. Rizosfera, tanak sloj zemljišta oko korena biljaka, je zona koja sadrži zemljišne mikroorganizme, prvenstveno bakterije i gljivice. Interakcije između mikroorganizama i biljaka su korisne za biljke i korisne za oba činioca (Singht et al., 2004). Na žalost, većina ovih autohtonih i specifičnih vrsta mikroorganizama ostaje nepoznata zbog nemogućnosti da se odgaji i izuči u kulturi, u laboratoriji. Zemljišta je veoma složen sistem koji obuhvata razna mikrostaništa sa različitim fizičko-hemiskim i diskontinualnim uslovima sredine. Mikroorganizmi se prilagođavaju mikrostaništu i žive zajedno u zemljištu, ali sa manje ili više oštrim granicama, u interakciji jedni sa drugima i sa drugim delovima zemljišnih biota. Brojne studije naglašavaju uticaj strukture zemljišta i prostornih izolacije na mikrobnu različitost i strukturu njihovih zajednica (Tiedje et al., 2001). Analiza prostorne distribucije bakterija u microstanišnim nivoima pokazali su da, u zemljištima pri različitim tretmanu đubrenja više od 80% bakterija se nalazi u mikroporama stabilnog zemljišta mikro-agregata (2-20 μm) (Ranjard and Richaume, 2001). Takva microstaništa nude najpovoljnije uslovi za razvoj mikroorganizama u vezi sa snabdevenošću vodom, hranljivim materijam, razmenom gasova i zaštite od predatora. Veličina čestica je imala veći uticaj na mikrobnu raznolikost i strukturu u zajednici nego faktori kao što su prosečni pH i vrsta i količina organskih jedinjenja (Sessitsch et al., 2001). Raznolikost mikroorganizama u delovima sa malim zemljišta čestica bila je veća nego u delovima sa velikim zemljišnim čestica. Među protobakterijama u zemljištu su zastupljeni redovi *Holophaga*, *Acidobacterium* i *Prostheobacter*. U zavisnosti od veličine zemljišnih čestica menja se količinski odnos između navedenih rodova. U zemljištima sitnih čestica, mulj i glina, prevladavaju rodovi *Holophaga*, *Acidobacterium* i *Prostheobacter*, a u zemljištima sa većim česticama (pesak) *Holophaga* i *Acidobacterium*. Ostala istraživanja pokazuju da obilje mikroorganizama i njihovih funkcionalnih grupa zavisi od raspoloživih količina organskih materija u zemljištu (De Fede et al., 2001; Grayston et al., 2001). Smit i dr. (2001) su proučavali pet glavnih grupa bakterija u zemljištu analizom sekvenci 16S rDNK u odnosu na status hranljivih materija. Zemljišta sa viskim sadržajem organskih materija imaju više bakterija iz grupe α-i γ-Proteobacteria, koje u staništu nastupaju po R-strategiji i odlikuju se potencijalno višom stopom rasta. U zemljištima siromašnim organskim materijama povećava se udeo *Acidobacterium* što ukazuje na K-strategiju, tj na bakterije sa nižim potencijalno rasta, ali većim konkurentskim sposobnostima. Zato se predlaže da status

zemljišta u pogledu obetbedjenosti hranljivim materijama ubuduće određuje odnos između broja *Proteobacteria* i *Acidobacterium*.

## LITERATURA

1. De Fede KL, Panaccione DG, Sexstone AJ (2001) Characterization of dilution enrichment cultures obtained from size-fractionated soil bacteria by BIOLOGR community-level physiological profiles and restriction analysis of 16S rRNA genes. *Soil Biol Biochem* 33:1555-1562.
2. Grayston, S.J., Griffith, G.S., Mawdsley, J.L., Campbell, C.D., Bardgett, R.D. (2001) Accounting for variability in soil microbial communities of temperate upland grassland ecosystems. *Soil Biol Biochem* 33:533-551.
3. Grubišić, M. et al. (2010) Stanje, nove mere i tehnologije u biološkoj rekultivaciji zemljišta na spoljnom odlagalištu Drmno, ELEKTRA VI: 274-279 (in press)
4. Hobbs, R.J. & Harris, J.A. (2001) Restoration ecology: repairing the Earth's ecosystems in the new millennium. *Restoration Ecology*, 9, 239–246.
5. Insam, H. & Domsch, K.H. (1988) Relationship between soil organic carbon and microbial biomass chronosequences of reclamation sites. *Microbial Ecology*, 15, 177–188.
6. MAFF (2000) Towards Sustainable Agriculture: A Pilot Set of Indicators. MAFF Publications, Her Majesty's Stationery Office, London.
7. Ranjard L, Richaume A (2001) Quantitative and qualitative microscale distribution of bacteria in soil. *Res Microbiol* 152:707-716.
8. Sessitsch A, Weilharter A, Gerzabek MH, Kirchmann H, Kandeler E (2001) Microbial population structures in soil particle size fractions of a long-term fertilizer field experiment. *Appl Environ Microbiol* 67:4215-4224.
10. Singh, B.K., Millard, P., Whiteley, A.S. and Murrell, J.C. (2004) Unravelling rhizosphere-microbial interactions: opportunities and limitations. *Trends Microbiol.* Aug;12(8):386-93
11. Smit E, Leeflang P, Gommans S, van den Broek J, van MS, Wernars K (2001) Diversity and seasonal fluctuations of the dominant members of the bacterial soil community in a wheat field as determined by cultivation and molecular methods. *Appl Environ Microbiol* 67:2284-2291.
12. Society for Ecological Restoration (2002) The SER Primer on Ecological Restoration. <http://www.ser.org/>.
13. Tiedje JM, Cho JC, Murray A, Treves D, Xia B, Zhou J (2001) Soil teeming with life: new frontiers for soil science. In *Sustainable Management of Soil Organic Matter*. Edited by Rees RM, Ball BC, Campbell CD, Watson CA. CAB International: 393-412.

## **ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE CEROVA OD VODA SA POVRŠINSKIH KOPOVA CEROVO1 I CEROVO2.**

### **LIFE ENVIROMENTAL PROTECTION FROM OPEN PIT CEROVO 1 AND CEROVO 2 WATERS**

**Ruzica Lekovski, Radmilo Rajković, Miomir Mikić**

*Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor*

#### **IZVOD**

Površinski kopovi Cerovo 1 i Cerovo 2 predstavljaju značajan izvor zagađenja ekoloških faktora životne sredine u Cerovu. Rudarski radovi imaju veliki uticaj na degradiranje površina, kao i izmenu režima površinskih i podzemnih voda. Radovi se odvijaju u stenskim formacijama u kojima je razvijen pukotinski tip izdani, a nalaze se između stalnih vodotokova Cerove reke i reke Valja Mare. Postojećim površinskim kopom Cerovo 1 stvorene su vodene akumulacije kao što je akumulacija iza ekološke brane i jezero u napuštenom kopu zapremine 59 508 m<sup>3</sup>. U ovom radu analizira se nastavak eksploatacije na postojećem površinskom kopu Cerovo 1 i otvaranje novog površinskog kopa Cerovo 2, i mogućnost ispumpavanja voda iz akumulacija u cilju zaštite životne sredine.

**Ključne reči:** zaštita životne sredine, vode, površinski kopovi

#### **ABSTRACT**

Open pit Cerovo 1 and Cerovo 2 are significant source of pollution of ecological factors of the environment in Cerovo. Mining works have great influence on the degradation of land, changing the regime of surface and ground water. The works are taking place in the rock formations in which the developed fissure type of aquifer and are located between the permanent rivers and streams Cerova Reka and Valja Mare is worth. The existing surface pit Cerovo 1 has created water reservoirs such as reservoirs behind the ecological dam and the lake of blue water in an abandoned open pit with volume 59 508 m<sup>3</sup>. This article examines the continued exploitation of the existing open pit Cerovo 1 and open a new open pit Cerovo 2 and the possibility of pumping water from reservoirs in order to protect the environment.

**Key words:** life enviromental protection, waters, open pits

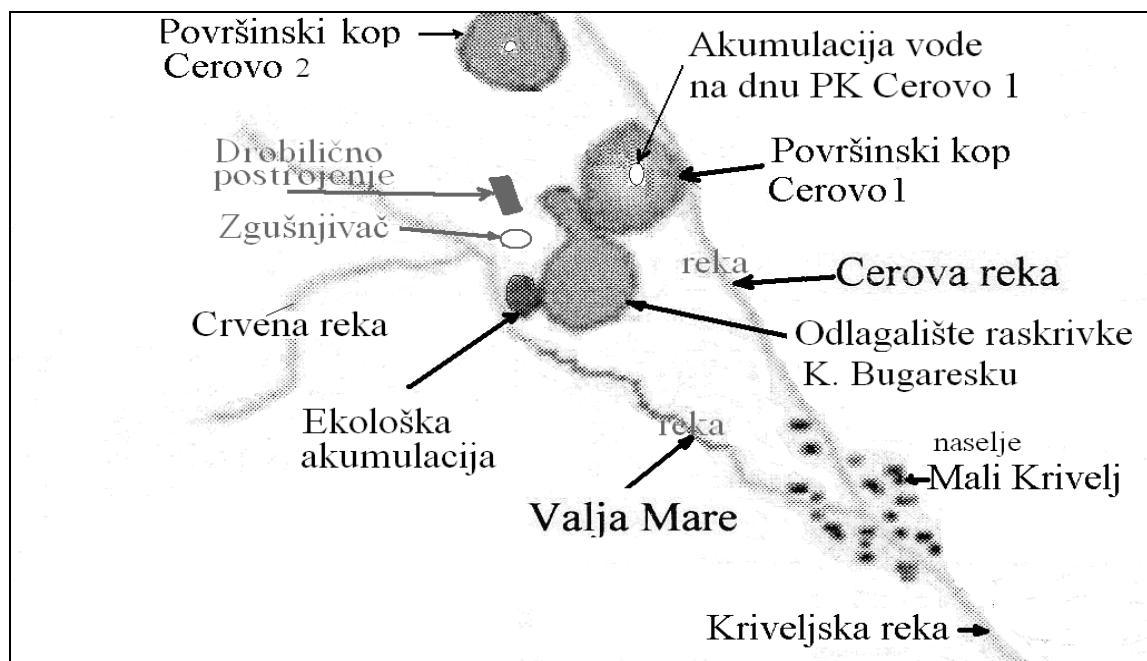
#### **UVOD**

Za nastavak proizvodnje rude bakra na lokalitetu Cerovo, u RTB –u Bor razmatrano je više varijanti. Jedna od varijanti je da se otvori površinski kop Cerovo-Primarno i Drenova (CPD). Za ovu varijantu potrebno je izmestiti deo železničke pruge Bor – Majdanpek u dužini od 1 200 m, železničku stanicu Cerovo i tunel na pruži, zatim dva visokonaponska dalekovoda, izvršiti devijaciju korita Cerove reke izradom odgovarajućeg tunela, i otkupiti velike površine zemljišta najvećim delom pod šumom. Druga varijanta se odnosi na proširenje postojećeg kopa Cerovo 1 i otvaranje novog površinskog kopa Cerovo 2. Za ovu varijantu je urađen Glavni rudarski projekat. Doistražene rezerve bakra omogućavaju proširenje postojećeg površinskog kopa Cerovo 1 prema istoku, jugu i jugozapadu, kao i otvaranje novog površinskog kopa Cerovo 2. Istovremeni rad na oba kopa uskladiće se dinamikom proizvodnje. Dok se otkopava ruda na površinskom kopu Cerovo 1, na rudnom telu Cerovo 2 udaljenom oko 600 m od PK Cerovo–Cementacija 1 (Cerovo1) raskriva se ruda. Postojeći objekat za usitnjavanje rude i postojeća infrastruktura, omogućavaju da se nastavi proizvodnja na rudniku. Jalovina iz proširenog dela površinskog kopa Cerovo 1 i novog otvorenog kopa Cerovo 2 odlagaće se u nastavku postojećeg odlagališta Kraku Bugaresku i to na južnoj strani. Rudna tela Cerovo 3 i 4 zbog povećanog sadržaja oksidne rude bakra nisu razmatrana za eksploataciju. Sadašnja tehnologija flotacije nije pogodna za valorizaciju bakra iz oksidne rude ovih rudnih tela. Konstrukcija površinskih kopova Cerovo 1 i Cerovo 2 izvršena je na bazi overenih rudnih rezervi A, B, i C<sub>1</sub> kategorije. Dno

površinskog kopa Cerovo 1 projektovano je na K+320 m. Najviša tačka je na K+560 m, te je najveća dubina kopa  $H = 240$  m. Oblik površinskog kopa je elipsoidan, čija je duža osa 730 m, a kraća 550 m. Na koti K+515 m ostavljena je šira etažna ravan po kojoj će se vršiti transport rude i jalovine sa površinskog kopa Cerovo 2 do postojećeg postrojenja za preradu, odnosno odlagališta na lokaciji kopa Cerovo 1. Dno površinskog kopa Cerovo 2 projektovano je na K +395 m. Najviša tačka je na K+605 m, te je najveća dubina kopa  $H = 210$  m. Oblik površinskog kopa je elipsoidan, čija je duža osa 610 m, a kraća 370 m. Kop je brdsko-dubinskog tipa. Dubinski deo kopa je od kote K+455 m. Parametri konstrukcije površinskih kopova uslovljeni su: fizičko-mehaničkim karakteristikama stenskog materijala, kvalitetom mineralne sirovine, vrstom mehanizacije koja se koristi za izvođenje radova, intenzitetom razvoja rudarskih radova u planu i po dubini, kao i ostalim parametrima primenjene tehnologije otkopavanja.

### Hidrološke prilike na ležištu

U domenu ležišta Kraku Bugaresku – Cementacija gde spadaju rudna tela Cerovo 1 i Cerovo 2 teren je razußen, brežuljkast do brdovit, ispresecan dolinama vodotoka i jarugama. To važi i za celo rudno polje Mali Krivelj – Cerovo sa neposrednom okolinom. Morfološki se razlikuju tereni izgrađeni od vulkanskih i hidrotermalno izmenjenih vulkanskih stena sa jedne strane, i tereni izgrađeni od krečnjaka sa druge strane. Područje rudnog polja Mali Krivelj – Cerovo, pripada slivu Kriveljske reke (slika 1), a generalno slivu Timoka i Dunava. U hidrološkom smislu značajne su Crvena reka, Valja Mare i Cerova reka, koje kod sela Mali Krivelj formiraju Kriveljsku reku. Ukupna površina sliva Kriveljske reke iznosi oko  $115,7 \text{ km}^2$ . U hidrološkom smislu, značajno je prisustvo vodenih akumulacija nastalih sa dosadašnjom rudarskom aktivnošću, kao što je ekološka akumulacija i jezero na dnu postojećeg površinskog kopa Cerovo 1.



Slika 1. Sliv Kriveljske reke na području Cerova

### Uticaj rudarskih radova na priliv voda

Napredovanje rudarskih radova na površinskim kopovima i dovođenje istih ispod lokalnog erozionog bazisa (najniža kota površinskih vodotokova), usloznjavanja hidrogeološke uslove i to usled blizine reka površinskim kopovima. Uticaj hidrografsko-hidroloških faktora površinskih voda na odvodnjenost ležišta u toku eksploatacije može biti dvojak: direktan - isticanjem u rudarske radove ili indirektan -

infiltracijom kroz stenske mase. Nepovoljnost, u pogledu hidrogeoloških karakteristika, može predstavljati stalni vodotok Cerove reke, čije korito je po istočnom obodu ležišta bakra „Kraku Bugaresku – Cementacija“. Kako bi se ovi faktori odvodnjenosti eliminisali i sprečili neželjeni efekti u toku eksploatacije, projektovana su odgovarajuća hidrogeološka istraživanja u cilju sagledavanja mogućnosti zaštite rudarskih radova od površinskih voda. Pored priliva na račun podzemnih voda, periodično doći će i do priliva na račun atmosferskih padavina, koje utiču na odvodnjenost ležišta.

### **Priliv vode u površinski kop**

Na površinskom kopu „Cerovo-Cementacija 1 (Cerovo 1) formirana je akumulacija vode na dnu kopa usled priliva podzemnih i površinskih voda. Podzemne vode su sistemom prslina, pukotina i raseda dospele na dno kopa. Površinske vode u kop dospele su gravitacijski i usled atmosferskih padavina unutar granice zahvata. Udeo pojedinih voda u odnosu na ukupnu količinu koja je dospela na dno kopa Cerovo 1, zavisio je od meteoroloških, hidrometeoroloških i morfoloških karakteristika užeg područja kopa, kao i veličine samog kopa. Površinski kop „Cerovo-Cementacija“ do krajnje izvedene dubine (K+372) formiran je uglavnom u osnovnim stenskim formacijama (razni varijeteti andenzita) u kojima je razvijen pukotinski tip izdani između stalnih vodotokova Cerove reke i reke Valja Mare. Hidrološka ispitivanja na lokalitetu kopa su utvrdila da se maksimalna količina podzemnih voda kreće oko  $q_i = 60$  l/min, odnosno  $0,06$  m<sup>3</sup>/min. Prosečan priliv iznosi  $0,1$  l/s, odnosno  $6$  l/min. Ovaj priliv korišćen je kod proračuna parametra odvodnjavanja površinskog kopa „Cementacija - 2“

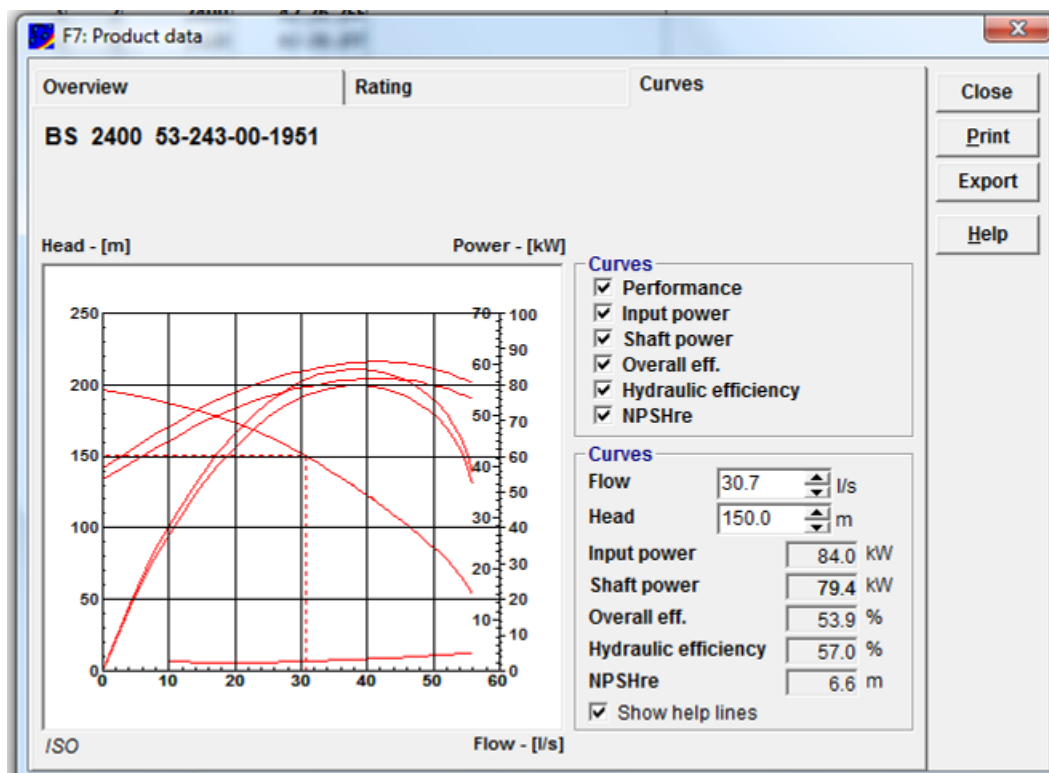
### **Moguća količina otpadnih voda u akumulaciji ekološke brane i na dnu površinskog kopa Cerovo 1.**

Ukupna slivna površina PK Cerovo 1 i Cerovo 2 sa koje se gravitacijski otpadna voda prirodnim putem i kanalima odvodi u ekološku akumulaciju iznosi:  $P_{uk} = 1,453128$  km<sup>2</sup>. Ova vrednost predstavlja sve slivne površine niz koje teče voda koja ugrožava kopove, osim onih voda koje se sprovode u taložnike. Obzirom da se voda dovodi sa strmih slivnih površina većom brzinom oticanja ( $\gamma = 0,5$ ) moguća maksimalna količina vode koja se sliva iznosi  $Q_1 = 65\ 083$  m<sup>3</sup>. Izrađena akumulacija A1 na K+440 je zapremine  $22\ 000$  m<sup>3</sup> povezana je sa ekološkom akumulacijom otpadnih voda A2 na K+430 m nv i zapremine je  $44\ 000$  m<sup>3</sup>, što zadovoljava za smeštaj svih otpadnih voda za maksimalne prilive. Zapremina akumulirane vode na dnu površinskog kopa Cerovo 1 iznosi oko  $V = 59\ 508$  m<sup>3</sup>. U plavim vodama u akumulacijama u Cerovu, prema istraživanjima, bakra ima od  $30-80$  mg/l, dozvoljeno je  $0,1$  mg/l u površinskim vodama.

### **ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE POVRŠINSKIH KOPOVA CEROVO 1 I CEROVO 2 OD OTPADNIH VODA**

Katastrofalne atmosferske vode mogu da dovedu do proboja zaštitnih odvodnih kanala i nekontrolisanog ulivanja u reku Valja Mare i Cerovu reku. Takođe, ekološka akumulacija može da se zapuni usled kiše i dovede do preliivanja vode preko zaštitne ekološke brane i zagadi vode Valja Mare. Usled velikog priliva atmosferskih i podzemnih voda potapa se najniža etaža na površinskom kopu Cerovo 1., dok je otkopni prostor površinskog kopa Cerovo 2 u planu da se zapuni jalovinom sa kopa Cerovo Primarno. U cilju zaštite životne sredine, odvodni kanali za prihvat katastrofalnih atmosferskih voda se stalno prate kako bi bili stalno u funkciji. Ekološka akumulacija se povremeno čisti od mulja koji se odlaze na odlagalište jalovine. Rudničke vode se iz ekološke akumulacije ispumpavaju i cevovodom koji je paralelan sa cevovodom za hidrotransport pulpe do flotacije Veliki Krivelj, odvođe do rezervoara otpadnih voda Jame, gde se posostojećim cevovodom transportuju do flotacijskog jalovišta Veliki Krivelj odakle se ponovo vraćaju u proces flotacije. Potrebna pH vrednost vode pri flotiranju rude se reguliše dodavanjem kreča. Ispumpavanje akumulirane vode iz površinskog kopa Cerovo 1 treba da se vrši postojećom pumpom Flygt BS 2400 HT u ekološku akumulaciju A<sub>2</sub> na K+430 m nv, a odatle u flotacijsko jalovište Veliki Krivelj kao tehničke vode. Srednja geodetska

visina dizanja je  $H_g = 130$  m. Srednji napor pumpe je  $H = 150$  m. Na slici 2 prikazana je radna karakteristika pumpe za srednji napor. Pumpa će se postaviti na plutajući ponton.



Slika 2. Režim rada pumpe Flygt BS 2400 HT

Ispumpavanje akumulirane vode iz površinskog kopa vršiće se samo kada ima dovoljno slobodnog prostora za smeštaj otpadnih voda u ekološkoj akumulaciji i kada je u radu hidrotransport za odvod vode do flotacijskog jalovišta Veliki Krivelj. Sa dijagrama rada pumpe se vidi da je kapacitet ispumpavanja za ove radne uslove  $q = 30,7$  l/s. Potrebno vreme rada pumpe za ispumpavanje akumulacije na dnu kopa Cerovo 1 uz stalan srednji priliv vode od  $q_{sr} = 5,6$  l/s iznosi 34 dana.

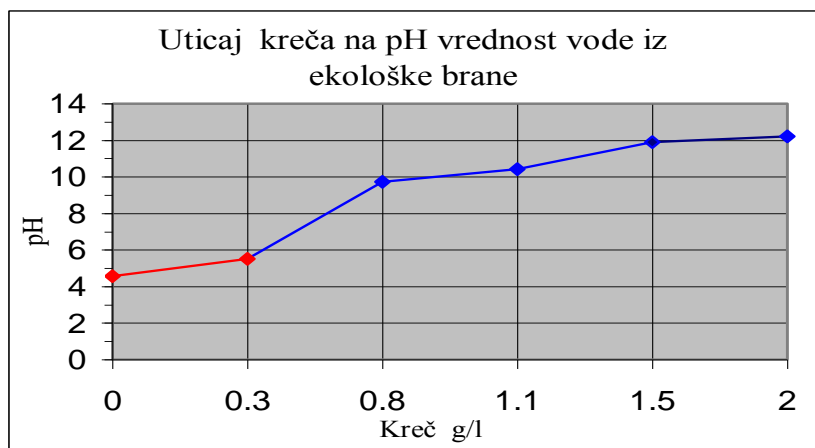
### Regulacija pH vrednosti

Pumpe Flygt 2750 predviđene su za rad u uslovima kiselosti voda koje se javljaju na kopovima Cerovo 1 i Cerovo 2. Pumpe Flygt 2400 konstruisane su za rad u vodama čija je pH vrednost minimalno 5. Iz ovog razloga, sistem ispumpavanja vode je sledeći:

- Na najnižoj otvorenoj etaži biće privremeni vodosabirnik u kome će raditi pumpe Flygt 2750, za vode čija je pH vrednost minimalno 2.
- Na sledećoj etaži biće glavni vodosabirnik u kome će se dodavati komadni kreč u vodu radi obaranja kiselosti do  $pH = 5$ , i vršiće se ispumpavanje vode pumpama Flygt 2400 do ekološke akumulacije.

Neutralizacija kisele vode iz ekološke akumulacije vrši se tretiranjem krečnim mlekom. Na slici 3, prikazana je zavisnost pH vrednosti vode iz ekološke akumulacije od količine kreča koji se koristi za neutralizaciju. Aktivnost kreča koji je korišćen za laboratorijsko ispitivanje neutralizacije iznosila je 81,2 %.





Slika 3. Neutralizacija krečom

Sa dijagrama na slici 3. može da se zaključi da potrebna količina komadnog kreča za dovođenje pH vrednosti vode iz kopa na minimalno  $\text{pH} = 5$ , iznosi  $q_K = 0,3 \text{ g/l}$ . Vode sa povećanom kiselošću biće od stalnih priliva. Pumpa će se postaviti na plutajući ponton. Za maksimalne prilive vode odnosno katastrofalne padavine, voda neće imati dovoljno vremena da izreaguje sa radnom sredinom, i neće biti kiselosti koja može da ugrozi pumpe Flygt 2400.

## ZAKLJUČAK

Primenom kompleksnih mera zaštite od površinskih i podzemnih voda na Cerovu obezbeđuju se optimalni radni uslovi na površinskim kopovima Cerovo 1 i Cerovo 2, povećava se produktivnost rada i profit, a smanjuje se rizik od udesa usled prirodnih katastrofa. Troškovi nadoknade štete vlasnicima ugroženog zemljišta u tom slučaju nema ili su minimalni.

## LITERATURA

1. Tehnički projekat odvodnjavanja koji je u sklopu DOPUNSKOG RUDARSKOG PROJEKTA OTKOPAVANJA RUDE BAKRA IZ LEŽIŠTA CEROVO CEMENTACIJA – KRAKU BUGARESKU ZA GODIŠNJI KAPACITET  $2,5 \times 10^6 \text{ t}$  GODIŠNJE SA VERIFIKACIJOM OPREME ZA PRIPREMU MINERALNIH SIROVINA, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, u Boru 2008,

## **RUDARENJE U ZASAVJU I SMANJENJE NEGATIVNIH EKOLOŠKIH POSLEDICA, ZBOG EKSPLOATACIJE MRKOG UGLJA, SA ERM METODAMA**

### **MINING IN ZASAVJE AND REDUCING NEGATIVE ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF EXPLOATATION OF BROWN COAL, WITH THE ERM METHODS**

**Davorin Žnidarič**

*Slovenija,*

#### **Apstrakt**

Rudarenje i rudarska delatnost, imaju u Zasavskom regionu dugu tradiciju. Iskopavanje mrkog uglja, te upotreba u proizvodnji električne energije, za upotrebu u domaćinstvima i ostalim granama privrede, na lokalnoj i državnoj razini, dugo je godina predstavljala bitnu granu privrede u regionu. Sa pronalaženjem alternativnih te obnovljivih energetske resursa, upotreba Zasavskog uglja se smanjivala. Posebno u zadnjem desetljeću, zbog slabe kvalitete, tako hemijskog, kao i kaloričnog potencijala, te velikog zagađenja, koje je prouzrokovalo upotreba tog energenta u neadekvatnim tehnološkim sistemima i industrijskim postrojenjima. Nova vremena, novi tehnološki procesi, te stroži zakonski propisi za oblast okoline i prirode, tu su granu energetske resurza smanjili na najmanju moguću razinu. Ostala su samo degradirana područja zbog višegodišnje eksploatacije, koje je potrebno sanirati na unutrašnjim i vanjskim terenima. Praktičke mogućnosti smanjenja polucije i degradacije postoje, ali se zbog specifičnosti zagađenja-teški metali, odroni, otpadne vode u tom pravcu preporučuju ERM metode. Jer su prirodi i okolini prihvatljive, za svoj rad ne upotrebljavaju električne energije, a i sanacije su veoma efikasne.

**Ključne reči:** rudarenje, Zasavje, ekoremediacije, energenti, okolina

#### **Abstract**

Mining and mining activities, have in Zasavje region long tradition. Exploitation brown coal, and its use in production of electric energy, for households and other parts of industry, on local and global level, a long time represent important branch in region. With invention alternative and renewable energy sources, decreased using Zasavje coal. Especially in last decade, because of poor quality, both chemical and caloric potential, and high level pollution, which is due to the use of coal, and also inadequate technological systems in industry. New times, new technological systems, and tougher laws for ecology and environment, this part of energy sources decreased on a lowest possible level. Remain only others degraded areas, because of long time exploitation, which is necessary rehabilitated inside and outside levels. Practical possibilities for reducing pollution and degradation exists, but because of specific pollution, heavy metals in soil, avalanches, wastewaters, for sanitation recommended ERM methods. They are nature environment and acceptable, for its work they don't need electric energy, and they are very effective.

**Key words:** mining, Zasavje, ecoremediation, energents, environment

#### **Istorija rudarstva u Zasavju**

Prije otkrića uglja u Zasavju, ljudi na tim ruralnim područjima, kao i većina u tom vremenu, bavili su se poljoprivrednim delatnostima. Kako se uglj u to vreme nalazio u gornjim slojevima zemlje, ispod tankog površinskog sloja, seljaci su brzo pronašli crnu zemlju. Poznati polihistor i istraživač Janez Vajkard Valvasor, već u 1689 godini, u svojoj poznatoj knjizi Slava Vojvodine Kranjske, opisuje pronalaženje uglja, kojeg su farmaceuti tadašnjeg vremena nazivali zmajeva krv, i slomljenog prodavali kao lek za iscelivanje životinja. Iskorištavanje mrkog uglja u Zasavskom regionu, počelo je 1755 godine, kada u Zagorju barun Franc Raigersfeld, dobije dozvolu za iskorištavanje, tada takozvano lomljenje uglja. U obližnjem Trbovlju tek 1804 godine, zvanično se počelo prodavati i kopati crno zlato, kada je Franz Maurer, osnivač Maurerov rudnik, te dobio zvaničnu dozvolu za

exploataciju uglja 10. novembra iste godine. 1842, država osniva drugi rudnik, koji je ubrzo prešao u privatno vlasništvo, kao Vodenska premogokopna družba. Istovremeno sa dva veća rudnika počelo je raditi i nekoliko manjih, koji su se kasnije pridružili većima. Zbog geografskih i kao danas loših logističkih veza sa svetom, preokretnicu u iskorištavanju i prodaji uglja, značila je izgradnja železnice Beč-Trst, 1849 godine. Tada se povećala potrošnja uglja, kao i prodaja na šira područja tadašnjeg Austro – Ugarskog carstva.

Krajem decembra 1872 u Trbovlju je ustanovljena Trboveljska Premogokopna Družba, kao aukcionarsko društvo, na temelju koncesionarskog ugovora. U početku sledeće godine, kompanija preuzima Vodenski i Maurerov rudnik u Trbovljama, a kasnije u 1880 godini još i rudnike u Hrastniku i Zagorju. Kako su proizvodnju i korištenje uglja nadgledavali strani stručnjaci, sa iskustvom na području rudarstva, unosili su nova saznanja i tehničke mogućnosti. Proizvodnja se u tim godinama bitno povećava. Kada su se krajem 19.stoljeća izobrazili prvi domaći stručnjaci i kad je počela ekspanzija iskorištavanja većih količina rudnih bogatstava, povećala se potreba po rudarima, koji su tada došli iz okoline, pa i šire, iz područja, danas bivše Jugoslavije. Sa novom državom pod istim vlasnicima, sjedište firme se iz Beča, prenelo u Ljubljano. Zbog slabe politike kompanije, niskih plata, te kasnije opšte privredne krize, eksploatacija uglja se menjala kroz vremena, a tako i broj zaposlenih. Pa je tako u vreme, poslije drugog svetskog rata počela migracija rudara u Zapadnu Evropu i Ameriku.

Kako su postojale krize privrede i odnosa na relaciji poslovodeći- zaposlenici, u više navrata u takozvanim crvenim revirima, rudari su svoja prava tražili i pomoću štrajkova. Neki krvavi, neki malo manje, a sve u svojstvu zaštite prava radnika i njihovih porodica. Između sledećeg velikog rata, rudnici su upali pod njemačku okupaciju, koja je ugalj zbog velikih potreba iskopavala na štetu okoline.

Posle drugog svetskog rata, rudnici u Zasavju su prešli u državne ruke te zadobili viši nacionalni interes, koji se 1946 godine pokazao kao nacionalizacija rudnika. U kasnije vreme socializma, 1958 godine doživeo se prvi štrajk, rudara u socialističkoj oblasti.

U organizacijsku strukturu rudnika, su se u kasnija vremena udruživale organizacije, koje su surađivale sa rudnikom lili su upotrebljavale mrki ugalj. Termoelektrana Trbovlje, te Rudarska gradbena dejavnost, Industrijske montažne delavnice a kasnije i rudnici Kanižarica i Laško. Godine koje sljede donele su različita imena od, Rudarsko energetskog kombinata Edvarda Kardelja, do DO Zasavski premogovniki Trbovlje i kasnije u Rudnike rjavog premoga Slovenije, a u 1985 godini ime se opet promeni u Rudnike rjavog premoga Trbovlje. 1995 godine iz RRPS nastaju Rudnik Trbovlje – Hrastnik i istodobno tri kompanije u zatvaranju – Rudnici Kanižarica, Senovo i Zagorje. RTH d.o.o., kao javno poduzeće, počelo je sa radom 1996 godine. A ustanovljeno je iz radnih jedinica: Rudnik rjavega premoga Trbovlje – Hrastnik, Separacije premoga i dela stručnih službi. Njezina osnivačica je Republika Slovenija. U kasnijim godinama prema planu zatvaranja rudnika eksploatacija se smanjivala na od prilike 450.000 tona u 2010, a ukupan prihod bi trebao da bude 14 miliona EURa. Smanjit će se i broj zaposlenih, tako, da bi ukupan broj krajem 2010 bio 444 zaposlenika. Celokupan rad rudnika i zaposlenika svodi se ka smanjenju i zatvaranju rudnika u budućnosti, a poseban dio trebao bi da bude usmeren u smanjivanje ekoloških problema zbog rudarstva u prošlosti.

## 1. Trenutačno stanje rudarstva u regiji

Tabela 1. Rudarenje u Zasavju za godine 2000, 2005, 2010. (izvor. RTH-J.Ivšek)

Kolicina nakopanog uglja u tonama na godinu		Kolicina nakopanog uglja u tonama na dan u godinama		Broj zaposlenih u RTH	
2000	603.000	2000	3.000	2000	1.300
2005	594.000	2005	2.500	2005	850
2010	420.000	2010	1.650	2010	450

Statistički podaci u tabeli 1. pokazuju smanjenje svih bitnih pokazatelja rudarjenja. U najvećoj mjeri zbog upotrebe drugih energenata. Od 2000 godine mrki ugaj iz Zasavskog regiona, se upotrebljava jedino kao energetska uglj za potrebe TET<sup>21</sup>. I to više zbog političkog i socialnog aspekta.

## 2. Posledice rudarenja u Zasavju

Rudarenje u Zasavju prouzrokovalo je posledice, koje se mogu tretirati, kao:

1. Materialno - ekonomske
  - Vidljive posledice, na prirodi i okolini
2. Posledice na ljudskim resursima
  - Psihološke
  - Zdravstvene
3. Ekološke posledice
  - Degradirana okolina, odroni i udubljenja u zemljištima iznad rudnika
4. Posredne, zbog upotrebe uglja u proizvodnji i domaćinstvima

Dugogodišnja eksploatacija mrkog uglja, uzrokovala je na unutrašnjim i vanjskim površinama vidljive promene. Odroni, posedanje zemljišta, erozije, na prirodnim terenima, te oštećenja na kućama u blizini rudnika zbog posedanja zemljišta, samo su neke od posledica iskopavanja.

### 3.1 Područja potrebna za rešavanje problema eksploatacije uglja dele se na :

- Organizaciono - rukovodeći
- Tehnološko - kadrovski i
- Ekološko - sanacijski deo

#### Organizaciono rukovodeći deo:

- Formiranje stručnog tima različitih profila za područja:
  - Zemljina
  - Voda
  - Geologije
  - Ekologije i
  - Financija
- Analiza trenutnog stanja na vanjskim i unutrašnjim terenima po predlozima stručnog tima
- Izrada plana rada i terminskog planiranja

<sup>21</sup> TET je kratica za Termoelektranu Trbovlje

- Vođenje i analiziranje praktičkog rada.

#### **Tehnološki kadrovski deo:**

- U procesima, koji se rade na unutrašnjim rudarskim prostorima, kao što su zatrpavanje i zaštitni radovi u rogovima, može se upotrebiti postojeća tehnologija u rudnicima, a za vanjske radove, na sanaciji terena i sličnih aktivnosti, za sanaciju se mogu unajmiti i vanjska poduzeća sa adekvatnom tehnologijom. A kadrovski deo za te radove može se popuniti sa stručnjacima i radnicima RT, kojih treutačno ima još 450.

#### **Ekološko sanacijski deo:**

- Posledice rudarenja u Zasavju mogu se adekvatno rešavati sa ERM postupcima. Ako pogledamo ekološke probleme zbog rudarenja u celini, vidimo, da su problemi unutrašnje i vanjske prirode. Unutrašnji, kao odroni, pukotine zemljišta, udobine nastale zbog rovova u područjima rudarenja, te vanjski koji su nastali uticajem degradacije okoline, zbog različitih tehnoloških postupaka eksploatacije. U prošlosti se tim procesima davala mala težina. Danas se zbog neadekvatnog rešavanja već javljaju problemi, koji se vide u pomicanju terena, pukotinama na obližnjim objektima, odronima zemljišta u kišnim razmerama i slično.

### **EKOREMEDIACIJE – ERM<sup>22</sup> i rešavanje ekoloških problema zbog rudarenja**

Kako bi se uticaji eksploatacije mrkog uglja, na okolini smanjili, predelažemo sledeće mere:

- Upotreba prirodi i okolini prihvatljivih procesa
- Sanacija degradiranih područja rudarenja sa prirodnim čistionim napravama, te upotrebom suvremenih saznanja za sanaciju u vremenu i prostoru.

#### **Vrste ERM**

Ekoremediacijske sisteme delimo na više načina. Možemo ih rasporediti na:

- **Klasične ERM** među kojima su  
Prirodne ( slapovi, tolmuni, meandri..)  
Stare ERM (prirodne granice, močvare..)  
Novi sistemi, (prirodne naprave za čišćenje ili PBCN, ekomelioracijski jarkovi, vjetrovne bariere), te  
ERM za sanacije neadekvatnih posega čoveka ( revitalizacije, renaturacije, fitoremedicije..)
- **Problemsko delenje ERM**  
ERM za uravnoteženje vodenih resursa( protivpoplavne mere, prevencija za smanjenje sušnih problema)  
ERM za rešavanje problema zagađenosti voda zbog različitih industrijskih i turističkih potreba  
ERM za smanjenje različitih kontaminacija vodenih resursa, divljih odlagališta, čišćenje polucijskih voda iz industrijskih objekata i slično
- **Ekosistemsko delenje za vodene ekosisteme**  
Zaljevi, tolmuni, mlake, slapovi, močvare, mokrišta itd.  
**ERM za zrak (prašine, smrad, vetar, buka)**  
Različite bariere i pregrade  
**ERM za zaštitu od plazova i erozije zemlje**  
Sadnja drveća i biljki na plazovitim predelima  
Sadnja drveća na rečnim obalnim područjima  
Adekvatno ograničavanje grmlja i drveća
- **Sektorsko delenje ERM**  
ERM u poljoprivredi  
Industriji  
Turizmu  
Zdravstvu

---

<sup>22</sup> ekoremedicija ili kraće ERM , u prevodu znači ponovna prirodna uravnoteženost

ERM za mala naselja i individualne kuće  
ERM za gradove  
ERM za smanjenje besposlice  
ERM za smanjenje troškova zbog kvalitetnih sistema za rešavanje problema zagađenja  
Edukacija i znanstveno razvojna delatnost

#### **4.1 Prednosti i slabosti ERM**

Svaki sistem pa tako i ekoremediacijski, ima pozitivne i negativne strane.

##### **Pozitivni vidici su:**

- Može ih se upotrebiti i na dislociranim područjima, gde je problem dovodenja električne energije i ostale logistike
- Upotrebljavaju prirodne i ekološko prihvatljive načine sanacije polucije
- Čišćenje vodenih resursa
- Pročišćena voda može se ponovno upotrebiti
- Povećava se ekološka svest
- Višenamenski efekti samih ERM postupaka
- Postupci su subvencionirani sa strane EU

##### **Negativni vidici:**

- Premalo poznati sistemi široj javnosti
- u nekim slučajevima dugačak vremenski period rešavanja problema
- nedovoljno razrađeni sistemi konačnog rešavanja problema otpadaka –biljki, posle ERM

#### **2.2 Praktička upotreba ERM**

Područja oko topionica metala, različitih tvornica koje proizvode barve i lakove, industrije stakla, te različite elektrane, cementare, koje su u prošlosti, a neke i danas, upotrebljavale ugaio sa velikom količinom sumpora i metala, i neadekvatnom tehnološkom opremom, veliki su proizvođači zagađenja. Tako su i u Sloveniji područja Mežice, Zasavja, oko Cinkarne u Celju, zbog prije nabrojane polucije, opterećena sa teškim metalima u zemljištu. U većini primera su ti metali došli u okolinu sa prašnim česticama, zbog neadekvatnih zaštitnih sistema za smanjenje gasova. Pogotovo su to različito loše izabrani nekvalitetni filterski sklopovi. Za smanjenje zagađenosti na tim područjima, lako bi se moglo upotrebiti različite hiperakumulatorske<sup>23</sup> biljke, koje sa svojom sposobnošću omogućavaju povećane akumulacije metala iz zemlje. Koje i koliko biljaka, te u kakvim kombinacijama je potrebno upotrebiti, zavisi od koncentracije metala u zemljištu. Zbog toga su potrebne prethodne analize zemljišta, da bismo postigli zadovoljavajuće rezultate čišćenja. Već neko vreme u Sloveniji se za analize zemljišta upotrebljavaju ROTS<sup>24</sup> metode, koje sadrže sintezu stranih i domaćih iskustava sa područja analiza, koje su rezultat višegodišnjih iskustava dr.Lobnika, kao vodećeg Slovenskog stručnjaka za područja zemljina.

##### **Celokupni koncept ROTS sadržava sledeće faze**

- implementacija uzoraka
- opis načina i tehnika pripreme celokupnih uzoraka na terenu
- pripremu i analizu uzoraka u laboratoriju
- sisteme za sprovođenje i održavanje kontrole kvalitete
- sistem za procene i rangiranje rezultata
- građenje podatkovnih baza
- propisan oblik formulara

---

<sup>23</sup> Hiperakumulatori –U našem primeru biljke sa velikom transpiracijskim potegom, akumuliranjem štetnih tvari iz zemljišta – voda, u korjene i nadzemne delove biljki.

<sup>24</sup>ROTS (Raziskave Obremenjenosti Tal Slovenije-Istraživanje zagađenja zamljišta )

Posle celokupnih analiza zemljišta, koje sadrže analizu zemljina, geofizikalnih te geografskih posebnosti područja, sledi faza izbora optimalnih ERM procesa, koja sadži tehničke i organizacione postupke za upotrebu prirodnih metoda.

### 2.3 Vrste ERM metoda upotrebljivih kod sanacije posle rudarenja

#### 4.3.1 Fitoremediacije

- Rizofiltracija
  - Fitovolatizacija
  - Fitoekstrakcija
  - Fitostabilizacija
- **Rizofiltracija** Rizofiltracija je absorpcija polutanata iz kontaminiranog zemljišta u biljne korjene. Taj način rešavanja problema polucije, upotrebljava se za pročišćavanje podzemnih voda. Upotrebljene su vodene kao i kopnene biljke. Među vodenim su to hiacinte (*Eichhornia crassipes*), koja se upotrebljavaju takođe i za biotiku. Hiacinte uklanjaju kadmijum, cink, olovo, bakar te nikal iz vode, takođe se upotrebljavaju i mala vodena leća (*Lemna minor*). Upotrebljene kopnene biljke za taj postupak su braon gorjušnica (*Brassica juncea*), te običan suncokret (*Helianthus annuus*). Sam postupak čišćenja, svodi se na sađenje biljki u sistem hidrokulture, gde se korjeni biljki zaljevaju zagađenom vodom. Otrov se koncentrira na površini ili unutrašnjosti korjena.
  - **Fitovolatizacija** Je sposobnost biljki, da absorbiraju teške metale i ugrade ih u fiziološkim procesima u gasne molekule, koje se oslobađaju u vazduh. Ova metoda je sa gledišta čišćenja kontaminacije upitna, jer se dio metala ponovno unosi u okolinu. Tako, da se u praksi malo upotrebljava. Sposobnost fitovolatizacije imaju biljke iz roda križanica (*Brassica juncea* in *B. napus*).
  - **Fitoekstrakcija** Fitoekstrakcija je proces vađenja metalnih polucija iz zemljišta kroz korjene biljki i njihovo akumuliranje u nadzemne delove. Neki hiperakumulatori su sposobni absorbirati velike količine metala. U usporedbi sa običnim biljkama, ove akumuliraju do sto puta, a u nekim situacijama i više, polutanata. (*Thaspi caerulescens*) te (*Cardaminopsis halleri*), akumuliraju cink i kadmij. (*Alyssum lesbiacum*), može akumulirati nikalj.
  - **Fitostabilizacija** S tom metodom zagađenih lokacija ne očistimo teških metala, nego samo ograničimo poluciju i zaustavimo daljne širenje, koje bi se inače proširilo u dublje nivoje zemlje. Trave iz familije (*Festuca*) i šopulje (*Agrostis*), te neke vrste topola (*Populus*) su za taj postupak najprikladnije. Korenski sistem absorbira i veže polutante. Ovi se zadržavaju na djelovima zemlje i celičnih stenama sa mnogo lignina. Biljke polutanata ne vežu u nadzemne delove, zbog toga niso otrovne za životinje i čoveka. U nekim slučajevima potrebna je prethodna priprema zemljišta vapnom i dodavanjem nekih vrsta gnojiva, koji polutante ili aktiviraju ili ih fiksiraju. Metoda je jeftina i daje brze rezultate, ali je po drugoj strani samo privremena, jer primarnog problema ne rešava u potpunosti.

Gore spomenute metode se u primeru vanjskih rudarskih područja, mogu s velikom efikasnošću sanacije upotrebiti i u našem primeru. Posebno fitoekstrakcija, fitostabilizacija i rizofiltracija s napomenom, da se nadzemni dio biljki posle absorpcije mora obraditi na adekvatan način, ili se travnati dio uopšte ne upotrebljava u prehrambene svrhe životinja.

#### 4.3.2 ERM sistemi za čišćenje polucije biljkama ili kraće Prirodne Biljne Čistione Naprave-PBČN<sup>25</sup>

Pored svih nabrojanih metoda fitoremediacije, u praksi a pogotovo u zadnje vreme, u Sloveniji se sve više upotrebljavaju. Sistemi za čišćenje polucije biljkama, koji se takođe tretiraju kao jedan između

---

<sup>25</sup> PBČN prirodne biljne čistione naprave

značajanih segmenata ERM metoda. Zbog porasta količine komunalnih otpadnih voda, metoda sa biljkama je ineterasntna kao sistem koji omogućava ponovnu upotrebu pročišćene vode ili se ova može bez problema odvoditi u prirodu. U Sloveniji smo u 2008 godini proizveli više od 156 Miliona m<sup>3</sup> otpadnih voda iz različitih točkastih zagađivača. Tercialno čišćenje pomoću SČPB metoda, se upotrebljavalo samo u nekih 15% primera. Ali su te metode interesantne zbog upotrebe na brdskim i dislociranim područjima koja nemaju mogućnosti izgradnje centralnih sistema za pročišćavanje komunalnih voda. Više od polovine od 6.030 naselja u Sloveniji nema izgrađenih ekološko prihvatljivih sistema pročišćavanja, te je mogućnost upotrebe biljnih sistema velika. Pogotovo zbog troškova koji se u veličini 80 % celokupnih vraćaju investitoru. Predložena mogućnost čišćenja je interesantna prilika zbog rešavanja problema zagađenja, a pogotovo zbog smanjenja potencijalnih troškova zbog manjih količina izlaznih komunalnih voda.

#### Otpadne vode po izvoru zagađenja u Sloveniji, 2008 v 1.000 m<sup>3</sup>

• Otpadne vode iz poljoprivrede, šumarstva, ribolova	548
• Otpadne vode iz industrijskih delatnosti – ukupno	17.721
• <b>Rudarstvo</b>	682
• Delatnost prerade	16.132
• Opskrba sa električnom energijom	605
• Građevinarstvo	302
• Otpadne vode iz drugih delatnosti	7.710
• <b>Otpadne vode iz domaćinstava</b>	<b>70.564</b>
• Ostale otpadne vode	59.472

**Ukupno 156.015.000 m<sup>3</sup>**

U godini 2009, ukupna kolicina opterećene vode se povećala na više od 168 mio m<sup>3</sup>. Zbog restriktivnih mera u budućnosti, koje predviđaju smanjenje populacijskih ekvivalenata za 1,5 Miliona, izgradnja na tim područjima bit će i zakonski regulirana. Kako je mora izvesti svako domaćinstvo koje nema mogućnosti izdvajanja komunalnih voda u centralne sisteme samostalno, SČPB će biti jedna između interesantnijih praktičkih mogućnosti.

#### Predviđena zakonska ograničenja do 2017 godine

PE*	>	100.000	→ 31. DEC 2007
PE	>	15.000	→ 31. DEC 2010
2.000	< PE >	15.000	→ 31. DEC 2015
50	< PE >	2.000	→ 31. DEC 2017

Osetljive oblasti:

PE > 10.000 → 31. DEC 2008

50 < PE > 10.000 → 31. DEC 2012

Sve vodovodarske oblasti do 12. dec. 2007

#### ( Zakonodaja R Slovenije)

PE ili populacijski ekvivalent (PE) predstavlja količinu polucije, koju u proseku proizvede odrasla osoba u jednom danu. Standardna veličina je 150 litara/dan u Sloveniji, a za primer u Americi ova iznosi 400 l/dan.

#### 4.4 Biljke upotrebljene za ERM postupke

Biljke se izaberu ovisno od hemijske strukture zemlje, zagađivača, te biološke primerenosti. Najčešće se upotrebljavaju vrbe i topoli zbog brzog rasta, dobri akumulatori su različite trave, zbog širokog i razgraničenog sistema korjeninskog sustava. Tako se za procese organske fitotransformacije upotrebljavaju biljke koje su otporne, brzo rastu, jednostavne su za održavanje, imaju velik transpiracijski poteg i mogu s lakoćom uspešno transformirati otrovne stvari u manje otrovne. Trave i drveća sa dubokim korjenima su uspešne kombinacije za čišćenje polucije iz različitih dubina



zemlje. Topoli akumuliraju do hiljadu dvesta litara kontaminirane vode, a biljke sa širokim spektrom korjena čiste benzen, toluen, etilbenzen, ksilene.

Za praktičku upotrebu Ekoremediacijskih odnosno fitoremediacijskih postupaka upotrebljava se više od četrsto različitih vrsti biljaka u različitim kombinacijama. Sve zavisno od vrste polucije, vremena, koncentracije, te vrste i hemijske strukture zemlje.

Najčešće biljke i drveća koje se upotrebljavaju za akumulacije a pogotovo fitoremediacije i čišćenja su:

- *Thaspi caerulescens* in *Cardaminopsis halleri* (*Hallerjev penušnjek*), koji akumuliraju cink i kadmijum
- *Alyssum lesbiacum* (*Grobeljnik*), akumulira nikal
- *Pteris vittata* (*Praprot*), akumulira do 0,5% arsena
- *Thlaspi* (*Mosnjak*), omogućava anuliranje 40kg cinka na hektar godišnje
- *Helianthus*, (*suncokret*), pomaže uspešno odstranjivati radioaktivni uran iz vode
- *Liriodendron tulipifera* (*genetsko promenjeni žuti topol*), reducira živu.
- *Populus*(topoli) i *Salix caprea* (*vrbe*) – ograničavaju pronicanje nitrata i fosfata dublje u zemljišta
- *Festuca rubra* L. (*crvena bilnica*) i *Dactylis glomerata* L. (*pseča trava*) te *Festuca ovina* L. (*ovčja bilnica*), upotrebljavaju se zbog njihove korjenske razgrađenosti

#### **4.5 ERM i upotrebe u EU**

ERM metode se danas u savremenom svetu sve više upotrebljavaju kao efikasni modeli sprečavanja i širenja zagađenja. Pa tako i u zemljama Evropske Unije među kojima je i Slovenija. Svaka zemlja unije upotrebljava različite sisteme ERM, koji zavise od vrste polucije, a svi baziraju na prirodnim biljnim postupcima. U Sloveniji se poslednjih godina ti postupci sve više prepoznatljivi i, pa ih je tako po podacima za 2010 godinu samo za Prirodne Biljne Čistione Naprave do sada već sedamdeset i pet (LIMNOS). A u ostalim državama EU prednjače Njemačka U najvećoj mjeri zbog povećane ekološke svesti, tehnoloških sistema bez upotrebe električne energije, efikasnosti čišćenja, stabilizacije zemljišta i komunalnih otpadnih voda, a pogotovo zbog prirodi i okolini prihvatljivih metoda.

#### **Troškovi procesa sanacije problema rudarenja sa ERM postupcima**

Troškovi u realizaciji ekoloških projekata a tako i kod ERM metoda, igraju bitnu ulogu. Kada govorimo o metodama koje se upotrebljavaju za smanjenje polucije teškim metalima u zemljištu, sancijom odrona zemljina, otpadnim vodama, prašenjem i sličnim postupcima upotrebljenim za smanjenje degradacije rudarenja i ljudskih aktivnosti, troškovi su različiti. Na njihovu visinu utiču širina polucije u smislu veličine područja za sanaciju, koncentracije polutanata i visine oštećenje prirode. Zbog spomenutih faktora i traženja optimalnih rešenja, potrebne su predhodne analize stanja. A posebno je bitna klasifikacija biljki se upotrebljene za ERM postupke. Ako se tretiraju kao veoma otrovne, sa velikom koncentracijom teških metala i sličnih polutanata, njihova je konačna sanacija skupa, jer ih se mora posebno obraditi. Već kot faze skupljanja, te kasnijeg skladištenja odnosno konačnog rešavanja otpada, troškovi narastu, jer ih je potrebno odvoziti na dosad najbliži centar u Njemačkoj. A i kratkoročna ili delomična rešenja oko tretiranja pepela posle paljenja kontaminiranih biljki, zbog posebnog skladištenja stvaraju troškove, u najvećoj meri zbog pripreme prostora za skladištenje. U suprotnom, kod običnih koncentracija, biljke se mogu preraditi u postupcima kompostiranja. Cena sanacije zavisi i od vremenskog i kolicinskog rešavanja kontaminiranih tvari.

## **Zaključci rešavanja ekoloških problema posle sanacije sa ERM metodama**

Posledice dugogodišnjeg rudarenja u Zasavju vidljive su na svakom koraku i u svim segmentima. Prirode, okoline i životnih resursa. Ekološke posledice, neadekvatno prestrukturiranje privrede, te naslanjanje lokalne privrede u većini jedino na rudarenje, pored logističkih problema, predstavljaju bitan činilac stagnacije celokupne regije. Sanacija je moguća i postoji, kako sa tehnološkog, tako i sa ekološko područja. Metode ERM, koje se mogu upotrebiti za sanaciju razmera su prihvatljive i moguće. Predstavljene u članku pogotovo zbog efikasnosti i ekološke prihvatljivosti, jednostavne izgradnje i mogućnosti proširenja. Pozitivna je i činjenica, da za svoj rad ne upotrebljavaju električne energije, pa ih se može upotrebljavati i na dislociranim i geografsko disperzijskim područjima. A pogotovo su ti sistemi prihvatljivi zbog činjenice, da za okolinu, prirodu i čoveka ne predstavljaju štetnih posledica, jer za svoj rad upotrebljavaju procese, koji u prirodi teku već na hiljade godina. Glavni problem na primeru Zasavja jeste, da su potrebne celovite analize na svim područjima, koja bi kasnije za sobom povukle i finansijske sankcije za najveće polucionere u regiji. Zbog prije nabrojanog, u primeru rudarenja u Zasavju, za sanaciju razmera potrebno je tražiti nadoknadu i od države, koja je desetlećima iskorištavala energetska dobra regije, te EU fondova, koje je za ekološke projekte moguće pridobiti. U tim poslednjim su najveća prepreka problemi administrativne prirode.

## **LITERATURA**

- [1] **Batič, F., BF** ; Bioindikacija obremenjenosti zraka z epifitskimi lišajji, Ljubljana, 1999
- [2] **Dolinšek, A. J.,** ; Rastline in zastrupljanje okolja onesnaženega s teškimi kovinami, revija Proteus, Ljubljana, 2007
- [3] **Eržen, I.,**; Stopnja izpostavljenosti prebivalcev Slovenije Vnosu svinca, kadmija in živega srebra s hrano, Celje, 2004
- [4] **ERICO** ; Obremenjenost okolja in naravni viri kot dejavniki razvoja v Zasavski regiji-modelni pristop, Velenje, 2001
- [5] **ERICO** ; Poročilo in ocena o vplivih na okolje nadomestnega objekta TET zvezek 1, Velenje,
- [6] **EI Milan Vidmar** ; Sanacijski program TE Trbovlje.
- [7] **Jeran, Z.,** ; Epifitski lišajji-biološki indikatorji obremenjenosti zraka s kovinami in radionukleidi, Velenje, 2008
- [8] **Korže, V. A., Vrhovšek, D.,**; Ekoremediacije, Maribor in Ljubljana 2007
- [9] **Korže, V. A.,**
- [10] **Vrhovšek, D.,**; Ekoremediacije kanaliziranih vodotokov; Maribor in Ljubljana 2008.
- [11] **Komat, A** ; Nespametni bodo žejni; Ljubljana 1997
- [12] **LIMNOS** ; Podjetje za aplikativno tehnologijo.
- [13] **MOP** ; Ministrstvo za Okolje in prostor, Ljubljana, 2008
- [14] **Onkološki inštitut Ljubljana** ; Razširjenost rakavih bolezni v Sloveniji in Zasavju, Zaključno poročilo Ljubljana September 2009.
- [15] **Oliver M. A** ; Department of Science; Inorganic soil pollutants, London, 2006
- [16] **Pačnik, L. Pokorny, B. Ribarič, L. C.,** ; Problem težkih kovin v Zgornje mežiški dolini- Zbornik referatov, Velenje 2004.
- [17] **Sešek, A.,** ; Klinični center Ljubljana – Inštitut za klinično kemijo in biologijo
- [18] **Vuk, D.,** ; Uvod v Ekološki management, Kranj 2000
- [19] **Vuk, D.,** ; Sodobna produkcija in okolje; Kranj 1999
- [20] **Vuk, D.,** ; Ravnanje z odpadki biološkega izvora, Kranj 1998
- [21] **ZZVL j** ; Zavod za zdravstveno varstvo Ljubljana – Zdravje za Zasavje, Ljubljana 2008 [22] **ZZVC** ; Zavod za Zdravstveno Varstvo Celje – Analiza krvi, Celje, 2008
- [23] **Zakonodaja RS** ; Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih Ur.l. RS, št. [45/2007](#) Spremembe: Ur.l. RS, št. [63/2009](#); Uradni list Republike Slovenije;
- [24] **Žnidarič, D.,** ; Reševanje problematike težkih kovin v zemljištu s postopki remediacije, Mednarodna konferenca FOV, Portorož 2009

**REKONSTRUKCIJA IZVOZNOG POSTROJENJA  
IZVOZNOG OKNA, SANACIJA IZVOZNOG  
OKNA I SPUŠTANJE IZVOZA SA K+240 m  
NA K+170 m U JAMI RMU „SOKO“**

**RECONSTRUCTION OF HAULAGE FACILITY AT HAULAGE  
SHAFT, SANATION OF HAULAGE SHAFT AND LOWERING  
OF HAULAGE FROM K+240m TO K+170m  
AT RMU “SOKO” COAL MINE PIT**

**Rade Guberinić<sup>1</sup>, Zlatko Dragosavljević<sup>2</sup>, Slobodan Kokerić<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*RMU Soko Sokobanja, E-mail: rade.guberinic@gmail.com*

<sup>2</sup>*Ministarstvo rudarstva i energetike, E-mail: zlatko.dragosavljevic@mre.gov.rs*

<sup>3</sup>*RMU Soko Sokobanja, E-mail: kokeric.sb@open.telekom.rs*

**IZVOD**

Glavni izvoz u jami RMU Soko odvija se preko izvoznog okna koje je izrađeno sa k+395,48m do k+149,40m. U fazi izrade došlo je do oštećenja i zarušavanja okna u deonici ispod k+170m, usled čega je deonica ispod k+240m privremeno napuštena a izvozni horizont zadržan je na navozištu na k+240m. U sklopu I faze investicione izgradnje RMU Soko izvršena je sanacija izvoznog okna ispod k+240m, rekonstrukcija izvoznog postrojenja, izrada novog navozišta na k+170m, povezivanje navozišta sa postojećim modelom jame i spuštanje glavnog izvoza sa k+240m na k+170m. Cilj ovog rada je interpretacija optimizacije sistema transporta i izvoza u jami RMU Soko nakon puštanja u rad izvoznog postrojenja po završenim radovima rekonstrukcije, odnosno potvrđivanje opravdanosti ulaganja u unapređivanje tehnologije rada i optimizaciju pojedinih faza tehnološkog procesa rada.

**Ključne reči:** glavni izvoz, izvozno okno, izvozno postrojenje, rekonstrukcija.

**ABSTRACT**

Main haulage at RMU "Soko" coal mine operates through main haulage shaft which is constructed from k+395,48m to k+149,40m. During construction faze there has been damaging and caving of the shaft at section bellow k+170m which resulted by temporarily abandoning shaft section bellow k+240m and keeping haulage horizon at filling station of the shaft at k+240m. Within faze I of investment construction of RMU "Soko", haulage shaft section bellow k+240m had been sanitized, haulage facility had been reconstructed, new filling station of the shaft had been constructed at k+170m and connected with existing mine pit model and main haulage had been moved from k+240m to k+170m. Purpose of this Study is interpretation of transport and haulage system optimization at RMU "Soko" coal mine after finishing works on reconstruction and launching haulage facility, in other words validity ratification of investment in working technology improvement and optimization of specific fazes in technology working process.

**Keywords:** main haulage, haulage shaft, haulage facility, reconstruction.

**1.0. UVOD**

RMU Soko posluje kao deo preduzeća u sastavu JP za PEU Resavica. Rudnik se nalazi na 12-om kilometru puta Sokobanja Knjaževac. U RMU Soko proizvodi se kvalitetan mrki ugalj. Prvi podaci o kopanju uglja datiraju od 1908. godine. Tridesetih godina prošlog veka u rudniku se odvijala podzemna eksploatacija uglja, dok je organizovana industrijska proizvodnja počela nakon II svetskog rata. Za poslednjih 54 godine (od 1957), od kada postoji tačna evidencija, proizvedeno je ukupno 7.036.524 t komercijalnog uglja, odnosno prosečno 130.306 t godišnje. Najveća proizvodnja od

224.654 t ostvarena je 1986. godine. Trenutni kapaciteti rudnika, sa cca 600 zaposlenih, su upravo 130.000 t godišnje. Bilansne rezerve uglja na dan 31.12.2010. god., prema Elaboratu iz 2006. godine, iznose 60.516.491 t, od čega su cca 15.000.000 t rezerve A i B kategorije, dok su ostalo rezerve C1 kategorije.

Ležište karakterišu složeni geo–tektonski uslovi, prirodna sklonost uglja ka samozapaljenju, samozapaljiva i eksplozivna ugljena prašina, iznenadne pojave metana u visokim koncentracijama i potencijalna opasnost od izboja gasa, uglja i stenskog materijala pod pritiskom. Sve ovo dodatno otežava tehnološki proces eksploatacije uglja.

Jama RMU Soko otvorena je centralno, izvoznim i ventilacionim oknom i sistemom kosih prostorija. Izrada jamskih prostorija vrši se primenom bušačko–minerskih radova. Otkopavanje uglja vrši se komorno stubnom metodom sa zarušavanjem krovnog uglja. Provetravanje jame je depresiono, uz primenu centralnog ventilacionog sistema i složenog paralelnog sistema razvođenja vazdušne struje. Transport iskopine vrši se sistemom grabuljastih transportera, i transportera sa trakom, a izvoz se vrši jamskim vagonetima preko izvoznog okna. Doprema repromaterijala vrši se visećom jednošinskom jamskom žičarom sa beskonačnim užetom tipa SCHARFF. Rudnik radi u prelaznoj fazi investicione izgradnje koja je započeta 1994. godine, a rudarski radovi koji su tema ovog rada su izvedeni u sklopu I faze investicione izgradnje.

## **2.0. KRATAK OPIS IZVOZNOG OKNA I IZVOZNOG POSTROJENJA**

Izvozno okno u RMU Soko izgrađeno je 1957 godine. Namenjeno je za izvoz uglja, prevoz radnika, snabdevanje jame pogonskom energijom, odvodnjavanje i provetravanje. Izgrađeno je od k+395,48m do k+149,40m i njegova dužina iznosi 246m. Opremljeno je sa dva dvoetažna izvozna koša, s tim što je u funkciji samo jedna etaža izvoznih koševa. Do 2004. godine aktivni deo okna kojim se obavljao transport i izvoz bio je do k+240m, gde je izrađeno dvostrano navozište sa objektima za pretovar uglja u vagonete. Ovo navozište nije u funkciji. Od 2004. godine glavni izvoz je sa k+240m spušten na k+170m. Okno je kružnog poprečnog preseka, svetlog prečnika 4,0m i podgrađeno je betonskom podgradom. Navozište na k+170m je dvostrano i ima ukupnu dužinu 223,5m. Snabdeveno je pretovarnim bunkerom, lančanicom za prazne vagonete, kolosekom i kolosečnom branom na strani punih vagoneta. U prilaznom hodniku postavljena su dva koloseka za kretanje i manipulisanje vagonetima. Odvozište je na površini i opremljeno je viperom za pražnjenje vagoneta u bunker.

Izvozno postrojenje izvoznog okna čine izvozna mašina NORDBERG, elektromotor SIEMENS snage 200 kW sa frekventnom regulacijom, izvozni toranj, dvoetažni izvozni koševi i izvozna užad Ø28 mm. Brzina prevoza materijala ograničena je na 9 m/sec a brzina prevoza ljudi na 6 m/sec. Projektovani kapacitet izvoznog postrojenja, odnosno izvoznog okna je 250.000 t godišnje.

## **3.0. OPIS TRANSPORTA I IZVOZA PRE IZVRŠENE REKONSTRUKCIJE**

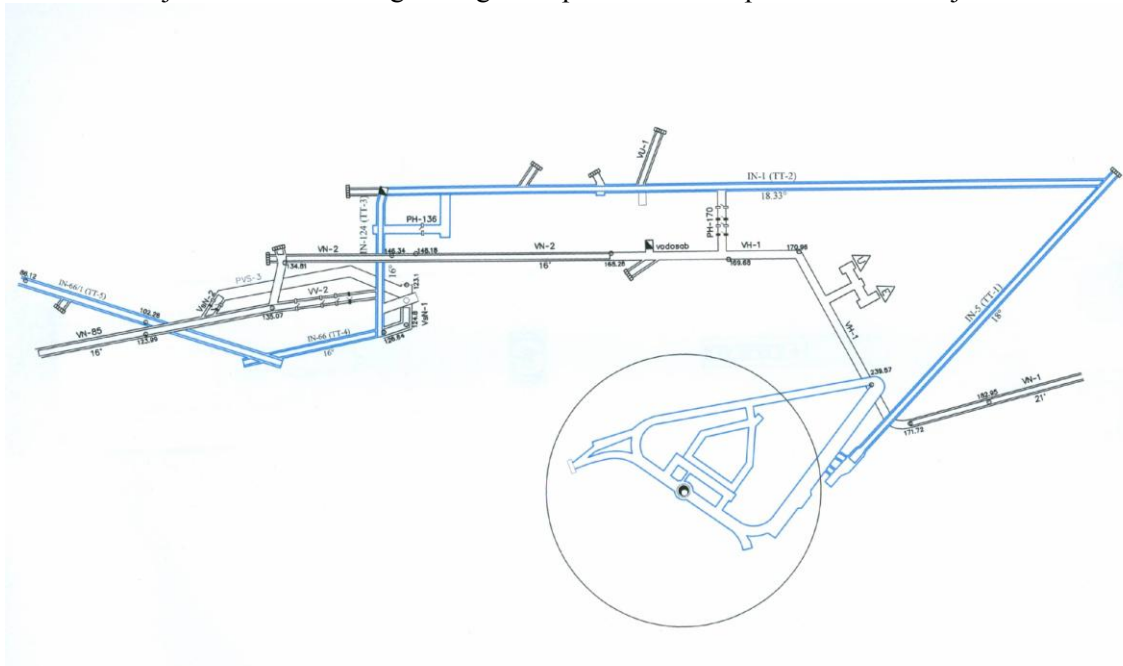
Glavni transport u jami RMU Soko organizovan je preko sistema transportnih traka TT-800 i pretovarnih bunkera, do navozišta gde se iskopina utovara u vagonete zapremine 1,5m<sup>3</sup> i preko izvoznog okna izvozi na površinu. Pre sanacije izvoznog okna i rekonstrukcije glavnog transporta i izvoza, glavni transport činilo je 8 transportnih traka TT-800. Transportne trake instalirane su u niskopima nagiba 16<sup>0</sup>–18<sup>0</sup>. Ukupna dužina glavnog transporta iznosila je **1.165m**. Najniža tačka u jami bila je na k-59m a navozište je bilo na k+240m.

U tabeli broj 1 dat je pregled glavnih prostorija sa instaliranim transportnim trakama pre rekonstrukcije.

Tabela.1 Pregled glavnih prostorija sa instaliranim transportnim trakama

Red. br.	Naziv prostorija	Transportna traka	Dužina (m)	Nagib (°)
1.	IN-5	TT-1	150	18
2.	IN-1	TT-2	275	18
3.	IN-124	TT-3	60	16
4.	IN-66	TT-4	45	16
5.	IN-66/1	TT-5	135	16
6.	TN-26	TT-6	200	16
7.	TN-26	TT-7	200	16
8.	PH-(-50)	TT-8	100	6

Na slici broj 1 dat je situacioni plan dela jame u kome su izvedeni rudarski radovi rekonstrukcije sa šemom dela glavnog transporta i izvoza pre rekonstrukcije.



Slika 1. Situacioni plan dela jame u kome su izvedeni rudarski radovi rekonstrukcije

#### 4.0. RADOVI REKONSTRUKCIJE

Prostorije IN-5 i IN-1, u kojima su bile instalirane TT-1 i TT-2, kao i navozište na k+240m, usled radova na eksploataciji pretrpeli su velike deformacije i njihovo održavanje zahtevalo je velika finansijska ulaganja. Pored toga, sam sistem glavnog transporta bio je veoma komplikovan, složen i dug, pa se nametnula potreba optimizacije sistema glavnog transporta i izvoza u jami RMU Soko.

Izvozno okno izradjeno od k+395,48m do k+149,40m. U završnoj fazi izrade okna došlo je do prurušavanja okna na samom dnu, tako da je deonica ispod k+240m bila van funkcije. Vremenom je došlo do deformacija i oštećenja obloge okna u deonici od k+195,50m prema dnu. Osnovna ideja rekonstrukcije glavnog transporta i izvoza zasnivala se na sanaciji oštećene deonice okna ispod k+195,50m, izradi navozišta na k+170m i povezivanju novog navozišta sa postojećim modelom jame.

#### 4.1. Rudarski radovi

U cilju realizacije planirane rekonstrukcije glavnog transporta i izvoza izvedeni su sledeći rudarski radovi:

- sanacija izvoznog okna od k+195,50m do k+170m
- sanacija slobodne dubine izvoznog okna od k+170m do k+160m
- izrada dvostranog navozišta sa kompletnom opremom na k+170m
- izrada bunkera na k+170m
- izrada prostorije IN-66 radi povezivanja novog navozišta sa postojećom jamom

U tabeli broj 2 dat je pregled izvedenih rudarskih radova sa finansijskim ulaganjima.

*Tabela 2 Pregled izvedenih rudarskih radova*

<b>Red. br.</b>	<b>Naziv objekta</b>	<b>Vrsta radova</b>	<b>Obim radova (m)</b>	<b>Cena radova (€)</b>
1.	Izvozno okno	Sanacija	25,5	427.979,18
2.	Slobodna dubina IO	Sanacija	10	105.327,21
3.	Navozište	Izrada	223,5	1.185.710,90
4.	Bunker	Izrada	7	62.234,00
5.	Izvozni niskop IN-66	Izrada	234,6	299.229,69
6.	UKUPNO			2.080.481,00

#### 4.2. Ostali radovi

Radi spuštanja izvoza sa k+240m na k+170m, pored opisanih rudarskih radova, bilo je neophodno uraditi određene izmene i dodatne radove na samoj izvoznoj mašini i izvoznom postrojenju, gde je uradjeno sledeće:

- ugradjen je novi elektromotor, SIEMENS, snage 200kW
- instalisan je novi upravljački sistem izvozne mašine sa frekfentnom regulacijom
- zamenjena su izvozna užad
- izvršena je zamena kompletne opreme okna u deonici izmedju k+170m i k+240m

U tabeli broj 3 dat je pregled ovih radova sa finansijskim ulaganjima.

*Tabela 3 Pregled izvedenih dodatnih radova*

<b>Red. br.</b>	<b>Izvedeni radovi</b>	<b>Cena radova (€)</b>
1.	Zamena elektromotora	14.000,00
2.	Instalacija upravljačkog sistema	35.000,00
3.	Zamena izvoznih užadi	5.000,00
4.	Zamena opreme okna	20.000,00
5.	UKUPNO	74.000,00

#### 4.3. Rekapitulacija ulaganja

U tabeli broj 4 data je rekapitulacija finansijskih ulaganja.

Tabela 4 Rekapitulacija finansijskih ulaganja

Red. br.	Izvedeni radovi	Cena radova (€)
1.	Rudarski radovi	2.080.481,00
2.	Ostali radovi	74.000,00
3.	UKUPNO	2.154.481,00

## 5.0. OPIS TRANSPORTA I IZVOZA NAKON IZVRŠENE REKONSTRUKCIJE

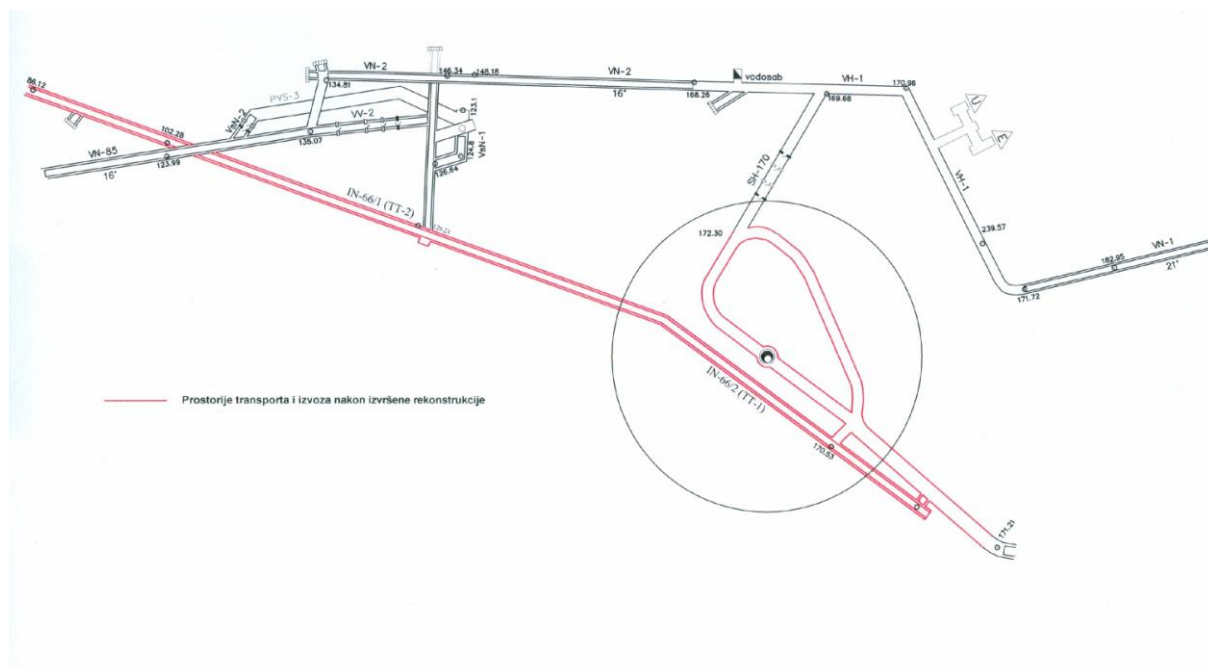
Nakon sanacije izvoznog okna i rekonstrukcije glavnog transporta i izvoza, glavni transport činilo je 5 transportnih traka TT-800, a ukupna dužina glavnog transporta iznosila je **875m**. Najniža tačka u jami bila je na k-59m a navozište na k+170m.

U tabeli broj 5 dat je pregled glavnih prostorija sa instaliranim transportnim trakama nakon izvršene rekonstrukcije.

Tabela 5 Pregled glavnih prostorija sa instaliranim transportnim trakama

Red. br.	Naziv prostorije	Transportna traka	Dužina (m)	Nagib (°)
1.	IN-66/2	TT-1	110	16
2.	IN-66/1	TT-2	265	16
3.	TN-26	TT-3	200	16
4.	TN-26	TT-4	200	16
5.	PH-(-50)	TT-5	100	6

Na slici broj 2 dat je situacioni plan dela jame u kome su izvedeni rudarski radovi rekonstrukcije sa šemom dela glavnog transporta i izvoza nakon izvršene rekonstrukcije.



Slika2. Šema dela glavnog transporta i izvoza nakon izvršene rekonstrukcije

## 6.0. ANALIZA IZVEDENIH RADOVA NA REKONSTRUKCIJI

Izvršenom rekonstrukcijom glavnog transporta i izvoza u jami RMU Soko postignuti su sledeći rezultati:

1. Dužina glavnog transporta sa 1.165m smanjena je na 875m, odnosno glavni transport skraćen je za 290m.
2. Umesto osam, glavni transport čini pet transportnih traka.
3. Glavni transport je daleko pouzdaniji a prostorije glavnog transporta su komforne.
4. Broj radnika na navozištu smanjen je za jednog, a broj rukovaoca transportnih traka za tri izvršioca u smeni.
5. Značajno je smanjeno održavanje prostorija i angažovane opreme.
6. Sistem glavnog provetravanja značajno je poboljšan.
7. Humanizovan je rad na navozištu izvoznog okna

U tabeli broj 6 dat je pregled finansijskih ušteta nakon izvršene rekonstrukcije.

**Tabela 6 Pregled finansijskih ušteta**

Red. br.	Segmenti smanjenja troškova	Ušteta (€/godini)
1.	Rukovaoci transportnih traka i radnici na navozištu	135.000,00
2.	Održavanje i sanacija starih jamskih prostorija	120.000,00
3.	Održavanje opreme starog sistema transporta	50.000,00
4.	Angažovanje opreme	30.000,00
5.	Električna energija	65.000,00
6.	<b>UKUPNE UŠTEDE</b>	<b>400.000,00</b>

## 7.0. ZAKLJUČAK

Ukupna ulaganja na rekonstrukciji glavnog transporta i izvoza u jami RMU Soko iznose 2.154.481,00 €. Rekonstrukcijom je glavni transport sa osam transportnih traka smanjen na pet, a ukupna dužina glavnog transporta sa 1.165m na 875m. Dakle, glavni transport skraćen je za 290m, sto iznosi 25 % smanjenja transportnih puteva. Ukupne uštete rekonstrukcije na godišnjem nivou iznose cca 400.000,00 €, što znači da se investicija isplaćuje za 5,5 godina.

Podzemni rudnici uglja u Srbiji rade na tehnološkom nivou koji je isti kao i pre 40 godina, što je jednim delom posledica ekonomske krize koja traje više od 20 godina, a jednim delom posledica nedostatka vizije i strategije razvoja podzemne eksploatacije uglja. Ovim radom autori su hteli da pokažu da se dobrim tehničkim rešenjima mogu postići rezultati koji opravdavaju ulaganja u osavremenjavanje i optimizaciju pojedinih tehnoloških faza.

## LITERATURA

- ,
- [1] Miloš, G.: *Izbor transportnih sistema u rudnicima uglja*, Rudarsko-geološki fakultet Beograd, Beograd 1992.
  - [2] Mile, B., Gordana, S.: *Tehno-ekonomska ocena projekata*, Institut za bakar Bor, Bor 2006.
  - [3] *Elaborat o rezervama uglja rudnika Soko*, JP za PEU Resavica, 2004.
  - [4] *Tehnička dokumentacija RMU Soko Sokobanja*



# EKSPLOATACIJA METANA U RUDNIKU MRKOG UGLJA „SOKO“, POKRETAČ ENERGETSKE EFIKASNOSTI U RUDNIKU

## METHANE EXPLOITATION AT RMU „SOKO“, THE INITIATOR OF THE ENERGETIC EFFICIENCY IN MINES

Slobodan Kokerić<sup>1</sup>, Miodrag Denić<sup>2</sup>, Nikola Lilić<sup>3</sup>

<sup>1</sup>RMU Soko Sokobanja, <sup>2</sup>JP PEU Resavica, Resavica

<sup>3</sup>Rudarsko geološki fakultet Beograd, Ul. Dušina br. 7., Beograd

### IZVOD

Eksploatacijom ležišta mrkog uglja u rudniku „Soko“ oslobađaju se znatne količine ugljovodoničnih gasova, od kojih je najzastupljeniji metan (preko 95 %). Metan se ventilacionim sistemom jame ispušta u atmosferu i doprinosi efektu staklene bašte. Takav odnos prema metanu, posmatrajući ga kao energetska potencijal, nije održiv, sa ekološkog a posebno ekonomskog aspekta. U radu se daje analiza količina metana (posledica eksploatacije uglja) koja se emituje u atmosferu, moguća eksploatacija, skaldištenje i upotreba metana kao energenta za potrebe tehnološkog procesa rada u rudniku u cilju povećanja energetske efikasnosti u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom uglja.

**Ključne reči:** podzemna eksploatacija uglja, emisija metana, energetska efikasnost.

### ABSTRACT

Excavation of RMU "Soko" coal seam frees large quantities of hydrogen-carbon gases, of which the most present is methane (over 95%). By ventilation system, methane is being blown out to the atmosphere thus contributing to greenhouse effect. Being methane is one of energetic potentials, treating it in that way can not be continued referring to ecological as well as economical aspect. This Study gives analysis of emitted quantity of methane into the atmosphere (as consequence of coal exploitation), possible extraction, disposal and use of the methane as energy source for mine technological processes to increase energetic efficiency in mines with underground coal exploitation.

**Keywords:** underground coal exploitation, methane emission, energetic efficiency.

### 1.0 UVOD

Poslednjih nekoliko decenija u podzemnoj eksploataciji uglja u svetu dat je snažan akcenat na primeni savremenih visokoproduktivnih tehnologija eksploatacije uglja, uvođenjem metoda mehanizovanog otkopavanja, što se odrazilo na veću produktivnost i visok procenat usitnjenosti proizvedenog uglja. Kao posledica takvih aktivnosti je i značajan porast emisije metana iz ležišta u radni prostor, te su zastoji u radu česti usled povećanih koncentracija metana iznad maksimalno dozvoljenih granica.

Ove pojave su karakteristične za ležišta uglja sa visokom metanonosnošću u koje spada i ležište uglja rudnika „Soko“, gde su eskalacije metana iz ležišta uglja u radni prostor česta (svakodnevna) pojava i predstavljaju veliki problem pri eksploataciji uglja. Eksploatacija uglja obavlja se sa prosečnom metanoobilnošću od 15,75 do 33,31 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/t. Pored metana koji se izdvaja kontinuirano iz uglja u procesu eksploatacije, ovo ležište se karakteriše i izbojima gasa, uglja i materijala pod pritiskom. Problem visokih koncentracija metana u rudniku „Soko“ se prevazilazi adekvatno projektovanim sistemom ventilacije jame, kojim se metan ispušta u atmosferu i time doprinosi efektu staklene bašte.

U radu se daje analiza količina metana (posledica eksploatacije uglja) koji se emituje u atmosferu, moguća eksploatacija, skaldištenje i upotreba metana kao energenta za potrebe tehnološkog procesa rada u rudniku u cilju povećanja energetske efikasnosti u rudniku „Soko“.

## 2.0 GEOLOŠKA GRADA UŽEG PODRUČJA

Geološku građu užeg područja ležišta karakterišu naslage tercijara i kvartara a naročito neogene naslage, koje ispunjavaju ovaj basen u celini (slika 1). Čine ih dve serije sedimenata i to: slatkovodna produktivna Čitlučka i Vrmdžanska serija. Eksploatacija uglja odvija se u čitlučkoj seriji koja je podeljena na tri karakteristična horizonta: podinski, ugljunosni i povlatni.

Podinski horizont, čine bazaltni konglomerati, sivi bankoviti peščari sa proslojcima glina i sivi uslojeni laporci sa proslojcima laporovitih i ugljevitih glina. Debljina ovog horizonta iznosi oko 100 m.

Ugljunosni horizont, čini jedan moćan (prosečne debljine 30m) ugljeni sloj sa jalovim proslojcima, složene građe (strukture). Jalovi proslojci ugljunosnog horizonta su izgrađeni od ugljevitih glina, tufa i laporaca. Ugljevita glina nalazi se u donjem delu ugljenog sloja sa proslojkom debljine od 0,2 do 0,8 m, laporac u srednjem delu sa proslojkom debljine od 0,3 do 0,8 m, dok je proslojak tufa u krovinskom delu sloja, debljine od 0,1 do 0,25 m. Ugljenu supstanca predstavlja mrki ugalj, srednjeg stepena karbonizacije.

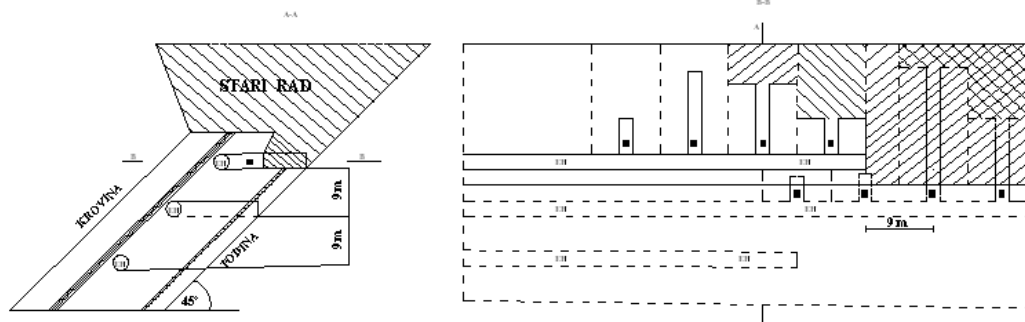
Povlatni horizont (krovina ugljenog sloja), ima vrlo heterogen litološki sastav, a građe ga žuti i sivi laporci, sivi uslojeni peščari, sloj mrkog uglja promenljive debljine od 0,5 do 3,0 m (povlatni sloj) i sive laporovite gline. Debljina ovog horizonta iznosi 100m.

GEOLOŠKA STAROST	GRAFIČKI PRIKAZ	DEBLJINA (m)	LITOLOŠKI OPIS
N		80	gline sa valucima krečnjaka
		80	peškovite gline i glinoviti peščari u nazmeničnom smenjivanju
LU		80	masne gline i peščari u nazmeničnom smenjivanju
		10-15	prosljoci uglja (0,1-0,2 m)
U		1	uslojeni laporci
		15-20	ugalj
N		1	uslojeni laporci
		15-20	ugalj
			peškovite gline, krečnjačke breče, konglomerati

Slika 1: Geolš. stub produktivne serije

## 3.0 TEHNIČKI USLOVI EKSPLOATACIJE

Za okopavanje uglja u RMU „Soko“ primenjuje *Stubno-komorna metoda sa prečnim otkopima, obaranjem krovnog uglja i zarušavanjem krovine*. Osnovna priprema vrši se izradom etažnih hodnika, iz prostorija otvaranja, tako da svaki par etaža ima direktnu vezu sa glavnim prostorijama ulazne odnosno izlazne vazdušne struje. Između etažnih hodnika, na svakih 70 m izrađuju se ventilacioni uskopi, kojima se uspostavlja protočno provetravanje. Etažni hodnici izrađuju se po pružanju ugljenog sloja a locirani su u neposrednoj blizini proslojka laporca „belca“ u ugljenom sloju, horizontalno, po određenoj koti, kružnog poprečnog preseka prečnika 9,62 m<sup>2</sup>, a podgrađuju se čeličnom lučnom četvorodelnom podgradom (slika broj 2).

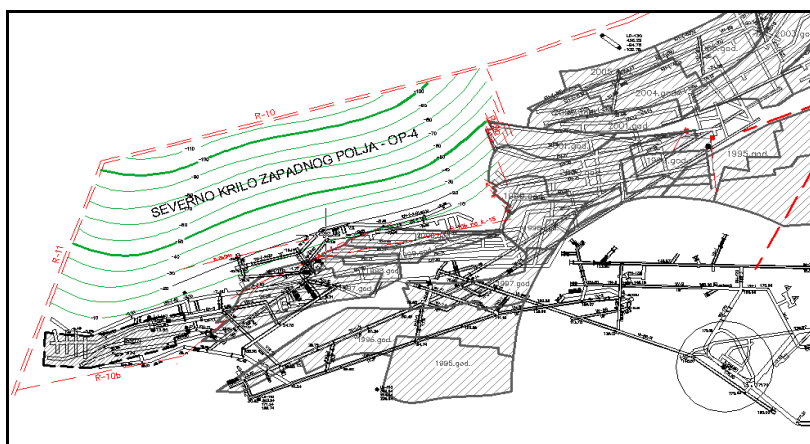


Slika 2. Položaj etažnih hodnika u ugljenom sloju sa lokacijom otkopnih priprema

Otkopna priprema vrši se izradom otkopnih hodnika, od krovine prema podini sloja na međuosnom rastojanju od 9,0 m. Ovi hodnici su trapeznog poprečnog preseka površine 8 m<sup>2</sup>. Otkopavanje uglja vrši se tehnologijom bušačko – minerskih radova u dve faze obaranja krovnog uglja.

#### 4.0 PRIRODNI USLOVI EKSPLOATACIJE

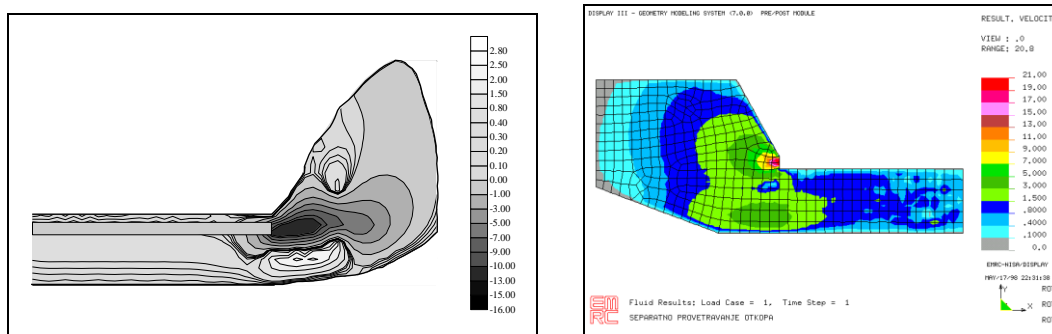
Trenutno, eksploatacija uglja vrši se u severnom krilu zapadnog polja (OP-4) koji je ograničen sa severa rasedom R-10, sa istoka rasedom R-11, sa zapada rasedom R-10a i sa južne strane rasedom R-10b (slika 3.). Otkopavanjem ugljenog sloja rudnika „Soko“ oslobađaju se ugljovodonični gasovi, od kojih je najzastupljeniji metan i predstavlja jednu od osnovnih potencijalnih opasnosti po zaposlene u jami. Metan se prirodno akumulira u krovini ugljenog sloja u naslagama nevezanih peščara pod pritiskom (izmeren pritisak preko 22 bara). Ovo ležište, karakteristično je po naglim prodorima i izbojima gasa iz kolektora gasa i rasednih zona pod pritiskom u radni prostor.



Slika 3. Strukturno geološka karta severnog krila zapadnog polja (OP-4)

U cilju preventivnog delovanja i zaštite od izboja uglja, gasa i stenskog materijala pod pritiskom u rudniku „Soko“ izvode se informativna bušenja u cilju ocene izbojnosti radne sredine (Uputstvo za radu uslovima izboja uglja, gasa i stenskog materijala u rudniku „Soko“).

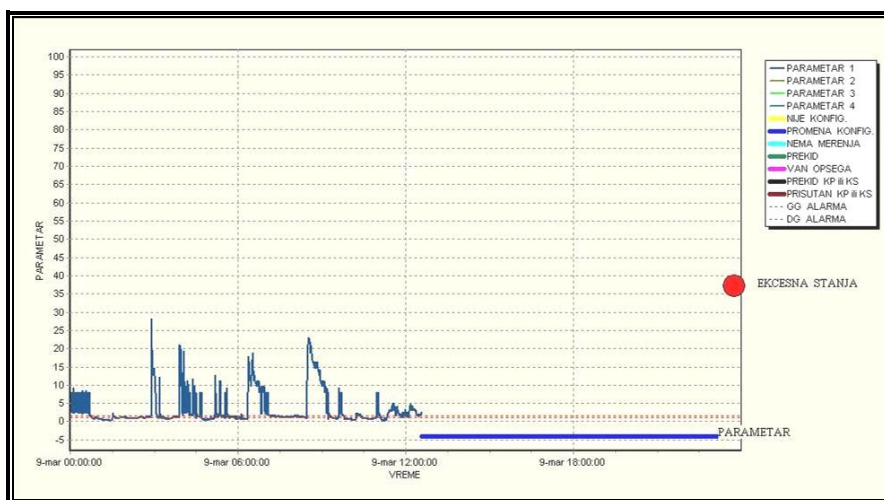
Posebna pažnja u tekućoj praksi pri eksploataciji uglja u rudniku „Soko“ posvećena je provetranju otkopnih komora čime se obezbeđuje kontinuirano iznošenje i razređenje metana (slika 5) iz komora otkopa. Na slici 4. prikazan je uzdužni profil raspodele brzina strujanja vazduha na otkopu br. -51/13



Slika 4: Uzdužni profil brzina strujanja vazduha iz otkopne komore na otkopu -51/13

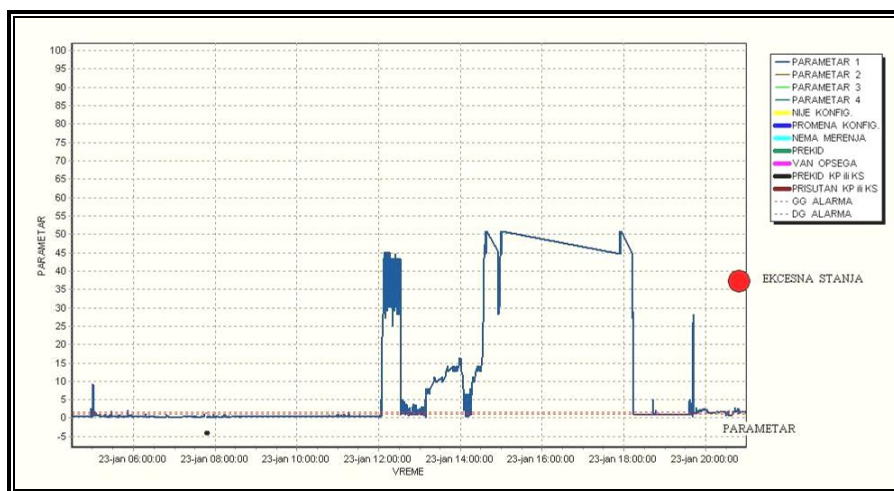
Analiza uzroka pojave visokih koncentracija metana na otkopima i otkopnim pripremama ukazuje na činjenicu da su povećane koncentracije metana vezane za određene momente u tehnološkom procesu eksploatacije (vidi dijagrame koncentracija metana), pri kojima se metan potiskuje iz komora otkopa i starih radova u etažne hodnike:

- zarušavanje osnovne krovine iznad starih radova



Slika 5. Dijagram kretanja koncentracije metana na otkopnom radilištu (CH<sub>4</sub>-9 sa mernim opsegom do 100%) na etaži EH(-51) pri zarušavanju osnovne krovine iznad starih radova(09.03.2011.)

- zarušavanje komora otkopa,
- miniranje u otkopima,
- zastoji u separatoj ventilaciji



Slika 6. Dijagram kretanja koncentracije metana na otkopnom radilištu (CH<sub>4</sub>-9 sa mernim opsegom do 100%) na etaži EH(-51) pri zastoju u separatoj ventilaciji (23.01.2011.).

Sa aspekta ventilacionog stanja i provetrenosti otkopa, praksa u primeni projektovane stubno-komorne metode otkopavanja je pokazala određene nedostatke i slabosti. Ovo se prevashodno odnosi na formiranje velikih otvorenih komora (zapremine od 500 do 600m<sup>3</sup>), nastalih usled neregularnog zarušavanja krovinskih naslaga ugljenog sloja. U ovim komorama dolazi do uslojavanja i nagomilavanja metana u većim koncentracijama. Nakon zarušavanja osnovne krovine ili zarušavanja komora otkopa dolazi do naglog istiskivanja metana u radni prostor etažnog hodnika i iznošenja istog putevima glavne izlazne vazdušne struje van jame.

#### 4.1 Metanoobilnost jame

Jama rudnika „Soko” provetrava se depresiono, glavnim rudničkim ventilatorom tipa Turmag GVhv 15-160, smeštenim u neposrednoj blizini ventilacionog okna. Provetravanje radilišta (pripreme prostorije i otkopi) vrši se separatno, kompresionim ventilatorima. Vrednosti apsolutne i relativne metanoobilnosti jame u periodu 2001 – 2010 godine prikazane su tabeli broj 1 i veće su od očekivanih vrednosti u odnosu na gasonosnost uglja.

Tabela 1. Vrednosti apsolutne i relativne metanoobilnosti jame

Metano-obilnost	GODINA									
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Qa (m <sup>3</sup> /min)	3,66	4,39	4,20	3,60	2,76	1,86	5,04	4,29	5,19	4,39
Qr (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t)	20,4	24,3	20,6	23,6	15,5	14,2	33,3	19,7	22,9	17,8

Imajući u vidu znatno manje vrednosti gasonosnosti uglja (4,706 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/t) u odnosu na metanoobilnost jame u rudniku „Soko” nameće se zaključak, da je velika metanoobilnost vezana za metan iz starih radova i krovinskih akumulacija metana, koji kroz rasede i stare radove dospevaju u ventilacioni sistem jame pod uticajem depresije glavnog ventilatora.

Analizom projektovanih količina vazduha i koncentracije metana u glavnoj izlaznoj vazdušnoj struji u jami rudnika „Soko”, utvrđeno je, da su koncentracije metana u granicama maksimalno dozvoljenih vrednosti, što ukazuje da je projektovani sistem zadovoljavajući i da postoji dovoljna količina vazduha u ventilacionom sistemu koja je potrebna za razređivanje izdvojenog metana, na propisane vrednosti. U tabeli broj 2 prikazane su količine metana koje su tokom 2010. godine iznešene van jame, ventilacionim sistemom.

Tabela2: Količine iznešenog metana van jame

Merno stanice	Iznošenje metana iz jame ventilacionim sistemom u 2010. godini			
	I – IV	V – VIII	IX – XII	Ukupno
	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /min m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /min m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /min m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /min m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>
Glavna izlazna vazdušna struja	4,68 819.932	4,64 812.924	3,96 693.788	4,39 2.307.384

#### 5.0 EKSPLOATACIJA I MOGUĆNOST KORIŠĆENJA METANA

U rudnicima sa podzemnom eksploatacijom uglja, degazacija (eksploatacija) metana predstavlja sastavni deo tehnološkog procesa eksploatacije ležišta sa visokim sadržajem metana u uglju i okolnim stenama. U zavisnosti od karakteristika ležišta, poroznosti i permeabilnosti ugljenog sloja, dubine eksploatacije kao i kapaciteta proizvodnje u primeni su metode degazacije metana koje se mogu vršiti pre otkopavanja i nakon otkopavanja.

Metode degazacije metana pre otkopavanja se mogu podeliti u tri kategorije:

- Degazacija horizontalnim jamskim bušotinama u sloju,
- Degazacija vertikalnim bušotinama sa hidrauličkim razaranjem ugljenog sloja i
- Degazacija poprečnim degazacionim bušotinama u sloju.

Metode degazacije metana nakon otkopavanja obuhvataju sledeće tri kategorije:

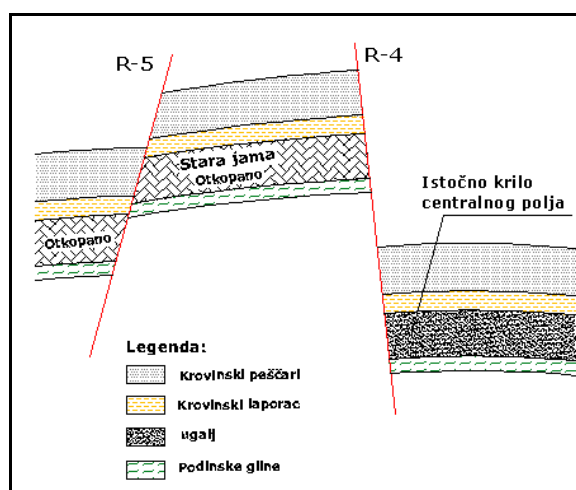
- Degazacija metodom izolovanja starog rada,

- Degazacija metana sa površine i
- Degazacija starog rada sa vertikalnim bušotinama.

U zemljama sa razvijenim rudarstvom, obim primene degazacije je različit, a količina degaziranog metana kreće se do nekoliko stotina miliona  $m^3$ /god. (Rusija, Poljska, Nemačka, Japan, SAD). Na primer u SR Nemačkoj je 1969 godine degazacijom odsisano 553 miliona  $m^3CH_4$  (1978 godine 543 miliona  $m^3CH_4$ ), u Velikoj Britaniji 505,5 miliona  $m^3CH_4$ , Francuskoj 146 miliona  $m^3CH_4$ , Belgiji 66 miliona  $m^3CH_4$ . Navedena količina metana u Nemačkoj je degazirana sa 6.013 bušotina sa prosečnom dubinom od 44,5m i odsisanom količinom od 1.453  $m^3CH_4$ /m bušotine. Odsisana količina metana u SR Nemačkoj je iznosila 13,5  $m^3CH_4$ /t uglja, dok je izneta količina metana vazдушnom strujom iznosila 18,5  $m^3$ /t tako da je ukupna količina iznetog metana iznosila 32  $m^3CH_4$ /t uglja.

### 5.1 Predlog modela degazacija (eksploatacije) metana u rudniku „Soko“

Pored radova na eksploataciji uglja u OP-4 u rudniku „Soko“ u delu ležišta koji pripada Istočnom krilu centralnog polja (slika 7), izvedena su određena geološka istraživanja kojima je potvrđeno i overeno oko 16 miliona tona bilansnih geoloških rezervi uglja C<sub>1</sub> kategorije. Dugoročni program eksploatacije i razvoja rudnika „Soko“ predviđa paralelan rad na eksploataciji uglja u OP-4 i otvaranje ležišta koji pripada istočnom krilu zapadnog polja u cilju stvaranja uslova za kontinuiranu eksploataciju uglja i povećanja proizvodnih kapaciteta. Početak eksploatacije uglja u tretiranom polju planiran je 2017 godine sa godišnjim kapacitetom od 250.000-300.000 tona uglja, što omogućuje eksploatacioni vek rudnika od 30 godina.



Slika 7: Geološki profil ležišta uglja Istočnog krila

Analizirajući navedeno ležište uglja, sa aspekta gasonosnosti uglja i ostalih litoloških članova produktivne serije, dolazi se do zaključka, da pripada grupi ležišta sa umerenim sadržajem gasa u ugljenom sloju koje se kreće od 2,832 do 8,495  $m^3CH_4$ /t uglja, i da je to prostor koji po ekonomskim efektima degazacije kao i elementima logičnog modela odlučivanja za uvođenje sistema degazacije u potpunosti potvrđuje stav, da je degazacija u navedenom otkopnom polju neophodna te da bi metoda sa vertikalnim bušotinama sa površine terena dala zadovoljavajuće rezultate.

### 5.2 Mogućnost korišćenja metana

Na osnovu iznetog, zaključuje se, da je ležište rudnika uglja „Soko“ metanosno i da akumulirani metan predstavlja potencijalnu opasnost za zaposlene pri izvođenju podzemnih rudarskih radova kao i izuzetan energetski potencijal. U cilju poboljšanja sigurnosti zaposlenih sa jedne i proširenja energetske baze rudnika sa druge strane, predlaže se model degazacije (eksploatacije) metana iz

delova ležišta pre početka eksploatacije, vertikalnim bušotinama sa površine terena. S obzirom na karakteristike metana, raspoloživu toplotnu moć isti se može koristiti za proizvodnju toplotne i električne energije.

Procenjuje se, da korisne rezerve metana u Istočnom krilu centralnog polja koje bi se dobile metodom vertikalnih bušotina sa površine terena iznose oko 3,5 miliona m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>, dok bi se preostale količine metana iz ležišta iznele iz ležišta tokom eksploatacije ventilacionim sistemom jame [6]. Degazacija ovog dela ležišta predloženom metodom predviđa se za period od 5 godina. Intenzivnim radovima na degazaciji očekuje se oko 700.000 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> na godišnjem nivou

### 5.2.1 Mogućnost korišćenja metana kao energenta za proizvodnju toplotnu energiju

Rudnik, za potrebe grejanja spoljnih objekata i vode za radnička kupatila, godišnje troši 720 tona uglja. Toplotna moć uglja koji se sagori (prana kocka) iznosi 19.200 kJ/kg. Sagorevanjem navedene količine uglja, u atmosferu emituje 13.820 tona CO<sub>2</sub> gasa a dobija se toplotna energija od 13,82 TJ.

Ukoliko bi se umesto uglja kao energent za grejanje koristio 70 % (500.000 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>) degaziranog metana u toku jedne godine, dobila bi se toplotna energija u količini od 17,85 TJ. U tabeli broj 3 dat je pregled finansijski rezultat korišćenja metana umesto uglja kao energenta za grejanje u rudniku.

*Tabela 3: Uperedni pokazatelji toplotne energije uglja i metana u toku jedne godine*

Red. br.	Energent	Količina uglja, t metana, m <sup>3</sup>	Toplotna moć KJ/kg, KJ/m <sup>3</sup>	Toplotna energija TJ	Emisija CO <sub>2</sub> u atmosferu t
1.	Ugalj	720	19,20	13,82	1.328,1
2.	Metan	500.000	35,70	17,85	921

Analizom uporednih pokazatelja, može se videti koliki energetska potencijal odlazi beskorisno u atmosferu i negativno utiče na životnu sredinu i stanovništvo na prostoru kome se rudnik nalazi.

### 5.2.2 Mogućnost korišćenja metana kao energenta za proizvodnju električne energije

U pokrajini Severna Rajna–Vestfalija proizvodnja električne energije na bazi degaziranog metana iz aktivnih i zatvorenih rudnika je u porastu. Korišćenjem metana se smanjuje količina emitovanog ugljen-dioksida u odnosu na količinu koja bi nastala sagorevanjem uglja, zbog čega se dobija određena subvencija od države. Pri planiranju postavljanja jednog pokretnog blok-kontejnera za proizvodnju električne energije, moraju se utvrditi sledeći parametri: čistoća metana (gasa), vlažnost metana, varijacije pritiska metana, opseg sadržaja metana, učešće vazduha i učestalost promene sadržaja metana. U konkretnom slučaju, oprema je smeštena u kontejneru (slika 8), što celom postrojenju daje veliku mobilnost, odnosno mogućnost njegovog montiranja u neposrednoj blizini bušotine za degazaciju. Na slici 9. je prikazan izgled kompresora za odsisavanje metana. Kompresor je smešten u pokretnom kontejneru.

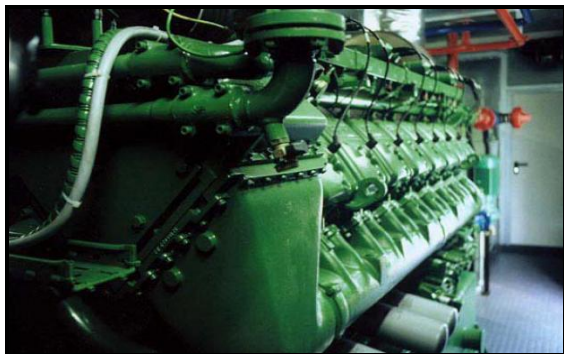


*Slika 8. Izgled kontejnera na jednom rudniku (Westfalija)*



*Slika 9. Izgled kompresora*

U kontejneru su smešteni i konvencionalni Oto motor i generator (slika 10.) za proizvodnju struje, kako se to vidi sa date slike.



*Slika 10. Izgled motora i generatora*

Proizvodnja električne energije u blizini potrošača ima dobru stranu što se direktno smanjuju gubici na prenosu električne energije, što doprinosi dodatnoj ekonomičnosti ovakvog vida korišćenja degaziranog gasa. Mobilnost celokupne opreme – postrojenja i mogućnost njegovog montiranja na drugoj lokaciji, smanjuje investicione troškove odnosno investicioni rizik što dodatno favorizuje ovakav vid proizvodnje električne energije. Ne treba zanemariti ni ekološke efekte koji se ostvaruju primenom sagorevanja metana za proizvodnju električne energije, jer se direktno smanjuje emisija metana ali i ugljendioksida, u meri u kojoj se smanjuje potrošnja uglja.

## **6.0 ZAKLJUČAK**

Posmatrajući ležište rudnika „Soko” sa aspekta metanoobilnosti može se zaključiti da se radi o visoko gasonosnom ležištu, s obzirom da apsolutna metanoobilnost iznosi preko 5 m<sup>3</sup>/min a relativna prelazi 30m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/toni proizvedenog uglja. Količine metana koje se izdvajaju iz ležišta uglja ventilacionim sistemom iznose od 2.000.000 do 3.000.000 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> na godišnjem nivou (u 2010. godini 2.300.000 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>) dok bi u slučaju kontrolisanog odvođenja metana iz starih radova ova količina bi bila znatno veća. Nakon analize ekonomske opravdanosti eksploatacije metana i korišćenja istog kao energenta, koji po svojoj energetskej vrednosti može da zameni prirodni gas, mogao bi se dati konačan zaključak o mogućnosti eksploatacije metana iz jame RMU „Soko” primenom odgovarajuće tehnoloogije.

## **LITERATURA**

- [1] Guberinić R., Denić M., Đukanović D., „Perspektive eksploatacije metana kao energenta iz ležišta uglja jame RMU „Soko“, Zbornik radova “Energetika 2009”, Zlatibor 2009.god.
- [2] Denić M., 1998, „Modeliranje parametara provetravanja otkopa u rudniku mrkog uglja „Soko“, magistarska teza.
- [3] Elaborat o rezervama uglja rudnika Soko, JP za PEU, 2004.
- [4] ICF Resources, 1989, “The Coalbed Methane Resource and the Mechanisms of Gas Production,” Report to the Gas Research Institute, Contract No. 5984-214-1066, November.
- [5] Jovanović G. i saradnici, 1977., “Rezultati istraživanja uzroka pojave izboja gasa u stenskom materijala sa predlogom mera zaštite rada pri eksploataciji uglja u Rudniku Soko”, NIP, URMUS Beograd.
- [6] Kokerić S., Magistarska reza: Razvoj modela degazacije metana u uslovima ležišta uglja rudnika „Soko“, RGF Beograd, 2009.
- [7] Lilić N. i saradnici, 2001, „Istraživanje prirodno-geoloških i tehničko-tehnoloških uslova u ležištu rudnika „Soko“ u cilju definisanja parametara sistema degazacije metana“-studija, RGF Beograd.



# **ISTRAŽIVANJA UZROKA I POSLEDICA POVREĐIVANJA ZAPOSLENIH U JAMAMA RMU “REMBAS” – RESAVICA ZA PERIOD 2000-2010**

## **THE STUDY OF CAUSES AND CONSEQUENCES OF WORKER INJURIES IN THE MINES OF RMU “REMBAS” – RESAVICA DURING THE PERIOD 2000 – 2010**

**Mirko Ivković, Jovo Miljanović**

*JP PEU Podzemna eksploatacija uglja – Resavica*

### **IZVOD**

Primenjeni tehnološki procesi podzemne eksploatacije uglja u aktivnim jamama RMU “Rembas” – Resavica, bazirani su na stubnim metodama otkopavanja i klasičnoj bušačko-minerskoj tehnologiji izrade rudarskih prostorija. Ovakav način rada uzrokuje visok broj povreda zaposlenih. U cilju sagledavanja ove problematike izvršena je detaljna analiza povređivanja u objektima RMU “Rembas” za period 2000-2010 godine, sa posebnim naglaskom na uzroke, izvore i posledice povređivanja. Na osnovu dobijenih podataka dat je predlog tehničkih mera koje bi se trebale sprovesti kako bi se smanjio broj povreda i povećala sigurnost rada u jamama.

**Ključne reči:** rudnik, uglj, povreda na radu

### **ABSTRACT**

The implemented technological process of underground coal exploitation in the active mines of RMU “Rembas” – Resavica, are based on pillar methods of excavation and the classic drilling – mining technology of coal room creation. This type of work results in a high number of worker injuries. With the aim of viewing this problem a detailed analysis of injuries was conducted in RMU “Rembas” for the period 2000 – 2010, with an emphasis on causes, sources and consequences of the injuries. On the basis of acquired data a suggestion of technical measures was given, which should be implemented in order to reduce the number of injuries and increase safety within the mine.

**Key words:** mine, coal, industrial accident

### **1. UVOD**

Rudnik „Rembas“ je najveći rudnik sa podzemnom eksploatacijom u Srbiji, s obzirom da se eksploatacija uglja u ovom ležištu obavlja neprekidno od 1853 godine. Prirodno – geološki uslovi eksploatacije u ležištu su složeni, te su mahom tehnološka rešenja zasnovana na visokom učešću fizičkog rada što uzrokuje češća povređivanja, a zabeleženi su i slučajevi udesa sa većim brojem smrtnih povređivanja.

Rad na dobijanju uglja sistemom podzemne eksploatacije skopčan je sa nizom opasnosti po zdravlje i život zaposlenih, a koje čine:

- prisustvo i iznenadne pojave raznih eksplozivnih, otrovnih i zagušljivih gasova,
- moguće potencijalne opasnosti od izbijanja požara i eksplozija različitih po karakteru i intenzitetu,
- iznenadni prodori podzemnih i površinskih voda i mulja,
- velike i česte temperaturne i mikroklimatske promene uslova rada,
- skučen radni prostor, pod veštačkim i nedovoljnim osvetljenjem, u uslovima povećane buke,
- opasnost od zarušavanja i zatrpavanja radnog prostora, i drugo.

Navedene opasnosti imaju svoja specifična ispoljavanja koja se moraju detaljno istražiti i izučiti kako bi se unapredio sistem zaštite zaposlenih i rudnika kao celine.

U svakom rudniku uslovi rada su različiti, a time i rizici od udesa, povređivanja i profesionalnih oboljenja.

Kolektivni udesi i pojedinačna povređivanja mogu biti posledica niza uticajnih faktora, odnosno uzroci nastanka povređivanja mogu se svrstati u tri grupe, i to:

- prirodne, koji su zavisni od prirodno-geoloških uslova u ležištu,
- tehničko-tehnološke, koji zavise od nivoa primljene tehnike i tehnologije,
- subjektivne, zavisne od učesnika u procesu rada.

Svi ovi uzroci i izvori povreda u direktnoj su prostornoj i vremenskoj vezi, što praktično znači da povrede na radu i kolektivni udesi nastaju kao rezultat nepovoljnog sadejstva faktora iz sve tri pomenute grupe.

Prirodno-geološki uslovi ležišta su osnova za izbor tehničkih rešenja i u tom sklopu postrojenja i oprema za sve tehnološke operacije i radne faze zahtevaju stalno prilagođavanje režima i organizacije rada uslovima radne sredine. Pošto se na prirodno-geološke uslove ne može direktno uticati to su tehničko-tehnološka rešenja dominantna kod rešavanja problematike bezbednosti i zdravlja na radu.

Tehnološki proces podzemne eksploatacije uglja obuhvata niz radnih operacija međusobno povezanih i usklađenih u vremenu i prostoru, od istraživanja, otvaranja, pripreme, otkopavanja, transporta, izvoza i prerade kao glavnih procesa, do ventilacije, odvodnjavanja, dopreme i otpreme repromaterijala i prevoza zaposlenih kao pratećih procesa. U ovome radu dat je pregled prirodno-geoloških uslova eksploatacije u ležištu mrkog uglja RMU "Rembas", prikaz primenjenih tehnoloških rešenja u procesu rada i rezultati kompleksne analize povređivanja zaposlenih.

## **2.USLOVI EKSPLOATACIJE UGLJA U JAMAMA RUDNIKA „REMBAS“ - RESAVICA**

Eksploatacija uglja u ležištu uglja rudnika „Rembas“-Resavica sada se vrši u jamama Strmosten, Jelovac i Senjski Rudnik, dok su u toku radovi otvaranja jame Ravna Reka – IV blok. Resavsko-moravski ugljeni basen nalazi se u zapadnom delu Istočne Srbije, na obodu Karpato-Balkanida prema Pomoravlju, istočno od reke Velika Morava. Ukupna dužina basena iznosi 45km, a širina oko 7km. Geološku građu basena čine različite litostratigrafske jedinice palezojske, mezozojske i kenozojske starosti.

Miocenska ugljonosna serija je prema litološkom sastavu i superpoziciji slojeva podeljena u više odeljaka, i to: bazalni odeljak, podina ugljenog sloja, ugljeni sloj i povlata ugljenog sloja.

Prema uslovima stvaranja ugalj ovog basena pripada grupi sedimentnih i klasi biogenih ležišta, odnosno jezerskom intramontanskom tipu. Podina ugljenog sloja izgrađena je od ugljevitih glina i glinaca, a povlatu čine crveni permski pešćari, krečnjaci, gline i glinoviti pešćari. Ugalj pripada grupi tvrdih, sjajnih mrkih ugljeva. Ugljeni sloj je promenljive debljine koja varira od 1-20m i izrasedan je nizom manjih i većih tektonskih poremećaja kojima je basen podeljen na delove ležišta-jame i u okviru njih otkopna polja.

Ugalj je izrazito sklon ka procesu samozapaljenja, a što je potvrđeno obimnim laboratorijskim ispitivanjima i čestim jamskim endogenim oksidacionim i požarnim procesima. Ugljena prašina je zapaljiva i eksplozivno opasna.

U pojedinim jamama prisutne su pojave metana, te se radovi izvode u tkz. "metanskom režimu". Pojave vode su prisutne kod izvođenja rudarskih radova otvaranja, a evidentirani su i nagli prodori vode koji su uzrokovali potapanje rudarskih prostorija.

Sve četiri jame ležišta rudnika „Rembas“ potkopima su povezane sa Separacijom u Resavici, gde se vrši čišćenje i klasiranje uglja. Otvaranje jama izvršeno je oknima (Senjski Rudnik) i niskopima (Strmosten, Jelovac, Ravna Reka – IV blok).

Izrada rudarskih prostorija vrši se klasičnom bušačko – minerskom tehnologijom, a za otkopavanje ugljenih slojeva u primeni su stubne V i G metoda otkopavanja sa natkopnim dobijanjem uglja i zarušavanjem krovine.

Provetravanje jama vrši se veštački pomoću ventilatora, a odvodnjavanje je također veštačko ustrojeno od pumpi i cevovoda. Transport iskopine u jamama je izveden sistemima grabuljastih i trakastih transportera, a izvoz je diskontinuiran sa aku-lokomotivama i jamskim vagonetima.

### 3. ANALIZA POVREĐIVANJA ZAPOSLENIH U RMU“REMBAS“

U ovom delu izvršena je analiza povređivanja zaposlenih u RMU“Rembas“ za period 2000-2010 godina. Kao izvor podataka korišćeni su obimni godišnji izveštaji o povredama u rudniku, izveštaji o ostvarenoj proizvodnji, izrađenim nadnicama i učincima, kako po jamama tako i ukupno za rudnik „Rembas“.

Podaci su u početnoj fazi istraživanja sistematizovani po ključnim faktorima, a zatim izvršena analiza i izračunati parametri povređivanja.

#### Povrede po godinama, težini i mestu povređivanja (Tabela 1.)

U periodu 2000-2010 ukupno je zabeleženo 1448 povreda, od čega se 1198 dogodilo u jamama, a 290 na površini. Prosečno godišnje se dešavalo 137 povreda, pri čemu je najveći broj evidentiran 2008 godine, a najmanje 2003.godine

Od ukupnog broja povreda, najviše je kategorije lakih i to 1225 ili 82,3%, teških 257 ili 17,2%, a smrtnih 6 ili 0,5%.

Tabela 1. Povrede na radu po godinama, težini i mestu povređivanja

Godina	JAMA				SPOLJA				UKUPNO
	lake	teške	smrtne	ukupno	lake	teške	smrtne	ukupno	
2000	78	17	-	95	26	5	-	31	126
2001	64	8	-	72	30	3	-	33	105
2002	61	17	2	80	19	7	-	26	106
2003	58	18	-	76	20	3	-	23	99
2004	65	14	2	81	15	4	-	19	100
2005	94	21	-	115	22	4	-	26	141
2006	106	16	1	123	9	10	-	19	142
2007	106	31	-	137	18	3	-	21	158
2008	149	21	-	170	24	3	-	27	197
2009	115	20	-	135	21	8	-	29	164
2010	91	22	1	114	32	4	-	36	150
ukupno	987	205	6	1198	236	54	-	290	1488

#### Pokazatelji povređivanja u odnosu na proizvodnju uglja i izrađene nadnice (Tabela 2.)

U analiziranom periodu ukupno je proizvedeno 1.776.514 tona, uz izrađenih nadnica 2.596873 , te je pokazatelj povreda prema proizvodnji 0,83 povreda/1000tona, ili 0,57 povreda na 1000 nadnica

Tabela 2. Pokazatelji povređivanja

Godina	Proizvodnja	Efektivne nadnice	Pokazatelji povreda		Broj povreda
			Na 1000t	Na 1000nad.	
2000	165.531	295.426	0,76	0,42	126
2001	171.185	306.108	0,61	0,34	105
2002	177.209	226.002	0,59	0,46	106
2003	171.174	294.794	0,57	0,33	99
2004	178.221	156.900	0,56	0,63	100
2005	190.035	211.792	0,74	0,66	141
2006	171.746	234.900	0,82	0,60	142
2007	158.161	199.429	0,99	0,79	158
2008	153.679	226.983	1,28	0,86	197
2009	126.573	224.921	1,29	0,72	164
2010	113.000	219.618	1,32	0,68	150
ukupno	1.776.514	2.596873	0,83	0,57	1488

**Pokazatelji povređivanja po fazama rada u jami** (Tabela 3.)

Tehnološke faze otkopavanja i izrade rudarskih prostorija uzrokuju najveći broj povreda.

Tabela 3. Povrede po fazama rada u jami

Godina	Tehnološke faze rada u jami							Ukupno
	Otkopavanje	Priprema	Održavanje	Transport	Doprema	JVŽ	Rudarske prostorije	
2000	28	9	7	41	10	-	-	95
2001	23	11	1	19	6	-	12	72
2002	25	15	3	20	7	-	10	80
2003	13	4	5	27	14	-	13	76
2004	15	10	7	26	9	1	13	81
2005	29	6	10	50	6	4	10	115
2006	30	7	4	57	12	2	11	123
2007	25	25	9	32	15	-	31	137
2008	47	17	11	40	30	-	25	170
2009	24	23	12	27	30	-	19	135
2010	25	8	16	18	18	6	23	114
ukupno	284	135	85	357	157	13	167	1198

**Povrede na površini** (Tabela 4.)

U analiziranom periodu ukupan broj povreda koji se dogodio na površini iznosi 290.

Tabela 4. Ukupan broj povreda na površini po mestu dešavanja

Separacija	Maš.i el.radionica	Usluge	Toplana i vodovod	Strugara i depo	Na putu	Direkcija	Ostalo	Ukupno
115	48	29	20	22	24	12	20	290

**Povrede po uzroku (Tabela 5)**

Tabela 5. Prikaz povreda po uzroku povređivanja

Uzrok povređivanja							
Nesiguran način rada	Nesigurno kretanje	Nepoštovanje propia	Viša sila, odron uglja i materijala	Saobraćajni udes	Neispravan alat	Ostalo	Ukupno
976	172	283	19	2	17	19	1488

**Ostali pokazatelji povređivanja (Tabela 6.)**

Tabela 6. Povrede po delovima tela

Glava	Lice	Oko	Unut.pov.	Ruka	Noga	Grudi, leđa	Ostalo	Ukupno
114	47	29	9	601	493	75	120	1488

Tabela 7- Povrede prema kvalifikacionoj strukturi

VSS	SSS	VKV	KV	PK	NK	Ukupno
7	39	24	762	261	395	1488

Tabela 8. Povrede prema starosnoj strukturi

20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50 i više	ukupno
137	186	263	243	284	240	125	1488

Tabela 9. Povrede prema smenama rada

I smena	II smena	III smena	ukupno
701	437	350	1488

Tabela 10. Povrede prema izvoru povređivanja

Godina	Izvor povređivanja radnika								
	Ugalj, stena	Mašine, del , mašina, alat	Elektro oprema	Transportna sredstva	Podgrad a	Čel. uže	Pad, Klizanj .	Ostalo	Ukupno
2000	43	11	3	10	17	-	10	32	126
2001	26	20	6	12	17	-	12	12	105
2002	19	39	5	25	-	-	18	-	106
2003	3	12	2	49	-	-	11	22	99
2004	20	21	3	11	16	2	8	19	100
2005	24	71	-	10	16	-	15	5	141
2006	39	40	-	20	32	-	-	11	142
2007	36	84	-	-	24	-	14	-	158
2008	65	57	-	40	19	-	16	-	197
2009	34	48	9	11	28	5	29	-	164
2010	39	28	2	20	31	3	5	22	150
ukupno	348	431	30	208	200	10	138	123	1488

**4. SISTEMATIKA MERA BEZBEDNOSTI I ZDRAVLJA ZAPOSLENIH**

Obaveze rudnika „Rembas“ za bezbednost i zdravlje zaposlenih određene su nizom zakona, propisa, tehničkih normativa i standarda koji se odnose na oblast podzemne eksploatacije mineralnih sirovina i

posebno uglja. U cilju sprečavanja potencijalnih opasnosti od udesa, povređivanja i profesionalnih oboljenja primenjuju se organizacione i tehničke mere bezbednosti i zdravlja na radu. Za konkretan rudnik i uslove eksploatacije, kvalitativni nivo predviđenih i potrebnih mera zaštite, može se definisati kao:

- opšte mere zaštite,
- organizacione mere zaštite,
- mere vezane za tehnološke faze u procesu eksploatacije,
- posebne mere zaštite, i
- mere zaštite u akcidentnim situacijama.

Također, mere zaštite vezane za bezbednost i zdravlje na radu često se grupišu i na:

- mere zaštite od kolektivnih udesa i unesrećenja,
- mere zaštite od pojedinačnih i grupnih povređivanja.

Opšte mere zaštite podrazumevaju standardne postupke koji su karakteristični za ovakve objekte i tehnološke procese podzemne eksploatacije uglja. Ovde se ističu obaveze rudnika da pribavlja potrebnu dokumentaciju za izvođenje radova, obavi potrebna ispitivanja radne sredine (posebno gasonosnosti, samozapaljivosti uglja i svojstva ugljene prašine), kao i da organizuje adekvatno rukovanje, održavanje i preglede tehnološke opreme u skladu sa tehničkim propisima i uputstvima proizvođača opreme.

Organizacione mere podrazumevaju racionalne organizacione šeme procesa eksploatacije, radno vreme i raspored zaposlenih- Aktima rudnika propisana je organizacija vođenja tehnološkog procesa i odgovornosti po organizacionim nivoima za preduzimanje mera bezbednosti i zdravlja na radu. Posebno je istaknuta odgovornost nadzorno-tehničkog i inženjerskog osoblja

Mere zaštite vezane za tehnološke faze u procesu eksploatacije, definisane su posebno za:

- rad na otkopavanju
- minerske radove,
- provetravanje i odvodnjavanje prostorija,
- rukovanje opremom i uređajima i njihovo održavanje i pregledi,
- dopremi repromaterijala i opreme,
- prevozu zaposlenih i
- snabdevanje pogonskom energijom.

Posebne mere zaštite odnose se na:

- mere zaštite od iznenadnih prodora vode i gasova,
- izolacija starih radova,
- zaštita od ugljene prašine,
- zaštita od električne energije, i
- mere zaštite od požara.

U svakom slučaju preduzimanje tehničkih i organizacionih mera zaštite od opasnih gasova, ugljene prašine, endogenih i egzogenih požara ima prvostepeni karakter. Ostale mere zaštite su praktično rutinske i bitno je njihovo dosledno sprovođenje.

## **ZAKLJUČAK**

Kada se rešava svaki realan problem zaštite i sigurnosti rada u rudniku sa podzemnom eksploatacijom uglja, prirodne i tehničko-tehnološke uslove nužno je maksimalno analizirati i realno oceniti moguća negativna dejstva na funkcionisanje tehnološkog procesa i nastanak potencijalne opasnosti za zaposlene. Na taj način jedino je moguće smanjiti nivo opasnosti ili dovesti na prihvatljiv nivo, kako greška (nedostatak pažnje, nepravilan rad...) zaposlenih ne bi mogla dovesti do aktiviranja opasnosti i povući za sobom neželjene posledice. Iz analize povreda u jamama rudnika „Rembas“ vidljivo je da se

najveći broj povreda desio uticajem ljudskog faktora i to 96 %. Na objektivne uzroke, odnosno dejstvo više sile otpada svega 4% povreda. Sa druge strane tehnološki proces eksploatacije je prevaziđen i u primeni su rešenja sa visokim učešćem manuelnog rada, a što se posebno odnosi na tehnološke procese otkopavanja i izrade rudarskih prostorija. Kod ovih radnih faza učešće povređivanja u ukupnom broju povreda iznosi 49 %. Oprema koja je u primeni je zastarela, teško se održava i karakteriše se čestim kvarovima, a što utiče na pouzdanost proizvodnje i sigurnost zaposlenih. Tako učešće broja povreda od opreme iznosi ili 44 %.

Takođe, treba imati u vidu da savremena tehnička sredstva zahtevaju vrši obrazovni i stručni nivo zaposlenih, a samim tim se poboljšava shvatanje i odnos prema sigurnosti i tehničkoj zaštiti u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom uglja.

## **LITERATURA**

- [1] Ivković M: Istraživanje parametara povređivanja radnika u RMU“Soko“- Sokobanja i sistematizacija mera za povećanje sigurnosti, Zbornik radova III Međunarodni simpozijum energetsko rudarstvo ER 2010, Apatin, 2010,
- [2] Ivković M: Kolektivno ugrožavanje zaposlenih u podzemnim rudnicima uglja izvođenjem minerskih radova, Zbornik radova 7. nacionalne konferencije sa međunarodnim učešćem, Tara 2010,
- [3] Ivković M, Mladenović A,: Osavremenjavanje podzemne eksploatacije uglja u cilju povećanja proizvodnje i zaštite zaposlenih, Časopis Rudarski radovi br.1/2001, Bor, 2001.
- [4] Ivković M, Ljubojev M,: Ocena ugroženosti eksplozivnom ugljenom prašinom u podzemnim rudnicima uglja u Srbiji, Časopis Rudarski radovi br.1/2009, Bor, 2009.
- [5] Ivković M, Ljubojev M, Perendić S.: Istraživanje uslova radne sredine u cilju uvođenja mehanizovanog otkopavanja I ugljenog sloja u jami rudnika „Lubnica“, Časopis Rudarski radovi br.1/2001, Bor, 2001.
- [6] Ignjatović M.: Restruktuiranje podzemne eksploatacije uglja u Srbiji, Časopis Rudarski radovi br.2/2002, Bor, 2002.
- [7] Miljanović J., Ivković M,: Parametri uticajni na životnu sredinu u rudniku „Soko“ Sokobanja, Časopis Rudarski radovi br.1/2009, Bor, 2009.
- [8] Miljković M. Ignjatović M.: Analiza opasnosti i procene rizika od udesa u životnoj sredini u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom, Časopis Rudarski radovi br.2/2001, Bor, 2001.
- [9] Milićević Ž., Milić V., Svrkota I.: Zarušavanje krovinskih stena pri otkopavanju slojeva uglja vrlo velike moćnosti, Časopis Rudarski radovi br.1/2007, Bor, 2007.
- [10] Milićević Ž., Milić V., Vušović N.: Mogućnost izmene metoda otkopavanja uglja u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom u Srbiji, Časopis Rudarski radovi br.2/2002, Bor, 2002.
- [11] Stjepanović M.: Stanje sigurnosti i tehnička zaštita u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom uglja u Srbiji, Časopis Rudarski radovi br.1/2001, Bor, 2001.
- [12] Dragosavljević Z., Ivković M, Miljanović J.: Istraživanje uticaja primenjenih sistema podzemnog otkopavanja uglja na povređivanje zaposlenih u rudnicima uglja u Srbije, Časopis Tehnika 6/2010 Rudarstvo, geologija, metalurgija. 61 (2010) 6, Beograd, 8-10
- [13] Dragosavljević Z., Denić M., Ivković M,: Strategija razvoja podzemnih rudnika uglja u Srbiji u okviru razvoja ugljenih basena sa površinskom eksploatacijom, Časopis Rudarski radovi br.1/2009, Bor, 2009.
- [14] Đukanović D.: Analiza zavisnosti ostvarenih troškova i brzine izrade podzemnih prostorija u rudnicima uglja u Srbiji, Časopis Rudarski radovi br.1/2005, Bor, 2005.

## ANALIZA STABILNOSTI PK PROGORELICA METODOM BISHOP I PROGRAMOM PLANE FAILURE ANALYSIS

### STABILITY ANALYSIS OFF OPEN PIT PROGOLERICA BY BISHOP METHOD AND PROGRAM PLAN FAILURE ANALYSIS

Miroslav Ignjatović<sup>1</sup>, Radmilo Rajković<sup>1</sup>, Branislav Rajković<sup>1</sup>, Dragan Milanović<sup>1</sup>,  
Milan Popović<sup>2</sup>

1 – Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Bor; 2 – JP PEU Resavica Ibarski rudnici kamenog uglja,  
Baljevac na Ibru

#### APSTRAKT

U cilju optimalne konstrukcije P.K. Progorelica, pošlo se od podataka iz Investicionog programa daljeg razvoja Ibarskih rudnika kamenog uglja. Investicionim programom su definisane visine i uglovi nagiba radnih etaža a završna kosina definisana je nagibom ugljenog sloja. Postoje znatne razlike između geologije opisane u Investicionom programu, i geologije interpretirane programom MINEX 5.2.3 odnosno geomodela definisanog na osnovu parametara bušotina prema važećem Elaboratu o geološkim rezervama. Takođe postoje razlike između fizičko – mehaničkih karakteristika radne sredine iz Investicionog programa i važećeg Elaborata o fizičko – mehaničkim svojstvima uglja i pratećih naslaga iz otvorenog dela ležišta P.K. Progorelica, sa analizom stabilnosti radnih etaža i završnih kosina. Iz ovih razloga, na osnovu izbora osnovne rudarske mehanizacije, Elaborata o geološkim rezervama, i Elaborata o fizičko – mehaničkim svojstvima uglja i pratećih naslaga iz otvorenog dela ležišta P.K. Progorelica, izvršena je analiza stabilnosti radnih etaža i završnih kosina.

**KLJUČNE REČI:** Stabilnost, površinski kop, metoda Bishop, program Plane failure analysis

#### ABSTRACT

In order to optimized design open pit. Progorelica, started from the data from the Investment program for further development of coal mines Ibarski rudnici kamenog uglja. Investment program defined the height and angle of inclination of work floor and the final slope is defined by the angle of coal seam. There are substantial differences between the geology described in the investment program, and interpreted geology program MINEX 5.2.3 or geomodel defined based on the parameters of wells according to the current Study of geological reserves. There are also differences between the physical - mechanical characteristics of the working environment of the Investment program and the current study on the physical - mechanical properties of coal and associated sediments from the open part of the deposit open pit Progorelica, with an analysis of the stability of working floors and final slopes. For these reasons, drawing on primary mining equipment, design of geological reserves, and elaborate on the physical - mechanical properties of coal and associated sediments from the open part of the deposit PK Progorelica, an analysis of the stability of working floors and final slopes.

**KEY WORDS:** stability, open pit, the method of Bishop, program Plane failure analysis

#### UVOD

Prema podacima iz Investicionog programa daljeg razvoja Ibarskih rudnika kamenog uglja, analiza stabilnosti radne i završne kosine površinskog kopa Progorelica izvršena je na Katedri za mehaniku stena Rudarsko – geološkog fakulteta u Beogradu. Definisane su visine i uglovi nagiba radnih etaža i prikazani tabelom 1 a završna kosina definisana je nagibom ugljenog sloja [1, 2].

Tabela 1. Geometrijski elementi kopa prema Investicionom programu

	Visina etaže $h_e$ , m	Ugao nagiba radne etaže $\alpha_e$ , °
Ugalj – I sloj	5,0	70
Ugalj – II sloj	3,5	70
Otkrivka	10,0	60



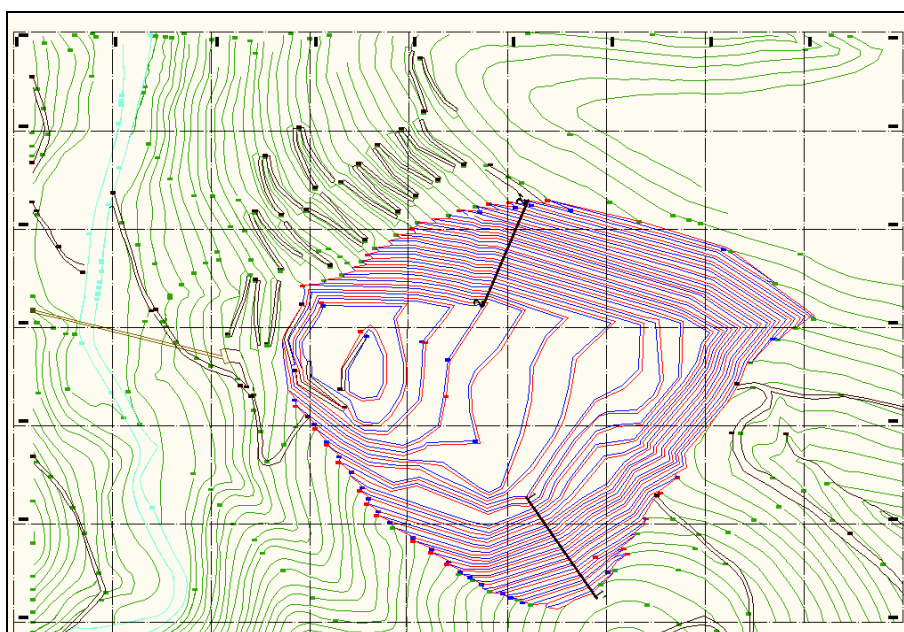
Za potrebe izrade Glavnog rudarskog projekta eksploatacije kamenog uglja u ležištu Progorelica – Baljevac, urađen je geomodel ležišta u programu Minex 5.2.3, a na osnovu parametara bušotina definisanih važećim Elaboratom o geološkim rezervama. Postoje znatne razlike između geologije opisane u Investicionom programu, i geologije interpretirane programom MINEX 5.2.3. Takođe postoje razlike između fizičko – mehaničkih karakteristika radne sredine iz Investicionog programa i važećeg Elaborata o fizičko – mehaničkim svojstvima uglja i pratećih naslaga iz otvorenog dela ležišta budućeg P.K. “Progorelica”, sa analizom stabilnosti radnih etaža i završnih kosina [2].

Iz ovih razloga, na osnovu izbora osnovne rudarske mehanizacije, Elaborata o geološkim rezervama, i Elaborata o fizičko – mehaničkim svojstvima uglja i pratećih naslaga iz otvorenog dela ležišta P.K. Progorelica, sa analizom stabilnosti radnih etaža i završnih kosina usvojeni su sledeći geometrijski elementi kopa dati tabelom 2.

Tabela 2. Geometrijski elementi kopa

	Visina etaže $h_e$ , m	Ugao nagiba završne kosine $\alpha_e$ , °
Ugalj	5	60
Otkrivka	5	60
Završni ugao kosine kopa		37

Analiza stabilnosti [3] izvršena je za dva kritična profila prikazana na slici 1. Visina kritičnih profila 1-1' i 2-2' merodavnih za definisanje završnog ugla generalne kosine kopa je 90 m.



Slika 1. Položaj profila za analizu stabilnosti

## ANALIZA STABILNOSTI METODOM BISHOP

Elaboratom o fizičko – mehaničkim svojstvima uglja i pratećih naslaga iz otvorenog dela ležišta budućeg P.K. “Progorelica”, sa analizom stabilnosti radnih etaža i završnih kosina definisani su fizičko – mehanički parametri uglja i otkrivke i prikazani su u tabelama 3 i 4. Kako su parametri krovinskih glinovitih laporaca i neposredne krovine vrlo bliski, za proveru stabilnosti [1, 2], tretirani su kao ista sredina [3].

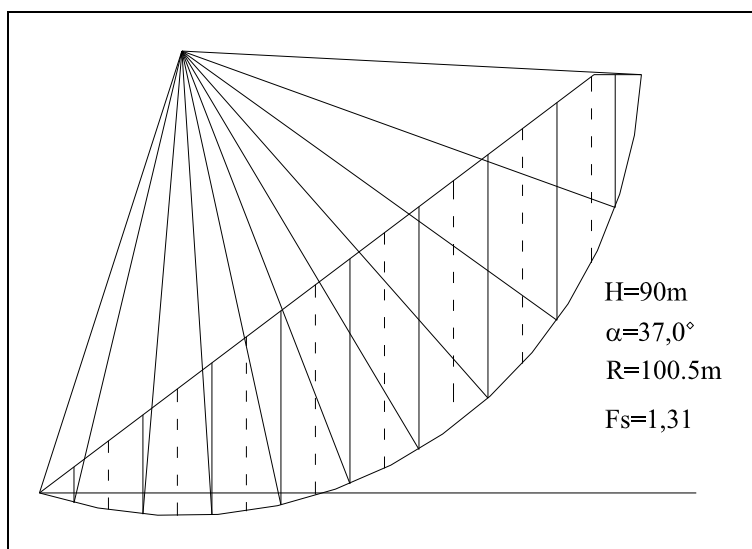
Tabela 3. Fizičke karakteristike radne sredine

Sredina	Vlaga W [%]	Bez pora i šupljina $\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Sa porama i šupljinama $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Zapreminska težina u suvom stanju $\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Poroznost n [%]
Krovinski glinoviti laporci	6,13	26,02	23,89	22,51	13,31
Ugalj	18,19	15,95	15,08	12,76	20,00

Tabela 4. Mehaničke karakteristike radne sredine

Sredina	Jednoosna otpornost na pritisak $\sigma_p$ [MPa]	Parametri otpornosti pri smicanju	
		kohezija C [MPa]	ugao unutrašnjeg trenja $\varphi^\circ$
Krovinski glinoviti laporci	48,66	12,50	35°
Ugalj	61,33	0,86	39,33°

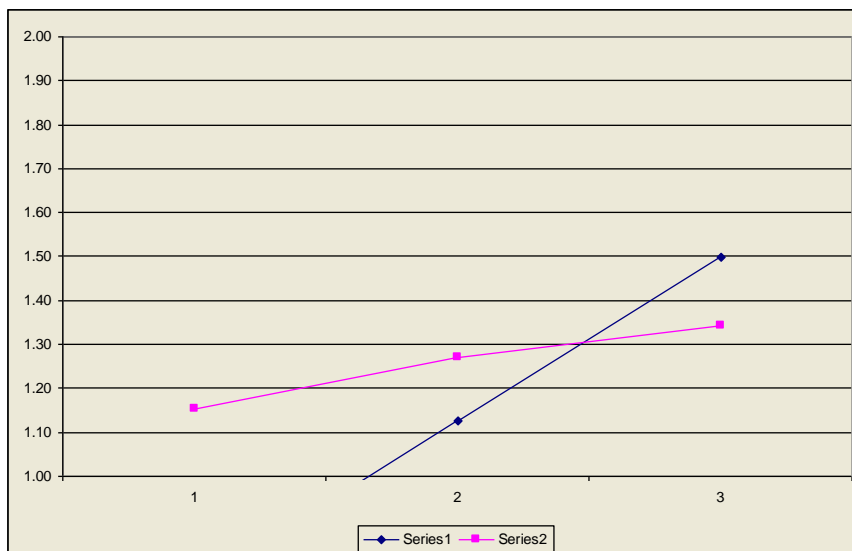
Analiza stabilnosti kosina urađena je po metodi Bishop za klizne površine kružnog oblika, za vrednost pornog pritiska definisanog Elaboratom od  $r_u = 0,2$ . Rezultati proračuna prikazani su na slikama 2 i 3 i tabeli 5.



Slika 2. Kružni lom po metodi Bishop za završnu kosinu kopa

Tabela 5. Proračun stabilnosti završne kosine kopa

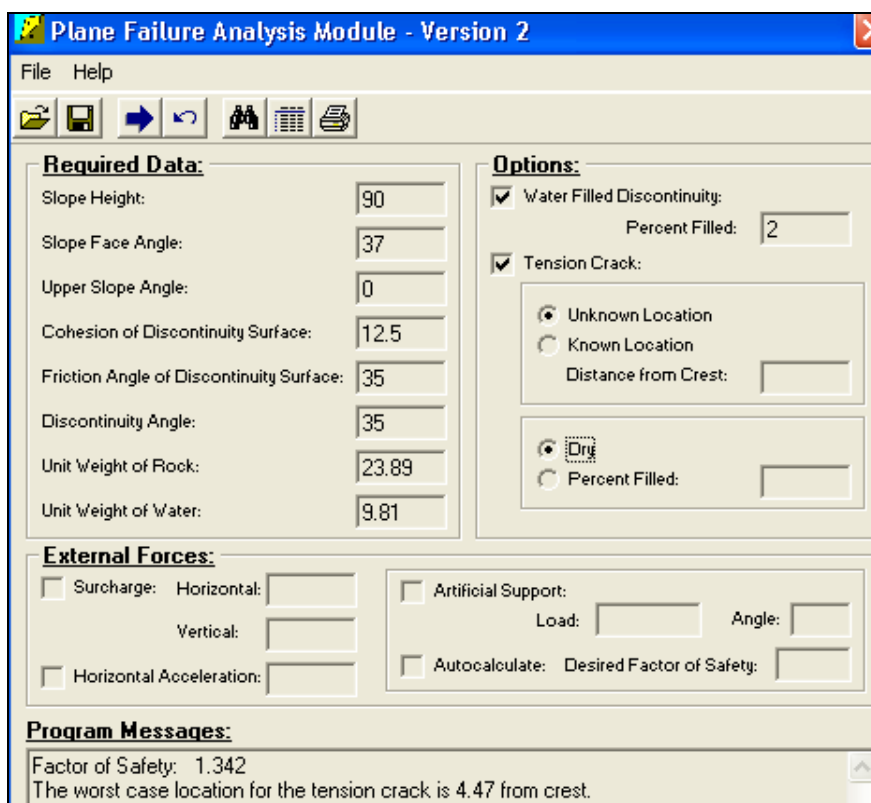
R. br.	Lamelu	Fs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σ
1	$\gamma$ , kN/m <sup>3</sup>		23,89	23,89	23,89	23,89	23,89	23,89	23,89	23,89	23,89	23,89
2	b, m		15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	10,8
3	h, m		7,7	21,4	32,7	41,8	48,4	52,2	52,4	52,4	46,8	28,6
4	W=ybh, kN/m		2759,30	7668,69	11718,05	14979,03	17344,14	18705,87	18777,54	16770,78	7379,14	
5	$\alpha$ , °		-14	-5	4	12	21	31	42	55	70	
6	sin $\alpha$		-0,242	-0,087	0,070	0,208	0,358	0,515	0,669	0,819	0,940	
7	cos $\alpha$		0,970	0,996	0,998	0,978	0,934	0,857	0,743	0,574	0,342	
8	Wsin $\alpha$ , kN/m		-667,54	-668,37	817,41	3114,32	6215,60	9634,26	12564,65	13737,84	6934,13	51682,30
9	$r_u$		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	
10	1-r <sub>u</sub>		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
11	W(1-r <sub>u</sub> ), kN/m		2207,44	6134,95	9374,44	11983,22	13875,31	14964,70	15022,03	13416,62	5903,31	
12	$\rho$ , °		35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	
13	tg $\rho$		0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	
14	C, kN/m <sup>2</sup>		12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	
15	C $\rho$ , kN/m		187,50	187,50	187,50	187,50	187,50	187,50	187,50	187,50	187,50	135,00
16	W(1-r <sub>u</sub> )tg $\rho$ , kN/m		1545,67	4295,75	6564,07	8390,77	9715,63	10478,42	10518,57	9394,45	4133,56	
17	15+16		1733,17	4483,25	6751,57	8578,27	9903,13	10665,92	10706,07	9581,95	4268,56	
18	1/(cos $\alpha$ +(tgpsin $\alpha$ )/F)	1,0	1,25	1,07	0,96	0,89	0,84	0,82	0,83	0,87	1,00	
		1,5	1,17	1,05	0,97	0,93	0,91	0,91	0,93	1,05	1,28	
		2,0	1,13	1,04	0,98	0,95	0,94	0,96	1,02	1,16	1,49	
19	17x18	1,0	2164,03	4794,07	6452,14	7633,75	8360,50	8758,34	8835,75	8352,80	4268,56	59619,94
		1,5	2021,51	4692,00	6554,12	7978,28	8995,74	9717,58	10143,14	10023,37	5467,80	65593,54
		2,0	1957,06	4642,58	6606,32	8162,48	9350,98	10280,56	10953,51	11137,09	6361,40	69452,00
20	F=Σ19/Σ18	0,75										1,15
		1,13										1,27
		1,50										1,34



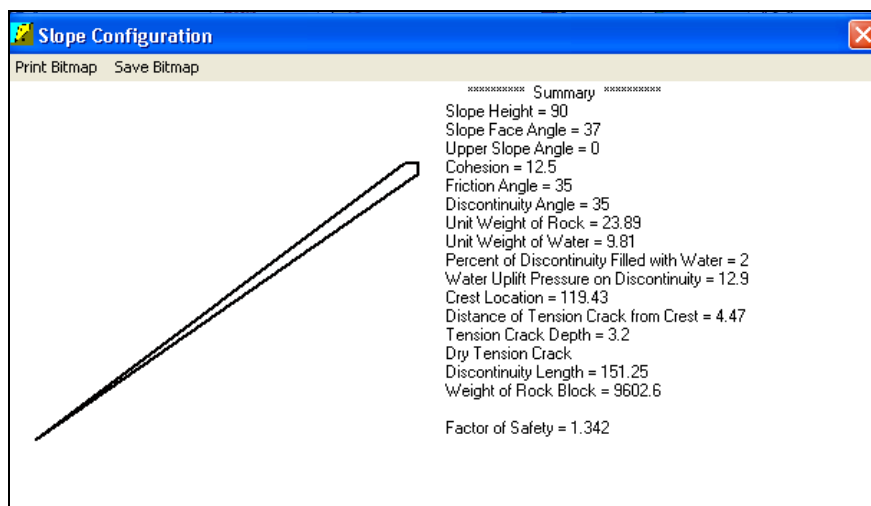
Slika 3. Grafički prikaz koeficijenta sigurnosti završne kosine kopa

### ANALIZA STABILNOSTI PROGRAMOM PLAN FAILURE ANALYSIS

Program Plane Failure Analysis je besplatan program za analizu stabilnosti modelom Hoek and Bray. Analiza je rađena za ravni lom [4]. Prikaz programa je dat na slici 4, a rezultat proračuna na slici 5..



Slika 4. Proračun stabilnosti završne kosine kopa programom Plane Failure Analysis



Slika 5. Izlazni izveštaj iz programa Plane Failure Analysis

## ZAKLJUČAK

Osnovni proračun stabilnosti kosina površinskog kopa Progorelica rađen je metodom Bishop za kružni oblik klizne ravni. Za kritične profile, dobijen je koeficijent stabilnosti od  $F_s = 1,31$ . Kao pomoćna metoda proračuna stabilnosti, korišćen je softver Plane Failure Analysis. Za ravan lom dobijen je koeficijent stabilnosti  $F_s = 1,34$ .

Softver Plane Failure Analysis nije licencirani softver za proračun stabilnosti, već „free“ verzija. Ovaj softver ne može da se koristi kao primaran za proračune stabilnosti, međutim može da posluži za proveru prethodnih proračuna.

U principu, za analizu stabilnosti treba koristiti licencirane softvere specijalizovane za ovu namenu, ali u nedostatku istih, pomenuti program može da posluži kao reper za klasične analitičko – grafičke proračune.

## LITERATURA

- [1] Elaborat o rudnim rezervama ležišta uglja Progorelica, Rudarski Institut Zemun, 2006. god.
- [2] Elaborat o fizičko-mehaničkim svojstvima uglja i pratećih naslaga iz otvorenog dela ležišta budućeg P.K. "Progorelica", sa analizom stabilnosti radnih etaža i završnih kosina, Institut za bakar Bor, 2007. god.
- [3] M. Ignjatović, R. Rajković i ostali, Glavni rudarski projekat eksploatacije kamenog uglja u ležištu Progorelica – Baljevac, Institut za bakar Bor, 2008. god.
- [4] M. Ljubojev, R. Popović, Osnove geomehanike, Bor 2006. god.

# ORJENTACIJA I NAČIN OSIGURANJA VEZNOG USKOPA PRI PROLAZU MEHANIZOVANOG ŠIROKOG ČELA U RUDNIKU „MRAMOR“

## ORIENTATION AND ENSURING MODE OF THE CONNECTING EXPLOITATION SITE DURING TRANSITION OF MECHANIZED LONGWALL IN COAL MINE “MRAMOR”

Omer Musić<sup>1</sup>, Jože Kortnik<sup>2</sup> Halid Čičkušić<sup>3</sup>, Šefik Sarajlić<sup>4</sup>

1- Univerzitet u Tuzli, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet u Tuzli; 2-Univerzitet u Ljubljani, Naravoslovnotehnički fakultet u Ljubljana; 3-Rudnik lignita „Kreka“; 4- Rudnik mrkog uglja „Đurđevik“

### REZIME

Izgradnja podzemnih prostorija zahtijeva obimna rudarsko-geološka i inženjersko-geološka istraživanja. Izrađeni vezni uskopi i pomoćne prostorije u otkopnom polju, predstavljaju veliki problem pri prolazu otkopne fronte širokog čela, kroz i pored njih. U ovom radu data je tehnologija prolaza kompleksno mehanizovanog širokog čela kroz vezne uskope podgrađene ankernom podgradom u glavnom ugljenom sloju na primjeru rudnika lignite “Mramor”.

**Ključne riječi:** rudarsko-geološki faktori, široko čelo, vezni uskopi, ankerna podgrada, orijentacija.

### SUMMARY

Construction of underground galleries requires complex mining-geological and engineering-geological researches. Existing semi-vertical communication halls and auxiliary rooms within excavation field cause the huge problem for longwall face excavation progressing through and alongside those halls and rooms. This paper gives a method of passing a complex longwall face excavation machine through the semi-vertical anchor supported halls within the main coal seam taking for an example the lignite mine “Mramor”.

**Key words:** mining-geological factors, longwall face, semi-vertical halls, anchor support, orientation.

### 1 UVOD

Rudnik lignita “Mramor” nalazi se na sjevero-zapadnom dijelu sjevernog Krekanskog sinklinorija. Eksploatacija uglja vršena je u tri ugljena sloja i to glavnom, prvom i drugom krovnom sloju, dok se podinski sloj nije otkopavao. Trenutna eksploatacija uglja je u jami “Glavni sloj” koji je podijeljen na tri otkopna revira i to: “Dobrnja”, “Mramor” i “Marići”. Tokom otvaranja i pripreme otkopnog polja (otkopnog pojasa), glavnog ugljenog sloja u rudniku lignita “Mramor”, pored osnovnih transportnih i ventilacionih hodnika rade se i pomoćne prostorije. Namjena pomoćnih prostorija može biti za: uspostavljanje protočnog provjetravanja (izrada veznih uskopa), kraće puteve transporta uglja i dopreme repromaterijala, odvodnjavanje viših dijelova ležišta, istraživanje dijelova ležišta i dr.

### 2 RUDARSKO-GEOLOŠKI USLOVI

Glavni ugljeni sloj u jamskom polju ima pravac pružanja sjeverozapad-jugoistok sa generalnim azimutom pada prema jugozapadu. Ugljeni sloj je promjenljive debljine od 4.0 do 7.0 m, sa promjenljivim padnim uglom od 2 do 6°. Podinu glavnog ugljenog sloja predstavlja vodonosni sitnozrni kvarcni pijesak, a krovinu glinoviti lapor sa većim ili manjim proslojcima vodonosnog sitnozrnog kvarcnog pijeska (podina prvog ugljenog sloja koji se nije formirala u sjevernom sinklinoriju). Karakteristika Krekine ugljonosne serije da su svi podinski pijeskovi vodopropusni i vodonosni, dok su ugljeni slojevi i krovinski lapori vodonepropusni. Za eksploataciju ugljenih slojeva,

veliki problem predstavljaju podinski vodopropusni i vodonosni pijesci, koji kod zasićenja vodom preko 12 % postaju tečni pijesci.

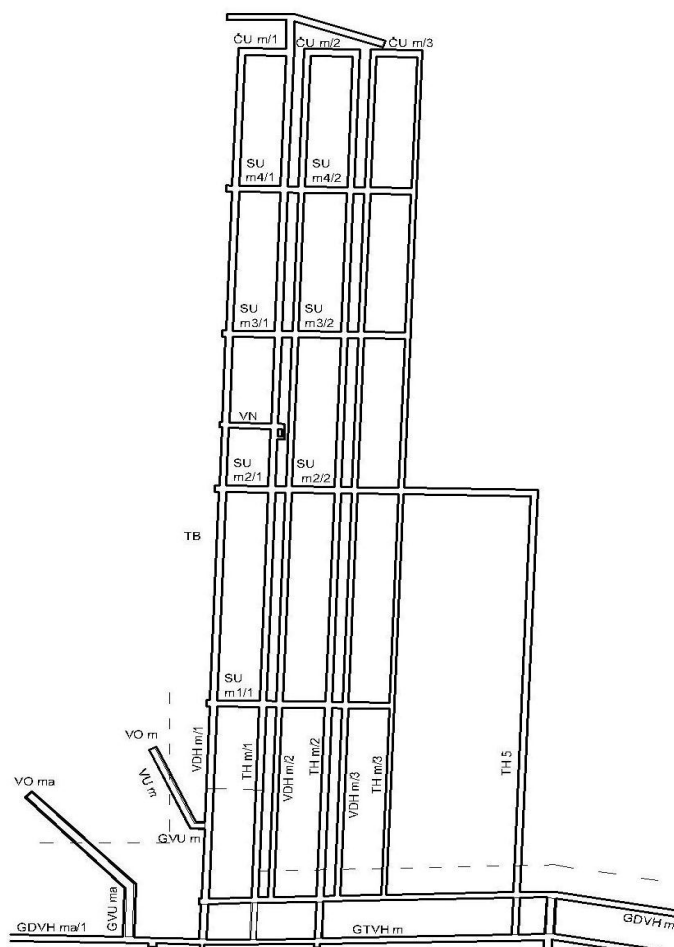
Odvodnjavanje ležišta vrši se predhodnim i naknadnim radovima. Predhodni radovi podrazumijevaju bušenje dubinskih bunara i ugradnja pumpi za izbacivanje vode iz podinskih pijeskova na površinu. Naknadni radovi vrše se tokom pripreme i otkopavanja slojeva uglja sa izbušenim drenažnim bušotinama iz jame. Podinski pijesak glavnog sloja na eksploatacionom polju jame „Glavni sloj“ Mramor, nije odvodnjen, te predstavlja veliki problem tokom otkopavanja.

### 3 PROJETNO RJEŠENJE EKSPLOATACIJE UGLJA U REVIRU „MRAMOR“

Eksploatacija uglja u reviru “Dobrnja” je završena. U prvom otkopnom polju revira “Marići”, dobivanje uglja vrši se uskočelnom-komornom otkopnom metodom sa kojom se planira otkopati i ostala otkopna polja. U reviru “Mramor”, prva dva polja otkopana su uskočelnom-komornom otkopnom metodom, dok narednih 9 do 11 polja, će se otkopati mehanizovanom širokočelnom otkopnom metodom.

Osnovni eksploatacioni parametri revira “Mramor”, slika 1. su:

- dužina revira po pružanju sloja ..... 1090 m
- širina revira po padu sloja ..... 810 m
- debljina sloja ..... 4-7 m, sred. (6,08) m
- ugao pada sloja ..... 2-6°



Slika 1. Priprema otkopnog polja i otkopnog pojasa

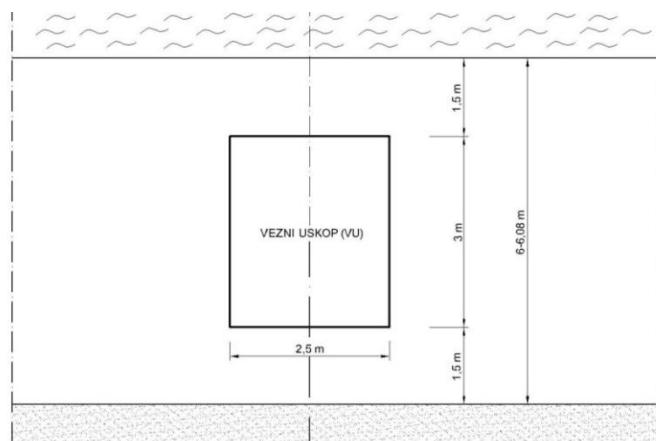
Koncepcija otkopavanja u reviru "Mramor" je sljedeća:

- ugljeni sloj otkopava se u jednom zahvatu primjenom mehanizovanog širokog čela sa horizontalnom koncentracijom,
- mehanizovano široko čelo postavlja se po padu, a napredovanje je po pružanju ugljenog sloja ostupnim načinom i
- dužina mehanizovanog širokog čela (MŠČ) ovisi od širine otkopnog pojasa i iznosi 57 do 63 m.

Priprema otkopnog polja i otkopnog pojasa sastoji se iz, slika 1.:

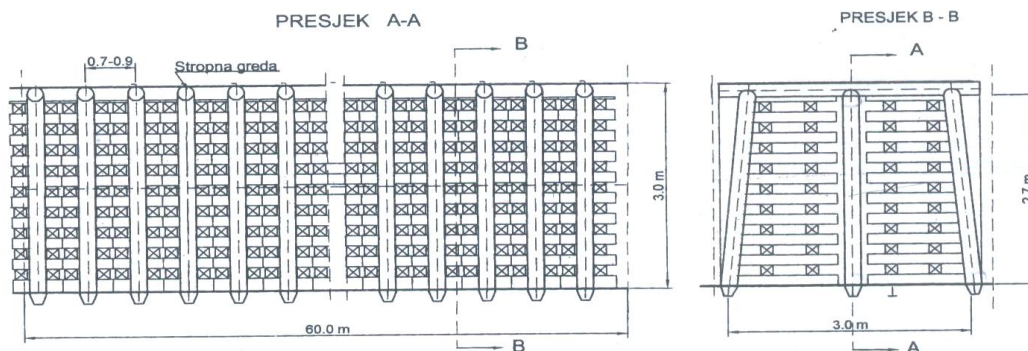
- izrade transportnog hodnika THm (1-n),
- izrada ventilaciono-dopremnog hodnika VDHm (1-n),
- izrada veznih uskopa između hodnika SUm (1-n),
- izrada čelnog uskopa ČUm (1-n)

S obzirom na elemente ugljenog sloja i radne visine dobijanja uglja, vezni uskopi između transportnog TH i ventilaciono-dopremnog hodnika VDH, kao i čelni uskopi, locirani su kao centralni u sredini ugljenog sloja pod uglom od  $90^{\circ}$  u odnosu na prostorije TH i VDH, slika 2.



Slika 2. Položaj veznog uskopa u ugljenom sloju

Osiguranje veznog uskopa u toku izrade vrši se trapeznom drvenom podgradom, a naknadno osiguranje vrši se ugradnjom dva reda slogova (kula) od drvene rezane građe, slika 3. Prije frontalnog nailaska širokog čela na vezni uskop, vrši se njegovo spuštavanje urezivanjem u podinsku ugljenu ploču do 0,5 m, kako bi se pomoću sekcija poduhvatila trapezna drvena podgrada. Naknadno ugrađeni drveni slogovi iz veznog uskopa se vade, gdje često dolazi do prodora deformisanog krovinskog lapora u radni prostor čela. Dosadašnja iskustva ukazuju da projektno rješenje podgrađivanja veznih uskopa, nije zadovoljilo po pitanju: kapaciteta čela, radnih učinka, sigurnosti zaposlenog osoblja, ekonomsko-finansijskih pokazatelja. Poteškoće koje se javljaju pri izradi i sanaciji veznih uskopa ogledaju se u: pripremi rezane drvene građe na površini, transportu do radilišta, vrijeme (nadnice) ugradnje, zatvaranje radnog prostora pred čelom i u čelu od dopremljene građe, zastoji pri dobijanju uglja zbog prodora krovinskog lapora, i dr.



Slika 3. Podgrađivanje veznog uskopa

#### 4 NOVO RJEŠENJE LOKACIJE I OSIGURANJA VEZNIH USKOPA

Prolaz kompleksno mehanizovanog širokog čela kroz vezne uskope otkopnog polja i otkopnog pojasa, sistemom dopunskog podgrađivanja i postepenog vađenja podgrade, nije dao željene rezultate, te se pristupilo iznalaženju optimalnog rješenja lokacije i osiguranja veznih uskopa.

##### 4.1 Definisane optimalnih parametara veznog uskopa

Vežni uskopi su projektovani kao centralni u sredini ugljenog sloja. Udaljeni su od stijene podine 1,5 m i stijene krovine 1,5 m. Oblik veznog uskopa je pravougaoni (vertikalni pravougaonik): širina  $2a=2,5$  m i visina  $h=3,0$  m, slika 2. Orjentisani su pod uglom od  $90^0$  u odnosu na pristupne prostorije transportog TH i ventilaciono-dopremnog hodnika VDH, slika 1.

##### 4.1.1 Određivanje nove lokacije veznog uskopa u ugljenom sloju

###### a) - Visina zone rasterećenja stijena u krovini prostorije:

Određivanje visine zone rasterećenja u stijenama krovine prostorije izvršena je po teoriji napona prema K. TERZAGHI-u i računa se po obrascu 4.1:

$$y = \frac{a \times \gamma - C}{\gamma - \text{tg } \varphi} \dots\dots\dots 4.1$$

gdje je:

- y – visina svoda rasterećenja (m),
- a – polovina širine veznog uskopa;  $a=1,25$  (m)
- $\gamma$  - zapreminska težina stijena krovine;  $\gamma=12,1$  (KN/m<sup>3</sup>)
- C – kehezija stijena krovine; kod rasterećenih stijena  $C=0$ , (MPa)
- $\varphi$  - ugao unutrašnjeg trenja stijena krovine;  $\varphi=34$  (<sup>0</sup>)

Uvrštavanjem poznatih vrijednosti umjesto oznaka u obrascu 4.1, izračunata je visina svoda rasterećenja i iznosi:

$$y = \frac{1,25 \times 12,1 - 0}{12,1 \times 0,67451} = 1,85m$$

To znači da je ostavljena mala debljina zaštitne ugljene ploče u stijenama krovine prostorije:  $1,50 < 1,85$ .

###### b) - Dubina zone rasterećenja stijena u podini prostorije:

Shodno teorijama K. Terzaghi-a i P. Bosnića, dubina zone rasterećenja u stijenama podine prostorije računa se po obrascu 4.2:



$$z = 2\lambda \times h + \frac{a}{\operatorname{tg} \varphi} (2\lambda - 1) \dots\dots\dots 4.2$$

gdje je:

$$\lambda = \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi^0}{2} \right) = 0,28 - \text{koeficijent bočnog dejstva}$$

h – visina prostorije, h=3,0 m

Zamjenom poznatih vrijednosti za oznake u obrascu 4.2, izračunata je dubina loma u stijenama podine i iznosi:

$$z = 2 \times 0,28 \times 3,0 + \frac{1,25}{0,76451} (2 \times 0,28 - 1) = 0,86 \text{ m}$$

Dobiveni rezultati ukazuje da je za vezni uskop, ostavljena veća debljina ploče u stijenama podine, odnos: 1,50 > 0,86.

Ako je izračunata potrebna debljina zaštitne ploče u stijenama krovine prostorije Y=1,85 m, izračunata potrebna debljina zaštitne ploče u stijenama podine prostorije z=0,86 m, te projektovana visina prostorije h=3,0 m uz prosječnu debljinu sloja od 6,08 m, može se zaključiti sljedeće:

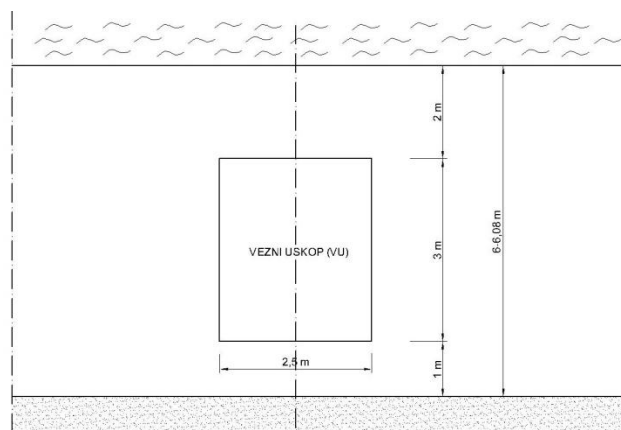
$$6,08 - (1,85 + 3,0 + 0,86) = 0,37 \text{ m}$$

Na osnovu pokazanog može se zaključiti, da vezne i čelne uskope treba locirati kako slijedi:

$$y = 1,85 + \left( \frac{0,37}{2} \right) = 2,035 \text{ m} \cong 2,0 \text{ m}$$

$$z = 0,86 + \left( \frac{0,37}{2} \right) = 1,045 \text{ m} \cong 1,0 \text{ m}$$

Prikaz nove lokacije vezne prostorije u ugljenom sloju dat je na slici 4.



Slika 4. Novi položaj veznog uskopa u ugljenom sloju

#### 4.1.2 Određivanje orijentacije veznog uskopa u otkopnom polju

Pri eksploataciji uglja mehanizovanim širokim čelom, veliki problem predstavlja orijentacija veznog uskopa u odnosu na smjer napredovanja, slika 1. Za smanjenje uticaja širine prostorije i zona rasterećenja u stijenama oko prostorije, predlaže se orijentacija veznog uskopa pod uglom od 60° u odnosu na pristupne prostorije (TH i VDH), i 30° u odnosu na liniju napredovanja čela, slika 5. i slika 6. Analizom položaja sekcija u odnosu na elemente veznog uskopa, može se konstatovati da sekcija (a) dužine 4600 mm se obostrano oslanja na zdravi dio krovine, sekcija (b) se oslanja prednjom polovinom, a sekcija (c) zadnjom polovinom o zadnji dio stijene krovine.

## 4.2 Prijedlog načina osiguranja veznog uskopa

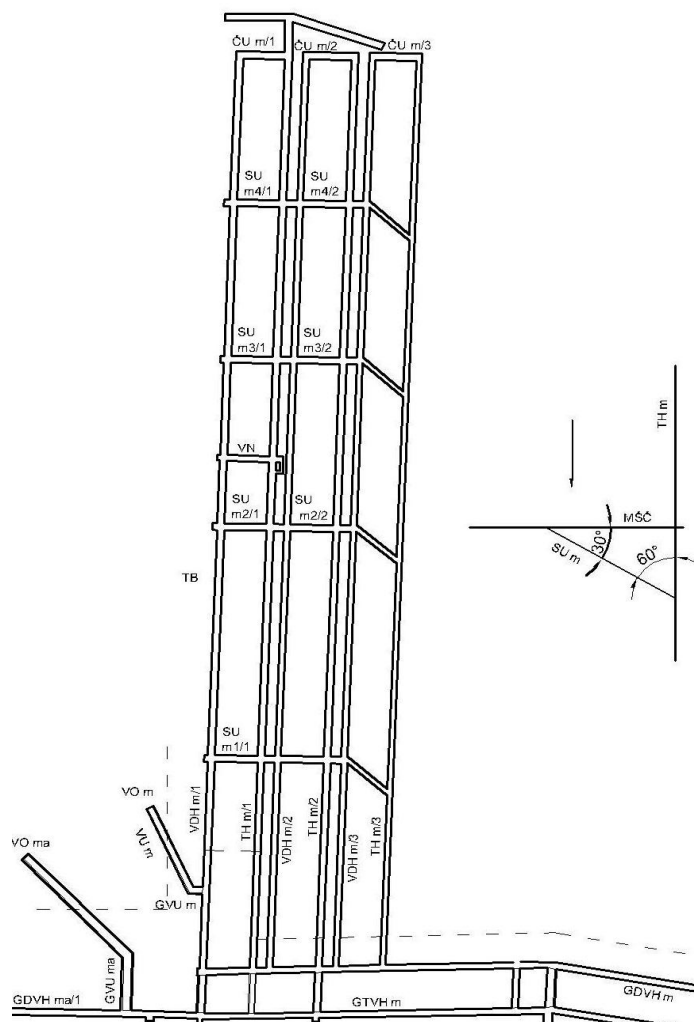
### a) - Dimenzionisanje zone deformacija stijena oko veznog uskopa:

U poglavlju 4.1.1 određena je visina zone rasterećenja u stijenama krovine koja iznosi  $Y=1,85$  m, i dubina zone rasterećenja u stijenama podine i iznosi  $z=0,86$  m. Da bi pristupili izboru i proračunu vrste i tipova ankerne podgrade, neophodno je izvršiti proračun širine zone rasterećenja u stijenama bokova podzemne prostorije. U skladu sa teorijom P. Bosnića, širina zone deformacija stijena u bokovima podzemne prostorije možemo izraziti pomoću obrasca 4.3:

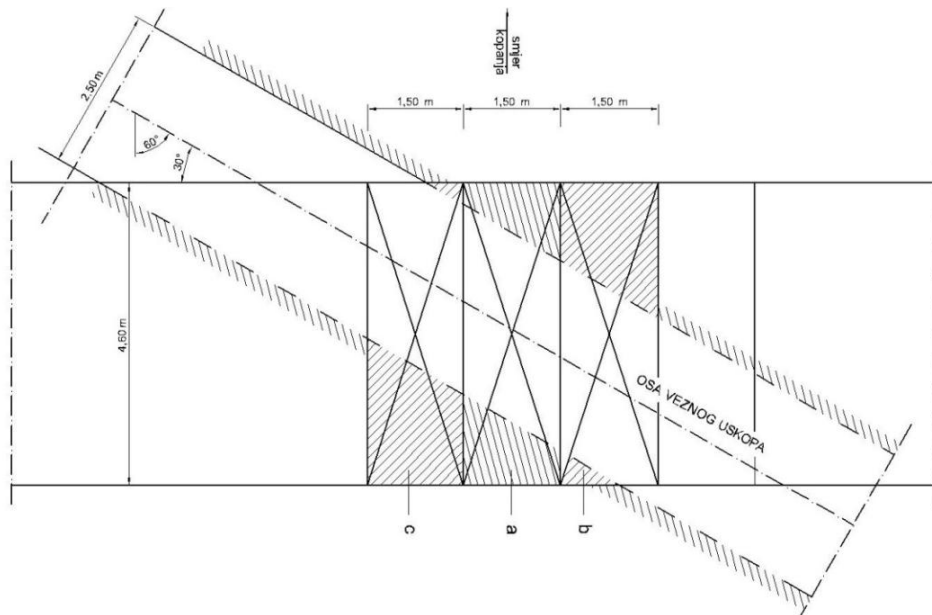
$$x = \frac{\lambda \times h}{\operatorname{tg} \varphi} \dots\dots\dots 4.3$$

Uvrštavanjem poznatih vrijednosti u obrazac 4.3, izračunata je zona rasterećenja u stijenama bokova i iznosi:

$$x = \frac{0,28 \times 3,0}{0,67451} = 1,25m$$

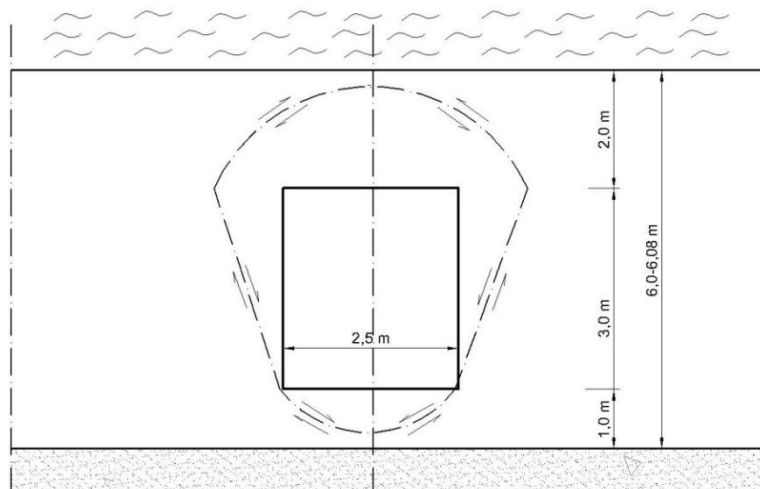


Slika 5. Orientacija veznih uskopa u otkopnom polju



Slika 6. Međusobni položaj veznog uskopa i čelnog uskopa mehanizovanog širokog čela (a, b, i c – sekcije MŠČ)

Izračunati položaj zone deformacija u stijenama oko podzemne prosrorije dat je na slici 7.



Slika 7. Zona deformacija u stijenama oko veznog uskopa

#### b) - Projektovanje ankerne podgrade:

Princip projektovanja sistema ankerne podgrade podrazumijeva definisanje sljedećih parametara:

- dužina ankera,
- razmak između ankera,
- nosiva sposobnost i
- veličina zatezne sile.

#### - Proračun dužine ankera:

Dužina ankera proračunava se po obrascu 4.4.

$$l = C_1 + h + C_2 \dots\dots\dots 4.4$$

gdje je:

$C_1$  – dužina ankera koji viri iz bušotine i služi za prednaprezanje ankera i montažu ovjesa za opremu, promjenljive je dužine i iznosi 0-250 mm.

$C_2$  – nosiva dužina ankera,

$h$  – slobodna dužina štapa ankera.

Nosiva dužina ankera  $C_2$  računa se po obrascu 4.5.

$$C_2 = 0,4 \sqrt{\frac{d^2 \times \sigma_z}{K_z}} \dots\dots\dots 4.5$$

gdje je:

$d$  – prečnik štapa ankera,  $d=22$  mm

$\sigma_z$  – prekidna čvstoća štapa ankera za čelik Č 0645 iznosi  $\sigma_z = 600 \approx 720N / mm^2$

$K_z$  – dozvoljeno naprezanje stijena (krovinske ploče uglja) na zatezanje iznosi  $K_z=1,28$  MPa

Nosiva dužina ankera iznosi:

$$C_2 = 0,4 \sqrt{\frac{22^2 \times 660}{1,28}} \cong 200mm$$

S obzirom da su poznate dimenzije zone deformacija stijena oko podzemne prostorije (veznog uskopa), slobodna dužina ankera je promjenljiva i iznosi:

$$h \cong 1850 - 200 = 1650mm$$

Ukupna dužina ankera u stijenama krovine veznog uskopa iznosi:

$$l_k = 250 + 1650 + 200 = 2100mm$$

Ukupna dužina ankera u stijenama bokova, određena je širinom zona deformacija stijena u bokovima podzemne prostorije i iznosi:

$$l_b = 0,00 + 1250 + 200 = 1450mm$$

**- Proračun razmaka između ankera:**

Razmak između ankera raspoređenih po kvadratnoj šemi, računa se po obrascu 4.6.

$$a = \sqrt{\frac{P}{\gamma \times y \times K}} m \dots\dots\dots 4.6$$

gdje je:

$P$  – prkidna sila ankera,  $P = \sigma \times F$ ,  $F = r^2 \pi = 11^2 \pi = 380mm^2$

$$P = 660 \times 380 = 250KN$$

$\gamma$  - zapreminska težina stijena krovine,  $\gamma = 12,1KN / m^3$

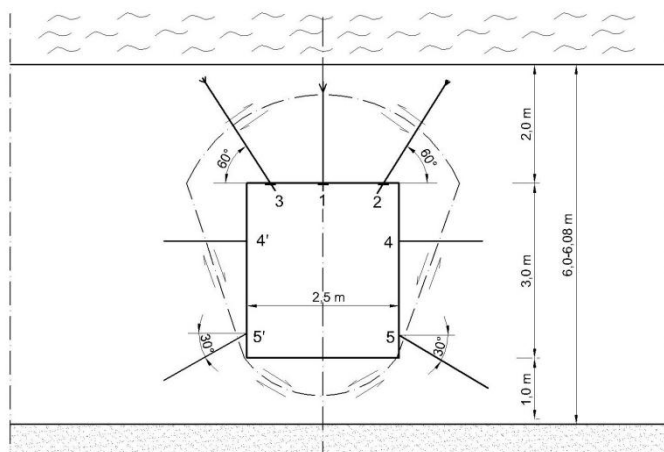
$y$  - visina rasterećenog svoda,  $y=1,85$  m

$K$  – koeficijent sigurnosti  $K=3$

Razmak između ankera raspoređenih po kvadratnoj šemi iznosi:

$$a = \sqrt{\frac{250}{12,1 \times 1,85 \times 3}} = 1,93m$$

Šema ankerisanja veznog uskopa prikazana je na slici 8. Za osiguranje stijena krovine veznog uskopa potrebna su tri metalna ekspanziona ankera sa klinom ili čahurrom, a za osiguranje stijena bokova i podine potrebna su četiri ankera na bazi sintetičkih masa ili drveta, koji neće ometati rad kombajna pri rezanju uglja.



Slika 8. Šema ankerisanja veznog uskopa

## ZAKLJUČAK

Projektovana pozicija veznog uskopa u ugljenom sloju nije povoljna sa aspekte dimenzija zona deformacija stijena oko prostorije. Analitičkim proračunom, vezni uskop ima novu poziciju, tj. konture prostorije (širine  $a=2,5$  m i visine  $h=3,0$  m) su udaljene od podine 1,0 m i od krovine 2,0 m. Pravovremenom ugradnjom projektovanih ankera, prema prikazanoj slici 8., izvrši će se očuvanje i poboljšanje stijenskog masiva oko prostorije. Orientacijom veznog uskopa sa otklonskim uglom od  $60^{\circ}$  u odnosu na pristupne prostorije TH i VDH, stvaraju se povoljni uslovi za ne smetan prolaz mehanizovanog širokog čela. Sa približavanjem otkopne fronte veznom uskopu, nije potrebno naknadno osiguranje veznog uskopa kulama od rezane građe, niti dodatno spuštavanje širokog čela za 0,5 m od podine ugljenog sloja. Ugrađeni sintetički ili drveni ankeri u bokove veznog uskopa ne ometaju rad kombajna pri rezanju uglja. Ovim rješenjem osiguranja veznog uskopa, isključuju se aktivnosti vezane za naknadno osiguranje pomoću drvenih slogova, a omogućava se ostvarivanje projektovanog kapaciteta i visokog stepena sigurnosti radnika.

## LITERATURA:

1. Fazlić, E.: Izbor tehnologije prolaza mehanizovanog širokog čela kroz vezne uskope u Rudniku "Mramor"-magistarski rad. Tuzla, 2011.
2. Jašarević, I.: Primjena, proračun i ispitivanje sidara. Mehanika stijena, temeljenje i podzemni radovi. Knjiga I. Zagreb, 1983.
3. Javanović, P.: Dimenzionisanje jamskih prostorija-radne operacije i definisanje radne sredine. Beograd, 1983.
4. Kidibinski, A.: Podstawu geotehnički kopalnien. Katowice, 1982.
5. Križanović, Z.: Sidrenje i torkretiranje u Rudniku mrkog uglja "Breza"-Problematika zamjene drvene podgrade u RMU Breza.
6. Memić, M, i ostali.: Savremene teorije i proračuni podzemnih pritisaka. Tuzla, 2006.
7. Memić, M., Musić, O. Slijepčević, S.: Definisanje podzemnih pritisaka metodom kružnice. Naučno-stučni časopis Rudarstvo, Rudarski institut-Tuzla, ISSN 0353-9172

8. Nonveiller, E.: UDC 622, broj 21-22, str. 67-71, Tuzla 2001.  
Poboljšanje svojstava stijenskih masa  
injektiranjem. Mehanika stijena, temeljenje i  
podzemni pritisci-Knjiga I. Zagreb, 1983.
9. Raduković, J.: Sidrenje u tunelima. Mehanika stijena,  
temeljenje i podzemni rudarski radovi-Knjiga  
2. Zagreb, 1983.
10. Salaustowicz, A.: Osnovi mehanike stijena. Katowice, 1965.
11. Terzaghi. K.: Teorijska mehanika tla (prijevod), Beograd,  
1972.

# **PROJEKTOVANJE I IZRADA JAMSKOG MAGACINA EKSPLOZIVNIH SREDSTAVA U RUDNIKU "RUDNIK" - RUDNIK**

## **DESIGNING AND CONSTRUCTION OF THE UNDERGROUND EXPLOSIVE DEVICES MAGAZINE IN THE "RUDNIK" MINE - RUDNIK**

**Saša Mitić<sup>1)</sup>, Zlatko Belić<sup>2)</sup>, Dragan Milojević<sup>1)</sup>**

*<sup>1)</sup> Rudarski institut DOO Beograd, <sup>2)</sup> A.D. Rudnik i flotacija "Rudnik", Rudnik*

### **Izvod**

U ovom radu je su prikazani projektno rešenje i način izrade Jamskog magacina eksplozivnih sredstava (JMES) u rudniku "Rudnik". Dosadašnji magacin eksplozivnih sredstava, koji je lociran na površini, je zahtevao velika sredstva kako za tehničko, tako i za održavanje u smislu bezbednosti i zaštite životne sredine, tako da se pristupilo projektovanju i, nakon toga, izradi Jamskog magacina eksplozivnih sredstava. JMES je projektovan i izrađen u skladu sa propisima koji regulišu ovu materiju i predstavlja jedan od kapitalnih objekata u jami rudnika "Rudnik".

**Ključne reči:** eksploziv, magacin, rudnik "Rudnik".

### **Abstract**

This paper presents designing and construction of the Underground explosive devices magazine (JMES) in the "Rudnik" mine. Current explosive devices magazine, located on the surface, demands a lot of technical servicing, security and environment protection. Therefore, a new Underground explosive devices magazine was designed and constructed. Designing and construction was realized strictly according to the legal regulations, and it is now one of the capital underground objects in the "Rudnik" mine.

**Key words:** explosive, magazine, "Rudnik" mine.

### **Uvod**

Magacin eksplozivnih sredstava koji je do sada korišćen za potrebe eksploatacije u rudniku „Rudnik“, lociran na površini, u blizini rudničkog kruga, svojim kapacitetom nije zadovoljavao potrebe rudnika, a zbog bezbednosnih i drugih propisa, njegovo održavanje više nije bilo tehnološki i ekonomski opravdano.

Iz tih razloga je postalo neophodno da se za skladištenje eksploziva i inicirajućih sredstava potrebnih za normalno odvijanje tehnološkog procesa u rudniku "Rudnik" projektuje i izradi Jamski magacin eksplozivnih sredstava (JMES), a u skladu sa važećim zakonskim propisima. Ovaj projekat je realizovan zajednički, saradnjom A.D. RiF "Rudnik" - Rudnik i Rudarskog instituta DOO Beograd.

Jamski magacin eksplozivnih sredstava u rudniku «Rudnik» - Rudnik, projektovan je i izrađen tako da se u JMES može odjednom skladištiti  $q=10.000\text{kg}$  amonijum-nitratskog patroniranog eksploziva, kao i  $n=40.000$  kom. električnih detonatora.

Prilikom određivanja lokacije i same izrade JMES vodilo se računa da se maksimalno iskoriste postojeće jamske prostorije i objekti, a lokacija JMES je određena zajednički, nakon obilaska jame „Rudnik“ od strane projekatnata i Investitora.

Za izradu jamskih prostorija koje su sastavni deo JMES, a koje do sada nisu izrađene, predviđena je i primenjena oprema kojom rudnik „Rudnik“ raspolaže, kao i tehnologija izrade jamskih prostorija koja se duže vreme koristi u jami Rudnika "Rudnik", čime su u potpunosti zadovoljeni strogi bezbednosni kriterijumi koji važe za rad u uslovima podzemne eksploatacije mineralnih sirovina.

### **Lokacija i tehnički opis JMES**

Lokacija JMES je, kao što je rečeno u uvodu, određena dogovorom tehničkog rukovodstva "Rudnika" i projekatnata iz Rudarskog instituta i prikazana je na slici br. 1. Situacioni plan JMES je prikazan na slici br.2. Jamski magacin eksplozivnih sredstava projektovan je i izrađen kao horizontalni jamski objekat koji u svom sastavu ima više jamskih prostorija različitih dimenzija poprečnog profila i dužina, a koje se već duže vreme izrađuju u rudniku [2]. Sve prostorije imaju niskozasvođeni poprečni presek, prilagođen standardu B.ZO-203, uslovljeno namenom pojedine prostorije.

Kao što je rečeno, ovaj JMES, shodno Propisima [4], [5], izrađuje se tako da se u svakoj pojedinačnoj komori može skladištiti do  $q=5.000\text{kg}$  eksploziva, a u jednoj komori za inicirajuća sredstva max.  $n=20.000$  komada električnih detonatora. Prema propisima, ukupna količina eksploziva u pojedinačnom JMES ne sme biti veća od  $Q_{\max}=50\text{t}$ .

Za lokaciju JMES izabran je sistem jamskih prostorija – hodnika i »kverova« na nivou  $\pm 0,00\text{m}$  (k+720), u desnom boku hodnika H-720, a koji je ranije služio kao utovarno mesto za utovar rude koja je otkopavana iz rudnog tela A-1. U kverovima se nalazio određeni broj rudnih sipki za utovar rude iz r.t. A-1, tj. sva tri kvera su služila kao utovarno-transportni hodnici. Kao deo izlaznih hodnika iz JMES koristi se deo H-104, koji svojim dimenzijama u potpunosti odgovara predviđenoj nameni. Rastojanje, odnosno stenska celina između komora za eksploziv i komora za inicirajuća sredstva, usvojeno je na osnovu zahteva Investitora da se maksimalno iskoriste već izrađene jamske prostorije u zoni JMES, odnosno utovarnog mesta za r.t. A-1. Tako, rastojanje odnosno stenska celina između komora za eksploziv (KE-1 i KE-2) iznosi  $d=15,6\text{m}$ , a rastojanje između komora za inicirajuća sredstva (KIS-1 i KIS-2) iznosi  $d=9,1\text{m}$ , što je u granicama koje su propisane Pravilnikom ( $d_{\min}=6,0\text{m}$ ).

Jamski magacin eksplozivnih sredstava u rudniku »Rudnik« sastoji se iz ukupno 33 jamske prostorije (hodnika, komora i odbojnih udubljenja).

Propisima [5], [6] je tačno određeno koje kriterijume JMES mora da zadovolji, u pogledu sigurnosti i ekonomičnosti.

Skladištenje većih količina eksploziva u komorama povezano je sa nizom problema od kojih su najvažniji:

- skladištenje do  $5.000\text{kg}$  amonijum-nitratskih eksploziva pruža teoretske mogućnosti da dođe do iniciranja i eksplozije velike količine eksploziva,
- da bi se u slučaju eksplozije u jednoj komori, havarija svela na najmanju moguću meru i da bi se sačuvali životi ljudi, konstrukcija JMES zahteva obimne jamske radove i veliku dužinu prostorija koje će da priguše vazdušni udarni talas,
- dimenzije magacina u celini su velike, s obzirom na propisana rastojanja između pojedinih komora i susednih prostorija.

Potrebni proračunima određeni su parametri i kriterijumi koje JMES rudnika "Rudnik" mora da ispuni u cilju bezbedne i pouzdane eksploatacije.

### **Tehnologija izrade jamskih prostorija JMES**

Jamski magacin eksplozivnih sredstava (JMES) za potrebe rada jame rudnika »Rudnik«, odnosno jamske prostorije koje ga sačinjavaju, izrađene su na klasičan način, tehnologijom bušačko-minerskih



radova [1], [3], [7], koja obuhvata sledeće radne operacije: bušenje i miniranje, provetravanje, utovar i odvoz odminiranog materijala, podgrađivanje. Sve prostorije JMES su izrađene po skarnu, sa koeficijentom čvrstoće po Protodakonovu od  $f=7,88$  i zapreminskom masom od  $\gamma=2,94t/m^3$ . Za bušenje i miniranje, te utovar i odvoz odminiranog materijala korišćena je klasična jamska oprema na sabijeni vazduh. Obim miniranja tokom izrade je bio relativno mali, a s obzirom da je na radilištu JMES ranije formirana protočna vazдушna struja (glavni hodnici JMES - tokom eksploatacije navozišta za r.t. A-1), predviđeno vreme provetravanja između dve smene ili nakon miniranja u potpunosti je obezbedilo smanjenje koncentracije štetnih gasova na radilištu. Naime, merenjem na licu mesta, utvrđeno je da je brzina strujanja vazduha kroz Glavne hodnike JMES znatno veća od minimalno potrebne ( $v_{min}=2m/s$ ). Jamske prostorije koje su sastavni deo JMES podgrađene su sidrima, u kombinaciji sa mrežom i torkret betonom, prema potrebi, odnosno u skladu sa stanjem radne sredine [1].

### **Rekapitulacija izrade JMES**

Jamski magacin eksplozivnih sredstava u rudniku "Rudnik" je u potpunosti projektovan i izrađen u skladu sa propisima koji regulišu ovu materiju. Rudnik "Rudnik" je izradio ovaj kapitalan objekat u sopstvenoj režiji, striktno se pridržavajući rešenja koja su prikazana u odgovarajućoj projektnoj dokumentaciji. S obzirom na značaj bezbednosti i zdravlja na radu, može se reći da ovaj objekat, po svojim karakteristikama i nameni, predstavlja jedan od kapitalnih objekata u jami rudnika "Rudnik".

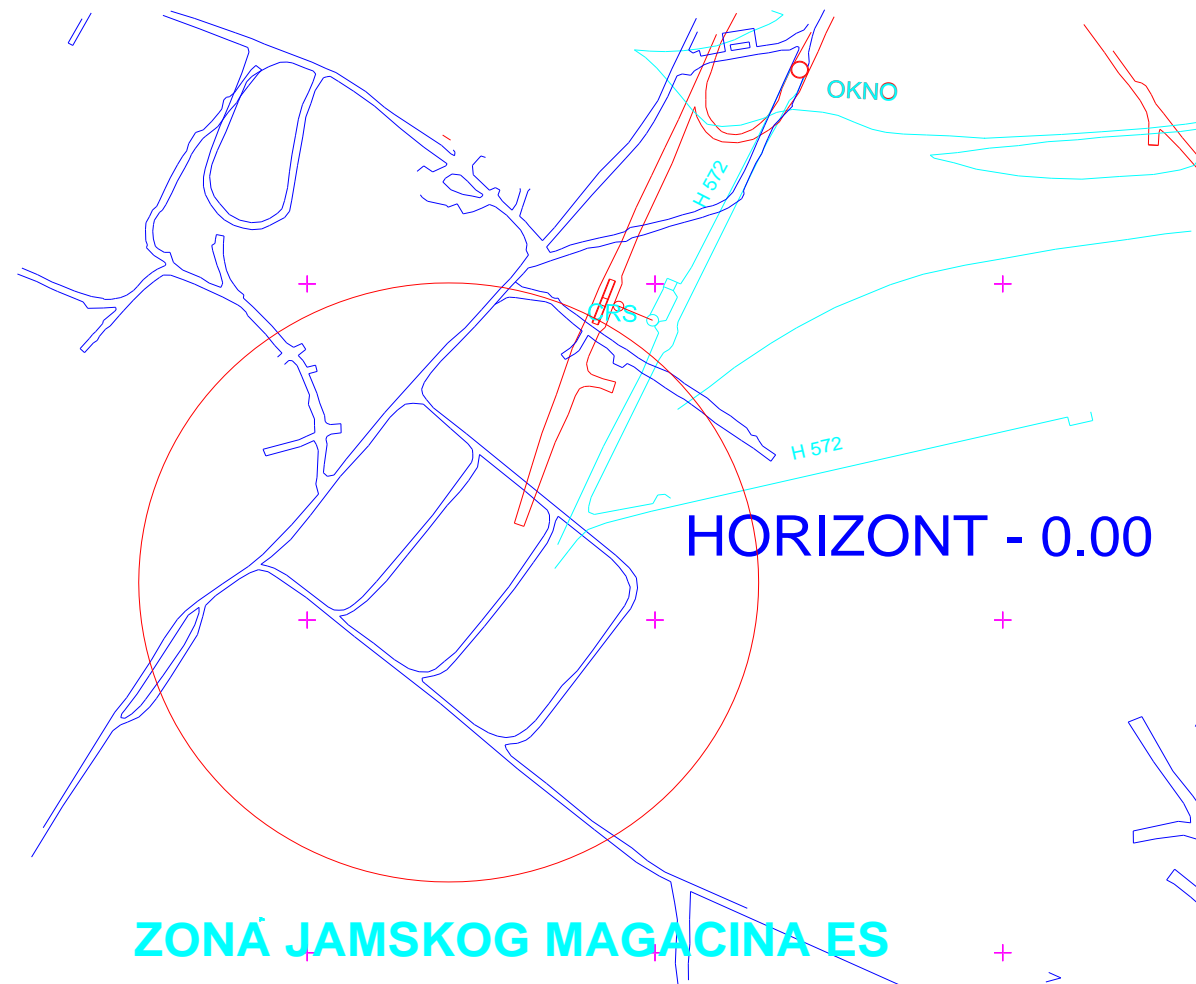
Ostvareni rezultati prilikom izrade JMES su očekivani i saglasni projektovanim parametrima, kako po pitanju ostvarenih normativa materijala, energije i radne snage, tako i po pitanju troškova i dinamike same izrade. Ulazni i izlazni hodnik JMES, kao i ulazi u komore za eksploziv i inicirajuća sredstva su obezbeđeni odgovarajućim vratima i oznakama - tablama (slike br. 3 i 5), kao i i opremom. U komorama su poslavljene police za smeštaj eksploziva i eksplozivnih sredstava (slike br.6 i 7), a saglasno propisima [5,6] i projektovanim potrebama na normalan rad [7,8].

Mere bezbednosti i zdravlja na radu su poštovane u najvećoj mogućoj meri, tako da tokom izrade JMES nije zabeleženo nijedno nepoštovanje propisa i uputstava kojima su ove mere i njihova primena regulisani.

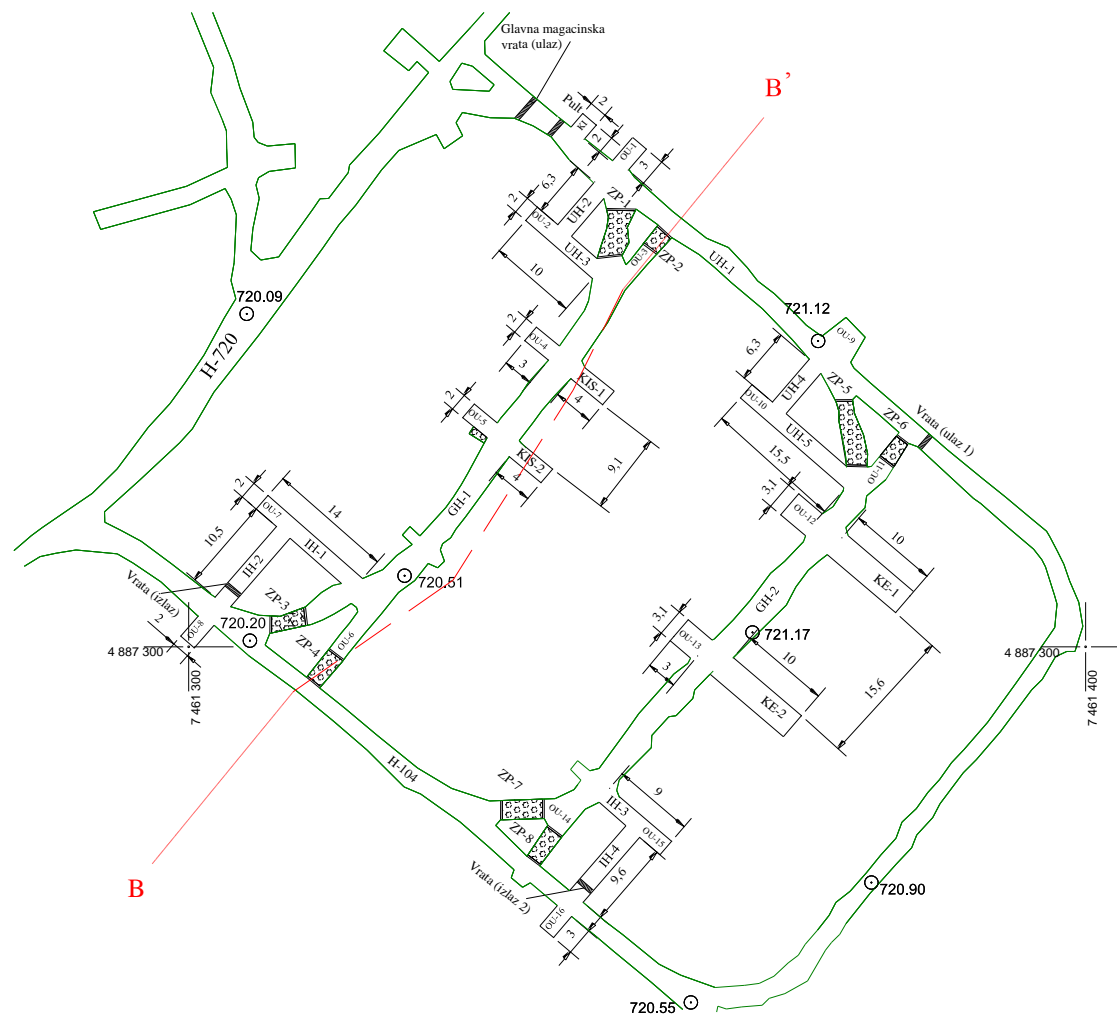
### **Zaključak**

Izrada projektne dokumentacije za jamske magacine eksplozivnih sredstava (JMES), kao i izvođenje radova po ovoj dokumentaciji podrazumevaju striktno poštovanje propisanih normi i standarda koje se odnose na ovu materiju. Prilikom određivanja lokacije JMES i dimenzionisanja jamskih prostorija koje ulaze u sastav JMES mora se pre svega odrediti kapacitet magacina, vrsta eksplozivnih sredstava koja će se koristiti za rad, kao i oblik i veličina pakovanja u kojima su zapakovane eksplozivne materije. Lokacija magacina se određuje pre svega na osnovu bezbednosnih kriterijuma, a zatim na osnovu pogodnosti položaja u jami za njihovu eksploataciju, u praksi obavezno u dogovoru sa Investitorom. Prilikom definisanja oblika i veličine prostorija koje ulaze u sastav JMES mora se voditi računa o količini eksploziva i inicirajućih sredstava u komorama, a na osnovu toga odrediti broj i dimenzije pomoćnih prostorija koje služe kao bezbednosne zone zaštite od direktnog delovanja eventualne eksplozije na ljude i ostale jamske prostorije.

Takođe, prilikom izrade JMES moraju se strogo poštovati parametri dati u projektu, sa striktnim poštovanjem datih dimenzija jamskih prostorija, kao i pomoćnih objekata i uređaja (ventilatora, vrata itd.). Ovaj rad je kratak prikaz gore navedenog postupka dimenzionisanja, projektovanja i izrade JMES u jami rudnika "Rudnik" - Rudnik., sa posebnim osvrtom na bezbednosne standarde.



Slika br.1: Lokacija JMES u rudniku "Rudnik"



Slika br. 2: Situacioni plan JMES u rudniku "Rudnik"



Slika br.3: Ulazna vrata JMES



Slika br.4: Glavni hodnik 1 JMES-a u rudniku "Rudnik"



Slika br.5: Ulaz u Komoru eksploziva br.1



Slika br.6: Komora eksploziva br.1



Slika br.7: Komora za eksplozivna sredstva br.2

**Literatura:**

1. Tokalić R.: Modeliranje kriterijuma za izbor racionalne tehnologije izrade podzemnih prostorija, doktorska disertacija, RGF - Beograd, Beograd, 2008. god.;
2. Jovanović, P: »Dimenzionisanje jamskih prostorija radne operacije i definisanje radne sredine«, RGF – Beograd, Beograd, 1983;
3. Jovanović, P: Izrada jamskih prostorija - RGF- Beograd, Beograd, 1990.god.;
4. Pravilnik o tehničkim normativima pri rukovanju eksplozivnim sredstvima i miniranju u rudarstvu („Sl.list SFRJ“ br.26/88 i br.63/88);
5. Pravilnik o tehničkim normativima pri izgradnji jamskih magacina eksplozivnih sredstava u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom mineralnih sirovina („Sl.list SFRJ“ br.12/88);
6. Tehnički projekat jamskog magacina eksplozivnih sredstava u Rudniku "Rudnik" - Rudnik, Rudarski institut DOO Beograd, Beograd, 2009.godine.
7. Tehnička dokumentacija rudnika "Rudnik" - Rudnik;
8. Tehnička dokumentacija Rudarskog instituta Beograd DOO - Beograd.

# **MINERALNA ĐUBRIVA NA BAZI PRIRODNIH FOSFATA I MODIFIKOVANOG ZEOLITA**

## **MINERAL FERTILIZERS BASED ON NATURAL PHOSPHATES AND MODIFIED ZEOLITE**

**Mirjana Stojanović<sup>1</sup>, Mirko Grubišić<sup>1</sup>, Jelena Milojković<sup>1</sup>, Zorica Lopičić<sup>1</sup>, Marija  
Mihajlović<sup>1</sup>, Tatjana Šoštarić<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd*

### **Izvod**

Srbija se zadnjih dvadeset godina suočava sa ozbiljnim problemima u proizvodnji mineralnih đubriva, kroz smanjenje nacionalnih kapaciteta, orjentisanost ka uvozu, smanjenje potrošnje i prinosa po hektaru i generalno smanjenje učešća poljoprivredne proizvodnje u društvenom proizvodu zemlje sa 14.8% u 2002.god. na 10.8% u 2009.god. U radu su analizirani podaci o domaćoj proizvodnji, uvozu, prometu i kontroli kvaliteta mineralnih đubriva u Srbiji pre i nakon 1990. godine, u cilju tumačenja razloga i posledica njihove nedovoljne upotrebe u ishrani gajenih biljaka poslednjih godina. Trenutna prosečna upotreba đubriva ispod 80 kg/ha, je oko tri puta niža nego u razvijenim poljoprivrednim zemljama i oko 1/3 u odnosu na period pre 1990 godine u Srbiji, što je doprinelo da su prinosi mnogih gajenih kultura na donjoj granici rentabilnosti. Pored povećanja cena đubriva i nezavidnog ekonomskog položaja naših poljoprivrednih proizvođača, razlozi za ovakvo smanjenje upotrebe đubriva je i činjenica što je domaća proizvodnja istih drastično smanjena, a uvoz, promet pa i često kvalitet neusaglašen i neadekvatan našim stvarnim potrebama. Jedan od načina prevazilaženja ovog problema je i razvoj novih prirodnih mineralnih đubriva na bazi domaćih mineralnih sirovina, fosfata i modifikovanog zeolita, kao ekonomski isplativijih i ekološki podobnijih od industrijskih fosforinih đubriva, što je prezentirano u radu.

**Ključne reči:** mineralna đubriva, proizvodnja, kvalitet, primena, prirodni fosfat, modifikovan zeolit

### **Abstract**

Last twenty years Serbian faces major problems in the production of fertilizers, through the reduction of national capacity, focussed on importing, reducing consumption and yield per hectare and generally decline in the share of agricultural production in GDP from 14.8% in 2002. to 10.8% in 2009. In this paper were analyzed data from domestic production, import, turnover and quality control of mineral fertilizers in Serbia before and after 1990. The aim of analyze was to find reason and consequence of inadequate use of fertilizers for plant nutrition over the last years. The current average use of fertilizer is below 80 kg / ha which is three times less then in other agricultural countries and third of use in Serbia before 1990, it can be conclude why production of many cultivated grass is on low profitability range. In addition to increasing prices of fertilizers and unpromising position of agricultural producers, more reasons of reduction fertilizers use are demagnification domestic production, import are often unsuitable quality for our real requirement. One way of overcoming this problem is the development of new natural fertilizers based on domestic raw materials, phosphate and modified zeolite, as economically cost-effective and environmentally better of industry fertilizer as presented in the paper.

**Keywords:** mineral fertilizers, production, quality, application, apatite, natural phosphates, modified zeolite

### **Uvod**

Prolazak Srbije kroz ekonomske sankcije i tranziciju celokupne privrede, protekle dve decenije, prouzrokovali su ozbiljne probleme u oblasti proizvodnje i upotrebe đubriva. Permanentan pad proizvodnje đubriva, od 2.8 miliona tona do 1990.god. do 660 hiljada tona danas i orjentisanost na uvoz

deficitarnih količina đubriva, visokih cena, u ambijentu pada kupovne moći potrošača, svrstali su Srbiju na samo dno u Evropi po potrošnji mineralnih đubriva. Posledice su smanjenje prinosa gajenih kultura do pedeset posto u odnosu na evropski prosek, opadanje plodnosti i degradacija zemljišnog resursa. U vreme maksimalne proizvodnje đubriva u našoj zemlji (pre 1990. godine) prosečna potrošnja aktivne (NPK) materije bila je od 110-120 kg/ha (od 240-270 kg/ha na društvenim i 50-80 kg/ha na privatnim površinama), za vreme ekonomskih sankcija od 20-50 kg/ha, ali i ne mnogo veća u godinama tranzicije, od 2000.god., sa jedva oko 80 kg/h, sa tendencijom opadanja do danas (Stevanović i sar., 2009.).

U periodu do 1990. god., posebno na društvenim imanjima beleženi su rekordni prinosi gajenih kultura: 7-8 t pšenice, 10-15 t kukuruza, 80-100 t šećerne repe, 3-4 t suncokreta, uljane repice i soje po jednom hektaru (Stevanović i sar., 1995.). Smanjeni unos hranljivih materija u poslednjih deset godina uslovio je značajan pad prinosa za oko 20% kod pšenice (sa 4,5 t/ha, na 3,7 t/ha), a kod šećerne repe za preko 27% (sa 47,0 t/ha na 37,0 t/ha). U sušnim godinama (2000. i 2003. ) smanjenje prinosa je još drastičnije. Potvrda toga je i podatak Privredne komore Srbije da je poljoprivredna proizvodnja 2002.god. u društvenom proizvodstvu zemlje učestvovala sa 14.8% a 2009.god. sa 10.8% (<http://www.pks.rs>). Godišnje minimalne količine koje se moraju uneti u zemljište prilikom osnovne obrade, setve, prihrane i nege useva i višegodišnjih zasada, iznose oko 1,5 miliona tona mineralnih đubriva. Uz takvu primenu đubriva prinosi pšenice bi bili veći od četiri tone po hektaru (trenurno 3.7t) što je daleko ispod evropskog proseka od šest tona po hektaru. Prema ocenama stručnjaka, da bi postigli evropski prinose u ratarstvu potrebno je oko 300 kilograma mineralnih đubriva po hektaru, što je nekoliko puta više od naše sadašnje prosečne potrošnje.

Dodatni problem za domaće proizvođače predstavlja i višestruko poskupljenje sirovina za proizvodnju, pre svega fosfata koji je u poslednjih godinu dana poskupeo čak 300 % i koji se obezbeđuje u potpunosti iz uvoza. Fosfatna ruda svrstava se u red strateških sirovina, s obzirom da je u svetu a posebno u Evropi izražena velika deficitarnost ovog mineralnog resursa. Paul Krugman, dobitnik Nobelove nagrade za ekonomiju 2008. godine, smatra da nakon izlaska iz ekonomske krize ulazimo u svetsku krizu proizvodnje i obezbeđenja dovoljne količine hrane. Po njemu, kriza hrane dolazi zbog sve oskudnijih prirodnih resursa (smanjenje rezervi nafte, vode i fosfata) i globalnog porasta broja stanovništva. Dodatan problem predstavlja i kvalitet uvoznih i domaćih mineralnih đubriva koja se nalaze u prometu u našoj zemlji, sa znatno povećanim sadržajem urana i nekih teških metala (hrom, olovo, kadmijum, nikel i stroncijum) što doprinosi degradiranju i kontaminaciji poljoprivrednog zemljišta i proizvodnji zdravstveno nebezbednih proizvoda (Stevanović i sar., 2009., Stojanović i sar.,2006b.). Postojeća zakonska regulativa, Pravilnik o uslovima za razvrstavanje i utvrđivanje kvaliteta sredstava za ishranu bilja (Sl. gl. 78/09), pored mnogih nedostataka nije precizno definisala ovu problematiku što predstavlja predmet medijske pažnje ali i otvara prostor za sumnju u bezbednost đubriva koja su u prometu. (Stevanović i sar., 2010.). U cilju boljeg razumevanja uzroka i posledica, za naše prilike, nedovoljne upotrebe mineralnih đubriva u ovom radu je analiziran postojeći, u odnosu na raniji asortiman đubriva, njihova proizvodnja, uvoz, promet i kvalitet u poslednjim godinama. Prevazilaženje ovog problema zahteva korenite dugoročne promene u koje se mora uključiti šira društvena zajednica dajući joj nacionalni prioritet. Jedan od načina je i razvoj novog tehnološkog postupka dobijanja prirodnih mineralnih đubriva na bazi domaćim mineralnih sirovina, apatita i modifikovanog zeolita. Očekivani efekti ovakvih mineralnih đubriva su: ekonomska prihvatljivost, ekološki podobnije đubrivo, sa osobinama bonifikatora zemljišta koja industrijska đubriva ne poseduju (smanjuju mogućnosti ispiranja hranljivih elemenata, sredstvo za melioraciju i korekciju kiselosti zemljišta, donor brojnih mikro elemenata).



### **Materijal i metode rada**

I. Za analizu postojećeg i ranijeg asortimana i proizvodnih kapaciteta mineralnih đubriva (iz domaće proizvodnje i uvoza) korišćeni su raspoloživi podaci, od projektovanih do realno korišćenih kapaciteta, od proizvođača kao i oskudni statistički podaci o ukupnom prometu i primeni đubriva koje su prikupljale odgovarajuće službe u Ministarstvu poljoprivrede i Privrednoj komori Srbije.

II. Izvršena je analiza velikog broja kontrolisanih (tzv. inspeksijskih, graničnih i unutrašnjih) uzoraka đubriva poreklom iz Rusije, Uzbekistana, Hrvatske, Mađarske, Nemačke, Austrije, Izraela i Srbije, na sadržaj teških metala i urana.

III. Za preliminarna ispitivanja dobijanja prirodnih i ekološki prihvatljivih đubriva korišćeni su:

- Prirodni apatit ležišta "Lisina", Bosilegrad, sa 14.43% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i koncentrat fosfata (KFR) sa 34,95% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pripremljen postupkom flotacijske koncentracije polaznog uzorka
- Prirodni zeolit (zeolit(0)), modifikovan sa 2M rastvorom (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (zeolit(1)) i ureom (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO (zeolit(2)) u vremenskom trajanju od 24 h. Odnos zeolita prema FR/KFR bio je 3.5:1 i 7:1. Praćena je promena pH vrednosti provodljivosti.

### **Rezultati rada sa diskusijom**

#### *Proizvodnja i potrošnja đubriva do 1990. Godine*

Pre raspada bivše Jugoslavije u Srbiji su izgrađeni proizvodni kapaciteti mineralnih đubriva, sa mogućom ukupnom proizvodnjom različitih formulacija (N, P, NP i NPK) nešto manjom od 3 mil. tona (Tab. 1)

Tab. 1. Kapaciteti za proizvodnju đubriva u Srbiji do 1990 god. (hilj. tona)

Fabrika	KAN	Urea	SP	TSP	NPK	MAP
Prahovo	-	-	150	200	180	110
Zorka-Šabac	-	-	100	60	460	-
Zorka-Subotica	-	-	120	-	300	-
Agrohem-N. Sad	-	-	-	-	180	-
Azotara- Pančevo	400	90	-	-	220	-
Azotara- Subotica	200	-	(120)	-	(300)	-
Ukupno	600	90	370	260	1340	110
Zbir svih đubriva	2770					

( ) Projektovano, bez proizvodnje

Sa ovim proizvodnim kapacitetima, koji ni u tim godinama nisu 100% korišćeni, Srbija je imala dovoljne količine đubriva za svoje potrebe, pa i određene količine za izvoz. Dominantne vrste mineralnih đubriva iz proizvodnih kapaciteta (Tab. 1.) koje su do tada primenjivane bile su: KAN, Urea i NPK-složena kompleksna, dok ostale vrste (SP, TSP i MAP) direktno su primenjivane samo u ređim slučajevima, dok su se daleko više izvozile ili služile kao komponente za proizvodnju kompleksnih NPK đubriva.

**Proizvodnja i potrošnja đubriva od 1990.-2010. Godine**

U vreme i nakon ekonomske blokade naše zemlje, bitno su poremećeni uslovi za proizvodnju đubriva u većem broju naših fabrika (iz Tab. 1.). Tako neke od njih drastično smanjuju proizvodnju (Prahovo, Zorka-Šabac, pa i Azotara-Pančevo), a ostale (Zorka-Subotica, Azotara-Subotica i Agrohemi-N. Sad) potpuno prestaju sa proizvodnjom do tada registrovanog asortimana đubriva. Tek, nakon ekonomskih sankcija, privatizacijom, neke od tih fabrika (Agrohemi-N. Sad od 2000. god. i Azotara-Subotica od 2007. god.) počinju određenu proizvodnju, ali izmenjenog asortimana. U isto vreme izgrađeno je nekoliko manjih pogona za proizvodnju tzv. blindiranih (prostim umešavanjem gotovih pojedinačnih i dvojnih) mešanih đubriva (Azotara-Pančevo, Žitomedija-Kula, Delta-Futog, Azohemi-Subotica i Ekomineral-Smederevo). Ovu vrstu složenih, umesto projektovanih kompleksnih đubriva počinje sa proizvodnjom i Agrohemi iz N. Sada nakon njene privatizacije, dok u Azotari iz Subotice nakon privatizacije počinje sa radom pogon za proizvodnju polukompleksnih NPK, a ne azotnih đubriva. I na kraju treba istaći, da pored prethodnih pogona, u Srbiji je 2006. godine izgrađena nova fabrika za proizvodnju značajnijih količina (do 200 hilj. t) tzv. kompaktiranih složenih, mešanih đubriva »Fertil« u Bačkoj Palanci. Stanje proizvodnje (u najboljoj 2007. godini) mineralnih đubriva u starim i novim pogonima je prikazano u Tab. 2.

Iz prikazanih podataka očigledno je da se domaća proizvodnja mineralnih đubriva drastično smanjila u odnosu na raniji period (prikazano u Tab. 1.), i da se izuzimajući proizvodnju azotnih (KAN i Urea) đubriva proizvodnja ostalih, posebno složenih NPK totalno izmenila u pravcu pripreme složenih mešanih a ne proizvodnje kompleksnih.

Tab. 2. Proizvedeno-pripremljeno đubriva u Srbiji u 2007. god. (hilj. tona)

Fabrike	KAN	Urea	NPK	MAP	SP	Specijalno NPK+SE+ME
Prahovo ***	-	-	3	(28)	(11)	-
Zorka Šabac *	-	-	-	-	-	-
Zorka Subotica *	-	-	-	-	-	-
Agrohemi N. Sad ***	-	-	50	-	-	-
Azotara Pančevo ***	200 (+30)	30	55	-	-	-
Azotara Subotica **	-	-	100	-	-	-
Azohemi Subotica **	-	-	110	-	-	-
Žitomedija Kula **	-	-	15	-	-	-
Delta Futog **	-	-	5	-	-	-
Ekomineral Smed **	-	-	15	-	-	-
Fertil B. Palanka **	-	-	110	-	-	-
Fertico Niš **	-	-	-	-	-	0,21
Ukupno	200 (+30)	30	360	(28)	(11)	0,21
Zbir	659 (302 proizvedeno + 357 pripremljeno)					

Vlasništvo: \* Društveno, \*\* Privatno (domaće), \*\*\* Privatno (strano),  
( ) Proizvodnja za sirovine mešanih đubriva

Ovakvo stanje domaće proizvodnje je svakako imalo odraza i u drastičnom smanjenju upotrebe đubriva u našoj zemlji i nakon ekonomskih sankcija. To najbolje ilustruju izračunati podaci o najvećoj prosečno postignutoj upotrebi aktivne (NPK) materije za obradive poljoprivredne površine (od 3,5 mil. ha) od samo

80 kg/ha (40N+20P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+20K<sub>2</sub>O) u 2007. godini. U ovu količinu primenjenih đubriva pored napred prikazanih podataka domaće proizvodnje i pripreme mešanih đubriva (od 659 hilj t) uzeta je u obzir i primenjena količina uvezenih pojedinačnih (AN, KAN, Urea) i složenih NPK đubriva, od oko 310 hilj tona. Ističemo, da i pored enormnog broja registrovanih stranih fabrika đubriva (preko 130 samo do kraja 2007. godine) i više stotina formulacija koje su (zbog slobodnog tržišta) u prometu prisutne na našem tržištu, prosečna potrošnja đubriva po jedinici površine je ostala ispod svih očekivanja i najniža u Evropi (Stevanović i sar., 2009.).

### ***Osnovne karakteristike kvaliteta đubriva u prometu u Srbiji***

Kvalitet mineralnih đubriva je bitan faktor u proizvodnji zdravo bezbedne hrane i zaštiti zemljišnog resursa. Novi Pravilnik o uslovima za razvrstavanje i utvrđivanje kvaliteta sredstava za ishranu bilja (Sl.Glasnik RS, br.64/09) je sveobuhvatan akt čime se propisuju: bliži uslovi za razvrstavanje sredstava za ishranu bilja (đubriva, oplemenjivači zemljišta i supstrati) u određenu vrstu i tip, uslovi za utvrđivanje njihovog kvaliteta, minimalni sadržaj aktivne materije kao i odstupanja od sadržaja deklariranih hranjivih materija. Akt je usaglašen, odnosno preveden iz važećeg dokumenta Evropske Unije (Regulation EC, No. 2003/2003). Nažalost, on nije propisao dozvoljeni nivo radioaktivnosti i sadržaja teških metala u đubrivima. Podsećamo da je avgusta 2009. god., usvojen pravilnik kojim je u članu 6. definisana gornja granica radioaktivnosti u neorganskim đubrivima od 10<sup>4</sup> Bq/kg po radionuklidu, što se prema postojećoj zakonskoj regulativi graniči sa radioaktivnim materijalom. Nakon inicijative naučne javnosti akt je za mesec dana stavljen van snage, stim, da ova oblast nema pokriće u zakonskoj regulativi do danas. Povećanog sadržaj nekih od polutanata u đubrivima mogu da ukažu i rezultati naših istraživanja (Stevanović i sar., 2008) prikazani u tabeli br 3.

Tab. 3. Sadržaj teških metala i radionuklida u primenjivanim đubrivima iz 2008. godine (mg/kg)

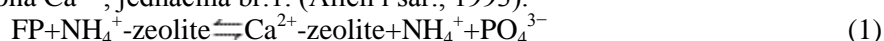
Formulacija	Proizvođač	U	Cr	Cd	Ni	Pb	Sr
1	2	3	4	5	6	7	8
NP 11:52	Srbija	153	350	16	61	10	45
NP 10:46	Uzbekistan	89	172	6	70	20	128
NP 10:46	Kazahstan	12	74	3	41	20	72
PK 10:30+Mg	Nemačka	38	88	11	99	60	489
NP 18:47	Rusija	4	27	3	29	20	175
NPK 15:15:15	Hrvatska	54	145	8	39	40	119
NPK12:12:17+Mg	Nemačka	5	17	1	21	20	4500
NP 12:52	Rusija	3	16	2	24	20	274
NPK 15:15:15	Mađarska	6	33	6	19	20	25
NPK 15:15:15	Austrija	47	113	6	79	10	259
NPK 15:15:15	Srbija	5	17	1	10	20	178
NPK 8:16:24	Srbija	10	26	2	10	50	255
NPK	Izrael	0,3	16	3	11	10	0,01

\* Specijalna kristalna đubriva (od prečišćenih sirovina) za pravljenje rastvora i primenu fertirigacijom

Iz prikazanih rezultata očigledan je znatno povećan sadržaj urana i nekih teških metala (hrom, kadmijum i stroncijum) u znatnom broju ispitanih đubriva. Za polutante koji su u mineralnim đubrivima prisutni najčešće u lakorastvorljivim oblicima, dobro je poznato da se mogu usvajati i akumulirati u biljnim organima (posebno u vegetativnim) kao analozi biogenim elementima, te konzumiranje takve biljne hrane može imati katastrofalne posledice na zdravlje ljudi i životinja (Stojanović, 2006a).

**Preporuka – primena prirodnih mineralnih đubriva na bazi prirodnih fosfata i modifikovanog zeolita**

Upotreba sirovih fosfata kao mineralnih đubriva je poznata u praksi i ekonomski su isplativija i ekološki podobnija od primene industrijskih fosfornih đubriva ali sa ograničenom primenom, isključivo na kiselim tipovima zemljištima. Da bi se proširilo njihovo korišćenje, na svim tipovima zemljišta potrebno je dizajnirati funkcionalni materijal koji u sinergističkoj sprezi sa sirovim fosfatom treba da doprinese većoj fosfomobilizaciji u svim zemljišnim uslovima i širokom opsegu pH. Zasićen, modifikovan, zeolit sa jednovalentnim amonijm ( $\text{NH}_4^+$ ) katjonom, koji ima i nutritivnu vrednost, povećava rastvorljivost rude fosfata (FR). Modifikovan zeolit  $\text{NH}_4^+$  jonom, utiče na povećanje rastvorljivosti FR preko razmene katjona  $\text{Ca}^{2+}$ , jednačina br.1. (Allen i sar., 1993).



Osim toga, ovakva đubriva doprinose i poboljšanju izvesnih osobina zemljišta, kao npr. smanivanju kiselosti, povećanju dostupnosti kalcijuma, popravci fizičkih i vodno-vazdušnih osobina, radi čega predstavljaju i meliorativno sredstvo. U tabeli 4. prikazani su preliminarni rezultati kojima je smeša FR i modifikovanog zeolita sa ureom omogućilo bolje rastvaranje FR i stoga veće otpuštanje P, odnosno bolje uklanjanje  $\text{Ca}^{2+}$ , pri čemu zeolit smanjuje gubitak lako mobilnog amonijaka iz uree zadržavanjem u svojoj poroznoj strukturi.

Tabela 4. Promene pH i EC u sistemu modifikovan zeolit - apatit (FR)/ koncentrat apatita (KFR) pod uticajem amonijum jona, nakon 15 dana

br.	sistem zeolit - apatit	Odnos Z/FR ili KFR	pH	EC ( $\mu\text{S}$ )
1	Kontrola 1 Zeolit (0): FR	3.5 : 1	7,91	$703,5 \cdot 10^3$
2	Zeolit (1) : FR		6,32	$36,39 \cdot 10^3$
3	Zeolit (1) 7 : FR	7:1	6,17	$39,14 \cdot 10^3$
4	Kontrola 2 Zeolit (0) : FR		7,97	449,6
5	Ogled Zeolit (2) : FR	3.5 : 1	8,29	313,6
6	Ogled Zeolit (2) : FR	7:1	8,39	298,3
7	Kontrola 1 Zeolit (0) : KFR	3.5 : 1	8,52	230,3
8	Ogled Zeolit (1) : KFR		8,52	230,3
9	Ogled Zeolit (1) : KFR	7:1	6,63	$40,24 \cdot 10^3$
10	Kontrola 2 Zeolit (0) : KFR		7,76	884,4
11	Ogled Zeolit (2) : KFR	3.5 : 1	8,2	399,9
12	Ogled Zeolit (2) : KFR	7:1	8,12	687,8

**Zaključak**

Na osnovu iznetog može se zaključiti :

- Značajno su poremećeni uslovi za proizvodnju i promet mineralnih đubriva.
- Srbija je orjentisana na uvoz đubriva iz više od 130 stranih fabrika sa visokom cenom, neprimerenom ekonomskom statusu naših individualnih proizvođača.
- Alarmantan je pad upotrebe đubriva po hektaru koji ima za posledicu pad prinosa kultura po hektaru i pad društvenog proizvoda.
- Srbija je poslednja u Evropi po potrošnji mineralnih đubriva i prinosu žitarica po hektaru.

- Kvalitet đubriva u prometu, u pogledu sadržaja teških metala i urana, ukazuju na neophodnost regulisanja ove oblasti zakonskim regulativama.
- Upotreba nekvalitetnog đubriva dovodi do kontaminacije zemljišta i proizvodnje nedovoljno bezbedne hrane, nekonkurentne na evropskom tržištu, sa dugoročnim posledicama na zdravlje ljudi.
- Jedan od načina prevazilaženja ovog problema je i proizvodnja đubriva na bazi domaćih mineralnih sirovina, fosfata i modifikovanog zeolita, ekonomski isplativijih i ekološki podobnijih. Aktiviranjem raspoloživih mineralnih resursa fosfora u regionu Bosilegrada, za proizvodnju sirovinke komponente fosfora, koja je sve deficitarnija u Svetu, posebno u Evropi doprineli bi uvođenju novih tehnologija na bazi domaćih sirovina i postojeće infrastrukture. Pokretanjem proizvodnje dobili bi se nesagledivi ekonomsko-socijalni efekti na nacionalnom nivou a posebno za vrlo nerazvijen južno moravski region (opštine Bosilegrad i Bujanovac).
- U daljem istraživačko razvojnom postupku definišće se optimalni tehnološki parametri dobijanja novog proizvoda kompleksnog prirodnog mineralnog đubriva, nekonvencionalnim postupkom. Ciljne karakteristike novog „zelenog„ proizvoda treba da budu u funkciji održivog upravljanja zemljišnim resursom sa stanovišta podizanja sadržaja aktivnih materija potrebnih za pravilan razvoj biljaka i korekcije parametara plodnosti zemljišta (pH, ukupan azot, lakopristupačni fosfor, kalijum i kalcijum karbonat) sa svrhom unapređenja i dobijanja stabilne biljne ekološki bezbedne hrane, što sve zbirno predstavlja prioritet prema Strategiji nacionalnog razvoja poljoprivrede RS i nacionalnoj strategiji privrenog razvoja do 2012.god.
- Proizvodnja, kvalitet i primena đubriva treba da bude strateško pitanje u razvoju poljoprivrede Srbije a u funkciji održivog upravljanja zemljišnim resursom i podizanja društvenog proizvoda.

#### **Zahvalnica**

Istraživanja u ovom radu deo su istraživanja projekta TR 31003 i TR 34013 koje finansira Ministarstvo prosvete i nauke, Republike Srbije.

#### **Literatura**

- Allen, E. R., Hossner L. R., Ming D. W., Solubility and cation exchange in phosphate rock and saturated clinoptilolite mixtures. Soil Science Society of America Journal. 1993, 57, 1368–1374.
- Pravilnik o metodama za ispitivanje đubriva. Službeni list SRJ br. 60/2000 god.
- Pravilnik o uslovima za utvrđivanje kvaliteta sredstava za ishranu bilja, odstupanja sadržaja hranljivih materija i minimalne i maksimalne vrednosti dozvoljenog odstupanja sadržaja hranljivih materija ( Sl.Glasnik RS, br.64/09)
- Regulation (EC) No 2003/2003 of the European Parliament and of the Council. Official Journal of the European Union.
- Stevanović, D., Nedić, M., Martinović, Lj., Hadžić, V., Bogdanović, D., Zemljište i ishrana ratarskih i povrtarskih biljaka. Zbornik radova IV Kongres o hrani, Savez inženjera i tehničara Jugoslavije. 1995, 75-86.
- Stevanović, D., Kresović, M., Stojanović, M., M. Grubišić, M., Milojković, J., Postojeći asortiman mineralnih đubriva u Srbiji, njihov kvalitet i problemi primene, XIV Savetovanje o Biotehnologiji sa međunarodnim učešćem, Čačak 2009, 9-17,
- Stevanović, D., Stojanović, M., Grubišić, M., Utvrđivanje osnova za izradu Pravilnika o maksimalno dozvoljenim količinama polutanata (teških metala i radionuklida) u đubrivima i zemljištu. Projekat TR 21006, MNTR RS.2009.
- Stevanović, D., Kresović, M., Stojanović, M., Značaj nove zakonske regulative iz oblasti sredstava za ishranu biljaka u unapređenju zaštite, uređenja i korišćenja zemljišta, XIV Savetovanje o Biotehnologiji sa međunarodnim učešćem, Čačak. 2010, 21-29.
- Stojanović, M., Kontaminacija zemljišta Srbije radionuklidima i mogućnost njihove remediacije, Izdavač: ITNMS, 2006a.

# RAZVOJ POVRŠINSKOG KOPA KAMENOLOMA KRUŠEVICA“ ZBOG POVEĆANE POTRAŽNJE ZA KAMENOM

## DEVELOPMENT OF THE QUARRY "KRUŠEVICE" DUE TO INCREASED DEMAND FOR STONE

Ljiljana M. Dimitrijević, Dragana Krstić

RB „Kolubara“ d.o.o.

### Abstrakt

Intezivan razvoj površinskih kopova u Kolubarskom ugljenom basenu, sve veća dužina komunikacija, investicione opravke bagera, kao i stalno prisustvo seljenja domaćinstava, iziskuju sve veće potrebe za kamenom. Ležište ehničko građevinskog kamena, latita i piroklastita latitskog sastava, nalazi se na površinskom koku kamenoloma „Kruševica“. Trenutno stanje radova može se podeliti na dve vrste aktivnosti: prva -otkopavanje i odlaganje jalovine i drugi – eksploatacija kamena.

### Abstrakt

Intensive development of open cast mines u Kolubara’s coal basin, longer communication paths, maintenance of excavators as well as constant presence of household removal produce greater needs for stone. Deposit of technical construction stone with specific geological's composition is situated on open cast quarry “Kruševica”. Currently, work can be divided into two activities: first-excavation and disposal of overburden and other – exploitation of stone.

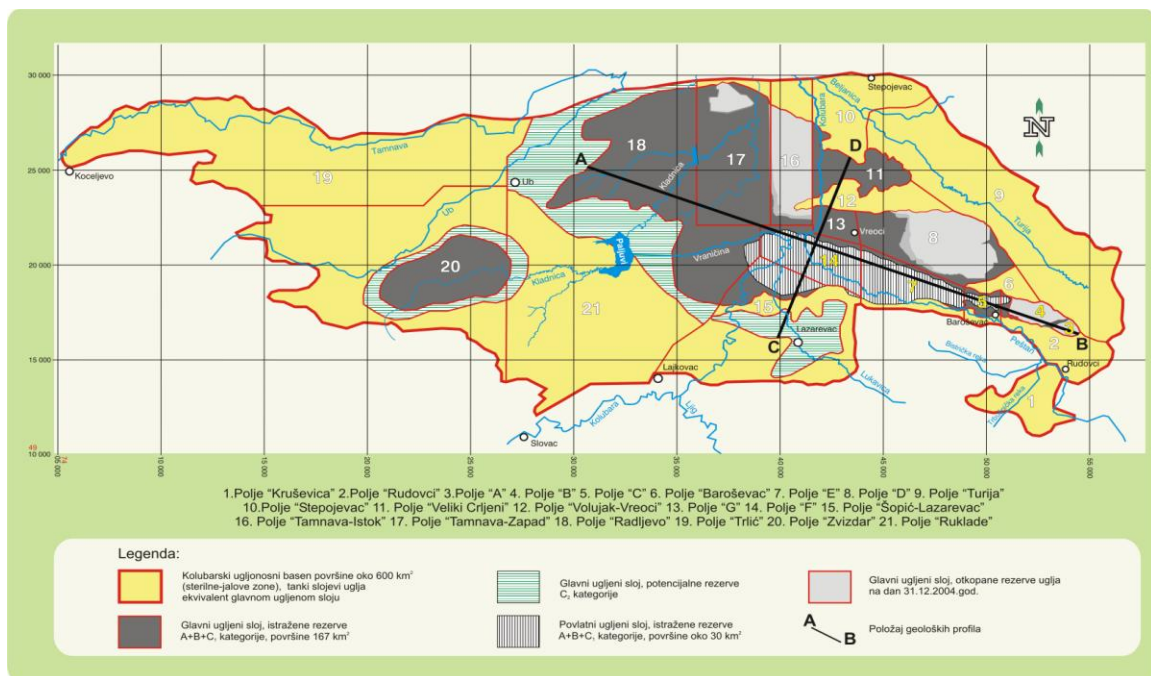
### UVOD

Kamenolom “Kruševica” nalazi se u središnjem delu Srbije na području opštine Lazarevac, a u ataru sela Kruševica, u neposrednoj blizini regionalnog puta Beograd –Vreoci –Arandelovac i udaljen je od Vreoca 15km prema Arandelovcu. Ležište se nalazi na lokalitetu Strane na desnoj obali Kruševičke reke.



slika broj. 1

Kamenolom „Kruševica” pripada površinskom kopu „Polje B”. Blizina asfaltnog puta omogućuje lak i brz kamionski transport kamena u pravcu kopova „Kolubare”.



slika broj. 2

Klimatski uslovi su povoljni, osim u decembru, januaru i u februaru kada je zbog snega i mraza otežano vršenje bušačko minerskih radova i obavljanje saobraćaja na strmim rampama u kamenolomu.



slika broj. 3

U kamenolomu Kruševica izdvajaju se sledeće litološke celine.

1. Površinski deo
2. Zona piroklasita
3. Kompaktna stenska masa

### **Površinski deo**

U sastavu površinskog dela ulazi humusni pokrivač i deluvijalne gline. Humusni pokrivač je neznatne debljine od 10cm pa do 1,5m. Deluvijalne gline su debljine do 9m.

### **Zona piroklastita (tufa, tufita i tufobreča)**

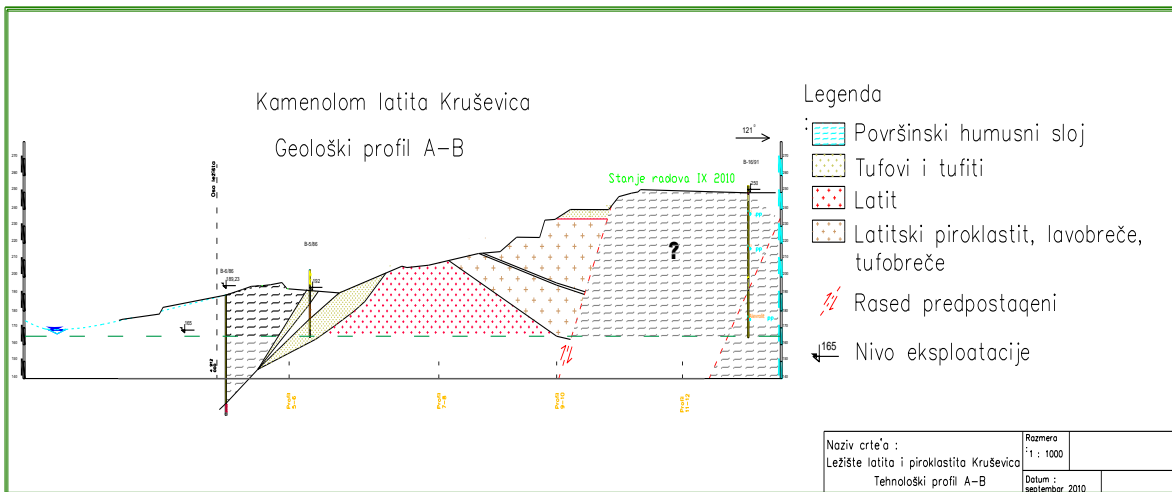
Ispod površinskog pokrivača pojavljuje se zona piroklastita, lokalno sa manjim izlivima latita. Od piroklasita zastupljeni su : tufovi, trošne i porozne stene ; tufiti, stene koje u svom sastavu sadrže i odlomke sedimentnih stena i tufobreče, stene gde vezivni material tuf dominira nad odlomcima latita.

Fizičko-mehanička svojstva piroklastita su nepovoljna, te kao takvi na osnovu laboratorijskih ispitavanja imaju ograničenu primenu kao putno-građevinski kamen.

### **Kompaktna stenska masa (Latit i vulkanska breča)**

Latit i latitske piroklastične breče predstavljaju relativno kompaktnu stensku masu. Latit je u najvećoj meri kompaktno; latitske breče mogu biti relativno kompaktne ili delimično trošne. Na ležištu predstavljaju osnovnu (glavnu) korisnu mineralnu sirovinu, koja se koristi kao tehničko-građevinski kamen. Debljina rudne mase registrovana istražnim bušenjem varira od 5m do 68 m.

Na slici broj 4 prikazan je geološki profil A-B sa prikazom tufova i tufita, latita latitskih piroklasita i breča.



slika broj. 4

Na površinskom kopu kamenolom „Kruševica" na osnovu fizičko-mehaničkih osobina radne sredine, raspoložive opreme, stepena obučenosti kadrova, zahtevanog kapaciteta proizvodnje kao i



eksploatacionog veka površinskog kopa vrši se diskontinualni sistem eksploatacije koji se sastoji iz sledećih faza:

- bušenje i miniranje-razaranje stenske mase
- utovar kamena i otkrivke
- transport kamena i otkrivke
- odlaganje otkrivke

Na površinskom kopu kamenolom „Kruševica“ radi se samo u jednoj smeni i to 240 radnih dana u godini.

Bušačko-minerski radovi se izvode u cilju rastresanje radne sredine, kako bi se dobila potrebna granulacija materijala i omogućio normalan utovar i transport odminiranog materijala.

Radna sredina nije sastavljena od kompaktnog materijala već je isti u jako raspucalom stanju sa velikim mnoštvom prslina i pukotina u svim mogućim pravcima bez ikakvog reda i zakonitosti. Upravo zbog toga ovde je reč o rastresanju, a ne o klasičnom razaranju pomoću eksploziva.



slika broj. 5

Na površinskom kopu kamenolom „Kruševica“ u 2011. godini treba intenzivirati radove na otkopavanju i odvozu jalovine sa gornjih, najviših etaža. Otkopavanje jalovine je stagniralo u 2005, 2006, 2007, 2008 i 2009 -toj godini. Da bi se mogao eksploatirati kamen sa nižih etaža, neophodno je pomeriti jalovinske etaže za oko 40m frontalno napred, paralelno sa postojećim etažama. Kao jalovinski materijal javlja se glina, raspadnuti tufovi i latit u vidu šljunkovito –peskovitih naslaga.

Otkrivka se odlaže na unutrašnje odlagalište, u otkopani prostor (niveleta 168m) i na unutrašnje odlagalište Polja B kao i po potrebi po mesnim zajednicama.

Na kopu postoji osam etaža kamena i dve jalovinske etaže.

Otkopavanjem prve dve jalovinske etaže obezbediće se planirane mase kamena do kraja 2011 .godine.



slika broj. 6

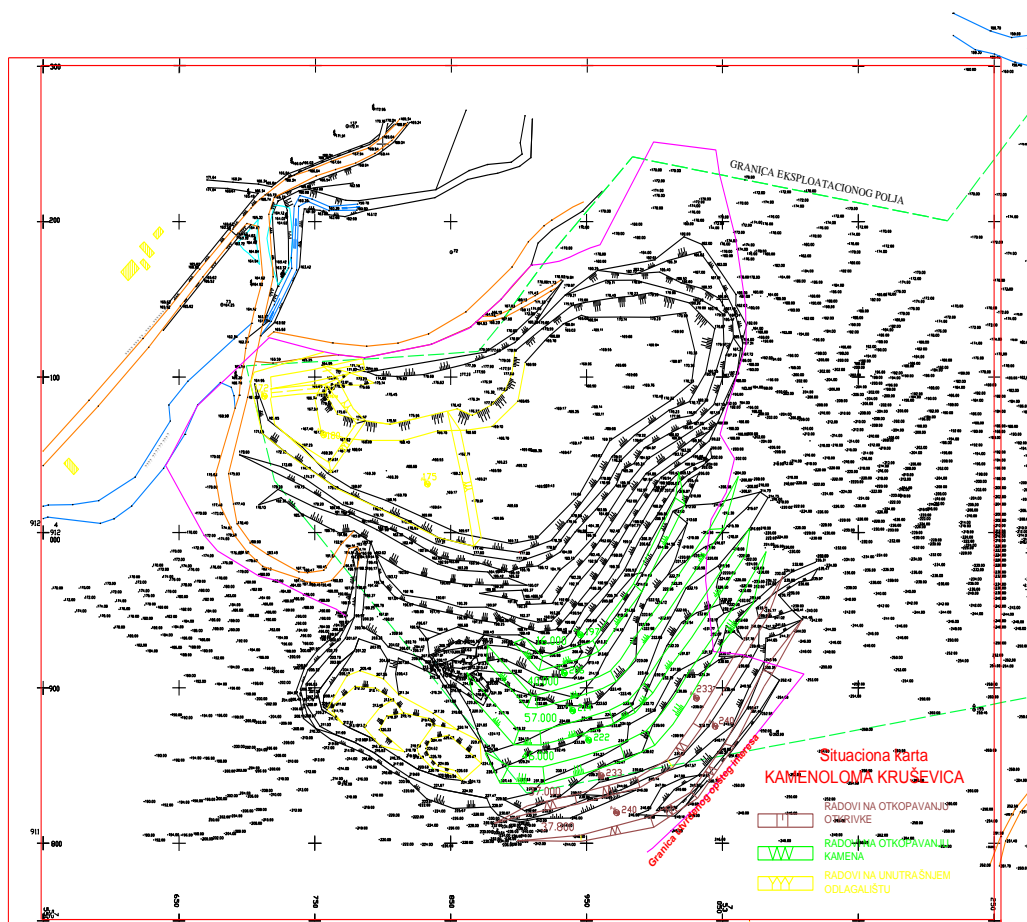
Sledeće količine kamena dobiće se parcijalno na 222, 214, 206,197 etažama, na deonicama gde ima širine. Paralelno se radi na otkopavanju kamena i odvozu jalovine. Intezivnije treba raditi na otkopanju jalovine.

Za rad na otkopavanju jalovine koristi se postojeći hidraulični bager guseničar BGH-1000, čija je zapremina kašike 1m<sup>3</sup>, i potrebno je uposliti još jedan bager na otkopavanju jalovine zbog bržeg otkrivanja kamena.

Odvoz se vrši kamionima kiperima marke TATRA, KRAZ ili KAMAZ, koji se nalaze u sastavu pomoćne mehanizacije i koji već rade na ovim poslovima. Bušotine se pune eksplozivom u početku godine AMONEX-om a kasnije se prešlo na NONEL sistem emulzione eksplozive i ANFO –smešu . Bušenje stenske mase na etaži je samohodnom bušilicom proizvođača Atlas Copco tipa ROC-301, udarno rotacionom metodom. Na bušilici se nalazi „ dubinski" čekić istog proizvođača, tipa COP-32 sa bušačom bradavičastom krunom prečnika – 85 mm. Bušaći čekić pogoni kompresor Atlas Copco XA-230 J čiji je kapacitet 230 l prašine po sekundi.

Odminirani materijal ima zadovoljavajuću granulaciju, tako da u kamenolomu ne postoji drobilično postrojenje. Potrebna granulacija dobijena je pravilnim izborom geometrije miniranja, izborom eksploziva, a i ležište je samo po sebi dosta raspucalo, tako da se praktično vrši rastresanje stena.

Utovar odminiranog kamena vrši se utovarnom lopatom ULT-220 čija je zapremina kašike 2,7m<sup>3</sup> i hidrauličnim bagerom G-1000 guseničarem čija je zapremina kašike 1m<sup>3</sup>. Na situacionoj karti kamenoloma „Kruševica" (slika broj. 7) prikazan je razvoj etaža na jalovini i razvoj etaža kamena.



slika broj. 7

Latiti i vulkanske breče prema važećim tehnološkim uslovima i standardima za kvalitet građevinskog materijala upotrebljavaju se kao putno građevinski kamen.

Kamen iz kamenoloma Kruševica se koristi za nasipane nekategorisanih puteva na površinskim kopovima Kolubare, lokalnih puteva i terena na području mesnih zajednica Kruševica i Rudovci.

Intezivan razvoj površinskih kopova u Kolubarskom ugljenom basenu, sve veća dužina komunikacija, investicione opravke bagera, kao i stalno prisustvo seljenja domaćinstava, iziskuju sve veće potrebe za kamenom. Izmeštanje asfaltnog puta Barpševac- Stara Montaža kroz unutrašnje odlagalište Polja B, a samim tim i sve veća dužina komunikacija potražuje veću proizvodnju kamena u kamenolomu „Kruševica“.

Kamen koji se otkopa u kamenolomu „Kruševica“ u 2011-toj godini će se transportovati na površinske kopove „Polje B“; „Polje D“; „Veliki Crljeni“; „Tamnava –Zapado polje“; „Smetlište na polju D“; „Kolubara-Prerada“; „Železnički transport“ i Elmont.

# **FIZIČKO-MEHANIČKA KARAKTERIZACIJA ISTALOŽENOG MATERIJALA IZ FILTER TALOŽNIKA POGONA KOLUBARA- PRERADE U VREOCIMA SA OSVRTOM NA VALORIZACIJU MATERIJALA U ENERGETSKE SVRHE**

## **PHYSICO-MECHANICAL CHARACTERIZATION OF DEPOSITED MATERIALS FROM KOLUBARA PROCESSING PLANT IN VREOCI WITH CONSIDERATIONS ON THE ENERGETIC VALORIZATION OF MATERIAL**

**Ljubiša Obradović, Daniela Urošević, Vojka Gardić, Aleksandar Milenković**  
*Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor*

### **Izvod**

U radu su prikazani rezultati fizičko-mehaničke karakterizacije, na izuzetim reprezentativnim uzorcima istaloženog materijala iz filter taložnika u Vreocima, koji nastaje u tehnološkom procesu pranja i klasiranja rovnog uglja u pogonima Kolubare ogranka --"Prerada - Vreoci". Uzorci su izuzeti sa ukupno sedam lokacija.

U cilju određivanja osnovnih fizičko-mehaničkih karakteristika, na reprezentativnim uzorcima izvršena su sledeća ispitivanja: određivanje vlage u uzorcima, nasipne mase, specifične gustine, pH vrednosti, granulometrijski sastav i ugao prirodnog držanja, na osnovu kojih je definisana ukupna količina materijala u kasetama 1 i 2, kao i na gomilama 1, 2 i 3. Takođe je na svim uzorcima određena i gornja i donja toplotna moć istaloženog materijala, sa ciljem sagledavanja buduće valorizacije u energetske svrhe.

**Ključne reči:** fizičko-mehanička karakterizacija, Kolubara, taložnik, energetska valorizacija

### **Abstract**

The results of the physico-mechanical characterization of representative samples of material deposited from the filter precipitator in Vreoci are shown. Deposited material occurs as a byproduct during the technological process of washing and grading of raw coal from Kolubara processing plants. Samples were collected from seven locations. Physico-mechanical characterizations of samples were performed by measuring the following parameters: determination of moisture content; density, specific gravity, pH, particle size determination, and the angle of natural posture. Evaluation of the total amount of material in the tapes 1 and 2 and the piles of 1, 2 and 3 was calculated based on the testing results. The upper and lower heating value of samples was determined in the aim to evaluation the possibilities of application the deposited material as an energy source.

**Key words:** physical and mechanical characterization, Kolubara, precipitator, energy valorization

### **UVOD**

U okviru postrojenja za prečišćavanje procesnih voda koje se javljaju u procesu prerade rovnog uglja u Vreocima (PD društvo za proizvodnju, preradu i transport uglja RB "Kolubara" d.o.o. Lazarevac, ogranak "Prerada" Vreoci), nalazi se filter taložnik za taloženje čvrstih čestica iz procesne vode pogona Sušara uglja i pogona Mokre separacije uglja. Procesne vode sušare sa sitnim frakcijama uglja (do 5 mm) se pumpama i cevovodom transportuju do filter taložnika u kojima se vrši taloženje čvrstih čestica uglja. Procesna voda iz pogona Mokre separacije nastaje pri preradi uglja tako što se voda iz reke Kolubare pumpom doprema u pogon i meša sa kvarcnim peskom, pri čemu se dobija suspenzija u kojoj se vrši

odvajanje jalovine od uglja po principu "pliva - tone". U cilju što tačnijeg obračuna količina istaloženog materijala u kasetama 1 i 2, kao i na lokacijama u neposrednoj blizini taložnika, izrađen je 3D digitalni model u programu Gemcom 6. Nakon izrade modela, program Gemcom 6 daje mogućnost preciznog proračuna zapremine, a na osnovu fizičko – mehaničkih karakteristika i količine istaloženog materijala.

## **EKSPERIMENTALNI DEO**

### *Uzorkovanje*

Radi obezbeđivanja kvalitetnog i reprezentativnog uzorka, stručni tim iz IRM-a Bor je izvršio uzorkovanje istaloženog materijala sa ukupno 7 lokacija, uzorci K1 do K7. Ukupno je uzeto sedam uzoraka – po jedan sa lokacija 1, 2 i 3 i po dva iz kasete 1 i 2. Svi uzorci (K1 do K7) su dopremljeni u laboratoriju Instituta u Boru, u skladu sa BMK (Validna metoda kuće) - *Uzorkovanje materijala u suvom stanju i uzorkovanje materijala u vidu pulpe radi fizičko-hemijskih ispitivanja mineralnih sirovina (E.њ.1:2007)*.

### *Fizičko-mehanička ispitivanja istaloženog materijala-uglja*

U okviru fizičko-mehaničkih ispitivanja na reprezentativnim uzorcima istaloženog materijala iz filter taložnika, sa lokaliteta Vreoci - "Kolubara Prerada", izvršena su sledeća ispitivanja:

- ✓ Određivanje vlage u uzorcima;
- ✓ Određivanje nasipne mase;
- ✓ Određivanje specifične gustine;
- ✓ Određivanje pH vrednosti ;
- ✓ Određivanje granulometrijskog sastava;
- ✓ Određivanje uglja prirodnog držanja.

Svi uzorci su dopremljeni u laboratoriju za PMS i ispitivanja, Instituta za rudarstvo i metalurgiju u Boru, gde je nastavljena njihova priprema u skladu sa planiranim fizičko-mehaničkim ispitivanjima, Slika 1.



*Slika 1 - Uzorci K1 - K7, dopremljeni u laboratoriju za PMS i ispitivanja*

### *Određivanje vlage u uzorcima*

Za određivanje vlažnosti uzoraka istaloženog materijala, korišćena je BMK (Валидна метода куће) - *Одређивање влажности узорка ( E.б.5:2007)*.

Metoda podrazumeva određivanje grube vlage, neposredno po izuzimanju uzoraka, sušenjem u sušnici do postizanja konstantne mase.

**a) Potrebna oprema za određivanje vlažnosti**

Za određivanje vlažnosti uzoraka korišćena je sledeća oprema:

- Metalna posuda,
- Sušnica max. 250 °C
- Vaga sa tačnošću 0,1 g.

**b) Proračun:**

Sadržaj vlage se izračunava po obrascu:

$$V = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 \quad (\%)$$

Gde je:

- V- Sadržaj vlage (%)
- m<sub>1</sub>- masa uzorka pre sušenja (gr)
- m<sub>2</sub>- masa uzorka posle sušenja (gr)

Procentualni sadržaj vlage u uzorcima prikazani su u Tabeli 1.

*Tabela 1 - Sadržaji vlage u uzorcima*

<b>Naziv uzorka</b>	<b>Vlažnost %</b>
K1	47,15
K2	49,62
K3	51,43
K4	47,48
K5	34,51
K6	59,71
K7	64,03

**Određivanje nasipne mase**

Za određivanje nasipne mase uzoraka istaloženog materijala, korišćena je ВМК (Валидна метода куће) - *Одређивање запретинске масе узорака и насипне масе узорака (Е.б.11:2007)*.

Metoda podrazumeva određivanje mase slobodno nasutog uzorka (bez sabijanja za uzorke K1 -K7 i sa sabijanjem za uzorke K4-K7), u sud poznate zapremine V i mase m.

**a) Proračun:**

Nasipna masa se izračunava po sledećem obrascu:

$$\Delta = \frac{m_1 - m}{V}, \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Gde je:

$\Delta$  - nasipna masa uzorka;  
 $m_1$  - masa uzorka i suda;  
 $m$  - masa suda;  
 $V$  - zapremina suda.

### b) Potrebna oprema za određivanje nasipne mase uzoraka

Za određivanje nasipne mase potrebno je sledeće:

-Sud - menzura poznate zapremine (preporučuje se sud zapremine 500 ml);

-Vaga sa tačnošću 0.1 g;

-Lopatica za izuzimanje uzoraka.

Nasipne mase uzoraka prikazane su u Tabeli 2.

Tabela 2 - Nasipna masa uzoraka

Naziv uzorka	Nasipna masa kg/m <sup>3</sup> prirodno/zbijeno
K1	690,6
K2	689,1
K3	647,8
K4	611,5/714,5
K5	542,1/660,2
K6	610,7/712,1
K7	483,4/707,6

### Određivanje specifične gustine

Za određivanje specifične gustine uzoraka istaloženog materijala, korišćena je ВМК (Валидна метода куће) – *Одређивање густине узорка стакленим пикнометром* ( Е.ш.5:2007).

#### a) Proračun

Specifična gustina uzoraka se izračunava po sledećem obrascu:

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{(m_4 - m_1) - (m_3 - m_2)} \rho_F^t, \quad \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

Gde je:

$m_1$  - masa praznog piknometra, (kg)

$m_2$  - masa piknometra sa uzorkom, (kg)

$m_3$  - masa piknometra sa uzorkom i alkoholom, (kg)

$m_4$  - masa piknometra sa alkoholom, (kg)

$\rho_F^t$  - gustina fluida (alkohola) pri temperature merenja, (kg/m<sup>3</sup>)

Specifične gustine uzoraka prikazane su u Tabeli 3.

*Tabela 3 - Specifične gustina uzoraka*

<b>Naziv uzorka</b>	<b>Specifična gustina kg/m<sup>3</sup></b>
K1	1908,5
K2	1776,0
K3	1583,0
K4	1759,0
K5	1553,0
K6	1716,0
K7	1627,2

### **Određivanje pH vrednosti uzoraka**

Za određivanje pH vrednosti uzoraka istaloženog materijala korišćenja je Standardna metoda (SRPS EN 12176 2005).

Imajući u vidu da se radi o čvrstoj sirovini, princip merenja pH vrednosti po ovoj metodi se sastoji u formiranju odgovarajućih vodenih suspenzija i potenciometriškom određivanju. Formiranje uzoraka vodenih suspenzija istaloženog materijala vrši se na sledeći na način, a u skladu sa propisanim standardom za ovu vrstu ispitivanja. Izmeri se količina uzorka od 5 g u koničnoj posudi u koju se doda destilovana voda do ukupne mase (100±1) g. Posuda se zatvori i mehanički mućka oko 15 min, sve dok uzorak ne bude u potpunosti dispergovan.

#### **a) Merenje pH vrednosti**

Izmeri se temperatura uzorka i podesi se temperatura na pH metru, nakon čega se pH metar kalibriše korišćenjem standardnih (sertifikovanih referentnih materijala) - puferskih rastvora (4, 7 i 10).

Elektrode se dobro isperu vodom i postave u uzorak. Očita se ustaljena pH vrednost sa pH-metra posle približno 30-60s. Izvade se elektrode i dobro isperu vodom.



Rezultati izmerenih pH vrednosti su prikazani u Tabeli 4.

*Tabela 4 - Izmerene pH vrednosti uzoraka*

<b>Naziv uzorka</b>	<b>pH vrednost na 25<sup>0</sup>C</b>
K1	6,44
K2	5,23
K3	6,14
K4	4,75
K5	5,71
K6	6,71
K7	6,91

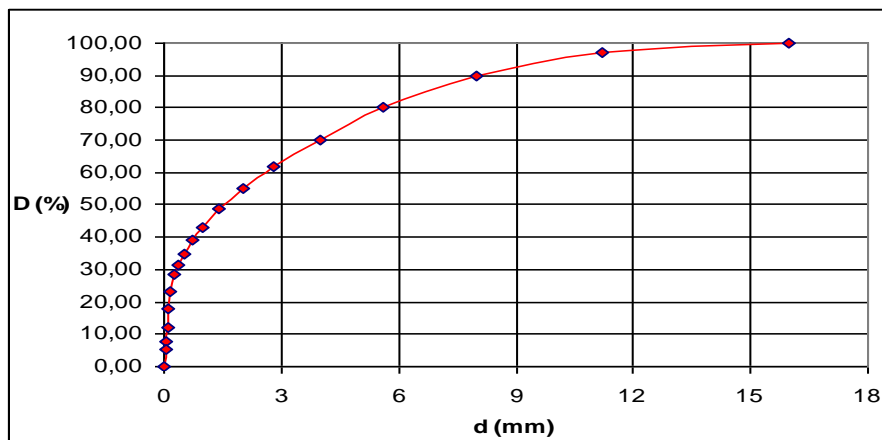
#### **Određivanje granulometrijskog sastava**

Određivanje granulometrijskog sastava uzoraka istaloženog materijala-uglja, izvršeno je u Laboratoriji za PMS i ispitivanja, u skladu sa Standardom za granulometrijsku analizu uglja (*SRPS JUS B.H8.372 1976.*).

Srednji granulometrijski sastav uzoraka K1-K7, prikazan je u tabeli 5 i na slici 2.

Tabela 5 – Srednji granulometrijski sastav uzoraka K1-K7

Otvor sita	M (%)	R (%)	D (%)
-16,0 +11,2	3,00	3,00	100,00
-11,2 +8,0	7,21	10,21	97,00
-8,0+5,6	9,83	20,04	89,79
-5,6 +4,0	9,92	29,96	79,96
-4,0 +2,8	8,38	38,34	70,04
-2,8 +2,0	6,67	45,01	61,66
-2,0 +1,4	6,21	51,22	54,99
-1,4 +1,0	5,67	56,89	48,78
-1,0 +0,710	4,14	61,03	43,11
-0,71+0,50	3,96	64,99	38,97
-0,50 +355	3,50	68,49	35,01
-0,355 +0,250	3,20	71,69	31,51
-0,250 +0,180	4,93	76,62	28,31
-0,180 +0,125	5,67	82,29	23,38
-0,125 +0,090	5,66	87,95	17,71
-0,090 +0,063	4,43	92,38	12,05
-0,063 +0,045	2,21	94,59	7,62
-0,045 +0,000	5,41	100,00	5,41



Slika 2 Grafički prikaz srednjeg granulometrijskog sastava uzoraka K1-K7

### Određivanje ugla prirodnog držanja

Vrednosti ugla prirodnog držanja  $\varphi^\circ$  (Tabela 6) na ispitivanim uzorcima, odredila je Laboratorija za geomehaniku, Instituta za rudarstvo i metalurgiju u Boru.

*Tabela 6 - Ugao prirodnog držanja  $\varphi^\circ$*

Oznaka uzorka	Ugao prirodnog držanja $\varphi^\circ$
K1	34,34
K2	37,04
K3	39,91
K4	41,06
K5	32,90
K6	33,69
K7	40,41

### Obračun količine materijala u kasetama 1 i 2 i na lokacijama 1 - 3

Obračun količine materijala izvršen je na osnovu zapremina materijala i nasipnih masa u prirodnom stanju, za lokacije 1 – 3. Za kasete 1 i 2 uzete su nasipne mase u zbijenom stanju.

Količina istaloženog materijala prikazana je u Tabeli 7.

*Tabela 7 – Količina istaloženog materijala*

Mesto	Nasipna masa, $t/m^3$	Zapremina, $m^3$	Količina, t
Kaseta 1	0,7098	489 613	347 527
Kaseta 2	0,6874	321 635	221 092
Lokacija 1	0,6906	10 295	7 110
Lokacija 2	0,6891	39 290	27 075
Lokacija 3	0,6478	15 958	10 338
Ukupno		876 791	613 142

Gornja i donja toplotna moć istaloženog materijala data je u tabeli 8.

*Tabela 8- Vrednosti gornje i donje toplotne moći istaloženog materijala*

Parametar	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	Oznaka metode
Gornja	10527	12472	12646	14643	17355	15438	17379	SRPS B.H8.318
Donja	10152	12017	12169	14095	16689	14824	16704	SRPS B.H8.318

### ZAKLJUČAK

Na reprezentativnim uzorcima istaloženog materijala-uglja, iz filter taložnika u Vreocima, sa oznakama K1-K7, izvršena je fizičko-mehanička karakterizacija. Po osnovu proračunatih nasipnih masa, zapremine taložnika i izrade 3D modela taložnika, definisana je količina istaloženog materijala softverskim programom Gemcom 6.2. Vrednosti gornje i donje toplotne moći, karakterišu material iz filter taložnika u

Vreocu, kao mineralnu sirovinu koja može da se koristi kao energetska gorivo u kotlovima za energente sa nižom toplotnom moći.

#### **LITERATURA**

1. Elaborat o količini i kvalitetu istaloženog materijala u filter taložniku u Vreocima, Institut za rudarstvo i metalurgiju u Boru, januar 2011 godine.
2. Zakon o Rudarstvu ("Sl. gl. RS", br. 44/95, 34/2006 i 104/09).
3. Zakon o Upravljanju otpadom Republike Srbije ("Sl. gl. RS", br. 36/09).

# **IZRADA GEOMODELA LEŽIŠTA KVARCNE MINERALNE SIROVINE “KAONA” KOD KUČEVA SA PRORAČUNOM REZERV I PROGRAMOM ZA MODELOVANJE LEŽIŠTA I PROJEKTOVANJE POVRŠINSKIH KOPOVA MINEX 5.2.3.**

## **GEOMODEL DEVELOPMENT OF QUARTZ MINERAL DEPOSIT “KAONA” NEAR KUČEVO WITH THE CALCULATION OF RESERVES USING THE PROGRAM OF DEPOSIT MODELLING AND DESIGN THE OPEN PITS MINEX 5.2.3.**

**Vladan Marinković<sup>1</sup>, Miroslava Maksimović<sup>1</sup>, Goran Pačkovski<sup>1</sup>, Milenko Jovanović<sup>1</sup>, Snežana Ignjatović<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, <sup>2</sup> RGF, Beograd

### **Izvod**

U ovom radu je opisan način izrade 3D geološkog modela ležišta kvarcne mineralne sirovine „Kaona“ kod Kučeva. Za izradu geološkog modela izabran je programski paket Minex 5.2.3. koji je posebno dizajniran za modelovanje slojevitih ležišta, ležišta oblika izduženih sočiva i projektovanje površinskih kopova. Cilj izrade geološkog modela je bio dobijanje digitalnog 3D modela koji bi verno i precizno reprezentovao ležište u celini. Prednost modela izrađenog na ovakav način se ogleda pre svega u mogućnosti sagledavanja prostorne pozicije ležišta, brzog proračuna geoloških rezervi, kao i dobijanje podataka o kvalitativnim karakteristikama kvarcnog peščara kako za celo ležište tako i za pojedine njegove delove. Ovako izrađen digitalni 3D model predstavlja osnovu za projektovanje rudarskih radova.

**Ključne reči:** 3D model, geološki model, proračun rezervi, Minex 5.2.3.

### **Abstract**

This paper gives a development method of 3D geological model of quartz mineral deposits “Kaona” near Kučevo. The program package Minex 5.2.3 was chosen for development of geological model that is specially designed for modeling of layered deposits, deposit forms elongated lenses and design of open pits. The aim of development the geological model was obtaining the digital 3D model that would credibly and accurately represent the deposit as a whole. The advantage of developed model by this way is primarily reflected in a possibility of recognizing the spatial position of deposits, fast calculation of geological reserves as well as obtaining the data on qualitative characteristics of coal both for the whole deposit and some parts of it. Such developed 3D model presents the base for design the mining works.

**Key words:** 3D model, geological model, calculation of reserves, Minex 5.2.3.

### **Uvod**

Ležište kvarcne mineralne sirovine „Kaona“ se nalazi u Istočnoj Srbiji oko 10 km zapadno od Kučeva kome administrativno i pripada. Ležište „Kaona“, uži lokalitet „Kornjica“ nalazi se na udaljenosti 5 km od magistralnog puta prvog reda Majdanpek-Kučevo-Požarevac-Beograd. U morfološkom pogledu teren je nisko planinskih karakteristika. Najviš vrh u području ovog terena je Kraku Kumuljiši (447 m). Najviše kote na istražnom terenu iznose 368,4 i 302,0 m.

Prostorno, ležište se nalazi u starim kristalastim terenima. Od postojeća tri horizonta kvarcita i kvarcnih konglomerata, kod Kaone se javlja najstariji, onaj koji označava prelaz proterozoika (venda) u kambriju.

### Tok izrade 3D geološkog modela

Proračun geoloških rezervi ležišta kvarcne mineralne sirovine „Kaona“ je urađen računarskim programom MINEX 5.2.3. Obrada ležišta započela je unosom podataka iz nekoliko datoteka (Excel) istražnih bušotina od K-1/07 do K-20/07. Datoteke sadrže za svaku bušotinu: ime datoteke, podatke o koti, koordinatama, podatke o litološkim članovima u geološkim presecima bušotina (koji su relevantni za procenu sadržaja u izdvojenim geološkim sredinama), kao i podatke o rezultatima hemijskih analiza pojedinačnih i kompozitnih proba za  $\text{SiO}_2$  i prateće elemente ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). Pre početka izrade 3D modela ležišta kvarcno mineralne sirovine „Kaona“ bilo je potrebno formirati bazu podataka na osnovu kojih bi se pristupilo izradi modela. Do svih potrebnih podataka se došlo u procesu istražnog bušenja kao i izvršenih laboratorijskih analiza (prostorni položaj svake bušotine definisan X,Y,Z koordinatom, konačna dubina svake bušotine, litološki članovi određeni u procesu kartiranja jezgra bušotine i podaci o kvalitetu dobijeni laboratorijskim analizama).

U cilju minimizacije neizbežnih grešaka u kucanju, unos podataka je organizovan paralelno, na dva mesta, odnosno u dve baze podataka. Po završenom unosu baze su uzajamno ukrštene na nivou svakog sloga. Upoređeni su podaci o položaju bušotina, intervalima, litologiji i hemijskim analizama, kao i granice samih intervala. Uočene razlike su razrešavane proverom u originalnoj, pisanoj dokumentaciji.

Baza podataka se sastoji iz 5 osnovnih failova.

- Collars cls. Fail sadrži sve podatke o prostornom položaju bušotina.
- Quality cls. Fail sadrži sve podatke vezane za kvalitet.
- Lithology cls. Fail sadrži sve podatke vezane za litologiju.
- Lito map cls. Fail sadrži tekstualne opise litoloških članova.
- Prn seam fail sadrži podatke o položaju slojeva u stubu svake od bušotina.

Dok je za zapreminsku masu kvarcno mineralne sirovine uzeta vrednost od  $1,716 \text{ t/m}^3$  (podatak dobijen od laboratorije za mehaniku stena instituta za Rudarstvo i Metalurgiju Bor).

Obzirom da je ležište kvarcno mineralne sirovine „Kaona“ predstavljeno jednim rudnim telom izduženo sočivastog oblika, u okviru kojeg je utvđeno postojanje delova sa različitim sadržajima  $\text{SiO}_2$  koji su se morali uzeti u obzir prilikom kreiranja modela. Bili smo u mogućnosti da izduženo sočivo predstavimo kvazi slojevima. Pri kreiranju slojeva je bilo potrebno sočivo podeliti na pet pod slojeva putem korelacije seam splitting (tabela 1).

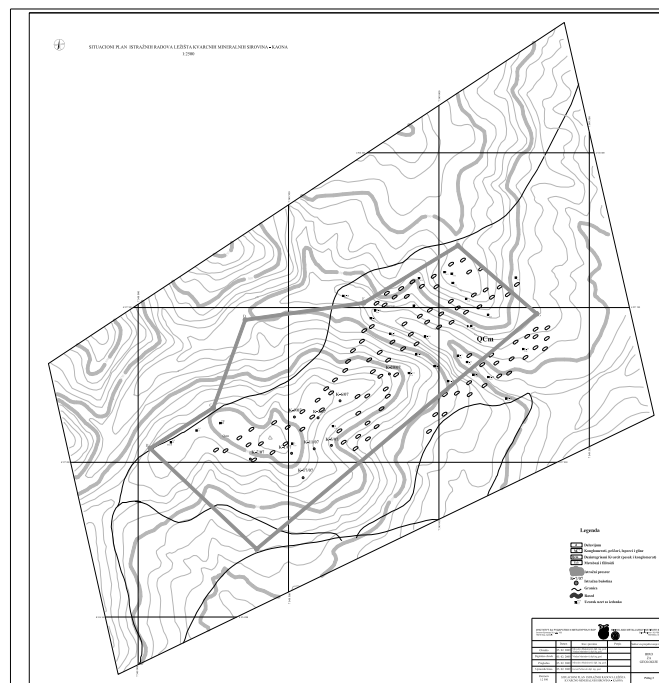
Tabela 1 - Osnovni podaci o slojevima

Ime sloja	Opis sloja	Zapreminska masa
a	b	c
QIIIA	Peščar sa sadržajem $\text{SiO}_2$ između 85% i 90%	$1.716 \text{ t/m}^3$
QIIA	Peščar sa sadržajem $\text{SiO}_2$ između 90% i 93%	$1.716 \text{ t/m}^3$
QI	Peščar sa sadržajem $\text{SiO}_2$ većim od 93%	$1.716 \text{ t/m}^3$
QII	Peščar sa sadržajem $\text{SiO}_2$ između 90% i 93%	$1.716 \text{ t/m}^3$
QIII	Peščar sa sadržajem $\text{SiO}_2$ između 85% i 90%	$1.716 \text{ t/m}^3$

Takođe su uneti podaci o topografiji terena. Podaci o topografiji dobijeni su digitalizacijom Topografske karte, digitalizacija je izvršena programskim paketom Auto CAD. Prostor u kome je vršena interpretacija i proračun rudnih rezervi definisan je koordinatama, prikazanim u tabeli 2, slika 1.

Tabela 2 - Koordinate istražnog prostora

Tačka	X	Y
a	b	c
A	4.926.720,00	7.548.394,00
B	4.927.045,00	7.548.040,00
C	4.927.176,00	7.548.250,00
D	4.927.460,00	7.548.356,00
E	4.927.515,00	7.548.750,00
F	4.927.700,00	7.549.063,00
G	4.927.480,00	7.549.325,00



Slika 1 - Pregledna karta sa ucrtanim istražnim prostorom (deo lista Kladurovo), umanjen prikaz.

Po kreiranju ovih slojeva se pristupilo njihovoj međusobnoj prostornoj korelaciji i izradi 3D modela ležišta. Na tako kreiranom modelu ležišta je bilo moguće proračunati geološke rezerve kako za svaki sloj ponaosob tako i za ležište u celosti.

Izgled slojeva je prikazan slikom 4, a rezultati proračuna rezervi tabelom 3. Proračun rezervi u Minexu 5.2.3. se vrši metodom trouglova na osnovu poznatih formula.

Površina trouglova:

$$S = \frac{a \cdot h}{2}$$

a-osnovica trougla (m<sup>2</sup>)

h-visina trougla (m)

Srednja debljina sloja:

$$dsr = \frac{d1+d2+d3}{3}$$

d1+d2+d3-debljina sloja u istražnom radu (m)

Količina kvarcne mineralne sirovine unutar trougla:

$$Q = Sx \cdot dsr \cdot \gamma$$

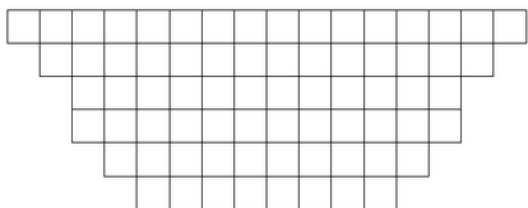
S-površina trouglova (m<sup>2</sup>)

dsr- srednja debljina kvarcne mineralne sirovine u istražnom radu (m)

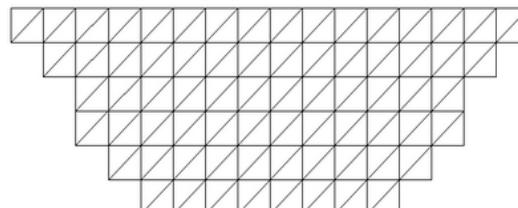
$\gamma$ -zapreminska masa kvarcne mineralne sirovine (t/m<sup>3</sup>)

Trouglovi potrebni za proračun rezervi se dobijaju na osnovu gridova (mreža) predhodno modeliranih slojeva, pri čemu program svakoj ćeliji kvadratne mreže slika 2 dodeljuje dijagonalu tako da od ćelije kvadratnog oblika nastaju dva pravouglata trougla slika 3.

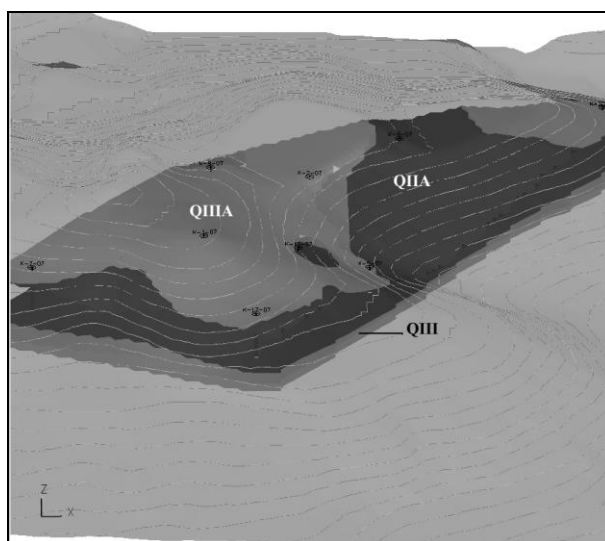
Sve ostale podatke potrebne za proračun rezervi program preuzima iz predhodno kreiranih baza podataka.



Slika 2 - Grid (mreža) predhodno modeliranog sloja



Slika 3 - grid (mreža) predhodno modeliranog sloja sa dijagonalom



Slika 4 - 3D prikaz slojeva sa topografijom Minex 5.2.1. (QIIIA- Peščar sa sadržajem SiO<sub>2</sub> između 85% i 90%, QIIA- Peščar sa sadržajem SiO<sub>2</sub> između 90% i 93% i QIII- Peščar sa sadržajem SiO<sub>2</sub> između 85% i 90%)

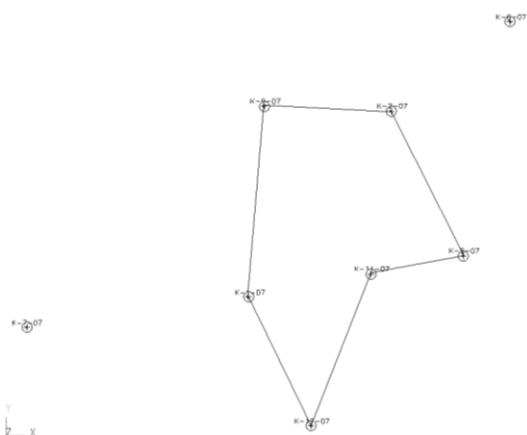


Tabela 3 - Izveštaj o proračunu Geoloških rezervi

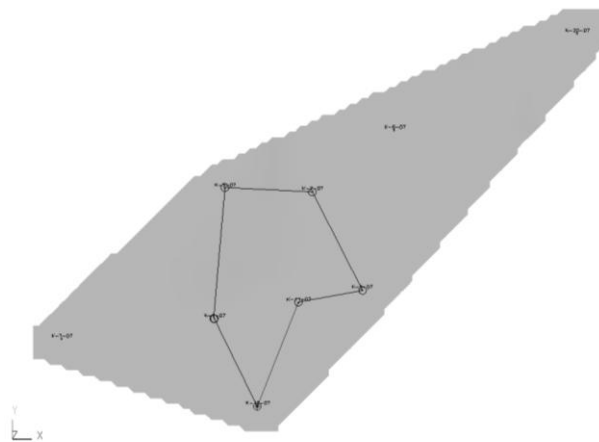
Seam Insitu Reserves Report.							
-----							
Vertical Limits : Upper Surface Grid : TOPO DDName : MODEL							
: Lower Surface Grid : QIIISF DDName : MODEL							
-----							
---- WASTE ----      ----- ORE -----      -- STRIP RATIO --							
Seam	Volume cu.m	Thick metres	Tonnage tonnes	Thick metres	Area sq.m	Increm.	Accum.
-----							
QIIIA	314765	5.8	61209	0.66	54000	5.1	5.1
QIIA	136	0.0	229891	3.42	39150	0.0	1.1
QI	2223	0.0	4853141	33.48	84475	0.0	0.1
QII	19861	0.2	1117572	7.71	84475	0.0	0.1
QIII	288488	3.4	762982	5.26	84475	0.4	0.1
-----							
TOTAL	625473	9.5	7024796	50.53			
-----							
Minex 5.2.1							

U cilju proračuna rezervi B kategorije u geomodel je uključen limiting (ograničavajući) poligon slika 5. Ovaj poligon je digitalizivan tako da zahvata bušotine K-1, K-2, K-5, K-9, K-11 i K-17 koje ograničavaju prostor u okviru koga se nalaze rezerve B kategorije.

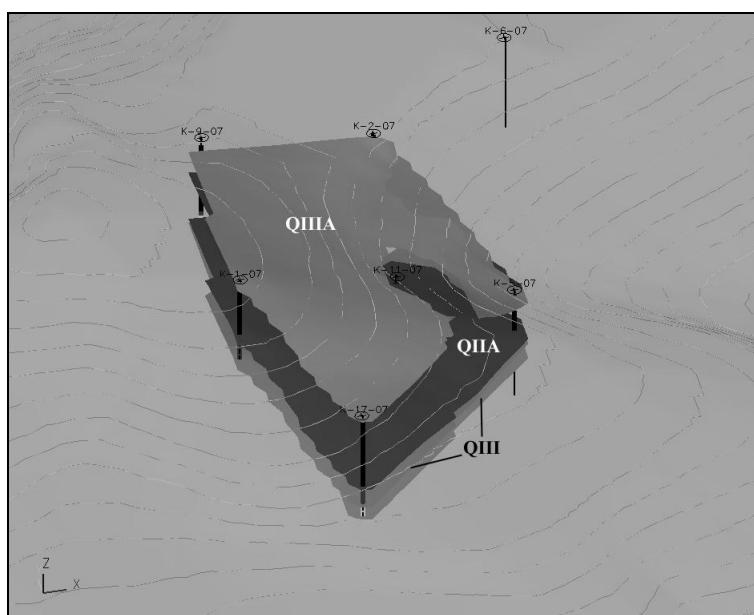
U daljem postupku proračun ovih rezervi se vrši na isti način kao i geološke rezerve, sa tom razlikom što se proračun vrši samo unutar prostora ograničenog limiting (ograničavajućim) poligonom slika 6. Po završetku proračuna i rezerve B kategorije je moguće prikazati kao 3D model slika 7, a rezultate proračuna tabelarno tabela 4.



Slika 5 – Limiting (ograničavajući) poligon



Slika 6 - Odnos geoloških rezervi i rezervi B kategorije



Slika 7- 3D prikaz rezervi B kategorije sa topografijom Minex 5.2.3. (QIIIA- Peščar sa sadržajem SiO<sub>2</sub> između 85% i 90%, QIIA- Peščar sa sadržajem SiO<sub>2</sub> između 90% i 93% i QIII- Peščar sa sadržajem SiO<sub>2</sub> između 85% i 90%)

Tabela 4 - Izveštaj o proračunu rezervi B kategorije

=====							
Seam Insitu Reserves Report.							
=====							
-----							
Vertical Limits : Upper Surface Grid : TOPO DDName : MODEL							
: Lower Surface Grid : QIIISF DDName : MODEL							
-----							
Seam	Volume cu.m	Thick metres	ORE Tonnage tonnes	Thick metres	Area sq.m	-- STRIP RATIO -- Increment.	Accum.
-----							
QIIIA	65471	4.2	20939	0.79	15525	3.1	3.1
QIIA	7	0.0	75710	3.01	14675	0.0	0.7
QI	848	0.0	1117139	36.83	17675	0.0	0.1
QII	650	0.0	152809	5.04	17675	0.0	0.0
QIII	49765	2.8	123921	4.09	17675	0.4	0.1
-----							
TOTAL	116741	7.1	1490518	49.75			
-----							

### Zaključak

Prednost modela izrađenog na ovakav način se ogleda pre svega u mogućnosti sagledavanja prostorne pozicije ležišta, brzog proračuna geoloških rezervi, kao i dobijanje podataka o kvalitativnim karakteristikama kvarcnog peščara kako za celo ležište tako i za pojedine njegove delove. Ovako izrađen digitalni 3D model predstavlja osnovu za projektovanje rudarskih radova.

**Literatura**

- [1] Stajević B. 2000.: Projektovanje ležišta mineralnih sirovina, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd;
- [2] Bugarin M., 1989.: Projekat geoloških istraživanja kvarcita na području Kaone u 1989/90. god. - Institut za bakar, Bor;
- [3] Bugarin M., 1989.: Projekat geoloških istraživanja kvarcita na području Kaone u 1990. god. – aneks - Institut za bakar, Bor;
- [4] Bugarin M., Anđelković A., 2005.: Istraživanje kvarcita na području Kaone – Geodetski elaborat, Institut za bakar, Bor;
- [5] Ilić M, 1999.: Istraživanje ležišta nemetala – građevinskih materijala – Rudarsko-geološki fakultet, Beograd;
- [6] Janković S., Vakanjac B., 1969.: Ležista nemetalnih mineralnih sirovina, Beograd;
- [7] Kalenić I. i dr., 1980.: List Kučevo, L 34-128, OGK 1:100.000 - Savezni geološki zavod, Beograd;
- [8] Kalenić I. i dr., 1980.: Tumač za list Kučevo, L 34-128, OGK 1:100.000 - Savezni geološki zavod, Beograd.
- [9] Vakanjac B., 1990.: Geološka istraživanja metakonglomerata na području Kaone – Rudarsko-geološki fakultet, Beograd;

## **UTICAJ STRUKTURNE GRAĐE NA ČVRSTOĆU KRUPNOZRNNOG GABRA**

### **EFFECT OF STRUCTURAL CONSTITUTION ON THE UNIAXIAL STRENGTH OF LARGE GRAINED GABRO**

**Kenan Mandžić, Elvir Babajić, Erna Mandžić, Alisa Babajić**  
*Univerzitet u Tuzli, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet u Tuzli*

#### **REZIME**

Jablanički gabra predstavlja jedan od najkvalitetnijih ukrasnih materijala u bivšoj Jugoslaviji. Jedan od majdana na kome se vrši eksploatacija gabra je i majdan, lokalnog naziva „Suljo Čilić“. Masovna upotreba gabra sa ovog ležišta počela je 1979. godine, jer mineraloški sklop ovog varijeteta gabra nije zadovoljavao zahtjeve koji su ranije vladali na tržištu. U radu su prikazani rezultati ispitivanja jednoosne čvrstoće na pritisak i mineraloško-petrografske građe krupnozrnog gabra sa ovog majdana. Nakon izvođenja opita jednoosne čvrstoće na pritisak izvršena je detaljna mineraloško-petrografska analiza površina loma karakterističnih uzoraka. Zahvaljujući većem broju ispitivanja, utvrđena je korelaciona veza između strukturne građe i vrijednosti jednoosne čvrstoće na pritisak krupnozrnog gabra sa majdana „Suljo Čilić“.

**Ključne riječi:** gabra, jednoosna čvrstoća na pritisak, strukturna građa

#### **SUMMARY**

Jablanica gabra is one of the highest quality decorative materials in the former Yugoslavia. One of the quarry where the harvesting is done gabra is mine, with the local name "Suljo Čilić". The widespread use of gabra from this deposit started in 1979. year, because this mineral gabra varietie has not met the requirements that existed previously on the market. The paper presents the results of uniaxial compressive strength and mineralogical-petrographic structure of gabra from this quarry. After performing the experiment of uniaxial compressive strength the detailed mineralogical-petrographic analysis of the fracture surfaces of typical samples was conducted. Thanks to a number of tests the correlation, between the structural material and values of uniaxial compressive strength of the coarse gabra quarry "Suljo Čilić", was determined.

**Key words:** gabra, uniaxial compression strength, structural constitution

#### **Uvod**

Jablanički gabra se eksploatiše dugi niz godina i predstavlja najkvalitetniji arhitektonsko-ukrasni kamen u bivšoj Jugoslaviji. Gabra masiv pokriva površinu od oko 17 km<sup>2</sup>, a jedan od majdana, u masivu jablaničkog gabra, je i majdan „Suljo Čilić“, koji se nalazi se na lijevoj obali rijeke Neretve. Na otvaranje ovog majdana uticao je kvalitet stijenske mase koja se javlja u toj zoni masiva tj. najveći dio stijenske mase u zoni majdana Suljo Čilić predstavljen je monolitnim gabrom. Masovna upotreba gabra sa ovog ležišta počela je 1979. godine, jer mineraloški sklop ovog varijeteta gabra nije zadovoljavao zahtjeve koji su vladali ranije na tržištu. U manjem dijelu majdana zastupljeni su grusificirani gabra i gabra sa povećanom ispucalošću. Gabra iz majdana „Suljo Čilić“ pretežno je sive boje uz pojavu tamnosivih i svijetlih traka, uglavnom srednjeg zrna.

#### **Čvrstoća na pritisak gabra sa majdana „Suljo Čilić“**

Čvrstoća materijala se definiše kao otpornost materijala primjenjenim silama koje taj materijal deformišu i dovode ga do loma. U inženjerskoj praksi čvrstoća se računa kao djelovanje sile na jedinicu površine u trenutku loma. Za čvrstoću se može reći da je relativan pojam, jer se može definisati tek uz poznavanje uticajnih faktora na tu čvrstoću, kao što su: veličina uzorka stijene, vrsta primjenjenog napona (pritisak, zatezanje, torzija, smicanje), intenzitet i vrijeme trajanja opterećenja, temperatura okoline, veličina poroziteta, strukturno-teksturna građa stijene, mineralni sastav, stepen

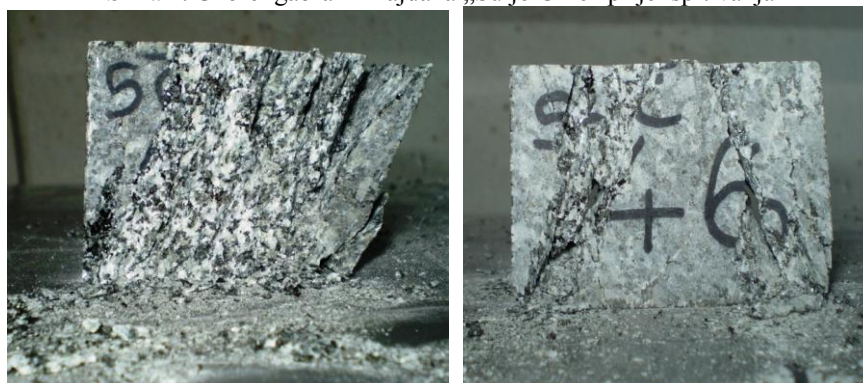
prirasta opterećenja i dr. Ispitivanja jednoosne čvrstoće na pritisak uzoraka jablaničkog gabra provedena su na uzorcima dimenzija 5x5x5 cm, koje su propisane važećim standardima. Ukupno je ispitano 58 probnih tijela a svi uzorci ispitani su u potpuno istim uslovima, na istoj aparaturi, da bi se eliminisali neki od uticajnih faktora koji su navedeni.

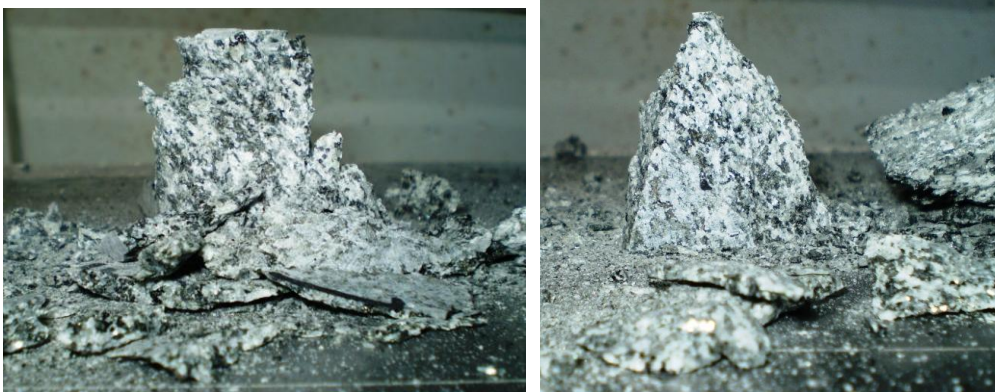
Uzorcima sa svih majdana ispitani su pod presom, u mjernom opsegu 1000 kN sa tačnošću očitavanja sile u trenutku loma od 1 kN i sa istim stepenom nanošenja opterećenja u jedinici vremena. Svi dobiveni rezultati prikazani su na dijagramu, dok je raspodjela vrijednosti mjerenja čvrstoće na pritisak prikazana na histogramom raspodjele prema odabranim parametrima. Svaki „mod“, odnosno stub u histogramu, indicira minimum jedan uticajni faktor na čvrstoću. Rezultati su i statistički obrađeni, sa izračunatim koeficijentom povjerenja za računski dobivene srednje vrijednosti. U tabeli je izražen i procenat vjerovatnoće da će se srednja vrijednost mjerenja naći u, ispod navedenom +/-, rasponu rezultata (npr. srednja vrijednost 244 MPa, 95% je vjerovatnoća da će se srednja vrijednost budućih mjerenja naći u rasponu 244+/- 7,7 MPa).

Ispitivanja su provedena na uzorcima u suhom stanju, a uzorci su dobili redni broj po slučajnom uzorku.

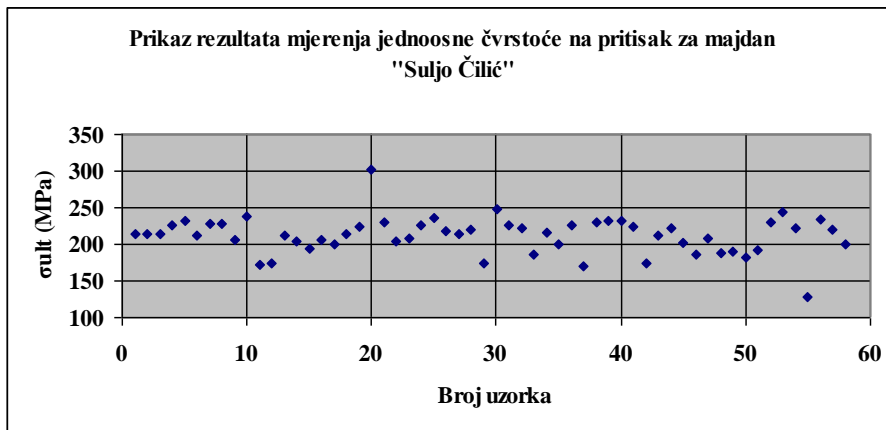


Slika 1. Uzorci gabra iz majdana „Suljo Čilić“ prije ispitivanja



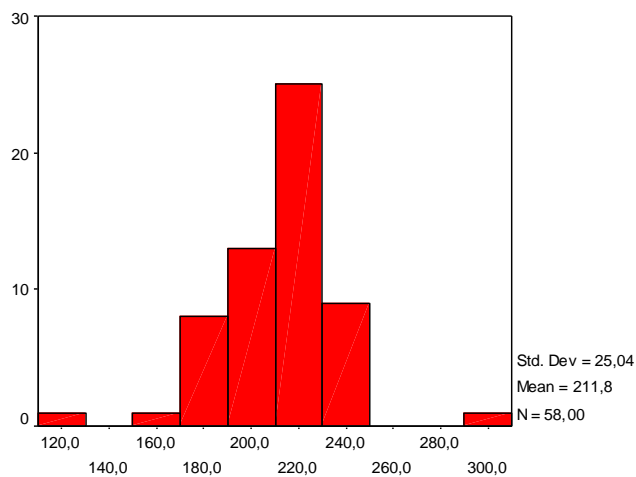


Slika 2. Karakteristični lom pojedinih uzoraka sa majdana „Suljo Čilić“



Slika 3. Vrijednosti jednoosne čvrstoće za majdan „Suljo Čilić“

Broj uzoraka- N	Minimum	Maximum	Sred. vrijednost	Std. Dev.
58	128,00	301,00	211,8448	25,0416



Histogram raspodjele jednoosne čvrstoće na pritisak (MPa)

Slika 4. Histogram raspodjele jednoosne čvrstoće za majdan „Suljo Čilić“

Tabela 1. Proračun koeficijenta povjerenja za dobivenu srednju vrijednost čvrstoće

Koeficijent povjerenja za čvrstoću			
Procenat vjerovatnoće	95%	75%	50%
Raspon vrijednosti	6,444191	3,782249	2,217664

Rezultati ispitivanja jednoosne čvrstoće na pritisak za majdan „Suljo Čilić“ variraju u rasponu od 80 MPa, od 165 do 245 MPa. Na dijagramu rezultata mjerenja (sl. 3) pojavljuju se dvije ekstremne vrijednosti na dva uzorka, što je također vidljivo i na histogramu raspodjele. Međutim, te vrijednosti ne utiču značajno na dobivenu srednju vrijednost. Histogram raspodjele (sl. 4) pokazuje nesimetričnu raspodjelu sa jednim glavnim uticajnim faktorom predstavljenim istaknutim modom. Ukoliko se izbace ekstremne vrijednosti, histogram raspodjele ne mijenja bitno svoj izgled. Pored glavnog javljaju se i manje uticajni faktori koji su predstavljeni manje izraženim modovima, gdje većina njih utiče na smanjenje čvrstoće u odnosu na najizraženiji mod, tj. najčešće dobivenu vrijednost. Dobivena srednja vrijednost mjerenja nalazi se u rasponu rezultata u najizraženijem modu što ukazuje na pouzdanost dobivene srednje vrijednosti čvrstoće, ali i na dominantni uticaj jednog faktora na čvrstoću, što se vidi i na histogramu (slika 4). Raspodjela čvrstoće na pritisak ukazuje na neovisnost čvrstoće od smjera djelovanja sile. U tabeli za koeficijent povjerenja (tabela 1), prisutan je mali raspon srednje vrijednosti čvrstoće u odnosu na dobivenu vrijednost, za veliki procenat vjerovatnoće  $\pm 6,4$  MPa.

### **Mineraloško-petrografske karakteristike gabra**

Za potrebe ispitivanja mineraloško-petrografskih osobina gabra sa majdana „Suljo Čilić“, pripremljeni su preparati za posmatranje u propuštenoj svjetlosti. Preparati su, dijamantskom pilom, rezani iz kupa koje su formirane nakon loma uzoraka. Linija duž koje je izvršeno rezanje preparata je okomita na ravan loma tako da je na svim preparatima vidljiv dio ravni loma svakog ispitanog uzorka. Na taj način omogućen je uvid u samu zonu duž koje je došlo do loma, što daje jasniju sliku mehanizma loma unutar strukturne građe ispitanog uzorka. Na osnovu histograma raspodjele rezultata mjerenja jednoosne čvrstoće na pritisak, uzeti su uzorci sa minimalnom, srednjom i maksimalnom vrijednosti jednoosne čvrstoće na pritisak, kako bi se utvrdio uticaj mineraloško-petrografskog sastava na dobivene vrijednosti čvrstoće ispitanih uzoraka. Za svaki od preparata izrađene su mikrofotografije, dok je za odabrane karakteristične preparate iz uzoraka sa minimalnom, srednjom i maksimalnom vrijednosti čvrstoće, izvršena mineraloško-petrografska determinacija. Determinacija je izvršena na osnovu pregleda samog preparata, kao i analize mikrofotografija tog preparata. U nastavku su date mineraloško-petrografske determinacije preparata, nekih od karakterističnih uzoraka, a svaki od uzoraka predstavljen je pripadajućom oznakom sa brojem uzorka.

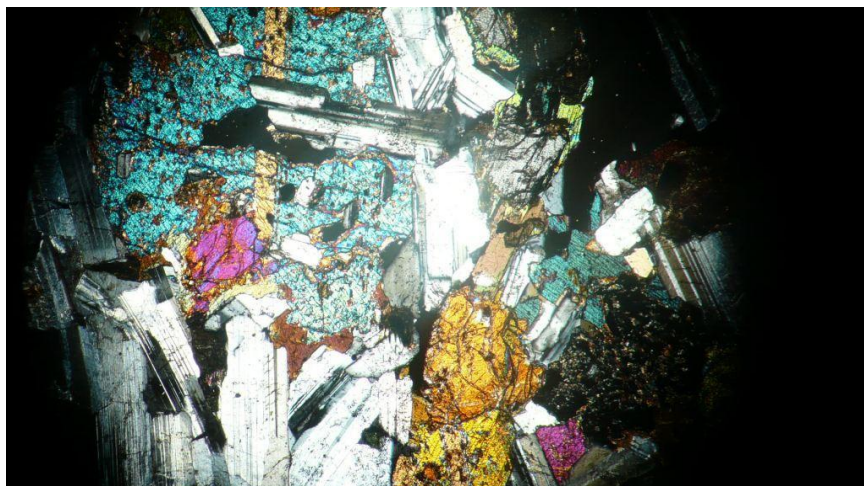
#### Uzorak SČ-47 (Uzorak sa majdana „Suljo Čilić“-broj uzorka 47)

Uzorak je sličan naknadno opisanom ali, još krupnozrniji i intenzivnije alterisan.

Jednoosna čvrstoća na pritisak: 208MPa

Struktura: Gabrovska

Petro determinacija: Krupnozrni biotitsko-augitski gabro



Slika 5. Majdan „Suljo Čilić“ uzorak SC-47

Krupna zrna bojenog minerala augita (žuto i plavozeleno) u gabrovskoj osnovi. Rijedak biotit, braon boje. Lijevo u sredini ljubičaste boje olivin.

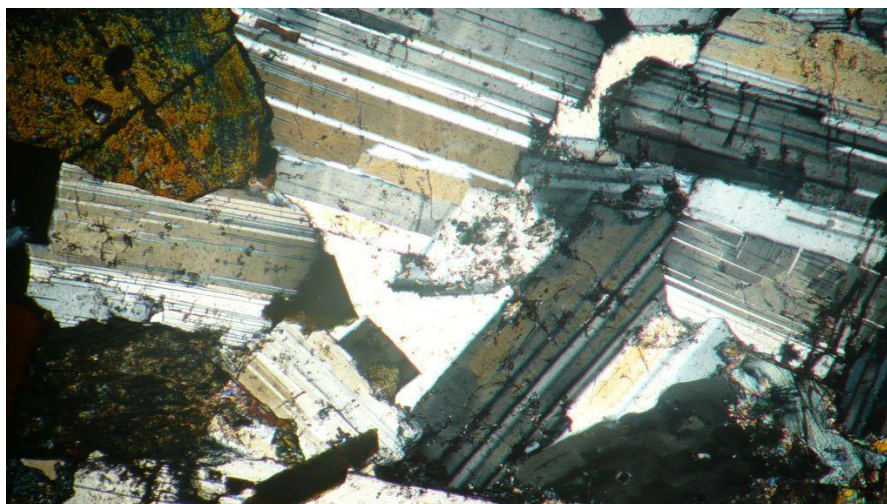
#### Uzorak SČ-41

Radi se o izuzetno krupnozrnom uzorku koji se razlikuje od uzorka SČ-30 po nešto većem sadržaju bojene komponente, prije svega biotita. Mikroskopska tj. optička analiza pokazuje intenzivne alteracione procese na svim konstatiranim mineralnim vrstama. Tako su feldspati zamučeni sa vidljivim pertitom dok su od pojedinih kristala augita i biotita ostala samo recentna zrna ispunjena hloritom ili magnetitom (biotit) te epidotom, hloritom, uralitom, magnetitom (klinopiroksen) dok je olivin samo kataklaziran. Prisutna je i naknadna silifikacija uz obaranje kvarca.

Jednoosna čvrstoća na pritisak: 224MPa

Struktura: Alotriomorfno zrnasta (gabrovska)

Petro determinacija: Krupnozrni biotitsko-augitski gabro



Slika 6. Majdan „Suljo Čilić“ uzorak SC-41



Tipična krupnozrna gabrovska struktura od mreže bazičnih plagioklasa prizmatičnog presjeka izraženih bliznih lamela, sa velikim zrnima biotita u gornjem lijevom dijelu slike. Dole desno rozete kristobalita, kao ilustracija sekundarne silifikacije i obrazovanja korozivnih šupljina.

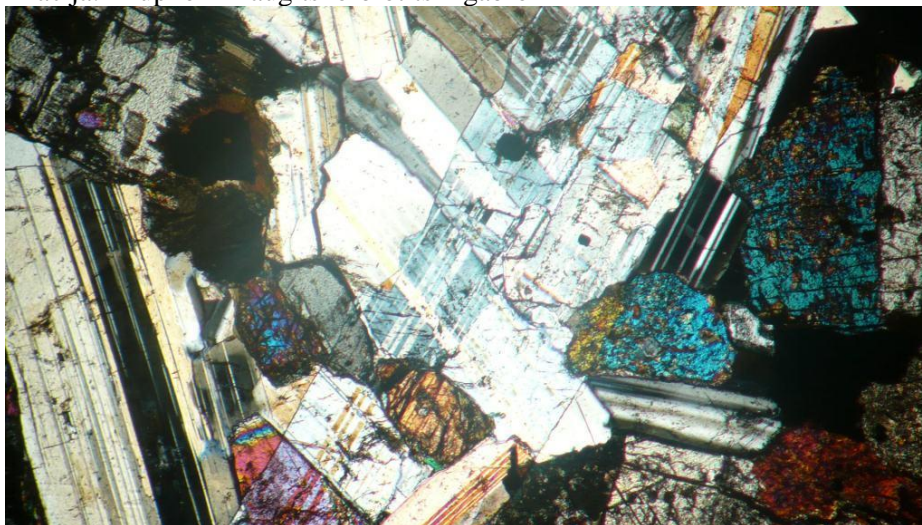
#### Uzorak SČ-30

Preparat je izgrađen od mreže krupnozrnih bazičnih plagioklasa sa augitom, bititom i olivinom u međuprostorima. Prisutni su i sekundarni procesi koji su očekivani i svode se na uralitizaciju i hloritizaciju klinopirosena te opacitizaciju biotita.

Jednoosna čvrstoća na pritisak: 247MPa

Struktura: Gabrovska

Petro determinacija: Krupnozrni augitsko-biotitski gabro



Slika 7. Majdan „Suljo Čilić“ uzorak SC-30

Krupna zrna bazičnog plagioklasa prizmatičnog presjeka (lijevo), sa velikim zrnima bližnjeg augita, plavo, u desnom dijelu slike. Lijevo gore zrno biotita sa nejasnom braon bojom po rubu a u centralnom dijelu zrno magnetita nastalo na račun alteracije primarnog minerala.

#### **Uticaj strukturne građe na čvrstoću gabra**

Kod majdana „Suljo Čilić“ gabro je izuzetno krupnozrn. Manje razlike između uzoraka sa ovog majdana javljaju se u kvantitativnom sadržaju bojenih minerala prvenstveno biotita, kao i u stepenu njihove alteracije. Uzorak SČ-30 (247MPa) je izgrađen od relativno svježih plagioklasa što mu daje veću čvrstoću. Alteracioni procesi su izraženi preko pojave alteracije augita u hlorit, opacitizacije biotita i pojave olivina u manjem procentu. Opacitizacija biotita napredovala je od ruba zrna ka centru. Plagioklasi u uzorku SČ-41 (224MPa) su zamučeni dok su augit i biotit potpuno alterisani što u uzorku stvara oslabljene zone koje utiču na čvrstoću na pritisak uzorka. Kod uzorka SČ-47 (208MPa) pored najveće dimenzije zrna, intenzivniji su procesi alteracija u odnosu na druga dva uzorka, što se ogleda u pojavama sekundarnih alteracionih minerala magnetita, hlorita i epidota. Također, stepen alteracije ispucalih plagioklasa je veći u odnosu na druga dva uzorka (više ispucali, nagriženih rubova) što, pored alteracija bojenih minerala, značajno utiče na smanjenje čvrstoće.

Iz analiza mjerenja jednoosne čvrstoće na pritisak gabra sa majdana „Suljo Čilić“, može se zaključiti da strukturna građa ima veliki uticaj na dobivene vrijednosti čvrstoće. Rasipanje rezultata ukazuje na neujednačenost strukturne građe, koja daje različita otporna svojstva istom stijenskom materijalu

ukoliko se opterećenje nanosi na kocku 5x5x5 cm, koja je predmet ispitivanja. Kao dokaz za uticaj veličine zrna na čvrstoću mogu se navesti vrijednosti jednoosne čvrstoće na pritisak za uzorke od kojih su izrađeni preparati. Uzorci sa majdana „Suljo Čilić“ su klasificirani kao izrazito krupnozrni gabra, pri čemu postoje razlike u veličini zrna između pojedinih uzoraka sa ovog majdana, tako da je kod preparata SC-47 uzorak klasificiran kao krupnozrniji gabra u odnosu na druge uzorke iz majdana „Suljo Čilić“. Ovaj uzorak ima najmanju vrijednost jednoosne čvrstoće na pritisak, što ukazuje na uticaj veličine zrna na vrijednosti jednoosne čvrstoće na pritisak.

Veličina zrna u majdanu „Suljo Čilić“ omogućila su deponovanje obojenih minerala u veće zone među zrnima. Glavni uticajni faktor na promjenu čvrstoće na pritisak kod uzoraka sa ovog majdana, predstavljaju promjene na plagioklasima koji grade rešetku, odnosno, tamo gdje su plagioklasi svježiji, čvrstoća je veća. Alteracije bojnih minerala unutar uzoraka sa ovog majdana također utiče na čvrstoću, ali u manjoj mjeri.

Pošto su svi preparati izrađeni tako da je vidljiv barem jedan dio ravni loma, jasno se može vidjeti kako raspored i orijentacija pojedinih minerala tj. strukturna građa ima uticaj na vrijednost čvrstoće. Čvrstoća, pored veličine zrna, zavisi i od načina srastanja minerala koji grade rešetku unutar uzorka, odnosno, da li se zrna koja grade uzorak međusobno ukrštaju ili se samo međusobno dodiruju. Također je bitno kakve se alteracije javljaju u zoni dodira pojedinih mineralnih zrna.

Obojeni minerali imaju istu tvrdinu kao i bezbojni kad su svježiji, ali su izuzetno podložni alteraciji pod uticajem endogenih i egzogenih faktora. Prilikom alteracije dolazi do smanjenja otpornih parametara bojnih minerala, kao i slabljenja njihovih veza sa okolnim mineralima. Do kolike promjene jednoosne čvrstoće na pritisak će doći, zavisi od stepena alteracije pojedinih minerala. Značajan faktor koji utiče na čvrstoću je i sam način alteracije mineralnih zrna. Tamo gdje je došlo do izmjena po obodu mineralnih zrna, sama veza između zrna slabi, mijenja se oblik minerala, što smanjuje vrijednosti jednoosne čvrstoće na pritisak. Ukoliko su alteracije prisutne u središtu mineralnog zrna, veze među zrnima ostaju čvrste, što omogućava veću otpornost na djelovanje napona a samim tim i veću čvrstoću. Ako su zrna bojnih minerala potpuno alterisana, veza između njih i okolnih zrna postaje veoma slaba, tako da se u samom uzorku javljaju oslabljene zone koje utiču na čvrstoću na pritisak. Gdje god se u mineraloško-petrografskim determinacijama spominje veći stepen alteracije bojnih minerala, na tim uzorcima je utvrđena manja čvrstoća na pritisak u odnosu na uzorke koji imaju manji stepen alteracija bojnih minerala. Tamo gdje su zrna plagioklasa svježija, bez alteracija i bez prisustva pukotina, vrijednosti čvrstoće su najveće.

## **Zaključak**

Na osnovu svega navedenog može se zaključiti da veliki uticaj na jednoosnu čvrstoću na pritisak krupnozrnog gabra, sa majdana „Suljo Čilić“ ima sama strukturna građa odnosno, način međusobnog srastanja zrna, veličina zrna, stepen i način alteracije pojedinih minerala kao i prostorni raspored alteracionih zona unutar ispitivanog uzorka. Razlike u čvrstoći među uzorcima, posljedica su promjena, jednog ili više, navedenih uticajnih faktora, koje se javljaju u strukturnoj građi uzorka.

## **Literatura**

1. Mandžić K., (2009), UTICAJ STRUKTURNE GRAĐE NA ČVRSTOĆU GABRA, doktorska disertacija, RGGF, Univerzitet u Tuzli
2. B.B. Standardi, B.B8.012/1987., B.B8.121/1990., B.B8.032/1980
3. Jovović M., Jovović N., (2008), Personalna komunikacija, Beograd, Tuzla
4. Marić L., (1951), SISTEMATSKA PETROGRAFIJA, Školska knjiga, Zagreb
5. Mandžić E., (1999), MEHANIKA STIJENA, autorizovana predavanja- RGGF, Tuzla

# OKRUPNJAVANJE UGLJENE PRAŠINE U CILJU VALORIZACIJE I ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

## AGGLOMERATION OF THE COAL DUST – POSSIBILITY FOR VALORISATION AND PROTECTION OF ENVIRONMENT

Živko Sekulić<sup>1</sup>, Vladimir Jovanović<sup>1</sup>, Aleksandra Daković<sup>1</sup>, Zoran Sekulić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd

<sup>2</sup>Gradski zavod za javno zdravlje, Beograd

### Apstrakt

-

Jedna od tehnogenih sirovina koja nastaje u RB Kolubara, konkretno u postrojenju sušare sa klasirnicom u Vreocima jeste ugljena prašina. Ugljena sitnež predstavlja klasu -5+0 mm. Valirizacijom ove ugljene sitneži postigla bi se dva efekata. Prvo, proizvod tj. briket bi se prodavao za domaćinstva, i drugo, na ovaj način se rešava problem u smislu zaštite životne i radne sredine. U radu su dati rezultati do kojih smo došli u raelalizaciji Studije koja je u ITNMS rađena za EPS, a koji se odnose na mogućnost briketiranja ove ugljene prašine i na taj način njene valorizacije. Dato je rešenje kojim se dobija briket prečnika 16,22 ili 25.4mm, tzv. CPM tehnologijom - California Pellet Mill.

**Ključne reči:** ugljena prašina, tehnogena sirovina, okrupnjavanje, briket, CPM tehnologija

### Abstrakt

One of the secondary mineral raw materials formed in the plant Vreoci (Kolubara) for coal processing, in the Dryer with classifier, is the coal dust. The coal dust is usually in the class -5+0 mm. Valorization of this coal dust may lead to the following effects: the obtained product – briquettes may be commercially sold to the households, and in that way ecological problems caused with the coal dust would be solved. In this paper, the results of the possibility for obtaining of the briquettes of the coal dust and its valorization are presented. Application of the CPM (California Pellet Mill) technology led to the product – briquettes with the diameter of 16.22 or 25.4 mm.

**Key words:** coal dust, secondary mineral raw material, briquette, agglomeration

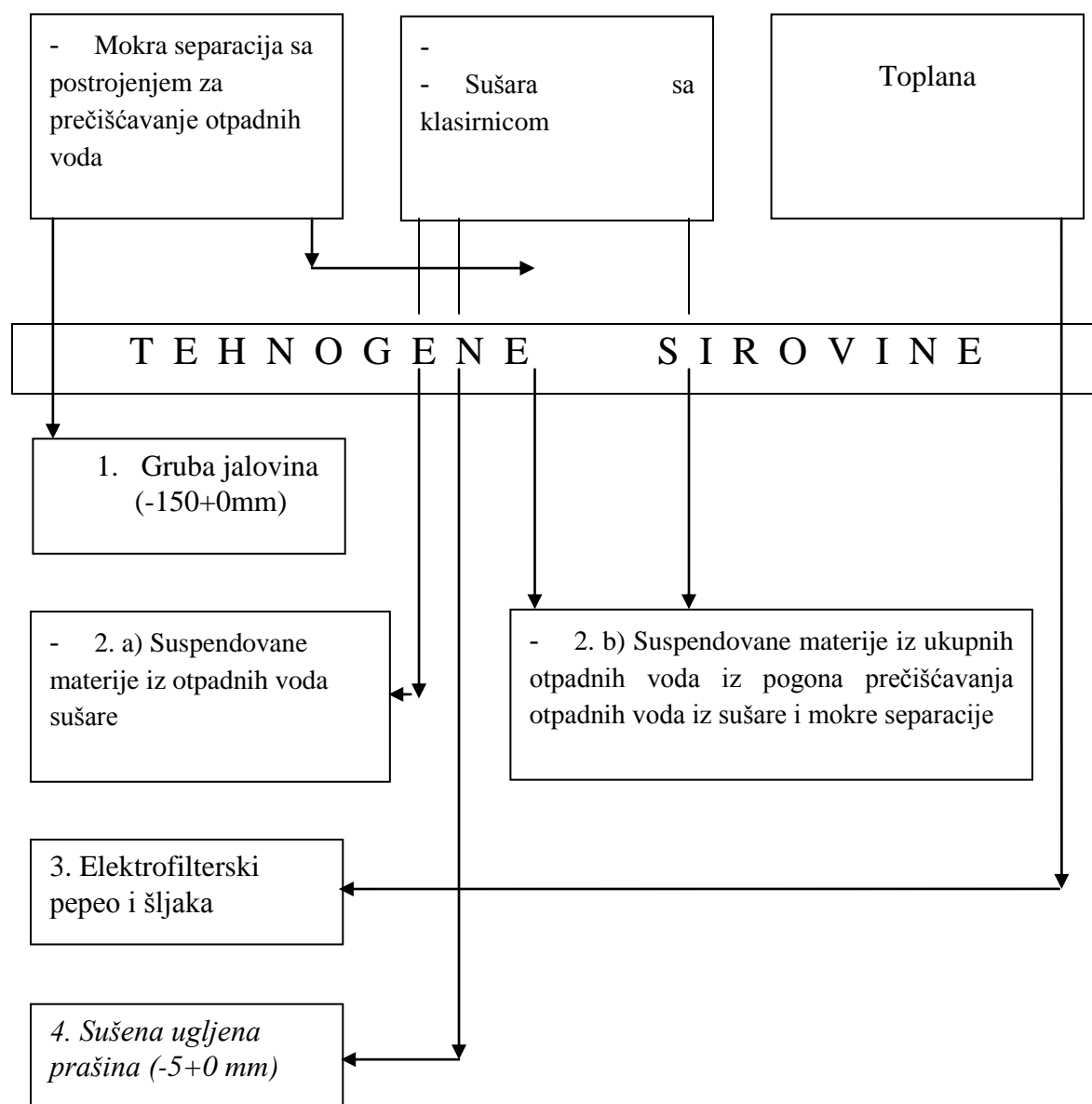
### 1.0 Uvod

DP "Kolubara Prerada" u Vreocima se sastoji iz tri pogona: 1-oplemenjivanje (mokra separacija sa postrojenjem za prečišćavanje otpadnih voda; sušara sa klasirnicom, toplana i održavanje), 2-Suva separacija i 3-Železnički transport.

Tokom efektivnog rada postrojenja za preradu uglja u Vreocima dobijaju se potrebni asortimani uglja, a pored toga nastaju i potencijalne tehnogene sirovine:

1. Gruba jalovina iz procesa čišćenja uglja
  - 2a. Suspendovane materije iz otpadnih voda sušare
  - 2b. Suspendovane materije iz ukupnih otpadnih voda iz pogona prečišćavanja otpadnih voda iz sušare i mokre separacije
  3. Elektrofilterski pepeo i šljaka iz pogona Toplane
4. Sušena prašina (-5+0 mm) kao proizvod klasiranja sušenog uglja[1,2,3,4]

Šematski prikaz mesta nastanka tehnogenih sirovina u DP Kolubara prerada-Vreoci je dat na slici 1. U ovom radu se daju rezultati analize mogućnosti valorizacije ugljene prašine postupkom briketiranja[5,6,7].



Slika 1: Šematski prikaz mesta nastanka tehnogenih sirovina u DP Kolubara prerada-Vreoci

## 2. Rezerve i kvalitet sušene prašine (–5+0 mm) kao proizvoda klasiranja sušenog uglja

Sušeni ugalj krupnoće –150+0 mm klasira se suvim prosejavanjem u komercijalne asortimane: komad –150+60 mm, kocka –60+30 mm, orah –30+15 mm, grah –15+5 mm i prah –5+0 mm. Tržištu se međutim isporučuje i tzv. »mešani sušeni ugalj«, kao i manja količina otpadnog sušenog uglja. Imajući u vidu činjenicu da se u proces sušenja ulazi sa ugljem krupnoće -150+30 mm, pojava asortimana sitnijih od 30 mm može se pripisati nedovoljno dobroj pripremi uglja pre sušenja, samoj prirodi Fleissner-ovog procesa, i naknadnoj manipulaciji osušanim ugljem. Krupni asortimani sušenog uglja predstavljaju proizvode koji se sa lakoćom plasiraju na tržište, što se ne može reći za sušenu prašinu, koja je uvek bila izvor problema, i za D.P. »Kolubara–Prerada« i njene potrošače. U principu ugljena prašina se plasirala termoelektranama, koje su je nerado primale.

Prosečne kvalitativne parametre sušene prašine možemo bolje sagledati iz rezultata tehničke i elementarne analize prikazane u tabeli 1.

Tabela 1. Tehnička i elementarna analiza sušene prašine -5+0 mm

Komponenta	sa vlagom	bez vlage	bez vlage i pepela								
<b>TEHNICKA ANALIZA</b>											
vлага, %	28.2										
pepeo, %	14.34	19.97									
sumpor ukupni, %	0.99	1.38									
sumpor u pepelu, %	0.51	0.71									
sumpor sagorljiv, %	0.48	0.67	0.84								
koks, %	38.21	53.22	41.55								
C - fix, %	23.87	33.25	40.71								
Isparljivo, %	33.59	46.78	58.45								
Sagorljivo, %	57.46	80.03	100.00								
GTV, kJ/kg	16179	22533	28156								
DTV, kJ/kg	14889	21641	27041								
<b>ELEMENTARNA ANALIZA</b>											
ugljenik ukupni, %	39.86	55.52	69.37								
vodonik, %	3.11	4.33	5.41								
sumpor sagorljiv, %	0.48	0.67	0.84								
azot + kiseonik, %	14.01	19.51	24.38								
<b>ANALIZA PEPELA</b>											
Komponenta	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Reakcija
%	50.00	4.25	17.90	10.30	4.86	8.61	0.14	1.44	0.59	2.02	

Veoma važno pitanje za plasman ugljene prašine predstavljaju količine sa kojima treba računati u budućnosti. Iz rezultata rada Sušare [4] u periodu 1987-2004 može se videti da maseni udeo sušene prašine, u sušenom uglju, varira u veoma širokim granicama, od 3.63 -12.84%. Variranje u tako širokim granicama ne može se pripisati promeni prirode uglja, niti variranju samog tehnološkog procesa sušenja uglja. Očita je preraspodela prašine na ostale proizvode, što se može i razumeti, imajući u vidu teškoće u njenom plasmanu. Zbog toga rezultati ne mogu poslužiti za prognozu količina praha koje će se u budućnosti proizvoditi. Zato ćemo se poslužiti analizama granulometrijskog sastava koje su u dužem periodu određivale stručne službe »Kolubara – Prerada«. Možemo dakle reći da će se u normalnim uslovima klasiranja sušenog uglja u standardne komercijalne asortimane proizvoditi oko 10% sušene prašine -5+0 mm, odnosno da će se pri proizvodnji sušenog uglja od oko 650 000 t/god. stvoriti oko **65 000 t/god. sušene prašine**. Variranje parametara kvaliteta sušene prašine -5+0 mm, nije samo posledica variranja kvaliteta pranog uglja već i parametara procesa sušenja. Režim rada sušare odnosno primenjeni pritisak u autoklavima u najvećoj meri utiču na vlažnost prašine. Vlaga u sušenoj prašini može biti od suštinskog značaja za potencijalne procese njene dalje prerade i ne sme se podcenjivati.

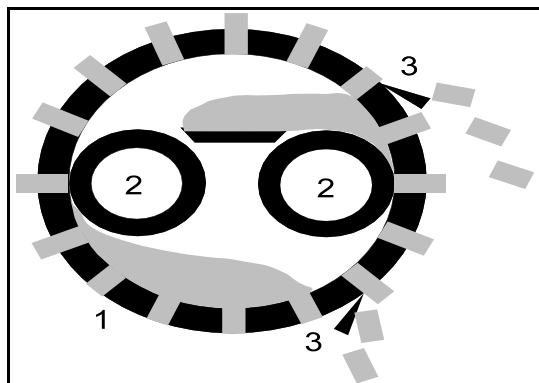
### 3.0. Izbor tehnološkog procesa proizvodnje i vrste novog proizvoda

Sušena prašina nastala u procesu prerade uglja u D.P. »Kolubara – Prerada« jeste dugo i detaljno ispitivana i tražen je način za njenu valorizaciju. Zajednički zaključak svih istraživanja je zapravo da se radi o vrednoj sirovini koja bi mogla da bude osnov za proizvodnju novih proizvoda, ali takvi programi do sada nisu realizovani. U RB Kolubara su istraživanja bila usmerena na dva postupka okrupnjavanja, sa vezivnim sredstvom u tzv. CPM presi za proizvodnju pelet-briketa, i bez vezivnog sredstva, klasičnom metodom proizvodnje briketa u klipnim presama pod visokim pritiskom. Ovde se daje rešenje za proizvodnju pelet-briketa metodom CPM, pre svega iz razloga što je ovo detaljno istraženo, a i zbog nepouzdanih rezultata opita briketiranja u klipnim presama, dobijenih industrijskim ispitivanjima u Vresovoj, Sokolov, Češka Republika. [5].

### 3. Opis tehnološkog procesa proizvodnje prema CPM tehnologiji

Princip okrupnjavanja na kome je zasnovan rad uređaja "pellet mill", odnosno pelet-briket prese, je proces ekstrudovanja - komprimovanja i istiskivanja. Pelet-briket presa (slika 2) je mašina u kojoj se

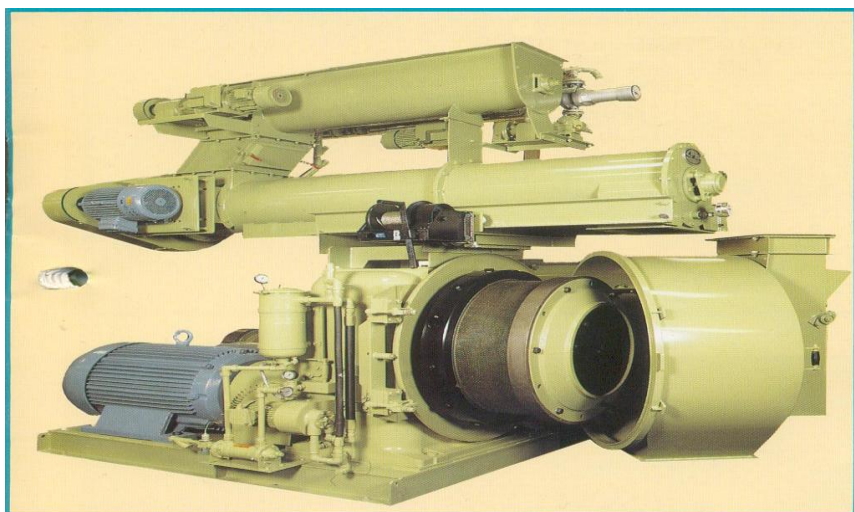
kompresijom i po potrebi uz dodatak vezivnog sredstva, sitni materijal prevodi u čvrste, uniformno oblikovane granule, koje zovemo “pelet-briketi”.



Slika 2: Princip rada pelet-briket prese, 1 - perforirani bubanj, 2 - rotirajući valjci, 3 - noževi

Osnovnu jedinicu čini perforirani bubanj (1) sa rotirajućim valjcima (2), u koji se kontinualno dozira dobro izmešana smeša sitnog uglja i vezivnog sredstva. Rotacija perforiranog bubnja (1), koga pokreće elektromotor, prenosi se silom trenja na par rotirajućih valjaka (2). Materijal koji dođe u zonu kompresije, između rotirajućih valjaka i perforiranog bubnja, silom biva istisnut kroz perforacije na bubnju. Noževi (3) vrše odsecanje pelet-briketa u cilindre čija je dužina 2-2.5 puta veća od prečnika pelet-briketa a zatim se dobijeni pelet-briketi hlade, u cilju očvršćavanja, nakon čega se mogu transportovati i skladištiti. Tehnologijom predviđenom za rad postrojenja za proizvodnju pelet briketa “Kolubara”, dobijaće se pelet-briketi, oblika nepravilnog cilindra prečnika po izboru.

Na slici 3 prikazana je fotografija CPM 7900 uređaja.



- Slika 3: Mašina za izradu pelet-briketa, CPM-serija 7900

#### 4. Proizvodni asortiman

Namena novog postrojenja za izradu pelet-briketa je da primenom CPM tehnologije, koristeći sušenu prašinu  $-5+0$  mm, uz dodatak vezivnog sredstva, proizvede nov proizvod, namenjen domaćinstvima i industrijskoj potrošnji. Sekundarna sirovina, sušena prašina koja je u dosadašnjem radu Sušare predstavljala samo izvor problema mogla bi se dakle u obliku pelet-briketa lakše plasirati na tržištu, sa višom cenom. Proizvodnim programom novog postrojenja za okrupnjavanje predviđena je proizvodnja

samo jednog proizvoda, pelet briketa. Ovaj proizvod bio bi cilindričnog oblika prečnika 16 do 22 mm, dužine 2 do 2.5 puta veće od prečnika. Prema krupnoći mogao bi se svrstati u kategoriju kocka-orah. Na kvalitativne parametre pelet-briketa u mnogome će uticati sam proces okrupnjavanja. Proces okrupnjavanja u CPM mašini mora se odvijati uz minimalno odstupanje od optimalne vlage, utvrđene laboratorijskim i poluindustrijskim opitima. Optimalna vlaga, kada je u pitanju kolubarska sušena prašina utvrđena je na oko 28% i ona će morati da se održava u što užim granicama. Sadašnji parametri sušenja uglja u Sušari su takvi da se sadržaj vlage u sušenoj prašini kreće na nivou 23 do 24%, dakle ispod optimalne vlage predviđene CPM procesom. Sa toplotnom vrednošću od blizu 15000 kJ/kg i malim sadržajem sagorivog sumpora ovakav proizvod bi sigurno našao mesto na tržištu. Osim ispitivanja kvaliteta pelet-briketa (tehničke i elementarne analize, sastav i topivost pepela), u Rudarskom institutu u Beogradu (RI-Beograd), prema postojećem standardu za brikete iz mrkih i lignitskih ugljeva ispitane su i druge mehaničko-fizičke osobine i statističkom obradom dobijeni sledeći parametri:

- otpornost pelet-briketa na pritisak merena po uzdužnoj osi,  $x_{sr}=4,27$  MP i  $\sigma=1.12$  MP
- otpornost pri padu urađena prema JUS B.H8.379 na situ otvora 5 mm je manja od 5%
- apsorpcija vode prema JUS B.H8.380 je oko 5%
- srednja gustina pelet-briketa je  $1.20$  g/cm<sup>3</sup>
- nasipna gustina je  $0.69 - 0.71$  t/m<sup>3</sup>

Navedene osobine pelet-briketa pokazuju da će to biti proizvod, koji će iako nestandardan, sa lakoćom moći da se plasira širokoj potrošnji i industriji. Ipak, odgovarajućim standardom za ovaj specifičan proizvod moraće da se odrede minimalni zahtevi u pogledu kvaliteta i mehaničko-fizičkih osobina.

## **5. ZAKLJUČAK**

U RB Kolubara tj. u procesu sušenja i klasiranja sušenog uglja nastaje godišnje oko 65 000 t sušene prašine krupnoće  $-5+0$  mm. Kvalitet ove sirovine u pogledu sadržaja vlage i sadržaja pepela varira, u zavisnosti od kvaliteta uglja za sušenje kao i od parametara sušenja. Sušena ugljena prašina predstavlja tehnički, ekonomski i ekološki problem jer se samo manja količina isporučuje termoelektranama koje je nerado prihvataju. Proces okrupnjavanja sušene prašine, kao jedno od mogućih rešenja prethodno navedenih problema sa ovom ugljenom prešinom je detaljno i dugo istraživan i došlo se do rezultata koji omogućuju valorizaciju ove sirovine. Najopsežnija laboratorijska i poluindustrijska ispitivanja izvedena su prema tzv. CPM tehnologiji okrupnjavanja, sa Alcotac-om firme Allied Colloids kao vezivnim sredstvom. Dobijeni su pelet-briketi sa sadržajem vlage od oko 28%, 14.44% pepela i DTV oko 14 889 kJ/kg. Srednja otpornost pelet-briketa na pritisak bila je 4.27 MP sa jednom standardnom devijacijom od 1.12 MP. Valorizacija sušene prašine u pelet.briket nema samo ekonomski značaj već se i ekološki ambijent tehnološkog procesa prerade uglja podiže na viši nivo.

## **Literatura**

1. Thermal Drying and Binderless Briquetting of Low Rank Coals ([HTTP://coalaggregpreps.com](http://coalaggregpreps.com))
2. 9. Briquetting of fine coal using a sodium chloride binder ([WWW.osti.gov/energycitations/index.jsp](http://www.osti.gov/energycitations/index.jsp))
3. Waste Coal : Boosting the Economy and Reducing Environmental Contamination, ([HTTP://WWW.csir.co.za/](http://www.csir.co.za/))
4. Mogući pravci prerade, pripreme i oplemenjivanja uglja u cilju njegove veće primenljivosti u širokoj potrošnji- okrupnjavanje, Rudarski institut – Beograd, Beograd, april 2003.
5. Miroslav Stanojević, Miloš Kuburović, Mašinski fakultet Beograd, Božidar Gecić i Pavle Kuznjecov, »Kolubara Prerada« Vreoci: Razvoj postupka za uklanjanje otpadaka u procesu mokre separacije lignita »Kolubara«, Procesna tehnika br.2/1992

# **RAZVOJ BIOTEHNOLOGIJE ZA POLIMETALNI SULFIDNI KONCENTRAT**

## **BIOTECHNOLOGY DEVELOPMENT FOR POLLYMETALIC SULFIDE CONCENTRATE**

**Vladimir Cvetkovski<sup>1</sup>, Vesna Conić<sup>1</sup> Suzana Dragulović<sup>1</sup> Milovan Vuković<sup>2</sup> Milena Cvetkovska<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Institut za Rudarstvo i Metalurgiju, Bor,* <sup>2</sup>*Univerzitet u Beogradu, Tehnički Fakultet u Boru,*

<sup>3</sup>*Univerzitet u Beogradu, Hemijski fakultet Beograd.*

### **Rezime**

Bioluženje i indirektno bioluženje su biotehnološki procesi, koji predstavljaju važnu prednost, naročito za tretman polimetalnih koncentrata, kojim se ostvaruje visoko iskorišćenje metala, značajna kinetika ekstrakcije metala, oksidacija sumpora do elementarnog stanja (bez formiranja sumporne kiseline i bez rastvaranja pirit), upotreba konvencionalnih reaktora (bez aeracije) i standardna procesna oprema. Sa druge strane, razvoj visoko-efikasnih bioreaktora za oksidaciju fero jona omogućio je progres ka potencijalnoj komercijalnoj primeni inovativne biohidrometalurške tehnologije, naročito za polimetalne koncentrate sa visokim sadržajima cinka i olova, koji sadrže vredne metale bakar, srebro, zlato. Biohidrometalurškim postupkom mogu se procesirati veliki broj koncentrata sa sadržajima u granicama 15% do 60% Zn, koji sadrže olovo i prateće metale. Primenom direktnog i indirektnog bioluženja proizvode se katodni bakar i cink procesima solventne ekstrakcije i elektrolizom biolužnih rastvora. Olovo se dobija u obliku komercijalnih soli, dok srebro i zlato cijanidno/kiselinskim rastvaranjem i hemijskom precipitacijom, ili topljenjem biolužnog nerastvornog ostatka u Dore peći do dore metala.

**Ključne reči:** Biotehnologija, Bioluženje, Sulfidni Koncentrati, Metali

### **Abstract**

Bioleaching and indirect bioleaching is a biotechnology that presents important advantages when apply to bioprocessing of zinc and zinc polymetallic concentrates such as high metals recovery, fast kinetic of 4-5 hours to get full metals extraction, sulphur oxidation to elemental sulphur (avoiding sulphuric acid generation, while pyrite mineral remains untouched), and use of conventional reactors (aeration is not required) and normal process equipments. On the other hand, the development of high-efficiency bioreactors for ferrous iron bio-oxidation based on flooded fixed-bed model has opened the way to succeed in the potential commercial application of this innovative bio-hydrometallurgical technology, being especially attractive to benefit zinc and lead bulk or polymetallic concentrates containing and recovering other valuable metals like copper, silver and gold. In addition, a great variety of concentrates is feasible to be processed, e.g. in the range of 15% to 60% Zn, Pb and metals content. By bioleaching and indirect bioleaching technology applied on polymetallic concentrates will be produced electrolytic copper and zinc plates via solvent extraction and electrowinning of bioleach solutions. Lead is recovered as commercial salt product, while silver and gold are recovered by cyanidation/acid leaching, and chemical precipitation, or smelting in Dore furnace to dore metal.

**Keywords:** Biotechnology, Bioleaching, Sulfide Concentrates, Metals

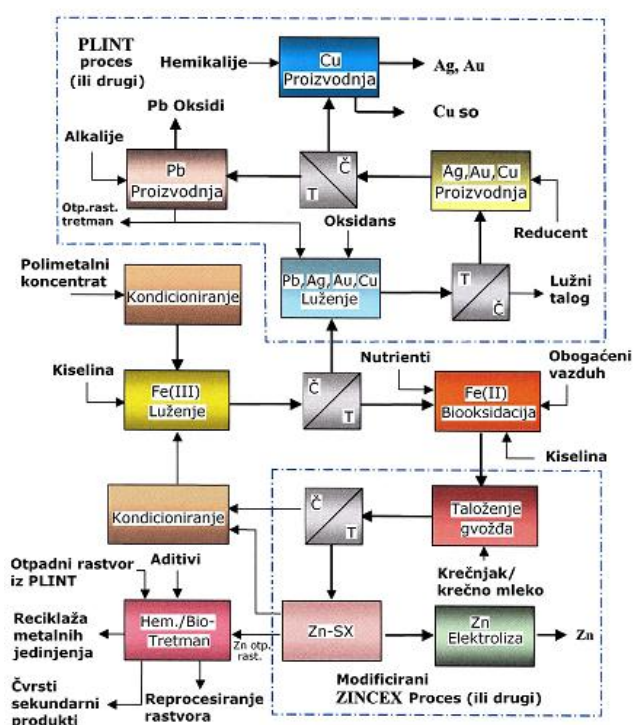
### **1. Uvod**

Osnovni cilj ovog rada je da predstavi osnovni koncept integracije bioprocasa sa odgovarajućim hidrometalurškim procesima sa ciljem da se istraži i predloži integralni biohidrometalurški proces za efikasnu ekstrakciju metala iz sulfidnih mineralnih resursa.

S obzirom na raznolikost i kompleksnot mineralnih resursa, razmatrani su kolektivni Cu-Zn-Pb-Ag-Au sa preovladavajućim sadržajima Zn i Pb i kolektivni koncentrat sa preovladavajućim sadržajem Cu, sa ciljem da se odrede najpovoljniji bioprocasi. Tehnike direktnog i indirektnog bioluženja razmatrana su u ovom radu.







Slika 2 Indirektno bioluženje Zn-Pb-Cu-Ag-Au sulfidnog koncentrata

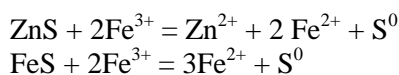
#### 4. Opis procesa

Opisni dijagrami za biotehnoške procese mogu se sagledati na Slikama 1 i 2. Proces indirektnog bioluženja Zn-Pb-Cu-Ag-Au sulfidnog koncentrata startuje hemijskim rastvaranjem pri kojem se cink ekstrahuje iz sulfidnog koncentrata prelazeći u vodenu fazu procesom hemijske oksidacije pomoću feri sulfatnih jona. Osnovni jednični procesi su: luženje Fe(III) sulfatnim rastvorom, biooksidacija Fe(II) sulfatnog rastvora, Fe (III) hidroksidna precipitacija, rastvaranje Fe(III) hidroksidnog gvožđa, solventna ekstrakcija cinka, elektroliza cinka, tretman otpadnih voda, proizvodnja olova, bakra, srebra i zlata. Tehnološki proces indirektnog bioluženja za polimetalni koncentrat na slici 3, prikazuje osnovne sekcije tehnoloških procesa za proizvodnju cinka i olova i ostalih metala. Ukupna proces prikazan je sledećim jedinačnim tehnološkim operacijama:

- Luženje Fe(III) sulfatnim rastvorom
- Biooksidacija Fe(II) sulfatnog rastvora i Fe (III) hidroksidna precipitacija
- Rastvaranje Fe(III) hidroksidnog gvožđa
- Solventna ekstrakcija cinka
- Elektroliza cinka
- Tretman otpadnih voda
- Proizvodnja olova

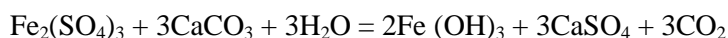
##### 4.1 Luženje Fe(III) sulfatnim rastvorom

Luženje Fe(III) sulfatnim rastvorom ostvaruje se u agitacionim reaktorima, prelivom pulpe iz predhodnog u naredni reaktor. Proces indirektnog bioluženja Zn-Pb-Cu-Ag-Au koncentrata počinje hemijskim luženjem pri kojem se cink, gvožđe i bakar rastvaraju u vodenoj fazi hemijskom oksidacijom pomoću feri sulfata, s hodno sledećim hemijskim reakcijama:





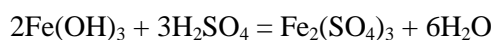
Bio-regenerisani Fe(III) rastvor koji se ne vraća u Fe(III) sulfatno luženje, prihvata se u delu sekcije za hidroksidno taloženje. Proces hidroksidne precipitacije se odvija u kaskadno raspoređenim reaktorima, prema reakciji.



Dodatak manje količine vodonik peroksida je potreban da bi se u potpunosti nagrađio Fe(III) sulfatni rastvor. Hidroksidno taloženje se ostvaruje dodatkom krečnjaka na pH 4.

#### 4.3 Rastvaranje Fe(III) hidroksidnog taloga

Sekcija za hidroksidnu precipitaciju se odvija u kaskadno poredanim reaktorima. Hidroksidni talog se rastvara dodatkom sumporne kiseline na pH 1. Deo kiseline za rastvaranje predstavlja odcinkovani sumporno kiseli rastvor iz sekcije za solventnu ekstrakciju.



Ostatak kiseline neophodan za postizanje projektovane pH vrednosti, dodaje se u obliku koncentrovane sumporne kiseline.

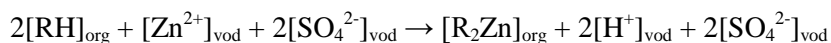
#### 4.4 Solventna ekstrakcija cinka

Seksija za solventnu ekstrakciju sastavljena je iz sledećih jediničnih procesa:

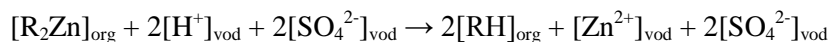
- Ekstrakcija cinka iz sulfatnog rastvora cinka
- Ispiranje organskog rastvora (izdvajanje primesa iz organske faze)
- Reekstrakcija cinka iz organskog rastvora
- Uklanjanje cinka iz sulfatnog rastvora sa niskim sadržajem cinka
- Neutralizacija odcinkovanog sumporno kiselog rastvora
- Regeneracija organske faze

Solventna ekstrakcija je sastavljena od konvencionalnih agitatora i taložnika. U procesu ekstrakcije, indirektni biolužni sulfatni rastvor sa visokim sadržajem cinka dovodi se u kontakt sa nisko sadržajnim organskim rastvorom na cinku (D<sub>2</sub>EHPA u kerozinu) dobijen u procesu reekstrakcije. Rezultat ekstrakcije je organski rastvor sa visokim sadržajem cinka i odcinkovani lužni sulfatni rastvor sa niskim sadržajem cinka. U solventnoj ekstrakciji, kroz niz ekstrakcija i reekstrakcija, dobija se prečišćeni sulfatni rastvor cinka primenom ZINCEX-TR procesa.

Ekstrakcija:



Reekstrakcija:



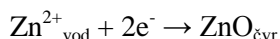
Organski rastvor sa visokim sadržajem cinka pre procesa reekstrakcije, tretira se ispiranjem sulfatno kiselim rastvorom u cilju izdvajanja primesnih elemenata i sprečavanja njihovog unosa u proces reekstrakcije, odnosno u procesni elektrolit. U procesu reekstrakcije, organski rastvor se dovodi u kontakt sa elektrolitom iz procesa elektrolize, proizvođači pri tome visoko kvalitetni elektroliti.

Konačno, organski rastvor sa niskim sadržajem cinka se dovodi u kontakt sa lužnim sulfatno kiselim rastvorom niskog sadržaja na cinku (izlaz iz ekstrakcije) u cilju potpunog izdvajanja cinka.

Otpadni kiseli rastvori se neutrališu pre ispuštanja u vodotok regiona i istovremeno regenerišu organska faza.

#### 4.5 Elektroliza cinka

Prečišćeni bogati sulfatni rastvor na cinku (elektrolit cinka) tretira se u sekciji za elektrolizu sa nerastvornim anodama u cilju proizvodnje katodnog cinka.



Depozicija cinka na katodama ostvaruje se sa iskorišćenjem električne energije od 91%. U ovom procesu se ne odigravaju sporedne reakcije (izuzev izdvajanje vodonika) pri čemu se dobija visoko kvalitetni elektrolitni cink, modifikovanim ZINCEX™ procesom.

#### 4.6 Tretman otpadnih voda

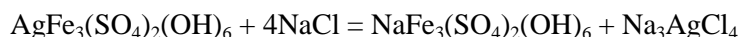
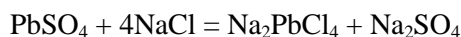
U cilju potpunog iskorišćenja metala i neutralizacije otpadnih voda, potrebno je obuhvatiti i sekciju za tretman otpadnih rastvora. Međutim tehnološki parametri i tehnološka šema za tretman otpadnih voda, nisu obuhvaćeni pošto se radi o konvencionalnoj tehnologiji.

#### 4.7 Proizvodnja olova i srebra

Rastvaranje nagrađenog sumpora iz nerastvornog ostatka ostvaruje se rastvorom kerozina. Odsuporisan nerastvorni ostatak može se tretirati pomoću različitih postupaka da bi se ostvarila efikasna ekstrakcija olova, bakra i plemenitih metala. PLINT proces je vrlo fleksibilan i primenljiv za procesne uslove neophodne za odgovarajuće materijale. Na primer, tretman kiselinama, dodatak oksidanasa i drugo, mogu se koristiti za degradaciju nemetalnog materijala ukoliko je potrebno.

Proces dobijanja olova i srebra iz nerastvornog biolužnog ostatka ostvaruje se rastvaranjem olova vrućim koncentrovanim rastvorom natrijum hlorida i hemijskim alkalnim taloženjem olova.

Hemijske reakcije koje se odvijaju pri luženju olova i srebra su sledeće:



Srebro se dobija iz rastvora redukcijom, na primer olovnom prahom, proizvedeci cementni metal koji se prečišćava u cilju dobijanja komercijalnih poluga srebra.

Olovo se cementira pomoću alkalnim natrijum hidroksidom (NaOH), pri čemu se proizvodi rafinisani olovo oksid ili koncentrat olovo karbonata, komercijalnih kvaliteta pogodnih za dalju preradu u primarnim ili sekundarnim topionicama bez formiranja otpadnih šljaka.

### **ZAKLJUČAK**

U radu je razmatran konceptualni prilaz biotehnologije za polimetalne sulfidne koncentrate u cilju istraživanja i razvoja biotehnologije za proizvodnju obojenih i plemenitih metala: Zn, Pb, Cu, Ag i Au. Prednosti biotehnologije se ogledaju u jedinstvenoj ekološkoj proizvodnji cinka, bakra i olova i plemenitih metala sadržanih u kompleksnim koncentratima, čiji tretman iz ekoloških razloga nije prihvatljiv pirometalurškim procesima.

Prednosti se ogledaju u proizvodnji bakra elektrolizom iz biolužnih rastvora; u zameni pirometalurškog procesa oksidacije sfalerita bioprocenom oksidacije sfalerita i elektrolizom cinka iz sulfatnih rastvora; u zameni hloridne elektrolize olova, sulfatnim bioprocenom, sonim rastvaranjem olova, te alkalnom precipitacijom u olovo oksid ili karbonat i niskotemperaturnom postupku topljenja u cilju proizvodnje olova visoke čistoće. Prednosti u dobijanju srebra hemijskom precipitacijom iz sonih rastvora pomoću olovnog praha; u alternativnom rastvaranja srebra i zlata cijanidnim postupcima i hemijskoj precipitaciji ili procesom elektrolize do poluga metala; u topljenju nerastvornog biolužnog nerastvornog ostatka u Dore peći u dore metal i drugo.

Ovaj projekat je odobren od strane Ministarstva za Nauku i Tehnologiju Repulike Srbije (Broj projekta TR 034004).

## **LITERATURA**

1. A. Lips, D. Morin, P. d'Hugues, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, "Biotechnology for metal bearing materials" (*BioMinE*), Priority 3.4, EU Project, Contract Number: NMP2-CT-2005-500329-1, Nov 2005-Oct 2008, The Deliverable DIV.4 of the BioMinE Integrated Project is a report entitled: "Conceptual design and evaluation of developed biometallurgical processes (Part 2)", Actual Submission Date June 30, 2006 (rev1)
2. C. Frías, A. Ibáñez, F. Sánchez, S. Sanguilinda, T. Reunidas, "Biotechnology for metal bearing materials" (*BioMinE*), Priority 3.4, EU Project, Contract Number: NMP2-CT-2005-500329-1, Nov 2005-Oct 2008, BioMinE DIV8B – Part 2, Zn and Zn polymetallics. Report on piloting operation and, pre-feasibility study (Part 2), Actual Submission Date:2008
3. C. Dittrich, MEAB Metalextraktion AB, "Biotechnology for metal bearing materials" (*BioMinE*), Priority 3.4, EU Project, Contract Number: NMP2-CT-2005-500329-1, Nov 2005-Oct 2008, The Deliverable DIV.4 of the BioMinE Integrated Project is a report entitled: "Conceptual design and evaluation of developed biometallurgical processes (Part 2)", Actual Submission Date June 30, 2006 (rev1)
4. Peter Craven, John Neale, MINTEK, "Biotechnology for metal bearing materials" (*BioMinE*), Priority 3.4, EU Project, Contract Number: NMP2-CT-2005-500329-1, Nov 2005-Oct 2008, The Deliverable DIV.4 of the BioMinE Integrated Project is a report entitled: "Conceptual design and evaluation of developed biometallurgical processes (Part 2)", Actual Submission Date June 30, 2006 (rev1)
5. L. Gherghe, V. Predica, T. Velea, Institute for nonferrous and rare metals, "Biotechnology for metal bearing materials" (*BioMinE*), Priority 3.4, EU Project, Contract Number: NMP2-CT-2005-500329-1, Nov 2005-Oct 2008, BioMinE DIV8B – Part 2, Zn and Zn polymetallics. Report on piloting operation and, pre-feasibility study (Part 2), Actual Submission Date:2008
6. J. E. Sundkvist, Boliden Mineral AB, "Biotechnology for metal bearing materials" (*BioMinE*), Priority 3.4, EU Project, Contract Number: NMP2-CT-2005-500329-1, Nov 2005-Oct 2008, BioMinE DIV8B – Part 2, Zn and Zn polymetallics. Report on piloting operation and, pre-feasibility study (Part 2), Actual Submission Date:2008
7. F.Carranza, N. Iglesias, A. Mazuelos, M. A. Mejías, N. Moreno, R. Romero, Universidad de Sevilla, "Biotechnology for metal bearing materials" (*BioMinE*), Priority 3.4, EU Project, Contract Number: NMP2-CT-2005-500329-1, Nov 2005-Oct 2008, BioMinE DIV8B – Part 2, Zn and Zn polymetallics. Report on piloting operation and, pre-feasibility study (Part 2), Actual Submission Date:2008
8. J.E Dutrizak, J.C Raymond, R.E MacDonald, Lamarshe. Solubility of Silver Sulfate in Acidified ferric Sulfate Solutions, Extraction Metallurgy Division, Mines Branch, Department of Energy and Resources, Ottawa, Ont., Canada K1A 0G1.

# **PONOVNA UPOTREBA OTPADNOG GIPSA I PEPELA U CEMENTNOJ INDUSTRIJI OKRUPNJAVANJEM POSTUPKOM PELETIZACIJE**

## **REUSE OF WASTE GYPSUM AND FINE ASH BY PELLETIZATION PROCESS FOR APPLIANCE IN THE CEMENT INDUSTRY**

**Vladimir D. Jovanović, Živko T. Sekulić, Slavica R. Mihajlović, Milan M. Petrov,  
Branislav B. Ivošević**

*Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd*

### **APSTRAKT**

U ovom radu su prikazani rezultati laboratorijskih ispitivanja mogućnosti upotrebe otpadnog gipsa i pepela u cementnoj industriji, nakon okrupnjavanja postupkom peletizacije. Tokom mlevenja klinkera, u proizvodnji cementa, gips i pepeo se dodaju u praškastom obliku, što dovodi do različitih problema pri transportu, skladištenju i manipulaciji ovim materijalima, kao i u samom mlevenju cementne mešavine. Ispitivanja na polju okrupnjavanja, postupkom peletizacije ovih otpadnih materijala pokazala su da je te probleme moguće efikasno rešiti.

**Ključne reči:** pepeo, gips, peletizacija, cement

### **ABSTRACT**

Results of laboratorial tests as well as possibilities of usage wasted gypsum and ash after the agglomeration process of cement production are presented in the paper. During the grinding in the cement production, gypsum and ash are added as waste materials in powdered state what caused serious problems happened during the transport, storage and handling of this materials as well as during the grinding of cement mixture. Investigations in the field of pelletization that were realized with this waste materials reduce all problems.

**Keywords:** ash, gypsum, pelletization, cement, waste materials

### **INTRODUCTION**

The production of portland cement, beside other raw materials, requires use of ash resulting from coal combustion in thermal plants and waste gypsum from chemical industry (Živanović, 1981). These two components are added during production to the portland cement klinker before the grinding takes place. Since the finished portland cement klinker is far coarser than ash and gypsum which in addition when powdered contain high level of moisture due to inadequate storage (in open), the problems during milling of cement mixture occur.

This paper gives the summary of research work done in the laboratory for PMS (Processing of Mineral Raw Materials) of ITNMS within the project "Agglomeration of ash and gypsum mixture in different ratios for use in cement production". The project objective is to determine possibility of agglomeration of ash and gypsum mixture by means of pelletisation in order to overcome the problems in handling and transport of ash and gypsum and problems during grinding of the same. By more efficient use of

ash and control of its dispersion in the plant surroundings, the problem of environmental protection would be solved as well (Jovanović et al. 2000.-2002).

## 2. PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISATION OF INITIAL SAMPLES

For this experiment, the gypsum samples from the cement plant Beocin (origin from Zorka - Subotica) were used and ash was from thermal plant Vreoci. The Table 1 shows the chemical composition of the used waste gypsum sample, while Table 2 gives the chemical composition of ash sample. The results of the chemical analysis of these samples showed that those were the raw materials most frequently used in cement production. The Tables 3 and 4 present the grain-size composition of the used ash and gypsum samples; they show that the used raw materials were of much finer composition than the portland cement klinker with which they are milled during cement production.

### 2.1. Chemical composition of gypsum and ash samples:

**Table 1. Chemical composition of waste gypsum.**

Komponents	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	I.L.	N.O.
Content %	2,71	0,10	0,12	33,36	0,034	46,62	0,0218	16,78	2,89

Table 2. Chemical composition of ash.

Komponents	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	I.L.	N.O.
Content %	57,83	17,01	9,44	9,79	1,41	0,24	0,58	3,41	60,48

### 2.2. Grain-size composition of gypsum and ash samples:

**Table 3. Grain-size composition of gypsum.**

Class of coarseness, [mm]	M, %	ΣM, % ↓	ΣM, % ↑
+ 0,074	7,95	7,95	100,00
- 0,074 + 0,050	7,85	15,80	92,05
- 0,050 + 0,037	1,40	17,20	84,20
- 0,037 + 0,000	54,30	71,50	82,80
Dissolved	28,50	100,00	28,50
Input	100,00		

**Table 4. Complete grain-size composition of ash from "Vreoci".**

Class of coarseness, [mm]	M, g	M, %
+ 0,500	2,50	1,30
- 0,500 + 0,400	0,70	0,36
- 0,400 + 0,300	1,00	0,52
- 0,300 + 0,200	4,20	2,19
- 0,200 + 0,100	29,80	15,50
- 0,100 + 0,075	7,20	3,75
- 0,075 + 0,053	23,20	12,07
- 0,053 + 0,037	3,40	1,77
- 0,037 + 0 000	120,20	62,54
Input	192,20	100,00



### 2.3. Content of coarse/hygroscopic moisture in samples:

Moisture in gypsum V=24.67%

Moisture in ash V=2.15%

### 3.0. EXPERIMENTAL WORK

In order to have a successful pelletisation, the following conditions had to be met in terms of pellet composition and mechanical properties:

- The ratio between ash and gypsum in the agglomeration mixture has to be 1:4 because they are used in that ratio in cement production;
- The binding agent must not affect adversely the quality of cement;
- The size of final pellets should be between -20.0 and +2.0 mm in class of coarseness, which corresponds to the size of clinkers;
- Pellets must be capable of withstanding the transport and handling within the plant without resulting in class -2.0 over 10% mass.

The tests regarding pelletisation were performed on the lab pelletisation plate of 40 cm in diameter, while the homogenisation was carried out in the lab planetary mixer for powdered materials. Portland cement was used as a binding agent; it was added in quantities of 1, 3, 5 and 7 % mass in regard to the cement mixture. The choice of binding agent seemed logical concerning the requirements that had to be met (to ensure the satisfactory strength of the pellets, to prevent adverse effects on the cement quality).

The resulting “green” pellets were dried by letting them stay out, at room temperature, while the mechanical properties were checked after 3, 7 and 28 days. After analysis of mechanical properties of the finished pellets, the sample showing the best ratio between mechanical properties and content of binding agent was chosen for milling with portland cement klinker and testing of physical and mechanical properties. The intention of these tests was to determine if the cement produced from the agglomerated gypsum and ash would yield the satisfactory properties.

### 4.0. TESTING MECHANICAL PROPERTIES OF THE PRODUCED PELLETS

#### 4.1. Testing pressure resistance of pellets

The testing of pressure resistance of the pellets was carried out in the standard laboratory press. The initial sample was sieved into four grain size classes; single pellets were placed in the press mould. The pressure was increased gradually until the destruction of pellets and then the values in kg/pellet were recorded (Baker et al. 1982). Several tests for each grain size class were done and then the average pressure resistance value for the relevant class was calculated.

Table 5 shows the test results for the pellet pressure resistance when using 1, 3, 5 and 7 % of cement, after 3 days of airing.

Table 6 shows the test results of pellet pressure resistance when using 1, 3, 5 and 7 % of cement, after 7 days of airing.

Table 7 shows the test results of pellet pressure resistance when using 1, 3, 5 and 7 % of cement, after 28 days of airing.

Table 5. Pellet pressure resistance after 3 days of airing.

Class of coarseness, [mm]	Average pressure resistance value of pellets, [kg/pellet]			
	1 % cement	3 % cement	5 % cement	7 % cement
+ 25	6,03	6,17	13,40	46,43
- 25 + 15	3,80	4,27	12,57	29,17
- 15 + 7	2,63	3,10	7,87	14,50
- 7 + 2	1,10	1,57	4,10	6,50

Table 6. Pellet pressure resistance after 7 days of airing.

Class of coarseness, [mm]	Average pressure resistance value of pellets, [kg/pellet]			
	1 % cement	3 % cement	5 % cement	7 % cement
+ 25	7,33	8,76	17,13	55,40
- 25 + 15	6,13	6,43	15,30	37,37
- 15 + 7	2,50	4,12	8,97	29,37
- 7 + 2	1,37	1,57	4,87	15,30

Table 7. Pellet pressure resistance after 28 days of airing.

Class of coarseness, [mm]	Average pressure resistance value of pellets, [kg/pellet]			
	1 % cement	3 % cement	5 % cement	7 % cement
+ 25	10,33	16,10	38,30	62,90
- 25 + 15	6,83	8,77	21,00	42,43
- 15 + 7	5,70	7,93	11,17	37,10
- 7 + 2	2,30	3,67	7,85	14,13

Generally, the pellet pressure resistance rises with the increase in binding agent mass content and time of airing.

#### 4.2. Testing pellets impact resistance

The testing of pellets impact resistance was performed by the standard method of dropping the lot of pellets from 453 m onto the steel 12.5 mm thick plate and by measuring the undersize on the sieve with aperture of 2 mm (Anon, 1956). It was adopted that pellets having less than 10% of 2 mm undersize on the sieve after being dropped 25 times satisfy the impact resistance requirements.

Table 8 shows the test results for pellet impact resistance using 1, 3, 5 and 7 % of cement, after 3 days of airing.

Table 9 shows the test results for pellets impact resistance using 1, 3, 5 and 7 % of cement, after 7 days of airing.

Table 10 shows the test results for pellets impact resistance using 1, 3, 5 and 7 % of cement, after 28 days of airing.

Table 8. Pellet impact resistance after 3 days of airing.

Number of droppings		1	5	10	15	20	25
ΣM, % -2mm	1 % cement	1,15	2,30	7,90	17,60	26,20	34,10
	3 % cement	0,40	1,90	3,10	4,20	5,70	6,95
	5 % cement	0,35	1,70	2,70	3,55	4,45	5,35
	7 % cement	-----	-----	0,40	0,60	0,80	1,00

**Table 9. Pellets impact resistance after 7 days of airing.**

Number of droppings		1	5	10	15	20	25
ΣM, % -2mm	1 % cement	1,40	3,70	9,40	15,80	22,90	29,80
	3 % cement	0,80	3,10	5,10	6,90	8,60	10,10
	5 % cement	0,60	2,70	4,70	6,10	7,60	9,20
	7 % cement	-----	0,40	0,90	1,25	1,65	2,10

**Table 10. Pellets impact resistance after 28 days of airing.**

Number of droppings		1	5	10	15	20	25
ΣM, % -2mm	1 % cement	0,40	2,20	7,80	15,40	22,90	28,80
	3 % cement	0,30	1,25	2,40	3,40	4,15	4,75
	5 % cement	0,20	0,90	1,50	2,00	2,40	2,85
	7 % cement	0,10	0,40	0,60	0,80	0,90	1,20

Generally speaking, the impact resistance rise with the increase in binding agent content, as well as time of airing.

## 5.0. TESTING PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CEMENT

After conducting the tests of the pellet mechanical properties, as mentioned above, the sample with 5% of adhesive (based on mechanical properties and binding agent mass content) was chosen for production of cement that was tested for mechanical and physical properties. Two samples of cement mixture were made. The first sample (I) was made in standard way from ash and gypsum in powdered state with klinker, while the second one (II) was made from pellets of ash and gypsum with 5% of cement and klinker.

The test results of the physical and mechanical properties are shown in Table 11.

*Table 11. Physical and mechanical properties of cement samples (I and II).*

Physico-mechanical properties			
Fineness of milling	oversize on sieve 0,09 mm, % specific area (Blaine), cm <sup>2</sup> /g	cement I	1,50
		cement II	2,60
		cement I	5000
		cement II	4670
Volumetric mass, g/cm <sup>3</sup>		cement I	3,06
		cement II	2,99
Water for standard consistency, %		cement I	28,00
		cement II	28,00
Binding time h, min	start	cement I	04:45
		cement II	05:00
	finish	cement I	05:45
		cement II	06:00
Steadiness of volume	cakes	cement I	Steady
		cement II	Steady
	le Chatelier	cement I	0,0
		cement II	0,5
Mechanical properties			

Bending strength, MPa	Sample	1 day	2 days	3 days	7 days	28 days
	cement I		3,9		6,6	9,4
	cement II		3,6		6,9	8,9
Pressure strength, MPa	Sample	1 day	2 days	3 days	7 days	28 days
	cement I		16,1		32,0	47,3
	cement II		14,7		30,0	44,7
Quality estimation						
According to JUS. B. C1. 011, cements belong to the class of 45. (JUS)						

## 6.0. CONCLUSION

Summarising all technological research works and test results of mechanical properties of ash and gypsum pellets and finished concrete samples, the following can be concluded:

- Pellets made from waste gypsum and ash with 5 % of cement as binder meet the requirements in terms of mechanical properties;
- Cement in which the powdered waste material (ash and gypsum) has been replaced by pellets, has physical and mechanical properties, i.e. technological properties during cement production similar to those of cement made in standard way (without pellets);
- The lab tests showed that the dissipation has been reduced significantly which makes handling of these materials in the plant much easier and that was one of the main objectives of the research.

## 7.0. REFERENCES

- Anon., (1956). "The Pelletizing of Raw Materials", Cement Lime Manufacturer, Vol. 24,.
- Baker A. F., Mc Keever R. E., Deurbrouck A. W. (1982). Development and demonstration of a Lignite Pelletizing, U. S. Department of Energy, Pittsburgh.
- Jovanović, V. (2002). Report on usage of pelletized mixture of gypsum and ash in cement industry, ITNMS, Belgrade.
- Jovanović, V. (2000). Correlation between pelletization conditions and quality of fluorite flotational concentrate pellets, Master degree thesis, Belgrade.
- Jovanović V., Radulović D., Martinović S. (2001). Application of molasses and lime mixture as a binding agent in the agglomeration of different powdered materials and their usage in metallurgy, IX BMPC, Istanbul, Turkey.
- JUS. B.C1.011
- Živanović, B. (1981). Materials in Civil Engineering, University of Novi Sad.

## KVALITET I MOGUĆNOSTI PRIMENE GABRA IZ LEŽIŠTA UKRASNOG KAMENA “CRNA REKA” KOD ŽAGUBICEŽ

### QUALITY AND COMMERCIAL USE POSSIBILITIES OF GABRO FROM DEPOSIT “CRNA REKA” NEAR THE ŽAGUBICA

Milenko Jovanović<sup>1</sup>, Miroslava Maksimović<sup>1</sup>, Vladan Marinković, Goran Pačkovski, Snežana Ignjatović<sup>1</sup>

INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU – BOR<sup>1</sup>

#### ABSTRAKT

Na području ležišta ukrasnog kamena “Crna reka” – gabro, koje se nalazi na oko 10 km jugozapadno od Žagubice, izveden je čitav niz različitih istražnih radova: geološka istraživanja, istražno-rudarski radovi, kao i laboratorijska i tehnološka ispitivanja. Na osnovu dosada izvršenih radova i obrade uzoraka, te analize dobijenih rezultata može se zaključiti (a u cilju definisanja kvalitativnih svojstava i mogućnosti primene samog “gabro”) da u ležištu preovlađuje varijetet – crni gabro, dobrih fizičko-mehaničkih karakteristika. Dekorativna svojstva stenske mase, nakon tehnološke obrade (sečenja, glačanja, poliranja), prvenstveno se ogledaju u: visokom sjaju površina ploča, tamnoj (crnoj) osnovi stene i pravilnom, ravnomernom i ujednačenom rasporedu oblika i veličina zrna (strukturno-teksturane karakteristike). Na osnovu laboratorijskih kao i tehnoloških ispitivanja utvrđeno je da se ova mineralna sirovina – “gabro” iz ležišta ukrasnog kamena “Crna reka” kod Žagubice, može uspešno upotrebiti za više namena (komercijalna primena).

**Ključne reči:** Gabro, geološko istraživanje, geološke karakteristike, fizičko-mehaničke karakteristike, ležište ukrasnog kamena

#### Abstract

Gabbro-deposit „Crna reka“ exist about 10 km far-off, at south-west side from Žagubica. The deposit is near the river „Crna reka“, which flow into „Velika Tisnica“ river. Geological research work’s and investigation of largest area, show us a simple geological bild–litology, entire this interesting zone. There are three basic litological elements: granitoids, gabbro’s and metamorphed argillaceous sediments (corneits). With new geological investigation work’s on gabbro-deposit „Crna reka“, we got relevant (precise) geological characteristic’s (data-information’s) and mineralogy-petrological characteristic’s, which compact (basic) description is object of this work (text).

**Key words:** Gabbro, geological research, geological characteristics, physscaly-mechanic characteristics, deposit.

#### Geološke karakteristike ležišta „gabro“ – Crna reka – kod Žagubice

Istraživano područje nalazi se na oko 10 km jugozapadno od Žagubice. Područje ležišta i njegove bliže okoline izgrađeno je od:

- granitoida
- gabrova
- metamorfisanih glinovito-laprovitih sedimenata – kornita

Idući od zapada ka istoku kroz bližu okolinu ležišta i samo ležište, prolazio bi geološki profil u kome se može izdvojiti čitav niz različitih mineraloških članova, kao i njihovih varijeteta i to:

- metamorfisani glinovito-laporoviti sedimenti (korniti)
- sitnozrni gabro (kontaktna zona)
- gabrovi-srednjezrni (stene u kojima su smešteni ekonomski interesantni blokovi i tomboloni)

- gabrodioriti (prelaz ka kiselim plutonitima)
- granitoidi (kiselilaramijski plutonit)

I u samim srednjeznim gabrovima, koji predstavljaju ležište ukrasnog kamena od zapada ka istoku postoje promene, kako u pogledu boje, tako i u pogledu strukture, a delom isastava:

- I. Melanokratni gabrovi – zauzimaju centralni i zapadni deo ležišta
- II. Mezokratni gabrovi – nalaze se u istočnom delu ležišta, retko se javljaju u centralnim delovima.

Na području ležišta ukrasnog kamena “Crna reka” – gabra kod Žagubice izveden je čitav niz različitih radova: geološki, istražno-rudarski, kao i laboratorijska i tehnološka ispitivanja, te ostali prateći radovi. Na osnovu dosada izvršenih radova i analize dobijenih rezultata može se zaključiti sledeće:

- 1) Ležište se sastoji od 2 plutonita, približno istih dimenzija, ukupne površine oko 30 ha.
- 2) Pravac pružanja plutonita je SZ-JI i S-J
- 3) Dubina zaleganja nije definisana i u centralnom delu plutonita iznosi više od 90.00 m (podina nije nabušena).
- 4) Istražno bušenje vršeno je samo u području severnog plutonita i tom prilikom izbušeno je 14 istražnih bušotina ukupne metraže 939,70 m, u vremenskom intervalu od 1996 godine do 1998 godine i 4 novije bušotine ukupne metraže 343,80 m, u toku 2002. Godine.
- 5) Dubina istražnih bušotina se kreće od 20 m (B-1) do 92 m (B-14/1)
- 6) Okolnu stenu čine granitoidi (istočni delovi terena) i korniti (zapadni delovi terena).
- 7) Merenje dužine intervala kompaktnosti u bušotinama se kreće od 30 cm do maksimalno 500 cm.
- 8) Vrednosti pada izmerenih pukotina kreću se od 0<sup>0</sup> do 90<sup>0</sup>.
- 9) U toku izrade istražnih etaža, utvrđeno je prisustvo komercijalnih tombolona i blokčića, bez reprezentativnih blokova..
- 10) Zapremina tombolona kreće se od 0.3-1.0 m<sup>3</sup>, retko iznad ili ispod ovih vrednosti.
- 11) Približne dimenzije reprezentativnog tombolona iznose 80x70x100 cm.
- 12) Lučenje stene je pravilno do nepravilno paralelopipedno do pločasto.
- 13) Iskorišćenje stenske mase istražne etaže “Plato” iznosi 13%, a istražne etaže “Sever B-3” oko 25%.
- 14) Jalovinski pokrivač ima debljinu od 0.50-17.00 m.
- 15) Blokovi i tomboloni ovog ukrasnog kamena – gabra se lako seku, a nakon glačanja (poliranja) izrezane ploče imaju visok sjaj i pravilne, stabilne ivice, koje se ne krzaju.
- 16) Dekorativna svojstva stenske mase, prvenstveno se ogledaju u visokom sjaju površina ploča te tamnoj (crnoj) osnovi stene. No upečatljiva je neravnomerna zrnovitost stenske mase (mešaju se krupnozrni i sitnozrni fragmenti stene).
- 17) Na osnovu rezultata dosadašnjih laboratorijskih i tehnoloških ispitivanja kamena iz ležišta “Crna reka” – gabra, ne može se sa sigurnošću odrediti njegova komercijalna primena.
- 18) Ukupne rezerve iznose negde oko 1.000.000 m<sup>3</sup> stenske mase (A+B+C<sub>1</sub> kategorija)
- 19) Prema kvalitetu i rezervama ovaj gabra na osnovu Pravilnika o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima pripada petoj grupi ležišta ukrasnog kamena, koju čine magmatske stene.
- 20) Prema klasifikaciji iz knjige N. Bilbije: “Tehnička petrografija – svojstva i primena kamena”; str. 130 i 131.; Beograd 1984. god., možemo videti da ispitivani gabra:
  - prema zapremini, koja se kreće od 0.3 do 1.0 m<sup>3</sup> pripada klasi malih blokova

- prema približnim dimenzijama, koje iznose 80x70x100 cm pripada klasi blokčića-tombolona odnosno da je VI kategorije.

### **Geomehanička, tehnološka i minerološko-petrografska ispitivanja gabra sa lokaliteta « Crna Reka » kod Žagobice**

Za potrebe geomehaničkih, tehnoloških, hemijskih i minerološko-petrografskih istraživanja, uzeti uzorci i sva merenja su vršena u području istražnih etaža “Plato” i Sever B-3”. Iskorišćenje stenske mase u području istražne etaže “Plato” iznosi oko 13%, dok iskorišćenje stenske mase u području istražne etaže “Sever B-3” iznosi oko 20%.

Tehnološka ispitivanja gabrova u području ležišta ukrasnog kamena “Crna reka” kod Žagobice prvenstveno su obuhvatila:

- Sečenje blokova i tombolona
- Glačanje i poliranje dobijenih ploča

Prema praćenom ponašanju stene u procesu tehnološke obrade utvrđeno je da se blokovi i tomboloni

lako seku, a nakon glačanja (poliranja) izrezane ploče dobijaju visok sjaj.

Nakon finalne obrade, izrezane ploče imaju ravne i glatke površine, a prave i stabilne ivice, koje se ne krzaju. Dekorativna svojstva, prvenstveno se ogledaju u:

- visokom sjaju dobijenih ploča
- u tamnoj (crnoj boji)
- ravnomernom i ujednačenom rasporedu veličine i oblika zrna



Slika br. 1- Crni gabra

O ponašanju stene u procesu tehnološke obrade, praktično o kvalitetu obrade, najbolje govori činjenica, da jedna od dobijenih ploča ima dimenzije: 100x30x15 cm (furnir ploča).

Na osnovu iskustava velikog broja kamenorezaca, prevladuje mišljenje, da se gabra iz ležišta “Crna reka”, u svim fazama tehnološke obrade bolje ponaša, tj. lakše obrađuje, od u svetu

poznatog varijeteta gabroidnih stena IMPALE (komercijalni naziv), koja je po količinama znatno prisutna i na našem tržištu.

Što se tiče hemijskih analiza izvršena su ispitivanja na uzorcima gabra, koji su pokazali da ovi uzorci ne sadrže veće količine hlorida, sulfata i sulfida štetnih po beton i u odnosu na ove materije može se upotrebiti za proizvodnju betona.

Fizičko mehanička ispitivanja su izvedena na 2 uzorka: R-4 i R-5 sa etaže "Sever B-3", a rezultati ovih ispitivanja prikazani su u tabeli br. 1.

BROJ LABORATORIJSKE ANALIZE		1	2
Oznaka uzorka		R-4	R-5
SRPS B.B8.012 čvrstoća na pritisak (MPa)	Suvo stanje	234	247
	Vodozasićeno stanje	214	221
	Posle dejstva mraza	213	185
SRPS B.B8.017 čvrstoća na savijanje (MPa)		28.0	33.0
SRPS B.B8.015 otpornost prema habanju struganjem (cm <sup>3</sup> /50cm <sup>2</sup> )		8.03	9.05
SRPS B.B8.010 upijanje vode (%)		0.04	0.06
SRPS B.B8.032 zapreminska masa sa porama i šupljinama (kg/m <sup>3</sup> )		3100	3099
SRPS B.B8.032 zapreminska masa bez pora i šupljina (kg/m <sup>3</sup> )		3125	3170
SRPS B.B8.032 poroznost (%)		0.8	1.3
SRPS B.B8.032 koeficijent zapreminske mase		0.992	0.987
SRPS B.B8.002 postojanost na mraz (upotrebom rastv. Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )		postojan	postojan
Laboratorijska metoda: postojanost na povišenoj temperaturi		postojan	postojan
SRPS B.B8.042 sadržaj orida (%)		0.017	0.014
SRPS B.B8.042 sadržaj sulfata (%)		0.01	0.02
SRPS B.B8.042 sadržaj sulfida (%)		0.00	0.00
SRPS B.B8.045 otpornost agregata na drobljenje i habanje po metodi "Los Andeles"	gradacija "A"	16.1	16.4
	gradacija "B"	16.1	19.8
	gradacija "C"	18.1	20.1



SRPS Y.M8.030 otpornost na drobljenje agregata za beton – 40 t (%)	17.90	17.45
SRPS Y.M8.096 prionljivost sa bitumenom (bit-60)	100/95	100/95

Tabela br. 1. – Rezultati fizičko-mehaničkih ispitivanja.

Prilikom mineraloško-petrografskih ispitivanja, o uzorcima gabra može se zaključiti:

- MAKROSKOPSKI IZGLED: Stena je tamno-sive-plavičaste boje, teksture masivne, neravnog preloma, sa grubohrapavom prelomnom površinom i oštrim ivicama loma. Na površinama svežeg preloma, konstatovani su metalični minerali žuto-crvenkaste boje.
- MIKROSKOPSKI IZGLED: Stena je gabra, masivne teksture, hipidiomorfno zrnaste strukture, koji je izgrađen od zrna: plagioklasa, monokliničnog piroksena, olivina i biotita, kao bitnih minerala. Sporedni minerali su: apatit i metalični minerali, dok su sekundarni: prenit i neobiotit.
- Plagioklasi se javljaju izduženi, pritkasti, ređe tabličastim zrnima veličine 0,5x1,7 mm do 1x3 mm, ređe u većim zrnima. Retko se na kontaktima dva zrna plagioklasa javlja sekundarni prenit.
- Monoklinični piroksen – augit je hipidiomorfno do alotriomorfno oblika veličine zrna od 1.00x1.30 mm do 3.00x6.00 mm. Uklapa bazične plagioklase i metalične minerale. Slabo je biotitisan.
- Olivini su nepravilnih do izometričnih formi zrna veličine od 0.5 do 1.0 mm. Ispresecani su nepravilnim pukotinama, duž kojih se nalaze metalični minerali. Često se oko zrna olivina zapažaju reakcioni rubovi izgrađeni od piroksena.
- Biotit je ređi. Javlja se u krupnim, nepravilno raspoređenim masama u steni ili se javlja u vidu nagomilanja sitnih liski neobitita, koje su uglavnom koncentrisane oko metaličnih minerala.
- Rombični pirokseni su retki. Uklapaju sitna zrna apatita.
- Apatit je sporedan mineral. Javlja se u štapičastim do nepravilnim okruglim zrnima.
- Metalični minerali se javljaju kao samostalna zrna dimenzija 0.30-1.00 mm ili u vidu praha rasuti po celoj steni.

### **Zaključak**

Na osnovu rezultata istražnog bušenja i obrade uzoraka (uzetih iz jezgra bušotine) u cilju definisanja dekorativnih svojstava i varijeteta stenske mase, utvrđeno je da u ležištu preovlađuje varijetet – crni gabra.

Dekorativna svojstva stenske mase (gabra), nakon tehnološke obrade (sečenja, glačanja i poliranja),

prvenstveno se ogledaju u:

- visokom sjaju površina ploča
- tamnoj (crnoj) osnovi stene
- pravilnom, ravnomernom i ujednačenom rasporedu oblika i veličina zrna (strukturno-teksturne karakteristike).

Izuzetna postojanost na temperaturne oscilacije i dobre fizičko-mehaničke karakteristike ukazuju na mogućnost primene “gabra”, kao mineralne sirovine, u različitim proizvodnim delatnostima.

### **Mogućnosti primene:**

Na osnovu laboratorijskih kao i tehnoloških ispitivanja utvrđeno je da se ova mineralna sirovina – gabra, iz ležišta ukrasnog kamena “Crna reka” kod Žagubice, može uspešno upotrebiti kao:

- 1) Arhitektonsko-građevinski kamen za proizvodnju ploča za oblaganje svih unutrašnjih i spoljašnjih horizontalnih površina, bez obzira na intenzitet pešačkog saobraćaja; unutrašnjih i spoljašnjih vertikalnih površina bez obzira na visinu objekata iznad površine terena.
- 2) Ukrasni kamen za izradu spomenika raznih dimenzija i oblika (do sada izgrađeni spomenici i oivičenja za spomenike, već nekoliko godina odolevaju dejstvu atmosferlija), kao i ukrasne galanterije (vaze, pepeljare, grejna tela, svećnjaci ...) i izradu furnir ploča za oblaganje delova nameštaja (stolovi, ormani, vitrine ...).
- 3) Tehničko-građevinski kamen za proizvodnju frakcione i nefrakcione sitneži za izradu: kolovoznih zastora od asfalt-betona; donjih slojeva cement-betonskih ploča; cement-betona; donjih i gornjih nosećih slojeva kolovoznih konstrukcija od bitumiziranog materijala, donjih nosećih mehaničkih stabilizovanih (tamponskih) slojeva kolovoznih konstrukcija; hidrotehnički kamen; kamen za sve vrste zidanja i oblaganja u niskogradnji.

### **SPISAK LITERATURE**

1. N. Bilbija - Tehnička petrografija – svojstva i primena kamena: Beograd 1934
2. Grupa autora - List tumača Žagubica (OGK 1:100.000) – L 34 – 140 Savezni geološki zavod; Beograd 1970 god.
3. Fondovski materijal / Zavod za geologiju – Institut za bakar-Bor Aneks projekta i Izvod iz izveštaja o istraživanjima ukrasnog kamena “Crna reka” – gabra, kod Žagubice; “Geozavod-Nemetali” – Beograd 1998. god.
4. Institut za bakar-Bor Zavod za geologiju Projekat geoloških istraživanja ukrasnog kamena “Crna reka”- gabra kod Žagubice u 2001/2002 godini
5. Institut za bakar-Bor Zavod za geologiju Projekat geoloških istraživanja ukrasnog kamena “Crna reka”- gabra kod Žagubice za 2003. godinu
6. Geozavod – Nemetali Beograd Elaborat o proračunu rezervi i ispitivanju kvaliteta ukrasnog kamena (Crni gabra) ležišta “Crna reka” kod Žagubice”

## **PRIMENA BAZIČNIH STENA U ZAVISNOSTI OD NJIHOVOG KVALITETA**

### **UTILIZATION OF BASIC MAGMATIC ROCKS RELATIVE TO ROCK QUALITY**

**Mihajlović B.<sup>1</sup>, Simić D., Lazarev S., Ljubičić M. i Simić V.<sup>2</sup>**

*1 - Jantar grupa d.o.o. Beograd 2 – Rudarsko-geološki fakultet, Beograd*

#### **Apstrakt**

Bazične stene imaju veliku mogućnost primene u različitim industrijskim granama, pre svega u putogradnji i građevinarstvu, gde se koriste kao najkvalitetniji drobljeni agregat za habajući sloj u putogradnji i za izradu specijalnih betona. Osim toga, bazalti i dijabazi predstavljaju osnovnu sirovinu za peturgiju i za proizvodnju mineralne vune. Područja primene bazičnih stena zavise od njihovog kvaliteta, koji je uslovljen genezom, odnosno uslovima pojavljivanja lave (magne), veličinom, oblikom, sklopom stene i prostiranjem. U radu su prikazana područja primene bazičnih stena iz ležišta bazalta „Cer“ kod Preševa, dijabaza iz ležišta „Drača“ kod Prevešta-Rekovac i amfibolita iz ležišta „Dobro Polje“ kod Crne Trave.

#### **Abstract**

Basic rocks are widely used by different industries, mostly road construction and civil engineering as the best aggregate with high abrasion resistance and for special concrete. Basalt and diabase are also used for production of mineral wool and as peturgical material. Utilization of basic magmatic rocks depends on the rock quality, which is related to the origin of magma, fabric, volume, and position. In this paper three different deposits of basic magmatic rocks are presented – basalt deposit "Cer" near Preševo, diabase from the "Drača" deposit near Prevešt – Rekovac, and amphibolite from the "Dobro polje" deposit near Crna Trava.

#### **Uvod**

U našoj zemlji, kao i manje-više svuda u svetu, pojava magmatskih stena je mala i u glavnom preovlađuju sedimentne stene. Samim tim i eksploatacija ovih vrsta ležišta je znatno manja u odnosu na sedimentni tip ležišta i to pre svega karbonata. Za razliku od rasprostranjenosti, kvalitet i primena magmatskih stena je izuzetno velika.

Bazične stene su dosta zastupljene u centralnoj i zapadnoj Srbiji, gde se pojavljuju kao važni članovi ofiolitskog melanža.

Prema svojim fizičko-mehaničkim svojstvima i hemijskom sastavu predstavljaju veoma kvalitetne stene, koje imaju široku primenu u različitim granama industrije. Pre svega u putogradnji gde se koristi za habajuće slojeve kod završnih slojeva kolovoznih zastora, za železničke pruge i kao sirovina za proizvodnju izolacionih materijala.

Zbog povoljnih fizičko-mehaničkih svojstava: čvrstoćom na pritisak 300-400 MPa, habajućom tvrdoćom 4-11 cm<sup>3</sup>, poroznošću 0,1-1,0 % i upijanjem vode 0,2-1,0 %, predstavljaju odličan tehničko-građevinski i arhitektonski kamen.

Bazične stene su veoma cenjen arhitektonski i skulptorski kamen zbog povećane čvrstine ovih stena (zupčasto srastanje sastojaka), boje, lakog poliranja i otpornosti na atmosferilije. O upotrebi bazičnih stena svedoče otkrivene neolitne figure od 8.500 p.n.e., zatim obelisci i

skulpture u egipatskoj civilizaciji (oko 250 g. p.n.e.) i naročito kasnije u grčkoj i rimskoj civilizaciji (početkom n.e.).

Za proizvodnju mineralne vune koriste se prirodni i veštački silikatni materijali. Od prirodnih materijala upotrebljava se dijabaz, dolomit i boksit, a u manjoj meri bazalt i amfibolit. Mineraloško-petrografski i hemijski sastav su od posebnog značaja za sirovinu koja se primenjuju za proizvodnju mineralne vune. Presudan je hemijski sastav, naročito odnos kiselih i baznih oksida, a takođe je važno i prisustvo alkalija. Veoma je značajan i odnos  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  i  $\text{FeO}$ , koji bi prema procentualnom učešću trebao da bude u korist  $\text{FeO}$ .

Kod mineraloško-petrografskog sastava posebno je važno prisustvo natrijskih feldspata i fero-magnezijskih minerala - alkalnih piroksena. Prisustvo slobodnog kvarca je veoma štetno, a najpovoljnija struktura stene je sitnozrna. Od hemijskog i mineraloško-petrografskog sastava, kao i od strukture stene zavisi temperatura topljenja.

Tabela 1: Uslovi kvaliteta hemijskog sastava kamena za proizvodnju mineralne vune (prema zahtevima kvaliteta fabrike *Knauf Insulation* iz Surdulice)

Komponenta	Dozvoljeni raspon (%)
$\text{SiO}_2$	40-50
$\text{TiO}_2$	do 2
$\text{Al}_2\text{O}_3$	12-20
$\text{Fe}_2\text{O} + \text{FeO}$	10-15
$\text{MnO}$	0,1-0,5
$\text{MgO}$	6-12
$\text{CaO}$	6-10
$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	2-5
G. Ž.	do 5

U radu su prikazana područja primene bazalta iz ležišta „Cer“ kod Preševa, dijabaza iz ležišta „Drača“ kod Prevešta-Rekovac i amfibolita iz ležišta „Dobro Polje“ kod Crne Trave.

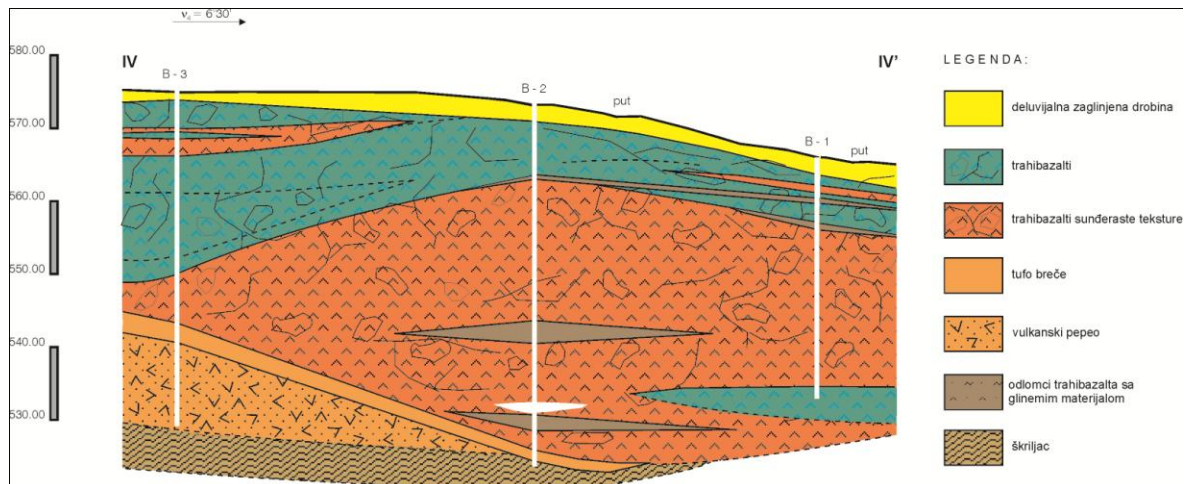
#### Ležište bazalta „Cer“ kod Preševa

Ležište „Cer“ nalazi se na krajnjem jugu Srbije, na oko 10 km od Preševa i 74 km od Surdulice. Prostire se na južnim obroncima Rujen planine i sa zapada je ograničeno Preševskom dolinom, kroz koju protiče reka Banjka. Asfaltnim putem iz pravca Cera u Čukarki (3,5 km) je izlaz na magistralnu saobraćajnicu Beograd-Niš-Skoplje.

Ležište i neposredna okolina je izgrađeno od vulkanita formiranih tokom tri ciklusa vulkanske aktivnosti. U prvom ciklusu (početni stadijum vulkanske aktivnosti) nastale su trahibazaltne tufobreče i breče. Ove stene predstavljaju podinsku jalovinu u ležištu.

U drugom ciklusu vulkanske aktivnosti formirani su trahibazalti izrazito sunderaste teksture (šupljiniće i preko 3 mm), nastali u podvodnoj sredini. Ove stene zbog svoje teksture takođe predstavljaju jalovinu u ležištu.

U poslednjem stadijumu formirani su trahibazalti sitnozrnog sastava, čvrste, kompaktne i masivne teksture. Završni član vulkanske aktivnosti, u okviru Kratovsko-Zletovske vulkanske oblasti, predstavlja mineralnu sirovinu u ležištu „Cer“.



Slika 1: Geološki profil u ležištu „Cer“

Boja bazalta, odnosno trahibazalta je svetlosiva. Vrlo retko se zapažaju šupljine do 1 mm veličine. Struktura ovih stena je hipokristalasta-porfirska.

Prosečne vrednosti sadržaja hemijskih komponenti, kao i fizičko-mehaničkih svojstava mineralne sirovine, prikazani su u tabeli 2 i 3.

Bazalti iz ležišta „Cer“ u potpunosti ispunjavaju uslove za primenu kao sirovina za proizvodnju mineralne vune. Za razliku od hemijskih, fizičko-mehanička svojstva ovih bazalta su izuzetno niska i daleko su od prosečnih vrednosti za ovu vrstu mineralne sirovine. Izuzetno niska otpornost na pritisak, neotpornost na habanje, mala zapreminska masa i gustina, a velika poroznost i upijanje vode su posledica brzog hlađenja lave.

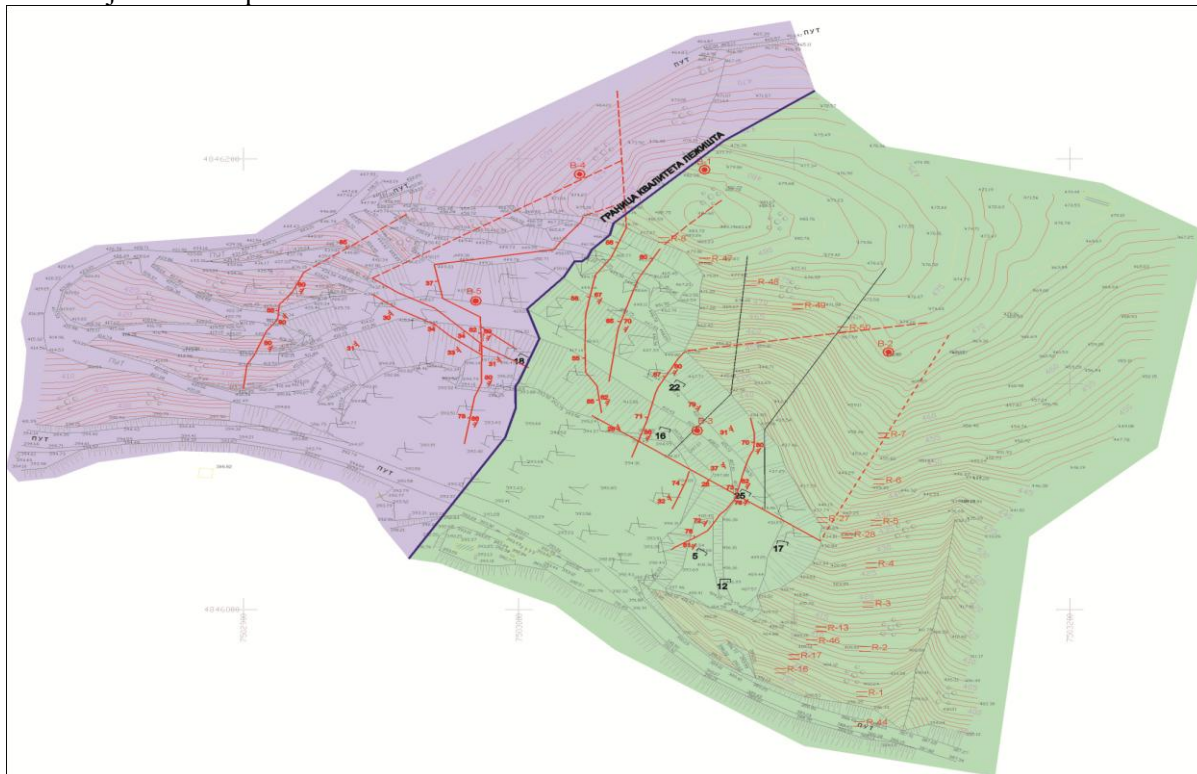
I pored loših fizičko-mehaničkih svojstava bazalt iz ležišta „Cer“ se može primenjivati kao tehničko-građevinski kamen za izradu tamponskih slojeva, lakih betona za konstrukcije i termičku izolaciju.

#### Ležište dijabaza „Drača“ kod Prevešta - Rekovac

Ležište dijabaza „Drača“ nalazi se u centralnoj Srbiji u Levču, između Kragujevca, Jagodine i Kruševca. Nalazi se u istočnom pobrđu Gledičkih planina, formiranom na uzvišenju Drača (485 m), koje se nalazi u ataru sela Prevešt. Udaljeno je oko 22 km južno od Rekovca. Uzvišenje Drača predstavlja manji deo izliva dijabaza u odnosu na planinski vrh Grad (586 m) od koga je odvojen rasedom i između kojih protiče Kalenička reka. Sirovinu u ležištu predstavljaju dijabazi jurske starosti. Nastali su vulkanskom aktivnošću bazičnog karaktera u podvodnoj srđini. Površinsku jalovinu u ležištu predstavlja humus sa zaglinjenim odlomcima dijabaza i alterisanim dijabazima. Mineralnu sirovinu predstavljaju ispucali i kompaktni dijabazi.

Za vreme alpske orogeneze, kada je čitava ova oblast bila zahvaćena tektonskim pokretima, koji su za posledicu imali razlamanje stenske mase dijabaza, i to pogotovo u njegovom istočnom delu. Stenska masa je u površinskom delu jače ispucala i uglavnom je limonitisana. Debljina ovih izmenjenih partija je različita i zavisi od intenziteta mehaničkih deformacija, a obično se kreće od 4,00 do 12,00 metara. Prosečne vrednosti fizičko-mehaničkih svojstava mineralne sirovine i srednji sadržaj hemijskih komponenti prikazani su u tabeli 2 i 3.

Na osnovu svojih geoloških i kvalitativnih karakteristika ležište možemo grubo podeliti na dva bloka: istočni blok - ispucala zdrobljena masa u kojoj dominiraju pukotine smicanja i više paralelnih razlomnih zona pravca pružanja SSZ-JJI i na zapadni blok - kompaktnija masa, manje ispucala gde dominiraju tenzione pukotine i dve veće razlomne zone.



*Slika 2: Rasprostranjenje dijabaza različitog kvaliteta u ležištu „Drača“. Zapadni deo – kompaktnija, slabije ispucala stenska masa boljeg kvaliteta, istočni deo – ispucala stenska masa slabijeg kvaliteta.*

Na osnovu rezultata ispitivanja tehničkih svojstava kamena, stenska masa sa istočne strane kopa ima ograničavajuću primenu kao tehnički građevinski kamen u odnosu na zapadnu.

Dijabaz iz istočnog dela ležišta može se upotrebljavati za proizvodnju:

- Kolovoznih zastora od asfalt-betona po vrućem postupku na putevima svih saobraćajnih opterećenja JUS.U.E4.014;
- Donjih i gornjih nosećih slojeva kolovoznih konstrukcija od bituminiziranog materijala po vrućem postupku na putevima svih grupa saobraćajnog opterećenja JUS.U.E9.028 i JUS.U.E9.021;
- Donjih nosećih slojeva kolovoznih konstrukcija stabilizovanih cementom JUS.U.E9.024;
- Donjih i habajućih slojeva cement-betonskih kolovoznih ploča za sve vrste saobraćajnog opterećenja JUS.U.E3.020;
- Cement-betona JUS B.B2.009 i JUS B.B2.010;
- Kao lomljen kamen za sva zidanja u niskogradnji i hidrogradnji;

Dijabaz iz zapadnog dela ležišta, pored primene koja je navedena za mineralnu sirovinu sa istočne strane kopa, može se upotrebljavati i za proizvodnju:

- Tucanika I za izradu zastora klasičnih železničkih pruga prema JŽS. G2.011;
- Donjih nosećih mehanički stabilizovanih (tamponskih) slojeva kolovoznih konstrukcija JUS E9.020 i opštim tehničkim uslovima iz licitacione dokumentacije Republičkog fonda za puteve, knjiga 2, Beograd, 1989. godine;



Prosečne vrednosti fizičko-mehaničkih svojstava iz istočnog i zapadnog dela ležišta, kao i prosečan sadržaj hemijskih komponenti, prikazana su u tabeli 2 i 3.

Na osnovu rezultata ispitivanja tehničkih i hemijskih svojstava kamena, zaključuje se da ispitivani kamen zadovoljava uslove kvaliteta za primenu kao sirovine za proizvodnju mineralne vune.

Sa aspekta primene mineralne sirovine kao tehničko-građevinski kamen, kamen iz istočnog dela ležišta ima ograničenu primenu i može se primenjivati za izradu:

- agregata za klasične i savremene podloge za puteve, JUS U.E9.020;
- donjih nosećih slojeva kolovoznih konstrukcija od bituminiziranog materijala po vrućem postupku na putevima svih grupa saobraćajnog opterećenja, JUS U.E9.028;
- lomljenog kamena za gruba zidanja u niskogradnji i hidrogradnji.

Kamen iz zapadnog dela ležišta ima znatno širu primenu, i osim gore navedene primene, može se koristiti i za izradu:

- gornjih nosećih slojeva kolovoznih konstrukcija od bituminiziranog materijala po vrućem postupku na putevima svih grupa saobraćajnog opterećenja, JUS U.E9.021;
- kolovoznih zastora (habajućih slojeva) od asfalt-betona po vrućem postupku na putevima svih grupa saobraćajnog opterećenja, JUS U.E4.014;
- agregata za izradu betona, JUS B.B2.009;
- tucanika kategorije I za zastor železničkih pruga (po uputstvu za prijem i isporuku tucanika za zastor pruga na JŽ);



Tabela 2: Pregled fizičko-mehaničkih karakteristika stenske mase iz ležišta „Cer“, „Drača“ i „Dobro Polje“

Analiza	Prosečana vrednost u ležištu			
	„Cer“	„Drača“	„Dobro Polje“	
			Istok	Zapad
čvrstoća na pritisak u suvom stanju (MPa)	46	169	149	172
čvrstoća na pritisak u vodom zasićenom stanju (MPa)	37	149	132	151
čvrstoća na pritisak posle mraza (MPa)	/	142	123	113
otpornost na habanje brušenjem (cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup> )	16,5	8,91	15,87	11,83
upijanje vode (%)	4,93	0,23	0,295	0,224
zapreminska masa bez pora i šupljina (t/m <sup>3</sup> )	2,77	2,92	2,972	2,990
zapreminska masa sa porama i šupljinama (t/m <sup>3</sup> )	2,09	2,91	2,945	2,909
poroznost (%)	2,45	0,64	0,91	2,71
postojanost na dejstvo Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	postojan	postojan	postojan	postojan

Tabela 3: Pregled hemijskih svojstava karakteristika stenske mase iz ležišta „Cer“, „Drača“ i „Dobro Polje“

Komponenta	Prosečan sadržaj(%)		
	„Cer“	„Drača“	„Dobro Polje“
SiO <sub>2</sub> (%)	50,61	45,71	47,83
TiO <sub>2</sub> (%)	1,03	0,90	1,56
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	18,01	19,46	17,85
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	6,18	4,23	3,98
FeO (%)	1,35	6,19	8,61
MnO (%)	0,12	0,12	0,14
CaO (%)	8,11	9,13	9,03
MgO (%)	5,80	5,64	4,20
Na <sub>2</sub> O (%)	0,05	3,28	3,08
K <sub>2</sub> O (%)	3,69	0,16	0,09
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	/	1,01	0,15
S (%)	0,02	0,12	0,07
CO <sub>2</sub> (%)		1,03	0,25
H <sub>2</sub> O <sup>110°</sup> C		1,03	0,40
H <sub>2</sub> O <sup>1000°</sup> C		2,91	2,86

## **Zaključak**

Primena mineralne sirovine zavisi od njenih tehnoloških svojstava i hemijskog sastava, što direktno zavisi od geneze, odnosno od uslova stvaranja ležišta, veličine, oblika i eventualnih naknadnih tektonskih pokreta, što sve utiče na fizičko-mehanička i hemijska svojstva stenske mase.

Kao što smo mogli da vidimo na prikazanim primerima u radu, bez obzira na predispozicije u pogledu primene koju ima određena vrsta mineralne sirovine, uslovi formiranja ležišta imaju presudnu ulogu. Takođe, može se uočiti da ti isti uslovi, bez obzira na njihovu razliku i intenzitet, ne mogu da utiču na određena područja primene mineralne sirovine kao što je industrija mineralne vune.

\*\*\*

Ovaj rad je deo aktivnosti na projektu SARMa (SEE/A/151/2.4/X). Detaljniji podaci o projektu mogu se pogledati na veb-stranici projekta – [www.sarmaproject.eu](http://www.sarmaproject.eu).

## **Literatura**

- 1) Simić D., (2003), Elaborat o rezervama bazaltnih stena na području Cera kod Preševa kao sirovine za proizvodnju mineralne (kamene) vune, Jantar grupa d.o.o. Beograd.
- 2) Mihajlović B., Simić D., (2010), Elaborat o rezervama dijabaza kao tehničkog građevinskog kamena u ležištu „Drača“ kod Prevešta-Rekovac, Jantar grupa d.o.o. Beograd.
- 3) Simić D., Mihajlović B., (2004), Elaborat o rezervama amfibolita kao tehničkog građevinskog kamena u ležištu „Dobro polje“ kod Crne Trave, Jantar grupa d.o.o. Beograd.
- 4) Vakanjac B., (1992), Geologija ležišta nemetalčnih mineralnih sirovina, RGF Beograd.
- 5) Brzaković P., (2000), Priručnik za proizvodnju i primenu građevinskih materijala nemetalnog porekla, Knjiga 2, Orion Art Beograd.

## **PROBLEMATIKA EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA ALUVIJALNIH NANOSA U SRBIJI**

### **PROBLEMS RESERVOIR EXPLOITATION ALLUVIAL SEDIMENT IN SERBIA**

**Nikolić J., Grujičić Lj. Maksimović M.**  
*Contractor d.o.o.*

#### **Apstrakt**

Otkopavanje šljunka i peska iz aluvijalnih nanosa Srbije vrši se već godinama, neplanski i sa neadekvatnom opremom. Ovaj rad upravo objašnjava ovu problematiku i predlaže globalna tehnološka rešenja.

**Ključne reči:** Šljunak, kontinualno, diskontinualno, bager refuler, bager vedričar

#### **Abstract**

Excavation of gravel and sand from the alluvial deposits of Serbia shall have been successful, unplanned and with inadequate equipment. This article aims at explaining this issue and proposes a global technology solutions.

**Key words:** Gravel, continuous, discontinuous, suction dredgers, bucket exavator.

#### **UVOD**

Osnovi problem koji se javlja u površinskoj eksploataciji mineralnih sirovina je da se adekvatnim izborom metode eksploatacije i opreme u okviru nje, izvade sve bilansne geološke rezerve kako bi se stepen iskorišćenja eksploatacionih rezervi približio istraženim i overenim geološkim rezervama.

Navedena problematika je posebno izražena u eksploataciji ležišta aluvijalnih nanosa Dunava, Drine i Velike Morave, lokaliteta koji daju izvanrednu sirovinu za građevinarstvo.

#### **DOSADAŠNJA TEHNOLOGIJA EKSPLOATACIJE ŠLJUNKA I PESKA DUNAVA**

Eksploatacija šljunka i peska u aluvijalnom pojasu Dunava do sada se odvijala uglavnom u rečnom toku, znači u prostoru gde se ležišta delimično ili potpuno obnavljaju transportom čvrstih komponenti, prvenstveno sitnih peskovito-muljevitih, zbog smanjenog prinosa kao posledica hidrotehničkih i drugih tehničkih mera duž toka reke. Tehnologija eksploatacije šljunka i peska u rečnom toku Dunava je imala neodgovarajuća tehnološka rešenja, koja su se pre svega odnosila na dubinu kopanja i geometriju eksploatacionog i radnog prostora. U principu jedan simplificiran pristup u izboru metode i opreme mogao je da ima ekonomskog opravdanja dok je ponuda šljunka i peska na tržištu bila relativno mala (cena m<sup>3</sup> velika). Tada je eksploatacija mogla da se odvija nesistematski i bez učešća rudarskih i geoloških inženjera. Aktivnosti na ovom polju su bile uglavnom u ingerenciji hidrograđevinskih stručnjaka i svodile su se samo na „ad hock“ problematiku eksploatacije šljunka i peska.

Danas je prisutna sve ozbiljnija svest i potreba (u Evropi) da se celokupnoj problematici priđe na sasvim drugi način, sa rešenjima koja obuhvataju komplementarnu tehnologiju eksploatacije „bez ostatka“ koja je u funkciji rečnog saobraćaja i korišćenja mnogih pogodnosti koje donose plovne reke. U eksploataciji aluvijona u Dunavu do sada su bile prisutne uglavnom dve tehnologije :

- Eksploatacija bagerima sa različitim radnim organima
- Eksploatacije bagerima vedričarima
- Eksploatacija sistemom refulera

Analiza izbora opreme za konkretnu lokaciju je složen posao i ovde će se isključivo opisati dosadašnja praksa u eksploataciji šljunkova i peskova.

Posebno se mora naglasiti da je složenost problema najviše vezana za geološku i geomehaničku problematiku, a zatim za granulometriju materijala i mineraloško–petrografski sastav depozita. Esencijalno pitanje ovog rada je eksploatacija aluvijalnih nanosa van rečnog korita, koja u Srbiji počinje ozbiljno da se analizira.

U Srbiji su dominantna tri aluvijalna areola duž Dunava, Drine i Velike Morave. Kada se kaže dominantan, misli se na kvalitet i na kvantitet šljunka i peska. I treba svaki aluvijon i lokalitet posebno analizirati sa rudarsko–geološkog i tehničko–tehnološkog aspekta. Depoziti u ovim rekama i van njih se toliko razlikuju da bi bilo kakvo poistovećenje problema i analogija bilo nestručno i pogrešno.

### **EKSPLOATACIJA NANOSA IZ REČNIH TOKOVA SRBIJE**

Kada su u pitanju Drina i Velika Morava , primenjene tehnologije eksploatacije su se svodile na sledeće:

A) Velika Morava

- Eksploatacija bagerima dreglajnama
- Eksploatacija bagerima kaškarima sa duninskom kašikom
- Eksploatacija skreperima
- Eksploatacija bagerima vedričarima

B) Drina

- Eksploatacija bagerima dreglajnama
- Eksploatacija bagerima kaškarima sa dubinskom kašikom
- Raznim (impovizovanim) mašinama

Obzirom da je transport čvrstog materijala u ovim rekama sve manji (tehničke mere sprečavaju eroziju, takođe smanjen transport čvrstih supstanci, usporen prinos zbog hidrocentrala itd.). Ni jedna od primenjenih metoda nije omogućila eksploataciju šljunka do stvarnih geoloških rezervi.

Prostor koji se analizira je u ingerenciji Zakona o vodoprivredi koja prezentiranu problematiku zakonodavno i tehnički rešava na jedan, gde se uvek uzimaju u obzir obnovljive rezerve aluvijona, a ne geološke [1].

### **EKSPLOATACIJA LEŽIŠTA ALUVIJALNIH NANOSA NA KOPNU (po zakonu o vodama)**

Eksploatacija aluvijona u rečnim koritima je dozvoljena samo do dubine talvega (dna korita reke). Znači, u većini slučajeva veliki deo aluvijalnog nanosa zbog neadekvatne eksploatacije i primene neodgovarajuće opreme ostaje neeksploatisano a time se i ekonomija takvog načina rada stavlja pod znak pitanja.

Aluvijoni Dunava, Velike Morave i Drine posebno u svojim deltama imaju izuzetno velike rezerve veoma kvalitetnog građevinskog materijala, koji se uz odgovarajuću tehnologiju eksploatacije može veoma ekonomično valorizovati. To se posebno odnosi na metodologiju i sadržaj geoloških istraživanja, dubini geoloških istražnih radova, prostor u kome treba istraživati itd., a sve ovo kao podloga za izbor tehnologije eksploatacije i opreme koja će usvojenu tehnologiju sprovesti [2].

Međutim, iskustva iz dosadašnje eksploatacije treba primeniti kako bi eksploatacija relativno jeftine mineralne sirovine bila ekonomična i tehnološki opravdana.

Kada se ovo naglašava, od značaja je uvesti u analizu i druge faktore kao što su hidrološka situacija, hidrodinamička veza aluvijona i reke i mnogi drugi logistički elementi koji mogu opteretiti cenu  $1\text{m}^3$  šljunka i peska [1].

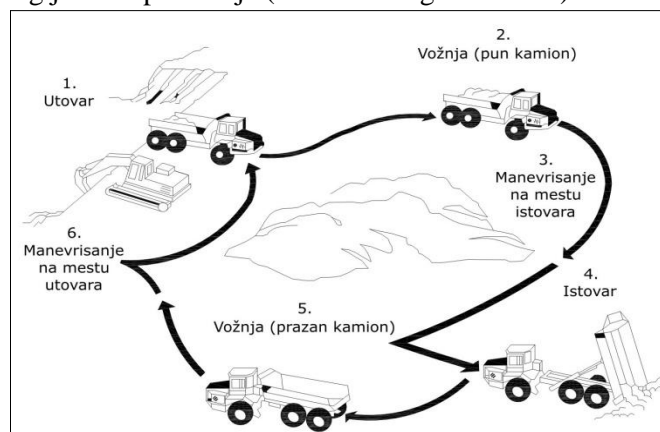
Neka iskustva naših inženjera u istraživanju i verifikaciji ležišta aluvijona (posebno Velike Morave) ukazuju na sledeće:

- Aluvijalni nanosi (posebno Velike Morave) su izuzetno kvalitetni građevinski materijali
  - Količine nanosa na kopnu su velike a protežu se duž geografskog prostora koji omogućava jeftin transport (duž Velike Morave 150km)
  - Moćnost aluvijalnog nanosa se kreće od 12-42m.
- Uzimajući u obzir sve do sada napisano naša iskustva govore sledeće :
- Sve faze eksploatacije od otvaranja pa do iscrpljenja određenog radnog prostora (površinskog kopa) treba analizirati parcijalno i svaki depozit posebno.
  - U svakom aluvijalnom ležištu hidrodinamički, morfološki, hipsometrijski i geološki uslovi su drugačiji, što nameće razvoj radova različitom opremom.
  - Jeftina mineralna sirovina zahteva veliki kapacitet eksploatacije a, on se ne može kao kod klasične eksploatacije u kratkom vremenskom periodu povećati.
  - Povećanje kapaciteta u eksploataciji šljunka zahteva i promenu strukture opreme, za koju treba da se poveća kapacitet.
  - Kod „tesnog računa“, tehnno-ekonomski elementi se moraju projektovati dinamički a u korelaciji sa uslovima u ležištu (dubina eksploatacije, radni prostor).

Smatramo da je problematika preopširna i tehnno-ekonomski veoma senzitivna, posebno kada bi se analizirali dijametralno različiti uslovi eksploatacije u navedenim rekama tako da će se u ovom radu identifikovati problemi koji mogu da prošire stručnu diskusiju vezano za eksploataciju i zakonsku regulativu u ovoj oblasti, koja je nejasna i nedorečena.

Prilog diskusiji za eksploataciju aluvijalnih nanosa na kopnu su sledeći:

- Eksploatacije jalovine (zemljano-humusni pokrivač) se najčešće rešava klasičnom diskontinualnom tehnologijom eksploatacije (buldozer–bager–kamion)-slika br.1.



Sl. br.1.-Otkopavanje otkrivke diskontinuelnom tehnologijom

Otkopavanje jalovine praktično predstavlja fazu otvaranja, koja se može vršiti:

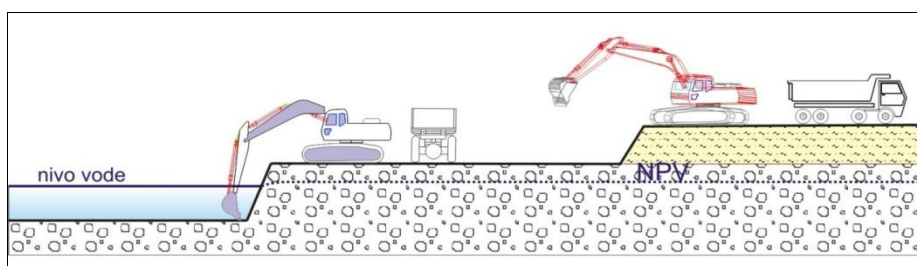
- Hidrauličnim bagerom
- Bagerima dreglajnim
- Bagerima vedričarima (manjih gabarita)

- ❑ Diskontinualna eksploatacija podrazumeva diskontinualni transport mineralne sirovine van radnog područja.
- ❑ Diskontinualna eksploatacija može da se odvija do dubine kopanja mašine za otkopavanje (konstruktivni parametri mašina)
- ❑ Kontinualna eksploatacija podrazumeva da ceo sistem rada bude kontinualan (otkopavanje, transport do deponije ili linije za PMS)
- ❑ Eksploatacija šljunka i peska takođe može biti kontinualna i diskontinualna uz primenu sledeće opreme :

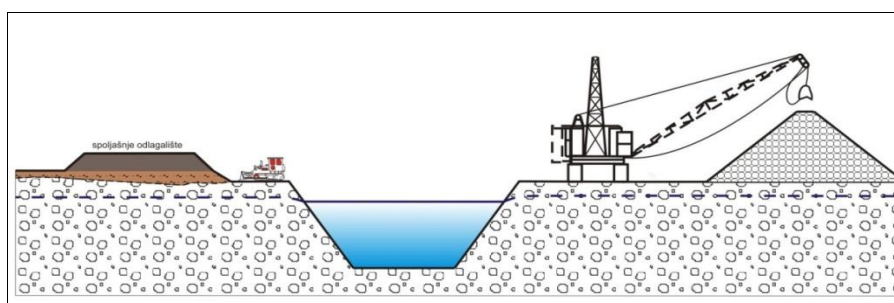
Tab. br.1. -Otkopavanje šljunka i peska vrši se sledećom opremom

r.b.	Otkopna oprema	Osnovna karakteristike
	1	2
1	Hidraulični bager	za male dubine
2	Bager dreglajn	ograničena dubina
3	Skreper bager	ograničena dubina
4	Bager vedričar	ograničena dubina
5	Bager grajfer	velika dubina
6	Usisni bager (Refuler)	Veloka dubina

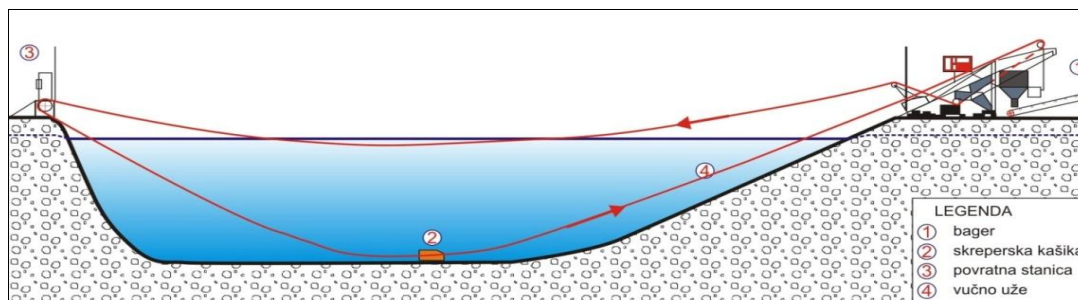
Svi navedeni tipovi bagera mogu imati različite radne organe čij se izbor vrši prema konsistenciji radne sredine. Najveći dijapazon radnih organa je kod usisnog bagera jer postiže i najveće kapacitete.



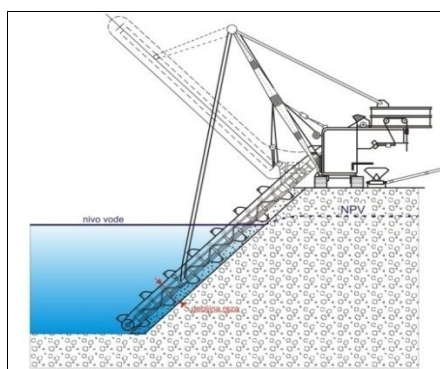
Sl. br.2.-Otkopavanje hidrauličnim bagerom



Sl. br.3.-Otkopavanje bagerom dreglajnom



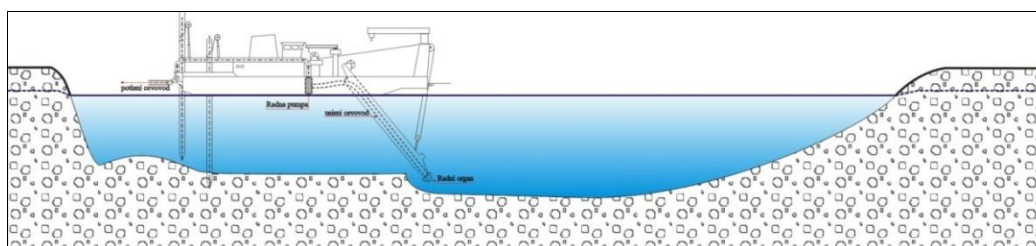
Sl. br.4.-Otkopavanje skreper bagerom



Sl. br.5.-Otkopavanje bagerom vedričarom



Sl. br.6. -Ploveći bager sa grajferom



Sl. br.7. -Otkopavanje usisnim bagerom (refuler)

## ZAKLJUČAK

Hidrostatički, hidrodinamički, geološki i logistički uslovi utiču na ekonomičnost eksploatacije aluvijalnih sedimenata. Tehno–ekonomska analiza eksploatacije ležišta šljunka i peska u funkciji dubine i kapaciteta eksploatacije je osnova za fazu eksploatacije i izbor opreme sa kojom će se vršiti.

## LITERATURA:

- [1].Janković S., Milovanović D. 1985.: Ekonomska geologija i osnovi ekonomike mineralnih sirovina, RGF-Beograd.
- [2].Vlasbom, W.J., 2005.: Cuttr Suction Dredger, Texas
- [3].Contractor d.o.o Beograd–Projektni biro, 2009.: Studija izvodljivosti eksploatacije šljunka i peska u aluvijonu Velike Morave lokalitet Trnovče kod Velike Plane
- [4].Contractor d.o.o Beograd–Projektni biro, 2008.: Projekat detaljnih geoloških istraživanja ležišta Smolnica kod Smedereva

## **UTICAJ HEMIJSKOG SASTAVA NA OTPORNE PARAMETRE DIJABAZA NA KAMENOLOMU RIBNICA**

### **INFLUENCE OF CHEMICAL COMPOSITION ON THE RESISTANCE PARAMETERS OF DIABASE IN THE QUARRY RIBNICA**

**Elvir Babajić, Kenan Mandžić, Alisa Babajić, Erna Mandžić**

*Rudarsko-geološko-građevinski fakultet Univerziteta u Tuzli*

#### **Rezime**

Na uzorcima iz novih istražnih bušotina dokazane su kvalitativne odlike dijabaza kroz ispitivanje hemijskog i mineralno-petrografskog sastava, kao i kroz ispitivanje fizičko-mehaničkih parametara. Hemijski sastav je predisponirao vrijednosti otpornih parametara dijabaza. Kroz vrijednosti sadržaja glavnih oksida i normativni mineralni sastav izvršena je analiza njihovog uticaja na jednoosnu čvrstoću na pritisak dijabaza.

**Ključne riječi:** hemijski sastav, jednoosna čvrstoća na pritisak, dijabazi.

#### **Summary**

On samples from the new exploration wells, through testing of chemical and mineral-petrographic composition as well as physical-mechanical parameters, the qualitative characteristics of diabase have been proven. Chemical composition had predisposed the resistant parameter values of diabase. In this paper, the effect of the major oxides and normative mineral composition on the uniaxial compression strength of diabase, is presented.

**Key words:** chemical composition, uniaxial compression strength, diabase.

#### **Uvod**

Ležište dijabaza Ribnica nalazi se južno od Banovića u graničnom dijelu prema općini Zavidovići. Područje ima površinu preko 6 km<sup>2</sup>, pripada Ofiolitnoj zoni Dinarida, odnosno sjevernom dijelu Krivajsko - konjuškog ofiolitnog kompleksa, poznatog po pojavama dijabaza, slika 1. Mase dijabaza se javljaju kao manji, razbijeni fragmenti od kojih je jedan i ovo ležište. Ovaj dio masiva Ribnice, odnosno ležište, izgrađeno je od dijabaza, dolerita, metadijabaz/metadolerita, epiklastičnih sedimenata, ofitnih gabra, rjeđe serpentiniziranih lerzolitita i amfiboliziranih mafitnih stijena.

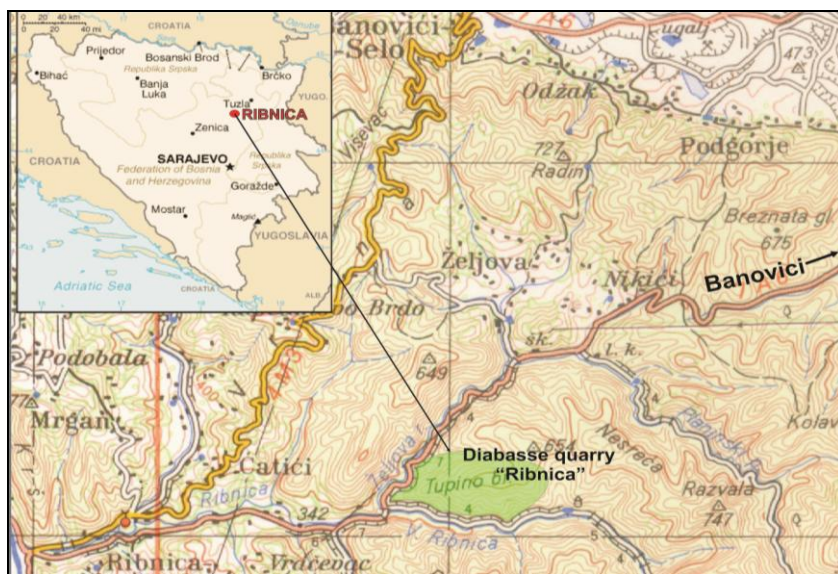
Dosadašnjim istraživanjima (11 istražnih bušotina sa 784 m nabušenog jezgra) utvrđene su značajne eksploatacione rezerve ( $A + B + C_1 = 14.5$  milona m<sup>3</sup>).

#### **Laboratorijski rezultati ispitivanja kvaliteta mineralne sirovine**

Ispitivanja dijabaza imala su za cilj određivanje kvaliteta ovih stijena kao tehničkog građevinskog kamena za proizvodnju agregata za beton i asfalt.

Za određivanje hemijskog sastava dijabaza uzet je materijal iz istražnih bušotina. Ova visokofisticirana ispitivanja obavljena su metodom „plazme“ (*ICP-MS – inductively coupled plasma - mass spectrometry*) u certificiranom laboratoriju ACTLabs u Kanadi. Analiza je obuhvatila glavne okside i elemente u tragovima. U tabeli 1 je prikazan sastav glavnih oksida.





Slika 1. Geografski položaj kamenoloma dijabaza "Ribnica" kod Banovića

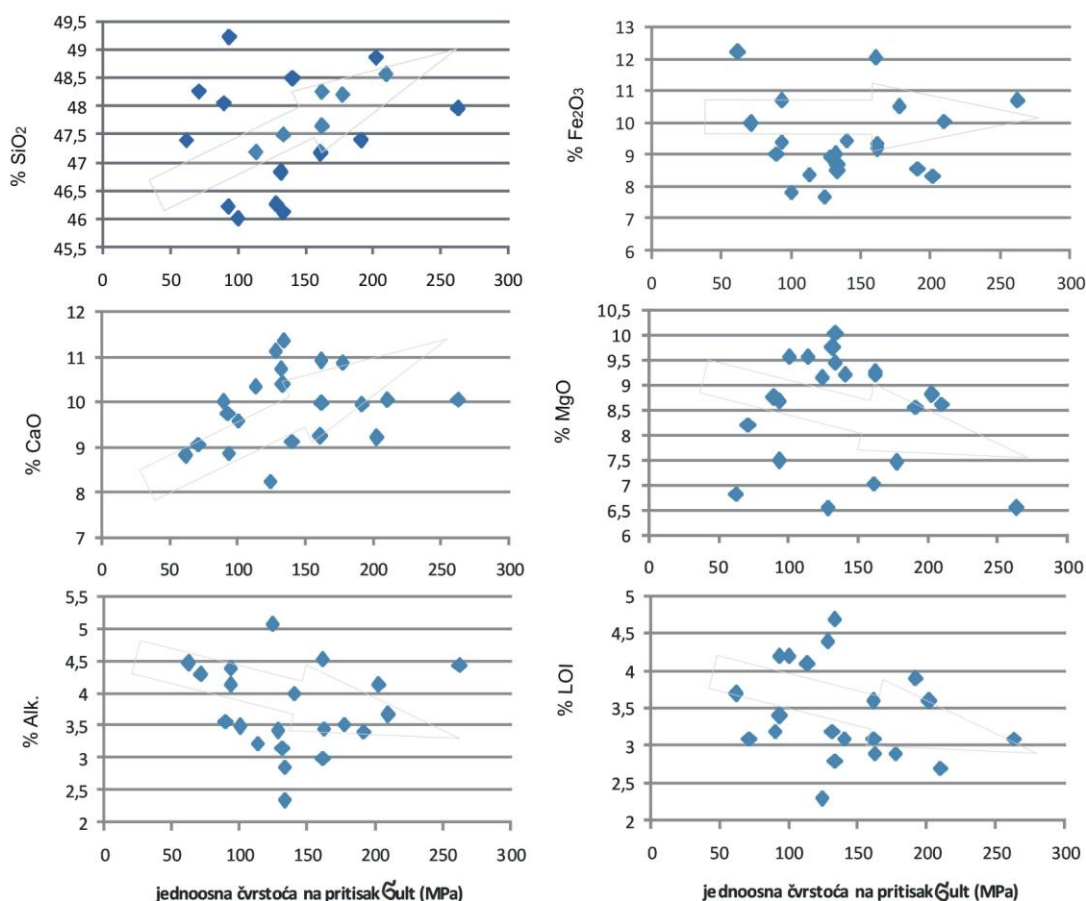
Za određivanje fizičko-mehaničkih parametara izvršeno je ispitivanje jezgara iz istražnih bušotina. Uzorci su uzeti na osnovu promjena litološkog sastava nabušenog materijala, odnosno optimalno su zastupljene sve litološke partije. Izvršena su obimna geomehanička ispitivanja – 50 kompletnih i 56 parcijalnih analiza. Jednoosna čvrstoća ( $\sigma_{ult}$ ) na pritisak je određena na kockama 5x5x5 cm, u suhom stanju. Rezultati su prikazani takođe u tabeli 1.

Tabela 1

bušotina/ /interval	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	LOI	$\sigma_{ult}$ (MPa)
B1 -24.70m	47,64	9,2	9,28	10,92	2,88	0,12	3,1	161,9
B1 -36.70m	48,86	8,33	8,82	9,21	4,01	0,13	3,6	202,2
B2 -17.70m	48,56	10,06	8,62	10,04	3,43	0,24	2,7	209,6
B2 -23.20m	47,4	8,56	8,56	9,95	3,28	0,13	3,9	191,4
B3 -24.50m	47,18	8,4	9,56	10,34	3,08	0,15	4,1	113,5
B3 -33.30m	46,12	8,69	9,46	10,39	2,79	0,07	4,7	133,5
B4 -35.20m	46,22	10,7	7,49	9,76	3,87	0,27	4,2	93,1
B4 -59.10m	46,83	9,02	9,76	10,73	2,89	0,26	3,2	131,8
B4 -70.70m	52,72	7,71	9,15	8,24	4,66	0,41	2,3	124,3
B5 -14.50m	48,49	9,45	9,21	9,13	3,82	0,18	3,1	140,3
B5 -36.50m	47,49	8,5	10,04	11,36	2,27	0,09	2,8	133,7
B6 -51.80m	47,17	12,05	7,02	9,25	4,32	0,2	3,6	161,1
B6 -67.30m	47,96	10,7	6,54	10,04	4,28	0,16	3,1	262,7
B7 -10.30m	48,2	10,52	7,46	10,86	3,26	0,26	2,9	177,5
B7 -29.40m	47,39	12,22	6,83	8,82	4,33	0,14	3,7	62,1
B9 -25.20m	49,22	9,41	8,68	8,87	4,08	0,31	3,4	93,4
B9 -105.90m	46,26	8,95	6,56	11,13	3,29	0,13	4,4	128,3
B10 -24.50m	48,05	9,03	8,76	10,02	3,34	0,23	3,2	89,8
B10 -61.50m	48,25	9,35	9,22	9,98	3,26	0,19	2,9	162,1
B11 -23.50m	46,01	7,82	9,56	9,6	2,88	0,61	4,2	100,1
B11 -47.40m	48,26	9,99	8,21	9,06	3,91	0,39	3,1	71,2

## Diskusija

Iz palete glavnih oksida izabrano ih je šest ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , Alkalije-  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  i gubitak žarenjem –  $\text{LOI}$ ). Kriterij za selekciju oksida je bio mineralni sastav dijabaza u kome pretežu plagioklasi, pirokseni, te u manjoj mjeri olivin i amfiboli. Jednoosna čvrstoća na pritisak ( $\sigma_{\text{ult}}$ ) se smatra limitirajućim parametrom za definisanje upotrebne vrijednosti dijabaza. Korelacioni dijagrami selektovanih glavnih oksida naspram izdvojenih otpornih parametara su prikazani na slici 1.



Slika 2. Korelacija glavnih oksida i jednoosne čvrstoće na pritisak  
(Alk. – alkalije  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{LOI}$  – gubitak žarenjem)

Na osnovu izvršenih ispitivanja, rezultati ispitivanja hemijskog sastava i jednoosne čvrstoće na pritisak su stavljani u korelaciju. Kao uticajni parametar na čvrstoću na pritisak, uzet je procentualni sadržaj glavnih oksida i gubitak žarenjem.

Pozitivnu korelaciju sa jednoosnom čvrstoćom pokazuju  $\text{SiO}_2$  i  $\text{CaO}$ . Kod  $\text{CaO}$  korelacija je intenzivnije izražena. Ovi oksidi ulaze u sastav plagioklase i piroksena. Pirokseni su poznati kao minerali koji su rezistentniji u odnosu na plagioklase, tako da njihov povećani udio ima pozitivan učinak na čvrstoću.

Korelacija između  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  i jednoosne čvrstoće nije izražena, jer za prilično ujednačene vrijednosti sadržaja  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , čvrstoća varira za više od stotinu MPa. Sadržaj Fe je vezan uglavnom za opake (metalične) minerale i u manjoj mjeri za piroksene, olivine i amfibole.

MgO, Alk. (alkalije) i LOI (gubitak žarenjem) pokazuju negativnu korelaciju sa jednoosnom čvrstoćom. Korelacija je najintenzivnije izražena kod LOI, a zatim kod MgO i Alk.

Gubitak žarenja - LOI obuhvata sadržaj vode i nekih plinova. Porastom vrijednosti gubitka žarenjem, rastu i stepen dezintegraciono-dekompozicionih procesa u dijabazima, što se negativno odražava na čvrstoću stijene. Sadržaj MgO je obično vezan za slabootporni olivin, a može se inkorporirati i u grupu karbonatnih minerala koji su takođe male tvrdoće. Alkalije (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) uglavnom učestvuju u građi sekundarnih minerala (naročito Na<sub>2</sub>O), tvoreći najčešće albit, te je njihov sadržaj pokazatelj stepena albitizacije stijene. Albitizacija pripada dekompozicionim procesima u dijabazima, a ima negativan učinak na jednoosnu čvrstoću.

Na osnovu rezultata hemijskih analiza urađen je i proračun normativnog mineralnog sastava (CIPW) i prikazan u tabeli 2. Najzastupljeniji su minerali iz skupine salskih minerala: plagioklasi i albit. Iz grupe femskih minerala pretežu pirokseni, te olivini. Na osnovu ovoga proračuna i sadržaja albita (ab), može se zaključiti da su predmetne stijene u znatnijoj mjeri dekompozirane – albitizirane, što dovodi do smanjenja jednoosne čvrstoće na pritisak. Takođe je indikativan i sadržaj olivina, koji je lako podložan dekompoziciji, što stvara slabe zone unutar stijenskog materijala i dovodi do smanjenja jednoosne čvrstoće na pritisak.

Tabela 2

	<b>an</b>	<b>ab</b>	<b>di</b>	<b>en</b>	<b>fs</b>	<b>ol</b>	<b>ap</b>	<b>il</b>	<b>mt</b>
B1 24.70	28,44	24,37	20,45	6,85	3,02	12,13	0,14	1,82	2,00
B1 36.70	23,53	32,41	17,37	5,96	2,39	14,18	0,21	2,13	1,81
B2 17.70	23,62	29,02	20,68	6,64	3,38	12,43	0,23	2,24	2,19
B2 23.20	30,49	27,75	14,81	4,96	2,18	16,49	0,19	1,84	1,86
B3 24.50	28,76	25,67	17,87	6,17	2,42	15,70	0,12	1,63	1,83
B3 33.30	32,02	23,61	15,41	5,27	2,15	17,70	0,14	1,71	1,89
B4 35.20	23,55	25,30	19,65	6,01	3,55	15,63	0,25	3,08	2,33
B4 59.10	29,18	22,87	18,94	6,48	2,64	16,09	0,19	1,92	1,96
B4 70.70	14,35	39,43	20,99	7,37	2,71	12,50	0,14	1,73	1,68
B5 14.50	24,60	31,54	17,52	5,88	2,57	12,71	0,35	2,39	2,06
B5 36.50	33,42	19,21	18,17	7,33	2,40	14,99	0,12	1,63	1,85
B6 51.80	18,33	29,21	21,81	6,22	4,47	14,15	0,32	3,30	2,62
B6 67.30	21,57	29,39	22,33	6,48	4,44	12,05	0,32	2,94	2,33
B7 10.30	24,38	25,59	23,48	7,14	4,30	10,65	0,23	2,62	2,29
B7 29.40	18,98	31,62	19,67	5,51	4,13	14,72	0,28	3,32	2,66
B9 25.20	19,98	32,91	19,00	6,24	2,95	16,39	0,19	2,11	2,05
B9 105.90	33,58	23,82	17,18	5,23	3,14	12,94	0,19	1,90	1,95
B10 24.50	27,66	28,26	17,39	5,77	2,63	14,81	0,19	1,88	1,96
B10 61.50	26,85	27,59	17,98	5,97	2,71	16,53	0,14	1,80	2,03
B11 23.50	35,12	21,35	9,84	3,43	1,30	20,22	0,09	1,18	1,70
B11 23.50	35,12	21,35	9,84	3,43	1,30	20,22	0,09	1,18	1,70
B11 47.40	23,04	30,00	17,28	5,49	2,90	16,58	0,21	2,30	2,17

an – anortit, ab – albit, di – diopsid, en – enstatit, fs – ferosilit, ol-olivin, ap – apatit, il – ilmenit, mt – magnetit.

## **Zaključak**

Jedan od osnovnih uslova za koreliranje hemijskog sastava dijabaza sa otpornim parametrima jeste stepen alteracije dijabaza. Procjena uticaja hemijskog sastava na otporne parametre dijabaza je opravdana samo u slučaju da dijabazi nisu dekompozirani. Ukoliko se radi o svježim dijabazima, porast sadržaja SiO<sub>2</sub> i CaO ukazuje na porast vrijednosti jednoosne čvrstoće. Sadržaj vode, plinova, Mg i Na ukazuju na stepen alteracije dijabaza, tako da porast njihovog sadržaja uslovlja pad vrijednosti čvrstoće. Na svim dijagramima je, u manjoj ili većoj mjeri, prisutno rasipanje rezultata što onemogućava utvrđivanje čvrstih korelacija među ispitivanim parametrima. Dobiveni koeficijent korelacije ukazuje da ipak postoje neke korelacije među parametrima, ali je njegova vrijednost mala. To znači da pored hemijskog sastava postoje i drugi značajni uticajni faktori na jednoosnu čvrstoću na pritisak.

Karakterizacija uticaja hemijskog sastava na čvrstoću dijabaza je opravdanija ako se u dodatna razmatranja uzmu i drugi uticajni faktori kao što su: modalni mineralni sastav, alteracije minerala, struktura i tekstura i karakterizacija pukotina.

## **LITERATURA**

1. Babajić E., (2009): Petrološko-geohemijske i geotektonske odlike mafitnih magantskih stijena Krivajsko-konjuškog ofiolitnog masiva, Doktorska disertacija, RGGF Tuzla.
2. Babajić E., (2004): Vertikalno Zoniranje po stepenu raspadnutosti stijena tuzlanske regije, Magistarski rad, RGGF Tuzla.
3. Hrvatović, H. (1999): Geološki vodič kroz Bosnu i Hercegovinu, Posebno izdanje Geološkog Glasnika, Sarajevo.
4. Hrvatović, H. (2000): Diabase deposits in Ribnica near Banovići: III International symposium «Nonmetallic-anorganic material (production), Zenica
5. Pamić J., (1996): Mamatske formacije Dinarida i sjevernog dijela panonskog oboda, INA - Zagreb.
6. Pamić, J., Sunarić-Pamić, O. & saradnici Instituta za geološka istraživanja-Sarajevo (1971): Osnovna geološka karta SFRJ, list Zavidovići, 1: 100 000, Sarajevo.
7. Pamić, J., Sunarić-Pamić, O., Olujić, J., & Kapeler, I. (1973): Tumač za osnovnu geološku kartu list Zavidovići 1:100 000. Inst. geol. istr., Sarajevo.
8. Saletović M., (1998): Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračun rezervi ležišta dijabaza Ribnica – općina Banovići, Zenica.
9. Trubelja, F. (1978): Jurski magmatizam. Geol.BiH. knjiga IV, Magmatizam i metalogenija, Sarajevo, 219-235.
10. Trubelja, F. & Hrvatović, H., (2004): Igneous rocks of Bosnia and Herzegovina significant resource for construction industry, with export potential, European Conference on raw building materials coals, 111-120. Sarajevo

# **NOVE MERE I TEHNOLOGIJE U BIOLOŠKOJ REKULTIVACIJI ZEMLJIŠTA NA SPOLJAŠNJEM ODLAGALIŠTU DRMNO**

## **NEW MEASURES AND TECHNOLOGY IN THE BIOLOGICAL RE- CULTIVATION OF THE DEPOSOL ON THE OUTSIDE LANDFILL DRMNO**

**Mirko Grubišić<sup>1</sup>, Zoran Vuković<sup>2</sup>, Nataša Savić<sup>3</sup>, Mirjana Stojanović<sup>1</sup>, Jelena  
Milojković<sup>1</sup>, Siniša Stojković<sup>4</sup>**

*<sup>1</sup>Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd, <sup>2</sup>TE-KO, Kostolac  
<sup>3</sup>RIO, Kostolac, <sup>4</sup>Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja, Beograd*

### **Abstrakt**

Elektroprivreda Srbije suočava se sa krupnim problemima u oblasti rekultivacije i uređenja zemljišta tokom i nakon izvedenih rudarskih radova pre svega na površinskim kopovima. Procesom eksploatacije uglja trajno se isključuje iz poljoprivredne proizvodnje velike površine kvalitetnog zemljišta, koje se u kasnijoj fazi sa malim stepenom uspešnosti vraćaju osnovnoj nameni, poljoprivrednoj proizvodnji. Brojčano to predstavlja površinu od oko preko 9000 ha koja je direktno ugrožena površinskom eksploatacijom u Kolubarskom i Kostolačkom ugljenom basenu. Na ovo treba dodati najmanje još toliko poljoprivrednog zemljišta koje je indirektno ugroženo u toku i nakon eksploatacije uglja. Podaci ukazuju da su direktnim delovanjem eksploatacije ugrožena zemljišta koja po svojoj ekonomskoj plodnosti predstavljaju visoku proizvodnu mogućnost. Tako, na površinskim kopovima uglja Elektroprivrede Srbije ukupne površine samo pod odlagalištima su 5.015,60 ha od toga je 3.580,60 ha ili 71.39 % u Kolubari a 1435.00 ha ili 28.61 % u Kostolcu. Rekultivisano je 1150.8 ha u Kolubari i 462.0 ha u Kostolcu. Procenat rekultivisanih površina je približno jednak za oba basena i iznosi oko 32 %. Rekultivacija, podrazumeva uspostavljanje i vraćanje plodnosti i biljnih zajednica na degradiranim površinama.

Dosadašnja istraživanja i sprovedene mere zaštite i rekultivacije posebno na površinama spoljnog odlagališta Drmno, i nekoliko drugih lokacija, često su parcijalno i neadekvatno realizovane, tako da se i dalje uočavaju ozbiljni problemi kako u ekonomskom aspektu uvođenja u poljoprivrednu proizvodnju tako i sa aspekta zaštite životne sredine. Proces selektivnog otkopavanja otkrivke u postupku rekultivacije predstavlja najadekvatnije rešenje gde je to moguće. Kako je poznato u predhodnom periodu neblagovremenim merama, zbog poznate materijalne situacije, rekultivacije nije primenjivana u svom punom obliku tako da su nastale površine tj. razni tipovi odlagališta-deposoli peska i pepela. Deposoli peska na spoljašnjem odlagalištu Drmno dosadašnjim klasičnim merama rekultivacije nanošenjem sloja zemljišta zahtevala su značajna materijalna sredstva što se često u praksi nije moglo materijalno ispratiti. Danas se mere tehničko-biološke rekultivacije sprovede primenom novih materijala i tehnologija kako bi se što brže i racionalnije optimizirali svi parametri. Cilj ovakve analize je da se sagledaju dosadašnja istraživanja i ostvarena rešenja kao i primena novih materijala i tehničkih rešenja. Korišćenjem novih iskustava rešavanja sličnih problema u razvijenim zemljama i na osnovu dosadašnjih iskustava, predlaže se optimalno biološko rešenje za izradu budućih idejnih i izvođačkih projekta mere zaštite i rekultivacije oštećenih i uništenih zemljišta.

**Ključne reči:** rekultivacija, deposol, tehnologija

### **Abstract**

Electric economy of Serbia faces major problems in the field of recultivation and land development during and after mining operations carried out primarily in open pit mines. Process of coal mining will be permanently excluded from agricultural producing large areas of land quality, which in the later stages with some degree of success returning the primary aim, the agricultural production. Numerically it is an area of approximately 9.000 hectares over, which is directly threatened by the surface exploitation in Kostolac and Kolubara coal basin. This

should add at least the same amount of agricultural land that is indirectly affected during and after coal mining. The data indicate that the direct action of exploitation endangered land for its economic fertility are high production capability. Thus, the surface mining of coal economy of Serbia Electric total area of just under landfills are 5015.60 hectares of which 3,580.60 hectares or 71.39% in Kolubara and 1435.00 hectares or 28.61 hectares in Kostolac. Re-cultivated is 1150.8 ha in Kolubara and 462.0 ha in Kostolac. Percentage of recultivation area is approximately equal for both basins and is about 32%. Recultivation, involves the establishment and restore fertility and plant communities in degraded areas.

Research since now and applied measures of protection and cultivation especially in areas outside the landfill Drmno, and several other locations, are often partially and inadequately implemented, so it is still perceived as serious problems in the economic aspect of the introduction of agricultural production such as from the aspect of environmental protection. The process of selective mining of overburden in the process of recultivation is the most appropriate solution where possible. As is well known in the period preceding the untimely measures, because of the known financial situation, recultivation is not applied in its full form so that the resulting surface, ie. Various types of waste-deposols sand and ash. Deposols of sand on the outside Drmno delay previous conventional measures of biological cultivation by applying a layer of land require significant financial resources which are very often not be materially farewell. Today, the measures of technical and biological recultivation carried out by new materials and technologies to more quickly and rationally optimize all parameters. Aim of this analysis is to review current research and actual solutions and application of new materials and technical solutions. By using new experiences solving similar problems in developed countries and based on past experiences, the proposal is the optimal solution for the biological production of future Basic and detailed project of protection and recultivation of damaged and degraded lands.

**Key words:** recultivation, deposol, technology

## UVOD

Prvi pokušaji rekultivacije zemljišta i uređenje prostora oštećenih rudarskim radovima zabeležen je u Nemačkoj sredinom 19 veka, a nešto kasnije u SAD i Engleskoj. Prva celishodnija nučna istraživanja i obimnija sama primena zabeležena je tek posle II svetskog rata. U razvijenim zemljama uspehu rekultivacije uglavnom su doprineli rigorozni zakonski propisi koji diktiraju način eksploatacije, dozvoljene količine štetnih materija, rešavanje socijalnih problema, kao i selektivno odlaganje otkrivke. Suština procesa selektivnog odlaganje otkrivke je da se, na početku površinskog otkopa, produktivni sloj zemljišta privremeno odlaže, a u kasnijim fazama, tokom iskopa uglja, otkrivka selektivno nanosi u skladu sa postojećim geološkim profilom. Osnovna koncepcija navedenog postupka ogleđa se u sledećem: u početom procesu otvaranja kopa, formira se spoljašnje odlagalište sa blagim kosinama i terasama duž izohipsi. Na ovaj način se izbegava koninualni pad terena velikih dužina i pojava jače izažene vodne erozije. Na odlagalištu se vrši selektivno odlaganje, tako da se u donjim slojevima deponuje inertni materijal iz dubljih slojeva kopa. Preko ovoga se odlaže relativno porozan, procedan šljunkovit materijal, a na površini odlagališta produktivan ornični lesni sloj. Na najnižoj etaži odlaže se materijal najlošijih fizičko-hemjskih i mikrobioloških karakteristika iz kontaktnih zona sa ugljem, iznad se odlažu: pesak, šljunak i drugi materijali, tako da se postiže ista zonalnost slojeva kakva je bila u profilu otkopa. Kada je unutrašnje odlagalište ispunjeno, na približno 1 m ispod unapred utvrđene kote, površina se ravna, ore i na tako pripremljenu podlogu nanosi se sloj produktivnog zemljišta. Ovakvim merama i zakonima u Nemačkoj je rekultivisano i uređeno preko 40.000 ha zemljišta oštećenog rudarskim aktivnostima [1].

Površinska eksploatacija uglja zahteva nadzor i upravljanje celokupnom površinom eksploatacionog polja i masama otkrivke. Rekultivacija i restrukturiranje predela nastalih površinskom eksploatacijom nudi velike mogućnosti za izbor i strukturiranje zemljišta za potrebe i ciljeve ljudske i prirodne zajednice. Izbor post eksploatacionog korišćenja zemljišta treba da se bazira i na kulturološkim faktorima zajednice u okruženju [2].

U zemljama sa čvrstom regulativom, standardi rekultivacije mogu biti najznačajniji faktor u izboru post eksploatacionog korišćenja zemljišta. Najčešći metod primene regulatorne kontrole je da se traži odobrenje bilo kog predloženog plana eksploatacije uglja od različitih lokalnih, regionalnih i

nacionalnih vladinih agencija pre otpočinjanja eksploatacije (Australija, Kanada, Južna Afrika, SAD i dr.). Zajednički elementi u svim zemljama koji se mogu naći u mnogim zakonima uključuju zahteve za selektivnim odlaganjem, posebno plodnog zemljišnog sloja i otkrivke, ponovno oblikovanje prema zemljišta prema prvobitnim konturama, superviziju vlade nad rekultivacijom zemljišta kako bi se uverili da je uspostavljena održiva vegetacija pa čak i polaganje novčanog depozita ili drugog vida finansijskog obezbeđenja pre narušavanja zemljišta. U SAD, rudarske kompanije po zakonu moraju da polože depozit jednak vrednosti rekultivacionih aktivnosti vezano za status vlasništva nad zemljom, minimalni depozit je 10.000 dolara po hektaru zemljišta koje će se poremetiti. Položena sredstva za depozit vraćaju se u tri faze. Prvi deo se vraća kada sje npr odlagalište oblikovano. Drugi deo se oslobađa kada je uspostavljena inicijalna vegetacija, dok se poslednji deo oslobađa posle uspešne potvrđene produktivnosti koja je dokazana u periodu 5-10 godina [3].

Kod nas, na našim najvećim kopovima uglja Kolubarskog i Kostolačkog basena zajednička je osobina primenjene tehnologije, koja ne omogućava selektivno otkopavanje i odlaganje otkrivke. Sa aspekta ciljnog zadatka predmetnih istraživanja, ova činjenica otvara krupan i zahtevan inženjerski zadatak vezan za analizu i ocenu opravdanosti selektivnog otkopavanja i odlaganja otkrivke. Selektivno otkopavanje i odlaganje otkrivke u radnoj sredini heterogenog litološkog sastava, ima konfliktnu-višekriterijumsku dimenziju. U takvim uslovima, kroz prizmu rekultivacije, revitalizacije i uređenja prostora zahvaćenih eksploatacionim radovima, treba sagledati moguća racionalna rešenja i efekte.

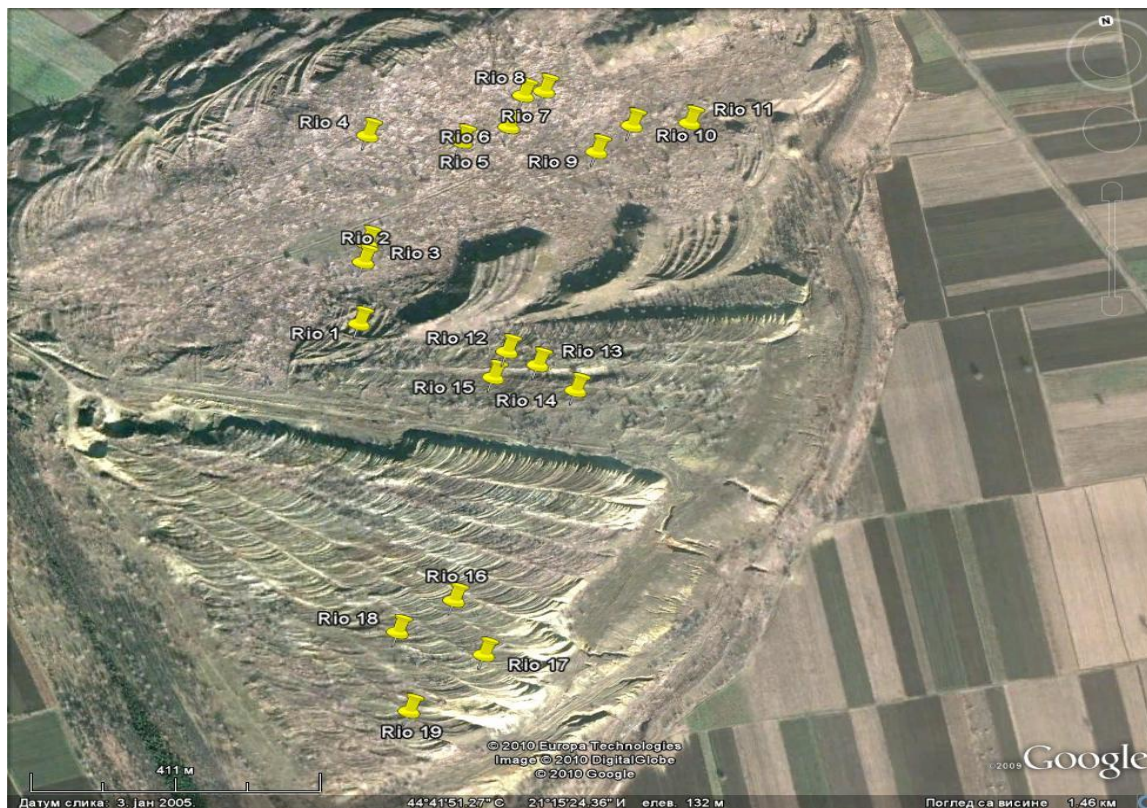
Danas, posmatrajući rudarstvo u Srbiji sa aspekta zaštite životne sredine i njenog dela koji je direktno narušen, zemljišni resurs, oporavak i revitalizacija zemljišta klasičnim merama ima alternativu iz dva razloga. Prvi, do sada predlagane mere u tehnologiji rekultivacije često nisu multidisciplinarno posmatrane tako da je stepen uspešnosti i realizacije zbog toga bio mali. Rekultivacija i revitalizacija narušenog zemljišta nije posmatrana sa pedološkog i agrohemijškog ugla već kao geološki sloj sa svojim mineralnim osobinama. Uključivanje multidisciplinarnog tima (pedologa, agrohemijčara, geologa, inženjera ratarske i šumarske struke, botaničara, tehnologa i dr.), ima za cilj osvajanje novih tehnologija u postupku rekultivacije zemljišta. Ukoliko bi se napravio kompromis (ekonomsko-ekološki) i obezbedila finansijska sredstva za izvođenje rekultivacije na svim degradiranim zemljišnim površinama u Srbiji, osnovni i jedini problem predstavljao bi obezbeđenje kvalitetnog pozajmišta zemljišnog materijala. U praksi se često zemljište posmatralo, posmatra kao geološki sloj od 2 metra, smatrajući ga homogenim materijalom po celoj svojoj dubini. Takva praksa je bila pogrešna i sa takvim parametrima se često i ulazilo u proračune o zalihama pozajmišta zemljišta, zaboravljajući da često svega 30-40 cm površinskog sloja zemljišta karakteriše njegovu plodnost. Posmatrajući pozajmište zemljišta sa pedološkog i agrohemijškog aspekta u većini slučajeva je teško obezbediti pozajmište a nenarušavajući postojeći zemljišni fond. Drugi razlog je da za izvođenje klasične tehnologije rekultivacije potrebno je oko 15.000 EUR-a po hektaru. Osim toga za realizaciju takvih mera potrebno je angažovanje velikog broja građevinskih mašina.

Stoga predlog je, da se na površinama gde je to moguće, izbegne klasično nanošenje „humusnog sloja zemljišta“ i primeni tehnologija novije generacije. To je i bio osnovni razlog za razmišljanje i pokretanje ovakvog jednog projekta koji ima za cilj uvođenja novih tehnologija korišćenjem zeolita i proizvoda dobijeg hemijsko-tehnološkom obradom nus proizvoda u postupku eksploatacije uglja (ugljena prašina).

## **MATERIJAL I METODE RADA**

Pre početka izvođenja navedene tehnologije biološke rekultivacije urađene su osnovne agrohemijske i fizičko-mehaničke osobine deosola na površini od 20 ha koja je bila predviđena za rekultivaciju. Uzeto je ukupno 19 uzoraka zemljišta koja mrežom uzorkovanja pokriva celokupnu površinu. Dubina uzimanja uzoraka zemljišta, definisana je do 20 cm dubine jer se radi o deosolima. Mesta i linije uzorkovanja zemljišta definisane su GPS koordinatama što predstavlja osnovu i za dalje mere i aktivnosti na ovim površinama (Slika 1). Sve hemijske analize (pH u H<sub>2</sub>O i KCL, EC, sadržaj humusa,

NPK, sadržaj mikroelemenata) i mehanički sastav zemljišta urađeni su po metodama prihvaćenih od strane Društva za proučavanje zemljišta Republike Srbije.



Slika 1 – Satelitski snimak odlagališta i mesta uzorkovanja deposola

Zeolit korišćen za biološku rekultivaciju imao je visok KKI oko 140 Meq/100g, klinoptilolitsko-hejlanditskog tipa, sa sadržajem klinoptilolita minimalno 50%, domaćeg je porekla, ZEO-KOP, Igroš.

Količina zeolite koja je primenjena po jediničnoj površini (ha) iznosi između 4.5 i 5.0 t. Proizvod na bazi ugljene prašine koji obezbeđuje zalihe humusa, azota i kalijuma po hektaru je oko 5.000 litara. Detaljni opis tehnologije dobijanja proizvoda i hemijski sastav nije opisan jer predstavlja tehničko-tehnološko rešenje koje čeka svoju verifikaciju.

Kulture koje su gajene na navedenim površinama su travno-leguminozna smeša, lucerka i uljana repica.

## REZULTATI RADA I DISKUSIJA

Spoljašnje odlagalište Drmno nastalo je procesom ekspoatacije uglja u TE Kostolac kao odlagalište otkrivke. Proces deponovanja je završen tako da se danas prostire na površini od oko 100 ha. Na delu spoljašnjeg odlagališta Drmno, izvršena je planska tehnička rekultivacija koja je podrazumevala ravnjanje terena, oblikovanje kosina, gde se smenjuju zaravni i kosine sa namerom da se kosine pošume šumskim vrstama drveća a zaravni koriste za poljoprivrednu proizvodnju. Zbog velike heterogenosti pedološkog pokrivača ovog područja i kasnijeg neselektivnog deponovanja, na malom prostoru mogu se sresti nekoliko pretaloženih tipova zemljišta. Najveće površine pretaloženog deposola formirane su od zemljišta koje pripadaju klasi nerazvijenih zemljišta različitog mehaničkog sastava, peskovit i lesolika-peskuša i klasi kambičnih zemljišta, tipa Gajnjača. Definisana površina od 20 ha na kojoj je izvršena hemijsko-biološka rekultivacija po svojim hemijskim a posebno fizičko-mehaničkim osobinama karakterisala se veoma velikom heterogenošću na veoma malom prostoru. Što



se tiče hemijskih osobina vrednosti aktivne kiselosti pre početka rekultivacije kreću se od 6.64 (neutralna) do 8.08 (slabo alkalna), što ne predstavlja ograničavajući faktor za izvođenje biološke rekultivacije, već naprotiv jedan stabilan kompleks. Vrednosti razmenljive kiselosti kreću se od 4.90 do 7.60. Obezbeđenost deposola humusom na pojedinim mestima je nizak dok na većem delu skoro potpuno izostaje, približavajući se granici detekcije. Provodljivost zemljišta je veoma heterogena, kreće se od 144.1 do 455 uS.

Sadržaj makro elemenata (NPK) je veoma nizak. Sadržaj pristupačnih oblika mikroelemenata i ukupni sadržaj (Zn, Mn, Cd, Pb, i dr) nije povećan i ne predstavlja ograničavajući faktor za biološku rekultivaciju.

Autori Broll i Kuntze [4, 5] ističu da pre nego što se započne biološka rekultivacija obavezno ispita kvalitet zemljišta i to u dva pravca. Prvo u zemljištu mora da se utvrdi sadržaj nedozvoljenih koncentracija štetnih, toksičnih materija. Potom se određuje agrohemijski kvalitet zemljišta, njegova plodnost kako bi se odredio pravac korektivnih mera. Na taj način utvrdiće se koja vrsta poljoprivrednih ili šumskih kultura može biti predložena za datu površinu.

Mehanički sastav deposola zbog svog porekla i neselektivnog odlaganja u postupku deponovanja veoma je heterogen i specifičan. U okviru navedenih 20 ha najveći deo deposola po mehaničkom sastavu pripada klasi peskova dok je jedan manji deo je ilovastog sastava.

Na deposolima peska veoma su vidljive razlike u mehaničkom sastavu na donjem i gornjem platou gde se navedeni deposoli nalaze. Analizom je utvrđeno da na gornjem platou sadržaj čestica manjih od 44 $\mu$  je samo 14.61 % ili svega 12.57 % manjih od 8  $\mu$  što sa aspekta proizvodnih uslova pre svega vodno-vazdušnih predstavlja problem. Navedene razlike nastale su najverovatnije zbog eolske erozije najfinijih frakcija jer su navedene površine i najizloženije.

Tehnologija biološke rekultivacije izvedena je u nekoliko faza. Prva faza bila je nanošenje proizvoda na bazi zeolita u količini od 4.5 do 5.0 t/ha. Nakon toga pristupilo se proizvodnji preparata na bazi ugljene prašine i njena primena. Nakon toga izvršeno je priprema zemljišta za setvu tanjiranje, nakon čega je u zavisnosti od kulture izvršena setva na definisanoj dubini.

Prvi morfološki parametri gajenih biljaka klijanje, nicanje, bokorenje na ovako siromašnim peskovima uz ovako primenjenu tehnologiju ukazuju na potpunu opravdanost navedenih mera. Navedena tehnologija ima produženo dejstvo i omogućuje potrebne rezerve najvećeg broja makro i mikro elemenata, kao i humusa gajenim biljkama. Na taj način izvršena je ušteda u startnom đubrivu koje je bilo potrebno primeniti pri setvi gajenih kultura. Stepenn iskorišćenja makro i mikro elemenata ovom tehnologijom je daleko veći i efikasniji.

Na slici 2 prikazani su peskovite površine zemljišta pre tretmana kao i površine nakon tretmana i setve travno-leguminoznim smešama i uljanom repicom. Prve merljive rezultate u morfološkom parametrima biljaka i novonastalim promenama u deposolima očekujemo na proleće 2011 godine.



Slika 2 – Snimak peskovitih površina zemljišta pre setve (1), kao i efekti ove tehnologije sa travno leguminoznim smešama (a) i uljanom repicom (b)

## ZAKLJUČAK

Nova predložena tehnologija predstavlja jedan od vidova kompleksne biološke rekultivacije zemljišta na deposalima koji se karakterišu slabim proizvodnim osobinama (peskoviti mehanički sastav, nizak sadržaj organske materije i makro elemenata). Tehnologija je u svojim prvim fazama verifikacije opravdala svoju primenu kroz morfološke karakteristike gajenih kultura bez obzira na prvobitno nepovoljan fizičko-hemijski sastav zemljišta.

## LITERATURA

1. Werner, K., Einhorn W., Krummsdorf A. (1984): Technical and biological reclamation and development of exhausted open cast mines in the German Democratic Republic, *GeoJournal* 8.1, 075-079
2. Strzyszcz, Z. (1996): Reclamation and Land scaping in Areas after Brown-Coal Mining in the Middle-East European Countries, *Water, air and Soil Pollution*, 91, 1-2, pp. 145-157
3. Vujić S., i sar. (2006): Selektivno otkopavanje i odlaganje otkrivke u funkciji rekultivacije površinskih kopova uglja, 232, Srbija
4. Broll, G., et al., (2000): Rekultivierung in Bergbaufolgelandschaften: Bodenorganismen, bodenökologische Prozesse und Standortentwicklung, *Rekultivierung in Bergbaufolgelandschaften*, Springer-Verlag, pp. 1-306

# **AKTUELNA PROBLEMATIKA IZRADE STUDIJA O PROCENI UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU ZA PROJEKTE EKSPLOATACIJE MINERALNIH SIROVINA**

**Siniša Stojković<sup>1</sup>, Milinko Radosavljević<sup>2</sup>, Titomir Obradović<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Ministarstvo životne sredine, rudarstva i prostornog planira, <sup>2</sup>Rudarski institut d.o.o. Beograd,

<sup>3</sup>Expertinženjering d.o.o. Šabac

## **IZVOD**

U radu je razmatrana problematika izrade studija o proceni uticaja na životnu sredinu rudarskih objekata i radova. Akcenat će biti na obimu Studije, posebno u problematici definisanja postojećeg stanja zagađenosti životne sredine (nulto stanje), kao i definisanju štetnih uticaja preko kvantifikacije karakterističnih zagađujućih materija, potrebnim merama zaštite i odgovarajućeg monitoringa.

## **ABSTRACT**

This paper presents the problem of making environmental impact assesment studies of mining facilities and works. Content of the study will be carefully discused, especially the issue of defining the current situation of environmental pollution as well as defining the adverse effect through quantification of typical pollutants, necessary environmental protection and appropriate monitoring.

## **1. UVOD**

Postupak procene uticaja projekata na životnu sredinu reguliše Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu („Službeni glasnik RS”, br. 135/04, i 36/09).

Kod procedure sprovođenja procene uticaja na životnu sredinu, razlikuju se tri faze, a u zavisnosti na kojoj se listi nalazi projekat, prolazi se kroz jednu, dve ili više faza:

- I Faza: Odlučivanja o potrebi procene uticaja projekta na životnu sredinu
- II Faza: Određivanja obima i sadržaja Studije procene uticaja
- III Faza: Studija procene uticaja na životnu sredinu

Subjekti koji učestvuju u proceduri procene uticaja na životnu sredinu su: nosilac projekta, nadležni organ, obrađivač studije. (nadležni organ je ministarstvo nadležno za zaštitu životne sredine)

Postupak procene uticaja na životnu sredinu i izdavanje saglasnosti na studiju o proceni uticaja projekta na životnu sredinu u slučaju rudarskih projekata, sprovode republički organi nadležni za poslove zaštite životne sredine. Bez saglasnosti na studiju o proceni uticaja projekta na životnu sredinu Nosilac projekta ne može pristupiti izvođenju radova, tj. realizaciji Projekta.

U okviru sprovođenja postupka procene uticaja projekta na životnu sredinu, nadležni organ:

- *Odlučuje o potrebi izrade studije*
- *Određuje obim i sadržaj studije i*
- *Daje saglasnosti na studiju.*

## **2. ŠTA JE NAJVAŽNIJE U SVAKOJ STUDIJI O PROCENI UTICAJA?**

Sadržaj i obim Studije o proceni uticaja određen je Pravilnikom o obimu i sadržaju studije o proceni uticaja.

Suštinski možemo izdvojiti četiri bitne celine svake studije, a to su:

- ✓ Prikaz postojećeg stanja životne sredine na lokaciji predmetnog projekta (nulto stanje)

- ✓ Definisiranje mogućih izvora zagađenja
- ✓ Mere zaštite
- ✓ Plan monitoringa

Sa aspekta zaštite životne sredine svaka od navedenih celina, i sve zajedno imaju veliki značaj u postupku izrade studije o proceni uticaja, a što je najvažnije, one u mnogome određuju svako dalje praćenje kvaliteta životne sredine, kada projekat počne sa realizacijom. Zato je postojeće ili nultu stanje veoma važno, jer je to polazna osnova svake daljnje analize i praćenja eventualnih promena tj. narušavanja životne sredine radom Projekta koji je predmet studije. Analiziranjem mogućih štetnih uticaja projektovane tehnologije potrebno je izvršiti identifikaciju i kvantifikaciju karakterističnih zagađivača svih medija životne sredine. Na osnovu definisanja mogućih štetnih uticaja Projekta na životnu sredinu određuju se adekvatne mere zaštite. Kroz plan monitoringa akcenat se stavlja na one štetnosti koje imaju najveći uticaj i koje treba pratiti.

Plan monitoringa treba uraditi prema važećoj zakonskoj regulativi, a merenja treba da potvrde da radom Projekta životna sredina neće biti dodatno zagađena.

### **3. KAKO UNAPREDITI DOSADAŠNJU PRAKSU PRI IZRADI STUDIJA**

U praksi se često dešava da su Studije o proceni uticaja preopširne, a da ne daju pravu sliku mogućih uticaja Projekta na životnu sredinu, niti se bitne stvari tretiraju na pravi način. U većini slučajeva nedostaju potrebni podaci o stanju životne sredine. Analiziraćemo neke od sadržaja koji se često različito tumače i različito obrađuju.

#### **3.1. Opis lokacije na kojoj se planira izvođenje projekta i opis postojećeg stanja životne sredine**

Ovo poglavlje je važan deo sadržaja Studije o proceni uticaja. Međutim često ne raspoložemo sa dovoljno podataka o stanju životne sredine na konkretnoj lokaciji predmetnog Projekta.

- ✓ Pedološke karakteristike terena se moraju analizirati posebno, imajući u vidu da kod svake intervencije u prostoru, planiranja terena, površinske eksploatacije (otkopavanja mineralne sirovine) i sl., dolazi do nepovratne degradacije površinskog sloja zemljišta. U toku pripremnih radova, redovne eksploatacije i u akcidentnim situacijama zemljište može biti kontaminirano i kao takvo biti izvor zagađenja površinskih i podzemnih voda i vazduha. Značaj ovakvog pristupa je još veći ako se istovremeno radi i rekultivacija dela terena ili se okolno zemljište koristi za poljoprivrednu proizvodnju. Uticaj projekata se u tim slučajevima posmatra kroz aspekt ugrožavanja poljoprivredne proizvodnje, gde pojedini emitovani polutanti mogu da utiču na lanac ishrane i direktno ugroze zdravlje ljudi.
- ✓ Hidrogeološke karakteristike imaju takođe značajno mesto u slučajevima kada su nivoi podzemnih voda visoki.
- ✓ Sa geomorfološkog (orografskog) aspekta autori Studije ne smeju da zanemare faktore životne sredine kao što je: nadmorska visina, ekspozicija terena, izloženost meteorološkim i dr. uticajima, opasnost od erozije i klizanja, vizuelna zaklonjenost i sl.
- ✓ Opis lokacije – geološke karakteristike potrebno je prikazati kroz najmanje jedan karakterističan geološki profil.
- ✓ Za prikaz hidrogeoloških karakteristika autori uglavnom koriste podatke prethodnih istražnih radova, ili podatke koji se mogu pribaviti o karakteristikama šireg prostora, koji inače postoje za veći deo teritorije Srbije. Međutim, ponekad u zavisnosti od specifičnosti lokacije potrebno je raditi posebne hidrogeološke studije uticaja projekta na podzemne vode.
- ✓ Studija treba da sadrži podatke o izvoristima vodosnabdevanja (udaljenost, kapacitet, ugroženost, zone sanitarne zaštite) i osnovne hidrološke karakteristike za projekte koji se grade u okviru zona koje treba štititi zbog mogućeg zagađenja podzemnih i površinskih voda, posebno gde postoji izvoriste vodosnabdevanja. Obzirom da u Srbiji samo manji broj lokalnih vodovoda i centralnih vodovodnih sistema ima definisane zone sanitarne zaštite i uslove

ponašanja u njima, pri izradi studija uticaja treba primenjivati propise koji tretiraju ovu materiju, pribaviti mišljenja organa koji gazduje vodovodom, a u situacijama gde nema dovoljno podataka prikupiti informacije na terenu.

- ✓ Opis klimatskih karakteristika sa odgovarajućim meteorološkim pokazateljima do sada je bio opterećen nepotrebnim podacima, koji se nisu mogli povezati sa konkretnim projektom. Zbog toga je, pored najopštijih karakteristika i pokazatelja, neophodno prikazati mikroklimatske specifičnosti prostora, kao i to koji faktori utiču na njih: blizina akvatorije i visok nivo podzemnih voda, dominantni pravac vetrova, insolacija i sl. Pri tome se minimalno moraju prikazati meteorološki parametri bitni za prostornu raspodelu zagađujućih materija, kako kod kontinuiranih izvora tako i u slučaju udesa: pojava inverzionih stanja, tišina i klase stabilnosti atmosfere.
- ✓ Opis flore i faune; prirodnih dobara posebne vrednosti (zaštićenih), nepokretnih kulturnih dobara, retkih i ugroženih biljnih i životinjskih vrsta i njihovih staništa i vegetacije je neophodan i mora se dati u okviru poglavlja opis lokacije. Osnovni podaci za ovu tačku se pribavljaju od nadležnih institucija: Zavoda za zaštitu prirode i Zavoda za zaštitu spomenika kulture. Podaci i ograničenja - uslovi za eksploataciju su posebno važni za projekte koji se grade u okviru zona određenih kao zaštićena područja, posebno osetljiva područja, parkovi prirode, arheološka nalazišta i dr. Deo potrebnih informacija uvek postoji u planskim aktima, posebno Prostornim planovima, Planovima posebne namene, Generalnim urbanističkim planovima ili dokumentima nižeg nivoa. Pored toga, od autora se uvek očekuje da na terenu identifikuju elemente iz ove tačke, kako na samoj lokaciji, tako i u okruženju, ako se očekuje određen uticaj.
- ✓ U okviru opisa lokacije potrebno je dati podatke o naseljenosti, koncentraciji stanovništva i demografskim karakteristikama u odnosu na objekte i aktivnosti. Potrebne informacije za ovu tačku sakupljaju se iz prostornih i urbanističkih planova, pri čemu se prilaže dokument (Informacija o lokaciji) dobijen od nadležnog organa o nameni prostora i urbanističkim uslovima ili citira vazeći dokument iz koga se može videti šta subjekt koji upravlja prostorom planira na predmetnoj lokaciji.
- ✓ Najveći deo podataka o postojećim privrednim i stambenim objektima, objektima infrastrukture sakupljaju autori na terenu, pri čemu se informacije o postojećim i planiranim infrastrukturnim objektima i instalacijama dobijaju zvanično od nadležnih komunalnih preduzeća.

Unapređenje kvaliteta sadržaja Studije o proceni uticaja projekta na životnu sredinu može se postići prilagođavanjem sadržaja studije specifičnostima konkretnog projekta (pojedinih poglavlja dati veći značaj a neka čak i izostaviti ako je to saglano sa specifičnostima lokacije i tehnološkog procesa).

### **3.2. Opis projekta**

Sadržaj neophodnih prethodnih radova je najvećim delom određen drugim propisima (Zakon o detaljnim geološkim istraživanjima) i uključuje istražne radove na ležištu mineralne sirovine koji obuhvataju geološka ispitivanja, istražno bušenje, laboratorijska ispitivanja i tehnološka ispitivanja mineralne sirovine.

Opis projekta, treba da bude sažet a sveobuhvatan i treba da pruži dovoljno elemenata za procenu uticaja. Nosilac projekta mora da bude upoznat sa mogućim uticajima projekta na životnu sredinu. Potrebno je priložiti situacionu kartu u odgovarajućoj razmeri sa ucrtanim svim rudarskim objektima, putevima, pratećim objektima, postrojenjima, mehanizacijom i objektima u funkciji zaštite životne sredine, kao i objektima u okruženju sa razmernikom kako bi se moglo proceniti rastojanje najbližih objekata u životnoj sredini od potencijalnih izvora zagađenja.

### **3.3. Prikaz glavnih alternativna**

Nosioci projekta uglavnom ne razmatraju alternativna rešenja ni po jednoj tački. Zbog toga

autorima analize ostaje da teorijski razmatraju ovu problematiku, što nije suština ovog poglavlja. U slučajevima većih intervencija u prostoru i izgradnji projekata koji su od šireg značaja treba obavezno u svim fazama izrade planske i tehničke dokumentacije razmatrati alternativna rešenja, gde je opet obavezno učešće onih koji se bave zaštitom životne sredine.

### **3.4. Opis mogućih značajnih uticaja projekta na životnu sredinu**

Opis mogućih značajnih uticaja projekta na životnu sredinu obuhvata kvalitativni i kvantitativni prikaz mogućih promena u životnoj sredini za vreme pripremnih radova projekta, redovnog rada i za slučaj udesa, kao i procenu da li su promene privremenog ili trajnog karaktera. Ovo poglavlje je ključno za izradu Studije o proceni uticaja. Analiza mogućih značajnih uticaja zahteva izuzetna znanja autora i sagledavanje svakog pojedinačnog ili kombinaciju uticaja. U okviru ovog poglavlja vrši se procena uticaja projekta na osnovne supstrate životne sredine, uključujući i nivo buke i vibracija, toplotu i zračenja, U pitanju je složen zadatak koji se može izvršiti samo ako autori raspolažu podacima o stanju životne sredine. odnosno podacima o opterećenosti i kapacitetima životne sredine. U najvećem broju slučajeva. zbog nepostojanja potrebnih podataka. u praksi. autori prvo procenjuju stanje životne sredine. a onda se u okviru istog poglavlja procenjuje mogući uticaj što u biti znači dupliranje i ponavljanje i za posledicu ima povećanje obima studije. U postupku procene uticaja pojedinih štetnosti mogu se koristiti rezultati merenja, opšte priznati modeli za predikciju aerozagađenja, nivoa buke i td, literaturni podaci, analogija sa sličnim objektima za koje postoje egzaktni pokazatelji štetnih uticaja. Bilo koja tehnika koja se koristi mora se navesti u studiji nedvosmisleno.

Što se tiče meteoroloških parametara i klimatskih karakteristika, možemo reći da je malo projekata koji mogu imati uticaja na meteorološke parametre i klimatske karakteristike, ali zbog važnosti ovih parametara koji direktno utiču na distribuciju, prevashodno aerozagađenja potrebno ih je dati sa najbliže meteorološke stanice, a po potrebi i meriti na neposrednoj lokaciji rudarskog kompleksa.

Ekosistemi. Uticaji na ekosisteme se mogu procenjivati samo u slučajevima kada se projekti izvode na prostorima gde postoje prirodni ekosistemi ili gde takvi ekosistemi mogu trpeti promene zbog eksploatacije ili zbog pojave akcidentnih situacija u okviru projekta. Ostale tačke ovog poglavlja su jasne i verovatno neće biti problema za autore Studija uticaja da ih opišu na adekvatan način.

### **3.5. Opis mera za sprečavanje, smanjenje i gde je to moguće, otklanjanje svakog značajnijeg štetnog uticaja na životnu sredinu**

Kako se studija o proceni uticaja na životnu sredinu u oblasti rudarstva radi na osnovu Studije izvodljivosti mišljenja smo da treba jasno odvojiti mere zaštite koje se definišu na osnovu zakonske regulative, informacije o lokaciji, tehničkih propisa i dr. od onih mera zaštite koje treba ugraditi u Glavni ili dopunski rudarski projekat eksploatacije, jer bi tek tada studija o proceni uticaja na životnu sredinu ispunila svoju svrhu i na kraju ih sistematizovati kroz rezime običnim tehničkim rečnikom zbog dostupnosti studije širem auditorijumu.

Studija treba da analizira sve mere zaštite koje su date u projektu i da propiše nove mere ako se dokaže da postojeće nisu dovoljne, dodatne mere postaju obavezujuće za nosioca projekta.

Propisane mere zaštite koje budu ugrađene u studiju o proceni uticaja moraju se striktno sprovesti i kontrolisati u toku realizacije projekta.

### **3.6. Zakonski okvir programa praćenja uticaja na životnu sredinu**

Prikaz stanja životne sredine bi u svim slučajevima gde se proceni da je potrebno, morao da sadrži podatke dobijene merenjem, odnosno snimanjem tzv. nultog stanja.

Identifikacijom i kvantifikacijom izvora zagađenja i mogućih štetnih uticaja određuju se parametri koji se prate i upređuju sa graničnim vrednostima u skladu sa važećim propisima.

#### Vazduh

Zaštita vazduha, tj. praćenje kvaliteta vazduha mora biti u skladu sa:

1. *Zakonom o zaštiti vazduha, (Službeni glasnik RS .br.36/09)*
2. *Uredbom o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha, (Službeni glasnik RS br.11/2010)*
3. *Uredbom o izmenama i dopunama Uredbe o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha, (Službeni glasnik RS br.75/2010)*

kao i drugim propisima koji regulišu ovu oblast.

S tim u vezi treba i tražiti zakonski okvir za praćenja kvaliteta vazduha, bilo da je u pitanju snimanje postojećeg (nultog stanja) ili pak vršenje monitoringa.

U praksi često ne postoje podaci o merenju postojećeg, nultog-stanja, pa se nameće pitanje u kom obimu i šta treba meriti. U postojećem Zakonu o zaštiti vazduha, pored sistematskog merenja, kojima se uspostavlja državna i lokalna mreža mernih stanica i/ili mernih mesta za fiksna merenja (član 10.ovog Zakona), praćenje kvaliteta vazduha može se obavljati i namenskim indikativnim merenjima, na osnovu akta nadležnog organa za poslove zaštite životne sredine kada je potrebno utvrditi stepen zagađenosti vazduha na određenom prostoru, koji nije obuhvaćen mrežom monitoringa kvaliteta vazduha.Uredbi nultog stanja treba sprovesti prema zahtevima *Uredbe i Uredbe o izmenama i dopunama Uredbe o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha*, a to mogu biti namenska merenja.

#### Buka

Merenje nivoa buke u životnoj sredini treba planirati i obavljati prema:

1. *Zakonu o zaštiti od buke u životnoj sredini (Službeni glasnik RS br.36/2009)*
2. *Uredbi o indikatorima buke, graničnim vrednostima, metodama za ocenjivanje indikatora buke, uznemiravanja i štetnih efekata buke u životnoj sredini (Službeni glasnik RS br.75/2010)*
3. *Pravilniku o metodama merenja buke,sadržini i obimu izveštaja o merenju buke (Službeni glasnik RS br.72/2010)*
4. *Pravilniku o metodologiji za određivanje akustičkih zona (Službeni glasnik RS br.72/2010)*
5. *Pravilniku o metodologiji za izradu akcionih planova (Službeni glasnik RS br.72/2010)*

U slučaju praćenja uticaja buke rudarskih objekata na životnu sredinu najveći značaj imaju osnovni indikatori buke, tj. indikatori buke koji opisuju ometanje bukom u toku dana, večeri i noći ( $L_{day}$ ,  $L_{evening}$ ,  $L_{night}$ ), ili ukupni indikator buke za period od 24<sup>h</sup> ( $L_{den}$ ). Osnovni indikatori buke mogu se koristiti za izradu strateških karata buke. Prihvatljivi bi bili i dugovremenski intervali merenja nivoa buke u skladu sa standardima SRPS ISO 1996-1 i SRPS ISO 1996-2, kao merodavni nivoi buke. Ovakva merenja treba sprovesti 2 puta godišnje u različitim vremenski uslovima i u neposrednoj okolini kopa.

#### Vode

Ispitivanje kvaliteta voda treba planirati i vršiti prema:

- 1.*Zakonu o vodama ("Sl. glasnik RS", br. 30/10)*

U pripremi su sledeća podzakonska akta:

1. *Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih supstanci u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu*
2. *Uredba o graničnim vrednostima prioriternih i prioriternih hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje*
3. *Uredba o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vode i rokovima za njihovo dostizanje*

Do donošenja ovih uredbi u primeni su sledeća podzakonska akta:

1. *Uredba o klasifikaciji voda, Sl. glasnik SRS br. 5/68*
2. *Pravilnik o opasnim materijama u vodama, Sl. glasnik SRS br. 31/82*
3. *Pravilnik o načinu i minimalnom broju ispitivanja kvaliteta otpadnih voda, Sl. glasnik SRS br. 47/83*
4. *Uputstvo o načinu i postupku za utvrđivanje postignutog stepena prečišćavanja ispuštene zagadjene vode, Sl. glasnik SRS br. 9/67*
5. *Uredba o klasifikaciji voda medjurepubličkih vodotoka, međudržavnih voda i voda obalnog mora Jugoslavije, Sl. list SFRJ 6/78*

U principu, kontrolu kvaliteta površinskih voda treba vršiti na mestu gde se površinske vode sa kopova ispuštaju u recepijente, a podzemne vode iz piezometara na karakterističnim lokacijama. Broj mernih mesta svakako zavisi od veličina prostora koji zahvata eksploataciono polje.

#### Zemljište

Ispitivanje kvaliteta zemljišta treba planirati i vršiti prema:

1. *Zakon o poljoprivrednom zemljištu („Sl. glasnik RS“, br. 62/06).*
2. *Uredba o programu sistematskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa, Sl. glasnik RS br. 88/2010 (odnosi se na kvalitet zemljišta i podzemnih voda koje ne spada u poljoprivredno zemljište)*

Novi zakon o zaštiti zemljišta je u pripremi.

#### **4. ZAKLJUČCI**

Unapređenje kvaliteta sadržaja Studije o proceni uticaja projekta na životnu sredinu može se postići prilagođavanjem sadržaja studije specifičnostima konkretnog projekta (pojednim poglavljima dati veći značaj a neka čak i izostaviti ako je to saglano sa specifičnostima lokacije i tehnološkog procesa). Ideja ovog rada nije bila da detaljno prikaže kompletnu problematiku izrade Studija procene već da se odredi prema suštini koja treba da bude cilj svake studije. Zato smo mišljenja da sve tačke u obimu i sadržaju svake studije nemaju isti značaj, pa ih iz tog razloga ne treba isto i tretirati. Da bi studija imala svoj značaj i mesto u celom postupku od izrade projektne dokumentacije, preko dobijanja saglasnosti i konačno odobrenja za rad ona mora imati merljive pokazatelje u sistemu zaštite životne sredine, od prikaza postojećeg stanja, preko identifikacije i kvantifikacije mogućih štetnosti, propisanih mera zaštite i na kraju predloženog monitoringa. Upravo su ovo celine kojima treba posvetiti najviše pažnje i na koje svaka studija mora u potpunosti odgovoriti. Stoga, ako nemamo adekvatno snimljeno postojeće stanje životne sredine, nemamo ni mogućnost praćenja štetnih uticaja kada projekat počne sa realizacijom, jer dobijene parametre nemamo sa čime porediti. Pravilna identifikacija i kvantifikacija pojedinih štetnosti određuje i adekvatne mere zaštite, a od njihove efikasnosti zavisi i obim monitoringa. Jasno je da su sve navedene celine usko povezane i da im treba posvetiti najveću pažnju.

#### **LITERATURA**

1. *Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu, ("Službeni glasnik RS", br. 135/04, 36/09)*
2. *Pravilnik o sadržini zahteva o potrebi procene uticaja i sadržini zahteva za određivanje obima i sadržaja studije o proceni uticaja na životnu sredinu (Sl. glasnik RS", br. 69/05)*
3. *Pravilnik o sadržini studije o proceni uticaja na životnu sredinu (Sl. glasnik RS", br. 69/05)*



# MOKRO MLEVENJE KVARCNOG PESKA I ODREĐIVANJE SPECIFIČNOG KAPACITETA MLINA NA BAZI TEORIJE SLIČNOSTI

## WET MILLING OF QUARTZ SAND AND ANALYSIS OF SPECIFIC MILL CAPACITY BASED ON THEORY OF SIMILARITY

Milan Petrov\*, Živko Sekulić\*, Vladimir Jovanović\*, Branislav Ivošević\*,  
Miloš Đokanović\*\*

\* *Institut za Tehnologiju Nuklearnih i drugih Mineralnih Sirovina, Beograd,*

\*\**AD Boksit Milići, Lukića Polje*

### Izvod

Postrojenje za mlevenje kvarcnog peska u Lukića Polju kod Milića pušteno je u rad 2010 godine sa sledećim radnim karakteristikama: kapacitet mlina je 15 t/h pri krupnoći od 90% - 600 μm. Zahtevi tržišta su: da finoća proizvoda bude 90% - 600 μm + 200 μm i da sadržaj feruma bude ispod 0,07% u proizvodu mlevenja. Upravo su navedeni zahtevi o sadržaju feruma i potrebnom granulometrijskom sastavu finalnog proizvoda usloveli da prilikom projektovanja budu usvojena sileks meljuća tela. Upotreba sileks kugli implicira promenu specifičnog kapaciteta. Specifični kapacitet mlina izražava se u t/h/m<sup>3</sup>, i znatno je manji za sileks kugle nego za metalne kugle. Dimenzije mlina sa gumenim oblogama su D x L = 2,4 m x 3,6 m; ulazni rukavac ima dimenzije Φ 300 a izlazni Φ 650 mm; broj obrtaja mlina je 17,8 o/min. Specifični kapacitet ovog mlina sa metalnim kuglama je 1,97 t/h/m<sup>3</sup>, a sa silek kuglama Q = 0,96 t/h/m<sup>3</sup>. U radu su prikazani rezultati merenja specifičnog kapaciteta u laboratorijim i industrijskim uslovima.

**Ključne reči:** teorija sličnosti, specifični kapacitet, mokro mlevenje.

### Abstract

Plant for grinding quartz sand in Lukica Polje near Milici was commissioned in 2010 with the following operating characteristics: the capacity of the mill is 15 t / h, with fractions of 90% - 600 μ m. Market requirements are that the fineness of the product is 90% - 600 μ m + 200 μ and the content of ferum is below 0.07% in the product of milling. Precisely specified requirements on the content of ferum and the necessary granulometric composition of the final product, caused that in designing exists a need to be adopted the sileks milling bodies. Using Sileks balls implies a change of the specific capacity. The specific capacity of the mill is expressed in t/h/m<sup>3</sup>, and it is considerably lower for Sileks balls then for metal balls. The dimensions of the mill with rubber lining are D x L = 2,4m x 3, 6 m; input sleeve has dimensions of Φ300 and the output Φ 650 mm; mill speed was 17.8 rpm. The specific capacity of this mill with metal balls is 1, 97 t/h/m<sup>3</sup>, and with the silek balls Q = 0, 96 t/h/m<sup>3</sup>. In this paper are presented results of measuring the specific capacity, in the laboratory and industrial conditions.

**Key words:** Theory of similarity, specific capacity, wet milling

### 1. Uvod

U inženjerskoj praksi usitnjavanja mineralnih sirovina postoji dosta teorijskih hipoteza i empirijskih formula za izračunavanje kapaciteta mlina, snage mlina i finoće proizvoda, ali ne postoji hipoteza za model i prototip na osnovu teorije sličnosti. U radu je na laboratorijskom modelu i industrijskom prototipu proverena invarijanta dinamičke sličnosti. Osnov teorije sličnosti je homogena linearna zavisnost između dve promenljive odnosno odgovarajućih veličina modela i industrijskog uređaja [1]. Tu zavisnost prikazuje izraz 1.

$$X_I = k \cdot X_M \quad (1)$$

Gde je: I - industrijski prototip  
M - model, uređaj na kojem se vrše istraživanja

## 2. Teorijski pristup

### 2.1. Newton-Bertrand-ov kriterijum sličnosti (I teorema sličnosti)

Ako se razmatra problematika o sličnosti dva uređaja tako da se ona definiše iz različitih fizičkih veličina s tim da je odnos tih veličina opet bezdimenziona veličina, onda se ona naziva invarijanta kompleks ili kriterijum. Na primer, za sile koje deluju u dva upoređujuća uređaja može se pisati:

Za model:  $F = m \frac{d\nu}{d\tau}$ , a za prototip:  $F' = m' \frac{d\nu'}{d\tau'}$ ,

Kako se u mlevenju radi o sili inercije, onda je u modelu i prototipu postignuta dinamička sličnost u pogledu te delujuće sile (spoljašnja sličnost):

$$\frac{F'}{F} = k_F \quad (2)$$

Za ovu sličnost vrede odnosi različitih fizičkih veličina:

$$\frac{m'}{m} = k_m, \dots, \frac{\nu'}{\nu} = k_\nu, \dots, i \dots \frac{\tau'}{\tau} = k_\tau. \quad (3)$$

Kako je:  $F' = k_F \cdot F$  i dalje:  $m' = k_m \cdot m, \dots, \nu' = k_\nu \cdot \nu, \dots, i \dots \tau' = k_\tau \cdot \tau$

Onda uvrštavanjem ovog u jednačinu za F dobijamo

$$k_F \cdot F = k_m \cdot m \frac{k_\nu \cdot d\nu}{k_\tau \cdot d\tau}, \quad (4)$$

Prenošenjem konstanti na levu stranu dobijamo:

$$\frac{k_F}{k_m} \cdot \frac{k_\tau}{k_\nu} \cdot F = m \frac{d\nu}{d\tau}, \quad (5)$$

Ako je,  $F = m \frac{d\nu}{d\tau}$ , onda za to postoji mogućnost samo ako je:  $\frac{k_F}{k_m} \cdot \frac{k_\tau}{k_\nu} = 1$ . Ovaj izraz se zove

indikator sličnosti. Dva su sistema dinamički slična ako je vrednost indikatora sličnosti jednaka 1. Ova konstatacija se može pisati ovako:

$$\frac{F' \cdot \tau'}{m' \cdot \nu'} = \frac{F \cdot \tau}{m \cdot \nu} = i_p = i_{dinam} = Ne \quad (6)$$

Ovo je invarijanta dinamičke sličnosti (kao razmera ili odnos impulsa i količine kretanja), koja se naziva Newtonov kriterij sličnosti. Ako uzmemo da je:  $\nu = \frac{L}{\tau}, \dots, i \dots \tau = \frac{L}{\nu}$ , . Dobija se:

$$\frac{F \frac{L}{\nu}}{m \cdot \nu} = \frac{F \cdot L}{m \cdot \nu^2} = Ne \quad (7)$$

U slučaju mehaničke (dinamičke) sličnosti dva sistema, produkt sile i puta (znači rad) podeljen s produktom mase i kvadrata brzine, za bilo koje dve odgovarajuće tačke oba sistema, ima istu brojčanu vrednost.

### 2.2. Dimenziona analiza i kriterijumske jednačine

Prema Buckinghamovom  $\pi$  teoremi svaka jednačina koja sadrži  $n$  povezanih fizičkih veličina ( $\nu, \rho, \mu$  itd.), između kojih  $m$  veličine imaju nezavisne dimenzije (M,L, $\tau$ ), može biti prevedena u jednačinu koja ima  $n$  do  $m$  bezdimenzionih kriterijuma i simpleksa, sastavljenih iz tih veličina. Pošto je za simpleks ili kriterijum uzeta oznaka P, onda se gornja teorema može napisati:

$$f(P_1, P_2, P_3, \dots) = 0 \quad (8)$$

odnosno:

$$P_1 = f(P_2, P_3, \dots) \quad (9)$$

Ova teorema ima veliki značaj u ekperimentalnom i teorijskom radu. Nalazimo vezu između bezdimenzionih izraza, koji su sastavljeni iz fizičkih veličina koje u ovom učestvuju. Pri tome je broj nepoznatih sveden na broj osnovnih jedinica mere najmanje 3, a to veoma pojednostavnjuje uslove eksperimentisanja i nalaženje zakonitosti o međusobnom učestvovanju fizičkih veličina. [1,2].

S obzirom na medij koji se nalazi u vrtložnom kretanju mogu se sve potrebne fizičke veličine grupisati ovako:

- linearne veličine i količine:
  - D - prečnik plašta mlina
  - $r_t$  - težišni poluprečnik torusa
  - L - dužina mlina
  - b - visina punjenja meljućim telima u odnosu na ukupnu zapreminu u mlinu
- osobine tečnosti
  - $\rho$  - zapreminska masa (gustina) medija
  - $\mu$  - viskozitet
- kinematičke i dinamičke veličine
  - n - broj okretanja mlina
  - g - ubrzanje sile teže
  - N - snaga za mešanje

U pitanju je veliki broj promenljivih veličina, koje su funkcionalno povezane. Postoje svega tri osnovne dimenzije (M, L, t), te zato treba ispitati koje bezdimenzionalne grupe se mogu formirati. Opšta jednačina glasi:  $f(D, r_t, L, b, \dots, \rho, \mu, \dots, n, g, N, \dots) = 0$

Uzmimo da želimo da formiramo bezdimenzionu grupu iz tri osnovne dimenzije:  $P_1 = r_t^a \cdot n^b \cdot \rho^c$ ,

Jer smo izabrali kao interesantne veličine težišni poluprečnik torusa, broj okretanja, i gustinu medija. Rešenjem te jednačine, tj. nalaženjem eksponenta morao bi se dobiti bezdimenzionalni kriterijum.

Uvrštavanjem dimenzija u jednačinu dobijamo:

$$P = r_t^a \cdot n^b \cdot \rho^c = (L)^a \cdot (t^{-1})^b \cdot (ML^{-3})^c \quad (10)$$

Pošto je kriterijum bezdimenziona veličina, njegov eksponent je nula, te se polinom izrazio putem jednačine pojedinih eksponenata.  $0 = a - 3c, 0 = c, 0 = -b$

Iz tih jednačina sledi da je:  $c = 0, b = 0, a = 3c = 0$

Dakle, jednačina glasi: 
$$P_1 = r_t^0 \cdot n^0 \cdot \rho^0 = 1 \quad (11)$$

Što znači da nismo na taj način dobili bezdimenzionu grupu, jer ako vrednost 1 uvrstimo u polinom, ne dobivamo sliku o uticaju navedenih veličina na proces. Ako se sada uvrsti četvrta veličina, koja ima neku zajedničku dimenziju sa jednom od navedene tri veličine, onda se formira grupa:

$$P_1 = r_t^a \cdot n^b \cdot \rho^c \cdot D^{-d} = \frac{r_t^a \cdot n^b \cdot \rho^c}{D^d} \quad (12)$$

Pošto su bezdimenzionalni kompleksi omeri, četvrta veličina stavljena je u imenilac. Jednačina se izražava pomoću dimenzija:  $P_1 = (L)^a \cdot (t^{-1})^b \cdot (ML^{-3})^c \cdot (L)^{-d}$

Te se ponovo postavljaju jednačine;  $0 = a - 3c - d, 0 = c, 0 = -b$

Dobija se:  $c = 0, b = 0, a = d$

Dakle, vrednost  $P_1$  izražena tom jednačinom je: 
$$P_1 = \frac{r_t^a \cdot n^0 \cdot \rho^0}{D^a} = \frac{r_t^a}{D^a} = \left[ \frac{r_t}{D} \right] = i_D \quad (13)$$

Dobijen je simpleks a ne kompleks dakle omer veličina poluprečnik težišta torusa medijuma i prečnika mlina. Sada se može formira grupa sa iste tri osnovne veličine,  $r_t, n$  i  $\rho$ , a kao četvrta veličina dužina mlina  $P_2 = f(L)$  ili visina punjenja mlina  $P_3 = f(b)$ . Može se sada pokušati sa kombinacijom iste 3 veličine u broiocu, a u imeniocu omera neka složena fizička veličina kao što je viskozitet,  $\mu$ ;  $P_4 = f(\mu)$ , ili npr. gravitacioni koeficijent, g:

U kombinaciji osnovne tri veličine sa veličinom  $g$  to izgleda ovako:

$$P_5 = r_t^a \cdot n^b \cdot \rho^c \cdot g^{-d} = \frac{r_t^a \cdot n^b \cdot \rho^c}{g^d} \quad (14)$$

I dalje:  $P_5 = (L)^a \cdot (t^{-1})^b \cdot (ML^{-3})^c \cdot (L^{-1}\tau^{-2})^{-d}$

Iz ovog eksponenti su:  $c = 0, b = 2d, a = d$

Dobiveni kompleks je: 
$$P_5 = \frac{r_t^d \cdot n^{2b} \cdot \rho^0}{g^d} = \left[ \frac{r_t \cdot n^2}{g} \right] = Fr_M \quad (15)$$

Tj. modifikovani oblik gravitacionog kriterijuma  $Fr$ . Dalje, u kombinaciji sa snagom  $N$ :

$$P_6 = r_t^a \cdot n^b \cdot \rho^c \cdot N^{-d} = \frac{r_t^a \cdot n^b \cdot \rho^c}{N^d} \quad (16)$$

Odnosno dimenziono pisano:  $P_6 = (L)^a \cdot (t^{-1})^b \cdot (ML^{-3})^c \cdot (ML^2\tau^{-3})^{-d}$

Eksponenti su:  $c = d, b = 3d, a = 5d$

Dobijen je kompleks: 
$$P_6 = \frac{r_t^{5d} \cdot n^{3b} \cdot \rho^d}{N^d} = \left[ \frac{r_t^5 \cdot n^3 \cdot \rho}{N} \right] = P_N, ili, Eu_M \quad (17)$$

Izraz je kriterijum snage, koji se katkada naziva i modifikovani izraz Froudea (Frud) ( $Fr_M$ ). Pošto se smatra da je snaga za mlevenje veličina od posebne važnosti, a kriterijum snage će biti određen ako je funkcija svih navedenih najvažnijih simpleksa i kriterijuma, može se pisati eksplicitno:

$$P_N = f(P_1, P_2, P_3, P_4, \dots) \quad (18)$$

Odnosno: 
$$P_N = f(i_D, i_L, i_b, \dots, Re_M, Fr_M) \quad (19)$$

Kriterijum snage  $P_N$  sadrži u sebi veličinu  $N$ , što znači da se pomoću tog izraza može izračunati snaga za mlevenje ako su poznate sve navedene veličine, simpleksi i kriterijumi. Poznato je da je gotovo nemoguće postići više od tri sličnosti istovremeno, a već postizanje 2 sličnosti je katkada teško. Zato primena navedenog izraza neće uspeti ako želimo postići sve navedene geometrijske i hidrodinamičke sličnosti. Ako želimo modelirati mlevenje, tj. ako želimo upotrebiti podatke dobijene eksperimentima izvedenim na modelu za konstruisanje industrijskog mlina, mora se funkcionalnost  $P_N$  koja sadrži ostale veličine pojednostaviti. U prvoj aproksimaciji, uzima se da postoji unutrašnja geometrijska sličnost između modela i prototipa, tj. da simpleksi imaju u oba aparata istu numeričku vrednost:

$$\frac{r_t'}{D'} = \frac{r_t}{D}, tj. P_1' = P_1, odnosno, \frac{P_1'}{P_1} = 1 \quad (20)$$

S obzirom da je vrednost indikatora sličnosti (omer simpleksa iste vrste ili kompleksa iste vrste) jednaka 1, onda se u jednačini-polinomu taj faktor može izostaviti.

Tako ostaje da je:  $P_N = f(Re_M, Fr_M)$ .

U drugoj aproksimaciji – pojednostavljenju, s obzirom da se radi o turbulentnom kretanju razne inercione sile su neuporedivo značajnije od sile gravitacije, tako da se gravitacioni kriterijum  $Fr_M$  takođe može zanemariti. Ako je  $d$  eksponent od  $Fr_M$ , onda u navedenom slučaju zanemarujemo značaj gravitacije.  $d \rightarrow 0$ . Što znači da je:  $Fr_M^d \approx 1$ .

Dakle u polinomu se može izostaviti i  $Fr_M^d$ , pa ostaje samo;  $P_N = k \cdot Re_M^a$

Ako je: 
$$P_N = \frac{\rho \cdot n^3 \cdot r_t^5}{N} \quad (21)$$

Onda se funkcionalnost  $P_N$  i  $Re_M$  izražava: 
$$\frac{\rho \cdot n^3 \cdot r_t^5}{N} = k \cdot Re_M^a \quad (22)$$

Iz ove jednačine izračunava se snaga  $N$ : 
$$N = \frac{\rho \cdot n^3 \cdot r_t^5}{k \cdot \text{Re}_M^a} \quad (23)$$

Ako se uzme da je koeficijent;  $\frac{1}{k} = k_1$

Onda se dobija izraz za snagu mlina; 
$$N = k_1 \cdot \text{Re}^{-a} \cdot \rho \cdot n^3 \cdot r_t^5 \quad (24)$$

Gde se kako je u [1] navedeno  $k_1 \cdot \text{Re}_M^{-a} = Eu_M$ , ali češće se navodi samo kao kriterijum snage mlina. Vidi se da ovako izveden kriterijum snage mlina ima recipročnu vrednost kriterijuma  $P_N$ , kojim je izveden izraz za snagu, dakle, uobičajeni kriterijum snage iz gornjeg izraza je:

$$P_N \equiv Eu_M = k_1 \text{Re}^{-a} = \frac{N}{\rho \cdot n^3 r_t^5} \quad (25)$$

Gde je:

$N$ - snaga mlina,  $\text{kgm}^2\text{s}^{-3}$

$\rho$ - gustina medija (kugle+voda+materijal) u mlinu,  $\text{kgm}^{-3}$

$r_t$ - težišni poluprečnik torusa, m

$n$  – broj obrtaja mlina,  $\text{s}^{-1}$

Težišni poluprečnik torusa računa se iz sledećeg izraza[2];

Gde je:

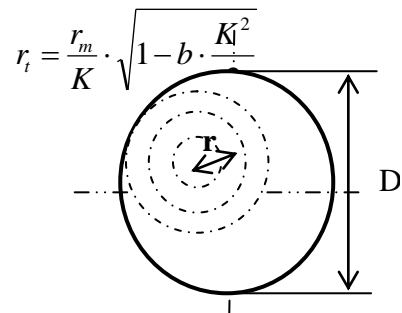
$r_m$  - unutrašnji poluprečnik mlina, m

$K$  - vremenski faktor,  $K = \frac{T_m}{T_t} \geq 1 \cong 1,61$ ,

$T_m$  - Vreme jednog obrta plašta mlina, s

$T_t$  - Vreme jednog obrta medijuma u vidu torusa, s

$b$  - visina punjenja meljućim telima u odnosu na ukupnu zapreminu, delovi jedinice



Slika 1. Skica usitnjavanja sa označenim osnovnim geometrijskim veličinama

### 2.3. Primena teorije sličnosti

Primena teorije sličnosti daje mogućnosti da se umesto dugih i skupih ispitivanja nekog procesa na industrijskom uređaju ispitivanja vrše na modelu znatno manjih dimenzija.

Iz poznatog Bondovog zakona imamo da je snaga:  $N = E_{sp} \cdot Q, kW$ ,  $N (\text{ML}^2\tau^{-3})$ .

Gde je:

$E_{sp}$  - specifična energija usitnjavanja po Bondu,  $(L^2 \tau^{-2})$ ,  $kWh/t$ ,

$Q$  - kapacitet,  $(M\tau^{-1})$ ,  $t/h$ .

Obzirom da je:  $E_{sp} = 10 \cdot Wi \cdot (d_{iz}^{-0,5} - d_{ul}^{-0,5}), kWh/t$

Imamo: 
$$P_N = \frac{10 \cdot Wi (d_{iz}^{-0,5} - d_{ul}^{-0,5}) \cdot Q}{\rho \cdot n^3 \cdot r_t^5} \quad (26)$$

Prema navedenoj formuli imamo da je kriterijum snage mlina  $P_N$  u funkciji radnog indeksa, karakteristične veličine ulaznog materijala i izlaznog proizvoda mlevenja, kapaciteta, gustine medija, broja obrtaja i poluprečnika težišnog torusa medija. Kriterijum snage mlina je prikazan jednačinom 26 i predstavlja primer fizičkog modelovanja koji je razvijen u ITNMS-a.

### 3. Materijal i metode

#### 3.1. Industrijski mlin (prototip)

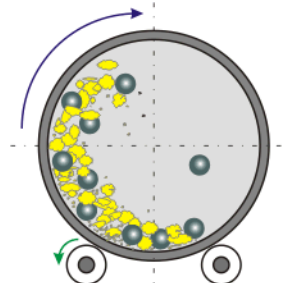
Postrojenje za mlevenje kvarcnog peska u Lukića Polju kod Milića pušteno je u rad 2010 godine sa sledećim radnim karakteristikama: kapacitet mlina je 15 t/h pri težinskom iskorišćenju od preko 90% - 600  $\mu\text{m}$  u odnosu na ulaz. Zahtevi tržišta su: da finoća proizvoda bude izražena granulometrijskim sastavom sledećih karakteristika: - 600  $\mu\text{m}$  + 100 $\mu\text{m}$  i da sadržaj feruma bude ispod 0,05% u proizvodu mlevenja. Upravo su navedeni zahtevi o sadržaju feruma i potrebnom granulometrijskom sastavu finalnog proizvoda usloveli da prilikom projektovanja budu usvojena sileks meljuća tela. Snaga motora mlina je 280 KW. Zapremina mlina je 16,28  $\text{m}^3$ . Masa sileks meljućih tela u mlinu je 8000kg. Dimenzije mlina sa gumenim oblogama su  $D \times L = 2,4 \text{ m} \times 3,6 \text{ m}$ ; unutrašnji prečnik mlina je manji i jednak  $d_m = 2,1 \text{ m}$ , zbog debljine gumenih obloga ; ulazni rukavac ima dimenzije  $\Phi 300$  a izlazni  $\Phi 650 \text{ mm}$ ; broj obrtaja mlina je 17,8 o/min. Zbog velikog prečnika ulaznog i izlaznog otvora i pražnjenja kroz rukavac, radna zapremina mlina je 0,3V i iznosi  $V_r = 4,6 \text{ m}^3$ . Mlin se prazni kroz rukavac, a gustina pulpe na izlazu je 1,1 kg/l što znači da ima 15% čvrstoga u pulpi, (Č:T je tada 1:5,67). Masa materijala u mlinu je 1,6 t. Vreme mlevenja je 6,4 minuta (6 minuta i 24 sekunde). Vrednost Bondovog radnog indeksa za kvarcni pesak je 15,5 kWh/t.



Slika 2. Izgled industrijskog mlina

#### 3.2. laboratorijski mlin (model)

Bondov mlin sa kuglama ima glatku unutrašnju površinu bubnja, dimenzija  $D \times L = 305 \times 305$ . Brzina rotiranja iznosi  $70 \text{ min}^{-1}$ , ili  $1,17 \text{ s}^{-1}$ . Masa šarže kugli, dimenzija 15,5 do 36,8 mm, iznosi 20,125 kg. Snaga motora je 0,74 kW. Ulazna krupnoća sirovine je 6# ili 3,327 mm. Zapremina materijala u mlinu je  $700 \text{ cm}^3$ . Mlin melje sirovinu suvim postupkom. U standardnom postupku merenja meljivosti mineralne sirovine težnja je da se ostvari kružna šarža od 250%. Zapremina mlina je  $V = 0,0228 \text{ m}^3$ .



Slika 3. Izgled laboratorijskog mlina

#### 3.3 Metoda fizičkog modelovanja mlevenja

U radu je prikazana metoda fizičkog modelovanja razvijena u ITNMS-u. U cilju iznalaženja željenog kapaciteta mlevenja i finoće finalnog proizvoda u industrijskom prototipu korišćena je jednačina 26.

Ova jednačina izvedena je na bazi dimenzionih analiza i kriterijumskih jednačina prema Buckinghamovoj  $\pi$  teoremi, a potrebno je takođe prema Njutn-Bertran-ovoj teoremi sličnosti utvrditi krupnoću ulaza za model koristeći jednačinu 7. Kada u jednačini 7 umesto  $Ne$  stoji 1, a umesto  $v^2$  stoji vrednost za  $Wi$ , tada je ulazna krupnoća u modelu 5600  $\mu\text{m}$ , za meljivost sirovine od 15,5 kWh/t.

$$\frac{F \frac{L}{v}}{m \cdot v} = \frac{F \cdot L}{m \cdot v^2} = Ne = 1 \rightarrow L = \frac{1 \cdot Wi \cdot m}{F} = \frac{1 \cdot 15,5 \cdot 3600 \cdot 20}{200} = 5600 \mu\text{m} \quad (27)$$

Kada se jednom utvrdi dinamička sličnost prototipa i modela dovoljno je da se u laboratorijskom mlinu prema ovoj metodi vrši mlevenje na uzorcima do trenutka kada se postigne željena krupnoća sirovine izražena adekvatnim granulometrijskim sastavom. Eksperimentalno je utvrđeno da kapacitet mlina iznosi 28,1 kg za izračunatu ulaznu krupnoću modela i izlaznu krupnoću od 100% -600  $\mu\text{m}$ . Prema jednačini 7 vrednost Njutnovog kriterijuma sličnosti ( $Ne$ ) za model je:

$$\frac{F \frac{L}{v}}{m \cdot v} = \frac{F \cdot L}{m \cdot v^2} = \frac{200 \cdot 5600}{20 \cdot 2r \cdot g} = 18667 = Ne \quad (28)$$

Prema istoj jednačini 7 ulazna krupnoća u prototipu je:

$$\frac{F \frac{L}{v}}{m \cdot v} = \frac{F' \cdot L'}{m' \cdot v'^2} = Ne = 18667 \rightarrow L_c = \frac{Ne \cdot v^2 \cdot m}{F} = \frac{18667 \cdot 2r \cdot g \cdot 9600}{96000} = 46667 \mu\text{m} \quad (29)$$

Gde je:  $L_c$  - ulazna krupnoća za mlin sa čeličnim kuglama.

Ulazna krupnoća za lakša meljuća tela je manja. Ukoliko ona nisu čelična onda se  $L_c$  pomnoži sa koeficijentom  $k$  koji predstavlja odnos zapreminske mase čeličnih i sileks kugli i dobije ulazna krupnoća materijala  $L_s$  za sileks kugle.

$$k = \frac{\rho_s}{\rho_c} = \frac{1900}{4200} = 0,45, L_s = k \cdot L_c = 0,45 \cdot 46667 = 21111 \mu\text{m} \quad (30)$$

Tabela 1. Parametri za računanje specifičnog kapaciteta modela ( $V_m=0,0228\text{m}^3$ ) i prototipa ( $V_M=16,28\text{m}^3$ )

Izlazni prečnik zrna		Ulazni prečnik zrna		Radni indeks	Kapacitet	Gustina medija	Broj obrtaja mlina	Težišni polu prečnik torusa	Kriterijum snage	Specifični kapacitet	
$d_{iz}$	$d_{iz}^{-0,5}$	$d_{ul}$	$d_{ul}^{-0,5}$	$W_i$	$Q$	$\rho$	$n$	$r_t$	-	$\text{t/m}^3/\text{h}$	
600	0,04	21111	0,006	15,5	15,1	2100	0,3	1,2	563,1	Prototip sileks kugle	0,93
600	0,04	15000	0,008	15,5	15,7	2100	0,3	1,2	563,1	Prototip sileks kugle	0,96
600	0,04	46667	0,005	15,5	29	4300	0,3	1,2	563,1	Prototip čelične kugle	1,78
600	0,04	15000	0,008	15,5	32,15	4300	0,3	1,2	563,1	Prototip čelične kugle	1,97
600	0,04	5600	0,013	15,5	0,0281	4300	1,1	0,13	562,8	Model čelične kugle	1,23

Naravno da ulazna krupnoća može biti i manja, a tada se povećava kapacitet kao što se vidi u tabeli 1. U tabeli 1 prikazani su rezultati istraživanja u laboratorijskim uslovima (model), i oni su potvrđeni sa rezultatima dobijenim u industrijskim uslovima. Prema ovoj metodi moguće je unapred napraviti percepciju događanja pa ukoliko bi se u industrijskim uslovima želelo koristiti čelična meljuća tela tada bi se kapacitet udvostručio.

#### **4. Zaključak**

Za predstavljenu metodu fizičkog modelovanja mlevenja razvijenu u ITNMS-a, na osnovi tehničko tehnološkog rešenje iz 2011. pod nazivom *“Razvoj programskog sistema mlevenja kvarcnog peska ležišta skočić za potrebe hemijske industrije fabrike glinice Birač -Zvornik dobijen korišćenjem kriterijumskih jednačina modeliranja“* korišćen je standardni Bondov mlin sa čeličnim kuglama. Nakon izvedenog eksperimenta u modelu moguće je izračunati specifični kapacitete mlina za istu finoću mlevenja u prototipu pri različitim gustinama medija, što znači i različitim vrstama meljućih tela.

#### **5. Zahvalnica**

*Prikazani rezultati predstavljaju deo eksperimentalnog rada, koji je u toku na izradi projekta TR 34006. Eksperimentalni deo obavljen je u okviru ITNMS-a.*

#### **6. Literatura**

1. Stanko Rozgaj, Procesni aparati i uređaji, IGKRO “Svjetlost”, Sarajevo, 1980.
2. Milutin Grbović, Nedeljko Magdalinović, Procesna oprema drobljenja i mlevenja mineralnih sirovina, “Bakar”, Bor, 1980
3. Tehničko tehnološkog rešenje iz 2011 u proceduri usvajanja. Milan Petrov i ostali autori: *“Razvoj programskog sistema mlevenja kvarcnog peska ležišta skočić za potrebe hemijske industrije fabrike glinice Birač -Zvornik dobijen korišćenjem kriterijumskih jednačina modeliranja“*.
4. Eduard Beer, Priručnik za dimenzioniranje uređaja kemijske procesne industrije SKTH/kemija u industriji, Yagreb 1985.
5. Stevan Puštrić, Izbor i proračun mašina i uređaja za drobljenje prosejavanje i mlevenje mineralnih sirovina, RGF, Beograd 1974.



# TEHNOLOŠKI POSTUPAK ODSTRANJENJA BALASTNE MASE MEĐUSLOJNE JALOVINE IZ ROVNOG UGLJA SA RASLOJENIH DELOVA KOLUBARSKIH LIGNITSKIH LEŽIŠTA.

B.Grbović, M. Spasojević, M.Ignjatović, J.Mičić, M. Grbović

## Sažetak:

Homogene moćne naslage visokokvalitetnog uglja sa Istočnih polja Kolubare dobrim delom su iscrpljene. Od početka otkopavanja niskokvalitetnog uglja (NKU) sa raslojenog zapadnog polja Tamnava došlo je do teškoća, kako na rudniku Tamnava, tako i u elektranama TENT koje koriste kolubarski ugalj. Tehnološkim istraživanjima je razrađen process čišćenja niskokvalitetnih lignita "Borovac" koji omogućava da se odstrani jalovina iz dela, za sada vanbilansnog rovnog kolubarskog uglja, i na taj način podigne kvalitet isporuka uglja elektranama.

Razlike u fizičkim osobinama između čistog uglja i balastnih neorganskih materija u rovnom niskokvalitetnom uglju otkopanom iz složenih slojeva sa Tamnave, poslužile su kao osnova primenjenog hidrauličkog procesa čišćenja uglja od jalovine.

U ovom referatu je prikazan process čišćenja uglja i naznačen način njegove industrijske primene koji može da doprinese otklanjanju postojećih teškoća u tekućoj i budućoj proizvodnji uglja na kopovima Kolubare, transportu uglja od kopova do elektrana, i korišćenju kolubarskog uglja u elektranama TENT

## Abstract:

In recent times Kolubara Mines were incapable of supplying sufficient quantities of good quality coal to satisfy the demands/capacities of TENT. The mining of coal from Western parts of Kolubara coalfields, which contain significant quantities of interlayer waste, is causing significant operational difficulties and inefficiencies at mines and power plants, including: low recovery of existing low quality coal reserves (LQC); Inability to utilize full capacities of installed equipment at power plants; and increased environmental pollution. Future expansion and development of open pits will further worsen these issues as open pits are expanding into the remaining areas with lower quality coal, while the coal supply demand will increase due to construction of new power plant units. For more than two decades significant research was undertaken aiming to identify a cost-effective way to resolve these major production & ecological issues that Serbia is increasingly facing today. Extensive testwork and investigations have been performed to develop a process capable of removing interlayer waste from complex coal seams present in Serbian lignites. In particular, the investigations have been focused on the Tamnava coalfields where the excavation of such coal seams has already started and is becoming dominant.

The results have confirmed that the „Borovac“ coal cleaning process is capable of breaking the bonds between the coal and waste and subsequently separating the waste from ROM coal. The LQC (~4960 kJ/kg) has been upgraded using this process into a good quality coal (~8200 kJ/kg) that can efficiently be used in power plants, while still recovering 85% of overall heat potential from ROM coal. It should be noted that the core part of the process – liberation of clean coal from waste matter by scrubbing – has already been proven on an industrial scale on another facility.

The paper describe the benefits of maintaining the bulk mining methods due to incorporation of the coal cleaning process; present test work results and describe achievable benefits to the productivity of power plant blocks with associated savings i.e. elimination of fuel to support the fire and reduction in mill wear.

## 1.-Postojeći tehnički uslovi eksploatacije uglja iz raslojenih delova ležišta

Rudarsko-energetski kompleks Kolubara-Obrenovac (rudnici i elektrane) projektovani su i građeni na bazi kvaliteta uglja sa Istočnih homogenih polja Kolubarskog basena. Na poljima Istočnog dela basena, ostvarivana je proizvodnja visokokvalitetnog uglja (VKU). Sa ovakvim ugljem Termoelektrane Nikola Tesla (TENT) su uspešno snabdevale Srbiju električnom energijom.

Sada se najveća proizvodnja uglja obavlja sa raslojenog ležišta Tamnava Zapad gde je niži kvalitet uglja zbog raslojenosti ugljenih naslaga. Uslovi otkopavanja uglja na kopu Tamnava znatno su otežani u odnosu na rad kada su otkopavana Istočna polja.

Rudari su, u granicama mogućnosti, tehnički prilagodili proces otkopavanja uglja prema novim izmenjenim uslovima ovog raslojenog zapadnog polja basena.

Na kopu je primenjena visokokapacitivna oprema otkopavanja i transporta uglja koja je i ranije korišćena na Istočnim poljima homogenih ležišta basena.

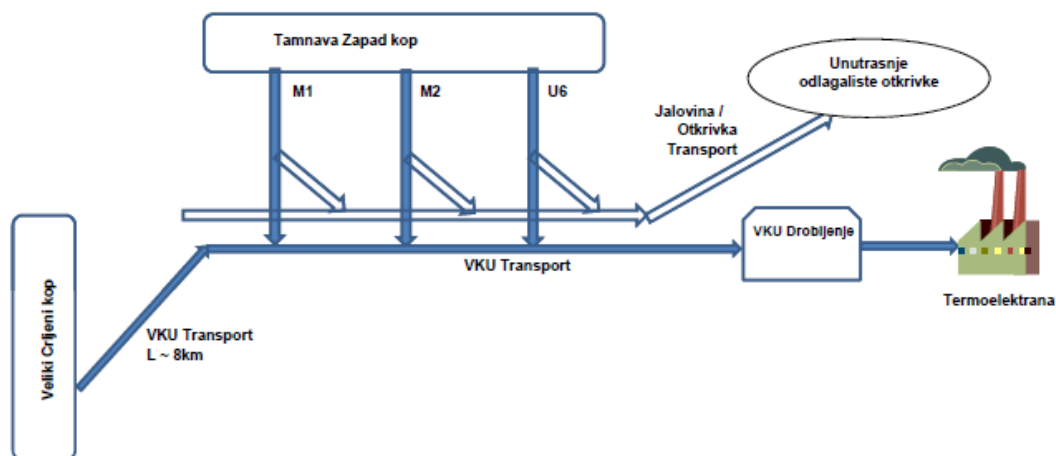
Na otkopavanju uglja i međuslojne jalovine u raslojenim delovima ležišta rade tri bagera (Slika 1).

Svaki od ova tri bagera svoju otkopinu tovari na jednu od etažnih traka (M1, M2 ili U6).

Delimično je primenjeno selektivno otkopavanje uglja iz raslojenih delova ovog ležišta jer se isporuke uglja sa DTE ispod 5280 kJ/kg ne plaćaju se rudniku. Ovakav ugalj se pretežno odbacuje sa međuslojnom jalovinom.

- Otkopavanje sa moćnim rotornim bagerima (visina radnog točka 10,2 m) direktno i indirektno utiče na nisko iskorišćenje raspoloživih geoloških rezervi uglja. Kada bager otkopava međuslojnu jalovinu zahvata i vrlo tanke slojeve (vanbilansnog) uglja. Tada istovara otkopinu na sabirnu traku za raskrivku i šalje je dalje na unutrašnje odlagalište (jalovište). Ovo predstavlja **direktan gubitak** u iskorišćenju raspoloživih geoloških rezervi (Slika 2).

Slika 1. Etažne trake za otkopavanje uglja i međuslojne jalovine na kopu Tamnava Zapad



- ❖ Kada bager delimično zahvata nešto deblje (ali još uvek vanbilansne slojeve uglja sa DTE ispod 5280 kJ/kg), tada istovara otkopinu na sabirnu traku za VKU koja ga odvozi na drobljenje i skladištenje u krugu drobilnog postrojenja na obodu kopa. Ovaj ugalj se potom meša sa kvalitetnijim ugljem iz neraslojenih delova kopa, ili sa ugljem sa kopa Veliki Crljeni (homogenizacija) i tako formira plativi kompozit isporuke za elektranu iznad donje garantovane granice toplotne moći od 5280 kJ/kg. I ako je pomešan sa kvalitetnijim ugljem i prolazi kroz proces sagorevanja u elektrani, ovaj deo NKU predstavlja **indirektan gubitak** u iskorišćenju geoloških rezervi basena. Toplota koju u sebi sadrži ovakav deo niskovrednog uglja utroši se na njegovo sušenje i zagrevanje pepela sa kojim odlazi na pepelište.

Osnovni pokazatelji sadašnje eksploatacije uglja na kopu Tamnava u novim izmenjenim uslovima su:

1.1-Rudnik količinski uspešno proizvodi i isporučuje elektranama dovoljno uglja za rad blokova,

1.2.-Nedostatak ovakvog rada predstavlja:

- Zbog raslojenosti uglja nisko je iskorišćenje raspoloživih geoloških rezervi. Bilo da se vanbilansni ugalj odbacuje kao **direktan gubitak** na jalovište rudnika (Slika 2), ili posle prolaza kroz termički proces u elektrani kao **indirektan gubitak**, za basen Kolubaru i TENT ovo pretstavlja 100%-ni gubitak toplote iz ovakvog NKU.
- I ako se znatan deo tankih slojeva uglja zahvata i odbacuje sa mađuslojnom jalovinom na jalovište, **teško se obezbeđuje proizvodnja zadovoljavajućeg kvaliteta uglja** elektranama.

Slika 2.-Spoljnje i unutra[nje odlagalište jalovine na kopu Tamnava Zapad



## 2.-Tehnički uslovi korišćenja kolubarskog uglja u proizvodnji elektroenergije u elektranama “Nikola Tesla “

Otežani su uslovi u korišćenju uglja sa Tamnave kod elektrana TENT Od kada je počela proizvodnja sa Zapadnih raslojenih ležišta Kolubare nastale su teškoće zbog:

- Snižene toplotne moći (DTE) uglja sa raslojenih delova ležišta, i
- Povećane ksilitijske strukture, abrazivnog peska u rovnom uglju, zaglinjenosti i neujednačenosti kvaliteta isporučenog uglja.

Energetičari su zadnjih godina ulagali velike napore i investiciona sredstva da bi ublažili negativan uticaj pada kvaliteta isporučivanog uglja iz Kolubare na proizvodnju elektroenergije u elektranama:

- Obavljeno je značajno osavremenjavanje opreme na blokovima.
- Od posebnog su značaja velika ulaganja u rekonstrukciju postojećih i dogradnju novih mlinova radi održavanja nominalnog kapaciteta rada blokova.

Osnovni pokazatelji sadašnjeg stanja su:

2.1.-Modernizacija postrojenja i uložene investicije zadnjih godina u elektrane TENT doprineli su da se spreči ukupni pad godišnje proizvodnje električne energije zbog promene kvaliteta uglja koji dolazi sa raslojenih Zapadnih polja Kolubare.(Tabela 1)

Tabela 1.- Rad blokova TENT-A u zimskom periodu  
( Novembar 2010 –Mart 2011)

Blokovi	Ugalj DTE	Učinak blokova (Iskorišć. snage)		Potrošnja uglja		Š l j a k a	
	kJ/kg	MW	%	Tona	Kg/kWh	Sagor.	%
1	2	3	4	5	6	7	8
Blok 1+2	7115	188,4	90,05	261,8	1,36	57,98	17046
Blok 4 +5	7145	273,6	88,27	374,4	1,39	28,05	7922
Blok 3	7250	292,2	96,02	392	1,33	36,46	9538
Blok 6	7333	303	103,5	406	1,45	25,44	6036
TENT-A	7211	264,3	94,45	358,6	1,38	36,98	10136

2.2-Deo tehničkih problema u elektranama, nastao zbog promene kvaliteta uglja, i dalje je ostao da se rešava, a to je:

- Transport povećane mase uglja od rudnika do elektrana;
- Habanje opreme peskom iz zahvaćene međuslojne jalovine;
- Potrošnja mazuta za podršku vatre;
- Nisko iskorišćenje nominalne snage blokova elektrana;
- Uskladištenje sve većih masa pepela i šljake koji zahteva trajno rešenje za sve elektrane koje troše kolubarski ugalj.

### 3.-Tehnološka istraživanja

U ležištu Tamnava Zapad, pre početka otkopavanja (Tabela 2), bilo je preko 30% vanbilansnog uglja toplotne moći sa DTE  $\leq 5.280$  kJ/kg. Na ostalim, još neotvorenim zapadnim ležištima Kolubare, naslage uglja su još raslojenije. Sa postojećim stanjem tehnike energetičari TENT ne mogu sagorevanjem ovakvog uglja ekonomično proizvoditi električnu energiju..

Rezerve i kvalitet uglja na ležištu Tamnava Zapad , Tabela 2

Mase i kvalitet uglja u ležištu Tamnava Zapad						Zahvat međuslojne jalovine do:	
Niskovredni ugalj (NKU) Ispod 5,800 kJ/kg			Visokokvalitetan ugalj (VKU) Od 5,800 do 16,000 kJ/kg			0,5m	1 m
Masa, tona (miliona)	M %	DTE kJ/kg	Masa, tona (miliona)	M %	DTE kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg
<b>190,5</b>	<b>30,3</b>	<b>5275</b>	<b>431,4</b>	<b>69,7</b>	<b>7126</b>	<b>6559</b>	<b>6289</b>

*Успешан рад постојећих и нових копова Колубаре, као и успешно и рационално улагање у подизање нових блокова електрана ТЕНТ, зависи од квалитета угља који ће РЕИК Колубара моћи убудуће обезбедити електранама*

Istraživači su obavili tehnološka istraživanja sa ciljem da se pronade *tehnički izvodljivo i ekonomski opravdano* rešenje korićenja niskokvalitetnog uglja koji će se u narednim decenijama otkopavati sa zapadnih raslojenih ugljenih polja Kolubare.

Tehnološkim istraživanjima je razrađen process čišćenja niskokvalitetnih lignita “Borovac” koji omogućava da se odstrani jalovina iz dela rovnog, za sada vanbilansnog kolubarskog uglja, i na taj način podigne kvalitet isporuka uglja elektranama.

Otkopani rovni ugalj iz raslojenih delova ležišta Tamnave Zapad čine :

- Korisna komponenta čistog uglja koja uglavnom ima ksilitisku (drvenastu) strukturu, a veoma je otporna na usitnjavanje kako u drobljenju pri rudniku, tako i pri mlevenju u elektrani.
- Balastnu komponentu uglavnom čini glina, a u manjem udelu i pesak.

Razlike u fizičkim osobinama između čistog uglja i balastnih neorganskih materija u rovnom niskokvalitetnom uglju otkopanom iz složenih slojeva sa Tamnave, poslužile su kao osnova primenjenog hidrauličkog procesa čišćenja uglja od jalovine.

Bilans čišćenja uglja Tamnava, ostveren u toku brojnih laboratorijskih, a potvrđen i poluindustrijskim tehnološkim istraživanjima, daje se u Tabeli 2.

Tabela 3.-Bilans čišćenje uglja

Produkt	Kvalitet		Raspodela, %		
	DTE kJ/kg	Pepeo %	Masa	Toplota	Pepeo
Rovni ugalj	4,960	30.1	100.0	100.0	100.0
Očišćen ugalj	8,200	16.4	52.0	85.9	30.0
Jalovina	1,460	43.8	48.0	14.1	70.0

#### 4.-Opis tehnološkog procesa čišćenja uglja

Postojeća krupna visokoproduktivna oprema otkopavanja i dalje se koristi sa zadatkom da obezbedi **količinski** dovoljno uglja za elektrane, a **kvalitet** ukupno isporučenog uglja elektranama, uz **povećano iskorišćenje** raspoloživih geoloških rezervi ležišta, **obezbeđuje se čišćenjem**. (Slika 3)

Pri otkopavanju složenih slojeva omogućava se rudarima da efikasnije koriste postojeću kopovsku mehanizaciju. Bagerom koji ima visinu radnog točka 10,2m može se, uz ugalj, zahvatati i međuslojna jalovina do 1,0 m moćnosti. Na ovaj način se više niskovrednog uglja zahvata i šalje na dalju preradu. Ovako se otkopani NKU, umesto na unutrašnje odlagalište, otprema u skladište NKU i dalje u postrojenje za čišćenje. Otkopani niskokvalitetni ugalj se, kao i do sada, drobi u drobilicom postrojenju i nakon toga dalje prerađuje.

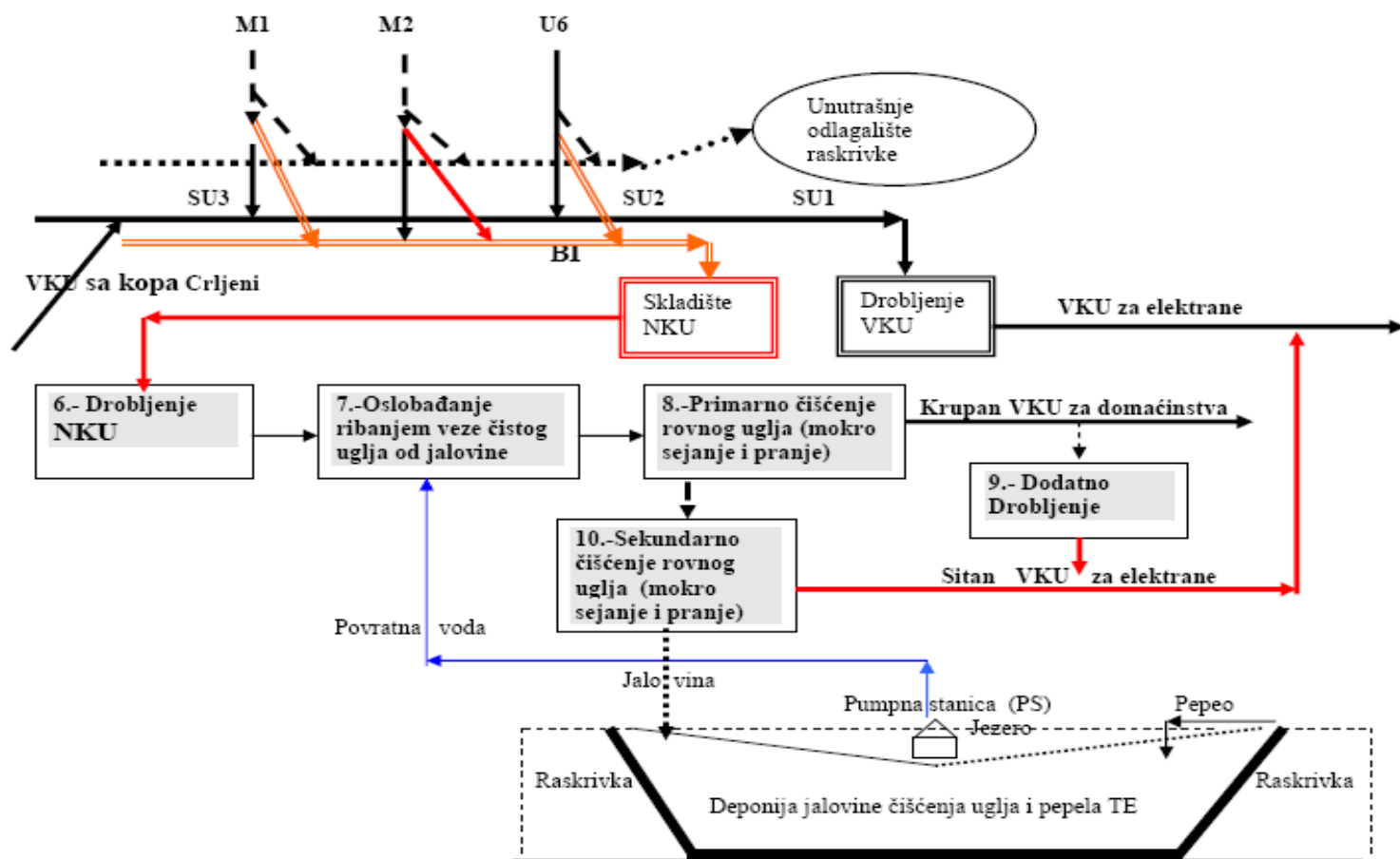
U procesu čišćenja niskokvalitetnog uglja koristi se standardna oprema iz oblasti pripreme mineralnih sirovina (dodavači, drobilice, rotirajući bubnjevi kao skruberi, pumpe, sita, i druga pomoćna oprema). Krupnoća drobljenja se podešava prema potrebi potrošača očišćenog uglja. U postrojenju čišćenja se najpre obavlja oslobađanje (7) mehaničke veze čistog uglja od jalovine. Ovaj proces oslobađanja labilne veze krupnih komada i čestica čistog uglja od jalovine obavlja se trljanjem (scrubbing) hidromešavine rovnog uglja i vode u rotirajućem bubnju. Primarno čišćenje i pranje (8) se obavlja na situ otvora mreže 40 mm. Otvor mreže na ovom situ određuje se prema potrebi i zahtevu energetičara da u očišćenom sitnom uglju ne bude više od 5% krupnijeg uglja od 30mm. Ovim se želi omogućiti elektrani da u mlinovima dovoljno usitne ugalj i time omoguće visoko energetske iskorišćenje toplote iz uglja koji se sagoreva. Kao nadrešetni proizvod se dobija krupan očišćen ksilitiski ugalj namenjen domaćinstvima i industriji. Zavisno od potrebe tržišta, ovaj očišćen krupni ugalj se može, posle dodatnog drobljenja (9), isporučivati elektranama TENT za proizvodnju elektroenergije. Podrešetni

proizvod Primarnog čišćenja, mulj sitnog uglja i jalovine, transportuje se pumpama na Sekundarno čišćenje (10). U toku hidrotransporta vrši se dodatno oslobađanje mehaničke labilne veze čistog uglja od jalovine. Kao nadrešetni proizvod Sekundarnog čišćenja (10) dobija se *kvalitetan ugalj za potrebe termoelektrana*. Na Sekundarnom čišćenju rovnog NKU, sejanjem i pranjem se na seriji sita odstranjuje velika masa jalovine u obliku mulja. Otvor mreže na završnom situ iznosi 1 mm.

Odstranjena jalovina iz uglja se (posebno ili zajedno sa pepelom iz elektrana) odlaže u Zajedničko odlagalište na otkopanom prostoru površinskog kopa sa koga je i potekla.

Konačno, preradom NKU po postupku BOROVIAC proizvodi se:

- *krupan visokokvalitetan ugalj za domaćinstva i industriju;*
- *sitan visokokvalitetan ugalj za elektrane - glavni produkt prerade NKU; i*
- *jalovina u obliku mulja gline sa peskom koja se odlaže u otkopani prostor površinskog kopa.*



Slika 3.- Tehnološki proces čišćenja uglja

### Zaključak

Uspešan rad postojećih i novih kopova Kolubare, kao i uspešno i racionalno ulaganje u podizanje novih blokova elektrana PD TENT, zavisi od kvaliteta uglja koji će RB Kolubara moći ubuduće obezbediti elektranama. Industrijska primena ovog tehnološkog postupka čišćenja uglja pomoći će da se problem dugoročnog snabdevanja Srbije elektroenergijom utuspešno rešava.