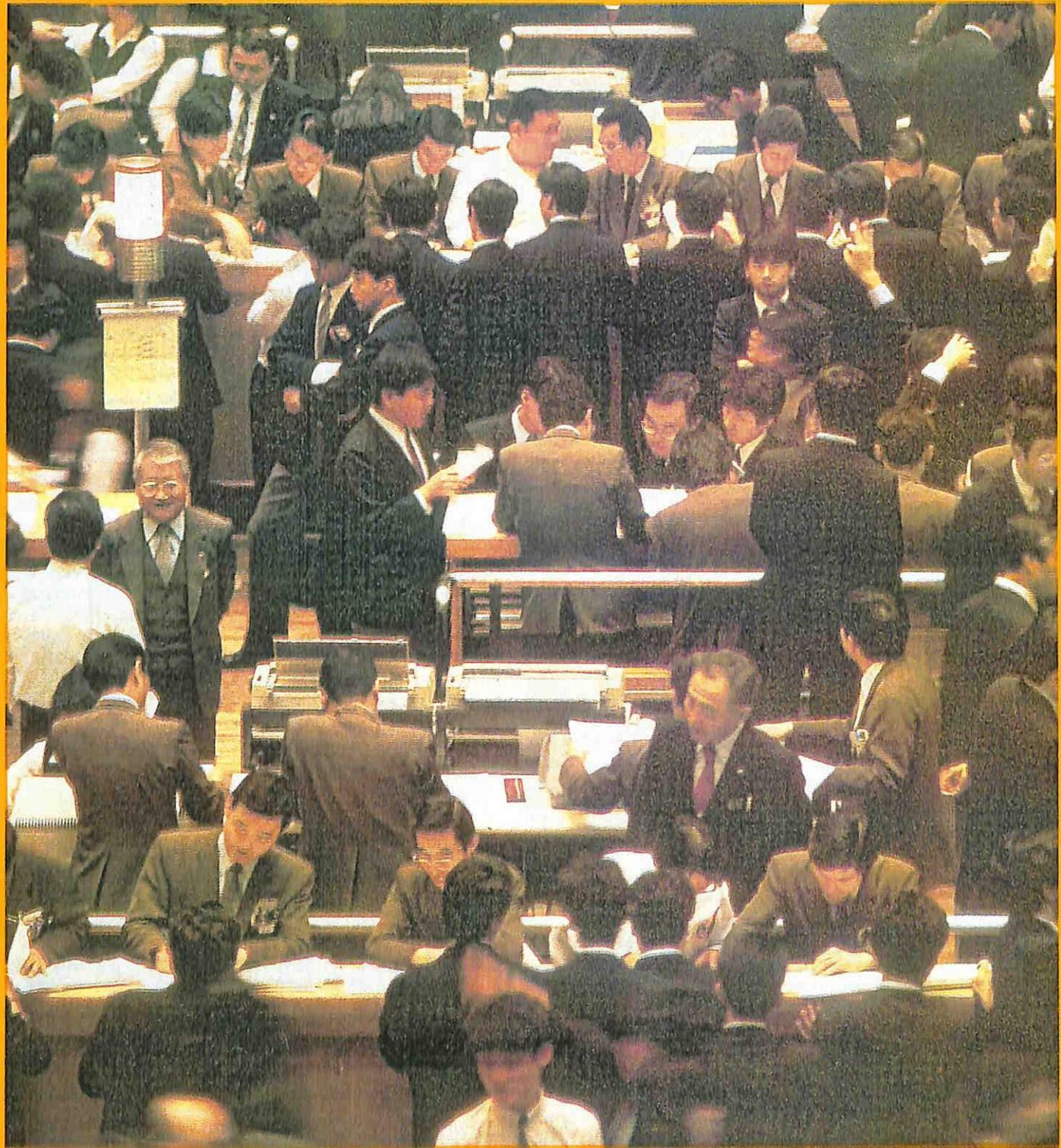


RUDARSKI GLASNIK
YU ISSN 0035 - 9637 UDK: 622

RUDARSKI GLASNIK RG

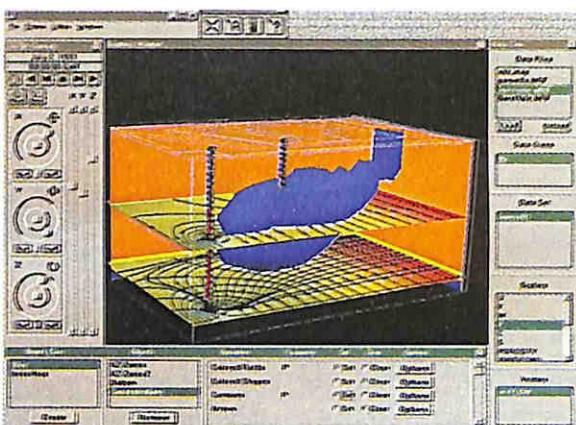
BULLETIN OF MINES - BULLETIN DES MINES - ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ - BERGBAUZEITSCHRIFT

Broj 1-4, Godina 1999



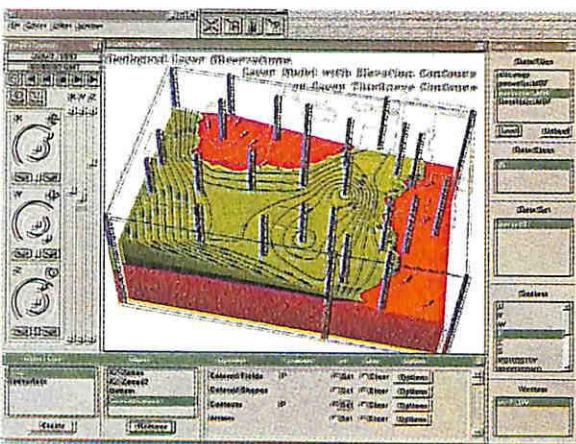
VISUAL MODFLOW

- PROGRAM ZA MODELIRANJE I SIMULACIJU STRUJANJA PODZEMNE VODE I TRANSPORT ZAGADENE PODZEMNE VODE



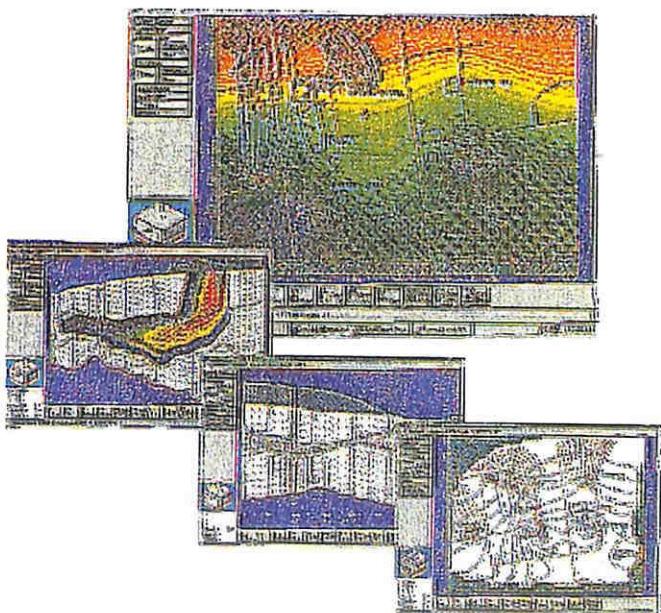
OSNOVNE KARAKTERISTIKE PRI PROJEKTOVANJU:

- SIMULACIJA PRIRODNIH USLOVA KRETANJA P. VODE
- PROGNOZA RASPROSTIRANJA STRUJNIH LINIJA
- KOMPLETNO PROJEKTOVANJE SISTEMA ZA ODVODNJAVANJE
- ODREĐIVANJE ZONA ZA KAPTIRANJE BUNARA
- OPTIMIZACIJA RADA PUMPI



VISUAL GROUNDWATER

- PROGRAM ZA TRODIMENZIONALNO PREDSTAVLJANJE ISTRAŽNIH BUŠOTINA I SIMULACIJU REZULTATA MODELIRANJA



PRIMENA U PROJEKTOVANJU:

- MODELIRANJE GEOLOŠKIH I HIDROGEOLOŠKIH USLOVA
- INTERPRETACIJA STRUJANJA I VIZUELNO PREDSTAVLJANJE KRETANJA PODZEMNE VODE ISPOD POVRŠINE
- KREIRANJE EFEKTNE PREZENTACIJE PROJEKTA



RUDARSKI GLASNIK

Izdavač:

Rudarski institut
Batajnički put br. 2
Beograd

Za izdavača:

direktor
dr Dragoljub Urošević, dipl. inž.

Editor:

Institute of Mines
Batajnicky put br. 2
Beograd
Yugoslavia

Redakcioni odbor:

dr Živorad Lazarević, dipl. inž.
dr Radmilo Obradović, dipl. inž.
dr Dragoljub Ćirić, dipl. inž.
dr Borislav Perković, dipl. inž.
dr Ljubomir Spasojević, dipl. inž.
dr Dragoljub Urošević, dipl. inž.

Redakcija:

Marina Avramov, dipl. fil.
Dušanka Grujić, lektor
Ivo Cetinić

Tiraž:

200 primeraka

Štampa:

DŠIP BAKAR – Bor

U finansiranju časopisa učeš-
tuje Ministarstvo za nauku i
tehnologiju Republike Srbije

RUDARSKI GLASNIK YU ISSN 0035-9637, BROJ 1-4 (39), 1999, BEOGRAD

R. Jovičić, D. Ignjatović i M. Stojaković UNAPREĐENJE TEHNOLOGIJE SELEKTIVNOG RADA I KONSTRUKCIJA SKRETNE TRAKE NA POVRŠINSKOM KOPU TAMNAVА – ISTOČНО POLJE	2
D. Dražović, Z. Marković, P. Stjepanović i D. Todorović PRIPREMA, TRANSPORT I DEPONOVANJE PEPELA TERMOELEKTRANE KOSOVO B U VIDU GUSTE HIDROMEŠAVINE	11
O. Koprivica, D. Stajević, V. Ivanović i N. Radosavljević ISPITIVANJE EKSPLOZIVNIH I ZAPALJIVIH KARAKTERISTIKA UGLJENE PRAŠINE I UTVRĐIVANJE ZONA OPASNOSTI NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA KOLUBARA	24
N. Makar, D. Stojnić i S. Vuković PROJEKAT ODREĐIVANJA I MOGUĆEG UJEDNAČAVANJA KVALITETA UGLJA NA POVRŠINSKOM KOPU DRMNO ZA POTREBE TEKO U ZIMSKOM PERIODU	31
V. Ivanović, D. Stajević, Z. Kuvekalović i M. Ivanović ISPITIVANJE I OCENA KVALITETA VAZDUHA U ZONI UTICAJA INDUSTRIJSKIH OBJEKATA KOLUBARA - PRERADA	36
D. Urošević i R. Filipović ISPITIVANJE SADRŽAJA TOKSIČNIH ELEMENATA U ZEMLJIŠTU I BILJKAMA U ZONI UTICAJA POVRŠINSKIH KOPova I TERMOELEKTRANA KOSTOLAC	43
V. Ivanović, V. Elezović i O. Koprivica PODVODNA EKSPLOATACIJA UGLJA I ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE	49
J. Ivanšić, M. Stanković i B. Grubačević PRIMENA SCHMERTMANN METODE PRI ANALIZI SLEGANJA	53
MINING SCIENCE AND TECHNOLOGY (izvodi iz casopisa MS&T, volume 3, 1998)	
M. Pušić, D. Polomčić, S. Radonić i Z. Popović SIMULACIJA REŽIMA PODZEMNIH VODA IZRADOM HIDRAULIČKOG MODELA POVRŠINSKOG KOPA DRMNO KOSTOLAČKOG UGLJENOG BASENA	59
Lj. Spasojević i D. Crnobrnić METODOLOGIJA UTVRDJIVANJA ISPLATIVOSTI EKSPLOATACIJE POLIMETALIČNIH RUDA KAO FUNKCIJE TEHNOLOŠKIH I TRŽIŠNIH PARAMETARA	61
M. Maras, M. Čehlar POSSIBILITIES OF OPENING AND MINING THE GYPSUM DEPOSIT MARKUŠOVCE – ŠAFARKA SLOVAKIA	63
M. Milošević, B. Monevski i S. Đokic TEHNOLOŠKE INOVACIJE U PROJEKTOVANJU POVEĆANJA KAPACITETA RUDNIKA BAKRA VELIKI KRIVELJ OD $8,0 \times 10^6$ NA $10,6 \times 10^6$ TONA ROVNE RUDE GODIŠNJE .	65
Z. Marković, D. Dražović i V. Vasić MOGUCNOST PRIMENE METODE SOLIDIFIKACIJE OTPADNE ISPLAKE IZ PROCESA BUŠENJA U NAFTNOJ INDUSTRIJI	67
R. Filipović i D. Urošević AGROHEMIJSKE I NEKE FIZIČKE OSOBINE PODZEMNE VODE U ZALEĐU DEPONIJE PEPELA TERMOELEKTRANE NIKOLA TESLA U OBRENOVCU	69
I. Simović, M. Canić, S. Đokić i N. Kostović VALORIZACIJA OTPADNIH MATERIJALA PROCESIMA OKRUPNJAVANJA	72

Površinski kop Tamnava - istočno polje sa godišnjim kapacitetom od 11.4 miliona tona uglja izgrađen je za potrebe snabdevanja ugljem termoelektrane Nikola Tesla u Obrenovcu. Otkopavanje jalovine se trenutno obavlja sa jednim, a uglja sa dva tehnološka sistema. Prvih desetak godina eksploracije problemi selektivnog rada i održavanja kvaliteta uglja koji se otprema za termoelektrane nisu bili posebno izraženi. Međutim, poslednjih nekoliko godina došlo je do osetnog pogoršanja uslova rada. Naime, u ugljenom sloju trenutno su prisutna 4 jalova proslojka ukupne debljine oko 3 metra, a najviša podetaža (moćnosti 3-6 metara) predstavlja mešavinu uglja i gline topotne vrednosti ispod 4.000 kJ/kg. Time je eksploracija uglja postala znatno složenija sa osetnim smanjenjem vremenskih i kapacitetnih iskorišćenja bagera, a izražena je i problematika održavanja garantovanog kvaliteta uglja, što je uzrokovalo povećanu potrošnju mazuta u termoelektranama. Navedeni razlozi, pored tehnoloških problema prilikom otkopavanja i odlaganja jalovih proslojaka u otkopani prostor, uzrokovali su potrebu za izmenom dosadašnje tehnologije selektivnog rada, kao i uvođenje procesa homogenizacije uglja na samom kopu.

Tehnološki problemi rešeni su konstrukcijom dva relativno jednostavna "skretna transportera" koji su omogućili da se otkopani proslojak odlaže u otkopani prostor (uz postavljanje još dva kratka transportera i angažovanje samohodnog transportera). Za rešenje problema održavanja stalnog kvaliteta uglja predložena je homogenizacija uglja na samom kopu (uključujući i površinski kop Tamnava - zapadno polje i deponiju kopa). Izrađen je softver za praćenje procesa rada bagera na otkopavanju uglja i deponiji, koji omogućava ne samo praćenje izlaznog kvaliteta uglja, već i analizu mogućih kombinacija rada u periodu od nekoliko časova, odnosno smena, kako bi se kvalitet uglja održao na potrebnom nivou.

PROBLEMATIKA EKSPLOATACIJE UGLJA NA POVRŠINSKOM KOPU TAMNAVА - ISTOČНО POLJE

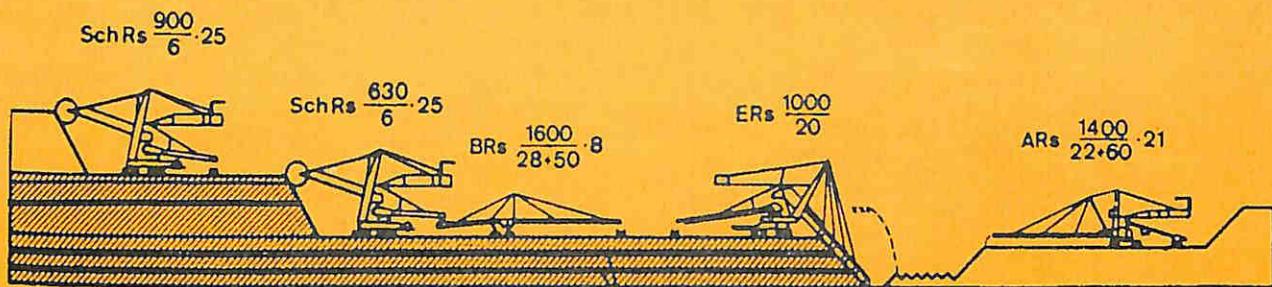
UNAPREĐENJE TEHNOLOGIJE SELEKTIVNOG RADA I KONSTRUKCIJA SKRETNE TRAKE NA POVRŠINSKOM KOPУ TAMNAVА - ISTOČНО * POLJE*

Ratko Jovičić
Dragan Ignjatović
Milan Stojaković

* Rad predstavlja izvod iz inovacionog projekta I.2.062 koji je finansiran od strane Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije. Dobio je Godišnju nagradu Rudarskog instituta Beograd za 1997. godinu.

Površinski kop Tamnava - istočno polje, sa godišnjim kapacitetom od 11,4 miliona tona uglja, izgrađen je za potrebe termoelektrane Nikola Tesla u Obrenovcu. Otkopavanje jalovine se trenutno obavlja sa jednim, a uglja sa dva tehnološka sistema. Na slici 1 data je tehnološka šema rada na površinskom kopu Tamnava - istočno polje.

Prvih desetak godina eksploracije problemi selektivnog rada i održavanja kvaliteta uglja koji se otprema za termoelektrane nisu bili posebno izraženi. Međutim, u poslednjih nekoliko godina, pre svega, zbog pojave većeg broja proslojaka gline u ugljenom sloju, eksploracija uglja je postala znatno složenija sa osetnim smanjenjem vremenskog i



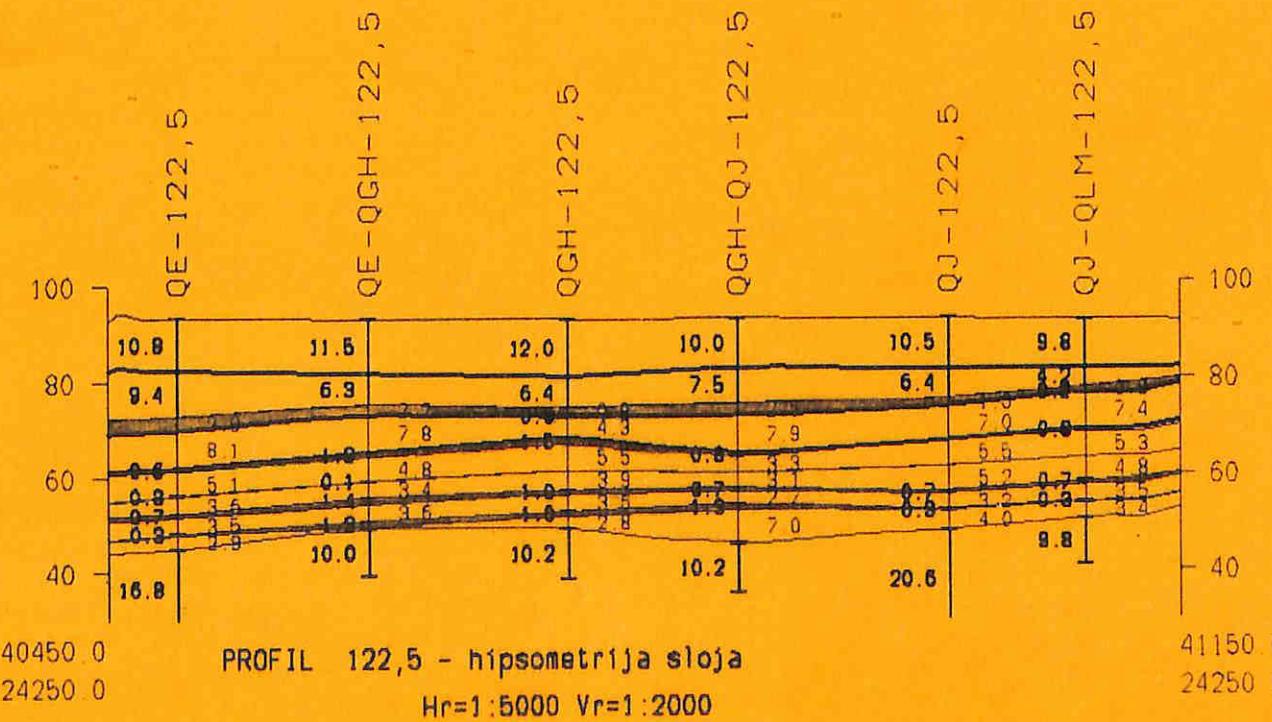
slika 1 Tehnološka šema rada na površinskom kopu Tamnava - istočno polje

kapacitetnog iskorišćenja bagera i izražene problematike u održavanju garantovanog kvaliteta uglja, što je nametnulo potrebu izmene dosadašnje tehnologije selektivnog rada.

U početnom periodu eksploatacije u ugljenom sloju bio je prisutan jedan, relativno moćan i jasno definisan proslojek peska. Njegovo rasprostiranje nije bilo veliko i problem je rešavan selektivnim otkopavanjem proslojka i odlaganjem na spoljno odlagalište. Nakon desetak godina eksploatacije problemi sa proslojcima postaju znatno prisutniji, pre svega, u nepovoljnim vremenskim uslovima rada kopa. Naime, masovno otkopavanje uglja bez selektivnog rada osetno je obaralo njegov kvalitet i sagorevanje u

elektranama je zahtevalo veliku podršku u mazutu. Tokom 1996. godine utrošeno je 65.179 tona mazuta, od čega za podršku vatre preko 37.000 tona. Upravo zbog ovoga, tehnologija otkopavanja je bila podešena tako da se ovaj deo ugljenog sloja otkopava samo u toku letnjih meseci. Međutim, daljim napredovanjem fronta radova ka jugu proslojci gline se javljaju duž celog otkopnog fronta i po celoj visini ugljenog sloja (slika 2).

Ovakvi uslovi otkopavanja uglja bez adekvatne mehanizacije za selektivan rad nameću termoelektranama ozbiljne probleme i povećane troškove zbog većeg utroška mazuta, inteziviranja gotovo svih mlinova i teškoća u otpotpeljivanju.

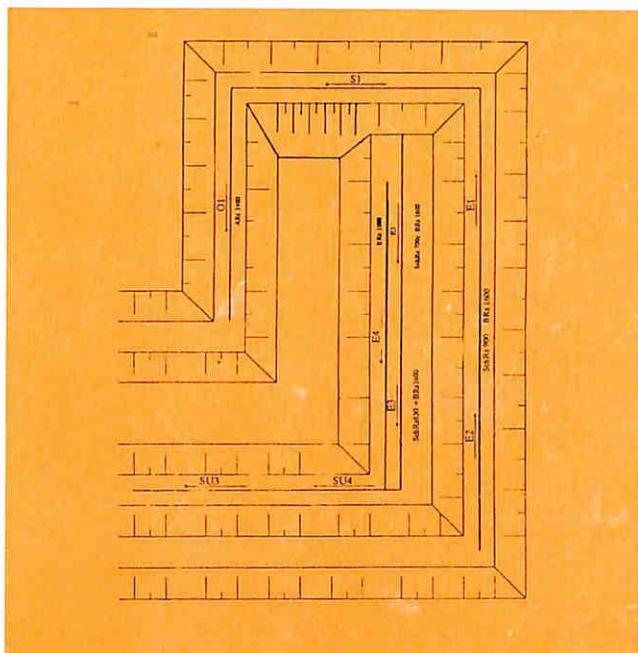


slika 2 Raspored proslojaka u ugljenom sloju na površinskom kopu Tamnava - istočno polje

tabela 1 Specifična potrošnja i kvalitet uglja za termoelektrane

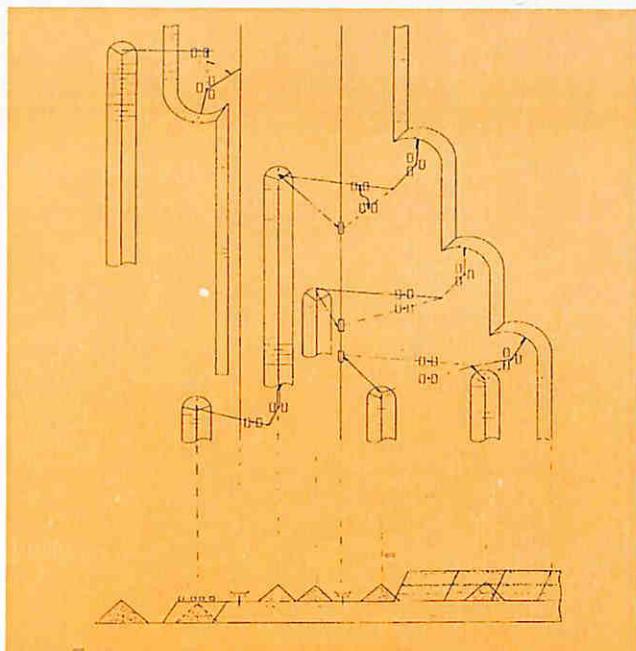
Godina	Specifična potrošnja uglja (kg/kWh)	Toplotna vrednost uglja(kJ/kg)
1984	1.27	8169.58
1985	1.28	8007.58
1986	1.33	8045.58
1987	1.31	7940.22
1988	1.35	7796.97
1989	1.31	7862.62
1990	1.32	7752.47
1991	1.33	7755.96
1992	1.39	7411.75
1993	1.40	8002.55
1994	1.42	7932.5
1995	1.44	7509.00

Izmenjeni uslovi eksploatacije zahtevali su selektivni rad i u visinskom i u dubinskom bloku. U visinskom bloku, gde rade dva rotorna bagera SchRs 630/25 i SchRs 700 (c), proslojci su se otkopavali povremeno i uvek iznudeno kada bi za to stigao signal iz termoelektrane da ugalj nije odgovarajućeg kvaliteta. U slučajevima kada se ne radi selektivno, proslojci bi se delili na dva dela i otkopavali u dve



slika 3 Trenutna dispozicija mehanizacije na površinskom kopu Tamnava - istočno polje

podetaže. Kada se, pak, otkopava selektivno, proslojak se odlagao na etažnu ravan. Na slici 3 data je trenutna dispozicija mehanizacije na površinskom kopu Tamnava - istočno polje, a na slici 4 tehnološka šema rada sa višestrukim prebacivanjem.



slika 4 Tehnološka šema rada sa višestrukim prebacivanjem

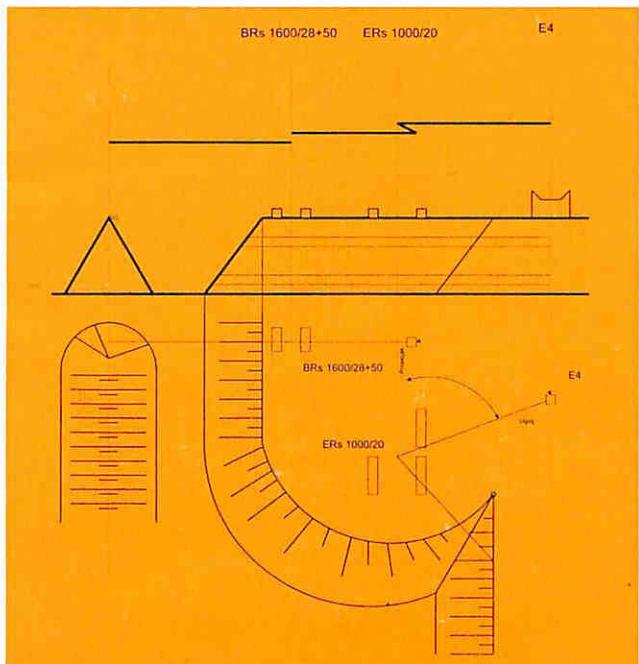
Odlaganje proslojaka na etažnu ravan imalo je za posledicu znatno usložnjavanje tehnološke šeme koja je do tada, zbog povoljnih geoloških uslova, bila veoma jednostavna i sa velikim stepenom slobode mogućih kombinacija rada mašina. Proslojak iz prvog i drugog bloka uglavnom se odlaže između etažnih traka (slika 4). Međutim, kada se otkopava treći blok, ne postoji mogućnost da se proslojci odlože između etažnih transportera, već se isti deponuje na etažnu ravan bagera. Ovakav selektivran rad podrazumeva višestruko prebacivanje masa iz proslojaka do odlaganja u otkopani prostor, što zahteva angažovanje jednog bagera i samohodnog transportera.

Najveći problem pri prebacivanju nastaje onda kada su odložene mase proslojaka duže izložene atmosferiljama. Tada im se zbog povećanja vlažnosti povećava lepljivost, pa je otkopavanje i odlaganje izuzetno teško. Za višestruko prebacivanje proslojaka sa etažne ravni koristi se kompaktni bager SchRs 700(c) koji ima kratku rotornu strelu, pa dozери koji prigurivaju materijal sa obe strane ne mogu prolaziti ispod rotorne strele i praviti trasu bageru dok je isti u radu. Ovo, naravno, zahteva često zastavljanje rada bagera, njegovo povlačenje unazad za vreme izrade trase, što povlači za sobom osetno smanjenje vremenskog i kapacitetnog iskorisćenja bagera (tabela 2).

tabela 2 Pokazatelji rada bagera SchRs 700 na otkrivi i na otkopavanju i prebacivanju proslojka

Materijal koji se otkopava	Prosečni kap. (m ³ /h)	Koeficijent vremenskog iskorišćenja
jalovina	1.100	0.51
ugalj	950	0.48
Meduslojna jalovina i prebacivanje otkopanih masa	390	0.13

Otkopavanje vlažnih gomila odložnih masa iz proslojaka zahteva permanentno angažovanje dva dozera, što znatno prevazilazi standardno angažovanje ovih mašina i, s tim u vezi, povećanje eksploatacionih troškova. Ovakav način rada zahteva ispunjenje još jednog preduslova. Naime, da bi se mase iz proslojaka odložile u otkopani prostor, bager vedričar taj prostor mora da stvori otkopavajući ugalj. Mase iz proslojaka moraju se odlagati u smeru napredovanja vedričara, kako već odložene gomile ne bi blokirale dalji rad. U dubinskom bloku koji se otkopava bagerom vedričarem ERs 1000/20, koji je spregnut sa samohodnim transporterom BRs 1600 (28+50)x15, otkopane mase iz dva proslojka se direktno odlazu u otkopani prostor (slika 5).



slika 5 Tehnološka šema rada vedričara pri otkopavanju uglja i jalovih proslojaka

NOVA TEHNOLOGIJA RADA

Shodno napred datom prikazu razvoja tehnologije otkopavanja uglja, kao i sadašnjeg načina rada, evidentno je da je jednostavna i vrlo fleksibilna

sadašnja tehnologija zbog pogoršanosti geoloških prilika u ležištu prevazidena i da je prerasla u jednu vrlo složenu tehnologiju sa dosta uslovjenosti, što je imperativno nametnulo potrebu za rešenjem selektivnog rada sa jedne, i homogenizacijom uglja, sa druge strane, uz zahtev da rešenje bude jednostavno, funkcionalno i da njegovo uvodenje ne izazove veće zastoje u otkopavanju uglja. Klasično rešenje sa uvodenjem skretnih transporteru i raspodelnih stanica podrazumeva dosta dug vremenski period zbog zastoja na rekonstrukciji, velikih finansijskih ulaganja (nabavka još jednog transporteru) itd. Shodno ovome, kao rešenje predložena je konstrukcija jednog relativno malog transporteru (koji može menjati svoj položaj), koji bi, uz uvodenje u sistem još jednog transporteru i nešto izmenjene tehnologije, zadovoljio postavljene uslove.

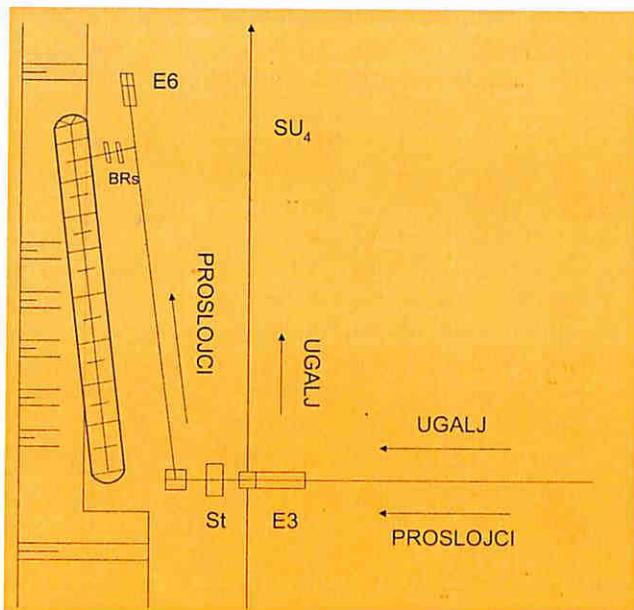
U saradnji sa "Kolubara-Metalom" i "Goša-Projmetalom" projektovana je i izgradena skretna traka na pontonima sledećih karakteristika:

- širina trake 2000 mm,
- širina nosećeg dela 1610 mm,
- brzina trake 4.07 m/s,
- snaga pogona 75 kW,
- potrebna sila za promenu položaja trake 73 kN,
- dužina trake 10.3 m,
- ukupna masa 14.123 t.

Prototip je izgrađen i uspešno isprobao u eksploracionim uslovima. Dakle, skretna traka je predviđena da sa etažnog transporteru preusmerava ugalj, odnosno jalovinu na željeni transporter. To se postiže promenom položaja skretnog transporteru pomoću hidrauličkog cilindra, pomoću koga se skretni transporter postavlja ispod presipa etažnog transporteru i preuzima materijal ili se isključuje iz rada.

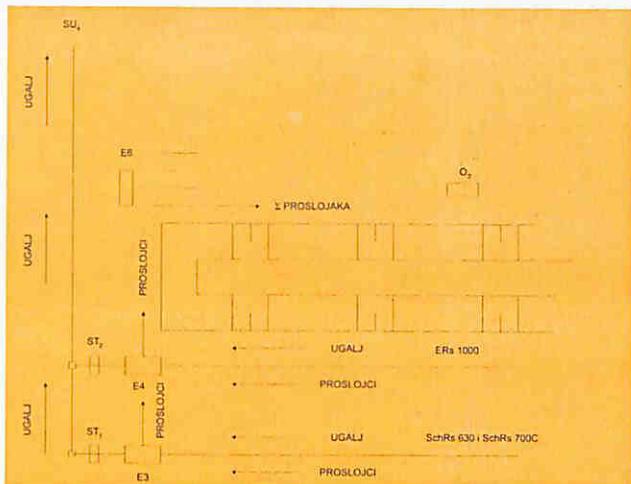
Konstruktivno rešenje i način rada transporteru sa tehničkim rešenjem selektivnog rada u I fazi dati su na slići 6, dok je na slići 7 dato konačno rešenje selektivnog rada. Shodno slići 6 skretni transporter se u I fazi nalazi između transporteru E-3 i E-6, i kada se na etažnom transporteru E-3 nalazi ugalj, on se isključuje, i ugalj se kao u prethodnom načinu transporta presipa u sabirni transporter SU-4. Međutim, kada se na etažnom transporteru E-3 nalaze jalovinske mase iz proslojaka, skretni transporter se podmeće ispod etažnog transporteru E-3 i transportuje mase proslojaka do

transportera E-6. Sa transporterom E-6 se proslojak odlaže odlagačem uz nožicu zapadne završne kosine, gde prema projektu sanacije treba odložiti blok otkrivke visine 15 m, širine 70 m i dužine oko 700 m. Ovakvim načinom selektivnog rada rešava se i pitanje sanacije zapadne kosine koja je kliznula 1993. godine i koja je još uvek nestabilna, sa potencijalnom pretnjom da ugrozi glavni izvozni put. Skretni transporter je konstruisan tako da ima sopstveni ponton, što mu obezbeđuje zadovoljavajuću fleksibilnost. S obzirom na to da je vezan sa etažnim transporterom samo kablovima za napajanje i blokadu, lako se može samostalno premeštati kada i gde je to potrebno.



slika 6 Tehnologija selektivnog rada sa skretnom trakom u I fazi

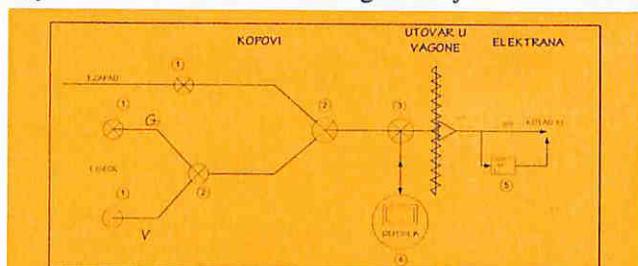
U II fazi predviđa se korišćenje dva skretna transporteru uz dva etažna transporteru. Ovo rešenje treba da bude i konačno do kraja eksploatacionog veka kopa. Naime, čim se završi odlaganje materijala uz nožicu zapadne kosine, prelazi se na odlaganje materijala u otkopani prostor. Za vreme I faze rada potrebno je postaviti još jedan etažni i još jedan skretni transporter, a tek posle toga vršiti rekonstrukciju sistema transporta i odlaganja masa iz proslojaka i to za vreme godišnjeg remonta. U toku II faze rada skretni transporter će, za razliku od I faze, raditi uvek kada etažnim transporterom ide ugalj, što, naravno, zahteva veliku pouzdanost nove konstrukcije. U toku I faze rada kao odlagač bi se koristio samohodni transporter BRs 1600 (28+50)x15, koji radi sa rotornim bagerom SchRs 630 25/6, što iziskuje nužnost pomeranja etažnih transporteru posle svakog otkopanog bloka. U II fazi rada kada se uvede skretni transporter uz etažni transporter E-4 prestaje potreba vezivanja samohodnog transporteru sa vedričarem (slika 7).



slika 7 Tehnologija selektivnog rada sa skretnim trakom u II fazi

HOMOGENIZACIJA UGLJA

Kako je izvozni transporter površinskog kopa Tamnava - istočno polje istovremeno i izvozni transporter površinskog kopa Tamnava - zapadno polje, proces homogenizacije uglja mora se jedinstveno posmatrati i rešavati. Homogenizacija uglja na površinskim kopovima Tamnava - istočno polje i Tamnava - zapadno polje obavlja se tokom samog otkopavanja i transporta - znači na bagerškim etažama i transportnim trakama. Pored toga, homogenizacija se može, ali u ograničenom obimu, obavljati i na deponiji zbog toga što je ova deponija prvenstveno namenjena ostvarivanju kontinualne isporuke uglja za termoelektranu, i na kraju eventualno ovaj proces se može dovršiti i na deponijama termoelektrana. Na slici 8 prikazane su pozicije na kojima se može vršiti homogenizacija.



slika 8 Mesta na kojima se vrši homogenizacija na ležištu Tamnava
 1. na etažama prilikom rada bagera,
 2. na sabirnim transporterima,
 3. u bunkeru drobilane,
 4. na deponiji kopa,
 5. na deponiji elektrane

Nova tehnologija otkopavanja uglja postavljena je tako da su stvoreni uslovi za selektivan rad sva tri bagera, kao i za homogenizaciju uglja. Međutim, ugalj koji se otprema za termoelektranu zavisi od

vizuelne procene kvaliteta uglja u rezu od strane bageriste i planir majstora, što je krajnje subjektivna stvar i za posledicu može imati veći broj pogrešnih procena. Da bi se izbegla vizuelna ocena kvaliteta koja ima često stohastički karakter zbog samih vizuelnih karakteristika materijala koji se kopa, kao i zbog svetlosnih i vremenskih uticaja koji su po pravilu promenljivi, došlo se do ideje da ceo proces selektivnog rada i homogenizacije vodi procesor, odnosno računar.

Kod uvođenja automatskog rada pošlo se od ideje da prvi korak bude samo kontrola rada bagera i homogenizacije ručnim unošenjem položaja bagera na etaži visine podetaže i parametra reza, a da se u narednom koraku svi relevantni podaci automatski dovode u računar koji bi vodio ceo proces.

Dakle osnovu sistema praćenja procesa homogenizacije čini računar koji na osnovu informacije sa bagera, zatim ugradenog programskog paketa za modeliranje ležišta i adekvatnog softvera kontroliše kompletno otkopavanje uglja. Ceo sistem bio bi prikladjen novoj tehnologiji selektivnog rada prikazanoj na slici 8.

Da bi se omogućio ovakav način rada bilo je neophodno uraditi matematički model površinskog kopa sa vertikalnom podelom ugljenog sloja u funkciji kvaliteta uglja. Na osnovu baze podataka, izvršeno je matematičko modeliranje i vertikalna podela ugljenog sloja. Kako na površinskom kopu Tamnava postoji više proslojaka različite debljine, kod formiranja baze podataka u istražnim radovima poštovan je sledeći princip: ako se između dva sloja uglja, čija je debljina veća od 0,5 m, pojavi jalovina, čija je debljina manja od 0,5 m, onda se ugljena serija smatra ugljem; a ako se između dva jalova proslojka, čija je debljina veća od 0,5 m, pojavi ugalj, čija je debljina manja od 0,5 m, onda se cela serija smatra jalovinom. Drugim rečima, utvrđeno je da je granica selektivnog rada 0,5 m.

Za svaki parametar rada koji određuje geometrijske elemente ugljene serije (kote i debljine) i za svaki parametar koji određuje kvalitativne karakteristike (DTE, pepeo, vlaga, sumpor, itd.) uglja urađena je statistička analiza radi izbora metode aproksimacije. Matematičko modeliranje geometrijskih i kvalitativnih parametara urađeno je metodom okalne kvadratne aproksimacije koja izračunava vrednost funkcije $F = (f_1, f_2, \dots, f_6)$ na zadatom skupu S (skup istražnih radova), gde je $f_1 = (x - X)^2$, $f_2 = (x - X)(y - Y)$, $f_3 = (y - Y)^2$, $f_4 = x - X$, $f_5 = y - Y$, $f_6 = 1$ i težinska funkcija.

$$W(x,y) = \frac{1}{[(x - X)^2 + (y - Y)^2]^3}$$

Za matematički model ležišta uglja primjenjen je princip diskretizacije ležišta, koji prekriva ležište dovoljno gustom mrežom (62.5 x 62.5 metara) u X, Y ravni. Nad skupom S (istražni radovi) primenom navedene metode izračunavaju se vrednosti geometrijskih i kvantitativnih parametara ležišta u svim čvorovima mreže (X, Y). Tako obraden matematički model ležišta čini osnovu za sva dalja izračunavanja i aritmetička i logička.

U odnosu na referentnu ravan koja deli ugljeni sloj prema dohvativim visinama i kapacitetima rotornih bagera i vedričara, izvršena je vertikalana podeša na podetaže za svaki bager u funkciji kvaliteta uglja. Kako je svaka podetaža podeljena na miniblokove, a u svakom miniblokumu je izračunata količina jalovine iznad 0,5 metara, DTE (kJ/kg), vlaga (%), pepeo (%), ukupni sumpor (%), to se jasno naznačava kada bager radi selektivno, a kada masovno. Promena visine podetaže je i u slučaju pogoršanja kvaliteta uglja.

Kod ovako postavljene tehnologije rotorni bageri SchRs 630 25/6 i SchRs 700 otkopavaju tri različite vrste materijala: mešavinu ugljevite gline i glinovitog uglja čija je toplotna vrednost oko 4.000 kJ/kg (ovaj sloj u ugljenoj seriji zauzima deo od krovine uglja pa i do 6 metara ka podini), ugalj dobrog kvaliteta (do 10.000 kJ/kg) i proslojke gline, dok vedričar ERs 1.000/20 otkopava ugalj dobrog kvaliteta i proslojke gline.

Osnovni zahtev koji u suštini treba da zadovolji proces homogenizacije je da kvalitet uglja koji izlazi sa kopa bude takav da se u elektrani može sagoreti bez podrške mazuta. Iskustvena toplotna vrednost uglja na izlazu sa kopa treba da je veća ili najmanje jedaka 6.500 kJ/kg.

Shodno ovom, potrebno je izraditi softver čija bi osnova bila data formulom:

$$Q = \frac{Q_2 \cdot T_2 + Q_4 \cdot T_4 + Q_3 \cdot T_3}{T_2 + T_4 + T_3} \geq 6.500 \text{ kJ/kg},$$

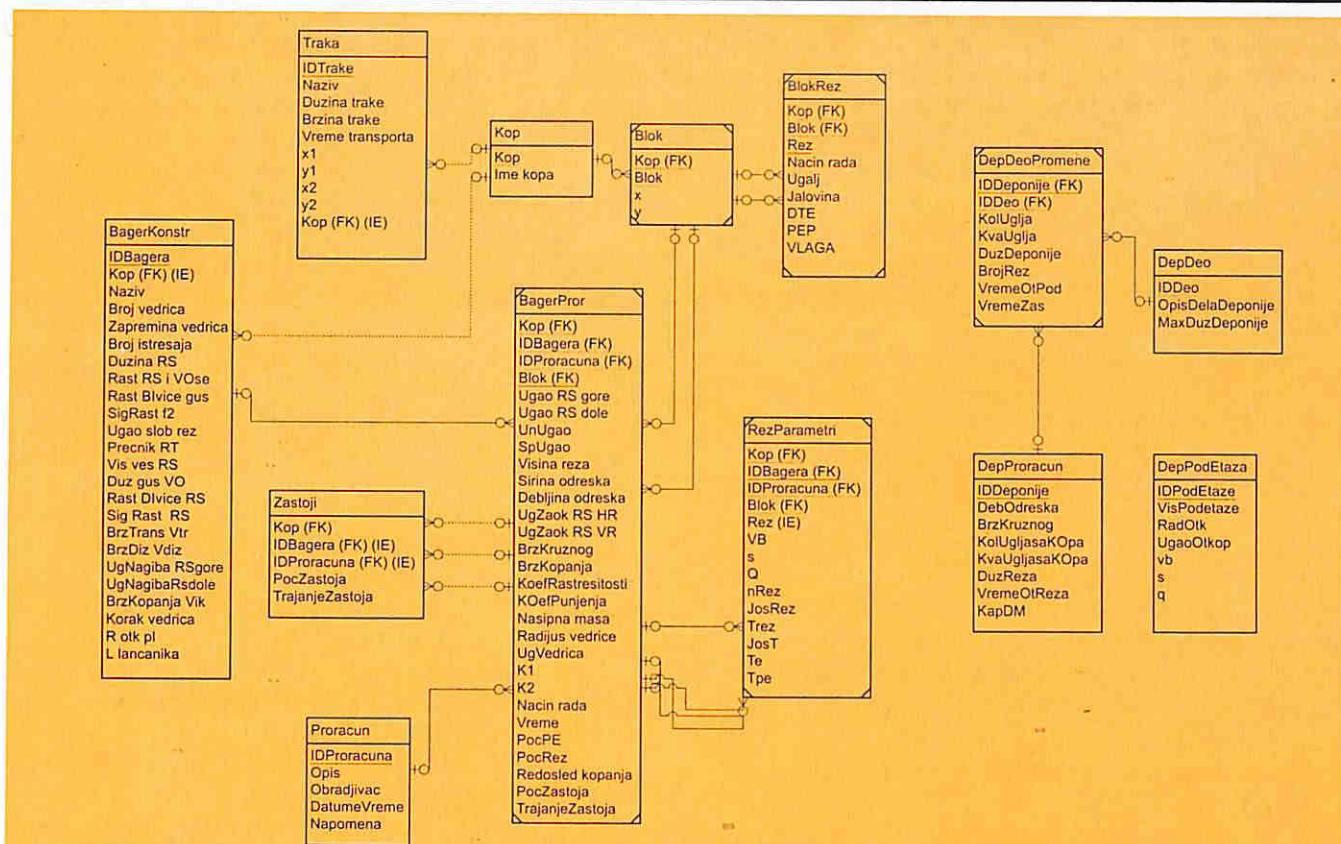
gde je: Q - toplotna vrednost uglja na izlazu iz kopa,

Q_2, Q_3, Q_4 - trenutni kvaliteti uglja koji se otkopava bagerima, G-2 (SchRs 630), G-3 (SchRs 630) i V-1 (ERs 1000) i

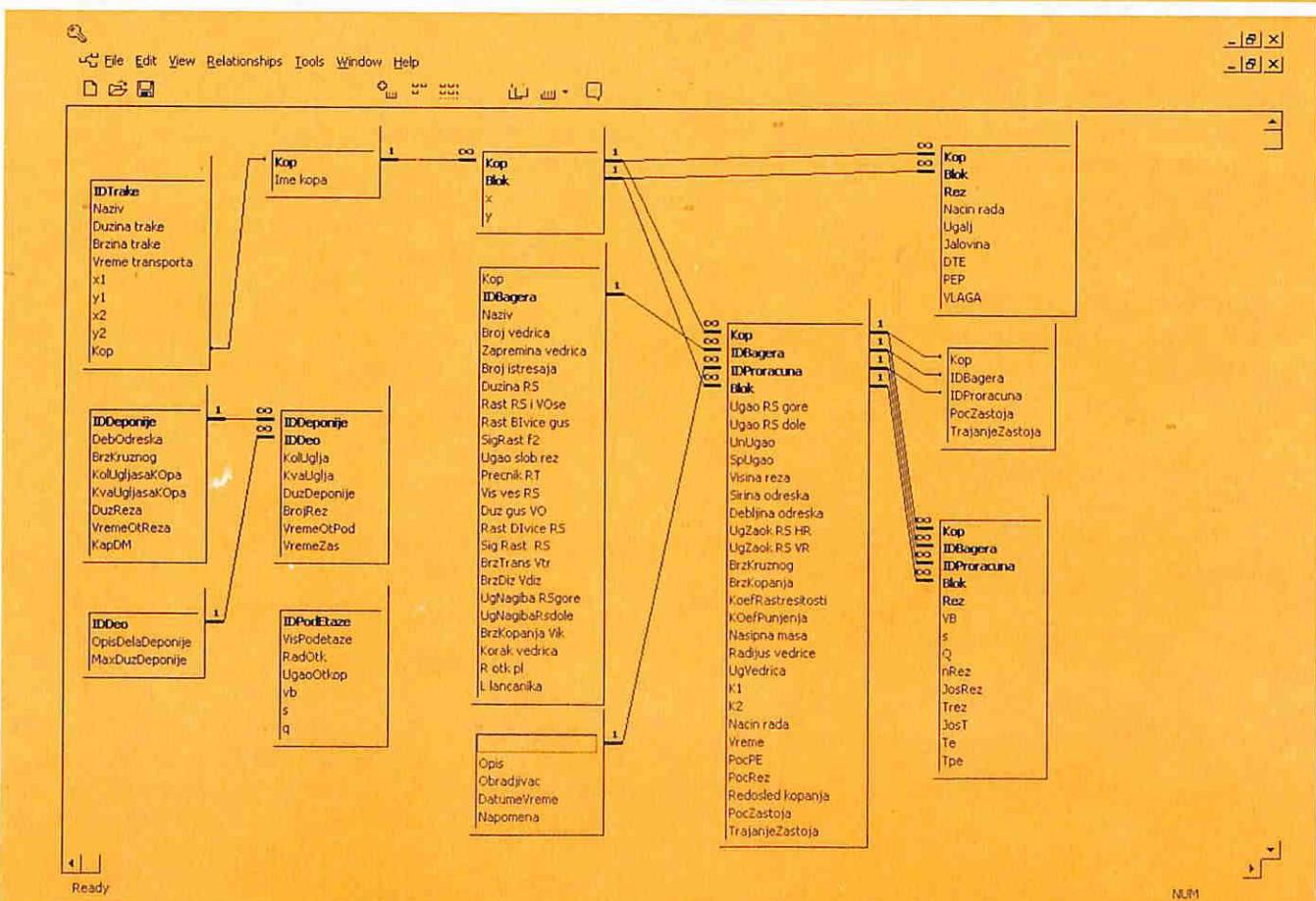
T_2, T_3, T_4 - trenutni kapaciteti u uglju bagera G-2 (SchRs 630),

G-3 (SchRs 700), V-1 (ERs 1000).

Za upravljanjem procesom homogenizacije izrađen je softver. Za upravljanje i manipulacijom podacima korišćen je MSACCESS, a program proračuna rada mehanizacije i upravljanja procesom mehanizacije urađen je u Visual Basicu. Na slici 9 prikazan je model podataka koji je korišćen kao osnova za izradu ove aplikacije, a na slici 10 prikazana je struktura tabela i veze između njih.



slika 9 Model podataka koji su korišćeni u softveru



slika 10 Struktura tabela i veze između njih

Princip nadzora procesa homogenizacije je rešen na sledeći način:

- Rotorni bager se pozicionira na mesto rada i, na osnovu podataka iz matematičkog modela kopa, vrši se podela ugljenog sloja na podetaže (što je uslovljeno položajem proslojaka). Odredivanjem uglova zaokretanja rotorne strele (unutrašnji ugao prilikom otkopavanja najviše podetaže i spoljašnji ugao prilikom otkopavanja najniže podetaže) definišu se širine otkopnog bloka. Na osnovu toga, proračunavaju se uglovi zaokretanja za svaku pojedinačnu podetažu. Zatim se određuju i uglovi nagiba bočnih i čeonih kosina i dužina napredovanja u okviru podetaže za jedan tehnološki ciklus napredovanja.
- Na osnovu uglova zaokretanja određuje se i opseg automatskog rada bagera. Zadavanjem brzine kružnog kretanja i nastupa bagera (debljine adreska) definiše se kapacitet, kao i broj rezova u okviru jedne podetaže, vreme otkopavanja svakog reza, promene reza, vreme otkopavanja svake pojedinačne podetaže, vreme promene podetaže, vreme otkopavanja celog bloka i vreme promene bloka.
- Na osnovu ovih i podataka iz matematičkog modela ležišta određuje se "u kom kvalitetu" radi bager, tj. određuje se koje će vreme bager otkopavati određeni kvalitet uglja.
- Modelom rada mehanizacije omogućeno nam je da sagledamo potrebno vreme otkopavanja, tj preostalo vreme otkopavanja u okviru jedne podetaže.
- Kako je dužina transporta uglja do mesta spajanja uglja sa površinskih kopova Tamnava - istok i Tamnava - zapad različita, vrši se proračun "kašnjenja", tj. potrebno vreme za transport od mesta otkopavanja do mesta spajanja uglja sa ova dva kopa.
- Kako se tokom rada javljaju neminovno, kako planski tako i neplanski zastoje, u trenutku njihovog nastanka bager se isključuje iz procesa proračuna dok se kvar ne otkloni, odnosno bager ponovo ne otpočne da radi.
- Sagledavanjem izlazne (ponderisane) vrednosti kvaliteta uglja i trenutnih i nastupajućih kvaliteta, određenim bagerima daje se nalog prema tome u kakvom kvalitetu rade za povećanje odnosno smanjenje kapaciteta, kako bi se izlazni kvalitet zadržao u potrebnim granicama.
- Ako je kvalitet uglja koji dolazi sa kopa nezadovoljavajući, u rad se može uključiti i deponija sa određenim kvalitetom i kapacitetom kako bi se dobio zadovoljavajući izlaz.

U drugoj fazi predviđeno je kompletno automatско upravljanje procesa homogenizacije. Naime, ovaj sistem postavljen je tako da on bude primenljiv bez velikih materijalnih ulaganja. Dalji pravci

razvoja ovog sistema zahtevaće velika materijalna sredstva, ali će i rezultati biti pouzdaniji.

Kao prvo, mora se izraditi detaljnija mreža bušotina, i još preciznije definisati položaj proslojaka i odrediti kvalitet uglja. Mora se izraditi metodologija uzimanja uzoraka iz bloka i njegove brze analize.

Drugi važan segment razvoja je tačno pozicioniranje bagera GPS sistemom za globalno pozicioniranje, koji će uskoro biti veoma jeftin, a već je veoma pouzdan i precisan.

Treći segment razvoja biće uvodenje "on-line" analizatora (koji se veoma brzo razvijaju i u skorije vreme biće precizniji i jeftiniji) koji će biti postavljeni posle svakog mesta homogenizovanja uglja, tako da će omogućiti tačno saznanje o njegovom kvalitetu, i tračne vase koje će meriti količine uglja i koje će biti postavljene iza svakog bagera.

Uvodenjem ovih elemenata (pozicioniranje, merenje kapaciteta i kvaliteta) omogućice se potpuna automatska kontrola procesa nadzora homogenizacije uglja na ležištu Tamnava.

ZAKLJUČAK

Uvodenjem nove tehnologije rada na selektivnom otkopavanju uglja rešavaju se trenutno brojni problemi, koji su, pre svega, vezani za veliki pad vremenskog i kapacitetnog iskorišćenja bagera zbog višestrukog prebacivanja, dodatno angažovanje pomoćne mehanizacije, vezivanja samohodnih transporteru za bagere zbog prebacivanja proslojaka, smanjenje širine otkopnog bloka vedričara, klizanje zapadne kosine i dr. Naime, novom tehnologijom ostvariće se preduslovi za maksimalno iskorišćenje kapaciteta bagera, izbeći će se problemi vezani za kvalitet uglja, osiguraće se deo zapadne kosine i omogućice se homogenizacija uglja na samom kopu. Sve ovo može se ostvariti korišćenjem postojeće opreme i veoma malim finansijskim ulaganjima za izgradnju dva skretna transporteru.

Naredni korak može da vodi ka unapređenju tehnologije selektivnog rada i homogenizacije uglja na samom kopu uvođenjem automatizacije. Naime, uvođenjem računara u tehnološki proces u koji bi se slivali podaci o trenutnom položaju bagera i trenutnom kapacitetu, kao i podaci o trenutnom kvalitetu uglja u miniblokovima iz programskog paketa za modeliranje ležišta, omogućila bi se koordinacija rada bagera koji rade na otkopavanju uglja i obezbediла homogenizacija uglja na samom kopu, što bi predstavljalo značajan napredak u proizvodnji i znatne uštede u potrošnji mazuta u termoelektrana-

SUMMARY

TECHNOLOGICAL ENHANCEMENT OF SELECTIVE MINING AND CONSTRUCTION OF DEFLECTING BELT CONVEYOR IN THE OPENCAST MINE TAMNAV-A-EAST FIELD

The opencast mine Tamnava-East Field with the annual output of 11.4 million tons of coal has been designed to provide the coal-fired power plant Nikola Tesla in Obrenovac. At the moment, the stripping of overburden is carried out with the use of one system, while coal is excavated with two technological systems. During the first ten years the problems of selective mining were not particularly pronounced and the quality of coal supplied to the thermal power plant was stable. However, during the last few years the working conditions have been substantially deteriorated. Namely, the coal seam that is presently excavated contains 4 dirt bands with overall thickness of approximately 3 m and the highest sub-bench (thickness ranging from 3 to 6 m) represents a coal and clay mixture, and its heating value is below 4.000 kJ/kg. Consequently, the coal mining process has become more complex while the time efficiency and the output of the excavators have dropped considerably. Besides, it is difficult to maintain a stable, continuous supply of guaranteed coal quality, which results in increased consumption of fuel oil in thermal power plants. The reasons stated above, in addition to the problems that complicate the extraction and disposal of dirt bands into the excavated space, call attention to the fact that it is essential to modify the former technology of selective mining and to introduce the process of coal homogenization on the mine site.

The technological problems were solved by implementing two rather simple modifications, namely "deflecting conveyors", which enable the disposal of extracted dirt bands into the excavated space (along with the installation of two short conveyors and a belt wagon). In view of maintaining a stable quality of coal it was suggested to perform the process of homogenization on the mine site (including the opencast mine Tamnava - Weast Field and the stockpile). Adequate software was developed to monitor the operation of excavators both during coal excavation and at the stockpile. In this way it is possible not only to supervise the output coal quality,

but also to analyze possible combinations of work during a few hours period, namely during shifts in order to mantain the quality of coal on the reqired level.

This paper represents the digest version of the innovation project I.2.062, which is financially supported by the Ministry of Science and Technology of the Republic of Serbia.

LITERATURA

[1] Ignjatović, D., Jovičić, R. i dr.: Unapredjenje tehnologije selektivnog rada i konstrukcija skretne trake na površinskom kopu Tamnava - istočno polje. Inovacioni projekat, Rudarsko-geološki fakultet Beograd i Rudarski institut Beograd, 1997.

[2] Stojanović, D., Ignjatović, D., Jovičić, R., Stojaković, M.: Unapredjenje tehnologije selektivnog rada i homogenizacije uglja na površinskom kopu Tamnava - istočno polje. Zbornik radova III međunarodna konferencija o površinskoj eksploataciji, Beograd, 1996.

[3] Stojanović, D., Ignjatović, D., Stojaković, M., Miladinović, S.: Primena računara u procesu praćenja selektivnog rada i homogenizacije uglja na površinskom kopu Tamnava - istočno polje RB - Kolubara. Zbornik radova YU INFO, Brezovica, 1997.

[4] Lazić, A.: Selektivno otkopavanje rotornim bagerima na površinskim kopovima uglja. Rudarsko-geološki fakultet Beograd, 1994.

[5] Jovičić, R., Perišić, M. i dr.: Mogućnost korišćenja lignita male toplotne moći za proizvodnju električne energije. Studija, Rudarski institut Beograd, 1986.

[6] Jovičić, R., Stojanović, D., Stojaković, M., Ignjatović, D. i dr.: Matematički model površinskog kopa Tamnava - istočno polje, Rudarsko-geološki fakultet Beograd i Rudarski institut Beograd, 1993.

AUTORI

Ratko Jovičić, dipl. matematičar,
RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD

dr Dragan Ignjatović, dipl. inž. rud.,
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET BEOGRAD

Milan Stojaković, dipl. inž. rud.,
JP RB KOLUBARA - POVRŠINSKI KOPOVI
BAROŠEVA

REZIME

Transport pepela i šljake iz termoelektrana (TE) koje sagorevaju ugalj, uglavnom se odvija hidrauličkim putem. Do osamdesetih godina najčešće je primenjivana tehnologija transporta pepela i šljake u vidu retke hidromešavine (koncentracije ispod 10 %, po masi). U našim termoelektranama transport u vidu retke hidromešavine je bio napisano pravilo. Tek 1988. g. na termoelektrani Gacko primenjuje se tehnologija guste hidromešavine, ali ne zbog transportnih povoljnosti, već zbog specifičnih karakteristika pepela koje diktiraju uslove deponovanja, a gusta hidromešavina je neophodna radi očvršćavanja deponovane mase. Zahvaljujući hemijskim i mineraloškim svojstvima pepela, isti sistem je primenjen i na termoelektrani Kosovo B. Na toj termoelektrani su instalisane dve tehnološke linije, koje su zaživele u industrijskim uslovima, a dobijeni rezultati pokazuju da su svi projektovani parametri u praksi potvrđeni, a primena tehnologije guste hidromešavine višestruko isplativa.

UVOD

UDK: 622.648:2

PRIPREMA, TRANSPORT I DEPONOVANJE PEPELA TERMOELEKTRANE KOSOVO B U VIDU GUSTE HIDROMEŠAVINE*

Dragan Dražović
Zorica Marković
Pavle Stjepanović
Dušan Todorović

* Rad je uraden na osnovu realizovanog *Glavnog projekta deponovanja pepela TE Kosovo B i tehničke rekultivacije deponije pepela* iz kojeg je ostvaren rad nagraden Godišnjom nagradom Rudarskog instituta Beograd za 1997. god.

Zatečeni sistem transporta i odlaganje pepela i šljake iz TE Kosovo B egzistirao je do 02. 02. 1997. godine mehaničkim putem pomoću transportnih traka, a deponovanje se vršilo preko odlagača. Odlaganje pepela i šljake je vršeno na privremeno deponiji unutar industrijskog kruga termoelektrane. Vazdušnom linijom, udaljenost od silosa za pepeo do najbliže tačke na deponiji iznosila je oko 500 m. Deponija pre uključenja hidrauličkog transporta je zauzimala površinu od oko 55 ha. Potrebno je nglasiti da su troškovi održavanja, i potreba za električnom energijom i radnom snagom komplikovanog i glomaznog transportnog sistema, veliki. Odloženi pepeo i šljaka nisu blagovremeno planirani buldozerom, tako da deponija nema pravilan oblik, niti su nagibi spoljnih kosina zadovoljavajući. Na mnogim mestima nagib je strmiji od 1:1, što dovodi do klizanja pepela pod uticajem padavina, odnosno dovodi do klizanja pepela sve dok se ne formira prirodni ugao nagiba. Korišćenje trakstih transporterera uslovilo je formiranje transportnih useka koji zapreminske zauzimaju veliki prostor, a koji postojećom tehnologijom transporta i deponovanja nije bilo moguće iskoristiti. Jedan od mnogo brojnih razloga zbog čega je izvršena izmena tehnologije transporta i deponovanja je i da se pomenu neiskorišćen prostor od, oko, 7.000.000 m³ zapuni pepelom.

Sa severne i istočne strane neposredno uz deponiju na 100-500 m nalaze se prve kuće sela Pleme-

tina, tako da je širenje deponije u tom pravcu onemogućeno.

U sektoru deponije često duvaju vetrovi i prioritetski pravac duvanja je jugozapad-severoistok, tako da je selo Plementina najviše ugroženo razvejavanjem pepela.

Reka Sitnica protiče na oko 100 m od deponije i u sektoru deponije korito reke je uređeno.

Sve navedene negativne činjenice ukazivale su na potrebu za promenom postojeće tehnologije transporta i odlaganja pepela i šljake TE Kosovo B.

Tokom 1992. godine započete su aktivnosti na rešavanju problema deponovanja pepela i šljake na termoelektrani Kosovo B. Zahvaljujući svojim hemijskim i mineraloškim karakteristikama (prisustvo aktivnog CaO i cementnih minerala), pepeo u kontaktu sa vodom, stvara hemijski proces solidifikacije, odnosno vezuje vodu i deponovana masa postepeno očvršćava.

Osnovna zamisao je bila formirati mešavinu pepela i vode u odnosu 1 : 1 (50 % Č) i hidrauličkim transportom deponovati hidromešavinu u otkopane prostore površinskih kopova.

Fazno podeljeni poslovi, zbog konačnog i efikasnijeg rešavanja, su doneli zadovoljavajuće rezultate koji su verifikovani od strane stručnih saveta termoelektrane Kosovo B i odgovarajućih stručnih saveta Elektroprivrede Srbije [1], [2].

Nova tehnologija, tj. postrojenje za hidrauličku pripremu, transport i deponovanje pepela sa dve tehnološke linije na TE Kosovo B je opremljeno odgovarajućom opremom za automatsko vođenje i regulaciju procesa, i gotovo sva ugradena tehnološko-mašinska oprema, izuzev merača gustine (kondicioner, muljne pumpe, pumpe za vodu, cevovod za hidromešavinu, armatura i dr.), je izradena u domaćim fabrikama (Fod - Bor, Minel - Beograd, Jastrebac - Niš). U industrijskim uslovima primene je od februara 1997. godine.

KARAKTERISTIKE PEPELA TE KOSOVO B

Činjenice prikazane u ovom članku predstavljaju rezultate detaljnih istražnih radova i praćenja ponašanja opreme i procesa kroz prethodne faze izrade projekta.

Granulometrijski sastav

Tokom perioda istraživanja granulometrijski sastav je određivan na više uzoraka kao i na uzorcima koji su uzeti tokom radova puštanja u rad i uhodavanja dela postrojenja. Prosečni rezultati su prikazani u tabeli 1.

tabela 1 Granulometrijski sastav pepela

Klasa krupnoće, mm	Učešće, %	
	Uzorak I	Uzorak II
+ 0.500	0.05 - 2.45	1.97 - 2.89
- 0.500 + 0.400	0.05 - 1.86	1.27 - 2.41
- 0.400 + 0.300	0.05 - 2.45	1.28 - 6.17
- 0.300 + 0.200	0.48 - 4.51	4.57 - 6.81
- 0.200 + 0.100	5.38 - 16.69	16.02 - 18.00
- 0.100 + 0.090	0.60 - 3.39	0.41 - 2.55
- 0.090 + 0.071	3.03 - 5.77	2.02 - 3.68
- 0.071 + 0.000	66.74 - 88.72	60.62 - 69.27
ULAZ		

Prikazani rezultati pokazuju da je pepeo veoma fino sprašeni materijal podesan za mešanje, transport i formiranje homogene hidromešavine.

Gustina, nasipna i zapriminska masa, hidraulička zbijenost

- Gustina : 2400 kg/m³
- Zapriminska masa : 941.5 kg/m³
- Nasipna masa : 626.9 kg/m³
- Hidraulička zbijenost : 920 kg/m³, za hidromešavinu gustine 50% Č

Hemijski sastav

Iz tabele 2 jasno se vidi da u hemijskoj gradi pepela i šljake preovladuju dve komponente CaO i SiO₂. Značajno učešće kalcijum-oksida svrstava ovaj pepeo u grupu silikatno-kalcijskih pepela koje karakteriše sposobnost spontanog (ili vođenog i usmerenog) očvršćavanja nakon kvašenja sa određenim (kontrolisanim) količinama vode.

tabela 2 Hemijski sastav pepela i šljake

Komponenta	Učešće, %	
	Uzorak I	Uzorak II
CaO	35.38 - 39.96	28.30 - 34.76
SiO ₂	29.50 - 32.13	27.58 - 33.12
Al ₂ O ₃	5.09 - 6.46	8.55 - 10.53
Fe ₂ O ₃	6.31 - 8.42	6.03 - 7.95
MgO	3.55 - 4.02	3.37 - 4.01
SO ₃	11.02 - 12.78	11.17 - 12.89
MnO	0.18 - 0.32	0.14 - 0.17
K ₂ O	0.45 - 0.56	0.79 - 1.01
Na ₂ O	1.52 - 1.72	1.06 - 1.70
CaO aktivno	7.34 - 9.42	4.95 - 6.84

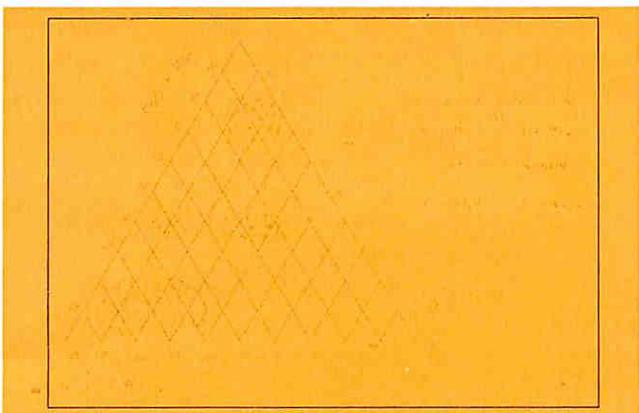
Učešće aktivne komponente u hemijskoj građi pepela u zavisnosti od krupnoće dato je u tabeli 3.

tabela 3 Učešće slobodnog CaO po klasama krupnoće pepela

Klasa krupnoće, mm	Masa klase krupnoće, %	Učešće CaO ^{akt} , %	Raspodela CaO ^{akt} , %
+0,208	9,0-10,6	2,1-3,6	1,9-3,3
-0,208+0,074	37,6-44,5	8,8-10,0	32,6-43,5
-0,074+0	46,0-52,8	11,1-12,8	54,6-65,3

Rezultati prikazani u prethodnim tabelama predstavljaju podatke kada se u termoelektrani sagoreva ugalj iz kopova Dobro Selo i Belačevac.

Na slici 1 prikazano je procentualno učešće hemijske grade pepela iz pojedinih termoelektrana.



slika 1 Triangularni dijagram procentualnog učešća komponenti hemijske građe pepela

Mineraloški sastav

Interesantno je razmotriti mineraloški sastav ako se posmatra sa dva aspekta: sastav suvog pepela i sastav pepela nakon kontakta sa vodom, tj. u vreme procesa solidifikacije.

U tabeli 4 prikazan je mineraloški sastav suvoga pepela, dok su promene u mineralnom sastavu koje su posledica procesa solidifikacije prikazane u tabeli 5 [5], [6].

tabela 4 Mineralni sastav suvoga pepela

Mineraloška komponenta	Učešće %
Anhidrit (CaSO ₄)	28
CaO	31
Portlandit (Ca(OH) ₂)	2
Gelenit (Ca ₂ Al ₂ SiO ₇)	12
Periklas (MgO)	2
Kalcit (CaCO ₃)	15
Kvarc (SiO ₂)	5
Žismondit (Ca, Al ₂ , Si ₂ O ₈ , H ₂ O)	3
Getit (FeO(OH))	2

Očigledno je da je podvrgavanje pepela hidrataciji prouzrokovalo bitne promene u mineralnom sastavu. Nastala su četiri nova minerala - tobermorit, etringit, gips i braunmilerit.

Uobičajeni minerali pri analizi betona su tobermorit i etringit koji imaju veoma zapaženo učešće i u mineralnom sastavu hidratisanih proizvoda pepela prikazanih u tabeli 5.

tabela 5 Mineralni sastav hidratisanih proizvoda pepela u funkciji vremena očvršćavanja

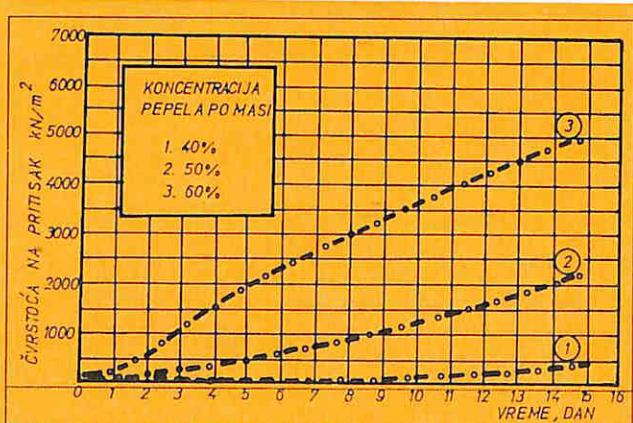
Mineral	5. dan	8. dan	12. dan	15. dan	19. dan	22. dan
Tobermorit	26,7	28,4	31,9	30,7	30,6	31,7
Etringit	11,6	12,9	14,1	14,7	14,2	17,0
Portlandit	11,5	9,7	8,2	8,1	9,7	8,5
Anhidrit	21,7	16,5	10,2	11,2	10,1	9,1
Kalcit	10,9	14,3	15,6	15,0	14,5	13,8
Gips	2,4	3,3	3,7	4,3	4,6	4,5
Kalcijumoksid	4,2	3,3	2,5	2,2	1,8	-
Kvarc	4,7	5,4	5,9	5,5	6,1	6,1
Braunmilerit	6,2	6,3	5,9	6,4	6,6	6,5
Periklas	-	-	1,0	1,8	1,9	2,1

Definisanje odnosa čvrsto (pepeo): tečno (voda) i način deponovanja

Odgovarajući stehiometrijski odnos čvrste i tečne faze je veoma bitan za odvijanje procesa solidifikacije. Opsežnim laboratorijskim ispitivanjima došlo se do intervala odnosa čvrste i tečne faze, koji zadovoljava zahteve u pogledu brzine potpunog vezivanja tehnološke vode i očvršćavanja mase. Uzimajući u obzir sva izvršena ispitivanja, tj. rezultate pomenuih i industrijskih ispitivanja usvojen je, kao najpovoljniji, maseni odnos pepela i vode od 45 do 55% čvrstog.

U industrijskim uslovima višeslojno deponovanje je realnost, tako da je bilo neophodno imati uvid u mogućnosti komunikacije vode kroz deponovanu masu, uz različite gustine slojeva. Između deponovanih slojeva postoji komunikacija u smislu kretanja vode na površini sveže deponovane mase. Usvojena dozvoljena debљina deponovanog monosloja je 20 cm.

Na uzorcima uzetim pet dana nakon deponovanja hidromešavine vršena su geomehanička ispitivanja. Određivana je čvrstoća na pritisak, u funkciji vremena deponovanja. Ispitivanje je vršeno na hidrauličkoj presi. Vidljiv je konstantni rast čvrstoće na pritisak na slici 2.



slika 2 Promene čvrstoće na pritisak u funkciji vremena deponovanja i koncentracije deponovane hidromešavine

U tabeli 6 prikazani su rezultati određivanja kohezije i ugla unutrašnjeg trenja na uzorcima sa vremenom očvršćavanja od 8, 10 i 21 dan.

tabela 6 Elementi unutrašnjeg otpora očvrslog pepela u zavisnosti od vremena očvršćavanja

	8. dan	10. dan	21. dan
Ugao unutrašnjeg trenja, ϕ^o	28,02	35,30	53,22
Kohezija, C kN/m ²	80	217	691

Materijal čija je kohezija veća od 100 kN/m² smatra se stenom. Solidifikovani pepeo TE Kosovo B ovu karakteristiku dostiže u periodu od 8 do 9 dana. Ovako solidifikovani pepeo i analiza njegovih kompresibilnih svojstava pokazuje da je modul stišljivosti iznad 105.000 kN/m² pri opterećenju od 200-400 kN/m². Iskazana činjenica govori da se radi o malo stišljivom materijalu. Proračunata nosivost solidifikovanog materijala je 1216 kN/m².

PRIKAZ TEHNOLOŠKOG PROCESA PRIPREME, TRANSPORTA I DEPONOVANJA PEPELA

Na originalnoj, dokazanoj i primenjenoj u praksi tehnologiji Rudarskog instituta Beograd zasnovan je tehnološki proces hidrauličke pripreme, transporta i deponovanja pepela TE Kosovo B.

Kontinuirano mešanje vode i pepela u masenom odnosu 1:1, transport u vidu gусте hidromešavine, zatim, slobodno istakanje u pripremljene kasete i deponovanje u slojevima, relativno male debљine, je bazna postavka tehnološkog procesa. Do hidratacije jedinjenja prisutnih u gradi pepela dolazi pri kontaktu pepela sa vodom. Karbonatizacijom započinje proces uslovjen učešćem aktivnog CaO, pri cemu se gradi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ koji, zatim, uz CO_2 iz vazduha, formira CaCO_3 . Ovim se proces ne završava. Naprotiv, nastavlja se veoma kompleksnim reakcijama hidratacije ostalih komponenti koje učestvuju u gradi pepela. Na kraju se formiraju, sa kalcijumom kao nosećim elementom, četiri nova minerala uz dominantno učešće minerala iz grupe tobermorita i etringita [3].

Dosadašnja iskustva su pokazala da se formira deponija bez slobodne tehnološke vode u kojoj pepeo iz praškastog stanja prelazi u očvrslu stensku masu.

U radu postrojenja za hidrauličko deponovanje pepela prisutne su dve vrste voda:

- industrijska voda koja služi za zaptivanje muljnih pumpi, hlađenje ležajeva drenažne pumpe i ulja u hladnjaku spojnice i
- otpadna voda, koja se u procesu spravljanja hidromešavine koristi isključivo za pripremu hidromešavine, što znači da ima ulogu tehnološke vode.

Otpadne vode termoelektrane su pre primene tehnološkog procesa hidrauličkog deponovanja pepela i šljake odvodene kanalom do reke Sitnice.

Pri radu postrojenja za hidrauličko deponovanje pepela, sva upotrebljena voda tehnološka, upotrebljena za pripremu hidromešavine, i industrijska voda upotrebljena kao zaptivna kroz pumpu, kao rashladna tečnost za hlađenje ulja u hladnjaku, uvodi se u kondicioner a, zatim, zajedno sa pepelom dospeva na deponiju.

Pepeo, do silosa gde se skladišti, se transportuje u suvom stanju. Iz oba bloka pepeo može da se skladišti u svaku ćeliju silosa koji ima četiri zasebne ćelije. Postrojenje za pripremu hidromešavine je vezano na dve ćelije. Linija 1 snabdeva se pepelom iz ćelije 1, linija 2 iz ćelije 2. Ukrštanje linija za snabdevanje nije predviđeno. S obzirom na to da se pepeo dodaje u praškastom, suvom stanju i da je kondicioner pokriven, izvršeno je otprašivanje kondicionera. Mokrim otprašivačem izvršeno je obaranje prašine. Oborenna prašina pomešana sa vodom se gravitacijski vraća u kondicioner, odakle zajedno kao hidromešavina odlazi na deponiju, dok se čisti vazduh ispušta u atmosferu.

Priprema hidromešavine se vrši u kondicioneru, koji je zatvoreni cilindar sa konusnim delom na dnu, snabdeven robusnim mešaćem i pogonskom grupom. Zadatak kondicionera, snabdevenog otpadnom vodom i otpadnim materijalom (pepelom), u čitavom procesu je da omogući kontakt svakog zrna pepela sa vodom. Potrebno vreme kondicioniranja tj. mešanja pepela i vode je 3 minuta.

Transport hidromešavine do deponije izvodi se prirudno, muljnim pumpama. Cevovod za transport hidromešavine je izrađen od polietilena visoke gustine (HDPE). Ovaj materijal je odabran zbog najmanjeg lepljenja karbonatnih naslaga tokom transporta. Posebnim načinom razvodenja cevovoda omogućeno je njegovo dreniranje nakon ispiranja. U istočnom delu deponije obezbeden je prostor za dreniranje.

Na deponiji slobodni prostor se javlja u usecima po kojima se vode transportne trake, zatim, na južnoj i zapadnoj strani deponije na kojoj je došlo do rasipanja pepela u nožici deponije pri formiranju nagiba kosine, koji na pojedinim mestima prelazi i odnos 1:1 i na slobodnom prostoru koji je već zahvatila postojeća deponija pepela.

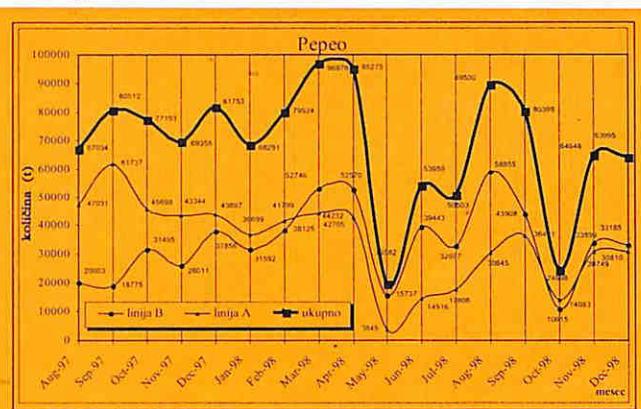
Na deponiji je formiran akumulacioni prostor izdeljen u početku u pet kaseta, dok je kasnije formirano osam kaseta. Ovakva kasetna podela omogućava svakodnevnu izmenu mesta deponovanja. Deponovanje se obavlja direktnim istakanjem u prethodno formiran akumulacioni prostor. Obodni i pregradni nasipi se izraduju od prethodno hidraulički deponovanog pepela. Visinska nadgradnja svake etaže je 3 m. Etažni nasip se izrađuje u šest koraka, što znači 0,5 m po koraku. Za izradu se koristi buldozer koji najpre nagurava materijal na zamišljenu osu budućeg nasipa do visine od oko 0,5 m, a zatim ga sabija prelaskom preko naguranog materijala. Nakon 3,0 m visine se formira etaža sa krunom širine 3,0 m. Na svakoj drugoj etaži formira se kruna širine 5,0 m, tako da svaka druga etaža predstavlja i saobraćajnicu. Nagib spoljnih kosina nasipa je 1:3, dok su unutrašnje kosine 1:2.

INDUSTRIJSKA PRIMENA SISTEMA PRIPREME, TRANSPORTA I DEPONOVANJA PEPELA TE KOSOVO B SA OSTVARENIM REZULTATIMA

Tehnološki proces

Postupak deponovanja i hidrauličkog transporta uz solidifikaciju deponovanog pepela, vrši se na postojećoj, privremenoj, deponiji lociranoj u krugu termoelektrane. Kako bi se u industrijskim uslovima verifikovali svi projektovani parametri nove tehnologije i kako bi se obezbedio nesmetan rad termoelektrane, odredeno je da se deponovanje nastavi korišćenjem prostora koji već zauzima privremena deponija [6].

Količina deponovanog pepela, po mesecima, u periodu od avgusta 1997. do decembra 1998. prikazana je na slici 3.



slika 3 Količina deponovanog pepela u periodu 97-98.

Tokom 1997. i 1998. godine vršeno je deponovanje pepela primenom nove tehnologije hidrauličkog deponovanja. Praćenje svih relevantnih parametara tokom dvogodišnjeg rada pružilo je priliku da se analiziraju svi bitni detalji vezani za proces pripreme, transporta, deponovanja i očvršćavanja pepela.

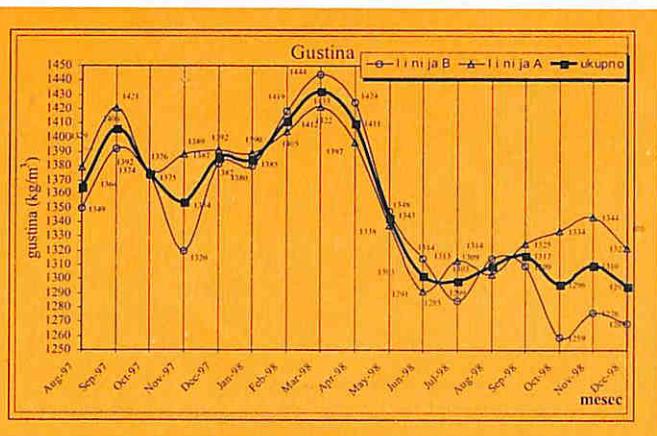
Pri najnepovoljnijim uslovima na površini deponovane kasete slobodne vode nema nakon 48 časova po prestanku istakanja, a pri najpovoljnijim uslovima deponovana kaseta ostaje bez slobodne vode za 6-8 časova.

Projektovani sistem solidifikacije pokazao je da ne ugrožava rad termoelektrane ili stabilnost deponije i funkcioniše u projektovanim granicama i svim situacijama. Teren na kome je formirana deponija uglavnom je izgrađen od glina i peskovitih glina sa visokim nivoom podzemnih voda. Nakon deponovanja 2-3 sloja pepeo je vezao sav višak vode, čime je dokazano kapilarno penjanje vode kroz deponovani sloj i osobina pepela da gornji gušći slojevi upijaju vodu iz donjih redih slojeva. Ovo je vrlo

važna osobina zbog uspostavljanja kompaktnosti slojевito izgradene deponije.

Gustine su u proseku za 1-2 % niže od projektovanih, ali ova činjenica nije uzrokovala poremećaj u ponašanju deponovanog pepela. Niže gustine hidromešavine od projektovane i njeno održavanje u zadanim granicama posledica su problema oko gravitacijskog pražnjenja pepela iz silosa. Pražnjenje silosa na početku rada je otežano i količina pepela drastično varira od 10 do 100 t/h, da bi kasnije dosegla zadovoljavajuću količinu tj. projektovanu od oko 150 t/h. Na kraju pražnjenja silosa dolazi do sličnih problema i variranja, kada se zbog male visine pepela u bunkeru smanjuje brzina pražnjenja i količina opada na ispod 100 t/h.

Prosečne gustine deponovane hidromešavine, obe linije hidrotransporta u periodu od avgusta 1997. do decembra 1998. prikazane su na slici 4.



slika 4 Prosečne gustine deponovane hidromešavine u periodu 97-98.

Kroz dva cevovoda izrađena od polietilena visoke gustine obavlja se transport hidromešavine. Ne prestano skupljanje i izduživanje (dilatacija) posredno sprečava inkrustaciju tako što doprinosi otpadanju tankih ljudspica koje se natalože na zidove cevi.

Uz visinsko napredovanje pojedinih etaža vršeno je i premeštanje cevovoda na novi položaj, bliže istakalačima. Ovakva praksa pokazala se kao povoljna zbog toga što omogućava kontinuiran uvid u stanje svake cevi, dok sam proces nije fizički težak niti tehnički posebno komplikovan, a pritom vremenski ne mora dugo da traje.

Za snabdevanje čistom industrijskom vodom koriste se postojeće pumpe smeštene u tzv. "cirk stanicu".

Za snabdevanje otpadnom tj. tehnološkom vodom koriste se muljne pumpe smeštene u posebnoj pumpnoj stanici lociranoj neposredno uz rezervoar za zahvatanje i privremeno skladištenje izlivne vode iz termoelektrane.

Kako se ne bi ugrozila okolina nekontrolisanim isticanjem materijala iz cevovoda za potpuno dreni-

ranje, formirana je posebna kaseta, koja je nazvana drenažna kaseta.

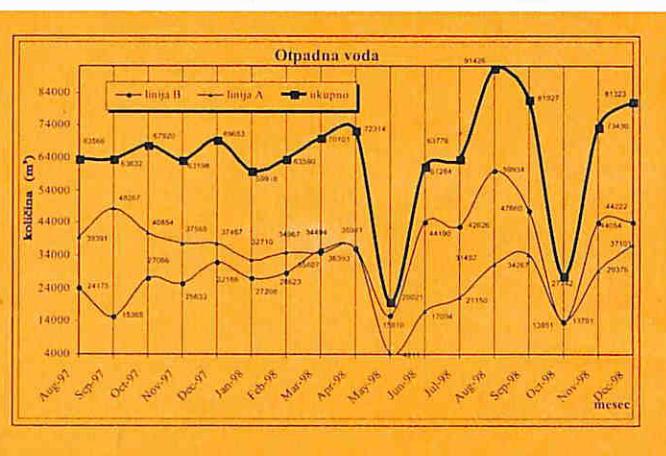
Analiza tehnološkog procesa obuhvata obrađivanje, bilansiranje i komentar dobijenih podataka preuzetih iz smenskih izveštaja o radu postrojenja, kao i podataka dobijenih snimanjem tehnološkog procesa za vreme boravka na postrojenju.

Razlog za tehnološka merenja je analiza tehnološkog procesa i sagledavanje uticaja realnih industrijskih parametara na dešavanja u fazi transporta i deponovanja pepela. Postavljeni su uredaji koji omogućavaju sledeća merenja:

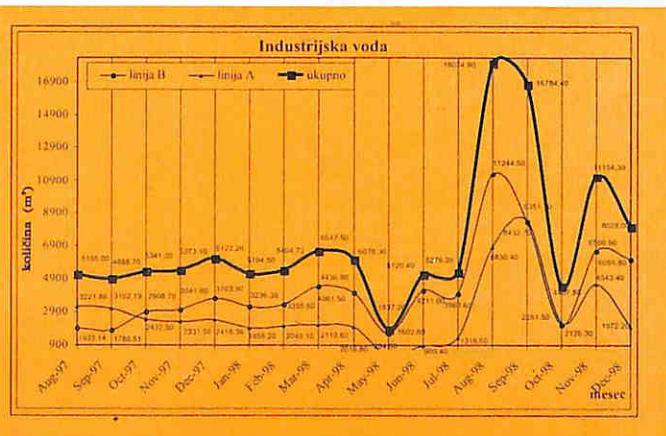
- količinu suvog pepela koji se deponuje,
- potrošnju vode,
- gustinu hidromešavine i
- protok hidromešavine.

Na osnovu ovako izmerenih podataka može se redovno (smenski, dnevno) i periodično (mesečno, godišnje) analizirati tehnološki proces i vršiti poređenje sa projektovanim parametrima.

Na slikama 5 i 6 i tabelama 7 i 8 date su utrošene količine pepela i vode u posmatranom periodu:



slika 5 Utrošena količina otpadne vode u periodu 97-98.



slika 6 Utrošena količina industrijske vode u periodu 97-98.

tabela 7 Deponovana količina pepela

	PEPEO (t)		
	Linija A	Linija B	UKUPNO
avg. 97.	47031.00	20003.00	67034.00
sept. 97.	61737.00	18775.00	80512.00
okt. 97.	45698.00	31495.00	77193.00
nov. 97.	43344.00	26011.00	69355.00
dec. 97.	43897.00	37856.00	81753.00
jan. 98.	36699.00	31592.00	68291.00
febr. 98.	41799.00	38125.00	79924.00
mar. 98.	44232.00	52746.00	96978.00
apr. 98.	42705.00	52570.00	95275.00
maj 98.	3845.00	15737.00	19582.00
jun 98.	14516.00	39443.00	53959.00
jul 98.	17806.00	32697.00	50503.00
avg. 98.	30645.00	58855.00	89500.00
sept. 98.	36491.00	43908.00	80399.00
okt. 98.	14083.00	10615.00	24698.00
nov. 98.	30749.00	33899.00	64648.00
dec. 98.	30810.00	33185.00	63995.00
ukupno	586087.00	577512.00	1163599.00

ZAŠTITA OKOLINE

Tehnologija mehaničkog transporta i deponovanja, koja je prethodila novoj tehnologiji, bila je veliki zagadivač okoline, pre svega, vazduha. Nova tehnologija je, pored nesumnjivih prednosti u tehnološko-ekonomskom smislu, bitno umanjila negativan uticaj na okolinu. Radi prikupljanja činjenica uveden je poseban sistem praćenja i kontrole uticaja deponije na okolinu.

Favorizovana su dva elementa:

- uticaj na zagadenje vazduha i
- uticaj na zagadenje voda, kako podzemnih tako i površinskih.

Na osnovu redovnih mesečnih izveštaja o osmatranju deponije može se potvrditi da je problem aerozagadenja u potpunosti rešen jer više nema raznošenja čestica pepela, niti u fazi transporta, niti u fazi deponovanja, mada merenih podataka o stanju zagadenosti vazduha trenutno nema. Neraspolaganje podacima o aerozagadenju ne treba tražiti samo u nedostatku sredstava za ta merenja, već i u odsustvu svakog pritiska i drugih aktivnosti obližnjeg stanovništva i ekoloških pokreta, a zbog potpunog rešenja problema razvejavanja čestica svoga pepela sa deponije.

tabela 8 Utrošena količina otpadne i industrijske vode

	OTPADNA VODA (m ³)			INDUSTRIJSKA VODA (m ³)		
	Linija A	Linija B	UKUPNO	Linija A	Linija B	UKUPNO
avg. 97.	39391.00	24175.00	63566.00	3221.86	1933.14	5155.00
sept. 97.	48267.00	15365.00	63632.00	3102.19	1786.51	4888.70
okt. 97.	40854.00	27066.00	67920.00	2432.50	2908.70	5341.20
nov. 97.	37565.00	25633.00	63198.00	2331.50	3041.60	5373.10
dec. 97.	37467.00	32186.00	69653.00	2418.36	3703.90	6122.26
jan. 98.	32710.00	27208.00	59918.00	1958.20	3236.30	5194.50
febr. 98.	34967.00	28623.00	63590.00	2049.10	3355.60	5404.70
mar. 98.	34494.00	35607.00	70101.00	2110.60	4436.90	6547.50
apr. 98.	35921.00	36393.00	72314.00	2016.80	4061.50	6078.30
maj 98.	4211.00	15810.00	20021.00	234.60	1602.60	1837.20
jun 98.	17094.00	44190.00	61284.00	909.40	4211.00	5120.40
jul 98.	21150.00	42626.00	63776.00	1318.60	3960.60	5279.20
avg. 98.	31492.00	59934.00	91426.00	6830.40	11244.50	18074.90
sept. 98.	34267.00	47660.00	81927.00	8432.70	8351.70	16784.40
okt. 98.	13951.00	13791.00	27742.00	2281.50	2126.30	4407.80
nov. 98.	29376.00	44054.00	73430.00	4543.40	6560.90	11104.30
dec. 98.	37101.00	44222.00	81323.00	1972.20	6055.80	8028.00
ukupno	530278.00	564543.00	1094821.00	48163.91	72577.55	120741.46

Makroskopski je moguće uočiti čestice u vazduhu, ali i osetiti u periodu boravka u krugu termoelektrane i deponije. Ovaj slučaj je nemoguć u slučaju zagađenja voda. Problem zagađenje voda je mnogo kompleksniji i za njegovo utvrđivanje potrebno je, skoro po pravilu, obaviti detaljnija stručna snimanja, meranja i analize. Posao oko provere i praćenja zagađenosti voda prihvatala je radna organizacija za istraživački i razvojni posao IRI iz Obilića. Stručnjaci ove radne organizacije u saradnji sa saradnicima Rudarskog instituta iz Beograda svakog meseca su uzimali uzorke podzemnih i površin-

skih voda, analizirali ih i objavljavali rezultate kroz mesečne izveštaje o osmatranju deponije i okolnog prostora.

U tabelama 9, 10, 11 i 12 prikazani su rezultati izvršenih analiza fizičko-hemiskih karakteristika površinskih i podzemnih voda, uzorkovanih na karakterističnim mestima (V1-V6 i P1-P4), na lokacijama deponije i okoline, pre primene nove hidrauličke tehnologije deponovanja i posle prime- ne, uhodavanja i industrijske implementacije nove tehnologije.

tabela 9 Prikaz kvaliteta podzemnih voda u sektoru postojeće deponije pre uvođenja nove tehnologije

PARAMETRI	MERNA MESTA				*MDK mg/l IV klasa
	P1	P2	P3	P4	
Izgled	mutan	mutan	mutan	mutan	-
Boja	žuta	žuta	žuta	jako žuta	-
Miris	bez	bez	bez	bez	-
Temperatura, °C	13.0	6.0	6.0	14.0	6.0-9.0
pH-vrednost	7.45	7.37	7.58	7.37	3
Rastvorni kiseonik (O_2), mg/l	3.63	4.77	5.14	4.54	20
Bio. potr. O_2 (BPK ₃), mg/l	1.98	3.97	1.50	3.33	40
Hem. potr. O_2 (HPK), mg/l	6.75	8.66	18.81	9.08	-
Ukupni suvi ostatak, mg/l	1660	1768	5648	6370	1500
Suvi ostatak filtera, mg/l	1012	1304	2180	1132	100
Suspendovane materije, mg/l	648	464	3468	5238	-
Karbonati (CO_3^{2-}), mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	-
Bikarbonati (HCO_3^-), mg/l	610	140	634	488	-
Sulfati (SO_4^{2-}), mg/l	352	698	1019	309	-
Hloridi (Cl^-), mg/l	28	41	49	37	15
Nitrati (NO_3^-), mg/l	0.90	2.71	2.71	0.45	0.5
Nitriti (NO_2^-), mg/l	0.12	0.54	0.06	0.06	0.1
Olovo (Pb), mg/l	0.005	0.010	0.040	0.005	0.01
Kadmijum (Cd), mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	1
Cink (Zn), mg/l	0.020	0.027	0.025	0.020	0.1
Nikl (Ni), mg/l	0.015	0.020	0.090	0.007	-
Mangan (Mn), mg/l	2.375	0.077	3.775	0.162	0.1
Hrom (Cr), mg/l	0.015	0.000	0.000	0.015	1
Gvožde (Fe), mg/l	0.097	0.192	0.140	0.105	0.3
Fenoli, mg/l	0.005	0.022	0.000	0.001	

* maksimalno dozvoljene koncentracije [MDK]

tabela 10 Prikaz kvaliteta površinskih voda u sektoru postojeće deponije pre uvođenja nove tehnologije

PARAMETRI	MERNA MESTA						*MDK mg/l IV klasa
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	
Izgled	bistra	m. mrlje	krečna	krečna	bistra	mutna	-
Boja	bez	crna	bez	sl. zelen	bez	zemlje	-
Miris	bez	bez	bez	bez	bez	bez	-
Temperatura, °C	6.0	4.0	4.0	4.0	3.8	5.0	6.0-9.0
pH-vrednost	7.62	8.43	9.58	9.73	9.01	7.69	3
Rastvorni kiseonik (O_2), mg/l	11.66	9.41	11.49	15.47	14.48	11.27	20
Bio. potr. O_2 (BPK ₃), mg/l	2.02	2.50	1.53	2.70	3.06	7.41	40
Hem. potr. O_2 (HPK), mg/l	16.62	7.67	5.49	5.62	6.08	10.74	-
Ukupni suvi ostatak, mg/l	814	658	216	206	328	2036	1500
Suvi ostatak filtera, mg/l	800	536	140	140	200	480	100
Suspendovane materije, mg/l	14	122	76	66	128	1556	-
Karbonati (CO_3^{2-}), mg/l	0.0	12.0	12.0	0.0	24.0	0.0	-
Bikarbonati (HCO_3^-), mg/l	286.7	97.6	0.0	0.0	61.0	280.6	-
Sulfati (SO_4^{2-}), mg/l	295	167	43	43	68	97	-
Hloridi (Cl^-), mg/l	34	26	25	28	39	28	15
Nitrati (NO_3^-), mg/l	3.61	3.61	2.71	2.71	2.71	4.52	0.5
Nitriti (NO_2^-), mg/l	0.06	0.18	0.12	0.06	0.06	0.18	0.1
Olovo (Pb), mg/l	0.037	0.15	0.000	0.007	0.005	0.017	0.01
Kadmijum (Cd), mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1
Cink (Zn), mg/l	0.017	0.007	0.012	0.010	0.012	0.015	0.1
Nikl (Ni), mg/l	0.010	0.15	0.015	0.015	0.025	0.032	-
Mangan (Mn), mg/l	0.012	0.010	0.005	0.005	0.007	0.032	0.1
Hrom (Cr), mg/l	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1
Gvožde (Fe), mg/l	0.132	0.010	0.015	0.035	0.015	0.115	0.3
Fenoli, mg/l	0.043	0.002	0.003	0.021	0.000	0.000	

tabela 11 Prikaz kvaliteta podzemnih voda u sektoru postojeće deponije nakon uvođenja nove tehnologije

PARAMETRI	MERNA MESTA				*MDK mg/l IV klasa
	P1	P2	P3	P4	
Temperatura, °C	18.4667	11.8846	14.1667	12.5769	6.0-9.0
pH-vrednost	7.4227	7.5062	7.4413	7.6162	3
Rastvorni kiseonik (O_2), mg/l	3.9613	4.6100	4.1760	3.8492	20
Bio. potr. O_2 (BPK ₃), mg/l	2,9047	2,3723	2,5940	3,2646	40
Hem. potr. O_2 (HPK), mg/l	18,2767	12,7246	27,9607	14,6569	-
Ukupni suvi ostatak, mg/l	1799.1333	2405.5385	3918.0667	2378.9231	1500
Suvi ostatak filtera, mg/l	1078.7333	1332.2308	1923.0000	2010.7692	100
Suspendovane materije, mg/l	737.0667	1070.3077	1993.7333	363.5385	-
Karbonati (CO_3^{2-}), mg/l	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-
Bikarbonati (HCO_3^-), mg/l	520.2000	581.9231	590.8667	468.3846	-
Sulfati (SO_4^{2-}), mg/l	388.8667	439.3077	932.6667	846.9231	-
Hloridi (Cl^-), mg/l	34.5333	43.6923	47.4667	62.0000	15
Nitrati (NO_3^-), mg/l	1.7433	1.2123	1.2613	1.3877	0.5
Nitriti (NO_2^-), mg/l	0.0240	0.0138	0.0320	0.0877	0.1
Olovo (Pb), mg/l	0.0235	0.0287	0.0363	0.0335	0.01
Kadmijum (Cd), mg/l	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
Cink (Zn), mg/l	0.0439	0.0328	0.0390	0.0324	0.1
Nikl (Ni), mg/l	0.0253	0.0311	0.0331	0.0356	-
Mangan (Mn), mg/l	0.0993	0.1192	0.4467	1.6098	0.1
Hrom (Cr), mg/l	0.0071	0.0102	0.0077	0.0145	1
Gvožde (Fe), mg/l	0.1403	0.1969	0.2163	0.1431	0.3
Fenoli, mg/l	0.0029	0.0051	0.0011	0.0025	

tabela 12 Prikaz kvaliteta površinskih voda u sektoru postojeće deponije nakon uvođenja nove tehnologije (prosečne vrednosti avgust 1997- novembar 1998. god.)

PARAMETRI	MERNA MESTA						*MDK mg/l IV klasa
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	
Temperatura, °C	9.1875	18.5667	15.3667	14.5625	15.0667	12.5500	6.0-9.0
pH-vrednost	7.6425	9.0693	8.7340	8.2013	8.5180	8.5220	3
Rastvorni kiseonik (O_2), mg/l	10.4988	4.9733	9.8833	8.9744	8.3820	7.4900	20
Bio. potr. O_2 (BPK ₃), mg/l	5.1913	2.8380	2.2613	1.9756	2.8613	2.3310	40
Hem. potr. O_2 (HPK), mg/l	17.4738	21.0580	14.2393	10.4794	12.7500	8.4000	-
Ukupni suvi ostatak, mg/l	1077.142	687.5333	426.6000	376.9375	474.5333	401.1000	1500
Suvi ostatak filtera, mg/l	1099.625	410.5333	277.8667	230.3750	331.2000	308.4000	100
Suspendovane materije, mg/l	196.8750	251.5333	142.7333	143.2500	154.6667	98.7000	-
Karbonati (CO_3^{2-}), mg/l	0.0000	6.4000	6.4000	4.1250	4.8000	8.0000	-
Bikarbonati (HCO_3^-), mg/l	252.3750	70.5333	73.2667	68.6250	94.0000	95.5000	-
Sulfati (SO_4^{2-}), mg/l	437.1250	131.3333	40.9333	35.4375	75.6667	80.5000	-
Hloridi (Cl^-), mg/l	53.6250	38.1333	70.5333	56.4375	34.1333	33.8000	15
Nitrati (NO_3^-), mg/l	3.0300	2.8287	3.1307	2.8788	2.7693	2.6180	0.5
Nitriti (NO_2^-), mg/l	0.0429	0.1738	0.0253	0.0391	0.0573	0.0600	0.1
Oovo (Pb), mg/l	0.0193	0.0105	0.0065	0.0095	0.0099	0.0056	0.01
Kadmijum (Cd), mg/l	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
Cink (Zn), mg/l	0.0356	0.0212	0.0216	0.0159	0.0210	0.0188	0.1
Nikl (Ni), mg/l	0.0204	0.0169	0.0140	0.0126	0.0183	0.0159	-
Mangan (Mn), mg/l	0.0533	0.0122	0.0142	0.0053	0.0195	0.0242	0.1
Hrom (Cr), mg/l	0.0161	0.0107	0.0095	0.0061	0.0083	0.0057	1
Gvožde (Fe), mg/l	0.1144	0.0913	0.0535	0.0482	0.0656	0.0584	0.3
Fenoli, mg/l	0.0144	0.0034	0.0037	0.0036	0.0017	0.0027	

Komentar rezultata hemijskih analiza

Za kompletno sagledavanje uticaja deponije pepela i šljake na površinske i podzemne vode, neophodno je na svakom uzorku utvrditi sledeće parametre:

- pH;
- rastvoreni kiseonik, BPK, HPK;
- izgled, boja, miris, temperatura;
- ukupni suvi ostatak, suvi ostatak filtrata, suspendovane cestice;
- soli (karbonati, bikarbonati, sulfati, sulfidi, hloridi, nitrati, nitriti);
- teški metali (Pb, Cd, Zn, Ni, Mn, Cr, Fe);
- fenoli.

Ovim merenjima utvrđuje se stepen zagađenja površinskih i podzemnih voda i uticaj primenjene tehnologije transporta i deponovanja pepela u vidu gусте hidromešavine, na kvalitet površinskih i podzemnih voda. Uzorkovanje je vršeno jednom mesечно.

Na osnovu prikazanog može se zaključiti da bitnih poremećaja i razlika bilo kog praćenog parametra nema, te da nova tehnologija ne dovodi do dodatnog zagađenja površinskih i podzemnih voda.

• Površinske vode

Utvrđivanjem karakteristika površinskih voda oko mehaničke deponije TE Kosovo B je konstatovano

da ove vode imaju karakter čistih i zagađenih tehnoških otpadnih voda. Sve ove vode se odvode zajedničkim kanalom u reku Sitnicu.

U pogledu pH vrednosti površinske vode su imale slabo alkalni i alkalni karakter.

Koncentracija rastvornih čvrstih materija tokom ispitivanog perioda je, uglavnom, na svim mernim mestima znatno niža u odnosu na MDK za IV klasu vodotoka (1500 mg/l).

Koncentracija sulfata, odnosno njihova promena ukazuje na to da li i u kojoj meri dolazi do uticaja odložene hidromešavine na površinske vode. Utvrđene koncentracije sulfata su se, uglavnom, kretale na nivou "nultog stanja", što ukazuje na to da odložena hidromešavina nema uticaja na površinske vode.

Koncentracija nitrata, koja se kretala između 4,52 i 0,45 mg/l, je veoma niska u odnosu na MDK (15 mg/l).

Prisustvo nitrita je bilo, uglavnom, na nivou traga u odnosu na MDK (0,5 mg/l).

Koncentracija teških metala se kretala znatno ispod MDK, dok kadmijum nije identifikovan.

Prisustvo fenola je utvrđeno u koncentracijama koje su na nivou traga u odnosu na MDK (0,3 mg/l).

• Podzemne vode

Kontrola podzemnih voda oko mehaničke deponije TE Kosovo B radi utvrđivanja eventualnog uticaja procednih voda odložene hidromešavine na njih vršena je jednom mesečno iz četiri ugradena pjezometra. Pjezometri su locirani u neposrednoj blizini pojasa odlaganja hidromešavine.

Podzemne vode su slabo alkalnog ili slabo kiselog karaktera. Utvrđene pH vrednosti ukazuju da procedne vode odložene hidromešavine nemaju uticaja na podzemne vode, bez obzira na visoke pH vrednosti hidromešavine (oko 12 jedinica). Utvrđene pH vrednosti su približne vrednostima "nultog stanja".

Koncentracije rastvornih čvrstih materija, uglavnom, odgovaraju "nultom stanju".

Prisustvo karbonata nije utvrđeno u podzemnim vodama, što odgovara "nultom stanju".

Koncentracija nitrata, koja se krećala između 4,5 i 0,45 mg/l, je veoma niska u odnosu na MDK (15 mg/l).

Prisustvo nitrita je, kao i kod površinskih voda, bilo, uglavnom, na nivou traga u odnosu na MDK koja iznosi 0,5 mg/l.

Koncentracija katjona teških metala je znatno ispod MDK za IV klasu vodotoka, dok kadmijum nije identifikovan.

Prisustvo fenola u svim pjezometrima je na nivou traga u odnosu na MDK.

Opšti zaključak analize rezultata fizičko-hemijskih karakteristika površinskih i podzemnih voda je da deponovanje hidromešavine pepela nema bitnog uticaja na hemizam ovih voda. Pokazalo se da su sve analizirane vode slabo kiselog ili slabo alkalnog karaktera, a s obzirom na to da se tehnologija deponovanja zasniva na reakciji očvršćavanja i stvaranja karbonata, eventualni uticaj bi se ogledao u povećanju pH vrednosti vode.

Ni na jednom mernom mestu podzemnih voda nije pronadeno prisustvo karbonata, dok su se vrednosti na mernim mestima površinskih voda, uglavnom, krećale na nivou "nultog stanja". Ova konstatacija, takođe, govori u prilog tome da na ove vode nema uticaj hemijska reakcija očvršćavanja koja se odvija po deponovanju hidromešavine.

Podaci o geomehaničkim ispitivanjima vršenim na uzorcima hidrauličke deponije TE Kosovo B dati su u tabeli 13.

tabela 13 Pregled rezultata laboratorijsko-geomehaničkih ispitivanja pepela

Oznaka uzorka	Zapreminska masa		Specifična težina	Sadržaj vode	Čvrstoća na pritisak	Čvrstoća na istezanje	Laboratorijske vrednosti parametara čvrstoće	
	γ g/cm ³	γ g/cm ³					σ °	c kN/cm ³
S-1 (13.04-13.80)	1.466	0.909		61.17	7893	1721	39°41'	1955
S-2 (2.00-2.40)	1.432	0.840	2.533	70.41	7508	1618	39°55'	1851
S-2 (2.00-2.40)	1.439	0.798		80.32	7285	475	59°49'	1089
S-2 (7.40-7.80)	1.428	0.805	2.562	77.33	3937	807	40°57'	952
S-3 (2.00-2.50)	1.513	0.978		54.69	3559	809	49°57'	1286
S-3 (7.50-7.80)	1.462	0.969		50.73	7127	1916	34°49'	1901
S-3 (15.00-15.50)	1.418	0.825		71.72	6590	720	51°56'	1227
S-4 (2.00-2.50)	1.498	0.938		59.69	6829	1154	44°33'	1528
S-4 (7.50-8.00)	1.469	0.977		50.29	8352	1475	43°46'	1903
S-4 (15.00-15.50)	1.541	0.978		57.49	10990	1080	53°38'	1957
S-4 (18.80-19.30)	1.518	0.945		60.52	7197	1735	37°30'	1850

Na osnovu prikazanih rezultata laboratorijsko-geomehanickih ispitivanja pepela sa deponije TE Kosovo B, koja su izvršena od strane Gradevinskog fakulteta u Prištini, evidentno je da su svi geomehanički parametri u skladu sa projektovanim. Sprovedenim proračunom stabilnosti deponije obezbedena je opšta stabilnost, a koeficijent stabilnosti

je znatno iznad propisanog [7].

ZAKLJUČAK

Prikazani rezultati u najkraćem bi se mogli prezentirati na sledeći način:

- Tehnologija odlaganja pepela u vidu guste hidromešavine u odnosu na prethodnu tehnologiju

mehaničkog odlaganja pepela je tehnički pouzdanija i znatno ekonomičnija.

Hidrauličkim transportom i deponovanjem pepela formira se deponija, koja u hidrograđevinskom smislu predstavlja potpuno stabilan objekat.

Očvrlsa i stabilizovana pepelna masa nije podložna razvejavanju, pa time ne utiče na zagadenje vazduha.

Hemijskim praćenjem je ustanovljano da primenjeno tehnološko rešenje, odnosno, deponija pepela

ne utiče na zagadenje površinskih i podzemnih voda.

Nivo koncentracija svih parametara u potpunosti zadovoljava uslove za IV klasu vodotokova. Određeni parametri su i daleko niže od dozvoljenih. Vode na lokaciji i oko deponije su u razmatranom periodu zagadene i prema važećoj klasifikaciji mogu se svesti pod vode III klase, jer su u suštini čistije od vodotoka u koji se ulivaju (reka Sitnica spada u vode IV klase).

Na slikama 7 i 8 prikazani su detalji sa deponije.



slika 8 Fotografija useka između dve suve deponije pepela i najudaljenijih kaseta hidrauličkog deponovanja

SUMMARY

PREPARATION, TRANSPORT AND DISPOSAL OF ASH FROM COAL-FIRED POWER PLANT KOSOVO B IN THE FORM OF DENSE HYDROMIXTURE

The transportation of ash and slag from coal-fired power plants is mainly hydraulic. Until the eighties the most frequently applied technology was the transportation of ash and slag in the form of diluted

hydromixture (concentration of solids below 10%). This method of ash and slag transportation became a rule in our coal-fired power plants. It was not until 1988 that the transportation of dense hydromixture was introduced in the coal-fired power plant Gacko. This technology was not applied on account of its transportation advantages, but due to specific ash features that determine the conditions of disposal. Namely, the density of hydromixture is important for the solidification of disposed material. Considering the

chemical and mineralogical properties of ash the same system was applied in the coal-fired power plant Kosovo B. In this plant two technological lines were installed and put to use in actual industrial conditions, and the results obtained indicate that all the designed parameters have been confirmed in practice and that the application of this technology has proven to be profitable in many ways.

LITERATURA:

[1] Tehnološka, geomehanička i hidraulička ispitivanja mogućnosti i uslova pripreme, transporta i deponovanja pepela i šljake TE Kosovo B u vidu guste hidromehšavine u otkopane prostore površinskih kopova. Rudarski institut Beograd, 1994.

[2] Studija industrijskih ispitivanja uslova pripreme, transporta i deponovanja pepela TE Kosovo B u vidu guste pulpe. Aneks studije, Rudarski institut Beograd, 1994.

[3] Glavni projekat deponovanja pepela TE Kosovo B i tehničke rekultivacije deponije pepela. Rudarski institut Beograd, 1994.

[4] By Product Utilization And Waste Management From Flue Treatment And Combustion - Status Report. UN ECE, Austrian Federal environmental Agency, Wien, 1991.

[5] Sive, A.W., Lazarus, J. H.: Hydraulic Transport System Desing for High Concentration Fly Ash Slurries. Ash a Valuable Resource, Pretorija, 1987.

[6] Mesečni izveštaji o oskultaciji deponije pepela i šljake TE Kosovo B od avgusta 1997. do novembra 1998. godine. Rudarski institut Beograd

[7] Izveštaj o sondiranju i laboratorijsko-geomehaničkom ispitivanju pepela sa deponije pepela Kosovo B u Obiliću. Građevinsko-arhitektonski fakultet Priština, 1998.

AUTORI:

Dragan Dražović, dipl. inž. rud.
mr Zorica Marković, dipl. inž. rud.

Pavle Stjepanović, dipl. inž. rud.

Dušan Todorović, dipl. inž. maš.

RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD

Moderna tehnologija masovne površinske eksploatacije lignita, i pored značajnih poboljšanja uslova rada, nosi sa sobom potencijalne opasnosti od požara. U ovom radu su prikazani rezultati ispitivanja samozapaljivosti uglja, zapaljivosti i eksplozivnosti ugljene prašine na površinskim kopovima Kolubara, sa ciljem da se sagledaju prirodne predispozicije i tehničko-tehnološki uslovi za nastajanje endogenih požara i eksplozije ugljene prašine.

UVOD

Ugroženost od požara, naročito kod podzemne, ali i kod površinske eksploatacije uglja, često se povezuje sa uzročnicima endogenih požara.

Endogeni požari nastaju kao rezultat uzajamnog dejstva prirodnih i tehničkih faktora. U prirodne faktoare ubrajaju se sklonost ka samozapaljenju (izražena vrednošću prirodnog indeksa samozapaljivosti) i montangeološki uslovi (moćnost sloja, ugao zaledanja, dubina zaledanja, geološka struktura sloja, tektonski poremećaji, karakter pratećih stena, prisustvo vode u sloju i dr.). Tehnički faktori koji, takodje, mogu značajno da utiču na nastajanje endogenih požara, uglavnom, obuhvataju: način otvaranja i otkopavanja ugljenog sloja, tretiranje otkopnog prostora, stepen iskorišćenja pri otkopavanju, tretman zaostalih (otkopanih) količina uglja, sklađištenje otkopanog uglja i dr.

Opasnost od samoupare prašine postoji u pogonskim uslovima gde se talože deblje naslage prašine na ravnim površinama, a pre svega, na površinama sa povišenom temperaturom, kao što su zagrejani delovi mašina, neispravna instalacija elektrorazvoda, neispravna instalacija osvetljenja i dr. Najveća opasnost je od eksplozije prašine do koje, međutim, može doći samo ako su ispunjena tri uslova: sposobnost gorenja, eksplozivna koncentracija u smeši sa vazduhom i izvor paljenja sa dovoljno energije [2].

Na površinskim kopovima lignita (Kolubara, Kostolac, Kosovo) povremeno nastaju prethodno opisane pojave samozapaljenja uglja i ugljene prašine sa više ili manje ispoljenim štetnim posledicama [3].

U ovom radu su prikazani rezultati studijskog ispitivanja samozapaljivosti uglja, zapaljivosti i eksplozivnosti prašine u cilju sagledavanja potencijalne ugroženosti od nastajanja endogenih požara na konkretnom primeru površinskih kopova Kolubara.

OBJEKTI I METODOLOGIJA ISPITIVANJA

Površinski kopovi Kolubara po svojim tehnološkim karakteristikama (tehnološki proces, vrsta materijala - sirovine koja se proizvodi), prema Zakonu o zaštiti od požara, spadaju u prvu kategoriju ugroženosti od požara, zbog čega su, pored preduzimanja ostalih mera za uspešno sprovodjenje zaštite

ISPITIVANJE EKSPLOZIVNIH I ZAPALJIVIH KARAKTERISTIKA UGLJENE PRAŠINE I UTVRDJIVANJE ZONA OPASNOSTI NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA KOLUBARA*

Obren Koprivica
Dušan Stajević
Vladimir Ivanović
Nenad Radosavljević

* Rad je izvod iz Studije ispitivanja eksplozivnih i zapaljivih karakteristika ugljene prašine i utvrđivanja zona opasnosti na površinskim kopovima Kolubara [1], kojoj je dodeljena Godišnja nagrada Rudarskog instituta Beograd za 1998. godinu.

od požara, dužni da imaju vatrogasnu jedinicu i ažurne planove zaštite od požara.

Kod ocene stepena rizika od pojave požara uzimaju se u obzir sledeći karakteristični parametri:

- blizina naselja i gustina naseljenosti,
- karakteristike objekata u požarnom sektoru (konstrukcija, veličina, gustina),
- prilazni putevi (spoljne i unutrašnje komunikacije) za intervencije gašenja požara,
- karakteristike proizvodnog procesa (tehnološki proces, korisna sirovina, otpadni materijal),
- energenti,
- elektroenergetska postrojenja i elektrorazvod,
- požarno opterećenje,
- samozapaljivost uglja i ugljene prašine, eksplozivnost ugljene prašine,
- uredjaji i oprema za dojavu požara,
- snabdevanje vodom za gašenje požara i
- organizacija preventivne zaštite od požara.

Požarno opterećenje je osnovni pokazatelj za procenu potencijalne ugroženosti od nastajanja požara egzogenog porekla, kojim se određuje vrednost toplotne energije, koja se može oslobođiti u požaru. Požarno opterećenje se određuje prema standardu JUS.U.J1.030 po formuli:

$$Z = P_i \cdot S_i$$

gde je:

Z - ukupno požarno opterećenje, KJ,

P - specifično požarno opterećenje, KJ/m² i

S - površina osnove na koju se odnosi vrednost P u m².

U račun ulaze aktuelni gorivi materijali u smislu standarda JUS.U.J1.020.

Svi objekti na površinskim kopovima Kolubara (rudarske mašine, tehnološka oprema) imaju visoko požarno opterećenje, preko 2 GJ/m² i shodno tome veoma izraženu ugroženost od mogućeg nastajanja egzogenog požara.

Na površinskim kopovima Kolubara, primenom savremene tehnologije otkopavanja ostvaruje se oko 2/3 godišnje proizvodnje lignita u Jugoslaviji. Osnovnu rudarsku opremu čine: bageri - rotorni, vedričari, dreglajni; zatim samohodni, etažni i sabirni transporteri. Za dopunske radove primenjuje se uobičajena pomoćna mehanizacija (buldozeri, utovarači i dr.).

Na kopovima Polje D i Tamnava - istočno polje primenjuje se kontinualno otkopavanje uglja bagerima (rotorni, vedričar) i transport gumenim transporterima do utovarnog punkta u bunker separacije. Na površinskom kopu Polje B u primeni je diskontinualno otkopavanje uglja bagerima dreglajnima i železnički transport vagonima do separacije.

Ispitivanja zapaljivih i eksplozivnih karakteristika uglja i ugljene prašine izvršena su na mašinama i tehnološkoj opremi ugljenih sistema i to:

Površinski kop Polje D

BTS sistem:

- rotorni bager: SR_s-1200 x 22/2 VR (G-4),
- rotorni bager: SR_s-1200 x 24/4 (G-7) i
- presipne stanice transportnih traka: B-13, B-23, C-6, C-7, C-8, C-9, C-10,

BTU sistem:

- rotorni bageri: S_{ch}R_s-630 x 25/6 (G-8),
- rotorni bageri: S_{ch}R_s-320 x 12,5/5 (G-1),
- samohodni transporter (Band): BR_s-1200 x 29/32,
- bager dreglajn EŠ-5/45 i
- presipne stanice transportnih traka: 2-8, A-8, B-12, B-18, B-27, C-14.

Površinski kop Polje B:

- bageri dreglajni EŠ,
- utovar uglja u vagone i
- lokomotive.

Površinski kop Tamnava - istočno polje

- rotorni bager: S_{ch}R_s 630 x 25/6 (G-2),
- bager vedričar: BR_s 100/20 (B-1),
- samohodni transporteri (band): BR_s 1600 (28+50)x15 (BW-2); BR_s 1600 (28+50)x17 (BW-4) i
- presipne stanice transportnih traka: E-5, E-4, E-3, SU₄, SU₃, SU₂ i SU₁.

Uzorkovanje uglja i nataložene prašine za ispitivanje izvršeno je na karakterističnim tehnološkim punktovima sistema za otkopavanje i transport uglja na sva tri površinska kopa.

Na uzorcima uglja izvršena su ispitivanja:

- hemijska (delimična) analiza, kojom su određeni relevantni parametri: vlaga, pepeo, koks, c-fiks, isparljive i sagorive materije;
- prirodni indeks samozapaljenja određen je po metodi koja bazira na merenju brzine povećanja toplotne uglja ($\frac{dT}{dt}$)°C/min u momentu adijabatske oksidacije. Na osnovu vrednosti za indeks samozapaljenja (SZ) svi ugljevi se dele na četiri grupe: I - SZ < 80°C/min; II - SZ = 80 - 100°C/min; III - SZ = 100 - 120°C/min; IV - SZ > 120°C/min.

Određuje se indeks samozapaljenja rovnog uglja (SZ_a) i indeks samozapaljenja preračunat na čist ugalj (SZ_b).

Na uzorcima prašine izvršena su ispitivanja:

- Temperatura tinjanja u otvorenom temperaturnom polju je (T_t). Na grejno telo stavlja se uzorak prašine debljine 5 mm i pri početnoj temperaturi meri se vreme do pojave užarenog jezgra u trajanju τ_t = 0 - 120 min. Ako se užareno jezgro ne pojavi, izvorna temperatura se povećava za 10°C i dalje se nastavlja povećanje

- temperature sve do pojave užarenja. Nataložena prašina se smatra bezopasnom ako se užarenje jezgro ne pojavi ni na temperaturi od 450°C.
- Granulometrijski sastav prašine određen je sitovom analizom, prema standardu JUS B.Z1.063, sa donjom granicom proseva od 63 mikrometra.
 - Temperatura paljenja smeše prašina - vazduh (T_p) ispitana je po metodi Goldberg - Grinvald koja se smatra standardnom. Određuje se najniža temperatura pri kojoj se pali smeša prašina - vazduh, od koje treba računati sa opasnošću od paljenja prašine.
 - Eksplozivne karakteristike prašine ispituju se prema standardu JUS B.Z1.065. u eksplozivnoj komori zapremine 40 l. U komori se nalaze vrtložna mlaznica i električni upaljač. Područje ispitivanja koncentracije prašine u smeši sa vazduhom kreće se u granicama od 70 do 1500 g/m³. Registrovanje toka eksplozije vrši se

elektronskim uredjajem. Eksplozivna karakteristika definiše se kao kvadratni koren iz proizvoda maksimalnog i srednjeg vremenskog porasta pritiska.

Pretходna ispitivanja obavljena su u laboratorijama Rudarskog instituta Beograd, a neposredno u pogonskim uslovima izvršeno je ispitivanje koncentracionalnih i sedimentacionih karakteristika lebdeće prašine. Uzorkovanje ukupne lebdeće prašine izvršeno je gravimetrijskim uzorkovačem sa mikrovlaknastim filterima AFPC. Uzorkovanje sedimentne prašine izvršeno je na tablama - ravnim površinama, veličine 0,25 m².

REZULTATI ISPITIVANJA

Rezultati ispitivanja relevantnih parametara samozapaljivosti uglja, zapaljivosti i eksplozivnosti prašine prikazani su u tabelama 1,2,3,4,5 i 6.

tabela 1 Hemijska (delimična) analiza uglja sa kopa Polje D

	Sa vlagom u analitičkom uzorku %	Bez vlage u analitičkom uzorku %	Bez vlage i pepela u analitičkom uzorku %
vlaga	10,4 - 19,5		
pepeo	4,5 - 41,9	5,3 - 47,8	
koks	42,8 - 63,1	50,9 - 76,9	
c-fiks	20,9 - 56,7	24,2 - 68,8	39,2 - 79,9
isparljive materije	19,0 - 41,2	23,1 - 49,0	20,1 - 60,8
sagorive materije	45,1 - 82,0	80,60 - 93,2	100

tabela 2 Hemijska (delimična) analiza uglja sa kopa Polje B

	Sa vlagom u analitičkom uzorku %	Bez vlage u analitičkom uzorku %	Bez vlage i pepela u analitičkom uzorku %
vlaga	12,7 - 18,8		
pepeo	8,6 - 25,1	10,6 - 20,1	
koks	43,9 - 63,2	50,3 - 77,8	
c-fiks	18,8 - 54,6	21,2 - 67,2	30,3 - 75,2
isparljive materije	18,0 - 43,4	22,1 - 49,7	24,8 - 69,7
sagorive materije	62,2 - 72,5	71,3 - 89,3	100

tabela 3 Hemijska (delimična) analiza uglja sa kopa Tamnava - istočno polje

	Sa vlagom u analitičkom uzorku %	Bez vlage u analitičkom uzorku %	Bez vlage i pepela u analitičkom uzorku %
vlaga	13,5 - 17,6		
pepeo	6,0 - 29,6	7,2 - 34,3	
koks	45,2 - 55,7	52,5 - 64,9	
c-fiks	17,1 - 42,1	19,9 - 50,0	29,8 - 58,2
isparljive materije	30,2 - 41,0	35,1 - 45,9	41,8 - 70,2
sagorive materije	56,7 - 77,1	65,7 - 92,8	100

tabela 4 Prirodni indeks samozapaljenja uglja na površinskim kopovima Kolubara

Kopovi	SZ _a °C/min	SZ _b °C/min
Polje D	76 - 110	88 - 145
Polje B	91 - 98	114 - 137
Tamnava - istočno polje	78 - 103	105 - 133

tabela 5 Karakteristični parametri zapaljivosti i eksplozivnosti ugljene prašine na površinskim kopovima Kolubara

Radni prostor	N _k mg/m ³	N _{it} g/m ² d	T _l °C	τ min/s	T _p °C	Površ. kop-polje
1	2	3	4	5	6	7
Bager rotorni						
Kružna platforma	12,8	320	255	10/55	380	D
	9,8	295	255	7/45	390	D
	7,6	195	245	9/55	380	D
	13,6	275	245	13/10	360	D
	12,1	155	245	11/20	370	T
Presip sa trake na traku	11,2	310	245	8/50	360	D
	9,1	280	245	8/50	370	T
Podnožje	9,7	210	255	12/15	380	T
Samohodni transporter (BW)						
Konstrukcija	8,2	196	255	7/65	360	D
Bager vedricar						
Konstrukcija	11,8	95	245	11/35	380	T
Podnožje	10,4	150	255	12/45	370	T
Bager dreglajn (Eš)						
Konstrukcija	10,4	90	245	7/45	380	B
Podnožje	9,0	65	245	8/10	390	B
Nivo utovara u vagone	18,2	148	245	7/20	360	B
Transport gumenim transporterima						
Presipne (pogonske) stanice	7,6	105	255	13/40	440	D
	8,4	120	255	19/20	410	D
	6,8	80	265	18/25	420	D
	7,3	95	255	10/05	440	D
	7,6	100	230	11/00	400	D
	8,0	60	235	8/35	360	D
	7,4	95	245	18/10	380	D
	8,2	70	245	10/05	370	D
	7,1	90	245	18/10	380	D
	6,7	78	230	9/55	370	D
	7,4	65	230	9/30	360	D
	7,2	120	240	5/55	410	D
	8,8	180	245	10/20	400	T
	8,4	150	255	12/15	380	T
	8,1	160	245	13/35	380	T

Oznake u tabeli 5 imaju sledeća značenja:

N_k - koncentracija suspendovane prašine u vazduhu,

N_{it} - intenzitet taloženja suspendovane prašine u vazduhu,

τ - vreme do pojave tinjajućih jezgara i

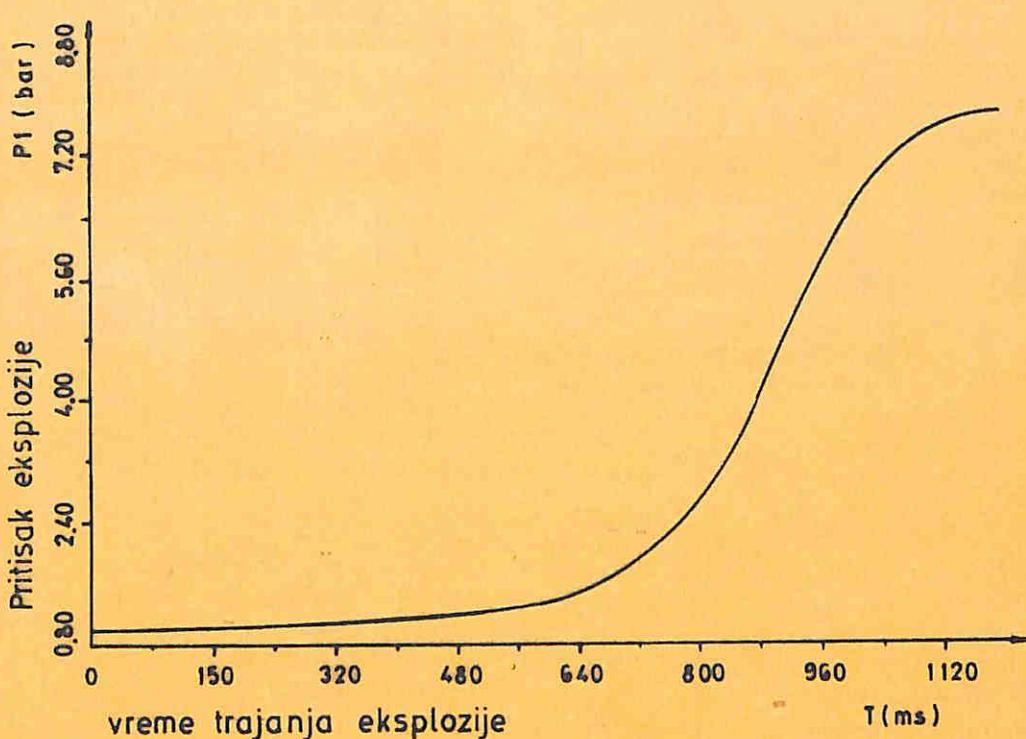
T_p - temperatura paljenja smeše prašina - vazduh.

tabela 6 Granulometrijski sastav nataložene prašine na površinskim kopovima Kolubara

Radni prostor	S i t o v a a n a l i z a (μm)					
	>200	200-125	125-90	90-71	71-63	>63
	%	%	%	%	%	%
1	2	3	4	5	6	7
Polje D						
Bager rotorni						
kružna platforma	32,8	21,2	6,2	18,5	5,3	13,0
presip sa trake na traku	18,9	28,4	7,8	26,5	5,3	12,8
podnožje	25,4	25,8	1,6	31,4	2,1	10,4
Samohodni transporter (BW)						
konstrukcija	19,2	18,7	29,3	11,8	15,3	5,6
Transport gumenim transporterima						
presipne stanice	22,1	22,7	17,3	17,3	6,9	11,7
Polje B						
Bager dreglajn (EŠ)						
konstrukcija	31,0	30,1	15,6	20,3	1,8	0,9
podnožje	25,1	27,3	20,6	15,3	4,8	6,3
nivo utovara u vagone	20,0	28,2	189	18,5	3,8	10,2
Tamnava - istočno polje						
Bager rotorni						
kružna platforma	18,3	19,4	28,3	11,5	8,7	13,2
presip sa trake na traku	28,5	25,3	17,5	13,4	14,2	0,8
podnožje	33,3	28,2	10,4	18,7	5,8	3,1
Samohodni transporter (BW)						
konstrukcija	21,0	19,2	21,3	24,7	10,1	3,4
Bager vedričar						
konstrukcija	34,7	18,5	20,1	10,3	1,2	15,0
podnožje	19,4	24,7	19,0	23,2	5,9	7,8
Transport gumenim transporterima						
presipne stanice	23,9	24,2	20,5	12,7	8,7	9,3

Na slici 1 prikazan je dijagram pritiska eksplozije reprezentativnog uzorka prašine u eksplozionoj ko-

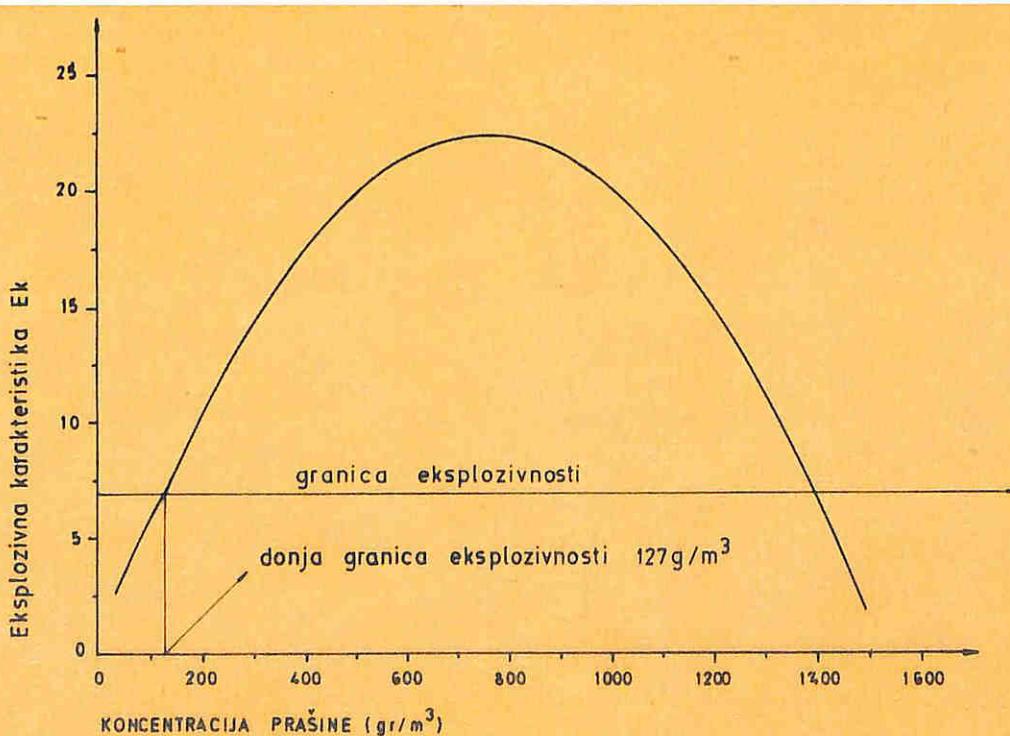
mori za jedan karakterističan ciklus ispitivanja (koncentracija 250 g/m^3).



slika 1 Dijagram pritiska eksplozije prašine

Na slici 2 prikazan je dijagram eksplozivne karakteristike smeše prašina - vazduh u eksploziv-

noj komori ispitana na reprezentativnom uzorku prašine.



slika 2 Dijagram eksplozivne karakteristike smeše prašina-vazduh

Na osnovu dobijenih rezultata može se konstatovati sledeće:

Sadržaj isparljivih materija (volatila) u uglju je znatno veći od 14 %.

Na sva tri površinska kopa ugljeni slojevi su skloni samozapaljenju i prema indeksu samozapaljenja svrstani su u kategorije zapaljivih (grupa II) i vrlo zapaljivih (grupa III) ugljeva.

U nataloženoj prašini preovladavaju sitne frakcije ispod 200 mikrometara, što ukazuje na veći rizik od paljenja.

Temperatura tinjanja ugljene prašine na vrućim površinama nalazi se u granicama $T_t = 230-265^{\circ}\text{C}$, što je karakteriše kao lako zapaljivo.

Ugljena prašina u smeši sa vazduhom pali se na temperaturi od $T_p = 300-440^{\circ}\text{C}$, što je, takodje, karakteriše kao lako zapaljivo.

Ugljena prašina je eksplozivno opasna pri minimalnoj koncentraciji u vazduhu $127-387 \text{ g/m}^3$.

Koncentracija lebdeće prašine (N_k) u pogonskim uslovima na površinskim kopovima iznosi $0,007-0,018 \text{ g/m}^3$, što je čini bezopasnom za eksploziju jer je neuporedivo manja od eksplozivne koncentracije.

Intenzitet taloženja prašine na ravnim površinama u pogonskim uslovima iznosi $N_{it} = 60-320 \text{ g/m}^2\text{d}$, što ukazuje na potencijalnu opasnost od brzog nastajanja opasnih naslaga nataložene prašine.

ZAKLJUČAK

Izvršena ispitivanja samozapaljivosti uglja, zapaljivosti i eksplozivnosti prašine pokazala su da na površinskim kopovima Kolubara postoje prirodne predispozicije za nastajanje endogenih požara i eksplozije ugljene prašine.

I pored izražene sklonosti uglja ka samozapaljenju, striktnom primenom preventivnih mera, koje se odnose na dinamiku otkopavanja otkrivke i ugljenog sloja, selektivno otkopavanje, tretman napuštenih delova naslaga uglja, skladištenje uglja i dr., a koje su, inače, predvidjene Pravilnikom o tehničkim normativima za površinsku eksploraciju ležišta mineralnih sirovina, rizik od nastajanja endogenih požara u praktičnim uslovima eksploracije na površinskim kopovima Kolubara može se svesti na minimum.

Pogonske uslove na površinskim kopovima karakterišu otvoreni prostori na rudarskim mašinama i tehnološkoj opremi (zatvoreni prostori su kabine rukovalaca i priručne radionice), tako da, i pored utvrđenih eksplozivnih karakteristika ugljene prašine i njene intenzivne sedimentacije iz lebdećeg stanja, u otvorenom prostoru praktično ne postoje uslovi za nastajanje eksplozije prašine u smeši sa vazduhom.

U pogonskim uslovima je, međutim, veoma izražen rizik od paljenja nataložene prašine na

vrućim površinama. Vremenski faktor opasnosti za nastajanje optimalnog sloja (5 mm) za paljenje nataložene prašine iznosi 10-50 dana.

Preventivne pogonske mere zaštite trebalo bi da budu usmerene na pravovremeno i redovno uklanjanje nataložene prašine sa ravnih površina i servisiranje mašina i tehnološke opreme u cilju neutralisanja vrućih površina.

SUMMARY

EXPLOSIVENESS AND IGNITABILITY OF COAL DUST AND DETERMINATION OF ENDANGERED ZONES IN KOLUBARA OPENCAST MINES

State-of-the-art-technology applied to large-scale opencast lignite mining, apart from significant enhancements of working conditions, also implies potential fire hazards. The tendency of coal towards spontaneous combustion and the ignitability and explosiveness of coal dust were analyzed in the conditions of Kolubara opencast mines. The results of these investigations are presented in this paper in order to identify the natural propensity and the technical and technological preconditions for the occurrence of spontaneous mine fires and coal dust explosions.

LITERATURA

[1] Koprivica, O. i dr.: Studija ispitivanja eksplozivnih i zapaljivih karakteristika ugljene prašine i utvrđivanja zona opasnosti na površinskim kopovima Kolubara. Rudarski institut Beograd, 1998.

[2] Ćurčić, A., Vukanovic, B.: Utvrđivanje eksplozivnih i zapaljivih karakteristika nataložene prašine posle požara u TE Kostolac III. Rudarski glasnik br. 1(26), Rudarski institut Beograd, 1987.

[3] Pavlović, N.: Mogućnost bezbednog uskladištanja ugljeva sklonih samozapaljenju. Rudarski glasnik br. 2 (23), Rudarski institut Beograd, 1984.

AUTORI

mr Obren Koprivica, dipl. inž. rud.,
Dušan Stajević, dipl. inž. rud.,
mr Vladimir Ivanović, dipl. inž. rud.,
Nenad Radosavljević, dipl. inž. rud.,
RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD

Predloženim modelom ujednačavanja - mešanja parametara kvaliteta uglja na površinskom kopu Drmno željeni efekat postiže se planiranim raspodelom učešća časovnog kapaciteta svakog rotornog bagera (ili bagera vedričara), pojedinačno, u zavisnosti od kvaliteta uglja koji otkopavaju istovremeno.

UVOD

Termoelektrana Kostolac B snage 2x358,5 MW snabdева se ugljem iz površinskog kopa Drmno. Kvalitet uglja odredjen osnovnim parametrima: pepeo, vlaga i DTV je različit u prostoru i vremenu eksplotacije.

Za stabilan rad kotlovskega postrojenja potrebno je obezbediti ugalj u granicama dozvoljenog odstupanja DTV od garantovane vrednosti koja je određena za izbor kotlovskega postrojenja.

U dosadašnjoj praksi najčešće se koristio model zasnovan na pretpostavci da ulazni materijal za ujednačavanje i homogenizaciju ima slučajni karakter pojavljivanja i da je kvalitet susednih uzoraka u vremenu statistički nezavisan.

Predloženi model za ujednačavanje i homogenizaciju kvaliteta uglja zasnovan je na činjenici da ulazni materijal ima poznat karakter, odnosno utvrđenu vrednost parametara kvaliteta uglja.

U Rudarskom institutu Beograd uradjen je 1996. godine Projekat odredjivanja i mogućeg ujednačavanja kvaliteta uglja na površinskom kopu Drmno za potrebe termoelektrane TEKO B u Kostolcu u zimskom periodu.

Ovim projektom je na osnovu dodatnih istražnih radova izvršena detaljna analiza kvaliteta uglja po frontu napredovanja radova na uglju. U tri okonturenne zone otkopavanja uglja, za zadati vremenski period, sačinjena je podela na mini-blokove, okonturenne stranama od po 25 m i visinom prema visini etaža, u kojima su dobijene količine i bitne osobine kvaliteta uglja. Na osnovu analize rada bagera u odgovarajućim mesecima (zimskom periodu) u prethodnih šest godina odredjen je kapacitet rotornih bagera i bagera vedričara, a na osnovu njihovih tehničkih karakteristika odredjena je i tehnologija otkopavanja. Na taj način je omogućeno da se za zadati raspon donje toplotne vrednosti uglja u željenom operativnom periodu (smeni, danu, sedmici) može sa tri bagera na proizvodnji uglja otkopavati ugalj sa ujednačavanjem kvaliteta uglja, tj. u određenom rasponu traženog kvaliteta.

U ovom radu opisani su pristup rešenju problema, uslovi rada na površinskom kopu na koji se rešenje odnosi i prostorni i dinamički raspored rada rotornih bagera i bagera vedričara i njima pripadajućih elemenata sistema za otkopavanje i transport uglja kojim se postiže potrebno ujednačavanje kvaliteta otkopanog uglja za termoelektrane.

UDK: 622.332:622.72

PROJEKAT ODREDJIVANJA I MOGUĆEG UJEDNAČAVANJA KVALITETA UGLJA NA POVRŠINSKOM KOPU DRMNO ZA POTREBE TEKO B U ZIMSKOM PERIODU*

Nenad Makar
Dušan Stojnić
Mihajlo Canić

* Rad je bio u konkurenciji za Godišnju nagradu Rudarskog instituta Beograd za 1996. godinu.

Pristup rešenju problema

Za proveru ranije utvrđenih parametara izvršena su dodatna bušenja sa krovine uglja i uzimanje uzoraka iz brazde otvorenih etaža. Da bi se obezbedilo potrebno gorivo za termoelektrane utvrđeni su parametri kvaliteta uglja u prostoru površinskog kopa na osnovu podataka tehničkih i elementarnih analiza uzorka iz istražnih bušotina koje su izvršene za potrebe određivanja garantovanih parametara za izbor kotlova.

Rezultati dobijeni tehničkom i elementarnom analizom tih uzoraka uneseni su u bazu podataka i izvršena je reinterpretacija rezultata za parametre: pepeo, vlagu i DTV.

Ponovo je utvrđen prostorni raspored parametara kvaliteta uglja. Na osnovu prostornog rasporeda parametara kvaliteta urađen je matematički model kojim je određen redosled otkopavanja i kapacitet pojedinih bagera sa ciljem da se ostvari mešanje i dobijanje što manjeg odstupanja DTV od prosečne vrednosti, za deo ležišta koji je bio predmet istraživanja.

Rudarsko-geološki uslovi

Na prostoru površinskog kopa Drmno razvijena su dva ugljena sloja. Prvi ugljeni sloj je erodovan, dok su II i III razvijeni u potpunosti. Debljina II ugljenog sloja varira od 0,05 m do 11,20 m, a prosečna je 3,12 m. Debljina III ugljenog sloja varira od 0,3 m do 40,9 m, a prosečna debljina je 17,07 m. Debljina selektivne jalovine u III ugljenom sloju varira od 0,55 m do 15,10 m, prosečno 2,95 m. Selektivna jalovina III ugljenog sloja izgradjena je od ugljevitih glina, glina, redje peska i prašine. Ugljeni sloj ima pravac pružanja jug-sever, a pada u pravcu istok-zapad pod nagibom od 1-5°.

Vrednosti debljine ugljenog sloja, debljine uglja, debljine interslojne i medjuslojne jalovine, kao i vrednosti parametara kvaliteta, odredjene su na osnovu 858 istražnih bušotina koje su do sada izbušene na prostoru ležišta Drmno.

Prirodno isklinjenje III ugljenog sloja utvrđeno je u severoistočnom, istočnom i južnom delu ležišta. Zapadna i severna granica je veštački povučena.

Analiza postojećeg stanja radova na uglju

Otkopavanje uglja na površinskom kopu Drmno vrši se rotornim bagerima SchRs 800 i SRs 470 i bagerom vedričarem ERs 710. Bager ERs 710 otkopava ugalj u zoni južne kosine u dubinskom zahvatu. Front rudarskih radova napreduje radijalno.

Glavni front rudarskih radova ima položaj u pravcu istok-zapad, a smer napredovanja od juga prema severu. Na osnovu geometrijske analize (po kriterijumu kapaciteta bagera) ugljeni sloj je podijeljen na dve etaže sa visinama koje su odredjene odnosom 60:40% debljine ugljenog sloja. Raspored bagera je izvršen po kriterijumu veličine kapaciteta, pa bager SchRs 800 radi na prvoj, a bager SRs 470 na drugoj etaži.

Svaki bager ima svoj etažni transporter i svi oni su vezani za isti sabirni transporter, što predstavlja monoblok sistem.

Analiza ostvarenih kapaciteta bagera u zimskim mesecima u periodu 1990-1995.

Analizirani su podaci dobijeni geodetskim merenjem prostora koji su otkopavali bageri SRs 470 i ERs 710 u periodu novembar-april za proteklih 6 godina. Iz analize su isključeni podaci o kapacitetu koji su bili manji od jedne petine srednje vrednosti u prvom računanju.

Statističkim metodama utvrđene su srednje vrednosti proizvodnje bagera po mesecima u periodu od šest godina. Uz aritmetičku sredinu mesečne proizvodnje računata je i standardna devijacija, raspon i koeficijent varijacije (tabele 1 i 2).

tabela 1 Pregled i statistička analiza mesečne proizvodnje uglja rotornog bagera SRs 470 na PK Drmno periodu 1990-1995.

Godina	PROIZVODNJA UGLJA PO MESECIMA (1000 m ³ ≈m/mes)						Ukupno 1000 m ³ cm
	I	II	III	IV	XI	XI	
1990	124	124	180	205		132	765
1991	130	149	85	116	63		543
1992	93	163	170	167	60	87	740
1993	85	138	174	196	140	73	806
1994	71	160	110	125	160	158	784
1995	111	111	147	116	84	65	634
Ukupno	614	845	866	925	507	515	4272

X _j	102,3	140,8	144,3	154,2	101,4	103,0	712,0
ΔX _j	59,0	52,0	95,0	89,0	100,0	93,0	263,0
δ _j	21,1	18,7	35,4	37,1	41,0	36,0	93,3

X _j	ΔX _j	δ _j	kv _j
153,0	81,0	33,3	21,8
108,6	86,0	30,9	28,5
123,3	110,0	44,6	36,1
134,3	123,0	44,0	32,8
130,7	89,0	32,9	25,2
105,7	82,0	25,8	24,4

X _{js}	ΔX _{js}	δ _{js}	kv _{js}
124,3	52,8	22,5	18,1

tabela 2 Pregled i statistička analiza mesečne proizvodnje uglja bagera vedričara ERs710 (U) na PK Drmno u periodu 1990-1995.

Godina	PROIZVODNJA UGLJA PO MESECIMA (1000 m ³ ≈m/mes)						Ukupno 1000 m ³ /cm	Xj	ΔXj	δj	kvj
	I	II	III	IV	XI	XII					
1990	61	71	98	112		71	413	82,6	51,0	19,2	23,2
1991	42	44	105	68			259	64,8	63,0	25,4	39,2
1992	58		85	82	83	75	383	76,6	27,0	9,9	12,9
1993	62	53	66	84	43	67	375	62,5	41,0	12,7	20,3
1994	56	83	100	59	66	131	495	82,5	75,0	26,4	32,0
1995	56	79	81	65	52	68	401	66,8	29,0	10,7	16,1
Ukupno	335	330	535	470	244	412	2326				
Xj	55,8	66,0	89,2	78,3	61,0	82,4	387,7				
ΔXj	20,0	39,0	39,0	53,0	40,0	64,0	236,0				
δj	6,6	15,1	13,3	17,5	15,1	24,5	69,6				
kvj	11,8	22,8	15,0	22,3	24,8	29,7	18,0				
Xjs	72,1	33,3									

Program dopunskih istražnih radova uglja po zonama otkopavanja

Dopunska geološka istraživanja uglja imala su za cilj preciznije utvrđivanje stratigrafskog sastava ugljenog sloja i parametara kvaliteta. Na osnovu uradenog programa istražnih radova izvedeno je 9 (devet) istražnih bušotina na dubinskoj etaži i 8 (osam) bušotina na visinskoj etaži.

Osim istražnih bušotina uzeto je 17 uzoraka sa otvorenih etaža metodom brazde, i to 9 na visinskoj i 8 na dubinskoj etaži.

Na uzetim uzorcima iz bušotine i brazda uradjuju se tehničke i elementarne analize uglja prema utvrđenim standardima.

Određivanje količine uglja koje će bageri otkopati u periodu novembar 1995. g. do aprila 1996. g.

Količine uglja koje bageri otkopavaju odredjene su prema potrebama termoelektrane.

Planirane količine uglja definisane su u tri zone u kojima će bageri raditi u zimskom periodu (tabela 3). Proračun mase izvršen je korišćenjem programskog paketa SOL.

tabela 3 Plan proizvodnje uglja na PK Drmno za zimski period 1995/96.

Godina	1995						1996	Ukupno x10 ³ t	
	Bager/Mesec	XI	XII	I	II	III	IVC		
SchRs 800	153	153	153	141	153	177	930		
SRs 470	102	102	102	94	102	116	618		
ERs 710	52	52	52	47	51	59	314		
Ukupno	307	307	307	282	307	352	1862		
Asortiman po završetku odvajanja komada									
Sitni	288	288	288	259	296	341	1760		
Komad	19	19	19	23	11	11	102		
Ukupno	307	307	307	282	307	352	1862		

Tehnologija otkopavanja po zonama

Rotorni bager SRs 470 otkopava u zoni 1 dubinsku etažu prosečne visine oko 7 m i širine 25 m. Bager planumom prati niveletu podine ugljenog sloja.

Rotorni bager SchRs 800 otkopava u zoni 2 visinsku etažu prosečne visine oko 12 m, a širina bloka je 25 m. Napredovanje fronta rudarskih radova za oba bagera je paralelno sa smerom jug—sever. Bager vedričar ERs 710 otkopava u dubinskom radu deo ugljenog sloja koji je ostao u zoni južne kosine. Razvoj fronta rudarskih radova je radijalan.

Određivanje kapaciteta bagera

Proračun kapaciteta bagera izvršen je poznatom metodologijom.

Eksplotacioni kapaciteti bagera su sledeći:

- SRs 470 546 t/h,
- SchRs 800 850 t/h i
- ERs 710 377 t/h.

Planirano efektivno vreme rada bagera je:

- SRs 470 210 h/mesec,
- SchRs 800 210 h/mesec i
- ERs 710 180 h/mesec.

Planirano efektivno vreme BTD sistema je:

$$T_{ef} = 210/0,81 = 259 \text{ h/mesečno.}$$

Reinterpretacija parametara kvaliteta uglja

Zajedničkom obradom novih rezultata ispitivanja parametara kvaliteta i postojećih rezultata izvršena je reinterpretacija parametara kvaliteta u zonama otkopavanja 1, 2 i 3.

Proračun parametara kvaliteta uglja urađen je metodom linearne interpolacije na računaru, pomoću programskog paketa SOL.

Operativno planiranje otkopavanja određenih količina i parametara kvaliteta ostvaruje se na osnovu podele zone 1 i 2 na mini blokove veličine 25x25xh (m), a zona 3 podeljena je na mini blokove čija je horizontalna projekcija trapeznog oblika, promenljive je veličine stranica i uslovljeno radikalnim pomeranjem etažnog transporterja.

Na bazi rezultata reinterpretacije izvršena je procena parametara kvaliteta uglja za svaki mini blok pojedinačno. U svaki mini blok upisano je:

- broj mini bloka,
- masa ugljenog sloja (m^3),
- masa rovnog uglja (m^3),
- masa selektivne jalovine (m^3),
- sadržaj vlage (%),
- sadržaj pepela (%) i
- DTV (kJ/kg).

Usklajivanje rada bagera

Na otkopavanju uglja formiran je jedan monoblok sistem (BTD) sastavljen od bagera vedričara, dva rotorna bagera, tri etažna transporterja, jednog sabirnog i jednog magistralnog transporterja (tabela 4).

tabela 4 Plan časovnog kapaciteta i srednja vrednost DTV po bagerima

Zona	Bager	t/h	m^3/h	DTV kJ/kg
1	SRs 470	546	440	8.479
2	SchRs 800	850	688	9.146
3	ERs 710	377	304	8.800

Srednja vrednost parametra DTV za sve tri zone je 8.758 kJ/kg za ugalj u ležištu.

Zbog izdvajanja komadnog uglja i razblaženja jalovinom smanjen je parametar DTV za sve tri zone na 7.700 kJ/kg.

Za planiranje parametara DTV koji se isporučuje TE Kostolac B potrebno je sve vrednosti DTV u mini blokovima korigovati koeficijentom

$$k = \frac{DTVa}{DTVb} = \frac{7.700}{8.758} = 0,879.$$

Planiranje parametra DTV

Planiranje parametra DTV vrši se za određeno efektivno vreme rada (smensko, dnevno itd) bagera i količine uglja kojeg otkopavaju.

Za određenu količinu uglja po bagerima (Q_1 , Q_2 i Q_3) odredena je i vrednost parametra DTV (pondesana vrednost) koji se otkopava u zadatom vremenu T.

Ujednačavanje parametra kvaliteta DTV vrši se prema uslovu

$$Q_1 \cdot DTV_1 + Q_2 \cdot DTV_2 + Q_3 \cdot DTV_3 \equiv (Q_1 + Q_2 + Q_3) \cdot DTV_z$$

gde je:

DTV_z - zadata vrednost parametra,

$$DTV_z = 7330 \pm 1000 \text{ kJ/kg}$$

DTV = 7330 kJ/kg - garantovana vrednost za izbor kotlova.

Postoje dva granična slučaja kada se gornja relacija ne može primeniti, a to je kada je svaka od vrednosti DTV_1 , DTV_2 i DTV_3 manja od $DTV_{z\min}$ i kada je svaka od pomenute tri vrednosti veća od $DTV_{z\max}$.

U svim drugim slučajevima ujednačavanje parametra kvaliteta DTV izvršava se raspodelom veličine časovnog kapaciteta bagera prema relaciji:

$$q_1 \cdot k_1 \cdot DTV_1 + q_2 \cdot k_2 \cdot DTV_2 + q_3 \cdot k_3 \cdot DTV_3 = (q_1 + q_2 + q_3) \cdot DTV_z,$$

gde je:

$$k_1 = \frac{DTV_z}{DTV_1}; k_2 = \frac{DTV_z}{DTV_2}; k_3 = \frac{DTV_z}{DTV_3},$$

$$q_1 = \frac{Q_1}{T}; q_2 = \frac{Q_2}{T}; q_3 = \frac{Q_3}{T}.$$

Zaključak

Dato je tehničko rešenje kako se može uskladiti rad tri bagera povezana paralelno na jedan zbirni transporter. Tehničko rešenje predviđa određivanje donje i gornje granice za veličinu parametra DTV za ugalj koji se može direktno isporučivati TE, a ugalj ciji je kvalitet van tih granica usmeriti na deponiju TE da se naknadno vrši ujednačavanje kvaliteta.

Ujednačavanje kvaliteta na površinskom kopu može se vršiti kada su u radu dva ili više bagera, istovremeno, a u konkretnom slučaju to je moguće u sedam radnih stanja sistema na uglju. Ovo je prvi korak ka detaljnijem planiranju kvaliteta i homogenizacije uglja obuhvatajući i druge parametre značajne za efikasan rad kotlovnih postrojenja u TE Kostolac B. Za tačnije određivanje korekcionog faktora za parametar DTV mora se vršiti redovna kontrola tj. tehnička i elementarna analiza uzoraka

ugla uzetih sa transportne trake kojom se ugalj predaje termoelektrani.

Za dugoročno planiranje parametara kvaliteta i vršenja homogenizacije uglja potrebno je istraživanje i projektovanje sistema automatske obrade podataka i kontrole rada sistema na uglju.

SUMMARY

DETERMINATION AND POSSIBLE HOMOGENIZATION OF COAL QUALITY IN THE OPENCAST MINE DRMNO FOR THE SUPPLY OF KOSTOLAC COAL-FIRED POWER PLANT DURING WINTER PERIOD

The model presented here suggests a homogenizing-blednig method of coal quality parameters in Drmno opencast mine. The desired effect is achieved by planing the partaking of hourly capacities of each particular bucket wheel excavator (or bucket chain excavator), depending on the quality of coal excavated at a time.

LITERATURA

[1] Stojnić, D., Canić, M., Simović, I. i Jovičić, R.: Mogućnost ujednačavanja parametara kvaliteta uglja u fazi eksploatacije i homogenizacije na depozijama termoelektrana. Elektroprivreda, 1, 79, Beograd 1997.

[2] Kossowski, L., Kozlowson, S., Libicki, J., Polteger Wroclaw: Geološki i rudarski kriteriji pri selektivnom dobijanju lignita u Poljskoj. Tuzla, 1985.

[3] Melzynski, H. Turala, Polteger Wroclaw: Tehnologija, oprema za miješanje lignita u NR Poljskoj. Tuzla, 1985.

AUTORI

Nenad Makar, dipl. inž. rud.

Dušan Stojnić, dipl. inž. rud.

Mihailo Canić, dipl. inž. rud.

RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD

U radu su prikazani rezultati sistematskih merenja imisije zagadjujućih materija na četiri merne stanice u zoni uticaja postrojenja za pripremu i preradu uglja Kolubara - prerada. Merenjima u trajanju od godinu dana ispitani su relevantni polutanti: sumpordioksid, čadj, azotni oksidi, fenol, suspendovane čestice i taložne materije. Interpretacijom rezultata ispitivanja data je ocena kvaliteta vazduha u naseljenom području obuhvaćenom mrežom mernih stanica.

UVOD

Ispitivanje kvaliteta vazduha u zoni uticaja industrijskih objekata Kolubara - prerada izvršeno je primenom sistematskih merenja imisija zagadjujućih materija kontinualno u trajanju od godinu dana (od 01. 02. 1996. do 31. 01. 1997. god.).

Izvršena ispitivanja su po obimu, primenjenim metodama i instrumentalnom tehnikom usaglašena sa važećom zakonskom regulativom, pre svega, Zakonom o zaštiti životne sredine i Pravilnikom o graničnim vrednostima, metodama merenja imisije, kriterijumima za uspostavljanje mernih mesta i evidenciji podataka.

Mreža mernih stanica formirana je na osnovu rasporeda i vrste izvora zagadživanja, gustine naseljenosti, orografije terena i meteoroloških uslova. Na lokaciji Vreoca i okoline postavljene su četiri stacionarne merne stanice, a to su:

- A - Medoševac (selo),
- B - Otpadne vode (u blizini postrojenja Kolubara - prerada),
- C - Pošta (centar Vreoca) i
- D - Ugaona stanica žičare.

Ispitivanjima su obuhvaćene aktuelne zagadjujuće materije:

- sumpordioksid,
- čadj,
- azotni oksidi,
- lako isparljivi fenoli,
- suspendovane čestice u vazduhu i
- taložne materije iz vazduha.

METODE RADA

Učestalost i dužina uzorkovanja zagadjujućih materija u vazduhu zavisi od efekata koje izazivaju, granične vrednosti imisija, donje granice detekcije i tehničkih mogućnosti. U konkretnom slučaju primjenjen je sledeći postupak:

- sumpordioksid i čadj dugotrajnim (24 h) uzorkovanjem,
- azotni oksidi i fenol dugotrajnim (24 h) i kratkotrajnim (1 h) uzorkovanjem,

ISPITIVANJE I OCENA KVALITETA VAZDUHA U ZONI UTICAJA INDUSTRIJSKIH OBJEKATA KOLUBARA - PRERADA*

Vladimir Ivanović
Dušan Stajević
Zorica Kuvekalović
Marija Ivanović

* Rad je zasnovan na rezultatima studije *Ispitivanje i ocena kvaliteta vazduha u zoni uticaja industrijskih objekata Kolubara - prerada* [1], koja je bila u konkurenciji za Godišnju nagradu Rudarskog instituta Beograd za 1996.

- suspendovane čestice dugotrajnim (24 h) uzorkovanjem i
- ukupne taložne materije mesečnim (30 dana) uzorkovanjem.

Analize zagadjujućih materija iz uzoraka radjene su prema odgovarajućim standardima: sumpordioksid acidimetrijski (vodonik-peroksid metodom), azotni oksidi Gris-Salcman metodom apsorpcije, čadj reflektometrijski, suspendovane čestice gravimetrijski korišćenjem filtera sa staklenim vlaknima Sartorius, fenol metodom apsorpcije kroz rastvor Na_2CO_3 [3].

Korišćeni su sledeći merni uredjaji:

- digitalni automatski uredjaj za uzorkovanje sumpordioksida i čadj, uredjaj je autonoman 8 dana;
- digitalni automatski uredjaj za uzorkovanje azotnih oksida i fenola, uredjaj je autonoman 4 dana;
- gravimetrijski uredjaj za uzorkovanje suspendovanih čestica iz vazduha;
- sedimentator za uzorkovanje taložnih materija iz vazduha.

Na mernim stanicama organizovana je redovna kontrola rada instalisanih uredjaja i zamena rastvora i filtera.

Pored uobičajenih postupaka uzorkovanja i određivanja sumpordioksida, čadj i sedimentnih materija uvedena su poboljšanja u metodologiji ispitivanja: dugotrajno uzorkovanje azotnih oksida i fenola, primena standardne metodologije suspendovanih čestica na više mernih stanica, analiza teških metala i kristalne silicije na uzorcima suspendovanih čestica u životnoj okolini.

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati ispitivanja prikazani su tabelarno. U tabellama 1-6 dat je zbirni godišnji prikaz karakterističnih pokazatelja polutanata na odgovarajućim mernim stanicama. Izvedene vrednosti odnose se na nastanjena područja.

Koncentracije sumpordioksida, čadj, fenola i suspendovanih čestica kao srednje mesečne vrednosti prikazane su grafički na dijagramima 1-4.

Za interpretaciju rezultata primjenjeni su sledeći karakteristični pokazatelji:

Materije u vazduhu,

η - broj dana godišnje u kojima su vršena merenja,

N - procentualno učešće dnevних merenja tokom godine,

C_{sr} - srednja godišnja vrednost imisije, $\mu\text{g}/\text{m}^3$,

C_{98} - 98 percentila svih srednjih dnevnih vrednosti imisija izmerenih tokom godine,

$\left. \begin{array}{l} \text{GVI}_{\text{god}} \\ \text{GVI}_{98} \\ \text{GVI}_{24h} \\ \text{GVI}_{1h} \end{array} \right\} \text{granične vrednosti imisija, } \mu\text{g}/\text{m}^3,$

Taložne materije,

η - broj meseci godišnje u kojima su vršena merenja,

N - procentualno učešće mesečnih merenja tokom godine,

C_{sr} - srednje mesečne vrednosti imisija, $\text{g}/\text{m}^2\text{d}$,

$\left. \begin{array}{l} \text{GVI god} \\ \text{GVI 30d} \end{array} \right\} \text{granične vrednosti imisija } \text{g}/\text{m}^2\text{d.}$

Srednje mesečne vrednosti imisija polutanata na dijogramima imaju sledeće oznake na pojedinim mernim stanicama:

A. Medoševac	—
B. Otpadne vode	— · —
C. Pošta	— · — · —
D. Ugaona stanica	— .. — —

tabela 1 Rezultati merenja imisije sumpordioksida

Merno mesto	η	N	C_{sr}	C_{98}	GVI _{god}	GVI ₉₈	GVI _{24h}	Br.dana > GVI _{24h}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Medoševac	350	95,6	27,4	115	50	350	50	3
Otpadne vode	363	99,2	37,6	119	50	350	50	1
Pošta	362	99,1	39,9	128	50	350	50	0
Ugaona stanica	354	96,7	34,3	109	50	350	50	2

- suspendovane čestice dugotrajnim (24 h) uzorkovanjem i
- ukupne taložne materije mesečnim (30 dana) uzorkovanjem.

Analize zagadjujućih materija iz uzoraka radjene su prema odgovarajućim standardima: sumpordioksid acidimetrijski (vodonik-peroksid metodom), azotni oksidi Gris-Salcman metodom apsorpcije, čadj reflektometrijski, suspendovane čestice gravimetrijski korišćenjem filtera sa staklenim vlaknima Sartorius, fenol metodom apsorpcije kroz rastvor Na_2CO_3 [3].

Korišćeni su sledeći merni uredjaji:

- digitalni automatski uredjaj za uzorkovanje sumpordioksida i čadj, uredjaj je autonoman 8 dana;
- digitalni automatski uredjaj za uzorkovanje azotnih oksida i fenola, uredjaj je autonoman 4 dana;
- gravimetrijski uredjaj za uzorkovanje suspendovanih čestica iz vazduha;
- sedimentator za uzorkovanje taložnih materija iz vazduha.

Na mernim stanicama organizovana je redovna kontrola rada instalisanih uredjaja i zamena rastvora i filtera.

Pored uobičajenih postupaka uzorkovanja i određivanja sumpordioksida, čadj i sedimentnih materija uvedena su poboljšanja u metodologiji ispitivanja: dugotrajno uzorkovanje azotnih oksida i fenola, primena standardne metodologije suspendovanih čestica na više mernih stanica, analiza teških metala i kristalne silicije na uzorcima suspendovanih čestica u životnoj okolini.

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati ispitivanja prikazani su tabelarno. U tabelama 1-6 dat je zbirni godišnji prikaz karakterističnih pokazatelja polutanata na odgovarajućim mernim stanicama. Izvedene vrednosti odnose se na nastanjeni područja.

tabela 1 Rezultati merenja imisije sumpordioksida

Merno mesto	η	N	C_{sr}	C_{98}	GVI_{god}^*	$GVI_{C_{98}}$	GVI_{24h}	Br.dana > GVI_{24h}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Medoševac	350	95,6	27,4	115	50	350	50	3
Otpadne vode	363	99,2	37,6	119	50	350	50	1
Pošta	362	99,1	39,9	128	50	350	50	0
Ugaona stanica	354	96,7	34,3	109	50	350	50	2

Koncentracije sumpordioksida, čadj, fenola i suspendovanih čestica kao srednje mesečne vrednosti prikazane su grafički na dijagramima 1-4.

Za interpretaciju rezultata primjenjeni su sledeći karakteristični pokazatelji:

Materije u vazduhu,

η - broj dana godišnje u kojima su vršena merenja,

N - procentualno učešće dnevних merenja tokom godine,

C_{sr} - srednja godišnja vrednost imisije, $\mu\text{g}/\text{m}^3$,

C_{98} - 98 percentila svih srednjih dnevnih vrednosti imisija izmerenih tokom godine,

GVI_{god} .
 GVI_{98}
 GVI_{24h}
 GVI_{1h}

} granične vrednosti imisija, $\mu\text{g}/\text{m}^3$,

Taložne materije,

η - broj meseci godišnje u kojima su vršena merenja,

N - procentualno učešće mesečnih merenja tokom godine,

C_{sr} - srednje mesečne vrednosti imisija, $\text{g}/\text{m}^2\text{d}$,

GVI_{god} .
 GVI_{30d}

} granične vrednosti imisija $\text{g}/\text{m}^2\text{d}$.

Srednje mesečne vrednosti imisija polutanata na dijogramima imaju sledeće oznake na pojedinim mernim stanicama:

- | | |
|-------------------|-------------|
| A. Medoševac | — |
| B. Otpadne vode | - - - - |
| C. Pošta | - . - . - |
| D. Ugaona stanica | - .. - .. - |

tabela 2 Rezultati merenja imisije čadži

Merno mesto	η	N	C _{sr}	C ₉₈	GVI _{god}	GVI C ₉₈	GVI _{24h}	Br.dana > GVI _{24h}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Medoševac	350	95,6	32,0	92	50	150	50	106
Otpadne vode	363	99,2	39,8	121	50	150	50	111
Pošta	362	99,1	44,1	92	50	150	50	131
Ugaona stanica	354	96,7	30,4	77	50	150	50	53

tabela 3 Rezultati merenja imisije azotnih oksida

Merno mesto	η	N	C _{sr}	C ₉₈	GVI _{god}	GVI C ₉₈	GVI _{24h}	Br.dana > GVI _{24h}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Medoševac	99	27,0	9,2	37,3	60	150	150	0
Otpadne vode	101	27,6	11,0	62,0	60	150	150	0
Pošta	199	54,3	9,4	33,7	60	150	150	0
Ugaona stanica	99	27,0	9,3	37,7	60	150	150	0

tabela 4 Rezultati merenja imisije fenola

Merno mesto	η	N	C _{sr}	C ₉₈	GVI _{god}	GVI C ₉₈	GVI _{24h}	Br.dana > GVI _{24h}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Medoševac	-	-	-	-	-	-	-	-
Otpadne vode	128	35,0	7,6	16,6	-	-	10	23
Pošta	-	-	-	-	-	-	-	-
Ugaona stanica	193	52,7	6,2	11,3	-	-	10	11

tabela 5 Rezultati merenja suspendovanih čestica

Merno mesto	η	N	C _{sr}	C ₉₈	GVI _{god}	GVI C ₉₈	GVI _{24h}	Br.dana > GVI _{24h}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Medoševac	100	27,3	115	257	70	200	120	45
Otpadne vode	104	28,5	125	291	70	200	120	46
Pošta	104	28,5	133	279	70	200	120	49
Ugaona stanica	102	227,9	95	196	70	200	120	25

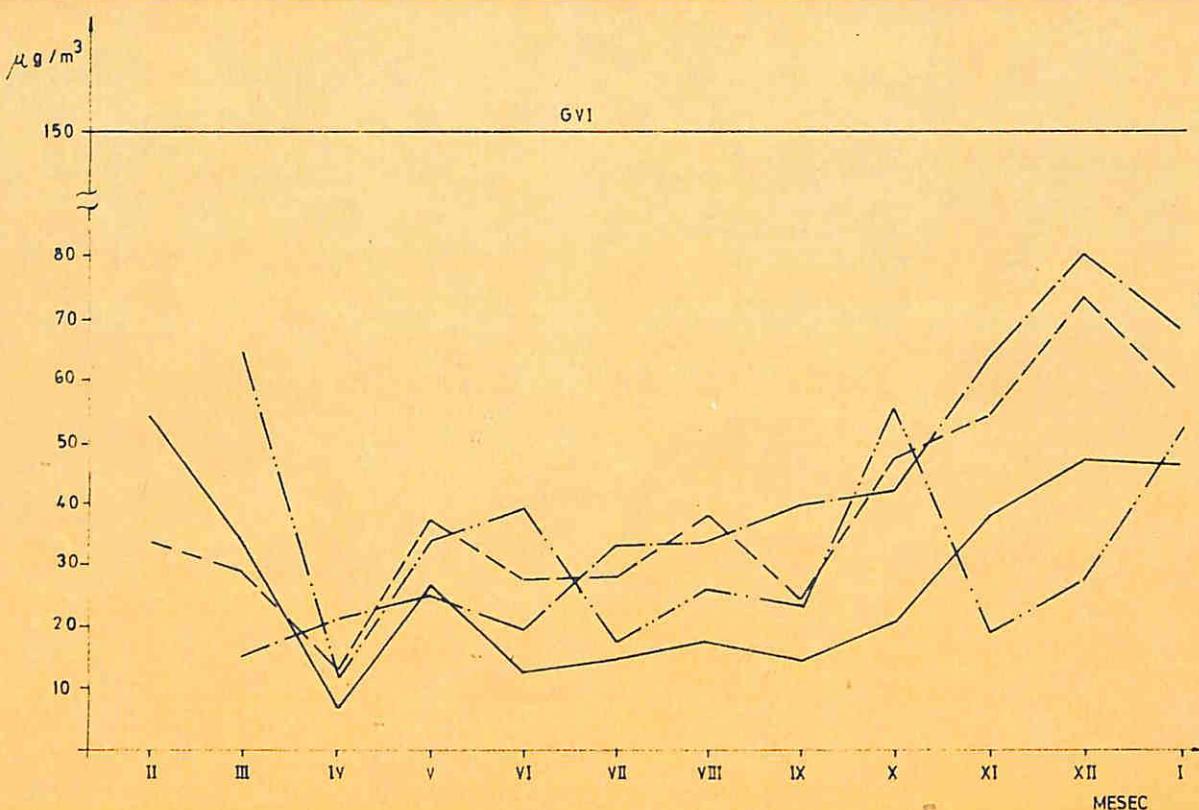
tabela 6 Rezultati merenja imisije taložnih materija

Merno mesto	η.	N	C _{sr}	GVI _{god}	GVI _{30d}	Br.merenja > GVI _{30d}
1	2	3	4	5	6	7
Medoševac	12	100	253	200	450	0
Otpadne vode	12	100	220	200	450	1
Pošta	12	100	234	200	450	0
Ugaona stanica	12	100	185	200	450	0

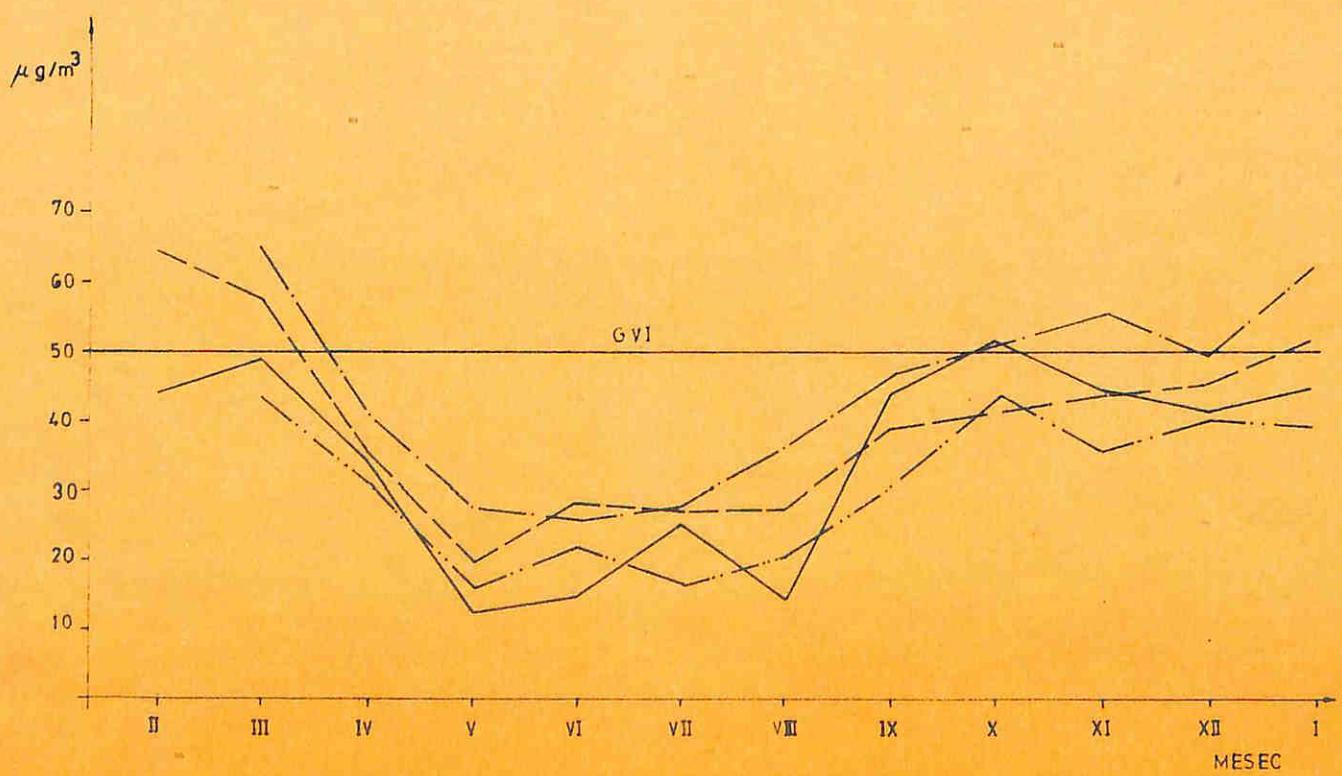
Izvršena ispitivanja su po vrstama obuhvaćenih polutanata, dužini i kvalitetu merenja i broju izmernih podataka značajno prevazišla prethodna ispitivanja aerozagadjenja u zoni ovog industrijskog kompleksa.

S obzirom na raspoložive uslove ostvarena je velika učestalost merenja tokom godine. Merenja imisije sumpordioksida i čadži su realizovana sa preko

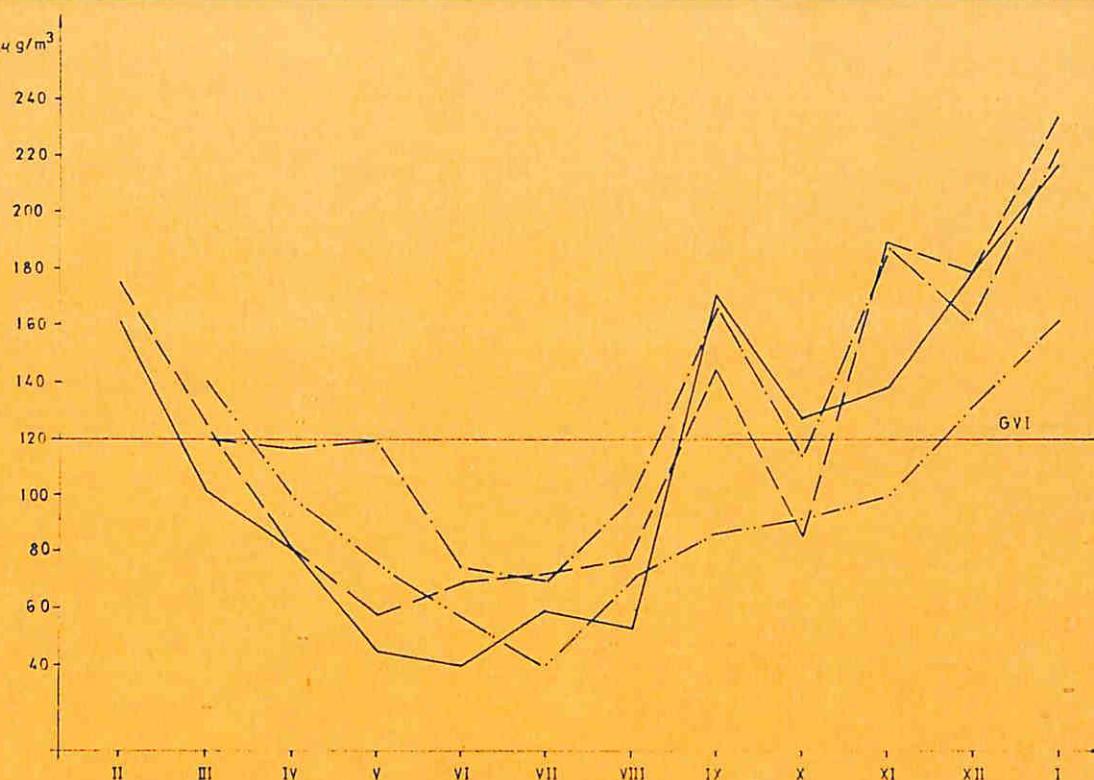
95 % dana u godini. Učestalost merenja fenola je 35 % i 53 % dana na dve merne stanice i azotnih oksida prosečno 40 % dana u kompletnoj mreži. Merenja suspendovanih čestica realizovana su u proseku sa 28 % dana (preko 100 dana godišnje) po mernoj stanici, što se ocenjuje kao velika učestalost, s obzirom na tehničke zahteve primenjene metode.



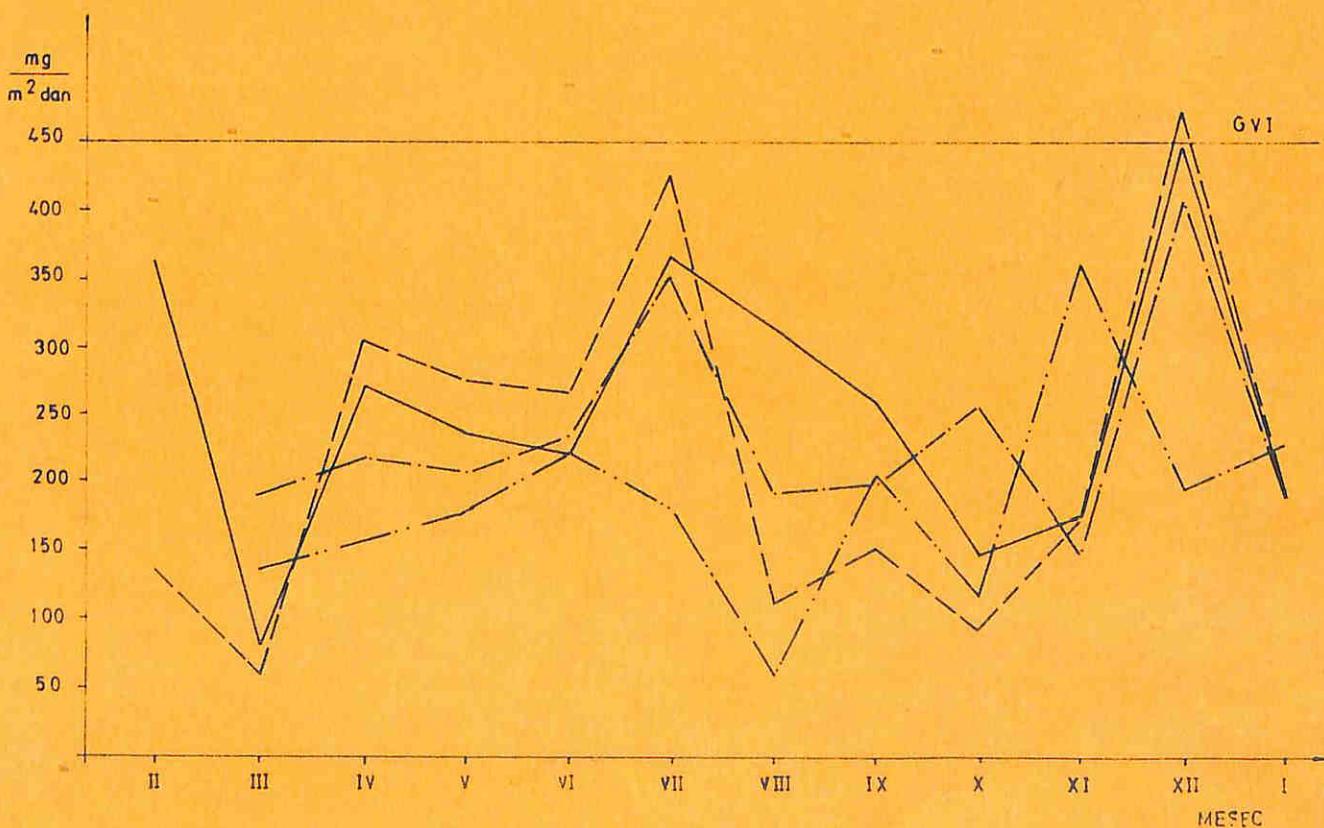
dijagram 1 Prikaz srednjih mesečnih koncentracija SO₂ u periodu 1996-1997. god.



dijagram 2 Prikaz srednjih mesečnih vrednosti koncentracija čađi u periodu 1996-97. god.



dijagram 3 Prikaz srednjih mesečnih koncentracija suspendovanih čestica u periodu 1996-97. god.



dijagram 4 Prikaz srednjih mesečnih koncentracija ukupnih taložnih materija u periodu 1996-97. god.

Rezultati ispitivanja pokazuju da su srednje godišnje vrednosti imisija suspendovanih čestica na svim mernim stanicama bile znatno iznad dozvoljenih ($GVI_{god} = 70 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a da se broj dana u kojima su izmerene imisije bile veće od dozvoljenih ($GVI_{24h} = 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) kretao od 25 do 49, što je u proseku preko 40 %. Kod ostalih zagadjivača situacija je povoljnija. Srednje godišnje vrednosti imisija su manje od gornjih graničnih vrednosti. Broj dana u kojima su imisije bile veće od dozvoljenih iznosio je za čadij 53-131 dana (28 %) i fenol 11-23 dana (12 %). Kod sumpordioksida bilo je osam opasnih dana. Srednje godišnje vrednosti imisije taložnih materija iznosile su $185-253 \text{ mg}/\text{m}^3$ i na tri merne stanice su bile veće od GVI_{god} . Od ukupno 48 izmerenih mesečnih vrednosti samo u jednom mesecu utvrđeno je prekoračenje GVI_{30d} .

Kod interpretacije rezultata uzet je u obzir sinergetski efekat koji ispoljavaju neke zagadjujuće materije. Izračunati su koeficijenti sinergetskog dejstva sumpordioksida i azotnih oksida, kao i sumpordioksida i fenola. Uzimanjem u obzir ovog fenomena povećava se broj opasnih dana u godini.

Na uzorcima suspendovanih čestica izvršena je analiza štetnosti koje deluju fibrogeno (kvarc) i toksично (kadmijum, mangan, olovo, živa) [2]. Utvrđene srednje vrednosti koncentracije teških metala u $\mu\text{g}/\text{m}^3$: kadmijum = 0,01, mangan = 0,012 - 0,014, olovo = 0,007 - 0,023, živa = tragovi, su znatno manje od odgovarajućih GVI.

Slobodan silicijum-dioksid (kvarc) se, takođe, pojavljuje kao komponenta aerozagadjenja. Njegov sadržaj u suspendovanoj prašini na četiri merne stanice iznosio je 8,0-9,6 %. S obzirom na učešće kvarta ka agresivne komponente u imisiji lebdeće prašine, smatramo uputnim da se kod ispitivanja aerozagadjenja nastanjениh područja u rudarskim basenima, pored ostalih zagadjujućih materija, redovno prati i ova štetna komponenta, utoliko pre što se u poslednje vreme ukazuje i na kancerogena svojstva kvarta [4].

Rezultati godišnjih ispitivanja imisija u zoni uticaja postrojenja Kolubara - prerada ukazuju na velovatan uticaj i drugih izvora zagadjivanja atmosfere, kao što su termoenergetski objekti, površinski kopovi i transportni sistemi. U periodu grejne sezone značajan uticaj mogu imati brojna lokalna ložišta u naseljima Vreoci i Medoševac. U daljem postupku potrebna su detaljna izučavanja svih relevantnih emitora u zoni uticaja postrojenja Kolubara - prerada sa ciljem da se definišu emisione karakteristike tzv. niskih, odnosno prizemnih izvora prašine.

ZAKLJUČAK

Našim ispitivanjima je prvi put na ovom lokalitetu ispunjen uslov sistematskog merenja imisije relevantnih polutanata u dатој mreži mernih mesta.

Uvedene su inovacije u metodologiji ispitivanja, i to:

- Primenjena je metoda dugotrajnog (24 h) merenja azotnih oksida i fenola, umesto kratkotrajnog (1 h), sa znatno većim brojem dana merenja u relevantnom periodu od jedne godine; korišćeni su četvorokanalni i osmokanalni uzorkovači za paralelno uzimanje više uzoraka, što je doprinelo poboljšanju tačnosti i kvalitetu izmerenih podataka.

- Primenjen je postupak dugotrajnog (24 h) uzorkovanja suspendovanih čestica istovremeno na više mernih punktova. U dатој mreži od četiri merne stanice korišćena su tri gravimetrijska uzorkovača konstruisana u Rudarskom institutu Beograd, pored jednog uzorkovača Sartorius; to je doprinelo da se dobije zadovoljavajući broj izmerenih podataka na svakoj mernoj stanici i omogući kvalitetna interpretacija rezultata ispitivanja.

- U saradnji sa Poljoprivrednim fakultetom Zemun primenom metoda atomske apsorpcione spektrometrije i rendgenske difrakcije izvršena je analiza teških metala i slobodnog silicijumdioksida iz uzorka dobijenih merenjima imisije suspendovanih čestica na filterima od staklenih vlakana.

Poboljšanja u primeni metodologije ispitivanja i ocene kvaliteta vazduha u zoni uticaja postrojenja za preradu uglja Kolubara - prerada potvrdila su spremnost Rudarskog instituta Beograd da i ubuduce kvalitetno obavlja sistematska i druga ispitivanja imisije gasovitih i praškastih polutanata.

SUMMARY

INVESTIGATION AND ASSESSMENT OF AIR QUALITY WITHIN THE ZONE AFFECTED BY THE INDUSTRIAL FACILITIES OF KOLUBARA – PROCESSING

This paper presents the results obtained after systematic measuring of pollutant imissions at four measuring stations within the zone affected by coal dressing and processing facilities of Kolubara - Processing. The measurements were performed in the course of one year and during that period all the relevant pollutants were investigated: sulphur dioxide, carbon black, nitrogen oxides, phenol, suspended particles and settling matters. After interpreting the investigation results it was possible to assess the air quality in residential areas, which are covered by the measuring network.

LITERATURA

- [1] Stajević, D., Škorić, A., Jevtić, N., Kuvekalović, Z., Ivanović, V.: Studija ispitivanja i ocene kvaliteta vazduha u zoni uticaja industrijskih objekata Kolubara - prerada. Rudarski institut Beograd, 1997.

[2] Ivanović, M., Ivanović, V.: Poreklo i sastav lebdeće prašine u naseljima rudarskih basena. XXIX oktobarsko savetovanje rudara i metalurga, Tehnicki fakultet Bor i Institut za bakar Bor, 1997.

[3] Jevtić, N., Škorić, A., Kuvekalović, Z.: Sistematsko praćenje zagadjenosti vazduha u naseljima kolubarskog basena. XXVII savetovanje Zaštita vazduha '98, Beograd, 1998.

[4] Ivanovic, M., Ivanovic, V.: Uticaj respirabilne kristalne silicije na aerozagadjenje. XXVII savetovanje Zaštita vazduha '98, Beograd, 1998.

AUTORI

mr Vladimir Ivanović, dipl. inž. rud.,
Dušan Stajević, dipl. inž. rud.,
Zorica Kuvekalović, dipl. inž. tehnol.
Marija Ivanović, dipl. inž. rud.
RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD

U ovom radu su prikazani rezultati istraživanja na sistemu zemljište - biljka, u pogledu nivoa izrazito toksičnih elemenata: olova (Pb), kadmijuma (Cd), žive (Hg) i arsena (As), i to u zoni uticaja površinskih kopova (PK) Drmno, Ćirikovac i Klenovnik i termoelektrana Kostolac. Uzimani su uzorci zemljišta i biljaka, godišnje po kvartalima (proleće, leto, jesen i zima) i u tri ponavljanja, pa su u njima određivani pomenuti elementi. Iz zone uticaja PK Drmno, Ćirikovac i Klenovnik uzeto je više uzoraka zemljišta, a sa istih lokaliteta, prema fazi uzrasta i uzorci biljaka, za analizu: Pb, Cd, Hg i As.

Ispitivanja pokazuju da su rezultati sadržaja toksičnih elemenata u zemljištu i biljkama u granicama maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK) (Sl. glasnik SRJ br. 11/90, Sl. list SRJ br. 5/92 i Sl. list SFRJ br. 2/90).

UVOD

Za praćenje i utvrđivanje stepena efikasnosti primenjenih tehničko-tehnoloških i bioloških mera za sprečavanje zagađenja zemljišta i biljaka (agroekosistema), potrebna su sistematska, organizovana i trajna merenja, sa odgovarajućom učestalošću određenih komponenti zagadenja, kako bi se odredio stepen i intenzitet zagadenja.

Agroekosistem sa urbanim naseljima u neposrednoj okolini površinskih kopova Drmno, Ćirikovac i Klenovnik je pod uticajem površinske proizvodnje uglja i preko transportnih traka za odnošenje uglja i deposita nastaju prašina i pesak, što znači čestice, koje mogu da imaju i toksične komponente [1], [2], [8].

Znatan doprinos zagadivanju agroekosistema, posred površinskih kopova, daju termoelektrane u Kostolcu i Drmnju. Termoelektrane, pored čvrste faze (pepeo), emituju tečne i gasovite zagađujuće materije (CO_2 , SO_2 , NO_2), nastale u procesu sagorevanja uglja. Zajedno sa gasovitim fazama u atmosferu odlaze aerosoli i hidrosoli toksičnih elemenata. Olovu i kadmijum volatilizuju i odlaze u atmosferu u količinama oko 60%, a živa i arsen od 90-100% [8], [10], [11]. Pored određivanja toksičnih elemenata u zemljištu okoline površinskih kopova, rađena su i agrohemijska određivanja važnih komponenti, koje karakterišu plodnost zemljišta, ali nisu obuhvaćene ovim saopštenjem.

Intenzitet eksplotacije, transport uglja i deposita, odlaganje deposita i rad termoelektrana utiču na intenzitet zagađenja okoline, a meteorološki uslovi na distribuciju zagađujućih materija [2].

ISPITIVANJE SADRŽAJA TOKSIČNIH ELEMENATA U ZEMLJIŠTU I BILJKAMA U ZONI UTICAJA POVRŠINSKIH KOPOVA I TERMOELEKTRA- NA KOSTOLAC

Dragoljub Urošević
Radoslav Filipović

METODE ISTRAŽIVANJA

Izraziti toksični elementi: Pb, Cd, Hg i As mogu da se unesu u sistem ishrane čovek - zemljište - biljka - životinja - čovek i neophodno je pomenute toksične elemente stalno kontrolisati u sistemu.

Uzorci zemljišta i biljaka (različite faze uzrasta), uzimani su kvartalno (proleće, leto, jesen i zima) i u njima su određivani toksični elementi: Pb, Cd, Hg i As. Iz okoline, koja je pod uticajem PK Drmno, uzeto je 15 uzoraka zemljišnog i biljnog materijala. Sa lokacije okoline PK Ćirikovac uzeto je 8 uzoraka zemljišta i biljnog materijala i iz okoline PK Klenovnik uzeto je 5 uzoraka zemljišnog i biljnog materijala.

U uzetim uzorcima zemljišta i biljnog materijala, posle sušenja i homogeniziranja mlevenjem, određeni su Pb, Cd, Hg i As metodom atomske apsorpcione spektrometrije [3], [5], [6], [9], [10], [11].

REZULTATI I DISKUSIJA

Kao što je vec navedeno, pri sagorevanju uglja u termoelektranama odlaze u atmosferu znatne količine toksičnih elemenata [9], [10], [11], i to naročito žive i arsena, pa onda olova i kadmijuma.

U tabeli 1 su prikazani prosečni (ukupni) sadržaji olova, kadmijuma, žive i arsena u zemljištu okoline PK Drmno po kvartalima, dok je u tabeli 2 prikazan prosečni sadržaj (od tri merenja) olova, kadmijuma, žive i arsena u uzorcima zemljišta okoline (zone uticaja) PK Ćirikovac i PK Klenovnik. Iz tabele 1 i 2 može se zapaziti da je sadržaj Pb, Cd, Hg i As u zemljištu okoline PK Drmno (tabela 1), PK Ćirikovac i PK Klenovnik (tabela 2) u granicama prosečnog prirodnog (geohemiskog) sadržaja u zemljištu i to za Pb (10-24) mg/kg i Cd do 1 mg/kg.

Prema zakonskoj regulativi maksimalno dozvoljena koncentracija (MDK) olova u zemljištu je do 100 mg/kg, a kadmijuma do 2 mg/kg. Sadržaj Pb u zemljištu okoline PK Drmno je u intervalu 11,9-13,5 mg/kg, (tabela 1), u zemljištu okoline PK Ćirikovac od 16,1 do 16,8 mg/kg, a u zemljištu okoline PK Klenovnik od 13,9 do 14,8 mg/kg (tabela 2).

Sadržaj kadmijuma u zemljištu okoline PK Drmno iznosio je od 0,13 do 0,15 mg/kg, u zemljištu okoline PK Ćirikovac 0,19 mg/kg i PK Klenovnik od 0,17 do 0,19 mg/kg. Nivo sadržaja Pb i Cd je nešto malo viši u zemljištu okoline PK Ćirikovac i PK Klenovnik u odnosu na PK Drmno, a uzrok može da bude geohemisko poreklo ili, pak, spoljni uticaj termoelektrana.

Geo hemijski sadržaj žive u zemljištu je u intervalu 0,02-0,15 mg/kg i arsena oko 7 mg/kg.

Prema zakonskim propisima maksimalno dozvoljena koncentracija (MDK) za živu u zemljištu je do 2 mg/kg, a za arsena do 25 mg/kg. Prema tabelama 1 i 2 sadržaj žive u zemljištu okoline PK Drmno je 6,3-6,7 µg/kg, a arsena 2,0-2,2 mg/kg, za PK Ćirikovac Hg je u opsegu 7,3-7,7 µg/kg, a arsena 4,5-4,7 mg/kg. Sadržaj žive i arsena u zemljištu okoline PK Ćirikovac i PK Klenovnik je daleko ispod granica dozvoljenog sadržaja u zemljištu.

U tabeli broj 3 prikazan je sadržaj Pb, Cd, Hg i As u biljkama okoline PK Drmno, PK Ćirikovac i PK Klenovnik. U celini posmatrano, u okolini navedenih površinskih kopova, kod većine ispitivanih biljaka, koje se koriste za ljudsku i animalnu ishranu, sadržaj olova i kadmijuma je manji od maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) date našim zakonskim propisima (Sl. list br. 5/92 SRJ) (tabela 3). Izvesna razlika je kod biljaka sa velikom površinom lista i krtolastih biljaka (vinova loza, salata i luk). Sadržaj žive i arsena u biljkama sa površinom pod uticajem površinskih kopova Drmno, Ćirikovac i Klenovnik, a koje se koriste za ljudsku ishranu, je u granicama maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK), (Sl. list SRJ 5/92), uz nešto veće vrednosti kod biljaka: lucerke, lista vinove loze, trave i salata.

tabela 1 Prosečni sadržaj Pb, Cd, Hg i As u uzorcima zemljišta iz okoline PK Drmno po kvartalima (I, II, III i IV)

Broj uzorka	Pb mg/kg				Cd mg/kg				Hg µg/kg				As mg/kg			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	15,0	12,5	13,0	14,1	0,11	0,12	0,16	0,15	6,5	4,8	6,9	5,0	1,9	1,8	2,0	1,7
2	11,9	10,0	10,4	10,9	0,12	0,17	0,10	0,11	7,0	6,6	5,6	6,7	2,0	1,9	2,1	2,0
3	13,8	10,4	10,6	10,7	0,11	0,10	0,11	0,12	9,0	7,5	7,0	6,9	1,4	1,5	1,9	1,9
4	14,7	12,3	10,0	10,0	0,13	0,15	0,16	0,16	5,0	5,0	5,5	8,6	6,0	1,8	1,7	2,6
5	12,7	10,1	10,3	11,0	0,13	0,17	0,17	0,17	8,0	9,6	8,4	10,0	1,9	1,9	1,8	2,5
6	12,0	11,4	10,8	11,3	0,10	0,18	0,12	0,13	8,1	10,0	9,5	10,3	2,0	2,1	2,0	2,6
7	13,5	11,8	11,6	11,8	0,10	0,13	0,17	0,19	6,3	5,3	5,0	6,0	2,2	2,0	1,7	2,7
8	15,1	12,3	12,9	12,8	0,14	0,19	0,15	0,16	4,5	4,6	6,7	5,1	1,7	1,8	1,9	2,0
9	14,3	13,2	12,3	12,6	0,15	0,20	0,16	0,17	3,9	4,3	5,2	4,9	1,9	5,0	2,1	1,4
10	15,1	11,1	12,5	12,7	0,14	0,18	0,21	0,20	6,8	6,6	4,6	5,8	2,2	4,0	1,8	3,0
11	10,9	16,0	15,9	15,8	0,11	0,10	0,19	0,15	9,9	9,9	7,7	8,0	1,7	2,0	2,3	2,4
12	13,1	15,1	12,6	12,5	0,12	0,14	0,12	0,13	6,5	10,0	6,5	7,0	2,3	2,3	1,8	2,3
13	12,7	12,0	13,0	12,9	0,18	0,17	0,22	0,21	4,6	6,0	5,3	2,2	2,0	1,8	2,1	
14	12,3	13,1	12,8	12,7	0,16	0,18	0,14	0,15	4,4	5,0	4,1	5,2	1,5	2,1	2,6	2,2
15	15,1	11,9	14,0	13,9	0,17	0,15	0,20	0,19	4,3	5,3	4,9	4,8	1,4	1,9	2,5	2,0
Srednja vrednost	13,5	12,2	12,8	12,4	0,13	0,15	0,15	0,15	6,3	6,7	6,3	6,5	2,0	2,2	2,0	2,2

tabela 2 Prosečni sadržaj Pb, Cd, Hg i As u uzorcima zemljišta iz okoline PK Čirikovac (1-8) i PK Klenovnik (9-13) po kvartalima (I, II, III i IV)

Broj uzorka	Pb mg/kg				Cd mg/kg				Hg µg/kg				As mg/kg			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	14,1	13,0	13,5	13,8	0,18	0,20	0,19	0,20	8,7	8,3	8,1	8,0	3,5	3,0	2,9	3,1
2	17,5	16,4	16,7	17,0	0,20	0,21	0,20	0,22	7,3	8,5	8,0	8,1	4,9	4,6	4,5	4,7
3	14,3	14,6	15,0	15,8	0,22	0,19	0,20	0,21	7,5	8,9	7,9	8,4	4,3	4,5	4,4	4,6
4	17,6	16,0	16,1	16,4	0,20	0,18	0,19	0,17	8,6	9,7	9,1	9,3	4,0	3,6	3,8	3,9
5	17,7	17,0	16,9	17,2	0,19	0,19	0,20	0,19	10,0	12,3	12,0	12,1	3,0	3,5	3,7	3,4
6	15,0	14,0	14,8	15,1	0,16	0,16	0,17	0,18	7,5	7,0	7,4	7,3	4,5	4,5	4,6	4,7
7	19,6	19,0	20,0	19,8	0,19	0,17	0,16	0,17	6,3	5,0	6,1	5,8	4,6	4,0	4,6	4,3
8	18,9	18,9	19,0	19,9	0,20	0,22	0,20	0,20	6,0	6,0	6,3	6,5	2,7	3,0	3,5	3,3
Srednja vrednost	16,8	16,1	16,5	16,8	0,19	0,19	0,19	0,19	7,7	8,2	8,1	8,2	3,9	3,8	4,0	4,0
9	15,7	15,3	15,9	16,0	0,20	0,18	0,19	0,20	8,0	8,8	8,6	8,4	2,9	2,9	3,0	5,2
10	19,0	14,4	16,0	15,9	0,20	0,17	0,17	0,18	6,7	6,0	6,5	6,0	6,0	5,6	5,4	
11	16,0	15,6	15,3	15,0	0,10	0,20	0,20	0,19	8,2	7,5	7,7	7,6	4,0	4,0	4,1	4,4
12	16,7	15,0	16,0	15,7	0,15	0,19	0,18	0,19	7,0	9,6	8,0	8,7	6,9	7,5	6,4	6,5
13	10,0	11,0	11,0	10,8	0,19	0,18	0,18	0,19	6,7	6,4	6,8	6,9	3,0	3,4	3,3	3,6
Srednja vrednost	13,1	14,1	14,8	14,7	0,17	0,18	0,19	0,19	7,3	7,7	7,7	7,5	4,6	4,7	4,5	4,7

Tabela 3 Sadržaj olova, kadmiјuma, žive i arsena u biljnom materijalu iz okoline PK Drmno, PK Črnikovac i PK Klenovnik

Blijke	PK Drmno				PK Črnikovac				PK Klenovnik			
	Pb mg/kg	Cd mg/kg	Hg µg/kg	As mg/kg	Pb mg/kg	Cd mg/kg	Hg µg/kg	As mg/kg	Pb mg/kg	Cd mg/kg	Hg µg/kg	As mg/kg
Ovas	1,30	0,10	3,00	0,40	1,12	0,13	2,90	0,45	2,50	0,16	3,00	0,35
Pšenica klas	0,15	0,20	1,17	0,20	0,20	0,10	2,10	0,30	0,20	0,10	2,50	0,15
Lucerka	2,00	0,12	1,9	0,95	7,25	0,30	3,10	0,50	1,86	1,10	0,79	1,03
Kukuruz zrno	0,20	0,10	N.D.	0,35	0,40	0,10	N.D.	0,10	0,30	0,10	3,40	0,15
Pasulj mahuna	0,40	0,10	N.D.	0,40	2,03	0,15	N.D.	0,20	0,50	0,30	2,85	0,40
List vinove loze	2,30	0,30	4,90	0,40	3,20	0,45	10,30	0,40	3,40	0,40	6,90	0,45
Trava	5,00	0,15	7,5	0,60	3,80	0,40	5,70	0,90	6,03	0,43	3,5	1,00
Luk	3,40	0,15	6,00	0,40	0,50	0,25	7,70	0,20	4,35	0,15	4,50	0,20
Salata	0,60	N.D.	4,0	0,40	0,70	0,15	N.D.	0,10	4,25	0,08	2,95	0,35
Kukuruzovina	5,00	0,15	3,5	0,75	1,90	0,30	2,60	0,75	4,90	0,20	3,70	0,30
Paprika	0,45	0,10	3,8	0,30	1,00	0,10	3,10	0,40	1,00	0,10	2,60	0,30

ZAKLJUČAK

Sadržaji Pb, Cd, Hg i As u zemljištu površinskih kopova Drmno, Ćirikovac i Klenovnik su u granicama normalnih geochemijskih vrednosti, i znatno su manje od maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK) (Sl. glasnik SRS 11/90: za Cd i Hg do 2, za As do 25 i za Pb do 100 mg/kg).

Sadržaji olova, kadmijuma, žive i arsena u biljka, koje su rasle u zoni uticaja površinskih kopova: Drmno, Ćirikovac i Klenovnik, a koje se koriste za ljudsku i animalnu ishranu, su, takođe, manji od maksimalno dozvoljene koncentracije.

SUMMARY

CONTENT OF TOXIC ELEMENTS IN SOIL AND PLANTS WITHIN THE ZONES AFFECTED BY OPENCAST MINES AND COAL-FIRED POWER PLANTS OF KOSTOLAC

This paper presents the results obtained by analyzing the content of extremely toxic elements within the soil-plant system in zones affected by opencast mines Drmno, Ćirikovac and Klenovnik and by the coal-fired power plants Kostolac. The following toxic elements were investigated: lead (Pb), cadmium (Cd), mercury (Hg) and arsenic (As). The plants and soil were quarterly sampled (spring, summer, autumn and winter) in three occasions in order to establish the content of stated elements. Several samples of soil were taken in the specified zone of influence, and from the same spots samples of plants were taken according to the stage of growth and the content of Pb, Cd, Hg and As was analyzed respectively.

The results of these investigations indicate that the content of toxic elements in the soil-plant system do not exceed the highest permissible concentrations (HPC) (*The Official Gazette of the FRY, No. 11/90, The Official Gazette of FRY, No. 5/92 and The Official Gazette of SFRY, No. 2/90).

LITERATURA

- [1] Filipović, R. i Urošević, D.: Mogućnost primene deposola radi biološke rekultivacije na primeru PK Drmno. Rudarski glasnik br. 3-4, Beograd, 1996, str. 31-37.

[2] Urošević, D. i Filipović, R: Projekat ekološke zaštite radne i životne sredine u zoni nepovoljnog uticaja PK u cilju ublažavanja negativnog uticaja. Rudarski institut, Beograd, 1990.

[3] Jakovljević, M., Pantović, M.: Hemija zemljišta i voda. Naučna knjiga, Beograd, 1991.

[4] Leep, W. M.: Effect of heavy metal Pollution on Plants. Ed. Applied Science Publishers, London, 1981.

[5] Viets, G. H. and Lindsay, L. R.: Soil testing and Plant Analysis by leo Walsh, Soil science. Soc. of America Medeson, Wisconsin, 1973.

[6] Price, J. W: Spectrochemical Analysis by Atomic Absortion Ed. Heyden, London, 1979.

[7] Bolt, G. H. and Bruggenwert: Soil Chemistry Development in Soil Sciente, 5, Elsevier Science, Amsterdam, 1976.

[8] Urošević, D., Filipović, R.: Projekat tehničke i biološke rekultivacije unutrašnjeg odlagališta PK Drmno. Rudarski institut, Beograd, 1990.

[9] Jakovljević, M., Pantović, M., Blagojević, S.: Praktikum iz hemije zemljišta i voda. Poljoprivredni fakultet, Beograd, 1985.

[10] Filipović, R., Urošević, D., Simić, S.: Examination of toxic Elements in deposit from "Kolubara" Coal mines. Zemljište i biljke, Vol 42, No 3, Beograd, 1993, str. 197-205

[11] Stojanović, D., Vučković, M., Filipović, R., and Kostić, G.: Thermal Power Plant Polute the Environment with Mercury and Arsenic. Zemljište i biljka vol. 43, No 2, Beograd, 1994, str. 95-100

[12] Andriano, P. C.: Trace Elements in the Terrestrial Environment. Springer-Verlag New Jork Inc., USA, 1986.

AUTORI

dr Dragoljub Urošević, dipl. inž. rud.,
dr Radoslav Filipović, dipl. bio-hem.,
RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD

U radu je izvršeno razmatranje ekoloških efekata podvodnog otkopavanja, koje predstavlja tehnološku inovaciju eksplotacije lignita u Jugoslaviji. Na konkretnom primeru probnog kopa Kovin izvršena je procena uticaja na životnu sredinu i data su koncepcija rešenja zaštite životne sredine.

UVOD

Poslednjih nekoliko godina u aktivnom je radu probni kop podvodne eksplotacije lignita iz ležišta Kovin u severoistočnoj Srbiji (Banatu). To je tehnološka inovacija vredna pažnje ne samo sa tehnološkog, već i ekološkog aspekta, s obzirom na to da je u našoj zemlji razvijena površinska eksplotacija niskokaloričnih ugljeva. Poznate su štetne posledice u životnoj sredini prouzrokovane dosadašnjom površinskom eksplotacijom, pa se postavlja pitanje kakvi se ekološki efekti mogu očekivati, ukoliko se posle eksperimentalne faze nastavi sa primenom ove tehnologije otkopavanja.

Ležište lignita Kovin je istraženo krajem sedamdesetih godina (1978-1980). Utvrđene rezerve uglja iznose 222 miliona tona. Ugalj spada u niskokalorične ugljeve - lignite sa donjom toplotnom moći 7400 KJ/kg.

Specifičnosti ležišta Kovin (velika ovodnjenos, uticaj Dunava), kao i neki tehnološki parametri (manji odnos uglja i jalovine, veća prosečna debљina čistog uglja, rad u vodenoj sredini bez primene postupka isušivanja - odvodnjavanja ležišta, duže korišćenje zemljišta u prethodnoj nameni), uticale su da je tehnologija podvodnog otkopavanja usvojena kao povoljnija u poređenju s površinskom eksplotacijom [1].

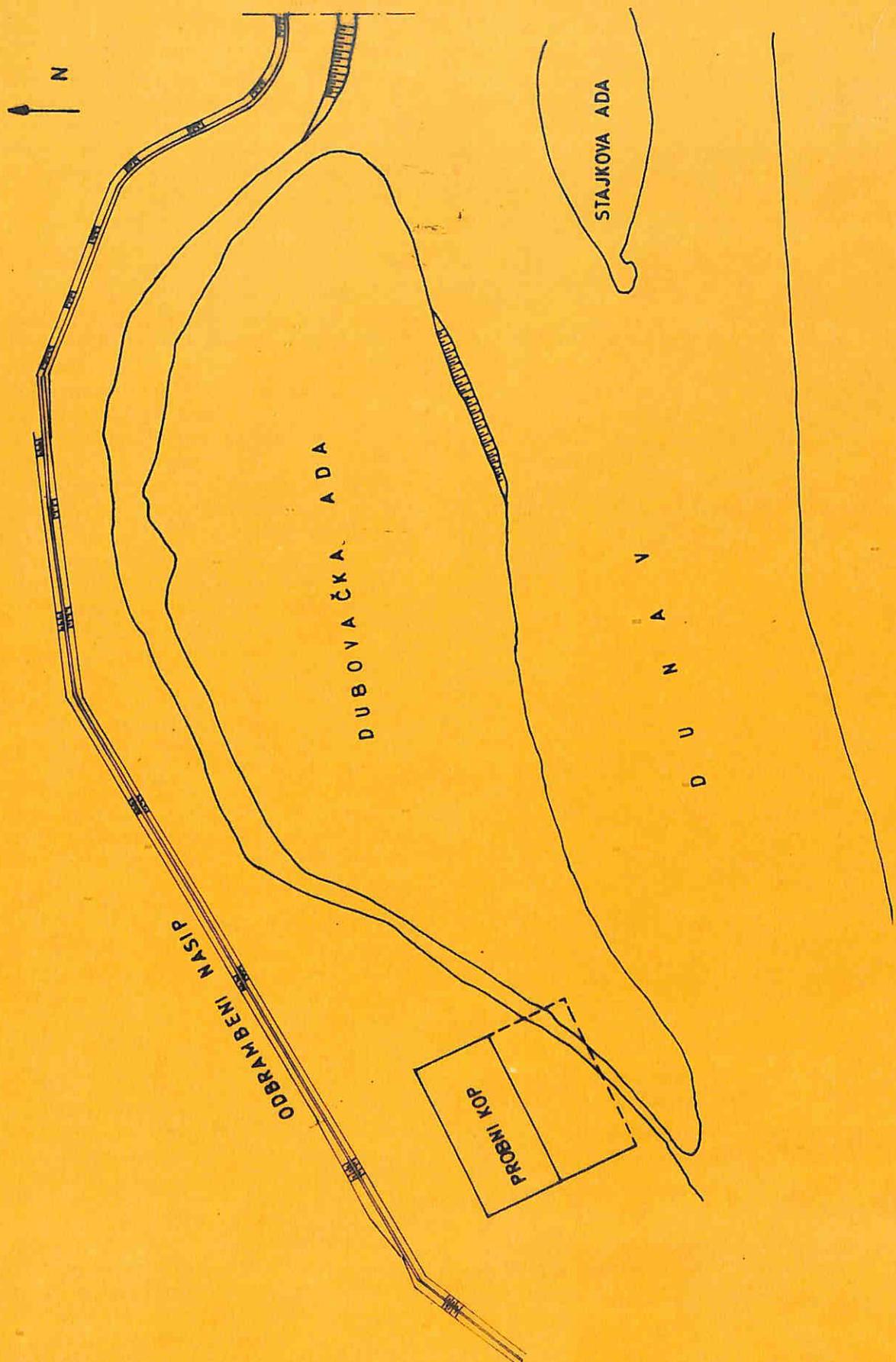
Pomenute prednosti nisu umanjile složenost u samoj primeni tehnološkog procesa, zbog čega je od strane investitora, Elektroprivrede Srbije, bilo predviđeno da se, pre donošenja konačne odluke o budućoj proizvodnji i otvaranju rudnika Kovin, izvrši verifikacija tehničko-tehnoloških i ekonomskih parametara na nivou industrijske probe, u realnim uslovima sa jednim bagerom. Plovni bager je tipa UCW, sa radnim (reznim) točkom i pripadajućom opremom. Proizvodač bagera je firma ORENSTEIN-KOPPEL iz Libeka u SR Nemačkoj.

Projektnom dokumentacijom je predviđeno da se probnim kopom otkopa 700.000 t uglja i 1.600.000 m³ jalovine (pesak + šljunak). Za taj nivo eksplotacije koriste se sledeći namenski objekti i oprema: plovni bager, hidraulički cevovodi, pontoni, predavatorija, plovni put i inicijalni usek, deponija uglja, deponija šljunka, deponija jalovine (pesak, glina), taložnica, industrijski krug, trafostanice TS 110/20 KV i TS 20/04 KV, dalekovod 110 KV u dužini 35 km, kontrolno-merni čamac, put selo Gaj-Industrijski krug. Zona otkopavanja određena je u konturi 450x215 m, s tim što je ostavljena mogućnost da se otkopavanje nastavi sa južne strane - slika 1 [2].

UDK: 504.06
stručni rad

PODVODNA EKSPLOATACIJA UGLJA I ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE

Vladimir Ivanović
Vaso Elezović
Obren Koprivica



slika 1 Situacija probnog kopa Kovin

Tokom rada na probnom otkopavanju u rudniku Kovin odlučeno je da se otpočne sa komercijalnom prodajom uglja i šljunka, što je zahtevalo izgradnju dodatnih objekata: privremeno opitno postrojenje za hidrauličko čišćenje i separaciju uglja, i pristanište sa postrojenjem za utovar šljunka i uglja u barže [3].

Perspektiva rudnika je zasnovana na komercijalnoj prodaji proizvoda sa godišnjom proizvodnjom 300.000 t čistog uglja i 300.000 t šljunka sa tendencijom porasta proizvodnje uglja na 500.000 t godišnje.

OSNOVNE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA I PROJEKTOVANE TEHNOLOGIJE OTKOPAVANJA

Područje rudnika Kovin bliže se određuje kao deo prostora na lokalitetima Bavaniški rit, u jugoistočnom delu opštine Kovin, na granici s opština Požarevac. Šire područje, obuhvaćeno urbanističkim planom, predstavlja nekadašnje aluvijalno priobalje Dunava, koje je izgradnjom nasipa zaštićeno od plavljenja i visokih podzemnih voda.

Morfologija terena u čijoj podini su utvrđene rezerve uglja je izrazito ravničarska, a nastala je kao rezultat sukcesivnog delovanja akumulacionih i denudacionih procesa.

U zoni odbrambenog nasipa - nebranjenom delu priobalja u Dubrovačkoj adi nastala su močvarna i neplodna zemljišta. Prema genezi i pedološkim svojstvima, ovo zemljište se svrstava u barsku, koja su sezonski izložena plavljenju. Na delu pretežno hidrofite vegetacije uočena je degradacija, odnosno izumiranje (sušenje) višegodišnjih vrsta. Producionna sposobnost ovih zemljišta je veoma mala. Moguća namena, koja odgovara postojećem stanju, je formiranje šumskih zasada na višim terenima Dubovačke ade i priobalju [5].

Ograničenje eksperimentalnog podvodnog kopa je pravougaonog oblika i zahvata mali deo ležišta polja A. Ugljunosna serija pripada gornjem pliočenu (pontu). Pokrivena je aluvijalnim i eolskim tvorevinama holecenske starosti. U ovom delu ležišta razvijena su dva ugljena sloja Ib i II, koji po svom sastavu odgovaraju lignitu. U zapadnom delu probnog kopa krovinu ugljenog sloja Ib čine peskoviti gornjeg ponta; u središnjem i istočnom delu kopa horizont peska erodovan je zajedno sa gornjim delom ugljenog sloja; preko zatalasane površine ugljenog sloja nataloženi su prvo krupozrni, a zatim srednjezrni kvartarni šljunkovi; moćnost krovinskih sedimenata se kreće od 11-30 m, a ugljenog sloja Ib 4,5-12,5 m. Ugljeni sloj II je, po pravilu, složeno gradien i sastoji se od dva ugljena banka između kojih se nalazi prašinasta glina ili glinoviti pesak; moćnost ovog sloja zajedno sa jalovim proslojcima varira od 2,1-7,6 m, a međuslojne jalovine od 4,4-11,4 m. Osnovni parametri koji određuju kvalitet uglja imaju vrednosti: vlaga (v) = 44,6-49,4%, pepeo (p) = 14,5-29,5%, donji topotni efekat (DTE) = 7448-7727 KJ/kg 3.

Za početak rada bagera i normalno funkcionisanje svih tehnoloških faza na probnom kopu urađeni su sledeći pripremni radovi: rasčišćavanje terena, izrada plovнog puta širine dna 20 m i dubine 3 m za transport bagera do zone probnog kopa, izrada inicijalnog useka u neposrednoj blizini konture probnog kopa gde je izvršena završna montaža bagera, postavljanje pontona i suvozemne trase sa cevovodima za hidraulički transport iskopa (jalovine i uglja) do deponija.

Pravac kretanja plovнog bagera pri otkopavanju sedimenata (severoistok-jugozapad) uslovjen je položajem plovнog puta i fiksnih tačaka sidrenja cevovoda i napojnog kabla. Sedimenti se otkopavaju pojedinačno radom u blokovima. Nakon otkopavanja jednog bloka bager se vraća unazad i otpočinje otkopavanje narednog bloka sa severoistočne strane. U direktnoj otkrivci pesak se otkopava u jednoj etaži, zatim se otkopavaju ostali sedimenti u više rezova i sa vertikalnim rezom u sloju [2].

Iskop sedimenata iz probnog kopa hidraulički se transportuje do odgovarajućih deponija, pomoću pumpi povezanih u seriji (2 pumpe), koje se nalaze na plovном bageru.

Primenjeni plovni bager klase A1.M1 - UP2 ima sledeće osnovne karakteristike: dužina preko palube 55 m, ukupna dužina 78 m, ukupna širina 15 m, visina boka 4 m, gaz 2,6 m, maksimalna dubina kopanja 45 m, kapacitet kopanja peska 2300 m³/h, kapacitet kopanja šljunka 1300 m³/h, kapacitet kopanja uglja 600 t/h, prečnik reznog točka 4,5 m, broj zuba na reznom točku 70, broj obrtaja reznog točka 6,7-13,5 o/min, snaga elektromotora reznog točka 750 kW.

PROCENA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU I KONCEPCIJSKA REŠENJA ZAŠTITE

U tehnološkom procesu otkopavanja i hidrauličkog transporta uglja i pratećih sedimenata ne stvaraju se bilo kakve vrste otpadnih materija, koje bi mogele da ugroze vazduh i zemljište u okolnom prostoru životne sredine.

Kompletan tehnološki proces odvija se u vodi i na vodi. Pri otkopavanju uglja dolazi do usitnjavanja i stvaranja sitne frakcije, koja formira disperznu fazu u vodenoj sredini u funkciji tehnoloških i prirodnih okolnosti (pozicija bagera, kontinuitet u radu bagera, vodostaj, aeracija i dr.). Do sada nije izračunata količina ovako formirane ugljene mase, koja bi pri višem vodostaju iz akvatorije probnog kopa mogla da izade u glavni tok Dunava. Ne isključuje se potencijalna opasnost od nastajanja ove pojave.

Rudarski radovi na prostoru probnog kopa (oko 10 ha) neminovno će prouzrokovati promene, pre svega u morfološkoj strukturi terena i hidrološkim uslovima. Podvodnim radom bagera na otkopavanju uglja i pratećih sedimenata stvorice se depresija dubine 36-45 m i sa nagibom završne kosine oko 30°.

U konturi probnog kopa radom bagera će biti presečeno pet osnovnih litoloških članova (pesak, šljunak, I ugljeni sloj, pesak, II ugljeni sloj), a zbog deficit stenske mase formiraće se prazan prostor zapremine oko 2.500.000 m³.

Posle završenog otkopavanja prostor probnog kopa nalaziće se pod vodom i, razumljivo, neće moći da se vrati u prvobitno stanje, ali će vremenom biti popunjena nanosom iz Dunava.

Prekopavanjem rukavca (plovног puta) između Dubovacke ade i leve obale Dunava stvoreni su uslovi da se otkopavanje odvija u zoni starih radova izolovanoj od glavnog toka Dunava i na taj način se sprečava iznošenje sitnih frakcija uglja iz akvatorije. Procenjuje se da bi u nekim situacijama kod visokog vodostaja 72,5 m moglo doći do iznošenja sitnog uglja u glavni tok Dunava i u tom slučaju predviđena je primena plivajuće zaštitne zavesa [4]. Zaštitna zavesa bi se postavila sa zapadne i južne strane probnog kopa na dužini oko 1000 m. Zaštitna zavesa se izrađuje od visokokvalitetne gumirane poliesterske tkanine. Potrebna dužina zavesa se postiže povezivanjem pojedinačnih elemenata dužine 10-40 m.

ZAKLJUČAK

Kod eksploatacije ležišta mineralnih sirovina postoje ekološka ograničenja, koja isključuju primenu alternativnih rešenja kod izbora lokacije i prirodnih karakteristika ležišta. Takođe, postoje ograničenja u primeni tehnološkog postupka eksploatacije s obzirom na to da u primarnoj proizvodnji, pri izvođenju rudarskih radova nastaje poremećaj prirodne konstalacije stenskog masiva i deficit stenske mase [6].

Primenjeni tehnološki proces podvodnog otkopavanja je u nešto manjoj zavisnosti od prethodno pomentih ograničenja. Ekološke pogodnosti se ispoljavaju u sledećem:

- ne remeti se režim podzemnih voda u odnosu na nulto stanje,
- posle izvođenja rudarskih radova neće se bitno izmeniti ambijent prirodne sredine na dатој lokaciji probnog kopa,
- otkopani prostor podvodnog kopa nalaziće se pod vodom i vremenom će se zapuniti prirodnim putem, najpre infiltracijom vode sa lebdećim nasipom, a zatim zasipavanjem nanosom iz Dunava,
- za odlaganje izvan prostora kopa ostaje relativno mala količina otpadnog materijala s obzirom na to da se deo jalovine (šljunak) koristi kao komercijalni proizvod,
- isključuje se izdvajanje čvrste disperzne faze u vazdušnu sredinu i zagadivanje životne sredine,
- litološke karakteristike ležišta i mineraloško-petrografska svojstva stenskog masiva pokazuju da suspendovane čvrste materije u vodi kao otpadni produkti tehnološkog procesa nemaju karakter hemijskih već inertnih (mehanickih) zagadivača.

U strategiji razvoja proizvodnje niskokaloričnih ugljeva u Jugoslaviji, naročito u kompleksu termoenergetskih kapaciteta, sve tehnico-ekonomske analize trebalo bi da uključe i relevantne ograničavajuće ekološke pokazatelje (emisije i imisije čvrstih i gasovitih polutanata, zemljište oštećeno eksploracionim radovima, promena režima podzemnih voda, karakter i obim sanacionih radova). Uzimajući to u obzir, primenjena tehnologija podvodnog otkopavanja ima određenih ekoloških prednosti u poređenju sa klasičnom metodom površinskog otkopavanja i, ukoliko se pokaže korelacija sa tehnološkim pokazateljima, onda je dalja primena ove tehnologije otkopavanja perspektivna.

SUMMARY

UNDERWATER COAL MINING AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

This paper analyzes the environmental impacts of underwater coal mining, which represents an innovation in the technology of lignite mining in Yugoslavia. The experimental coal mine Kovin was used as an example to demonstrate the assessment method of such impacts. Finally, some conceptual solutions for environmental protection were suggested.

LITERATURA

- [1] Makar, M. i dr.: Osnovna koncepcija u Glavnom projektu rudnika Kovin (eksperimentalni kop). Rudarski institut Beograd, 1990.
- [2] Makar, M. i dr.: Tehnički projekat eksploatacije otkrivke i uglja u Glavnom projektu rudnika Kovin (eksperimentalni kop). Rudarski institut Beograd, 1991.
- [3] Matko, Z. i dr.: Elaborat o tehnico-ekonomskoj opravdanosti proizvodnje uglja i šljunka na ležištu Kovin - I faza, Rudarski institut Beograd, 1996.
- [4] Urošević, D. i dr.: Tehnički projekat zaštite u Glavnom projektu rudnika Kovin (eksperimentalni kop). Rudarski institut Beograd, 1991.
- [5] Ivanović, V.: Analiza uticaja rudnika uglja Kovin na životnu sredinu. Rudarski institut Beograd, 1994.
- [6] Ivanović, V.: Ekološka ograničenja za povećanje proizvodnje na površinskim kopovima lignita. Savetovanje Rudarstvo i zaštita životne sredine, Rudarsko-geološki fakultet Beograd, Centar za zaštitu životne sredine, 1996.

AUTORI

mr Vladimir Ivanović, dipl. inž. rud.,

mr Vaso Elezović, dipl. inž. rud.,

Obren Koprivica, dipl. inž. rud.,

RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD

U radu je prikazana primena Šmertmanove metode (Schmertmann, 1970), za analizu sleganja tla pod opterećenjem formiranog nasipa na peskovitom tlu. Metoda se zasniva na korelaciji statičke penetracije i parametra deformabilnosti, koji prouzrokuju sleganje temelja. Osnov ove metode je da se najveće vertikalne deformacije javljuju, uglavnom, na dubini polovine širine temelja. Na osnovu Šmertmanovog dijagrama određuje se uticajni faktor vertikalnih funkcija.

UVOD

U inženjerskoj praksi postoje mnogobrojne metode koje se zasnivaju na teoriji elastičnosti, a koriste se za proračun veličine sleganja plitkih temelja fundiranih na nekoherentnom materijalu. Šmertman je predložio brzu i jednostavnu metodu koja povezuje otpor konusa statičkog penetrometra i modulu elastičnosti tla. Kako je sleganje temelja posledica deformacije tla, parametar deformabilnosti se može vrlo lako odrediti iz statičke penetracije, kao jedna od metoda za terensku ocenu kompresibilnosti tla. Primena penetracionog opita [2] je pogodna za tla neravnomerne otpornosti, kao i nemogućnosti dobijanja neporemećenih uzoraka za laboratorijske geomehaničke opite.

PESKOVITO TLO

Identifikaciono-klasifikacionim opitima omogućava se klasifikacija tla u grupe koje imaju slične geotehničke osobine. Po Unificiranoj klasifikaciji tla (1952) [2], poznatoj kao USC klasifikacija - Unified Soil Classification - peskovita tla pripadaju krupnozrnom tlu - tabela 1.

Pesak sadrži više od 50% zrna većih od 0.075 mm ili 0.06 mm, dok je veličina zrna u intervalu od 2 do 0.06 mm. Krupnozrno tlo se klasificuje na osnovu oblika granulometrijske krive izražene preko koeficijenta uniformnosti (što predstavlja stepen granulisanosti) i koeficijenta zakrivljenosti (bliže definisanje granulisanosti) [1].

Pod opterećenjem temelja, usled relativno velike propustljivosti, voda iz tla se brzo istiskuje i sleganje se relativno brzo odvija, najvećim delom u toku fundiranja. Zbijenost peskovitog tla, takođe, utiče na veličinu sleganja: što je stepen zbijenosti veći, podloga je manje deformabilna. Dosadašnji istražni radovi pokazali su da je pri izboru dubine fundiranja i izboru temeljnih konstrukcija najpogodnije peskovito tlo.

ANALIZA SLEGANJA

Ukupno sleganje sastoji se iz trenutnog, konsolidacionog i sekundarnog sleganja. Konsolidaciono sleganje u pesku odvija se praktično istovremeno sa

UDK: 622.838
stručni rad

PRIMENA SCHMERTMANN METODE PRI ANALIZI SLEGANJA

Jelena Ivanšić
Milan Stanković
Božidar Grubačević

tabela 1 Unificirana klasifikacija tla - USC klasifikacija

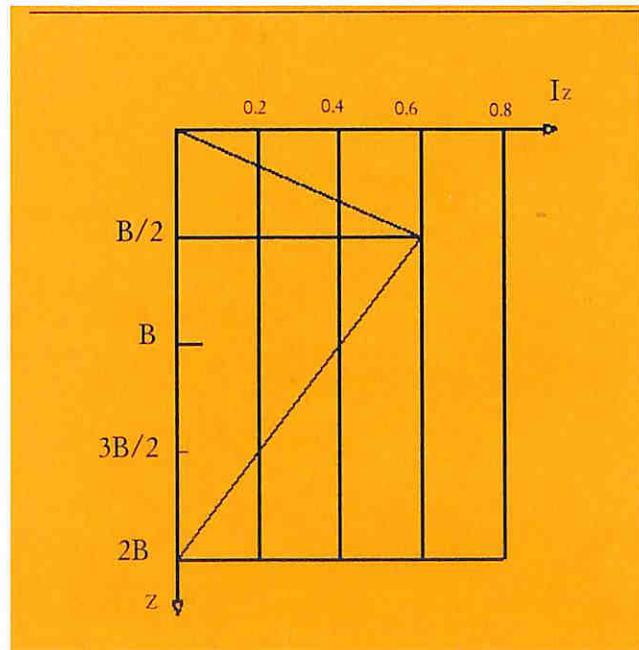
	GLAVNA PODELA		TIPIČNI NAZIVI	GRUPNI SIMBOL	KRITERIJUMI KLASIFIKACIJE
KRUPNOZRNA TLA (sadrže više od 50 % materijala krupnijeg od 0,074 mm, (sito No 200)	PESAK više od pola krupnih frakcija je sitnije od 4,8 mm, (sito No 4)	ŠLJUNAK više od pola krupnih frakcija je krupnije od 4,8 mm, (sito No 4)	-Dobro granuliran šljunak, mešavina šljunka i peska, bez ili sa malo sitnih frakcija (veziva) -Slabo granuliran šljunak, mešavina šljunka i peska, bez ili sa malo sitnih frakcija (veziva)	GW	Cu = $D_{60} / D_{10} > 4$ Cc = D^2_{30} / D_{10} D_{60} Cc između 1 i 3 Ne ispunjava sve uslove granulacije za GW
	Pesak sa primesama sitnih frakcija (znatna kol. veziva)	Čist pesak (bez ili sa malo veziva)	Šljunak sa primesama sitnih frakcija (znatna kol. veziva)	GP	Atterbergove granice ispod A linije ili $Ip < 4$ Atterbergove granice iznad A linije ili $Ip > 7$ Iznad A linije sa Ip između 4 i 7 su granični slučajevi koji iziskuju primenu dvojnih oznaka
			-Prašinast šljunak, mešavina šljunka, peska i prašine -Glinovit šljunak, mešavina šljunka, peska i prašine	GM	
			-Dobro granuliran pesak, šljunkovit pesak, bez ili sa malo sitnih frakcija (veziva) -Slabo granuliran pesak, šljunkovit pesak, bez ili sa malo sitnih frakcija (veziva)	GC	
			-Prašinast pesak, mešavina peska i prašine -Glinovit pesak, mešavina peska i gline	SW	Cu = $D_{60} / D_{10} < 6$ Cc = D^2_{30} / D_{10} D_{60} Cc između 1 i 3 Ne ispunjava sve uslove granulacije za SW
				SP	Atterbergove granice ispod A linije ili $Ip < 4$ Atterbergove granice iznad A linije ili $Ip > 7$ Iznad A linije sa Ip između 4 i 7 su granični slučajevi koji iziskuju primenu dvojnih oznaka
				SM	
				SC	

trenutnim sleganjem još u toku nanošenja opterećenja, i to bez vremenskog zastoja.

Sekundarna kompresija predstavlja komponentu puzanja i ima uticaja kod konsolidovanog peska [1]. U dатој metodi za proračun sleganja analizira se i uticaj sekundarnog sleganja.

Šmertmanova metoda sleganja plitkih temelja fundiranih na pesku, zasniva se na analizi raspodele deformacija ispod temelja bez obzira na njihov oblik, a najveća vertikalna deformacija javlja se približno na dubini polovine širine temelja [4].

Na slici 1 prikazan je dijagram zavisnosti uticajnog faktora vertikalnih deformacija i dubine ispod temelja, zbog svog oblika, funkcija I_z se naziva "2B-06". Ovakva raspodela vertikalnih deformacija zasniva se na pretpostavci da su deformacije na dubini većoj od dvostruke širine temelja zanemarljivo male.



slika 1 Dijagram "2B-06"

KORELACIJA OTPORA KONUSA I MODULA ELASTIČNOSTI

Analiza sleganja temelja po metodi Šmertmana bazira se na zavisnosti dvostrukе vrednosti otpora konusa statičkog penetrometra i modula elastičnosti (1) [3] za svaku karakterističnu tačku u analiziranom sloju peska.

$$E = 2 \cdot q_c, \quad (1)$$

gde je:

E - modul elastičnosti

q_c - otpor konusa.

U našoj literaturi [2] ovaj otpor konusa često se obeležava kao c_{kd} . Očitavanje se vrši tako što se otpor konusa meri na svakih 25 cm, a ukupni otpor na 1m. Izmerene vrednosti se prikazuju u vidu grafika.

Vertikalna deformacija u tački na vertikali kroz centar temeljne stope zavisi od dopunskog opterećenja od temelja.

$$\varepsilon_z = \frac{\Delta p}{E} \cdot I_z, \quad (2)$$

gde je:

ε_z - vertikalna deformacija,

Δp - dopunsko opterećenje od temelja,

I_z - uticajni faktor vertikalnih funkcija i

E - modul elastičnosti.

Po ovoj metodi pri određivanju ukupne veličine sleganja uzet je i uticaj sekundarne kompresije, uvođenjem uticajnih faktora.

Faktor dubine prostiranja opterećenja, obeležen kao C_1 , izražen je u sledećem obliku:

$$C_1 = 1 - 0.5 \cdot \left[\frac{\gamma \cdot D_f}{\Delta p} \right]. \quad (3)$$

Po teoriji elastičnosti ovaj faktor nije manji od 0.5.

Faktor puzanja tla, obeležen kao C_2 , izražen je u sledećem obliku:

$$C_2 = 1 + 0.2 \log \frac{vreme}{0.1}. \quad (4)$$

Maksimalna veličina sleganja plitkih temelja ispod centrične tačke na peskovitom tlu glasi [3] [4]:

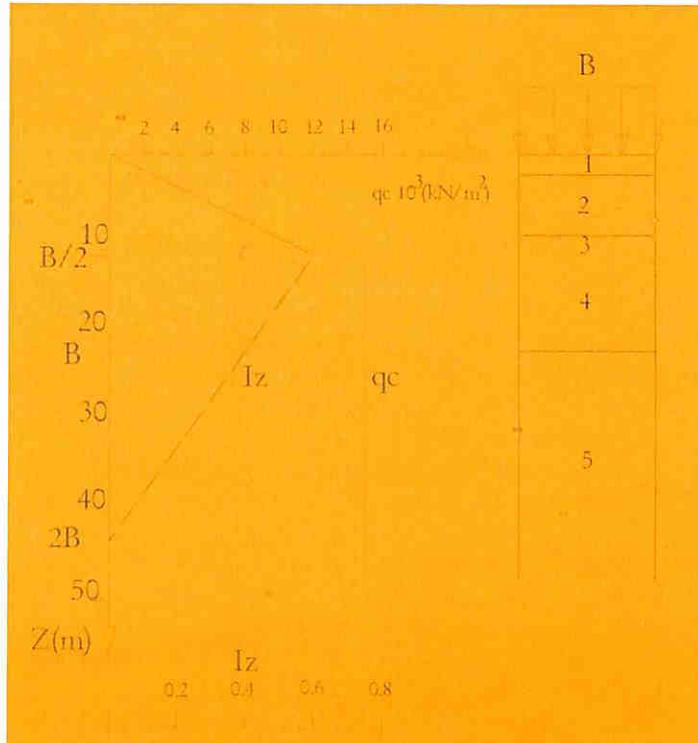
$$\delta = C_1 \cdot C_2 \cdot \Delta p \sum_0^{2B} \frac{Iz}{E} \cdot \Delta z_i \quad (5)$$

gde je:

Δz_i - debljina sloja.

PRIMER

Prema podacima uzetim iz [5] urađena je analiza proračuna sleganja terena pod opterećenjem formiranog nasipa na peskovitom tlu na lokaciji T.E. Kovin u Kovinu - slika 2, a rezultati proračuna dati su u tabelama 2 i 3. Nasip bi predstavljao podlogu budućih temelja, a kako je metoda karakteristična za fundiranje temelja na peskovitom tlu, njenom primenom će se iskoristiti svi podaci koji bi se dobili već na terenu. Upoređujući dobijene rezultate po metodi Gray, primjenjenoj u [5] i metodi Šmertmana - tabela 2 i 3, izračunate veličine sleganja se razlikuju za oko 50 %, što je potvrđeno i terenskim merenjima. Upoređujući je i sa drugim metodama u istim uslovima, rezultati koji se dobijaju su dvostruko manji i merodavniji.



slika 2 Dijagram sleganja

tabela 2 Rezultati proračuna po metodi Šmertmana

sloj	Δz (m)	q_c (kN/m ²)	$E = 2q_c$ (kN/m ²)	I_z	$(I_z/E) \Delta z$
1 humus	1,50	1166	2333	0,05	$3,2147 \cdot 10^{-5}$
2 pesak	6,50	2000	4000	0,27	$4,3875 \cdot 10^{-4}$
3 pesak	2,00	3333	6666	0,51	$1,5301 \cdot 10^{-4}$
4 pesak	12,00	15000	30000	0,50	$2,0000 \cdot 10^{-4}$
5 pesak	20,00	15000	30000	0,19	$1,2666 \cdot 10^{-4}$
					$\Sigma 9,5058 \cdot 10^{-4}$

tabela 3 Rezultati sleganja po metodi Šmertmana

vreme (god.)	C_1	C_2	Δp (kN/m ²)	δ (cm)
/	1	1	200	19,01156
1	1	1,2	200	22,81387
2	1	1,26	200	23,95456
5	1	1,34	200	25,47549
10	1	1,4	200	26,61618

ZAKLJUČAK

Primena penetracionog opita je pogodna za tla neravnomerne otpornosti, kao i nemogućnosti dobijanja neporemećenih uzoraka za laboratorijsko ispitivanje. Praktičnu, brzu i jednostavnu metodu za izračunavanje sleganja plitkih temelja, fundiranih na pesku dao je Šmertman. Primena ove metode praktična je za sve oblike i širine kako temeljnih stopa tako i nasipa. Uspostavljanjem empirijske zavisnosti između modula elastičnosti i otpora konusa statičkog penetrometra (1), analizirajući uticaj sekundarne kompresije uvođenjem uticajnih faktora (3), (4), korišćenjem dijagrama "2B - 06"- slika 1, dobija se

izraz za izračunavanje maksimalnog sleganja plitkih temelja ispod centrične tačke na peskovitom tlu (5).

Po prikazanoj metodi vertikalna deformacija u tački na vertikali kroz centar temeljne stope zavisi od dopunskog opterećenja od temelja, i najveća vertikalna deformacija pojavljuje se približno na dužini $B/2$ - slika 1.

Ukoliko je korišćen dinamički penetrometar, može se uspostaviti korelacija između dobijenih vrednosti u zavisnosti od granulacije peskovitog tla - tabela 4 [3].

tabela 4 Zavisnost statičkog otpora konusa q_c i broja udara N dinamičkog penetrometra po Šmertmanu (Schmertmann, 1970)

Vrsta tla	q_c/N
mulj, peskoviti mulj, neznatno mala kohezija mešavine mulja i peska	2
čist pesak, srednjezrn, malo muljevit pesak	3 - 4
grubozrn pesak i pesak sa malo šljunka	5 - 6
peskoviti šljunak i šljunak	8 - 10

SUMMARY

APPLICATION METHOD OF SCHMERTMANN, 1970 IN SETTLEMENTS ANALYSIS

This paper analyzes the application of Schmertmann's method, which is used to determine the subsidence of soil under the load of earthworks on sandy soils. This method is based on the correlation between static cone bearing capacity and displacement parameters, which are the cause of the subsidence of foundations.

Besides, this method proceeds from the assumption that the extreme vertical or downward displacement, generally, occurs at the depth that represents half of the foundation width. Therefore, on the basis of Schmertmann's diagram "2B-06" it is possible to determine the displacement influence factor.

LITERATURA

- [1] Maksimović, M.: Mehanika tla. Grosknjiga, d.o.o., Beograd, 1995, str. 14, 336
- [2] Obradović, R., Najdanović, N.: Mehanika tla u inženjerskoj praksi. Rudarski institut, Beograd, 1999, str. 92, 101, 247
- [3] Sanglerat, G.: The Penetrometer and soil exploration. Elsevier, New York, 1972, str. 267, 399 - 405
- [4] Simons, N., Menzies, B., K.: A Short Course in Foundation Engineering. IPC Science and Technology Press, Richmond, Surrey, 1975, str. 88 - 89
- [5] Elaborat o geotehničkim istraživanjima za glavni pogonski objekat i elektroliznu stanicu T.E. Kovin. knjiga I i II - Institut za ispitivanje materijala SR Srbije - Beograd, 1983.

AUTORI

Jelena Ivanšić, dipl. inž. geol.,
Milan Stanković, dipl. inž. geol.,
Božidar Grubačević, dipl. inž. geol.,
RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD

MST
VOLUME 3, 1998, No 1-4

**MINING SCIENCE AND
TECHNOLOGY**

IZVODI IZ ČASOPISA MS&T, VOLUME 3, 1998.

RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD
MINING INSTITUTE BELGRADE

Opisana je metodologija formiranja hidrodinamičkog modela složene izdani u okviru ležišta uglja kostolačkog ugljenog basena, površinskog kopa Drmno, kao osnove za dalja projektovanja, usavršavanja i optimizaciju sistema za zaštitu površinskog kopa od voda.

UVOD

Sedimenti površinskog kopa Drmno predstavljaju složenu hidrogeološku celinu. Eksploracija lignita za snabdevanje TE Drmno vrši se u zavodnjenoj sredini. Koeficijent ovodnjenosti povlatnih sedimenta ugljenog sloja u investicionom periodu je iznosio $4.5 \text{ m}^3/\text{t}$, sa tendencijom povećanja tokom vremena do $8 \text{ m}^3/\text{t}$.

Rudarski institut Beograd, kao projektant odvodnjavanja površinskog kopa Drmno do 2004. godine, i Rudarsko-geološki fakultet Beograd, Katedra za hidrogeologiju, izradili su hidrodinamički model podzemnih voda ovog ugljenog ležišta.

KONCEPCIJA I KARAKTERISTIKE MODELA

Za izbor koncepcije hidrodinamičkog modela površinskog kopa Drmno od odlučujućeg značaja su bili prirodni činioci: tip i karakteristike zastupljenih litoloških članova, izražena slojevitost, rasprostranjenje vodonosnih i izolatorskih slojeva, filtracione karakteristike porozne sredine, uslovi, mehanizam i režim strujanja podzemnih voda.

Realna geometrija šematisovanih slojeva je simulirana u skladu sa njihovim realnim rasprostranjenjem, kako u planu, tako i u profilu. Posebnu karakteristiku površinskog kopa Drmno daje sama priroda njegove egzistencije: tokom vremena on se stalno menja, strujno polje prestaje da egzistira na delu terena gde je izvršen iskop jalovine i samog uglja.

Analiza na kraju procesa etaloniranja pokazala je da sama unutrašnja kontura iskopa i bunari drenažnog sistema predstavljaju konturu i objekte preko kojih se dreniraju sve podzemne vode koje u njega dotiču. Rezultati proračuna su grafički interpretirani i prikazani na slici 1.

Nakon etaloniranja modela u nestacionarnim uslovima strujanja, izvršen je izbor varijanti prognoznih proračuna koji se poklapa sa koncepcijom razvoja rudarskih radova. Prema koncepciji rudarskog iskopa jalovine u povlati trećeg ugljenog sloja, front napredovanja je usmeren ka severoistoku, duž pliščeg dela basena.

Za pouzdanost sprovedenih prognoznih proračuna neophodno je da bude ispunjeno nekoliko uslova:

- da realno stanje na terenu u pogledu realizacije napredovanja i odvodnjavanja površinskog kopa bude u skladu sa usvojenim pretpostavkama projekta,

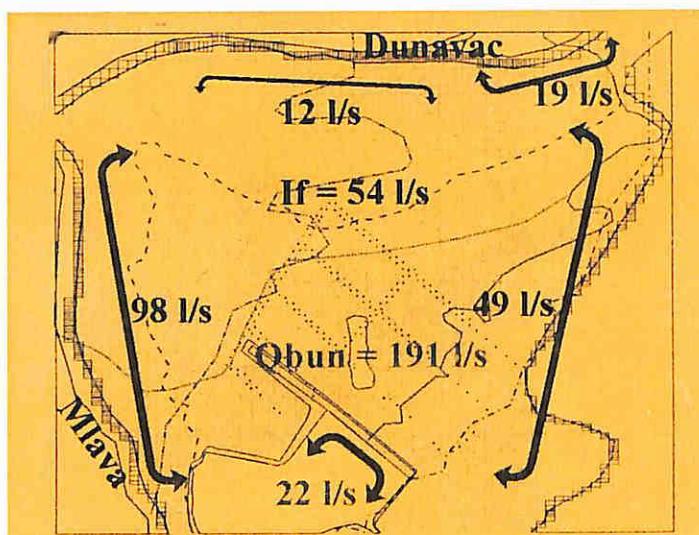
UDK: 622.841:622.015
naučni rad

SIMULACIJA REŽIMA PODZEMNIH VODA IZRADOM HIDRODINAMIČKOG MODELA POVRŠINSKOG KOPA DRMNO, KOSTOLAČKOG UGLJENOG BASENA

SIMULATION OF GROUNDWATER REGIME BY DEVELOPING A HYDRODYNAMIC MODEL OF THE OPENCAST MINE DRMNO IN KOSTOLAC COAL BASIN

Milenko Pušić
Dušan Polomčić
Slobodan Radonić
Zoran Popović

- da se periodično vrši verifikacija matematičkog modela, što se jedino može kvalitetno uraditi ukoliko se sprovede jasno definisan monitoring neophodnih elemenata režima podzemnih voda područja,
- da se izvrši testiranje svih bunara drenažnog sistema, u cilju dobijanja njihovih hidrauličkih parametara, sa gledišta ostvarenih depresija. Ovo je potrebno i zbog verifikacije postojeće metode njihove izrade. Posebno je interesantna ideja ugradnje pakovanih filtera u bunare, koju bi trebalo, takodje, verifikovati kroz njihovo periodično testiranje.



slika 1 Šematski prikaz elemenata bilansa podzemnih voda hidrodinamičkog modela površinskog kopa Drmno

voda u njegovoj užoj zoni. Posledice interferencije ova dva uticaja u budućnosti je apsolutno nemoguće predvideti bez odgovarajuće hidrodinamičke analize na matematičkom modelu.

Iz tog razloga, dosadašnja praksa planiranja, izvodjenja i održavanja sistema za odvodnjavanje, kao i sam tretman problematike odvodnjavanja se moraju suštinski promeniti. Krajnji cilj uvodjenja kvalitetnog monitoring režima podzemnih voda na području i uvođenje metode matematičkog modeliranja podzemnih voda u praksi interpretacije podataka i sprovođenja prognoze, jeste optimizacija rada celog sistema i racionalizacija troškova proizvodnje uglja. Rezultati ovakvog pristupa svakako nisu zane-marljivi.

ZAKLJUČAK

Prikazan je način formiranja i koncepcija hidrodinamičkog modela odvodnjavanja površinskog kopa Drmno. Promena koncepcije otkopavanja, zahvatanjem pličih delova kopa, bitno je izmenila vrednosti koeficijenata vodoobilnosti ležišta sa prognoziranim KV=4.5-8 m³/t, na KV=0.5-2 m³/t iskopanog uglja. Detaljnija hidrodinamička analiza pojedinačnih bunara biće sprovedena, kada se obrađe podaci o njihovim hidrauličkim karakteristikama, što predstavlja sledeći korak u usavršavanju modela. Smanjenjem dubine otkopavanja smanjuje se i koeficijent vodoobilnosti, čime je površinski kop Drmno dobio karakter kopova male zavodjenosti, što se bitno razlikuje od peiroda otvaranja i eksploracije do obilaska sela Drmno.

Daljim razvojem eksploracije zahvataće se dublji delovi ležišta, uz istovremeno približavanje Dunavcu i samom Dunavu. Realno je očekivati znatno povećanje priliva podzemnih voda u kop. Međutim, sa druge strane, dosadašnji rad na eksploraciji uglja je imao za posledicu i ocedjivanje podzemnih

Utvrdjivanje isplativosti eksploatacije polimetalične rude u geološkom bloku je vrlo čest slučaj pri istraživačkim, projektantskim ili praktičnim aktivnostima. U ovom radu se daje kratak prikaz nekih elemenata koji čine metodologiju utvrđivanja isplativosti eksploatacije uzimajući u obzir sadržaj svih isplativih metala u geološkom bloku, osiromašenja kod otkopavanja, iskorišćenja pri flotiranju i metalurškom procesu, troškova otkopavanja i pripreme (flotiranja), troškova metalurškog procesa i cene komercijalnih metala na tržištu.

UVOD

Isplativost eksploatacije je rezultanta medjusobne zavisnosti velikog broja parametara koji karakterišu rudno ležište (blok, horizont, revir). U postupku osvajanja metodologije vrednovanja isplativosti razmatran je veliki broj uticajnih parametara i došlo se do izraza koji definiše odnose vrednosti komercijalnih proizvoda koji se mogu dobiti iz rude i troškova otkopavanja i pripreme, a preko tih veličina se utvrđuje maksimalno moguće osiromašenje rude pri otkopavanju, odnosno minimalni srednji sadržaj svakog metala u rovnoj rudi.

METODOLOGIJA UTVRDJIVANJA ISPLATIVOSTI

Za utvrđivanje isplativosti eksploatacije polimetalične rude u nekom geološkom bloku uzeti su u obzir i analizirani sledeći parametri:

$S_1, S_2 \dots S_n$ - srednji sadržaji komercijalno isplativih metala u geološkom bloku,

$S_1, S_2 \dots S_n$ - srednji sadržaji komercijalno isplativih metala u rovnoj rudi,

$(1 - \frac{S'}{S}) = O_s$ - osiromašenje rude pri otkopavanju,

$I_{F-M_1}, I_{F-M_2}, \dots I_{F-M_n}$ - iskorišćenje metala ($M_1, M_2 \dots M_n$) u procesu PMS,

$I_{M-M_1}, I_{M-M_2}, \dots I_{M-M_n}$ - iskorišćenje metala ($M_1, M_2 \dots M_n$) u metalurškom procesu,

$C_{T-M_1}, C_{T-M_2} \dots C_{T-M_n}$ - tržišne cene metala ($M_1, M_2 \dots M_n$),

$k_{M_1}, k_{M_2} \dots k_{M_n}$ - koeficijenti korekcije tržišnih cena metala (obuhvataju troškove metalurškog procesa, transporta koncentrata, gubitaka, penala i sl.) i

C_{OT+PMS} - troškovi otkopavanja i pripreme (PMS) izraženi po 1 t rovne rude.

- Iskorišćenje metala ($M_1, M_2 \dots M_n$) u metalurškom procesu zavisi od tipa tog postrojenja i zavisi od sadržaja količine metala u koncentratu.

UDK: 622.016:622.013
naučni rad

METODOLOGIJA UTVRDJIVANJA ISPLATIVOSTI EKSPLOATACIJE POLIMETALIČNIH RUDA KAO FUNKCIJE TEHNOLOŠKIH I TRŽIŠNIH PARAMETARA

THE PAYBACK OF POLYMETALLIC ORE MINING A FUNCTION OF TECHNOLOGICAL AND MARKET PARAMETERS

Ljubomir Spasojević
Dušan Crnobrnić

- Troškovi metaluške prerade; transporta koncentrata, gubitaka koncentrata u transportu, zatim, penali ili bonifikacije.

Za utvrđivanje isplativosti eksploatacije u konačnom obliku je određeno koje je to maksimalno dozvoljeno osiromašenje rude (O_s) pri otkopavanju geološkog bloka i sadržaja metala $S_1, S_2 \dots S_n$, a u funkciji navedenih parametara:

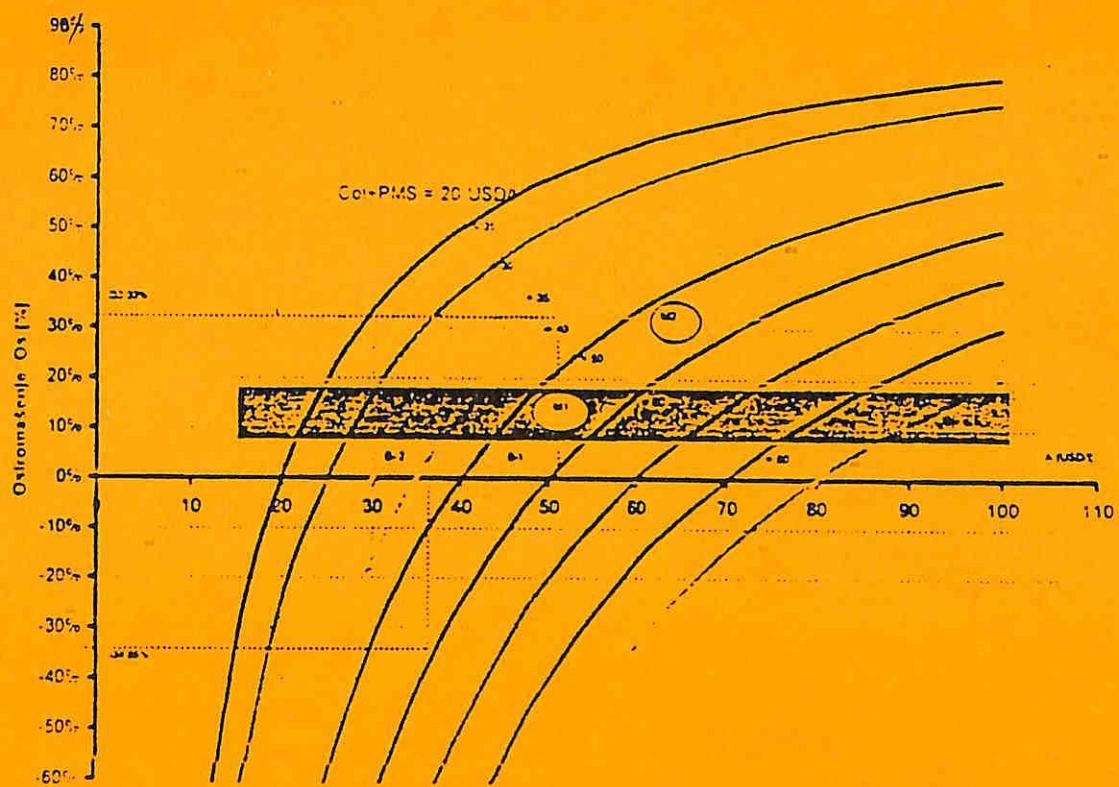
$$O_s \leq 1 - \frac{C_{OT+PMS}}{(S_1 x I_{F-M1} x I_{M-M1})x(1-k_{M1})x C_{T-M1} + (S_2 x I_{F-M2} x I_{M-M2})x(1-k_{M2})x C_{T-M2} + \dots + (S_n x I_{F-Mn} x I_{M-Mn})x(1-k_{Mn})x C_{T-Mn}} \quad (1)$$

Iz maksimalno dozvoljenog osiromašenja O_s mogu se lako izračunati minimalni srednji sadržaji svakog materijala $S_1, S_2 \dots S_n$, koji obezbeđuju isplativost eksploatacije. Treba samo da se napomenе da u cenu otkopavanja i PMS treba uključiti i očekivani profit.

PRIMER KORIŠĆENJA METODOLOGIJE

Na slici 1 je grafički prikazana medjuzavisnost vrednosti plativih metala u rudnom bloku (A) i osiromašenja pri otkopavanju (O_s), za više različitih troškova otkopavanja i pripreme rude (C_{OT+PMS}).

(C_{OT+PMS}).



slika 1 Maksimalno dozvoljeno osiromašenje kao funkcija vrednosti plativih metala u rudnom bloku i troškova otkopavanja i pripreme rude

ZAKLJUČAK

Metodologija pruža mogućnosti da se primenom bilo kog tehničkog, tehnološkog ili tržišnog parametra relativno brzo utvrdi njihov uticaj na isplativost

otkopavanja. Posebnom analizom uticaja svakog parametra može se utvrditi red važnosti i značaj parametara, kojima se mora posvećivati veća kontrola u procesu otkopavanja, pripreme rude ili poslovanja, uopšte.

Preduzeće Želba, a.s. Spišská Nová Ves (istočna Slovačka), je u fazi otvaranja ležišta gipsa na lokalitetu Markušovce - Šafárka u cilju zamene iscrpljenih rezervi barita u rudniku Rudnany. U saradnji sa TU BERG fakultetom iz Košice definisano je eksploraciono područje i izrađene su studije na osnovu kojih bi se utvrđile mogućnosti eksploracije, fizička i mehanička svojstva stena i tla i ustanovila stabilnost površinskog kopa i odlagališta. Pomenute studije obuhvataju geološka istraživanja, određivanje dubine i pravac pružanja ležišta, konfiguraciju terena i raspoloživu opremu. Na osnovu pomenutih studija određeni su parametri površinskog kopa i odlagališta sa aspekta njihovih geometrijskih parametara (uglovi, visina svake etaže i kosine). Pomenute studije omogućile su, takođe, i određivanje osnovnih tehničkih i tehnoloških parametara na osnovu kojih je moguće definisati metod površinske eksploracije.

PODACI O LEŽIŠTU

Deo ležišta koji je pogodan za površinsku eksploraciju obuhvata dva eksplorabilna geološka bloka: blok 1 i blok 2 koji sadrže rezerve Z-2 kategorije. Sloj gips-anhidrit-evaporita, koji je eksplorabilan površinskim otkopavanjem nalazi se na dubini od 15 do 20 m. Moćnost ovog sloja kreće se od 10 do 20 m (prosečna moćnost oko 11 m). Ukupne rezerve gipsa iznose 28.698,2 kt a rezerve anhidrita dostižu 163.121,6 kt.

PRORAČUN STABILNOSTI KOSINA

Proračun stabilnosti kosina na površinskom kopu i na odlagalištu vršen je pomoću programa PETERSON [3]. Za proračun korišćeni su rezultati ispitivanja fizičkih i mehaničkih svojstava stena u ležištu, u otkrivci, kao i na odlagalištu.

Stabilnost kosina na površinskom kopu

Nakon procene ukupnih tehnoloških i operativnih mogućnosti predloženo je da se otkrivka skida radom u jednoj etaži. Nagib jalovinske etaže određen je na osnovu sigurnosnog faktora koji je propisan važećim slovačkim standardima (SMA). Za rad na otkrivci predloženi su buldozeri. Parametri jalovinske etaže su:

- nagib: 26°
- sigurnosni faktor: 1.341.

Uzimajući u obzir geološke osobine ležišta, fizička i mehanička svojstva stena, usvojeni metod eksploracije i parametre raspoložive opreme, predlažu se sledeći parametri radnih etaža:

- maksimalna visina: 15 m,
- maksimalna širina: 20 m i
- nagib: 65°.

MOGUĆNOSTI OTVARANJA I EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA GIPSA MARKUŠOVCE - ŠAFARKA U SLOVAČKOJ POSSIBILITIES OF OPENING AND MINING THE GYPSUM DEPOSIT MARKUŠOVCE - ŠAFARKA SLOVAKIA

Michal Maras
Michal Cehlar

Stabilnost kosina na odlagalištu

Kao što je napomenuto, za proračun stabilnosti kosina na odlagalištu korišćen je program PETERSON. Fizička i mehanička svojstva materijala na odlagalištu određena su kao matematička sredina tri osnovne petrografske grupe koje su sastavni deo otkrivke.

Određivanje parametara kliznog kruga odlagališta izvršeno je u skladu sa postojećim standardima i dobijene su sledeće vrednosti:

- maksimalna visina: 15 m,
- širina planuma: 34 m i
- sigurnosni faktor: 1.107.

Uzimajući u obzir dimenzije pojedinačnih kluznih krugova u okviru odlagališta, predloženi metod odlaganja i opremu, zatim, fizička i mehanička svojstva odloženog materijala, dobijeni su parametri završne kosine odlagališta:

- završna kosina: 21°,
- sigurnosni faktor: 1.159.

PROCENA MOGUĆNOSTI EKSPLOATACIJE

Na osnovu istražnih bušotina određeno je eksplataciono područje koje obuhvata dva eksplatabilna bloka: blok br. 1 i blok br. 2, koji sadrže rezerve Z-2 kategorije. Geološke rezerve kategorije Z-3 označene su kao blok br. 3 i nalaze se izvan naznačenog eksplatacionog područja. Uzimajući u obzir sve relevantne faktore treba razmotriti sledeće metode eksplatacije:

- površinsku eksplataciju gipsa na 570 m n. v.,
- podzemnu eksplataciju gipsa na 700 m n. v. i
- podzemnu eksplataciju anhidrita.

U okviru novog proizvodnog programa prioritet je dat ekonomskim pokazateljima, pa je shodno tome, odabrana metoda površinske eksplatacije.

POVRŠINSKA EKSPLOATACIJA

Otkopavanje se vrši u tri etaže:

- dve jalovinske etaže i
- jedna rudna etaža.

Utovar i transport

Otkopavanje jalovine: 1 utovarivač sa lopatom kapaciteta 1.3 m³, 3 kamiona nosivosti 13 t, svaki,

Eksplatacija rude:

1 utovarivač sa lopatom kapaciteta 1.3 m³,

2 kamiona nosivosti 13 t, svaki,

masovno miniranje buldozeri i utovarivači

sa lopatom miniranje manjeg obima.

Usitnjavanje rude: Usitnjavanje jalovine:

Planirano je da se radovi na eksplataciji rude odvijaju u jednosmenskom radu, 7 meseci godišnje.

Rad na površinskom kopu

Primjenjena je metoda jednokrilnog poprečnog otkopavanja. Za usitnjavanje rude primjenjuće se jednoredno miniranje, nakon čega se ruda transportuje kamionima na privremenu deponiju. Sa deponije ruda se odvozi do drobiličnog postrojenja koje je udaljeno 8 km.

Primjenjuće se kombinovano bušenje pomoću bušaće opreme koja je pogodna za rad na površinskim kopovima.

Za utovar korišti se utovarivač točkaš, a za transport kamioni od 13 t nosivosti.

Dinamikom eksplatacije predviđeno je da se radovi u toku prvih pet godina odvijaju na jednoj radnoj etaži na 570 m n. v. Visina etaže iznosi 15 m, minimalna širina planuma oko 20 m, a minimalna širina pristupnog puta je oko 12 m. U toku prve godine planirana je godišnja proizvodnja od 20.000 t, u toku druge godine 40.000 t, u toku treće godine 80.000 t, a u toku četvrte i pete godine planirano je da se dostigne puni kapacitet od po 100.000 t. Na kraju pete godine radovi ulaze u zonu akvifera, odnosno rude slabijeg kvaliteta, pa treba ili promeniti pravac napredovanja prema severoistoku ili primeniti selektivno otkopavanje.

Za odbranu kopa od površinskih voda koriste se drenažni kanali. Glavni drenažni kanal ide paralelno sa napredovanjem otkopnog fronta i odvodi površinsku vodu koja se javlja u podu prve etaže.

ZAKLJUČAK

Pomenute metode koje se koriste za utvrđivanje parametara površinskog kopa i odlagališta sa aspekta njihovih geometrijskih parametara, kao i predložene metode otvaranja i eksplatacije ležišta gipsa zahtevaju visok stepen istraženosti ležišta. Rezultati svakog daljeg istraživanja mogu se sa lakoćom inkorporirati u ulazne parametre, a da pri tom bitno ne utiču na izmenu same metode.

Optimalno tehnološko rešenje problema povećanja kapaciteta prerade rude predstavlja veoma značajan tehničko-ekonomski pokazatelj, koji je od posebnog značaja pri otkopavanju i preradi siromašnih ruda.

Imajući u vidu da je u poslednjih nekoliko godina došlo do postepenog opadanja sadržaja korisnih komponenata u rudi, čine se veliki napor da se proizvodnja bakra poveća ili održi na projektovanom nivou kroz povećanu preradu rude i kroz primenu tehnološko-tehničkih inovacija.

U cilju utvrđivanja mogućnosti povećanja kapaciteta prerade rude sa postojećom opremom i uz minimalna ulaganja, u postrojenju za pripremu i koncentraciju rude Veliki Krivelj, detaljna istraživanja su obavljena na celom tehnološkom lancu od primarnog drobljenja do filtriranja koncentrata i depozicije jalovine.

Suština inovacija u projektu se ogleda u tehnološko-tehničkoj optimizaciji rada uređaja i uklanjanju tzv. "uskih grla" u tehnološkom lancu, s obzirom na to da osnovna oprema (drobilice, mlinovi, hidrociklonske pumpe, transportne trake, bunkeri i sl.) zadovoljavaju uslove povećanog časovnog kapaciteta prerade.

Mlevenje i klasiranje je provereno za kapacitet prerade od 420 t/h suve rude po sekciji, odnosno 440 t/h vlažne rude.

Rad mlevenja i klasiranja po novom, uvećanom kapacitetu zasnovan je na sledećim tehnološkim parametrima:

- ulazna krupnoća u mlin sa šipkama, $F_{80} = 12.000 \mu\text{m}$, odnosno 100 % - 19 (20) + 0 mm, ili 5 - 9 % klase krupnoće - 0,074+0 mm,
- gustina pulpe u mlinu sa šipkama 75 % č,
- izlazna krupnoća iz mlina sa šipkama $P_{80} = 950 \mu\text{m}$ ili oko 26 % klase krupnoće -0,074+0 mm,
- kružna šarka iznosi 263 %,
- gustina pulpe u mlinu sa kuglama 71 % č,
- kružna šarka iznosi 250 %,
- finoća preliva hidrociklona 57 % - 0,074+0 mm ili $P_{80} = 145 \mu\text{m}$, dok je gustina pulpe preliva hidrociklona oko 30 % č ili 1236 g/l.

Mlinovi zadovoljavaju potreban kapacitet prerade za rudu sa radnim indeksom meljivosti od 14 kW l/t za mlin sa šipkama i 13,45 kW l/t za mlin za kuglama.

Za ostvarenje novog, uvećanog kapaciteta mlevenja i klasiranja, predviđa se maksimalna zapunjenošć mlinova sa šipkama od 40 % i 45 % mlinova sa kuglama.

Flotacija Veliki Krivelj proverena je za kapacitet prerade kao i mlinске sekcije.

Provera postojećih flotacijskih mašina pokazala je da raspoložive čelije ne obezbeđuju potrebno flotiranje od 20 minuta. Za povećan kapacitet prerade predviđena je zato nabavka novih flotacionih maši-

UDK: 622.343/349:622.765.063

TEHNOLOŠKE INOVACIJE U PROJEKTOVANJU POVEĆANJA KAPACITETA RUDNIKA BAKRA VELIKI KRIVELJ OD $8,0 \times 10^6$ NA $10,6 \times 10^6$ TONA ROVNE RUDE GODIŠNJE TECHNOLOGICAL INNOVATIONS TO INCREASE THE ANNUAL CAPACITY IN THE COPPER MINE VELIKI KRIVELJ FROM $8,0 \times 10^6$ TO $10,6 \times 10^6$ TONS OF RUN-OF-MINE ORE

Milan Milošević
Branimir Monevski
Stevan Đokić

na zapremine $42,5 \text{ m}^3$ po čeliji, koje bi se postavile u slobodnom prostoru flotacije i koje bi preradivale rudu i I sekcijs (ukupno 3 sekcijs).

Zahvaljujući ovakvoj situaciji izbegava se potreba za nabavljanjem nove krupne i veoma skupe opreme i izgradnja ili dogradnja objekata za njen smeštaj, tako da su troškovi prerade novih količina rude veoma niski, što znači i brzi povraćaj uloženih investicija.

Analiza rada procesa drobljenja i prosejavanja sa transportnim sistemom pokazala je relativno nisko iskorišćenje raspoloživog radnog vremena drobilica i sita, odnosno značajnu rezervu u kapacitativnim mogucnostima. Prema tome, instalisane drobilice i sita mogu da imaju značajno veći kapacitet kvalitetnije izdrobljen i prosejan proizvod, a uz pomoć ASR-C sistema.

Primarno drobljenje je provereno na d.d.k. rude su 1000 mm, kapacitet prerade od 2123 t/h vlažne rude i d.d.k. izdrobljene rude od 210 mm za efektivno radno vreme od 57 %.

Sekundarno i tercijerno drobljenje sa prosejavanjem provereno je i zadovoljava kapacitet prerade od 1516 t/h, odnosno 758 t/h po liniji.

Sekundarne drobilice umesto CSS = 50 mm podešavaju se na CSS = 38 mm i daju proizvod 100 % - 65 mm.

Tercijarne drobilice umesto CSS = 32 mm podešavaju se na CSS = 16 mm i daju proizvod 100 % -32+0 mm.

Sekundarna sita umesto kvadratnih otvora 25 x 25 mm biće opremljena mrežama sa pravouglim otvorima 16 x 48 mm i davaće definitivni proizvod krupnoće 100 % -19 (20) mm umesto dosadašnjih 100 % -20 + 30 mm.

Kod mlevenja i klasiranja suština inovacija ogleda se u tome da se smanjenjem ddk rude od 25 - 30 mm na oko 18 mm stvaraju uslovi za povećanje kapaciteta prerade uz poboljšanje kvaliteta samlevenog proizvoda u smislu boljeg otvaranja mineralne sirovine. Pri tome se očekuju i niski troškovi potrošnje preradene rude kroz uštete elektro energije i čelika (meljuća tela i obloge).

U cilju obezbeđenja kapaciteta domeljavanja, s obzirom na to da postojeći mlin radi na granici svojih kapacitativnih mogućnosti, predvideno je aktiviranje mlina koga je posedovao Investitor.

Prvo, drugo, treće prečišćavanje, kao i kontrolno flotiranje otoka prvog prečistača, obavljaje se i dalje na postojeći način. Za osnovno i konačno flotiranje u postojećoj flotaciji koriste se mašine DR 500, za prvo prečišćavanje mašine DR 300 a za drugo i treće prečišćavanje DR 100.

Vreme osnovnog flotiranja je 20 min, kondicioniranja 5 min, prvog prečišćavanja 12,5, drugog 7 i trećeg 5 min.

Projektovani kvalitet koncentrata je 22 % Cu sa 10 % vlage i iskorišćenjem bakra do 86 %.

Odeljenje zgušnjavanja i filtriranja zadovoljava potrebe povećane prerade rude, kao i transportni sistem za jalovinu do jalovišta.

Uklanjanje otpadne isplake koja je neophodan radni fluid pri procesu istraživanja i eksploracije nafte, predstavlja kompleksan ekološki problem. U proizvodnom ciklusu, bilo da se radi o istražnim ili eksploracionim radovima, pri bušenju, kao osnovni radni fluid, koristi se isplaka, koja mora posedovati strogo odredene hemijske i reološke karakteristike. Tokom eksploracije dolazi do onečišćenja isplake koja se podvrgava procesu regeneracije koji nikada nije potpun. Nakon nekoliko ciklusa isplaka se toliko onečisti da mora biti odbačena. Neupotrebljiva isplaka se deponuje u iskopane bazene, tzv. grabe, koje su locirane neposredno uz radilište. Sanaciju, odnosno likvidaciju isplačnih graba moguće je obaviti trojako: ♦ korišćenjem isplake kao sekundarne industrijske sirovine ♦ separacijom i kasnijim odvojenim tretiranjem čvrste od tečne faze ♦ transportovanjem do centralnih deponija. Proteklih godina saradnici Rudarskog instituta Beograd i Službe za razvoj NIS Naftagas intezivno su radili na rešavanju problema trajne sanacije otpadnih isplaka tj. graba. Radilo se na utvrđivanju mogućnosti i uslova za prevođenje otpadne isplake u stabilno očvrsloto stanje primenom postupka solidifikacije (očvršćavanja). Ispitivanja su vršena u tri faze: prva, vršena u laboratorijskim uslovima, obuhvatala je izbor aditiva i iznalaženje odgovarajuće "recepture" za optimalni odnos, kako između aditiva i isplake, tako i između samih aditiva; druga je sačinjavala kvantitativno-kvalitativno sagledavanje rezultata na poluindustrijskoj instalaciji i pri radu sa realnom otpadnom isplakom; treća je, uz primenu raspoložive opreme i aditiva, podrazumevala potvrdu dobijenih rezultata iz prethodnih faza u realnim i klimatskim (industrijskim) uslovima. Saglasno postavljenim zadacima izvedena su odgovarajuća laboratorijska, poluindustrijska i industrijska ispitivanja. Nakon detaljnih laboratorijskih ispitivanja, vršenih u Rudarskom institutu Beograd sa nekoliko vrsta aditiva, došlo se do zaključka da se sanacija i likvidacija isplake može izvršiti primenom metode solidifikacije i stabilizacije. Na ovaj zaključak su naveli sledeći rezultati dobijeni ispitivanjima u više serija:

- Mešanjem aditiva i isplake u tačno određenom masenom odnosu dobijaju se najbolji rezultati.
- Dodavanjem sve tri vrste aditiva: veziva, inertnog i hidrofilnog punila postižu se najbolji rezultati.
- Najpogodnije je dodavati aditive kao gotovu, na suvo, izmešanu komponentu.
- Veoma je bitno, za očvršćavanje, vreme kondicioniranja, tj. da aditivi, kako međusobno tako i sa otpadnom isplakom budu dobro izmešani.
- Kinetiku očvršćavanja potpomaže naknadno mešanje već formirane smeše.

Na stabilizovanim i solidifikovanim uzorcima isplake dobijenim primenom usvojene recepture vršene su određene analize ciji su rezultati sledeći:

UDK: 553.982
naučni rad

MOGUĆNOST PRIMENE METODE SOLIDIFIKACIJE OTPADNE ISPLAKE IZ PROCESA BUŠENJA U NAFTNOJ INDUSTRIJI

SOLIDIFICATION AS ONE OF THE POSSIBLE METHODS FOR THE RECLAMATION OF DRILLING-MUD DUMPS IN OIL INDUSTRY

Zorica Marković
Dragan Dražović
Vasilije Vasić

- Analiziranje rastvorljivosti pokazuje da je rastvorljivost mala i uvek ispod 2%.
- pH vrednost rastvora dobijenih potapanjem uzorka solidifikovane isplake u vodu je ispod 9.
- Ispitivanja su pokazala sposobnost solidifikovanog materijala da dodatno upije vodu.
- Brzina solidifikacije zavisi od spoljne temperature.
- Zapremina otpadne isplake pre dodavanja aditiva je manja u odnosu na solidifikovanu.
- Izuzetno je nizak koeficijent filtracije solidifikovanog materijala, koji zadovoljava svetske norme pri izradi vododrživih obloga pri deponovanju hazardnih materijala.
- Izbor i kombinacija aditiva ne povećavaju radioaktivnost solidifikovane mase.
- Solidifikovani materijal se može svrstati u manje stišljive materijale.
- Formirani materijal ima nosivost koja znatno premašuje nosivost okolnog terena.

Nakon uspešnih ispitivanja u laboratoriji i dobijenih pozitivnih rezultata izvršena su industrijska ispitivanja trajne sanacije otpadne isplake tj. grabe.

Kako bi postupak bio realno primenjiv, usvojeni su principi kao posledica kompromisa između ekonomičnosti postupka i dobijenih rezultata, i to:

- korišćenje materijala koji se javljaju kao otpad drugih tehnoloških procesa,
- korišćenje materijala koji ne zahtevaju značajne pripremne radove,
- korišćenje materijala koji se mogu lokalno obezbediti,
- korišćenje materijala koji ne deluju negativno na okruženje i
- korišćenje opreme i uređaja koji se koriste u NIS Naftagasu.

Na odabranoj lokaciji za izvođenje industrijske probe izvršena je priprema i montaža neophodne opreme i uređaja.

Tehnološki proces sanacije počinje dopremanjem pripremljenih aditiva do grabe tj. prihvavnog levka. Iz grabe isplačni materijal pumpom, preko usisnog voda, vuče u potisni cevovod u koji se pomoću levka dodaje smeša aditiva, a zatim se zajedno uvode u grabu. Na ovaj način se postiže usisavanje materijala iz grabe, zatim u cevovodu dodavanje mešavine aditiva i mešanje sa materijalom iz grabe i njihovo istakanje u grabu. Proces kontinuirano radi do momenta kada se ostvari potpuno dodavanje predviđenog materijala.

Sanacija i likvidacija isplake iz procesa bušenja na ranije formiranoj jami, tehnološkim postupkom solidifikacije i stabilizacije, je moguća, što je i potvrđeno izvedenom industrijskom probom. Za ostvarivanje pomenutog tehnološkog postupka neophodan uslov, uz odgovarajuću opremu, je i odgovarajuće mešanje aditiva i isplačnog materijala, odnosno:

- mešanje celokupnog isplačnog materijala iz grabe sa odgovarajućim aditivima,
- dodavanje potrebnih aditiva na više mesta po obimu grabe,
- obezbeđenje odgovarajuće količine i vrste aditiva u zavisnosti od količina i karaktera isplačnog materijala u grabi,
- pre dovođenja adekvatno homogenizovanje predviđenih aditiva.

Solidifikovana smesa je geomehanički analizirana, zbog izuzetne važnosti za dalji tretman rekultivacije preko očvrsle mase. Dobijeni su sledeći rezultati:

◆ Čvrstoća na pritisak je iznosila 2527 kN/m^2 ◆ čvrstoća na istezanje 225 kN/m^2 ◆ kohezija 102.35 kN/m^2 ◆ zapreminska masa 13.1 kN/m^3 ◆ ugao unutrašnjeg trenja 35.43° i ◆ sadržaj vlage 106.35% .

Dobijeni materijal po svojim osobinama spada u veoma stabilne materijale izuzetno visoke kohezije i čvrstoće na pritisak.

Možemo zaključiti da su celokupno izvedena ispitivanja potvrdila mogućnost primeњe postupka solidifikacije pri rešavanju problema trajne sanacije isplačnih graba, kada je nemoguće otpadnu isplaku iskoristiti kao sekundarnu sirovinu.

U radu su prikazana ispitivanja hemijskih i nekih fizičkih osobina podzemne vode u zaledu deponije pepela termoelektrane Nikola Tesla (TENT-A) i otpadne vode sa farme Mladost. Površina zaledja bila je pod poljoprivrednim kulturama.

Ispitivanjima je obuhvacen ideo mineralnih komponenti: kalcijum (Ca), magnezijum (Mg), natrijum (Na), hloridi (Cl), hidrokarbonati (HCO_3), karbonati (CO_3), sulfati (SO_4), nitrati (NO_3-N), zatim, ideo teških metala: Cd, Pb, Zn, Cu, Mn, Fe i Cr, kao i električna provodljivost (EP) mS/cm , ukupni sadržaj soli (mg/l), osmotski pritisak (OP) - bari, pH-aktivnost vode i korigovana relativna aktivnost natrijuma Na ad. SAR.

Sprovedenim istraživanjem se daje doprinos poznavanju uticaja deponije pepela TENT-A, koja je prostorno veliki objekat, određenog hemijskog i mineraloškog sastava, a koja se razlikuje od sastava okolnog zemljišta, na zagadenje podzemne vode, a s tim, i na agroekosistem zemljište-biljka.

UZORCI I METOD RADA

Deponija pepela TENT-A u Obrenovcu je neposredno pored reke Save i prvi nasip deponije pepela je odbrambeni nasip reke Save. Deponija pepela TENT-A je reda veličine 400 ha i sastoji se od tri kasete.

Paralelno sa kasetom 3 - deponije pepela TENT-A otvarani su pedološki profili pomoću rovokopača širine 70 cm i dubine od 200 do 250 cm (hidrološki profili) za uzorkovanje podzemne vode za ispitivanje.

Otvorene su četiri serije od tri pedološka profila sa medurastojanjem 500 m, normalno na nasip reke Save, paralelno sa trećom kasetom deponije pepela TENT-A. Medurastojanje pedoloških profila bilo je 150 m.

Uzimanje uzoraka vode iz hidropedoloških profila i ispitivanje hemijskog sastava podzemne vode zaleda vršeno je po Pravilniku o načinu uzimanja uzoraka po metodama za laboratorijsku analizu vode (Sl. list SFRJ br. 33/87).

Pored navedenih hidroloških profila uzet je uzorak vode (br. 9) iz reke Save iznad deponije pepela (kasete 3) - TENT-A, da se izvrši poređenje rezultata podzemne vode i reke Save u stepenu zagadenja pod uticajem deponije pepela TENT-A i otpadne vode u kanalu sa farme Mladost.

REZULTATI I DISKUSIJA

Potrebe biljaka za vodom su velike i različite i izražavaju se pomoću potencijala evapotranspiracije (ET), koji je različit za različite biljke, faze uzrasta, a zavisi od: klime, dužine dana, temperature, vlažnosti, vetra i solarne radijacije. Prema tome, pri

UDK: 622.841
naučni rad

AGROHEMIJSKE I NEKE FIZIČKE OSOBINE PODZEMNE VODE U ZALEĐU DEPONIJE PEPELA TERMOELEKTRANE NIKOLA TESLA U OBRENOVCU

AGROCHEMICAL AND SOME PHYSICAL PROPERTIES OF GROUNDWATER IN THE BACKGROUND OF THE ASH DUMP OF THE COAL-FIRED POWER PLANT NIKOLA TESLA - A IN OBRENOVAC

Radoslav Filipović
Dragoljub Urošević

oceni vode za poljoprivrednu upotrebu ne mogu se koristiti samo apsolutne norme, jer, kako je navedeno, pored kvaliteta vode treba imati u vidu i osobi-

ne zemljišta, biljaka, hidrološke uslove i stepen korišćenja u poljoprivrednoj proizvodnji.

U tabelama 1, 2 i 3 dati su rezultati ispitivanja.

tabela 1 Hemski sastav katjona i neke fizičke osobine podzemne vode u zaleđu deponije pepela TENT-A

Broj uzoraka i lokacija	pH	EP (mS/cm)	Sadržaj soli (mg/l)	OP (bari)	Na	Ca	Mg	adj.SAR - korigovana relativna aktivnost adsorpcije Na
					mg/l			
1 A ₁	7.95	0.670	428.80	-0.24	40.0	120.0	29.0	1.10
2 A ₂	8.00	0.640	409.60	-0.23	35.0	80.0	32.0	0.95
3 D ₁	8.00	0.670	428.80	-0.24	43.0	78.0	43.0	1.16
4 D ₂	7.85	0.790	505.60	-0.28	42.0	96.0	44.0	1.24
5 D ₃	8.15	0.870	556.90	-0.31	41.0	82.0	56.0	1.20
6 V ₁	7.90	0.820	524.80	-0.29	42.0	104.0	41.0	1.27
7 V ₃	7.80	2.187	1399.70	-0.78	50.0	270.0	48.0	1.52
8 E ₃	7.60	0.911	583.42	-0.32	40.0	78.0	49.0	0.97
9 Reka Sava	7.40	0.500	320.00	-0.18	15.0	51.0	21.0	0.52

tabela 2 Hemski sastav anjona podzemne vode u zaleđu deponije pepela TENT-A

Broj uzoraka i lokacije	Cl	CO ₃	HCO ₃	SO ₄	NO ₃ -N	mg/l	
						mg/l	
1 A ₁	44.73	3.60	35.75	181.0	6.82		
2 A ₂	41.54	5.88	21.36	175.0	5.45		
3 D ₁	45.39	7.32	21.10	147.0	4.70		
4 D ₂	50.48	5.30	40.58	172.0	3.47		
5 D ₃	46.39	10.32	31.57	169.0	2.80		
6 V ₁	46.39	5.88	32.67	135.0	10.00		
7 V ₃	357.84	2.19	59.90	250.0	13.39		
8 E ₃	51.38	6.00	61.56	180.0	0.90		
9 Reka Sava	16.0	2.10	20.00	60.0	0.40		

tabela 3 Sadržaj teških metala i mikroelemenata u podzemnoj vodi zaleđa deponije pepela TENT-A

Broj uzoraka i lokacija	Cd	Pb	Zn	Cu	Mn	Fe	Cr
	mg/l						
1 A ₁	0.001	0.001	0.05	0.02	0.02	0.13	0.03
2 A ₂	0.001	0.04	0.06	0.02	0.07	0.25	0.01
3 D ₁	0.001	0.02	0.04	0.02	0.08	0.16	0.03
4 D ₂	0.001	0.01	0.03	0.01	0.09	0.24	0.03
5 D ₃	0.001	0.04	0.04	0.02	0.10	0.22	0.04
6 V ₁	0.001	0.01	0.06	0.02	0.08	0.18	0.03
7 V ₃	0.001	0.02	0.07	0.03	0.09	0.17	0.05
8 E ₃	0.001	0.01	0.03	0.001	0.05	0.10	0.002
9 Reka Sava	0.001	0.001	0.003	0.004	0.02	0.08	0.007

ZAKLJUČAK

Analizom dobijenih rezultata podzemne vode u zaledu deponije pepela TENT-A i vode reke Save, zapaža se izvesno zagadjenje podzemne vode pod uticajem deponije pepela TENT-A i otpadne vode iz kanala sa farme Mladost, koji prolazi kroz površinu zaleda, koja se intenzivno obrađuje za poljoprivrednu proizvodnju.

Hidroprofil (br. 9) vode reke Save bio je iznad deponije pepela (kaseta 3) TENT-A i svi mereni parametri vode reke Save su imali niže vrednosti u odnosu na podzemnu vodu zaleda. Hidroprofil V₃ bio je neposredno pored odvodnog kanala otpadne vode sa farme Mladost. Podzemna voda iz hidroprofila V₃ je bila izrazito zagadlena hloridima (Cl⁻) - 357,8 mg/l, odnosno 10,8 meq/l, što predstavlja veliku toksičnost za biljke. Elektroprovodljivost podzemne vode hidroprofila V₃ (dubine - 250 cm) je EP = 2,187 mS/cm, kada, prema tabeli 1, nastaju izvesni problemi na biljkama useva, a korigovana relativna aktivnost adsorpcije Na adj.SAR = 1,52 je nešto povećana.

Međutim, u podzemnoj vodi hidroprofila dubine (200 - 250 cm): A₁, A₂, D₁, D₂, D₃, V₁ (V₃) i E₃ je znatno manja električna provodljivost (EP) (0,670 - 0,911) mS/cm. Voda hidroprofila 9 reke Save ima EP (0,50) mS/cm, a hlorida Cl⁻ 16,0 mg/l. Takođe, znatno je manji i sadržaj hlorida u podzemnoj vodi izuzev V₃, Cl⁻ (41,54 - 51,38) mg/l.

Sadržaj NO₃-N u vodi hidroprofila V₃ je 13,39 mg/l, a V₁ - 10,0 mg NO₃-N/l, što je, netolerantna vrednost. Međutim, kod ostalih hidroprofila (izuzev V₁, V₃) u podzemnoj vodi ima manje NO₃ - N (0,90 - 6,82) mg. Iz prikazanih rezultata se zapaža da je otpadna voda iz odvodnog kanala sa farme Mladost znatno zagadlena i zagadjuje podzemnu vodu zaleda, zavisno od kapaciteta.

Što se tiče sadržaja teških metala i mikroelemenata (Cd, Pb, Cu, Zn, Mn i Cr) u profilima podzemne vode zaleda, to je u granicama MDK.

Valorizacija otpadnih sirovina, primenom metoda i postupaka pripreme mineralnih sirovina, je u svetu, a i kod nas, sve atraktivnija, pre svega, u cilju zaštite životne sredine, kao i mogućnosti ponovnog korišćenja ovih sirovina u proizvodnom procesu. Velike količine sitnog materijala nastaju u raznim tehnološkim procesima kao nusproizvod ili otpadni materijal. Dalji tretman sitnog materijala je veoma ograničen zbog njegove krupnoće koja stvara tehničko-tehnološke i ekološke probleme u transportu, pretovaru i deponovanju. Plasman ili dalja valorizacija ovakve sirovine najčešće je nemoguća ili vrlo teška, te se kao jedino rešenje, kojim se prevazilaze pomenute teškoće, javlja okrupnjavanje. Okrupnjavanjem se dobija, ne samo vredan tržišni proizvod, već se i ekološki ambijent proizvodnje podiže na znatno viši nivo, čime se u velikoj meri smanjuje zagadjenost okoline.

Pod pojmom okrupnjavanje podrazumeva se tehnološki proces kod koga se različitim mehaničkim i termomehaničkim postupcima vrši medjusobno vezivanje zrna materijala i formiranje krupnijih agregata, pri čemu se smanjuje specificka površina materijala. Najčešći korišćeni postupci okrupnjavanja su briketiranje, ekstrudovanje i peletizacija, sa ili bez vezivnog sredstva.

Briketiranje je postupak okrupnjavanja, pri cemu se formiranje briketa vrši putem mehaničkog presovanja materijala smeštenog u kalup. Briketi mogu biti oblika jastuka, badema, cilindričnog ili nekog drugog oblika u zavisnosti od primenjene mašine i kalupa. S obzirom na dosta visok pritisak koji prese za briketiranje mogu postići, briketiranje je moguće, kako sa, tako i bez vezivnog sredstva. Najčešće se koriste prese sa valjcima zatim klipne prese i u ograničenom obimu prstenaste prese.

Ekstrudovanje je postupak dobijanja briketa istiskivanjem (ekstruzijom) dovoljno plastične smese uglja i vezivnog sredstva, kroz kalibarske matrice različitog oblika. Pri istiskivanju pod dejstvom pritiska, dolazi do sjedinjavanja sitnih zrna uglja u krupnije komade. Najčešće mašine koje se koriste za ekstrudovanje su klasični ekstruder i Pellet Mill.

Peletizacija se karakteriše nastajanjem jezgra ("klica", "jedro"), koje okretanjem materijala dalje vezuje zrna materijala za sebe i na taj način povećava svoju zapreminu i vrši okrupnjavanje, pri čemu su sile privlačenja i vezivanja uglavnom kapilarne prirode.

Ovaj rad je imao za cilj da, pored kratkog opisa procesa okrupnjavanja, ukaže na najuticajnija svojstva materijala koji se okrupnjava, parametre primjenog procesa, kao i ispitivanja mehaničkih karakteristika okrupnjenih proizvoda. Kroz praktične primere laboratorijskih ispitivanja okrupnjavanja sprovedenih na otpadnoj kamenoj vuni, poljoprivrednom otpadnom materijalu i letećem pepelu pri-

UDK: 622.788
stručni rad

VALORIZACIJA OTPADNIH MATERIJALA PROCESIMA OKRUPNJAVANJA UTILIZATION OF WASTE MATERIALS BY AGGLOMERATION PROCESSES

Ivana Simović
Mihajlo Canić
Stevan Djokić
Nebojša Kostović

kazani su postignuti rezultati na osnovu kojih je dat i predlog procesa okrupnjavanja.

U tehnološkom procesu proizvodnje kamene vune oko 25% vlakana čini otpadni materijal koji se deponuje i predstavlja veliku ekološku opasnost zbog fenolo-formaldehida koji se koristi kao vezivo. S obzirom na to da postojeći proces proizvodnje vlakana kamene vune zahteva krupnoću ulaznog materijala između 30 i 100 mm, briketiranje je usvojeno kao najadekvatniji proces okrupnjavanja. Ispitivanja različitih vezivnih sredstava ukazala su da cement u količini od 15% maseno sa dodatkom ubrzivača na bazi hlorida daje najbolja fizičko-mehanička svojstva briketa. Zbog upotrebe cementa, predloženi tehnološki proces uključio je i fazu odležavanja smeše pre briketiranja, kao i očvršćavanje gotovih briketa. Predloženi proces briketiranja otpadne kamene vune omogućava dobijanje briketa koji zadovoljavaju, kako sigurno depovanje tako i reciklažu u tekućoj proizvodnji.

Različiti poljoprivredni otpadni materijali kao što su suncokretova i sojina sačma, šećerni rezanci, šaša, slama i opiljci drveta mogu se, takodje, okrupnjavati u cilju smanjivanja zapremine materijala koji se može zatim deponovati, reciklirati ili koristiti kao gorivo. Korišćenje poljoprivrednog otpadnog materijala za sagorevanje u ložištima podrazumeva dodavanje sitnog uglja (u količini do 50%). Za ovu vrstu materijala najčešće se koristi ekstrudovanje. U ekstruderima se dobijaju cilindrični briketi različite veličine i dužine u zavisnosti od primjenjene mašine-ekstrudera. Dodavanjem melase kao veziva dobiveni su briketi sa najboljim fizičko-mehaničkim karakteristikama izuzev otpornosti na upijanje vode koja se može regulisati dodatnom hidrofobizacijom ili pakovanjem briketa u vodonepropusne kese. Tehnološki proces obuhvata dvostadijalno mešanje otpadnog materijala sa ugljem i vezivom, a zatim, ekstrudovanje i odlaganje na pokrivenim ili zatvorenim depoima.

U našim termoelektranama godišnje se izdvaja više od 7 miliona tona letećeg pepela koji se, uglavnom, deponuje zauzimajući preko 2000 hektara zemlje. Valorizacija letećeg pepela obuhvata samo 15% od ukupno izdvojenog, a korišćenje je ograničeno na izradu obodnih nasipa pepelišta, u industriji cementa, punila kao i u manjoj meri za proizvodnju gradjevinskih blokova. Laboratorijska ispitivanja su pokazala da kalcijski pepeli mogu da se peletiziraju samo uz dodatak vode. Silikatno-kalcijski i silikatni pepeli zahtevaju dodavanje i vode i veziva. Najbolji rezultati su dobijeni sa kombinacijom kreča i gipsa kao veziva, u količini od 3% maseno u dodatak oko 20-25% vode. Predloženi tehnološki proces obuhvata dvostadijalno mešanje materijala sa vodom, a zatim sa vezivom i peletizaciju u peletizacionom tanjiru uz dodavanje "spray" vode. Na ovaj način peleti od letećeg pepela se mogu ko-

ristiti, u zavisnosti od hemijskog sastava, u različitim industrijama.

Svetски trend je primena, gde god je to moguće, "čistih" tehnologija koje podrazumevaju takozvanu bezbednu proizvodnju. Primena bezotpadnih tehnologija nije uslovljena samo strogim zakonima za očuvanje životne sredine. Ako se uzme u obzir osiguranje svetskih resursa, ne može se zanemariti i ekonomski momenat primene ovakvih tehnologija. Ovaj rad daje doprinos svetskom trendu kroz prikaz aktivnosti na okrupnjavanju otpadnih sirovina.



Redakcija časopisa Rudarskog instituta obaveštava sve zainteresovane da **RUDARSKI GLASNIK** nastavlja da izlazi u izmenjenom, kvalitetnijem dizajnu.

Iskreno se nadamo da su teškoće, pre svega, finansijske, iza nas i da će, ubuduće, ovaj časopis izlaziti redovnije.

Pozivamo saradnike (autore) da nam šalju svoje rade i priloge koje ćemo objavljivati u časopisu, ukoliko zadovoljavaju utvrđene kriterijume.

Napominjemo da je **RUDARSKI GLASNIK** otvoren za objavljivanje rezultata, proizvodnih programa i reklamnih poruka.

Dodatna obaveštenja mogu se dobiti u Redakciji na
telefon (011) 191-848 i
faks (011) 614-632.

Obaveštavamo sve zainteresovane da mogu naručiti časopis, čija pojedinačna cena iznosi 200 dinara, pismom, telefonom ili faksom.

Uplate po narudžbini se mogu izvršiti na naš žiro račun broj 40805-603-9-22550, Rudarski institut Beograd, Batajnički put br. 2, 11080 Beograd – Zemun, nakon čega ćemo isporučiti časopis.

UPUTSTVO AUTORIMA

RUDARSKI GLASNIK objavljuje rade svojih saradnika iz oblasti rudarstva i srodnih delatnosti. Radovi podležu recenziji i, po preporukama UNESKO-a, kategoriju se kao:

- naučni rad,
- prethodno saopštenje,
- pregledni rad i
- stručni rad.

U Časopisu se, po pravilu, objavljuju samo originalni rade koji do sada nisu objavljeni. Autor je odgovoran za sadržaj svog rada i dužan je da prethodno pribavi potrebnu saglasnost za iznošenje podataka, kao i grafičkih priloga, čije bi objavljinje, eventualno, moglo da nanese štetu.

Mole se autori da rade pišu i dostavljaju u skladu sa sledećim:

Naslov rada (kao i podnaslov) treba da bude sažet i što kraći.

Ime autora čine ime i prezime jednog ili više autora (poželjno je ne više od tri).

Rezime (do 100 reči) je sažet izvod problematike koja se objavljuje u radu. Pored toga što se nalazi na početku teksta, rezime i naslov rada, prevedeni na engleski, upisuju se na kraju teksta, posle zaključka.

Tekst sadrži: uvod, materiju i metodiku, postignute rezultate i zaključak.

Literatura, korišćena pri pisanju rada i pozivanje na nju u tekstu, je obavezna. Brojevi u tekstu i spisku literature treba medusobno da odgovaraju i pišu se u uglastim zagradama. Literatura se navodi sledećim redosledom: redni broj, prezime i ime autora, naziv dela, izvor, broj, izdavač, mesto i godina izdavanja i broj strane, kao u primerima:

[1] Ercegovac, M.: Uticaj tekture i strukture na kvalitet i reaktivnost koksa. Rudarski glasnik 3, Rudarski institut Beograd, 1990, str. 56-62

[2] Holland, O. D.: Fundamentals of multicomponent distillation. McGraw-Hill, New York 1981.

I na kraju, ispod natpisa **autor** se upisuje: akademsko zvanje, ime i prezime autora, stručna spremna, naziv i sedište institucije u kojoj je zaposlen, kao u sledećem primeru:

autor –

dr Petar Petrović, dipl. inž. rud., Rudarski institut Beograd

Rad, obima do, najviše, 8 kucanih strana formata A4 i do 6 grafičkih priloga, se dostavlja u dva jednakaka primerka. Prilaže se i disketa sa radom, po mogućnosti, pisanim u procesoru WORD FOR WINDOWS ili WORD PERFECT.

Tekst ne treba formatizovati niti koristiti tabove ili stilove.

Fontovi za tekst su curier ili times, u veličini 12 pt.

Grafički prilozi treba da budu usaglašeni sa formatom časopisa (širine 8 ili 16 sm). Ako se crteži predaju klasično, treba ih uraditi na pausu tušem minimalne debljine 0,2 mm. Ukoliko su crteži rađeni na kompjuteru, dostavljaju se u CDR, WMF, DXF, PLT, TIF, EPS ili PCH formatu.

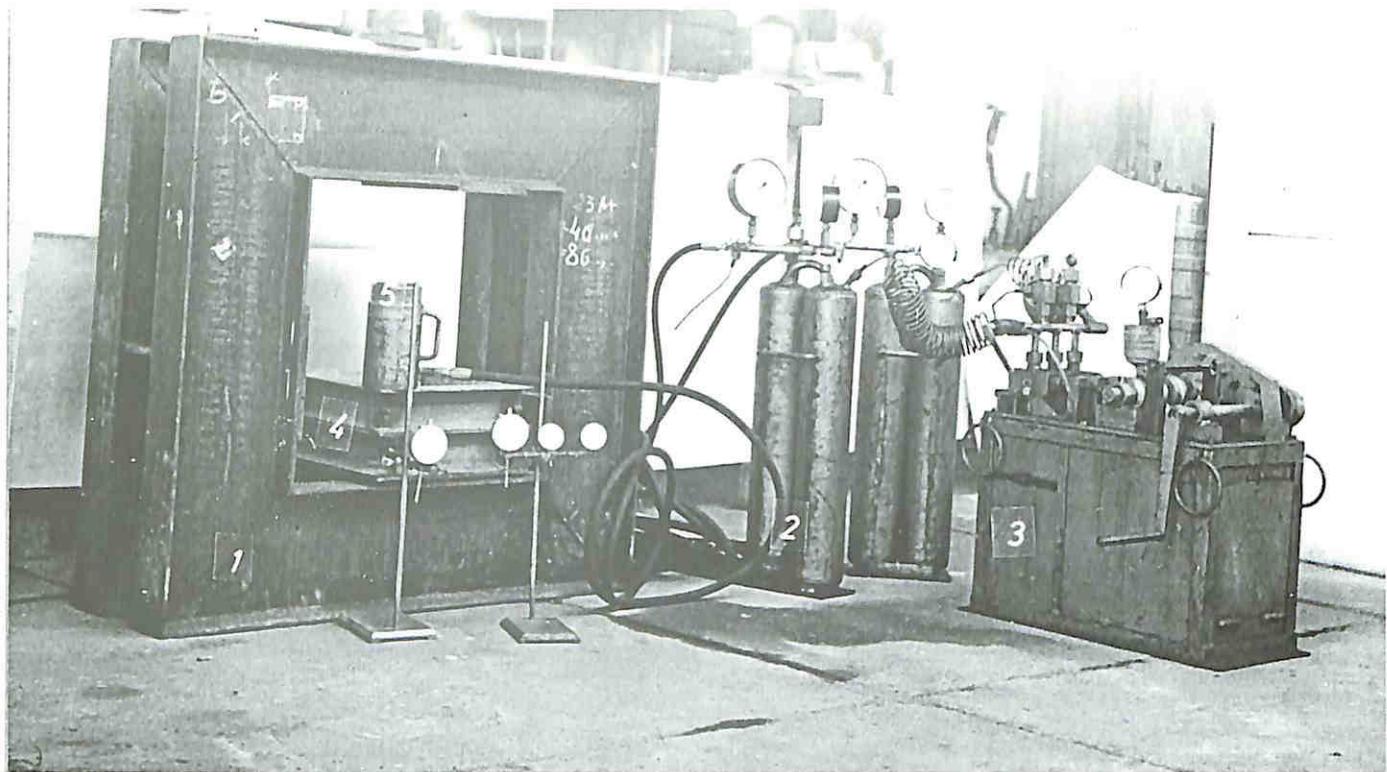
Fizičke jedinice se prikazuju u međunarodnom Si sistemu.

Formule ne treba izvoditi. Treba ih svesti na potrebnu meru i obeležiti ih u oblim zagradama.

REDAKCIJA

Rudarski institut Beograd, Batajnički put 2, 11080 Beograd – Zemun

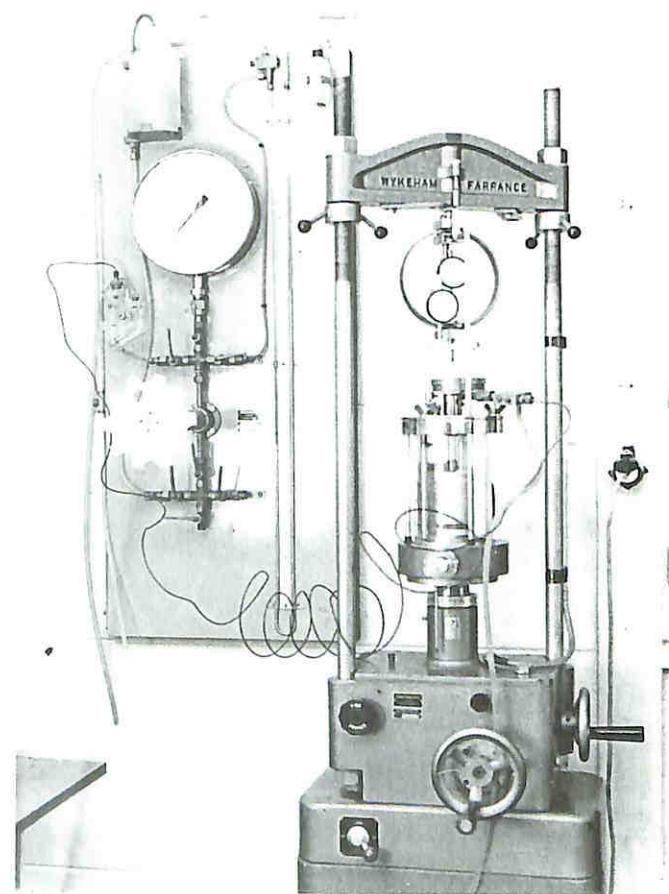
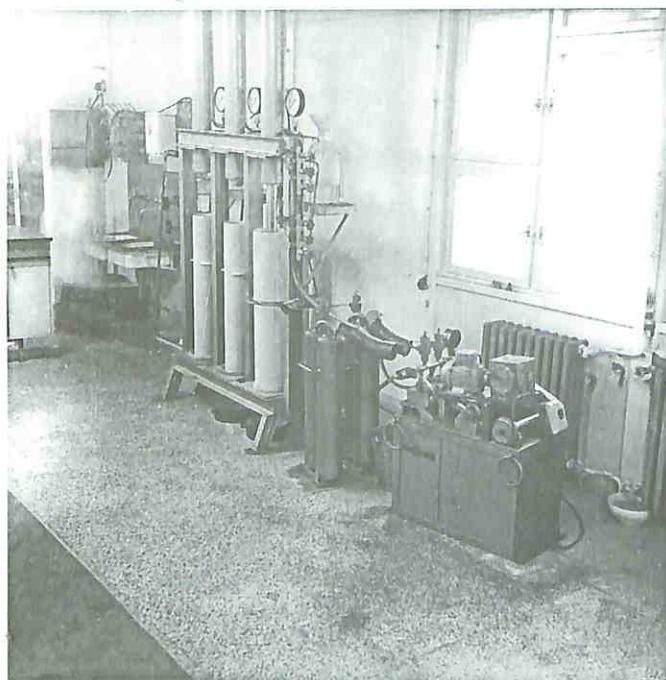
tel: 011/191-848 faks 614-632



TEMATSKA OBLAST ZA MEHANIČKU TLA I MEHANIČKU STENU
VRŠI SVA FIZIČKO-MEHANIČKA ISPITIVANJA UZORAKA TLA I
STENA ZA POTREBE GRAĐEVINARSTVA, RUDARSTVA,
HIDROTEHNIKE, DEPONOVANJE PEPELA IZ TERMOELEKTRANA
I FLOTACIJSKIH JALOVIŠTA.

LABORATORIJA ZA MEHANIČKU TLA I MEHANIČKU STENU
RASPOLAŽE SA KOMPLETNOM OPREMOM ZA VRŠENJE SVIH
LABORATORIJSKIH I DELOM TERENSKIM ISPITIVANJIMA IZ
OBLASTI PRIMENJENE MEHANIČKE TLA I STENA.

REZULTATI ISPITIVANJA PODRŽANI SU SOFTVERSKIM
PROGRAMIMA I PAKETIMA.





**Primena rezultata naučno–istraživačkog
rada, konsalting i inženjering u:**

- Eksplotaciji mineralnih sirovina
- Pripremi mineralnih sirovina
- Zaštiti životne sredine
- Termotehnici i energetici
- Građevinarstvu u rudarstvu



RUDARSKI INSTITUT

Beograd, Batajnički put 2

Jugoslavija

Tel: (011) 195-112, 198-112

Fax: (011) 614-632