

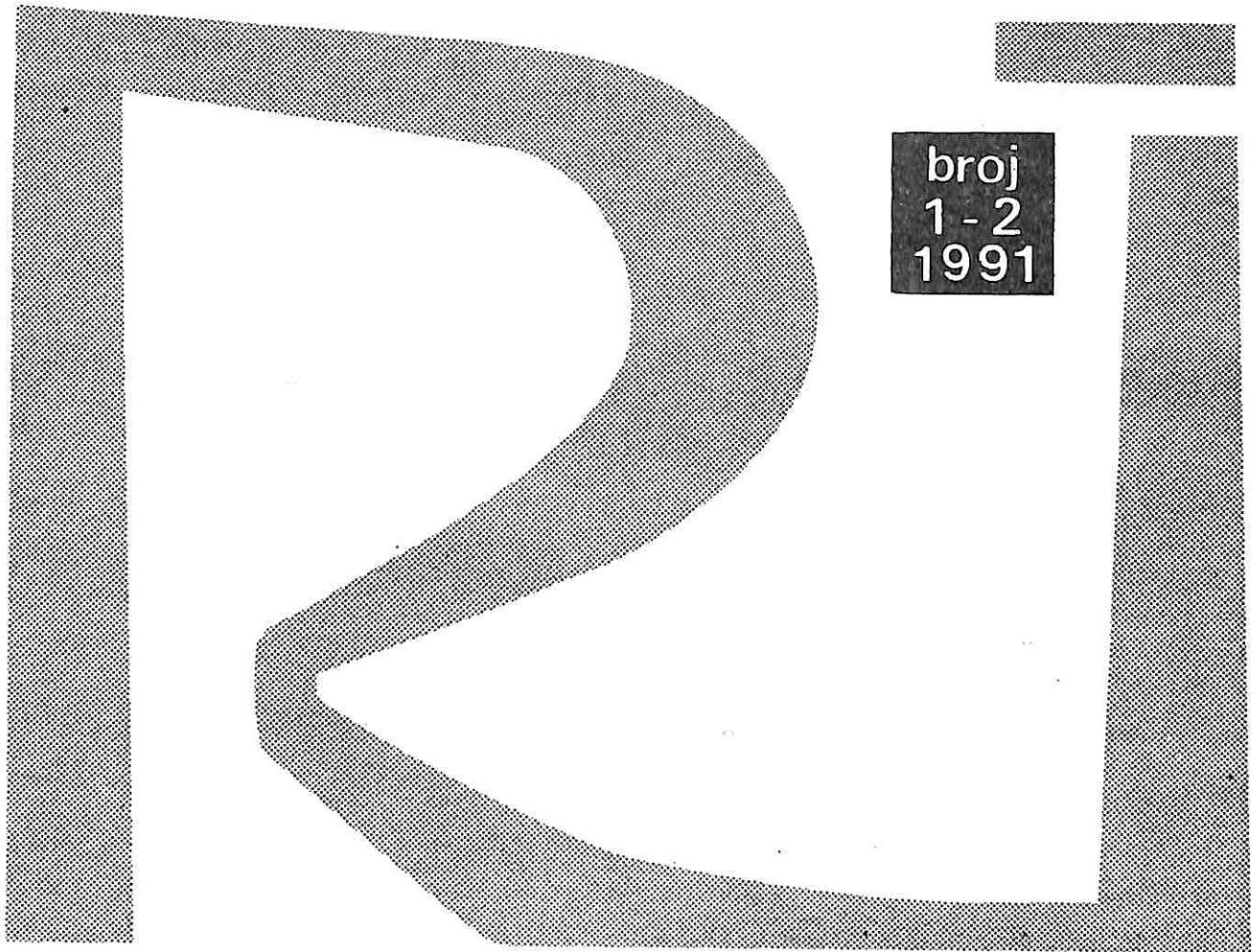
RUDARSKI GLASNIK
YU ISSN 0035 – 9637

broj
1-2
1991

RUDARSKI GLASNIK

BULLETIN OF MINES
BULLETIN DES MINES
ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ
BERGBAUZEITSCHRIFT

RUDARSKI GLASNIK
YU ISSN 0035 - 9637



broj
1-2
1991

RUDARSKI GLASNIK

BULLETIN OF MINES
BULLETIN DES MINES
Г О Р Н Ы Й Ж У Р Н А Л
BERGBAUZEITSCHRIFT

Izdavač:

RUDARSKI INSTITUT – BEOGRAD

11080 Zemun, Batajnički put br. 2

Redakcija:

11080 Zemun, Batajnički put br. 2

Glavni i odgovorni urednik:

dr inž. ĐURO MARUNIĆ, Beograd

Redakcioni odbor:

RADMILO OBRADOVIĆ, dr inž., Rudarski institut Beograd
ALEKSANDAR ĆURČIĆ, dr inž. Rudarski institut Beograd
BORISLAV PERKOVIĆ, dr inž., Rudarski institut Beograd
LJUBOMIR ČOLIĆ, dipl.inž., Rudarski institut Beograd
MILETA SIMIĆ, dr inž., Rudarski institut Beograd
MIRA MITROVIĆ, dipl. inž., Rudarski institut Beograd

Redakcija:

JELENA SIMONOVIĆ, dipl. fil., Rudarski institut Beograd

U finansiranju časopisa učestvuje Republički fond za nauku, Beograd

TEHNIČKI REDAKTOR: JELENA SIMONOVIĆ – NASLOVNA STRANA: A. KATUNARIĆ – SLIKA NA NASLOVNOJ STRANI:
FLOTACIJA (SNIMLJENO U RUDARSKOM INSTITUTU, BEOGRAD) – FOTO: S. RISTIĆ

IZDAVAČ: RUDARSKI INSTITUT, BEOGRAD (ZEMUN), BATAJNIČKI PUT 2

EDITOR: INSTITUTE OF MINES, BATAJNIČKI PUT 2, BEOGRAD (ZEMUN), YUGOSLAVIA

ŠTAMPA: ZAVOD ZA GRAFIČKU DELATNOST INSTITUTA ZA VODOPRIVREDU „JAROSLAV ČERNI“ – BELI POTOK,
JAROSLAVA ČERNOG 80, TEL. 649-265

SADRŽAJ

Eksplotacija mineralnih sirovina

ZORAN PETKOVIĆ – PETAR MILANOVIĆ – JOVAN RADOJEVIĆ – NEBOJŠA GOJKOVIĆ Pristup podzemnom otkopavanju preostale rude u obodnim delovima površinskog kopa rudnog tela Tilva Roš (originalni naučni rad)	5
Summary	13

ASIM HODŽIĆ

Određivanje broja uzastopnih pokretanja hidrodinamičkih spojnica kod višemotornog pogona velikih transporter (stručni rad)	14
Summary	19

DRAGOLJUB ĆIRIĆ

Rotorni bageri i površinski kopači (CSM) na istom otkopnom polju – uporedna analiza rezultata istraživanja dve tehnologije (originalni naučni rad)	20
Summary	26

NEBOJŠA POPOVIĆ

Transport rude i jalovine u rudniku Đurakov Do (stručni rad)	27
Summary	32

JOVAN PEJČINOVIC – MIRKO KNEŽEVIĆ

Automatsko upravljanje pumpama za odvodnjavanje rudnika (pregledni članak)	34
Summary	43

MOMČILO PATARIĆ – ALEKSANDAR STOJANOVIC

Oštećenje objekata na rudnicima i obeštećenje vlasnika (stručni rad)	44
Summary	49

Priprema mineralnih sirovina

ŽIVORAD LAZAREVIĆ – ZOLTAN KONC – MILOSAV ADAMOVIĆ – JOVO DOŠENOVIC Utvrđivanje fenomena aktiviranja pirita uz pomoć FeSO ₄ primenom kolektivno-selektivnog flotiranja cinkovo-piritne rude ležišta Čardinje kod Prijepolja (originalni naučni rad)	50
Summary	52

BOŽIDAR BRANKOVIĆ – DINKO KNEŽEVIĆ – MILAN MILOŠEVIĆ – VERICA JOKSIMOVIĆ – BRANIMIR MONEVSKI

Mogućnosti i uslovi deponovanja pepela TE Kostolac-B (originalni naučni rad)	53
Summary	59

Ventilacija i tehnička zaštita

JOVAN PEJČINoviĆ – RATKO BRAŠNJEVIĆ		
Zaštita od buke ventilatora (stručni rad)	60	
Summary	67	

Zaštita životne sredine

LJILJANA LAZIĆ		
Uticaj izlivene jalovine Rudnika bakra Majdanpek na mikrofloru vode reke Pek (originalni naučni rad)	68	
Summary	77	

Termotehnika

DUŠAN ŠAKIĆ		
Opšti aspekt korišćenja mešavine ugalj-voda (II) (originalni naučni rad)	78	
Summary	84	

Informatika i ekonomika

MILIVOJE ILLIĆ		
Objašnjenje algoritma parametrizacije rezervi mineralnih sirovina (pregledni članak).	85	
Summary	88	

Eksplotacija mineralnih sirovina

UDK 622.343 : 622.271 „Tilva Roš“
Originalni naučni rad
– primenjenoistraživački

PRISTUP PODZEMNOM OTKOPAVANJU PREOSTALE RUDE U OBODNIM DELOVIMA POVRŠINSKOG KOPA RUDNOG TELA TILVA ROŠ

(sa 10 slika)

**Zoran Petković – Petar Milanović – Jovan Radojević –
Nebojša Gojković**

Rezime

Prestankom eksplotacije na površinskom kopu u Boru na koti – 5 m postavilo se pitanje bezbednog i celishodnog otkopavanja dela rude iz rudnog tela Tilva Roš koja je ostala u kosinama površinskog kopa. Iz tog razloga je razrađen sistem geomehaničkih merenja i opažanja u toku eksplotacije, odnosno početka otkopavanja na koti + 59 m.

Imajući u vidu činjenicu da se početkom otkopavanja na koti + 59 m obezbeđuju uslovi za optimalan rad na nižim podetažama, odnosno da od rezultata otkopavanja na ovoj podetaži zavise rezultat i učinci na nižim podetažama, učinjen je pokušaj da se postavi takav sistem merenja i opažanja koji će obezbediti sagledavanje stanja u svakom momentu.

U ovom radu su prikazani rezultati istraživanja parametara radne sredine, kao podatak dobijen iz svih do sada izvršenih ispitivanja na ovom lokalitetu, zatim statistički konturni dijagrami za južni i zapadni deo rudnog tela. Posebno je izvršena analiza naponskog stanja u oblasti ovog rudnog tela i promena napona sa dubinom i utvrđeni uglovi i zone zarušavanja za radnu sredinu definisanih kao ruda i radnu sredinu kaolinisanog andezita.

Uvod

Površinski kop u Boru, kojim je eksplotisano rudno telo Tilva Roš, prestao je sa radom

početkom 1991. godine na koti – 5 m. To je jedan od najdubljih površinskih kopova u Evropi, pa i u svetu.

Gornja ivica površinskog kopa je na kote + 485 m, tako da je dubina kopa oko 490 m. Ugao završnih kosina kopa je $\alpha = 45^\circ$.

Preostala ruda, koja se podzemno otkopava, većim delom leži u južnoj i zapadnoj kosini, a manjim delom je otkrivena na samom dnu kopa (kota – 5 m).

Posle dužeg proučavanja, modelskih ispitivanja, merenja promene napona sa dubinom i izrade više studija, odlučeno je da se ostatak rude otkopa podetažnom metodom sa zarušavanjem krovine, tzv. švedska varijanta.

Osnovni parametri podzemnog načina otkopavanja preostale rude po prestanku rada površinskog kopa

Na osnovu modelskih ispitivanja, dobijeni su sledeći parametri švedske varijante otkopavanja: $B = 15$ m; $H = 30$ m i $S = 10$ m; širina otkopnog hodnika je 4 m; visina otkopnog hodnika je 3,5 m; prečnik bušotina u lepezi je 57 mm; broj bušotina u lepezi je 8, sa ukupnom dužinom bušotina u jednoj lepezi od 124,6 m; linija najmanjeg otpora miniranja $w = 2,8$ m, sa primenom AN-FO eksplozivne smeše.

Otkopavanje se obavlja u dve faze. Prva faza je iznad kote + 59 m, sa ciljem da se pored otkopavanja rude pokrenu i krovinske stene kako bi se izvršilo rasterećenje, odnosno da se ne dozvoli nagomilavanje napona. Druga faza otkopavanja je između XI (kota + 44 m) i XIII horizonta (kota – 16 m).

Od kote + 59 m do kote + 70 m ostalo je za otkopavanje 3.177.360 t rude A kategorije, sa sadržajem bakra od 1,11%, ili 35.410 t, 794 kg zlata, 3,813 kg srebra i 368.891 t sumpora.

Između XI (kota + 44 m) i XIII horizonta (kota – 16 m) ostalo je (A + C₁) 7.991.320 t rude, sa sadržajem bakra 1,01%, ili 80.810 t, 1.598 kg zlata, 8.391 kg srebra i 882.242 t sumpora.

Podetažni hodnici juga i zapada na kote + 59 m su pomereni deset metara van granične konture 0,4% bakra i nisu u jalovini, već su u rudnoj zoni između granične konture 0,4% i 0,3% bakra.

Pokretanje krovinskih stena i rude u funkciji upravljanja procesom zarušavanja

Kvalitet otkopavanja predloženom metodom otkopavanja i očuvanja rudnog tela do konačnog završetka eksploracije zavisi od kvaliteta i faze otkopavanja, tj. od pokretanja krovinskih stena, odnosno od pravilnog početka otvaranja vertikalnih zaseka (čela) odakle će početi bušenje lepeza minskih bušotina.

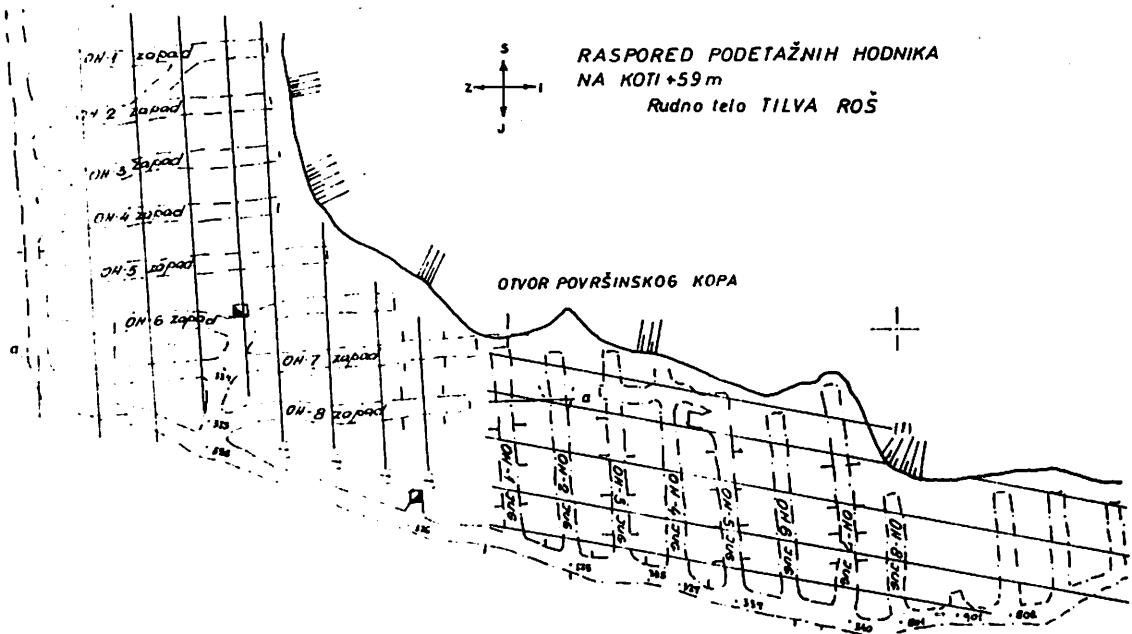
Da bi se obezbedilo pravilno i sigurno zarušavanje ne samo natkopne rude već i natkopnih krovinskih stena, potrebno je da se najmanje jedna od vertikalnih bušotina buši na 5 do 6 m ispod površine, odnosno 50 m gde to visina natkopne rude i stene dozvoljava. Prijenjem i miniranjem ovako dugih bušotina dobita bi se velika pomoć u zarušavanju krovinskih stena.

U I fazi otkopavanja pojavljuju se dva problema za ovu metodu, a to su: kakav uticaj imaju lokacije otkopnih hodnika jedna prema drugoj i kako upravljati pritiscima u funkciji početka krovnog obaranja rude dugačkim minskim bušotinama.

U vezi sa prvim problemom, mogući raspored otkopnih hodnika (OH) jedan prema drugom je: raspored otkopnih hodnika jedan iznad drugog ili položaj otkopnih hodnika u šahovskom poretku.

Sa stanovišta oblika gravitacionog toka, lokacija otkopnih hodnika je bolja kod šahovskog rasporeda nego kod rasporeda u kome je otkopni hodnik iznad otkopnog hodnika.

Što se tiče drugog problema, upravljanja pritiscima u funkciji početka krovnog obaranja rude dugačkim minskim bušotinama, od tri moguća slučaja, odabran je najpogodniji što se tiče usmeravanja pritiska, jer je linija pritiska (slika 1) paralelna sa podetažnim hodnikom (PH) a upravna na otkopne hodnike (OH), te se dejstvo pritisaka ne manifestuje na celu površinu obaranja rude i za vreme miniranja potpomaže usitnjavanju onih komada rude koje su naprsli usled miniranja, a nisu se odvojili. Međutim, ovaj slučaj zahteva da svi otkopni hodnici jednog otkopnog polja budu već urađeni, pa tek onda da se otpočne sa otkopovanjem.



Sl. 1 – Raspored podetažnih hodnika na koti + 59 m

Kod ovog slučaja, sve izbušene dugačke minskе bušotine su van zone pritisaka i nema opasnosti od smicanja već urađenih bušotina.

Kratak prikaz fizičko-mehaničkih osobina

Kao rezultat izvršene analize fizičko-mehaničkih osobina, uz dodatna ispitivanja 4 uzorka rude (vidi sliku 9), definisane su sledeće vrednosti (tablica 1) prevođenjem srednjih vrednosti na masiv:

Tablica 1

Osobina	Siromašna ruda	Silifikovani andezit	Kaolinisan andezit
1	2	3	4
Čvrstoća na pritisak, (daN/cm ²)	630,25	554,47	369,39
Čvrstoća na istezanje, (daN/cm ²)	53,67	51,74	51,98
Ugao unutrušnjeg trenja, (°)	41° 23'	39°54'	30°01'
Kohezija, (daN/cm ²)	51,50	47,10	32,17

Detaljnim inženjersko-geološkim kartiranjem otkopnih hodnika (OH-1J; OH-3J; OH-5J i OH-7J kao i OH-6Z; OH-7Z i OH-8Z) i snimanjem rupturnih elemenata sklopa urađena je situaciona karta sa ucrtanim rasedima, familijama i sistemima mehaničkih diskontinuiteta.

Razvijeni su inženjersko-geološki profili otkopnih hodnika, sa ucrtanim osnovnim strukturalnim oblicima, pojavnama podzemne vode, kao i promenama kvaliteta stenske mase. Urađeni su statistički konturni dijagrami iz kojih se mogu videti osnovni pravci i padni uglovi mehaničkih oslabljenja stenskog masiva (slike 2 i 3).

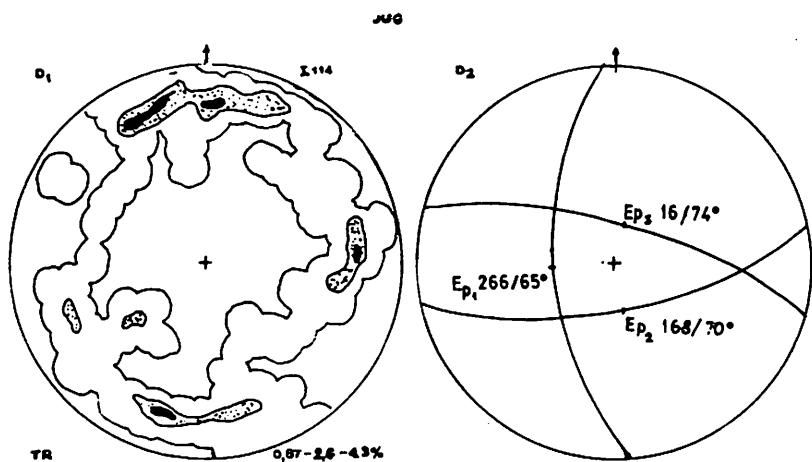
Naponsko stanje u oblasti rudnog tela

Izmeren je napon po konturi jamske prostorije i to na XI horizontu, u hodniku 11 – 24, i XIII horizontu, u hodniku 13 – 18.

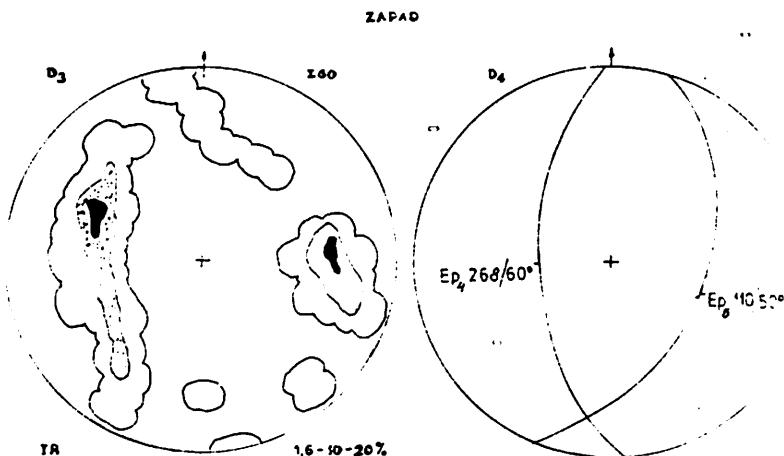
Na osnovu izvršenih merenja izvedeni su sledeći zaključci:

- definisani su pravci i smer delovanja napona
- apsolutne vrednosti napona na nekim mestima prekoračuju vrednosti dozvoljenih čvrstoća stenskog materijala
- izmerene vrednosti naprezanja na istezanje veće su od dozvoljenih naprezanja na istezanje stenske mase, što ukazuje na mogućnost pojave pukotina.

Ova strana stanja napona u masivu ublažena je relativno malim naponima na smicanje, tako da je stabilnost prostorije manje ugrožena.



Sl. 2. – Statistički konturni dijagram – južni deo rudnog tela

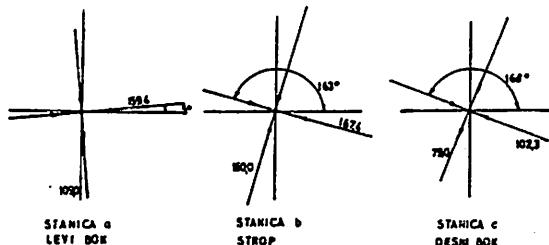


Sl. 3 – Statistički konturni dijagram – zapadni deo rudnog tela

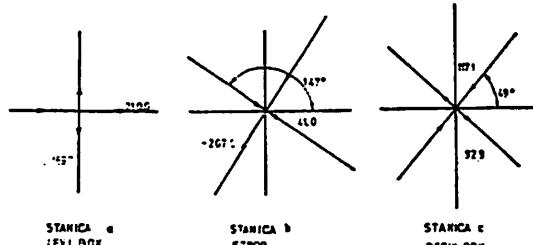
Analiza grafičkog prikaza izmerenih napona, posebno mernih tačaka u krovu hodnika, pokazuje da i pored visokih apsolutnih vrednosti napona na istezanje stabilnost nije znatnije

ugrožena, jer je smer dejstva u pravcu duže ose hodnika.

Projektovanjem napona koji deluje u pojedinih tačkama mernih stanica na horizontalnu i vertikalnu ravan (HV) može se zaključiti da:



Sl. 4 – Merno mesto I



Sl. 5 – Merno mesto II

- preovlađuju naponi istezanja kod vertikalne projekcije, a naponi pritiska kod horizontalne projekcije
- odnos horizontalne komponente prema vertikalnoj se nalazi u dijapazonu od 0,22 do 1,80
- sa porastom dubine, vrednost horizontalne komponente se smanjuje sa 1,80 na XI horizontu na 0,22 na XIII horizontu.

izrazi promene napona u zavisnosti od dubine.

Analiza rezultata merenja promene napona sa dubinom

Iz analize izmerenih vrednosti glavnih napona se vidi da oni imaju pozitivne vrednosti u svim tačkama, što znači da je stenski materijal u mernoj ravni izložen pritisku.

Na osnovu dobijenih podataka može se utvrditi sledeće:

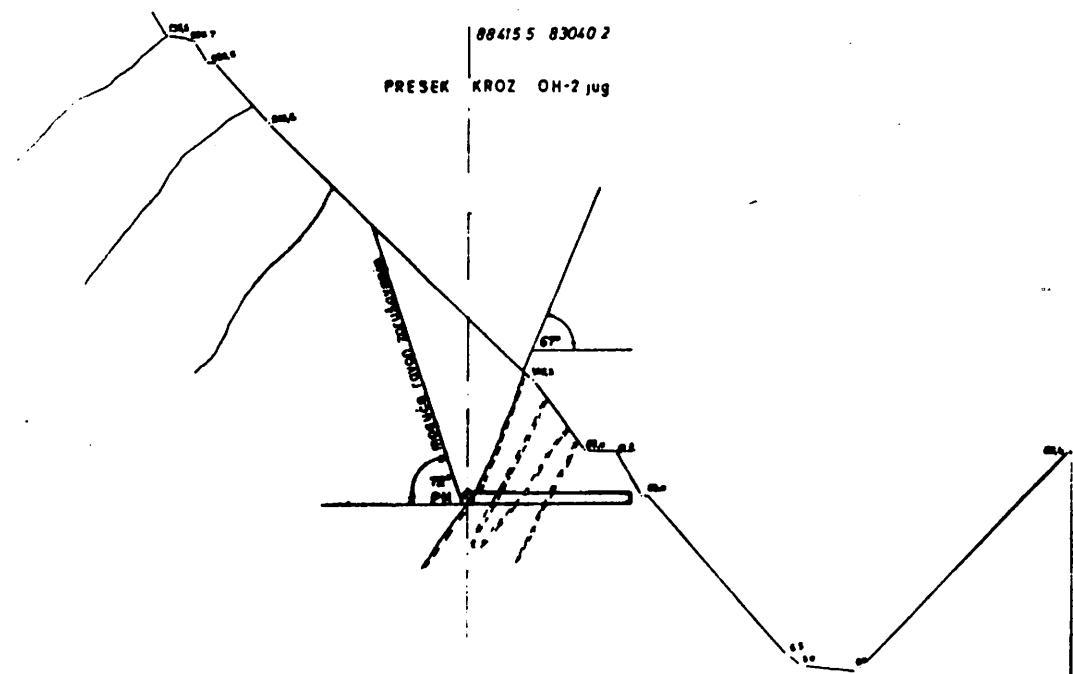
- promena vertikalne i horizontalne komponente napona je linearno zavisna od dubine za izvršena ispitivanja
- rezultati dobijeni ispitivanjem pokazuju zadovoljavajuću pouzdanost, pošto su dobijena rasturanja podataka normalna za ovaku vrstu ispitivanja
- za praktičnu primenu mogu se za navedeni raspon dubine koristiti dobijeni algebarski

Određivanje uglova i zone zarušavanja

S obzirom da rudno telo u južnom delu eksploatacije zaleže pod uglom od 50° do 70° a u zapadnom delu od 22° do 46° , na osnovu podataka iz literature izvršena je ocena rušnih uglova za dve osnovne stenske vrste,руду и каолинисани андезит, а у функцијиугла залегањаrudnog tela.

Tablica 2

Ugao zaledanja rudnog tela α°	Rušni ugao u krovini α_k°	Rušni ugao u podlini α_p°
Rušni uglovi za rudu		
0 – 30	70	75
31 – 50	72	75
51 – 80	73	75
81 – 90	75	75
Rušni uglovi za kaolinisani andezit		
0 – 30	68	72
31 – 50	70	72
51 – 80	72	72
81 – 90	72	72



Sl. 6 – Vertikalni presek kroz OH-2J

Na osnovu podataka iz tablice 2 izrađeno je 20 profila sa ucrtanim ravnima po kojima treba očekivati zarušavanje krovinskih stena u otkopani prostor.

Kao što se iz preseka sa slike 6 vidi, otkopavanjem na kote + 59 m stvorice se na kopu, u zoni eksploatacije, ravan zarušavanja po kojoj će se oblikovati nova privremena kosina kopa pod uglom od 68° do 73° . Pošto je sa ovom novom ravni nožica kopa praktično podsečena od kote + 160 m do kote + 180 m na južnom delu i kote + 160 m do kote + 200 m na zapadnom delu, jasno je da u kasnijoj eksploataciji treba očekivati kretanje i viših etaža kopa, sve do formiranja nove, stabilne prirodne kosine. Na dva karakteristična profila pretpostaviće se proces zarušavanja, kao i predlog kako ublažiti eventualnu pojavu velikih otvorenih površina iznad otkopanog prostora i iznenadna nagla zarušavanja.

I SLUČAJ

Podetažni hodnik zapadnog krila, kao i otkopni hodnik (OH1-zapad) locirani su u siromašnoj rudi koja je i krovina ovih prostorija.

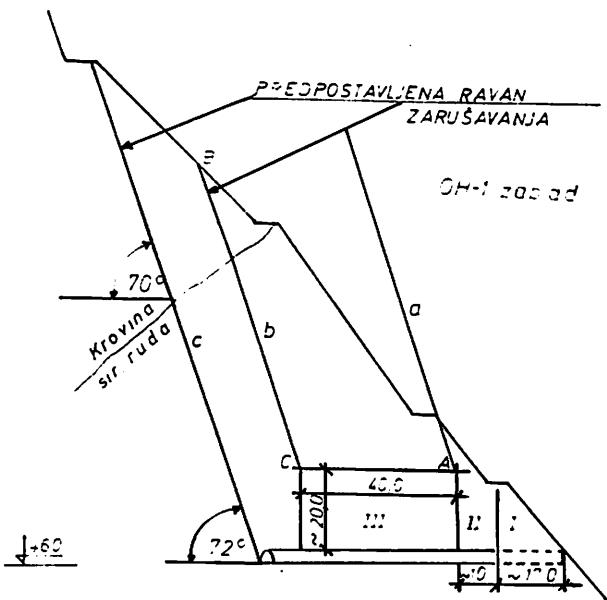
Sa otkopavanjem se počinje od postojeće kosine kopa, tj. etaže površinskog kopa. S obzirom da je nemoguć pristup na postojeće etaže površinskog kopa, nemoguće je odrediti tačnu dužinu otkopnih hodnika, pa je neophodno da se vrši predvrtavanje i na taj način odredi tačna dužina. U slučaju da otkopni hodnici probiju na površinski kop, projektovani režim ventilacije se može održati postavljanjem ventilacionih pregrada.

Analizirajući sliku 7 dolazi se do određenih prepostavki.

Područje I, dugačko oko 17 m, otkopaće se kosim minskim bušotinama u više kosih pa do vertikalnih lepeza.

Osmatranjem sa gornje ivice površinskog kopa zaključeno je da je kosina rude površinskog kopa prekrivena osulinskom jalovinom, te je potrebno da se iz tog područja izveze 25 do 30% rude kako bi se sprečio direktni prođor jalovine u niže podetaže.

U području II ruda mora da se obara vertikalnim lepezama minskih bušotina. Dužina



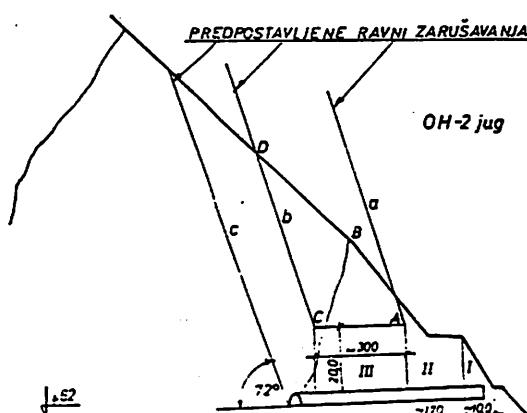
Slika 7

bušotina treba da je što veća, tj. ne manja od 20 m. Za očekivanje je da se odmah po obranju rude izvrši zarušavanje u dužini od najmanje novih 10 m (područje II) po ravni a. Iz područja II treba izvesti samo 50 do 55% rude iz istog razloga kao i rudu iz područja I.

U području III se vidi da će se otkopavanje vršiti u dužini od oko 40 m. Očekuje se da će pre loma po ravni b doći do pojave novih i proširenja starih pukotina i sukcesivnog zarušavanja od tačke A do tačke C. Zavisno od sistema pukotina u trouglu ABC i preraspodele napona izazvane podsecanjem kosine kopa, nije isključeno ni izdvajanje većih blokova koji ne mora da teku u navedenom pravcu. Iz ovog područja ne bi trebalo izvući više od 70 do 75% rude kako bi se dobila prateća jalovina za niže etaže, pošto postoji velika verovatnoća da obrušeni materijal bude u velikim blokovima. Ovu prepostavku potencira činjenica da je podsecanjem kopa poremećena stabilnost generalne kosine i da kod stvaranja dužeg otkopnog fronta može da dođe do klizanja po ravnim prirodne stabilne kosine (nagib znatno manji od ugla rušenja).

II SLUČAJ:

Podetažni hodnik – jug lociran je u andezitu (mada nije sasvim sterilan već je u oblasti sa 0,3% bakra), dok su otkopni hodnici – jug izrađeni u rudi.



Slika 8

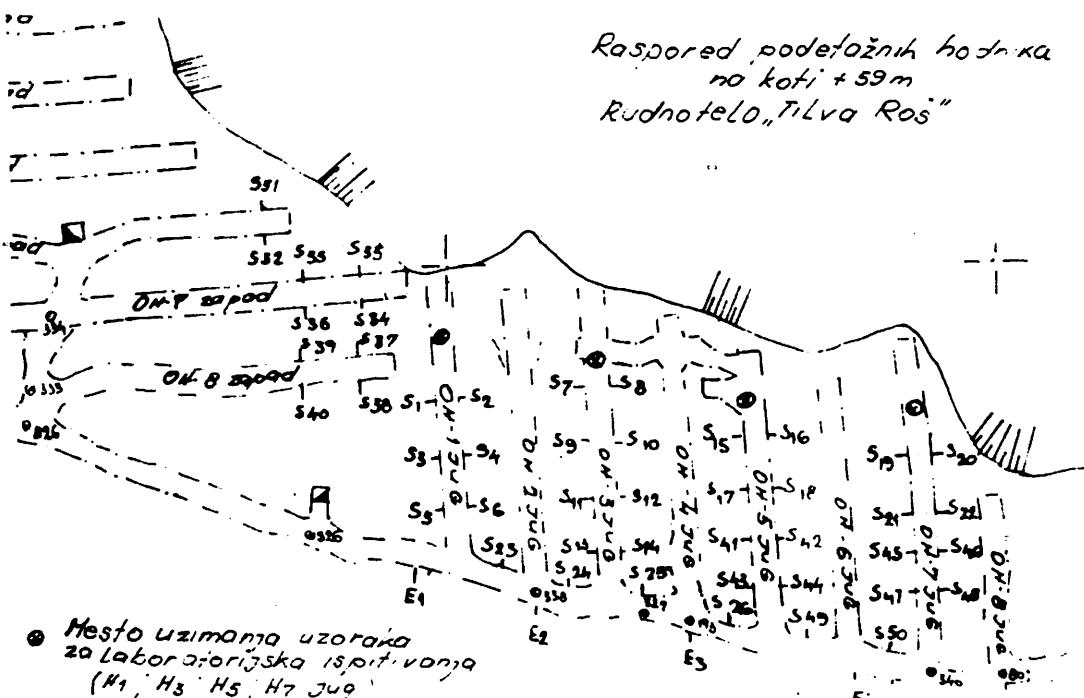
Sa slike 8 se vidi da za područje I i II važi sve rečeno za OH1 – zapad, dok je kod područja III situacija drugačija.

Sa istom visinom otkopavanja (20 m), podsecanjem rude se dobija trougao ABC koji

praktično „visi“ iznad otkopnog prostora. U ovom slučaju ostaje otvoreno pitanje da li će pre doći do krljuštanja etaže i sukcesivnog zarušavanja siromašne rude ograničene tačkama ABC, ili će, po otvaranju dužeg fronta, doći do naglog zarušavanja prizme stvorene od siromašne rude. Da ne bi došlo do ovog drugog slučaja, koji je zbog mehaničkih karakteristika rude verovatniji, poželjno bi bilo da se miniranje lepeza minskih bušotina vrši još dužim buštinama (30 do 35 m) ukoliko je to moguće, kako bi se smanjio otporni momenat trougla ABC i time omogućilo zarušavanje kod manje dužine fronta u pravcu podetažnog hodnika. Što se tiče izvoza rude iz III pojasa, trebalo bi da bude kao i u prethodnom slučaju, od 70 do 75%.

Metodologija merenja i praćenja naponskih stanja pre i za vreme otkopavanja

Kako je rečeno, otkopavanje od kote + 59 m pa naviše treba shvatiti kao pripremu za otkopavanje rude između XIII i XI horizonta, jer še samo na taj način može bezbedno otko-



• Mesto uzimanja uzoraka
za laboratorijsku ispitovanju
(H1, H3, H5, H7 jug.)

S - Betonske sonde

E - Epoksidne sonde

Sl. 9 – Lokacija mernih sondi i mesta uzimanja uzoraka

pavati ovaj deo rude. Trebalo bi prihvati stav da je osnovna svrha otkopavnja iznad nivoa kote + 59 m pokretanje krovinskih stena i omogućavanje „putovanja“ krovine, a ne proizvodnja rude.

Merne sonde za registrovanje promene pritiska preko aparature marke PHILIPS, na principu Vinstonovog mernog mosta, ugrađuju se u pripremljenu buštinu koja ima prečnik 39 mm. Sonda ima oblik valjka, prečnik 28 mm i visinu 180 mm. Kao pretvarači mehaničkih deformacija u električne signale upotrebljene su elektrootporne merne trake: rozeta 45° za merenja u vertikalnoj ravni i trakasta, tipa VALLORE, za merenja u horizontalnoj ravni. Merne trake su ulivene u betonsku masu, a svi električni provodnici mernih traka, ima ih osam, uliveni su tako da čine celinu i izolovani su.

Druga sonda sadrži samo rozetu 45° kao merni element i ulivena je u cilindrično telo od epoksidne smole prečnika 32 mm. Ovako pripremljena sonda ugrađuje se u buštinu i povezuje sa masivom uz pomoć betonske mase.

Proračun komponenata napona i njihovog međusobnog položaja vrši se na osnovu mernih dilatacija i formula koje se odnose na ovakve tipove sondi.

Lokacija mernih sondi je data na slici 9, i to za svaki neparni otkopni hodnik juga (OH1-J, OH3-J, OH5-J i OH7-J) i u otkopnim hodnicima 6, 7 i 8 – zapad.

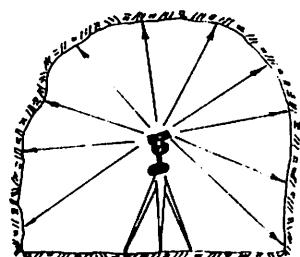
Ugrađeno je ukupno 50 sondi. Sonde mere dilatacije u horizontalnoj ravni i ravni koja je upravna na osu bušotine.

Komponente napona i parametri kriterijuma loma dovoljni su za ocenu stabilnosti podzemnih prostorija i stubova.

Postavljenom sistemu merenja i opažanja predviđena je kontrola odgovarajućim geodetskim sistemom, koji se sastoji iz sledećih opažanja:

- na mestima ugradnje mernih sondi, odnosno u krovini svakog mernog profila, postavljeni su odgovarajući reperi

– na određenim mestima na kote + 59 m u podetažnim hodnicima postavljen je odgovarajući sistem opažanja celog profila sa preciznim elektrooptičkim daljinomerom WILD DIOR 3002, bez reflektora elektromagnetskih talasa. Način snimanja je prikazan na slici 10.



Slika 10

Zaključak

Imajući u vidu nesvakidašnji način podzemne eksploatacije, gde u kosinama napuštenog površinskog kopa za vreme podzemne eksploatacije može da dođe do akumulacije potencijalne energije i nekontrolisanog zarušavanja, moraju da se sprovedu određena geomehanička ispitivanja. Vrše se dodatna fizicko-mehanička ispitivanja, snimanje pukotinskog sistema u oblasti zarušavanja, ugradnja mernih sondi, čitanje nultog stanja (pre otkopavanja), a zatim povremena čitanja za vreme otkopavanja, merenja i prikaz promene napona sa dubinom i određuje se parametar kriterijuma loma stenske mase.

Ovakvim načinom praćenja i evidentiranja napornih stanja moguće je izvršiti bezbedno otkopavanje rudnog tela Tilva Roš u jami-Bor, jer pravilnim pokretanjem krovine izbećiće se negativni efekat klizne prizme po obodu površinskog kopa, koja može ugroziti otkopne hodnike, a naročito dugačke minske bušotine u lepezama.

Kada se izvrši kompletno zarušavanje iznad kote + 59 m, onda će se lakše otkopati ruda između XIII i XI horizonta klasičnom metodom otkopavanja (švedska varijanta).

SUMMARY

Approach to Underground Mining of Left Over Ore In Peripheral Areas of Orebody Tilva Roš Openpit Mine

Termination of mining in Bor openpit mine on level + 5 m gave rise to the issue of safe and suitable of part of the ore of orebody Tilva Roš. To this goal, a system of geometrical measurements and observations was developed during mining, i.e. from the beginning of mining on level + 59 m.

The paper presents the results of investigation into working environment parameters and statistical contour diagrams for the orebody south and west sections. A specific analysis was made regarding the stress state and stress changes with depth. Caving angles and zones were determined for the working environment defined as ore and working environment of kaolinized andesite.

Literatura

1. Dopunski rudarski projekat eksploatacije rudnog tela Tilva Roš iznad XIII horizonta, Institut za bakar Bor, 1988.
2. Aneks dopunskom rudarskom projektu eksploatacije rudnog tela Tilva Roš iznad XIII horizonta, Institut za bakar Bor, 1989.
3. Studija istraživanja parametara za tehnologiju podzemnog načina otkopavanja rudnog tela Tilva Roš, Institut za bakar Bor i Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 1986.
4. Proračun uglova zarušavanja i zone zarušavanja za rudno telo Tilva Roš posle prestanka površinske eksploatacije na kopu u Boru na kote + 40 m (nivo XI horizonta), Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 1987.
5. Studija stabilnosti kosina površinskog kopa i unutrašnjeg odlagališta u Boru, zahvat do kote – 5 m, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 1988.
6. Tehnička dokumentacija za početak otkopavanja rudnog tela Tilva Roš, Rudnici bakra Bor, 1990.

Autori: prof. dr Zoran Petković, prof. dr Petar Milanović, prof. dr Jovan Radojević, dipl. inž. Nebojša Gojković, Rudarsko-geočki fakultet, Beograd

Recenzent: dr inž. Jetko Bralić, Beograd

Članak primljen 4.9.1991, prihvaćen 12.3.1992.

ODREĐIVANJE BROJA UZASTOPNIH POKRETANJA HIDRODINAMIČKIH SPOJNICA KOD VIŠEMOTORNOG POGONA VELIKIH TRANSPORTERA (sa 3 slike)

Asim Hodžić

Rezime

U radu je prikazan postupak za određivanje kinetičke energije transportera i toplotnog kapaciteta hidrodinamičkih (HD) spojnica. Na osnovu toga je definisan broj uzastopnih pokretanja HD spojnica, koje rade u sprezi sa asinhronim kaveznim motorima kod višemotornog pogona velikih transportera.

Uvod

Transporteri sa gumenom trakom su klasični transportni uređaji kod kojih je hidrodinamička spojница (HD) našla svoje pravo mjesto primjene, i to kod transportera koji za pogon imaju asinhronne kavezne motore. Poznato je da su ovi motori pouzdani u radu i da zbog svoje konstrukcije važe za najjeftiniji elektromotorni pogon. Sprega kavezni elektromotor i HD spojница može da se upotrebni i za najteže uslove pokretanja transportera, pošto omogućuje startovanje elektromotora u oblasti male potrošnje električne energije. Primjena HD spojnica ima i druge prednosti: sprečavanje preopterećenja motora i pored maksimalne opterećenosti radne mašine, zaštitu od udarnih opterećenja, čime se štite elementi uređaja i produžava vijek uređaja u cjelini, omogućavanje podešavanja maksimalnog momenta sa promjenom količine ulja u spojnici.

Značajna je prednost HD spojnice kod pogona transportera uz pomoć više motora, što omogućuje da se motori mogu uključivati kratko vrijeme jedan za drugim, tako da se pri pokretanju ne javlja zbir svih struja za pokretanje već znatno manja ukupna struja.

Pri odabiranju HD spojnica za pogon transportera polazi se od opštepoznatih tehnokonomskih smjernica. Ovdje se u prvom redu misli na činjenice da HD spojница treba da radi u oblasti vučnih režima, zatim da radni režim bude u okolini maksimalnog koeficijenta iskoristenja $\eta = 0,97 - 0,98$, te da punjenje spojnice bude u optimalnim granicama od 65 do 85% ukupne zapremine HD spojnice.

Kao osnovu za izbor HD spojnice proizvođači daju izborni dijagram u obliku zavisnosti

pogonske snage i pogonskog broja obrtaja. Iz dijagrama se može odabratи potreban prečnik cirkulacije HD spojnica sa orientacionim punjenjem, u funkciji dijagrama snage koju spojica može da prenese i broja obrtaja elektromotora. Dijagram se odnosi na nominalno klizanje spojnica $s = 3\%$, koje omogućuje primjenu spojnica sa maksimalnim koeficijentom iskorištenja $\eta = 0,97$.

U praksi se, međutim, pokazalo da podaci koje daju proizvođači HD spojnica nisu uvijek dovoljni za korisnike za sve uslove primjene. Jedan od dodatnih kriterija je i provjera broja uzastopnih pokretanja spojnica, odnosno toplotni kapacitet spojnice.

Toplotni kapacitet spojnice pri pokretanju

Pri eksploataciji HD spojnice treba voditi računa da temperatura ulja u spojnici ne pređe dozvoljene granice. Smatra se da je pravilno funkcionisanje HD spojnica ako temperatura ulja u spojnici ne pređe 140°C [6, 7 i 8].

Ukoliko se prekorači ova vrijednost, to je znak da spojica radi sa klizanjem znatno većim od nominalne vrijednosti, tj. pogon je preopterećen ili je nepravilno punjenje ulja, odnosno nepravilno izabrana spojica.

Toplotni kapacitet spojnice može da se izračuna na osnovu poznatih zakonitosti da je količina topline koja može da se akumulira u opštem obliku jednaka:

$$Ag = m \cdot C \cdot \Delta\vartheta (\text{J}) \quad (1)$$

gde je:

m – masa zagrejartog ulja ($m = Q \cdot \rho$)

C – specifična toplota ulja, J/kg K

$\Delta\vartheta$ – priraštaj temperature zagrijanog ulja

Srednjem prethodne relacije imamo da je:

$$Ag = Q \cdot \rho \cdot C \cdot \Delta\vartheta (\text{J}) \quad (2)$$

gde je:

Q – količina ulja u spojnici,

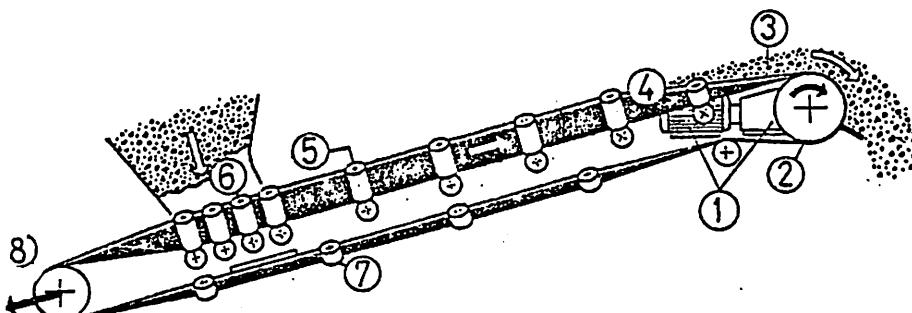
ρ – gustina ulja, kg/dm^3

Dinamički momenat inercije i kinetička energija transportera

Za računsku analizu dinamičkog rada transportera potrebno je izvršiti redukciju svih pokretnih masa na vratilo motora kako bi se odredile inercione sile.

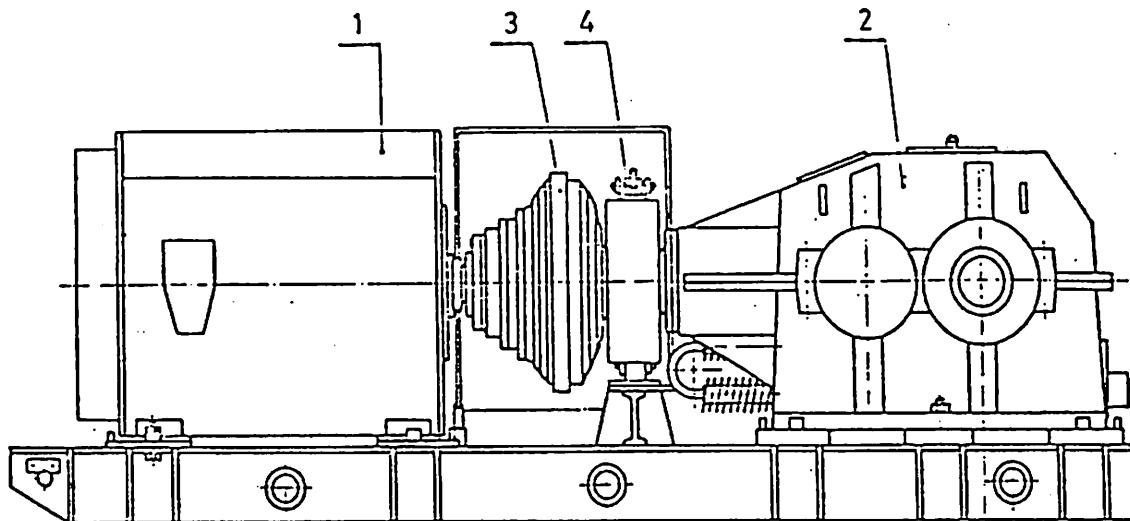
Ukupni dinamički momenat inercije transportera iznosi:

$$J = J_p + J_t, \text{kgm}^2$$



① - pogon ; ② - pogonski bubanj ; ③ - transportovani materijal ; ④ - gumeni traka ; ⑤ - noseći valjci ; ⑥ - amortizacioni valjci ; ⑦ - povratni valjci ; ⑧ - nepogonski bubanj

Sl. 1. – Skica transportera



- 1 - Elektromotor
- 2 - Reduktor
- 3 - Hidrodinamička spojница
- 4 - Kočnica

Sl. 2. – Pogon transportera

gde je:

J_p – dinamički momenat inercije pogona, kgm^2

J_t – dinamički momenat inercije pokretnih masa transportera, kgm^2

Momenti inercije ovih dijelova transportera koji su na zajedničkom vratilu direktno se zbrajaju, dok se svi ostali dijeli kvadratom prenosnog odnosa „i“ reduktora, ako rotiraju različitim brojem obrtaja.

Dinamički momenat inercije pogona

Uzimajući u obzir sve elemente koji čine pogon transportera, momenat inercije pogona može da se izrazi kao:

$$J_p = J_m + J_s + J_r + \frac{J_b}{i^2} \text{ kgm}^2 \quad (4)$$

gde je:

J_m – momenat inercije rotora motora, kgm^2

J_s – momenat inercije spojnica ($J_s \approx 0,1 J_m$)

J_r – momenat inercije reduktora ($J_r \approx 0,3 J_m$)

J_b – momenat inercije pogonskog bubnja

$$\left(\frac{J_b}{i^2} \right) \sim 0,1 J_m$$

Sredujući relaciju (4), može se sa potrebnom tačnošću, dovoljnom za dalju analizu, uzeti da je:

$$J_p = 1,5 J_m, \text{kgm}^2 \quad (5)$$

Dinamički momenat inercije pokretnih masa transportera

Iz opšte formule za momenat inercije ($J = \frac{m \cdot D^2}{4}$) može se pisati formula za momenat inercije pokretnih masa transportera:

$$J_t = \sum m_i \cdot \frac{D^2}{4 \cdot i^2}, \text{kgm}^2 \quad (6)$$

gde je:

D – prečnik pogonskog bubnja, m

$\sum m_i$ – ukupna masa pokretnih dijelova transportera, kg

m_1 – masa transportovanog materijala

m_2 – masa gumene trake

m_3 – masa nosećih valjaka

m_4 – masa amortizacionih valjaka

m_5 – masa povratnih valjaka

m_6 – masa nepogonskih bubnjeva

m_7 – masa eventualno drugih elemenata, koje pogoni traka svojim kretanjem

Dakle, suština računa je zapravo izračunavanje ukupne pokretne mase transportera, koja se za dalju analizu može računati na sledeći način:

– masa transportovanog materijala

$$m_1 = L \cdot A \cdot \rho, \text{ kg} \quad (7)$$

gde je:

L – dužina transportera, m

A – poprečni profil materijala na traci, a računa se prema [5] kao $A = 0,160 \cdot (0,9B - 0,05)^2 \text{ m}^2$, pri čemu je B (m) širina trake

ρ – gustina materijala na traci, može se uzeti da je prosječno $\rho = 1500 \text{ kg/m}^3$.

Sredivanjem izraza (7) dobijamo da je:

$$m_1 = 240 (0,9 \cdot B - 0,05)^2 \cdot L, \text{ kg} \quad (8)$$

– masa gumene trake

$$m_2 = 2 \cdot L \cdot k_t \cdot B, \text{ kg} \quad (9)$$

gde je:

k_t – faktor koji uzima u obzir površinsku masu gumene trake ($k_t = 60 - 90 \text{ kg/m}^2$ prema [4])

Sredivanjem izraza (9) dobijamo:

$$m_2 = 180 \cdot L \cdot B, \text{ kg} \quad (10)$$

– masa nosećih valjaka

$$m_3 = L \cdot k_{nv} \cdot B, \text{ kg} \quad (11)$$

gde je:

k_{nv} – faktor mase nosećih valjaka ($k_{nv} = 30 \text{ kg/m}^2$ prema [4])

Sredivanjem izraza (11) dobijamo:

$$m_3 = 30 \cdot L \cdot B, \text{ kg} \quad (12)$$

– masa povratnih valjaka

$$m_4 = L \cdot k_{pv} \cdot B, \text{ kg} \quad (13)$$

gde je:

k_{pv} – faktor mase povratnih valjaka ($k_{pv} = 7 - 10 \text{ kg/m}^2$ prema [4])

Sredivanjem izraza (13) dobijamo:

$$m_4 = 10 \cdot L \cdot B, \text{ kg} \quad (14)$$

– masa amortizacionih valjaka

$$m_5 = L \cdot k_{av}, \text{ kg} \quad (15)$$

gde je:

k_{av} = faktor mase amortizacionih valjaka

U odnosu na prosječnu dužinu transportera, uticaj ove mase za transportere duže od 300 m može da se zanemari: $m_5 = 0$

– masa nepogonskih bubnjeva

Uticaj ove mase može da se zanemari: $m_6 = 0$

– masa eventualno drugih uticaja može se u daljem računu zanemariti: $m_7 = 0$

Ukupna masa transportera se dobija nakon sabiranja mase datih u izrazima (8), (10), (12), (14).

Nakon sredivanja, imamo da je:

$$\Sigma m_i = L \cdot B \cdot (194,4 \cdot B + 220), \text{ kg} \quad (16)$$

Na osnovu relacija (6) i (16) momenat inercije pokretnih masa transportera je:

$$J_t = L \cdot B \cdot (194,4 \cdot B + 220) \cdot \frac{D^2}{4 \cdot r^2}, \text{ kgm}^2 \quad (17)$$

Ukupni dinamički momenat inercije transportera dobijamo na osnovu relacija (3), (6) i (16).

$$J = 1,5 \cdot J_m + L \cdot B \cdot (194,4 \cdot B + 220) \cdot \frac{D^2}{4 \cdot r^2}, \text{ kgm}^2 \quad (18)$$

Kinetička energija transportera

Opšti oblik za izračunavanje kinetičke energije transportera dat je izrazom

$$E_k = J \cdot \frac{\omega^2}{2}, \text{ J} \quad (19)$$

Koristeći poznate relacije za kružnu brzinu ω i brzinu transportera V , a zatim relaciju (18), imamo:

$$\omega = \frac{\Pi \cdot n}{30}; V = \frac{D \cdot \Pi \cdot n}{60}; i = \frac{D \cdot \Pi \cdot n}{60 \cdot V} \quad (20)$$

$$E_k = 1,5 J_m + L \cdot B (194,4 \cdot B + 220) \cdot \frac{D^2}{4r^2} \cdot \frac{\pi^2 \cdot r^2}{2 \cdot 30^2}$$

Nakon sređivanja prvog i drugog člana u zagradi, kinetička energija transporterja može da se izrazi na osnovu poznatih parametara motora, odnosno transporterja, kao:

$$E_k = 0,078 \cdot J_m \cdot n^2 + 0,5 \cdot V^2 \cdot L \cdot B \cdot (194,4 \cdot B + 220), \text{J} \quad (21)$$

gde je:

J_m – momenat inercije rotora motora, kgm^2
 n – nominalna brzina motora, min^{-1}
 V – brzina transporterja, m/s
 L – dužina transporterja, m
 B – širina transporterja, m

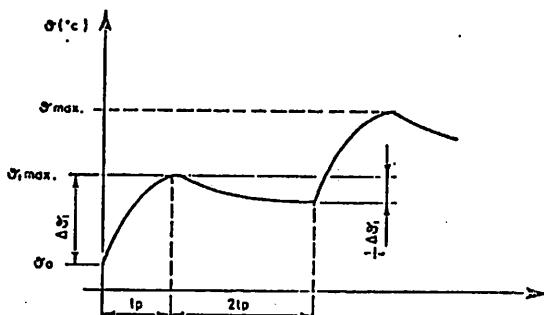
Broj uzastopnih pokretanja

Jedan od veoma važnih kriterija za pravilan izbor HD spojnica i pogona u cijelini je provjera broja uzastopnih pokretanja.

Posmatrajmo zagrijavanje ulja u spojnici kada se motor pokreće dva puta (sl. 3), odnosno, uopšteno, Z puta, pri čemu prepostavljamo da se nakon prvog starta temperatura smanji za $\frac{1}{4}$ postignute.

Može se pisati sledeća relacija:

$$\vartheta_0 + Z \cdot \Delta \vartheta_1 - (Z-1) \cdot \frac{1}{4} \Delta \vartheta_1 = \vartheta_{\max} \quad (22)$$



SL. 3 – Dijagram uz objašnjenje proračuna

Sređivanjem prethodne relacije dobijamo:

$$\Delta \vartheta_1 = \frac{\vartheta_{\max} - \vartheta_0}{\frac{3}{4}Z + \frac{1}{4}} \quad (23)$$

Uvrštavajući relaciju (23) u relaciju (2), ukupan topotni kapacitet spojnica može da se izrazi kao:

$$A_g = Q \cdot \rho \cdot C \cdot \frac{\vartheta_{\max} - \vartheta_0}{\frac{3}{4}Z + \frac{1}{4}} \quad (24)$$

Pošto se sva oslobođena kinetička energija transporterja pretvara u topot u spojnici, izjednačavanjem relacija (21) i (24) nakon sređivanja može da se broj pokretanja Z za jednomotorni pogon izrazi kao:

$$Z = \frac{1}{3} \cdot \frac{4 \cdot Q \cdot \rho \cdot C \cdot (\vartheta_{\max} - \vartheta_0)}{0,078 \cdot J_m \cdot n^2 + 0,5 \cdot V^2 \cdot L \cdot B \cdot (194,4 \cdot B + 220)} - 1 \quad (25)$$

Uzimajući stvarne karakteristike ulja u spojnici: $\vartheta_{\max} = 140^\circ \text{C}$; $C = 1,88 \text{ kJ/kg}^\circ \text{C}$; $\rho = 0,85 \text{ kg/dm}^3$ i koristeći relaciju (25), broj pokretanja Z za k-motorni pogon može da se piše kao:

$$Z = \frac{1}{3} \cdot \frac{k \cdot 6,392 \cdot Q \cdot (140 - \vartheta_0) \cdot 10^3}{k \cdot 0,078 \cdot J_m \cdot n^2 + 0,5 \cdot V^2 \cdot L \cdot B \cdot (194,4 \cdot B + 220)} - 1 \quad (26)$$

PRIMJER

Odrediti broj uzastopnih pokretanja (termičku provjeru spojnica) četvoromotornog pogona transporterja $4 \times 250 \text{ kW}$, koji rade u sprezi sa HD spojnicama Eg-750. Transporter radi u normalnim temperaturnim uslovima okoline ($\vartheta_0 = 20^\circ \text{C}$). Nominalna brzina pogonskih motora $n = 990 \text{ min}^{-1}$, a momenat inercije rotora motora je $J_m = 19 \text{ kgm}^2$. Normalno punjenje spojnica je $Q = 54 \text{ l}$. Transporter ima dužinu $L = 1000 \text{ m}$, širinu $B = 1,8 \text{ m}$, a kreće se brzinom $V = 4,5 \text{ m/s}$.

Uvrštavajući zadate podatke u relaciju (26), dobija se broj uzastopnih pokretanja Z :

$$Z = \frac{1}{3} \left(\frac{4 \cdot 6,392 \cdot 54 \cdot (140 - 20) \cdot 10^3}{4 \cdot 0,078 \cdot 19 \cdot 990^2 + 0,5 \cdot 4,5^2 \cdot 1000 \cdot 1,8 (184,4 \cdot 1,8 + 220)} - 1 \right)$$

$$Z = 3,08 \approx 3$$

Ovaj pogon u pogledu termičkog kriterija zadovoljava. U praksi, broj uzastopnih pokretanja trebalo bi da bude bar 2, računajući da se pokreće potpuno opterećen transporter. Ukoliko to nije moguće postići, korekcije treba vršiti pravilnim izborom veličine spojnica i količine punjenja ulja u spojnici.

Zaključak

Jedan od bitnih kriterija pri izboru i definisanju pogona transportera sa asinhronim kaveznim motorom je termička provjera hidrodinamičke spojnice. Problem se u osnovi svodi na izračunavanje kinetičke energije transportera i toplotnog kapaciteta spojnica, odnosno broja uzastopnih pokretanja pogona. Naša iskustva govore da ovaj kriterij treba posebno uvažavati pri definisanju višemotornog pogona transportera.

SUMMARY

Determination of the Number of Successive Movements of Hydrodynamic Clutches In Multimotor Drive of Large Conveyors

The paper presents the procedure for determination of conveyor kinetic energy and heat capacity of hydrodynamic clutches. This allows the definition of the number of successive movements of hydrodynamic clutches operating together with asynchronous cage motors in the case of multimotor drive of large conveyors.

Literatura

1. Jurković, B., 1978: Elektromotorni pogoni, Školska knjiga, Zagreb
2. Alles, R., 1979: Fördergurt Berechnung, I Izdanje, Continental, Hanover
3. Hodžić, A., 1988: Elektromotorni pogon (EMP) velikih transportera sa gumenom trakom u rudnicima sa površinskom eksploatacijom, magistarski rad, Elektrotehnički fakultet, Sarajevo
4. PHOENIX – Conveyor belts, Conveyor Belt Calculation Manual, Hamburg
5. JUS M.D2.050 – M.D2.070 Transporteri sa gumenom trakom
6. Wolf, M., 1962: Strömungskupplungen und Strömungswandler, Berechnung und Konstruktion, Springer-Verlag
7. Voith-Turbokupplungen in der Fördertechnik, Voith Turbo KG 7180 Crailsheim 1975, tehnička publikacija i katalozi
8. „14. oktobar“ Kruševac – katalog i uputstvo za rukovanje hidrodinamičkim spojnicama

ROTORNI BAGERI I POVRŠINSKI KOPAČI (CSM) NA ISTOM OTKOPNOM POLJU – UPOREDNA ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA DVE TEHNOLOGIJE (sa 2 slike)

Dragoljub Ćirić

Rezime

Na istom otkopnom polju su istraživane mogućnosti postavljanja dve različite tehnologije, upoređene ostvarene vrednosti relevantnih tehno-ekonomskih parametara i razlike između tehnoloških, sigurnosnih i organizacionih faktora. Iz analize dobijenih rezultata proizlazi da tehnologija sa KSM opremom ima prednost nad tehnologijom sa rotornim bagerima.

Uvod

Zbog svojih geoloških, geometrijskih i geotehničkih karakteristika neka ležišta uglja predviđena za površinsko otkopavanje, kao i neka koja se već otkopavaju, ograničavaju racionalo korišćenje postojeće tehnologije sa rotornim bagerima (Sch tehnologija). Uzrok tome je složenost morfologije jalovinskog pokrivača i uglejenog sloja, potreba za selektivnim radom, čvrstoća otkopavanih materijala, komadnost i lepljivost. Pored toga, realne mogućnosti prilagođavanja do sadar razvijenih rotornih bagera ležištima sa takvim karakteristikama su skoro iscrpljene.

Kao doprinos rešavanju tog problema, u poslednje dve decenije je počela da se razvija nova tehnologija otkopavanja površinskih kopova mašinama nazvanim površinski kopači (continuous surface miner – CSM). Do sada je razvijeno i postavljeno u rad više vrsta površinskih kopača (Easi-Miner, KSM, Wirtgen, Barberre grim i drugi) i ostvareni su značajni rezultati [2].

Da bi mogle da se odrede vrednosti relevantnih tehno-ekonomskih parametara u funkciji dve različite tehnologije za otkopavanje

* Ovaj članak je rezultat rada autora na naučnom projektu „Usavršavanje postojećih i osvajanje novih tehnologija sa kontinuiranim radom na površinskim kopovima“ (broj projekta S.2.0310)

istog otkopnog polja izvršena su potrebna istraživanja. U vezi s tim, definisani su objekat, cilj i zadatak istraživanja.

Objekat istraživanja je otkopno polje sa nagibom ugljenog sloja oko 18° i složenom morfolojijom jalovinskog pokrivača, a granica istraživanja ide od otkopne strane polja do odlagališne strane na otkrivci.

Cilj istraživanja je iznalaženje mogućnosti za postavljanje dve različite tehnologije za dobijanje otkrivke na istom otkopnom polju, i to tehnologijom rotornih bagera (Sch tehnologija) i tehnologijom iz familije površinskih kopača izabranim KSM-kopačem (KSM tehnologija).

Zadatak istraživanja je bio da se odrede vrednosti relevantnih tehno-ekonomskih parametara za obe tehnologije i utvrde razlike između tehničkih, sigurnosnih, organizacionih i ekonomskih faktora.

U ovom radu će biti prikazani samo rezultati dobijeni istraživanjima, i to vertikalnom šemom otkopavanja, šemom transporta masa otkrivke, opremom za otkopavanje, odlaganje i transport, pomoćnom opremom, ostvarljivim kapacitetima, upoređenjem relevantnih tehno-ekonomskih parametara, godišnjim fiksnim i specifičnim troškovima.

Oprema za otkopavanje

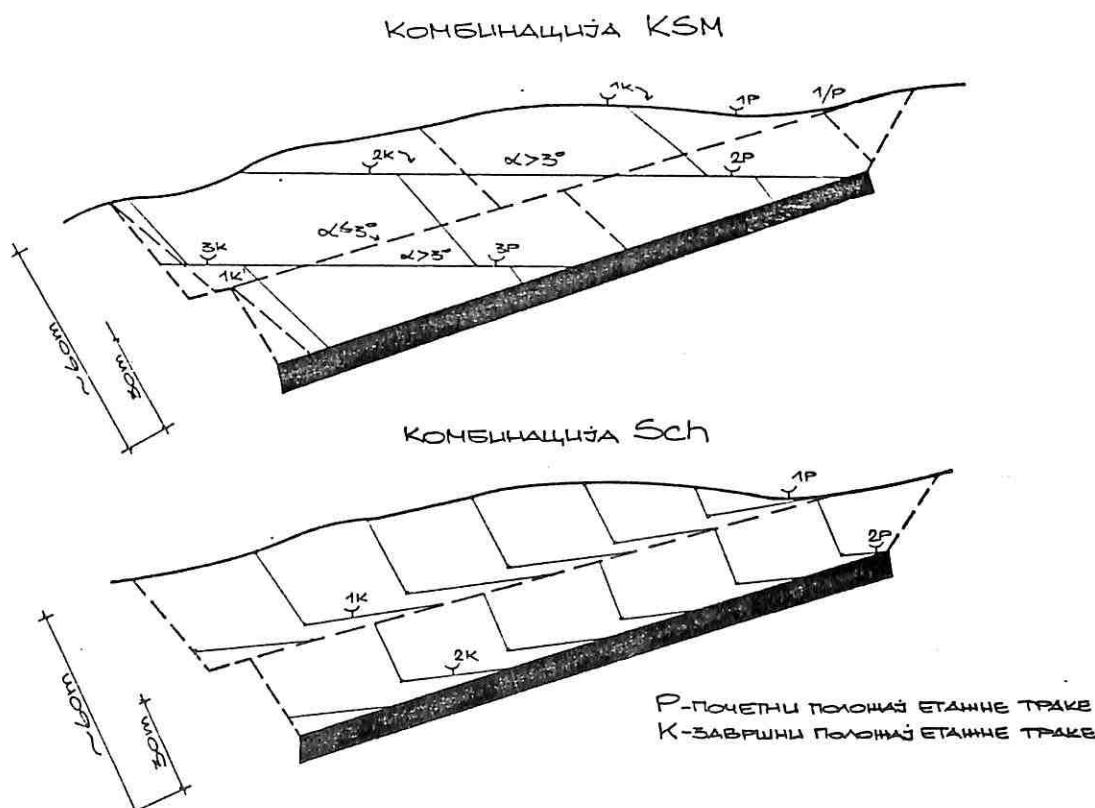
Kombinacija KSM

4 kom. KSM 2000 (3 + 1)

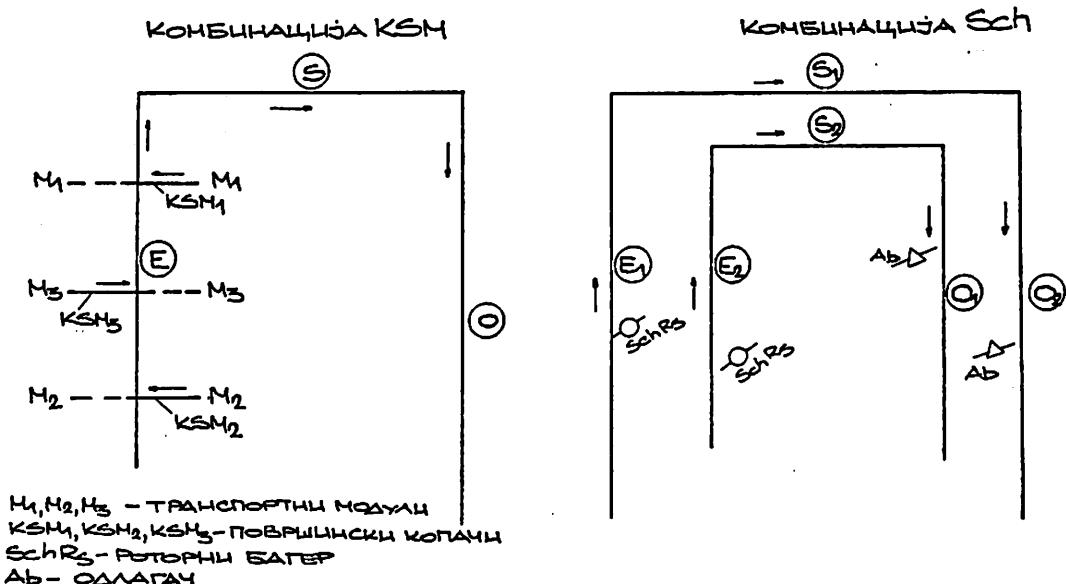
1 kom. odlagača A₂R_sB 8800 · 110

Osnovni tehnički podaci za opremu:

	KSM 2000 A ₂ R _s B 8800	
– teoretski kapacitet, m ³ rm/h	2400	8800
– težina u radu, t	120	2473



Sl. 1. – Vertikalne šeme otkopavanja



Sl. 2. – Šema transporta masa otkrivke

Ukupna masa opreme:

$$4 \cdot 120 = 480$$

$$1 \cdot 2473 = \underline{2473}$$

$$2953 \text{ t}$$

Kombinacija Sch

2 kom. SchR₅ 630

2 kom. odlagača A₂R₅B 5500 · 100

Osnovni tehnički podaci za opremu:

	SchR ₅ 630	A ₂ R ₅ B 5500
– teoretski kapacitet, m ³ rm/h	5000	5500
– težina u radu, t	2874	1595

Ukupna masa opreme:

$$2 \cdot 2874 = 5748$$

$$2 \cdot 1595 = \underline{3190}$$

$$8938 \text{ t}$$

Oprema za transport

Kombinacija KSM

3 kom. modula, širina 1600 mm x 0,3=0,9 km
1,5 km etažne trake (E), širina 1800 mm
2,0 km sabirne trake (S), širina 1800 mm
2,0 km odlagališne trake (O), širina 1800 mm

Ukupna dužina tračnih transporterata:

$$0,9 + 1,5 + 2,0 + 2,0 = 6,4 \text{ km.}$$

Kombinacija Sch

1,5 km etažne trake (E₁), širina 1600 mm
1,3 km etažne trake (E₂), širina 1600 mm
2,0 km sabirne trake (S₁), širina 1600 mm
1,7 km sabirne trake (S₂), širina 1600 mm
1,5 km odlagališne trake (O₁), širina 1600 mm
1,3 km odlagališne trake (O₂), širina 1600 mm

Ukupna dužina tračnih transporterata:

$$1,5 + 1,3 + 2,0 + 1,7 + 1,5 + 1,3 = 9,3 \text{ km}$$

Osnovna pomoćna oprema

Naziv opreme	Kombinacija KSM (kom)	Kombinacija Sch (kom)
Buldozer CAT D8 – H	2 + 1 = 3	4 + 1 = 5
Cevopolagač CAT	2	2
Utovarivač	1	2
Uredaj za čišćenje traka	1	2
Dizalica	1	1

Ostvarljivi srednji časovni kapaciteti opreme

Kombinacija KSM

Za faktor rastresitosti Kr = 1,0:

$$Q_{\text{teo}}^{\text{č}} = \frac{2400}{1,3} = 1846,1 \text{ m}^3 \text{čm/h}$$

Za koeficijent iskorišćenja teoretsko-časovnog kapaciteta K₁ = 0,7 ostvarljivi časovni kapacitet će biti:

$$Q_{\text{ost}} = 1846,1 \times 0,7 = 1292,3 \text{ m}^3 \text{čm/h}$$

Kombinacija Sch

Za Kr = 1,3 biće:

$$Q_{\text{teo}}^{\text{č}} = 5000 : 1,3 = 3846,1 \text{ m}^3 \text{čm/h}$$

Za K₁ = 0,6 ostvarljivi časovni kapacitet će biti:

$$Q_{\text{ost}} = 3846,1 \times 0,6 = 2307,6 \text{ m}^3 \text{čm/h.}$$

Ostvarljivi godišnji kapaciteti kombinacija

Kombinacija KSM

Za ostvarljivi godišnji fond časova rada T_{god} = 4300 časova (računajući da rade stalno 3 kom. KSM, a da je 1 kom. stalno van proizvodnje) biće:

$$Q_{\text{god}} = 3 \times 1292,3 \times 4300 = 16.670.670 \text{ m}^3 \text{čm/god.}$$

Kombinacija Sch

Za T_{god} = 3900 časova biće:

$$Q_{\text{god.}} = 2 \times 2307,6 \times 3900 = 17.999.280 \text{ m}^3 \text{čm/god.}$$

Za koeficijent otkrivke U:J = 1:6 biće otkrivene sledeće količine uglja:

- kombinacija KSM 2.778.445 t uglja/god.
- kombinacija Sch 2.999.880 t uglja/god.

Godišnji i specifični fiksni troškovi kombinacija

A. Troškovi za postavljenu opremu

Polazni podaci

Cene:

1 kg KSM = 20 \$

1 kg SchR_s 630 = 7 \$

1 kg konstrukcije trake B = 1800 m/m

= 3 \$/kg

(težina konstrukcije traka: B = 1800 m/m

= 685 kg/m'; B = 1600 m/m = 613 kg/m')

gume za traku: B = 1800 m/m = 719 \$/m';

B = 1600 m/m = 643 \$/m'

1 kg odlagača A₂R_sB 8800 · 110 = 7,5 \$/kg

1 km modula (pokretni transporter) =
= 4 · 10⁶ \$

Cena kompletne trake za 1 km:

B = 1800 = 3.493.000 \$

B = 1600 = 3.125.000 \$

Buldozer CAT D8H = 300.000 \$, cevopolagač CAT = 380.000 \$, utovarivač CAT = 400.000 \$, uredaj za čišćenje traka = 300.000 \$, dizalica = 350.000 \$

Usvojene vrednosti parametara za proračun:

p _A ^B = 0,12	– godišnja stopa amortizacije za bager
p _A ^{KSM} = 0,20	– godišnja stopa amortizacije za KSM
p _G ^A = 0,33	– godišnja stopa amortizacije za gumu trake
p _M ^A = 0,125	– godišnja stopa amortizacije za čeličnu konstrukciju trake
p _M ^O = 0,07	– godišnja stopa za tekuće održavanje čelične konstrukcije trake
p _G ^C = 0,105	– godišnja stopa za tekuće održavanje gume trake
n _T = 4	– broj radnika na 1 km tračnog transportera
n _B = 1	– broj radnika na bageru
S = 1068	– broj smena godišnje
D = 16,8 \$	– lični dohodak po radniku za 1 smenu
L _T =	– dužina trake
E = 1,18 –	– rashod radne snage
f = 1,3 –	– koeficijent izdvajanja i naknade (stručne službe, zajednička potrošnja i sl.)

Upoređenje relevantnih tehničkih, ekonomskih, sigurnosnih i organizacionih faktora kombinacija

	Kombinacija KSM	Kombinacija Sch
– Pripremni radovi na otvaranju kopa (izrada trasa, montažni plac, objekti za snabdevanje el. energijom)	jednostavniji i manji obim +	složeniji i veći obim –
– Prateći objekti (radionice, skladišta, zgrade i dr.)	jednostavniji i manji po obimu +	složeniji i veći po obimu –
– Način otvaranja otkopnog polja	jednostavniji i sa osnovnom opremom +	složeniji i treba pomoćna oprema (za izradu useka i sl.) –
– Obim radova na otvaranju	veći (zapremina otkopavanih masa) –	manji (zapremina otkopanih masa) +
– Vreme trajanja otvaranja	kraće +	duže –
– Raspoloživo vrijeme	jednostavniji, nema potrebe za strogim odnosom među etažama +	složeniji, potreban strogi odnos među etažama –
– Formiranje etaža	jednostavnije +	složenije –
– Konstrukcija niveleta etaža	jednostavnija +	složenija i niveleta se stalno spušta –
– Synchronizovanje razvoja fronta otkopavanja	jednostavnije +	složenije –
– Stabilnost radnih i završnih kosina	veća +	manja –
– Formiranje i povezivanje transportnih puteva	jednostavnije +	složenije –
– Ulaganje u opremu	manja +	veća –
– Potrebna radna snaga	manja +	veća –
– Izrada čeone završne kosine	složenija –	jednostavnija +
– Fiksni troškovi	manji +	veći –
– Ostvarljivi fond časova rada	veći +	manji –
– Otkrivene godišnje količine uglja	manje –	veće +
– Cena koštanja	manja +	veća –

B. Ukupni godišnji fiksni troškovi bagerovanja

$$T_{BF} = I_B (p_A + p_I + p_{BO} + p_k) + e \times f \times s \times D \times n$$

– Kombinacija KSM ($I_B = 9.600.000 \$$) $p_a^{km} \times 0,20$

$$T_{BF}^{KSM} = 9.600.000 (0,20 + 0,04 + 0,06 + 0,09) + 1,18 \times 1,3 \times 1068 \times 16,8 \times 4 = 9.600.000 (0,39) + 110.094,5 = 3.744.000 + 110.094,5 = 3.854.094,5 \$$$

– Kombinacija Sch

$$T_{BF}^{Sch} = 40.236.000 \times (0,31) + 110.094,5 = 12.473.160 + 110.094,5 = 12.583.254,5 \$$$

C. Ukupni godišnji fiksni troškovi transporta

$$T_{NF} = I_M (p_{MA} + p_{MO}) + I_G (p_{GA} + p_{GD}) + I_T (p_I + p_k) + e \times f \times S \times D \times n \times L_T \times 10^3$$

– Kombinacija KSM

$$T_{NF}^{KSM} = 13.152.000 (0,195) + 9.059.400 (0,435) + 22.211.400 (0,13) + 1,18 \times 1,3 \times 1068 \times 4 \times 6300 \times 0,001 = 10.105.250 \$$$

– Kombinacija Sch

$$T_{NF}^{Sch} = 17.102.700 (0,195) + 11.959.800 (0,435) + 29.062.500 (0,13) + 1,8 \times 1,3 \times 1068 \times 16,8 \times 4 \times 9300 \times 0,001 = 3.335.026 + 5.202.513 + 3.778.125 + 1.023879 = 13.339.543 \$$$

D. Ukupni godišnji fiksni troškovi odlaganja

$$T_{OF} = I_o (p_A + p_I + p_{OO} + p_k) + e \times f \times S \times D \times n$$

– Kombinacija KSM

$$T_{OF}^{KSM} = 18.547.500 (0,12 + 0,04 + 0,07 + 0,09) + 1,18 \times 1,3 \times 1068 \times 16,8 \times 2 = 5.935.200 + 55.047 = 5.990.247 \$$$

Naziv opreme	Kombinacija KSM	Kombinacija Sch
KSM	4 kom. x 120.000 x 20 = 9.600.000 \$	
A2rSb 8800	1 kom. x 2.473.000 x 7,5 = 18.547.500 \$	
Trake 1800	5,5 km. x 3.493.000 = 19.211.500 \$	
Model	0,9 km. x 4.000.000 = 3.600.000 \$	
SchRs 630		2 x 2.874.000 x 7\$ = 40.236.000 \$
A2RsB 5500		2 x 1.595.000 x 7,5 \$ = 23.925.000 \$
Trake 1600		9,3 km x 3.125.000 \$ = 29.062.500 \$
Buldozer CAT D8H	3 kom x 300.000 \$ = 900.000 \$	5 kom x 300.000 \$ = 1.500.000 \$
Cevopolagač	2 kom x 380.000 \$ = 760.000 \$	2 kom x 380.000 \$ = 760.000 \$
Utovarivač	1 kom x 400.000 \$ = 400.000 \$	2 kom x 400.000 \$ = 800.000 \$
Uredaj za čišćenje traka	1 kom x 300.000 \$ = 300.000 \$	2 kom x 300.000 \$ = 600.000 \$
Dizalica	1 kom x 350.000 \$ = 350.000 \$	1 kom x 3500.000 \$ = 350.000 \$
UKUPNO:	53.669.000 \$	97.233.500 \$

– Kombinacija Sch

$$T_{Sch}^{Sch} = \frac{23.925.000}{OF} (0,32) + 110.094 = 7.656.000 + 110.094 = 7.766.094 \$$$

Cena 1 m³čm otkrivke dobijene kombinacijom KSM je manja oko 36% u odnosu na kombinaciju Sch.

E. Ukupni godišnji fiksni troškovi proizvodnje otkrivke

- Kombinacija KSM $\Sigma FT = 3.854.094 + 10.105.250 + 5.990.247 = 19.949.591 \$$
- Kombinacija Sch $\Sigma FT = 12.583.254 + 13.339.543 + 7.766.094 = 33.688.891 \$$

F. Specifični fiksni troškovi proizvodnje otkrivke

- Kombinacija KSM

$$\frac{\Sigma FT}{Q_{god}} = \frac{19.949.591}{16.670.670} = 1,1966 \$$$

1,1966 \$/m³čm

- Kombinacija Sch

$$\frac{\Sigma FT}{Q_{god}} = \frac{33.688.891}{17.999.280} = 1,8716 \$$$

1,8716 \$/m³čm

Zaključak

Na osnovu dobijenih rezultata i upoređenja relevantnih tehnno-ekonomskih parametara nedvosmisleno proizlazi da je racionalnije otkopavanje otkrivke u otkopnom polju tehnologijom površinskih kopača KSM-2000. Ovu konstataciju potvrđuju sledeće činjenice:

- osigurane su rezerve u kapacitetu od 25%
- ulaganja za opremu su manja za 44,8%
- specifični fiksni troškovi proizvodnje otkrivke su manji za 36%

odnosno, cena 1 m³čm otkrivke dobijena tehnologijom KSM-2000 je manja za oko 36% u odnosu na tehnologiju otkopavanja rotornim bagerima.

Pored iznetih činjenica, sasvim je sigurno da su kod primene tehnologije KSM-2000 ulaganja za objekte infrastrukture i troškovi energije i materijala za proizvodnju neuporedivo manji nego kod primene tehnologije rotornih bagera u istom ležištu uglja.

SUMMARY

Bucketwheel and Continuous Surface Miners (CSM) on the Same Mining Field – Comparative Analysis of Results of the Two Technologies

On the same mining field investigations were made on the possibility of implementation of two different technologies and a comparison was made between the realized values of relevant techno-economic parameters and differences between technological, safety and organizational factors. Analysis of realized results indicates that the technology using CSM equipment has an advantage over that using bucketwheel excavators.

Literatura

1. Vogt, W., 1987: Technischer Stand und Entwicklungsmöglichkeiten der fräsenden Gewinnung in Kulturtagebauen, Braunkohle No. 5/87
2. Sagner, R., Willnauer, H., 1990: Weiterentwicklung der kontinuierlichen Tagebautechnologie für feste Materialien, Braunkohle No. 3/90
3. Stojanović, D., 1980: Doprinosi metodologiji izboru tračnog transportera za odvoz jalovine od bagera glodara u uslovima naših površinskih otkopa lignita, disertacioni rad
4. Ćirić, D., Niemandelius, C., 1991: Studija o mogućnosti postavljanja KSM tehnologije na površinskom kopu Ugljevik

TRANSPORT RUDE I JALOVINE U RUDNIKU ĐURAKOV DO (sa 1 slikom)

Nebojša Popović

Rezime

U članku je obrađen proračun transporta rude i jalovine, kao jedne od ključnih faza tehnološkog procesa proizvodnje rude, sa ciljem da on bude tehnički i organizaciono tako rešen, da ne predstavlja usko grlo u procesu proizvodnje.

Za utvrđivanje parametara transporta su korišćeni matematički programi i na kompjuteru je obrađen veći broj varijanata, od kojih je izabrana najpovoljnija.

Uvođenje novih kompjuterskih sistema za rešavanje tehničkih problema u podzemnoj eksploataciji, kao što su razne varijante transporta, omogućuje brzi rad i napredak u ovoj oblasti, dobijanje kvalitetnijih tehničkih rešenja i skraćivanje vremena za njihovu izradu.

Uvod

Boksitno područje Crne Gore je najbogatija boksitna zona u Jugoslaviji. Po količini boksite u jednom ležištu spada u najveća boksitna ležišta u Evropi. Po geološkoj starosti ležišta pripada trijasu i juri. Zaleganje je dosta blago i pogodno za masovnu eksploataciju. Najveća koncentracija ležišta je oko grada Nikšića, na lokalitetu Nikšićke župe.

U početku eksploatacije otkopavanje je vršeno površinskim kopovima, da bi se kasnije prešlo i na podzemnu eksploataciju. Od

površinskih kopova su poznati Zagrad, Štitovo, Đurakov Do i dr., a od podzemnih je najpoznatija jama Biočki Stan.

U poslednje vreme se udeo podzemne eksploatacije u ukupnoj proizvodnji stalno povećava, a to je omogućeno otvaranjem novih jama i povećanjem proizvodnje u postojećoj.

Rezultat takve orijentacije je otvaranje jame Đurakov Do.

Jama Đurakov Do se nalazi severno od postojeće jame Biočki Stan i otkopavače rudni blok I ovoga ležišta, koji zaleže između kota k. + 1420,0 i k. + 1360,0 (m).

Jama Đurakov Do je otvorena iz jame Biočki Stan na hor. 1360,0 m i sa površine servisnim niskopom iz kopa Đurakov Do – blok II.

Jama Đurakov Do je servisnim oknom povezana sa glavnim izvoznim hodnikom (GIH) na hor. 1360,0 koji je povezan sa glavnim smernim hodnikom (GSH). Krajevi GSH su ventilacionom oknom br. 5 (VO-5) i ventilacionim uskopom VU-1 povezani sa površinom (sl. 1).

GSH sa pojedinim podetažama povezuje 9 servisnih niskopa – rampi (R), kojima je savladana visinska razlika od 60,0 m. Pored niskopa, GSH sa pojedinim podetažama povezuju 3 jalovinsko-rudne (JRS), 5 rudnih (RS) i 5 jalovinskih (JS) sipki. Na svakoj podetaži je izrađen smerni podetažni hodnik (SPeH), iz koga se u zavisnosti od dužine podetaže na svakih 8,0 m izrađuju otkopni hodnici (OH).

Otkopavanje bloka I počinje od podetaže 1420,0 m odozgo nadole po principu modifikovane podetažne metode sa zarušavanjem krovine.

U ovom članku će biti prikazani organizacija i proračun transporta rude i jalovine od radilišta i otkopa u jami do servisnog okna, kao i prevoza ljudi i repromaterijala od servisnog okna do jame i obrnuto, uz primenu matematičkog programa i uz korišćenje kompjutera.

Ulagani podaci

Godišnji kapacitet rudnika Đurakov Do je projektovan na 200.000 t/god. rovne rude i 13.250 t/god. jalovine, što ukupno iznosi 213.250 t. Godišnji fond radnog vremena iznosi 265 radnih dana, u dve smene po 8 h.

Prema tome, u toku jedne godine potrebno je ostvariti:

- | | |
|---------------------|------------------|
| – smenski kapacitet | od 400 t rude |
| – dnevni kapacitet | od 800 t rude |
| – smenski kapacitet | od 25 t jalovine |
| – dnevni kapacitet | od 50 t jalovine |

60 radnika će se prevoziti u jednom pravcu.

Zapreminska masa rovne rude i jalovine iznosi 1,8 t/m³ pri koeficijentu rastresitosti K_r = 1,6.

Količina reprodukcionog materijala koji je potrebno transportovati dat je u tablici 1.

Transport reprodukcionog materijala je uklapljen u organizaciju celokupnog transporta, a obavlja ga posebna grupa radnika po hor. 1360,0 m, u vreme kada se ne obavlja transport rude.

Transportna oprema

Prilikom izbora tipova i količine transportne opreme uzeto je u obzir da treba prvenstveno da se koristi oprema kojom Rudnik boksita Nikšić već raspolaze, a u slučaju da se mora nabaviti nova oprema – preporučuje se unifikacija.

Sve tehničke karakteristike transportne opreme unete su pre proračuna u bazu podataka i korišćene u proračunu.

Za potrebe šinskog transporta koristiće se sledeća transportna oprema:

- električna trolna lokomotiva tipa K-10 (SSSR)
- vagoni sa bočnim istresanjem tipa UVB-1,6 ili VB-2,5 (SSSR)
- ispravljačka podstanica tipa ATP-500 (SSSR)
- vagoni za prevoz ljudi tipa B.1 – 5 (SSSR)
- servisno vozilo na dizel pogon tipa HF-PE 14/18
- transportna oprema za specijalni transport
- za utovar i odvoz rude i jalovine na podetažama koristiće se utovarno-transportne mašine na dizel pogon (zapremirja kašike 2 m³); potreban broj je određen proračunom odvoza rude i jalovine u fazi otkopavanja.

Pod specijalnim transportom se podrazumeva transport eksplozivnih sredstava, dizel goriva i maziva od magacina i skladišta na površini do onih u jami.

Dimenzionisanje koloseka je izvršeno na osnovu tehničkih karakteristika lokomotive, broja vagona i maksimalnog opterećenja putnog voza.

Tablica 1

	Normativ	Mera	God. potrošnja	Mesečna potrošnja
Eksploziv	0,227	kg/t	48.408,0	4.034,0
Detonirajući štapin	0,480	m/t	102.360,0	8.530,0
Električni detonatori	0,212	kom/t	45.209,0	3.767,0
Bušače krune	0,000156	kom/t	31,0	2,8
Bušače šipke	0,00035	kom/t	74,6	6,2
Usadnici	0,00035	kom/t	74,6	6,2
Spojnice	0,00015	kom/t	32,0	2,7
Monoblok dleta	0,000175	kom/t	37,0	3,0
Nafta	0,864	kg/t	184.248,0	15.354,0
Mazivo	0,12	kg/t	25.590,0	2.132,5
Električna energija	3,50	kWh/t	746.375,0	62.198,0
Gume za utovarače	0,000168	kom/t	36,0	3,0
Gume za bušilice	0,0005	kom/t	107,0	9,0
Gume za kamione	0,000075	kom/t	16,0	1,3
Sidra	0,04	kom/t	8530,0	711,0
Čelična mreža	0,060	kg/t	12795,0	1066,0
Jamska grada	0,0001	m ³ /t	21,0	1,8
Okorci	0,0003	m ³ /t	64,0	5,3

Šema transporta i proračun

Ruda sa otkopa i jalovina sa pripreme se odvozi utovarno-transportnim mašinama kroz otkopne i smerne hodnike na podetaži do rudnih i jalovinskih sipki, kroz koje se spušta na nivo hor. 1360,0 m. Tu se istače u vagone i transportuje i istresa u centralnu rudnu, odnosno jalovinsku sipku (CRS-1 i CJS-1) u zoni servisnog okna.

Kroz ove sipke ruda i jalovina se spuštaju na nivo horizonta 1220,0 m, gde se istaču u kamione i kroz potkop Seoca II boksit se transportuje do Nikšića, a jalovina do odlagališta na površini.

Osnovna karakteristika ovoga proračuna je postojanje velikog broja varijanata (prema dužini transporta), zavisno od toga iz koje sipke (JS ili RS) se vagoni pune rudom ili jalovinom. Za sve moguće varijante su usvojene tri trase i za njih su urađena varijantna rešenja transporta.

TRASA I

Utvodno mesto ispod sipki:

JS₁, RS₁, JRS₁, JS₂, RS₂, JFS₂

TRASA II

Utvodno mesto ispod sipki:

JRS₃, JS₃, RS₃

TRASA III

Utvodno mesto ispod sipki:

JS₄, RS₄, JS₅, RS₅

U praksi će svaka od ovih sipki biti utovarivo mesto, međutim, za proračun će se koristiti najnepovoljniji slučajevi i to za:

I trasu – utovarno mesto RS₂

II trasu – utovarno mesto RS₃

III trasu – utovarno mesto RS₄.

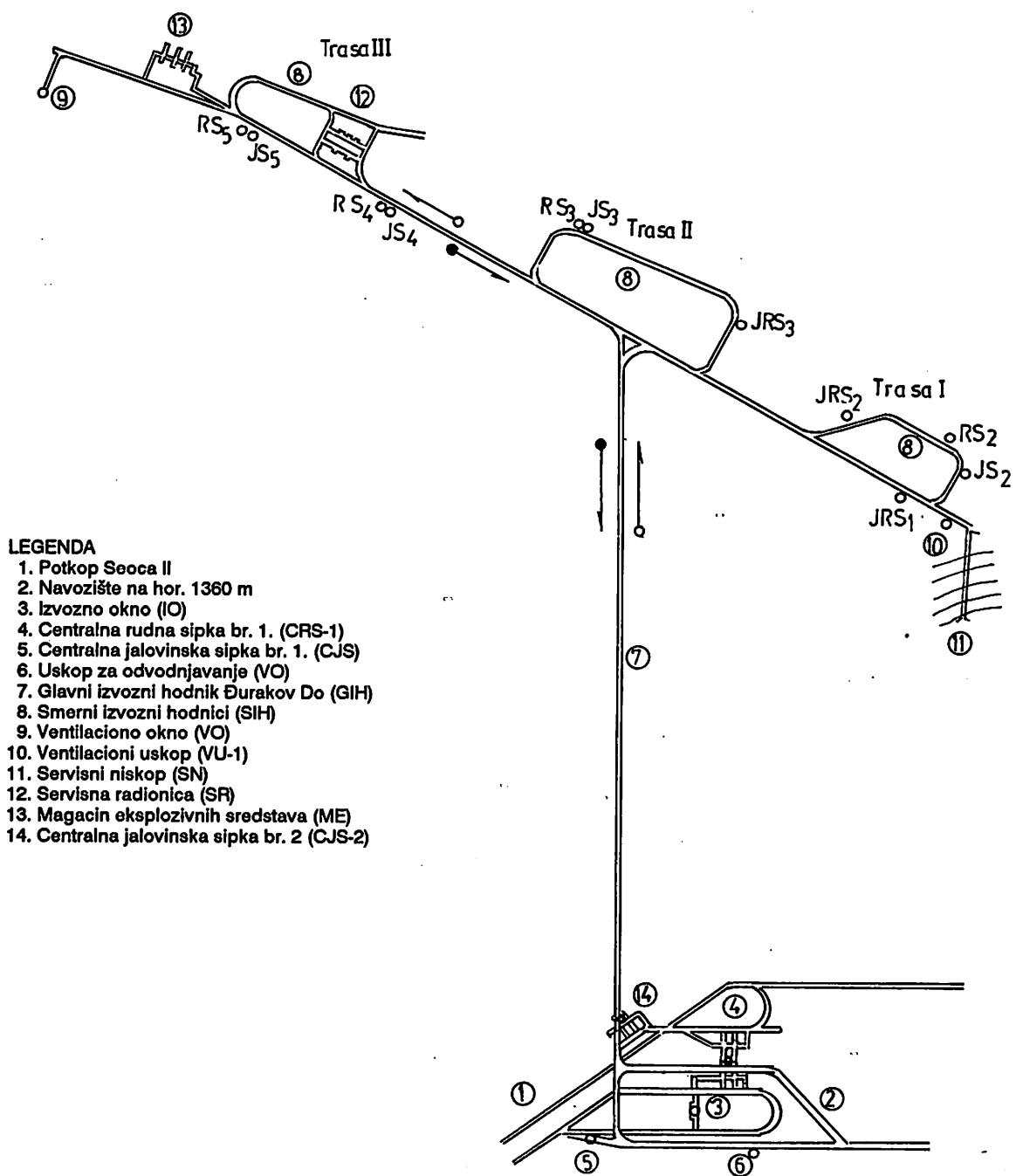
Dužine pojedinih trasa su:

$$L = L_{pv} + L_{pr}$$

gde je:

L_{pv} – dužina trase punog voza

L_{pr} – dužina trase praznog voza



Sl. 1 – Šema transporta rude i jalovine u jami Đurakov Do

$$L_1 = 1866,0 + 2213,0 = 4079,0 \text{ m}$$

$$L_{II} = 1723,0 + 2168,0 = 3891,0 \text{ m}$$

$$L_{III} = 1933,0 + 2378,0 = 4311,0 \text{ m}$$

Proračun transporta rude i jalovine je izvršen na kompjuteru. Obradene varijante su date u tablici 2.

Tablica 2.

Podaci i trasa	I varijanta	II varijanta	III varijanta	IV varijanta
1. Lokomotiva	K – 10	K – 10	K – 10	K – 10
2. Vagoni	UVB – 1,6	UVB – 1,6	UB – 2,5	UB – 2,5
3. Kapacitet	425,0 t/sm	285,0 t/sm	425,0 t/sm	285,0 t/sm
4. Broj smene	2 smene	3 smene	2 smene	3 smene
I TRASA	*			
II TRASA		*		
III TRASA	*	*	*	*

U tablici 3 su dati rezultati za obradene varijante transporta po pojedinim trasama.

Proračun je izrađen prvo za najnepovoljniju trasu (III) u 4 varijante, a zatim su one primenjene i na ostale 2 trase.

Analiziranjem rezultata proračuna može se zaključiti sledeće:

Varijanta I (trasa III)

Ova varijanta je nepovoljna zbog velikog broja vozova. Za transport rude i jalovine potrebna su 3 voza i 13 vagona, a teško je tehničko organizovanje transporta sa 3 voza po 5 ciklusa vožnji u jednoj smeni, u dvosmennskom sistemu rada u toku jednog dana. Zaključeno je da je ova varijanta nepovoljna, pa nije vršen proračun transporta za ostale dve trase (I i II).

Varijanta II (trasa I, II i III)

Ova varijanta predstavlja najpovoljniju varijantu zato što se sa dva voza i 13 vagona u 3 smene dnevno, sa po 5 ciklusa vožnji u jednoj smeni, može postići projektovani kapacitet proizvodnje rovne rude i jalovine. Pored toga, ova varijanta zadovoljava i za ostale dve trase, što se može videti iz podataka dobijenih pro-

računom, koji su približno jednaki za sve tri trase. Kao najpovoljnije rešenje predlaže se ova varijanta transporta.

Varijanta III (trasa III) i varijanta IV (trasa III)

Ove dve varijante su urađene za slučaj da se za transport rude koriste vagoni VB – 2,5.

Obe varijante su vrlo povoljne i zadovoljavaju i za transport po drugim dvema trasama.

S obzirom da varijante II i III (odnosno i varijanta IV) zadovoljavaju sve tehničke uslove transporta, definitivna odluka će zavisiti od mogućnosti pribavljanja transportne opreme za jednu ili drugu varijantu.

Radna snaga i učinci

Za transport rovne rude i jalovine potrebna je sledeća radna snaga:

- 2 KV vozača lokomotive
 - 2 PK pratioca voza
 - 1 KV radnik na utovaru rude i jalovine u vagonu
 - 1 KV radnik na istovaru rude i jalovine iz vagona
 - 1 SSS radnik za nadzor
- 7 radnika (4 KV + 2 PK i 1 SSS) u smeni

Učinak na transportu rude i jalovine u jami rudnika Đurakov Do po hor. 1360,0 m po usvojenoj varijanti je:

$$U_r = \frac{Q_e}{n} = \frac{285 \text{ t}}{7 \text{ rad.}} = 41,0 \text{ t/nadn. (0,025 nadn/t)}$$

Tablica 3

	Varijanta II, trasa I	Varijanta II, trasa II	Varijanta I, trasa III
1. Elementi trase	(RS ₂ – CRS ₁ – RS ₂)	(RS ₃ – CRS ₁ – RS ₃)	(RS ₅ – CRS ₁ – RS ₅)
Dužina trase punog voza	$l_p = 1368,00 \text{ m}$	$l_p = 1723,00 \text{ m}$	$l_p = 1933,40 \text{ m}$
Dužina trase praznog voza	$l_u = 2213,00 \text{ m}$	$l_u = 2168,00 \text{ m}$	$l_u = 2378,85 \text{ m}$
Prosečni pad trase punog voza	$i_p = -3,75\%$	$i_p = -3,68\%$	$i_p = -3,71\%$
Prosečni pad trase praznog voza	$i_p = +3,16\%$	$i_p = +3,11\%$	$i_p = +3,14\%$
Max pad trase punog voza	$i_m = -4,00\%$	$i_m = -4,00\%$	$i_m = -4,00\%$
Max pad trase praznog voza	$i_m = +4,11\%$	$i_m = +4,00\%$	$i_m = +4,00\%$
Kapacitet transporta:			
ruda – jalovina	$A_u = 285,00 \text{ t/smeni}$	$A_u = 285,00 \text{ t/smeni}$	$A_u = 425,00 \text{ t/smeni}$
Karakteristike tereta			
– zapreminska masa rude i jalovine	$f = 1,80 \text{ t/m}^3$		
2. Transport rude i jalovine			
Broj vagona u vozu:	$n_v = 13,00 \text{ vagona}$	$n_v = 13,00 \text{ vagona}$	$n_v = 13,00 \text{ vagona}$
Masa praznog voza	$G_u = 23,62 \text{ t}$	$G_u = 23,62 \text{ t}$	$G_u = 23,62 \text{ t}$
Masa punog voza	$G_p = 56,57 \text{ t}$	$G_p = 56,57 \text{ t}$	$G_p = 56,57 \text{ t}$
Vučna sila – prazan voz	$F_u = +4671,84 \text{ N}$	$F_u = +4657,56 \text{ N}$	$F_u = +4668,84 \text{ N}$
Vučna sila – pun voz	$F_p = +2773,50 \text{ N}$	$F_p = +2816,52 \text{ N}$	$F_p = +2798,56 \text{ N}$
Brzina vožnje praznog voza	$v_u = 8,77 \text{ km/h}$	$v_u = 8,78 \text{ km/h}$	$v_u = 8,77 \text{ km/h}$
Brzina vožnje punog voza	$v_p = 8,63 \text{ km/h}$	$v_p = 9,61 \text{ km/h}$	$v_p = 9,62 \text{ km/h}$
Vreme vožnje praznog voza	$t_u = 16,00 \text{ min.}$	$t_u = 18,00 \text{ min.}$	$t_u = 17,00 \text{ min.}$
Vreme vožnje punog voza	$t_p = 12,00 \text{ min.}$	$t_p = 11,00 \text{ min.}$	$t_p = 13,00 \text{ min.}$
Vreme manevrisanja	$t_m = 25,00 \text{ min.}$	$t_m = 25,00 \text{ min.}$	$t_m = 25,00 \text{ min.}$
Ukupno vreme vožnje	$t_u = 53,00 \text{ min.}$	$t_u = 54,00 \text{ min.}$	$t_u = 55,00 \text{ min.}$
Struja kod vožnje praznog voza	$l_u = 61,57 \text{ A}$	$l_u = 61,48 \text{ A}$	$l_u = 61,54 \text{ A}$
Struja kod vožnje punog voza	$l_p = 46,13 \text{ A}$	$l_p = 46,61 \text{ A}$	$l_p = 46,41 \text{ A}$
Efektivna struja	$l_e = 44,38 \text{ A}$	$l_e = 45,38 \text{ A}$	$l_e = 45,08 \text{ A}$
Put kočenja praznog voza	$l_u = 5,86 \text{ m}$	$l_u = 5,88 \text{ m}$	$l_u = 5,98 \text{ m}$
Put kočenja punog voza	$l_p = 16,45 \text{ m}$	$l_p = 16,38 \text{ m}$	$l_p = 16,41 \text{ m}$
Potreban broj vožnji	$n_v = 10,00 \text{ vožnji}$	$n_v = 10,00 \text{ vožnji}$	$n_v = 15,00 \text{ vožnji}$
Vožnja ljudi	$n_v = 1,00 \text{ vožnji}$	$n_v = 1,00 \text{ vožnji}$	$n_v = 1,00 \text{ vožnja}$
3. Zbirni parametri trase			
Ukupan broj vožnji na trasi	$b_v = 11,00 \text{ vožnji}$	$b_v = 11,00 \text{ vožnji}$	$b_v = 16,00 \text{ vožnji}$
Ukupan broj vozova na trasi	$b_v = 2,00 \text{ voza}$	$b_v = 2,00 \text{ voza}$	$b_v = 3,00 \text{ voza}$
Broj radnih lokomotiva	$l_r = 2,00 \text{ lok.}$	$l_r = 2,00 \text{ lok.}$	$l_r = 3,00 \text{ lok.}$
Zbimi parametri transporta:			
Broj vozova:	$VV = 2,00 \text{ voza}$	$VV = 2,00 \text{ voza}$	$VV = 3,00 \text{ voza}$
Broj radnih lokomotiva	$BL = 2,00 \text{ lok.}$	$BL = 2,00 \text{ lok.}$	$BL = 3,00 \text{ lok.}$
Broj rezervnih lokomotiva	$RL = 1,00 \text{ lok.}$	$RL = 1,00 \text{ lok.}$	$RL = 1,00 \text{ lok.}$
Ukupan broj lokomotiva	$UL = 3,00 \text{ lok.}$	$UL = 3,00 \text{ lok.}$	$UL = 4,00 \text{ lok.}$

Napomena: Za vožnju ljudi u oba smera važe vrednosti za pun voz

SUMMARY

Ore and Waste Transport In Mine Djurakov Do

The paper deals with calculation of ore and waste transport as one of the major stages in ore winning process in order to make it technically and organizationally solved so that it does not represent a bottleneck in the winning process.

Mathematical programs were used for determination of transport parameters, and a number of alternatives was processed by a computer and the most favorable one was selected.

Introduction of new computer systems for solution of technical problems in underground mining such as different transport alternatives will afford faster operation and improvement in this area, as well as obtaining better technical solution and less time for their preparation.

Tablica 3

Varijanta II, trasa III	Varijanta III, trasa III	Varijanta IV, trasa III	Vožnja ljudi trasa III
(RS ₅ – RS – RS ₅)			
I _p = 1933,40 m	I _p = 1933,40 m	I _p = 1933,40 m	
I _u = 2378,65 m	I _u = 2378,65 m	I _u = 2378,65 m	
i _p = - 3,71 %	i _p = - 3,71 %	i _p = - 3,71 %	
i _p = + 3,14 %	i _p = + 3,14 %	i _p = + 3,14 %	
i _m = - 4,00 %	i _m = - 4,00 %	i _m = - 4,00 %	
i _m = + 4,00 %	i _m = + 4,00 %	i _m = + 4,00 %	
A _u = 285,00 t/smeni	A _u = 425,00 t/smeni	A _u = 285,00 t/smeni	
n _v = 13,00 vagona	n _v = 11,00 vagona	n _v = 11,00 vagona	n _v = 4,00 vagona
G _u = 23,62 t	G _u = 24,09 t	G _u = 24,09 t	G _u = 14,00 t
G _p = 56,57 t	G _p = 67,65 t	G _p = 67,65 t	G _p = 14,00 t
F _u = + 4666,84 N	F _u = + 4730,85 N	F _u = + 4730,85 N	F _u = + 2624,28 N (p = + %)
F _p = + 2798,56 N	F _p = + 3264,06 N	F _p = + 3264,06 N	F _p = + 1008,85 N (p = - %)
v _u = 8,77 km/h	v _u = 8,75 km/h	v _u = 8,75 km/h	v _u = 9,71 km/h (p = + %)
v _p = 8,62 km/h	v _p = 9,40 km/h	v _p = 9,40 km/h	v _p = 10,55 km/h (p = - %)
t _u = 17,88 min.	t _u = 17,00 min.	t _u = 17,00 min.	t _u = 15,00 min. (p = + %)
t _p = 13,00 min.	t _p = 13,00 min.	t _p = 13,00 min.	t _p = 11,00 min. (p = - %)
t _m = 25,00 min.	t _m = 25,00 min.	t _m = 25,00 min.	t _m = 25,00 min.
t _u = 55,00 min.	t _u = 55,00 min.	t _u = 55,00 min.	t _u = 51,00 min.
I _u = 61,54 A	I _u = 61,92 A	I _u = 61,92 A	I _u = 44,40 A (p = + %)
I _p = 46,41 A	I _p = 51,16 A	I _p = 51,16 A	I _p = 17,13 A (p = - %)
I _e = 45,08 A	I _e = 46,71 A	I _e = 46,71 A	I _e = 27,90 A
I _u = 5,98 m	I _u = 6,00 m	I _u = 6,00 m	I _u = 5,84 m (p = + %)
I _p = 16,41 m	I _p = 17,76 m	I _p = 17,76 m	I _p = 7,87 m (p = - %)
n _v = 10,00 vožnji	n _v = 11,00 vožnji	n _v = 7,00 vožnji	n _v = 1,00 vožnja
n _v = 1,00 vožnja	n _v = 1,00 vožnja	n _v = 1,00 vožnja	
b _v = 11,00 vožnji	b _v = 12,00 vožnji	b _v = 8,00 vožnji	
b _v = 2,00 voza	b _v = 2,00 voza	b _v = 2,00 voza	
I _r = 2,00 lok.	I _r = 2,00 lok.	I _r = 2,00 lok.	I _r = 2,00 lok.
VV = 2,00 voza	VV = 2,00 voza	VV = 2,00 voza	
BL = 2,00 lok.	BL = 2,00 lok.	BL = 2,00 lok.	
RL = 1,00 lok.	RL = 1,00 lok.	RL = 1,00 lok.	
UL = 3,00 lok.	UL = 3,00 lok.	UL = 3,00 lok.	

Literatura

1. Puhov, Ju. S., 1983: Rudničnyj transport, „Nedra,” Moskva
2. Tatarenko, A. M., 1984: Rudničnyj transport, „Nedra,” Moskva
3. Borović, R., 1976: Proračun transportnih sredstava, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd
4. DRP otvaranje i eksploatacija rudnika Đurakov Do, knjiga IV: Transport, prevoz i servisiranje jame, Rudarski institut, Beograd, 1987.

AUTOMATSKO UPRAVLJANJE PUMPAMA ZA ODVODNJAVANJE RUDNIKA

(sa 10 slika)

Jovan Pejčinović – Mirko Knežević

Rezime

Odvodnjavanje rudnika predstavlja važan faktor za sigurnu i ekonomičnu eksploataciju ležišta mineralnih sirovina. Za povećanje sigurnosti i ekonomičnosti odvodnjavanja rudnika neophodna je primena automatskog upravljanja pumpnim uređajima za odvodnjavanje. Prema podacima iz prakse, pri automatizaciji odvodnjavanja broj radnika za opsluživanje može da se smanji za 60 – 70 %, smanjuju se izdaci za održavanje i remont pumpnih postrojenja i izdaci za električnu energiju, opada broj havarija i obezbeđuje blagovremeno pumpanje vode, što doprinosi poboljšanju sigurnosti [1, 2, 3, 4]. Imajući u vidu značaj automatskog upravljanja pumpnim uređajima, u ovom radu je dat opis principa i sastavnih komponenata za automatsku kontrolu i upravljanje sa karakterističnim šemama.

Uvodne napomene

Kompleksna mehanizacija i automatsko distanciono upravljanje radom mašina i mehanizama u rudnicima, uključujući i jamsko odvodnjavanje, imaju sve širu primenu i predstavljaju veoma važan uslov za povećanje produktivnosti, sniženje troškova, povećanje sigurnosti i poboljšanje uslova rada [4]. Sa povećanjem dubine rudarskih radova povećava se priliv jamske vode i broj pumpnih stanica za pumpanje vode sa najnižeg horizonta na površinu, što zahteva značajno povećanje

broja radnika za kontrolu rada uređaja, ukoliko nije primenjena automatizacija.

Količine vode koje se pumpama izbacuju na površinu su često po nekoliko puta veće od količine iskopa koji se izveze iz Jame. Na primer, za rudnik Trepča – Stari Trg na svaku tonu rude se ispumpa 4 t vode [5]. Ovaj odnos je još nepovoljniji za neka ležišta u svetu koja imaju povećan priliv vode. Na primer, za Ačisajski

kombinat olova i cinka u Kazahstanu se ispumpa 70 t vode na tonu izvežene rude (priliv vode dostiže do 38.600 m³/h) [6].

Automatsko upravljanje pumpnim postrojenjima treba da obezbedi sledeće osnovne uslove:

- mora da bude obezbeđeno zalivanje pumpe vodom pre puštanja u rad
- puštanje pumpe u rad mora da se vrši automatski, u zavisnosti od položaja nivoa vode u prijemnom bunaru ili vodosabirniku
- isključenje neispravne pumpe i automatsko uključenje u rad rezervne pumpe
- kontrolu režima rada pumpe (količina vode, pritisak, temperatura ležajeva i namotaja i opterećenje elektromotora)
- uključenje rezervne pumpe u rad u slučaju da pumpa u radu ne može da savlada priliv vode pa dolazi do podizanja nivoa vode u vodosabirniku
- isključenje pumpe pri sniženju nivoa vode ispod minimalnog nivoa u vodosabirniku
- uključenje pumpi po redosledu radi provere njihove ispravnosti i ravnomernosti hābanja vitalnih delova pumpnih uređaja
- osim automatskog upravljanja, mora da bude predviđena mogućnost ručnog upravljanja pumpnim uređajem, kako radi probe i podešavanja tako i u slučaju otkazivanja rada elemenata automatskog upravljanja
- pouzdanost i neprekidnost rada automatizovanih pumpnih uređaja za odvodnjavanje zavisi takođe od kvaliteta, jednostavnosti i pouzdanosti aparature za startovanje i uključivanje [3, 4, 7].

Primena automatskog upravljanja radom pumpi povećava njihovu sigurnost i vek trajanja i omogućava značajno smanjenje personala angažovanog na kontroli i održavanju.

Električna oprema pumpnih postrojenja

Električnu opremu pumpnih postrojenja sačinjavaju pogonski elektromotori, oprema za snabdevanje električnom energijom i merno-upravljačka oprema.

Pogonski elektromotori

Za pokretanje pumpi najčešće se primenjuju asinhroni elektromotori sa kratko spojnim rotorom. Motori za pokretanje pumpi treba da budu jednostavni za opsluživanje, da imaju

zaštitu od prskajuće vode i zaštitu namotaja od vlage. Na mestima gde postoji mogućnost pojave metana i eksplozivne ugljene prašine, motori za pokretanje pumpi moraju da budu izrađeni u protiveksplozionoj zaštiti. Režim rada pogonskih motora pumpi je dugotrajan, najčešće sa ravnomernim opterećenjem. Obrtni moment pri puštanju centrifugalnih pumpi obično iznosi 0,3 – 0,4 od nominalnog momenata [7].

Za snage do 120 kW najčešće se primenjuju elektromotori sa niskim naponom (380 V), a za snage iznad 120 kW-motori sa visokim naponom.

Puštanje u rad motora manje snage za pokretanje pumpi se vrši direktnim uključenjem u mrežu, a za veće snage se koriste reaktorski, transformatorski i tiristorski upuštači.

Prema načinu hlađenja, elektromotori mogu da imaju prirodno i prinudno vazdušno hlađenje, vodeno ili uljno hlađenje.

Oprema za snabdevanje električnom energijom

Opremu za snabdevanje električnom energijom čine energetski kablovi sa različitim naponskim nivoom, zavisno od potreba potrošača, i rasklopna oprema (prekidači, rastavljači, kontaktori, pomoćna kontaktorsko – reljefna oprema, oprema električne zaštite).

Merno– upravljačka oprema

Merno-upravljačku opremu sačinjava oprema za električna i tehnološka merenja. Kod električnih merenja su najčešće obuhvaćeni napon, jačina struje, faktor snage, angažovana snaga, potrošnja električne energije i otpor izolacije.

Kod tehnoloških merenja najčešće je obuhvaćeno merenje nivoa vode u vodosabirnicima ili usisnim bunarima, protoka u cevovodu i količine ispumpane vode, temperatuve vode, ležajeva i namotaja, pritisaka ulja za podmazivanje i ostalih parametara koncentracije gasova i kontrola ventilacije.

Oprema za upravljanje može biti izvedena u vidu relejno-kontaktorske opreme koja obezbeđuje kontrolu merenja i upravljanja radom

postrojenja ili mikroprocesorska oprema sa programibilnim logičkim kontrolerima. Zadatak jedne i druge opreme je da ne dozvoli rad neispravnog postrojenja, odnosno, da u slučaju kvara isključi postrojenje koje je u radu, pri čemu obavezno mora da uključi rezervno pumpno postrojenje. Ova oprema ima i zadatku da održava nivo vode u predviđenim granicama.

Automatsko upravljanje pumpama za odvodnjavanje

Sistem automatizacije pumpnih uređaja izvršava četiri funkcije, i to: automatsku kontrolu procesa, automatsku zaštitu, automatsko upravljanje i automatsku regulaciju u zadatim parametrima, čime se povećavaju sigurnost i ekonomičnost celog kompleksa.

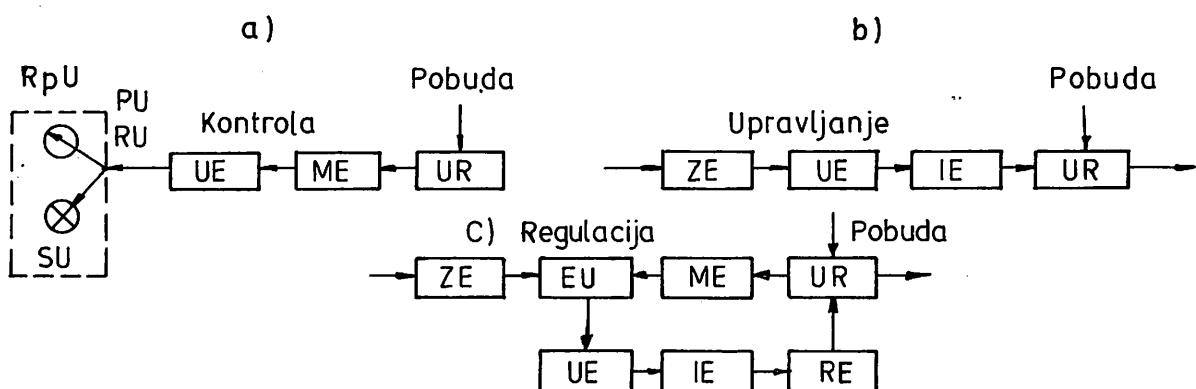
Sistem automatske kontrole (sl. 1a) obezbeđuje automatsko dobijanje informacija o stanju i uslovima rada uređaja, predajući neprekidno podatke na kontrolni pult dispečera. Ovaj sistem se sastoji od dva podsistema: automatskog merenja i automatske signalizacije.

Sistem automatske zaštite sadrži tehnička sredstva koja bez učešća čoveka isključuju pogonski motor pri pojavi nenormalnog – havarnog režima u radu. Automatska zaštita je, po pravilu, tesno povezana sa automatskom kontrolom.

Sistem automatskog upravljanja (sl. 1b) obezbeđuje, bez učešća rukovaoca, promenu pojedinih operacija radnog procesa usmerenih na održavanje određenog režima rada uređaja.

Sistem automatske regulacije (sl. 1c) obezbeđuje u toku rada uređaja održavanje određenih karakteristika procesa (broj obrtaja, nivo vode, temperaturu, pritisak i dr.) u zadatim granicama ili na određenom nivou, bez učešća čoveka.

Prema šemai dатој на сл. 1, структура система представља затворено регулационо коло у коме се налазе: uređaj za regulaciju-UR, merni element-ME, управљачки element-UE, задајући element -ZE, регулациони element-RE, element upoređenja-EU, изврšни element-IE, регулациони uređaj-RU, показни uređaj-PU и signalni uređaj-SU. Систем објединjava контролу, регулацију, заштиту и управљање. У систему постоји директно деловање од задавајућег елемента (ZE), преко елемента упоређења (EU) према uređaju za regulaciju UR. Обрнути правак деловања иде од uređaja za regulaciju (UR), преко мernog елемента (ME) према елементу пореđenja (EU). Последње коло представља повратну везу система, а мрни елемент (ME) врши повратну везу. У систему automatske regulacije мрни елемент (ME) мери регулисану вредност, претвара је у подесну величину и предаје задајућем елементу (ZE), а овај даље елементу пореđenja (EU).



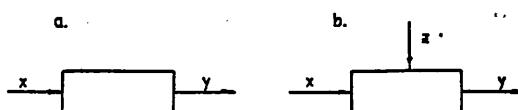
Sl. 1. – Funkcionalna šema sistema automatizacije

U slučaju odstupanja merene od zadate vrednosti, element poređenja (EU) stvara dejstvo koje se posle pretvaranja u upravljačkom elementu (UE) predaje izvršnom elementu (IE). Pri ovome, regulacioni element (RE) zauzima položaj koji će obezbititi približavanje regulisane veličine uređaja zadatoj vrednosti.

Karakteristika elemenata sistema automatizacije

Svaki sistem automatizacije se sastoji od odvojenih sklopova ili elemenata koji deluju jedan na drugi u ispunjavanju određenih funkcija. Pri ovome se elementom naziva sastavni deo kola koji ne može dalje da se deli na delove koji imaju samostalne funkcije.

Skup elemenata koji predstavljaju jednu konstrukciju, na primer ploču, blok, orman, nazivaju se uređajem.



Sl. 2 – Element sistema kao pretvarač energije

Bilo koji element sistema može da se posmatra kao pretvarač energije na čijem se ulazu daje energija veličine x , a na izlazu odaje energiju y (sl. 2).

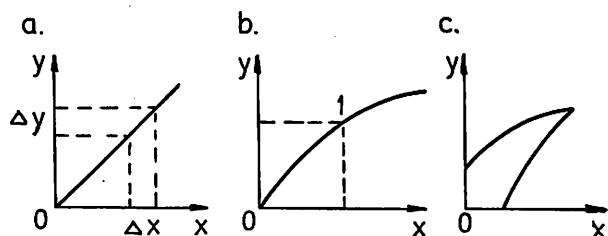
Pri ovome se kod jednih elemenata izlazna energija dobija pretvaranjem isključivo ulazne energije x (sl. 2a), a u drugom slučaju postoji pomoći izvor energije z (sl. 2b), koji obezbeđuje pretvaranje male ulazne energije x u jaču izlaznu energiju y .

Ulagne i izlagne veličine elemenata su fizičko-mehaničke veličine (pritisak, temperatura, brzina i dr.) ili električne (otpor, napon, struja i dr.). Većina elemenata sistema automatizacije ima svojstvo prenosa delovanja samo u jednom pravcu, od ulaza prema izlazu.

Veza između vrednosti x i y izražava se sledećom funkcijom:

$$y = f(x)$$

Grafički, ova zavisnost može da bude predstavljena u obliku karakteristika prikazanih na slici 3.



Sl. 3 – Funkcionalne karakteristike elemenata
a – proporcionalni; b i c – linearni

Svaki sistem automatizacije obavezno ima uređaje koji primaju promene ulaznih veličina kontrolisanih parametara i obezbeđuju njihovo neprekidno pretvaranje u signale podobne za predaju na druge delove ili dalju obradu. Ovi uređaji se nazivaju davačima, a njihov sastavni deo, koji prima ili meri ulaznu veličinu, naziva se merni element.

Davači predstavljaju veoma važne elemente jer njihovi parametri uglavnom određuju pouzdanost i efikasnost rada sistema za automatizaciju u celini. U procesu rada na davače utiču različiti mehanički, električni, termički, hemijski i drugi uticaji koji menjaju njihove parametre i karakteristike. Davači moraju da ispunе sledeće zahteve: preciznost i jednoznačnost između ulazne i izlazne veličine, visoku osjetljivost prema promeni ulazne veličine, veoma brzo delovanje, minimalno povratno dejstvo na ulaznu veličinu, veliku sposobnost preopterećenja, sposobnost protivdjelstva drugih spoljnih faktora, dug vek rada, stabilnost parametara i karakteristika pri promeni spoljnih uticaja, prostu konstrukciju, male dimenzije, laku montažu i održavanje.

Prema principu pretvaranja energije davači se mogu podeliti na dve grupe:

1. parametarski davači koji pretvaraju ulaznu veličinu u neki drugi parametar (otpor, induktivnost) regulacionog kola; karakteristika ovih davača je njihovo korišćenje sa izvorom napajanja.
2. generatorski, koji ostvaruju neposredno pretvaranje različitih vidova energije u električnu.

Prema obliku ulazne veličine razlikujemo davače ubrzanja, brzine, sile, nivoa, momenta obrtanja, vibracija, pritiska, temperature i dr. Po obliku izlazne veličine davači mogu biti: aktivnog i reaktivnog otpora, jednosmerne struje, amplitude izmenične struje, učestalosti i dr. U posebnu grupu spadaju davači specijalne namene, koji u svom sastavu osim osetljivog elementa imaju jedan ili više elemenata za pretvaranje izlaznog signala.

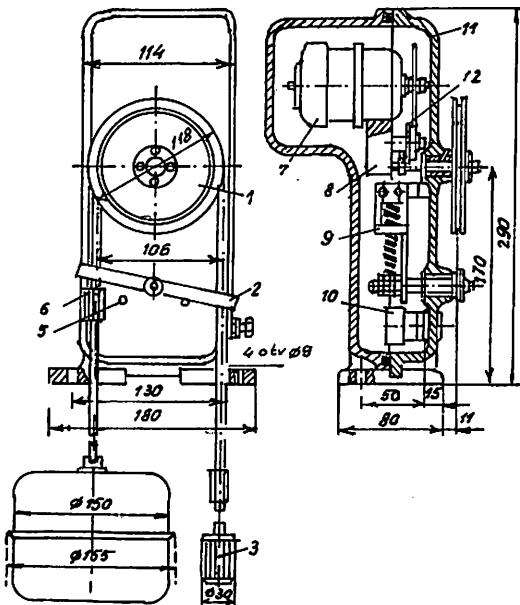
Parametarski davači

U ovu grupu spadaju davači aktivnog otpora koji se dale na: kontaktne, tenzorske,

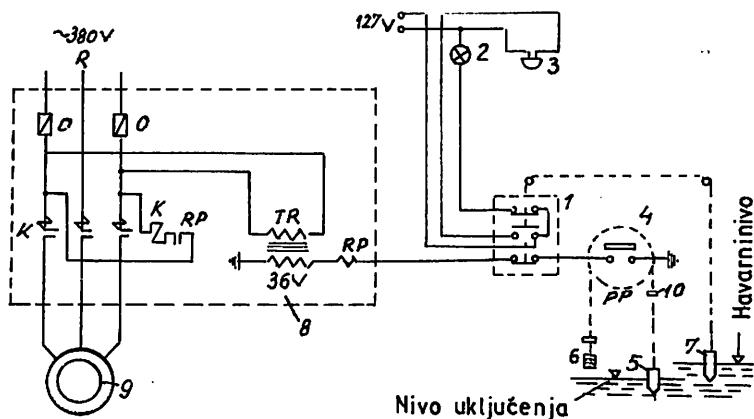
otporne, potenciometarske, otporne termometre, termorezistore.

Kontaktni davači obezbeđuju pretvaranje mehaničkih promena u električni signal – prekidanje ili uključenje električnog kola. Konstrukciono, kontaktni davači sa mehaničkim kontaktom mogu biti izvedeni u vidu kontakta pritiska ili u vidu kliznih kontakata i imaju široku primenu kod automatizacije rada pumpnih uređaja.

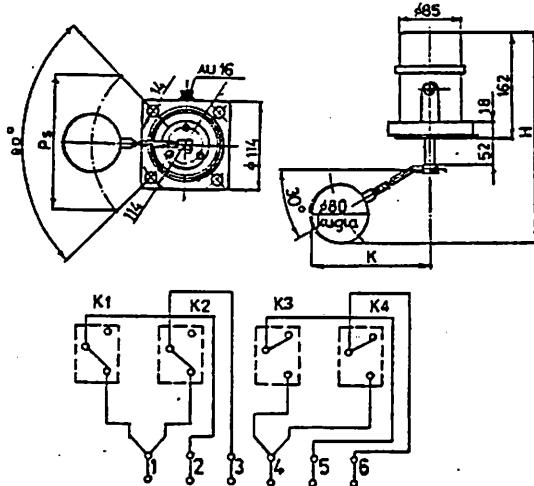
Za kontrolu i održavanje nivoa vode u vodosabirniku ili usisnom bunaru se koriste davači nivoa koji rade na ovom principu i čija konstrukcija može biti različita. Davači nivoa



Sl. 4a – Rele sa plovkom i selsinom RP65s



Sl. 4b – Principijelna elektrošema



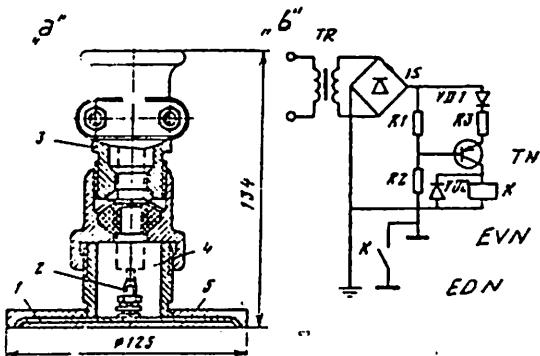
Sl. 5 – Rele s plovkom tipa SKUS 2000 sa šemom veze na mikro prekidače

mogu biti: sa plovkom, elektrodni, pneumatski i membranski. Češće su u primeni davači sa plovkom.

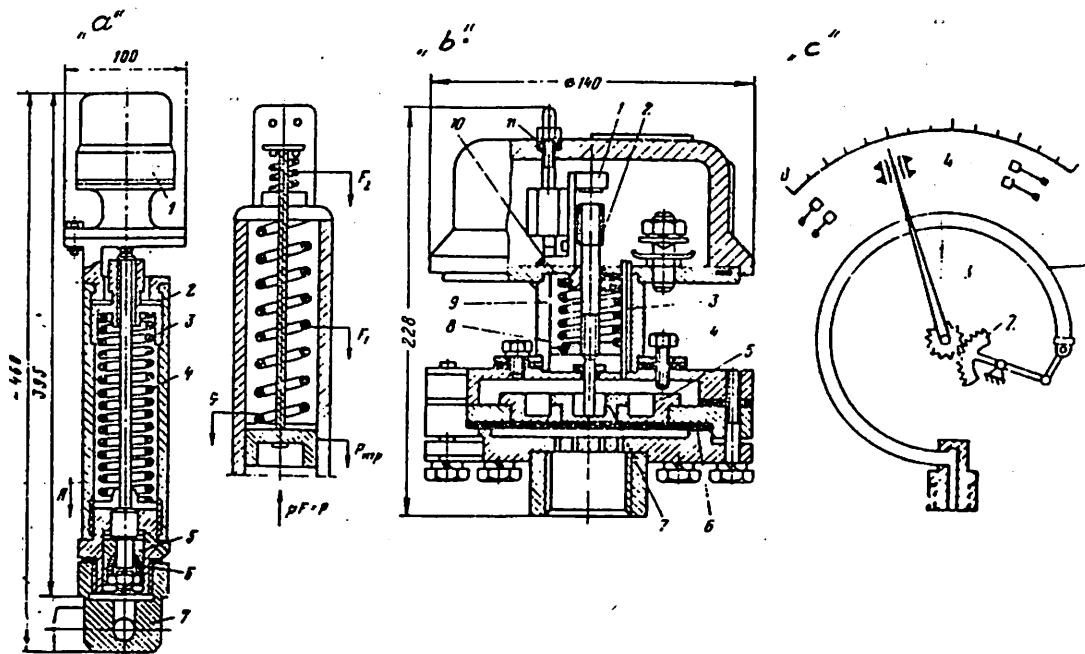
Na slici 4a je prikazan rele sa plovkom tipa RP-65s, sa selsin uređajem koji se sastoji od: kotura 1, ručice za prebacivanje 2, tega 3, plovka 4, graničnika 5, oslonca 6, selsina 7,

reduktora 8, kontaktog uređaja 9, papuče za tezača 10, kućišta 11 i 12 zamenjivog zupčanika.

Na slici 4b je prikazana principijelna elektrošema automatskog održavanja nivoa vode. Na slici je: 1 – havarni isključni uređaj preko plovka 7; 2 – signalna lampa; 3 – signalno zvono; 4 – prekidač preko plovka 5; 6 – teg; 8 – magnetni upuštač; 9 – elektromotor; K – kontaktor; O – osigurač.



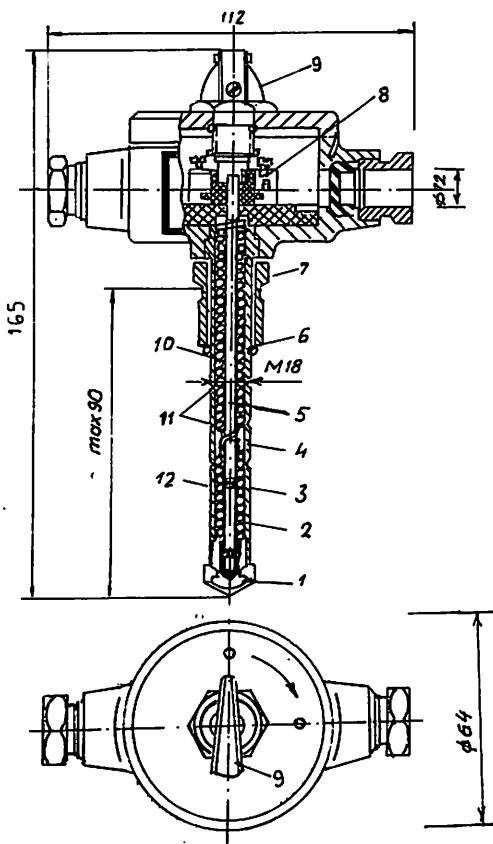
Sl. 6 – Konstrukcija elektrodognog davača sa šemom relea



Sl. 7. Rele za kontrolu pritiska
a – opružno-klipni rele; b – membranski rele; c – elektrokontaktni manometar za kontrolu pritiska

Od domaćih relea za kontrolu i upravljanje nivoom vode u vodosabirnicima koriste se Se-verovi releji tipa SKUS-2000, koji se sastoje od pričvrstne glave za fiksiranje, sonde i plovka, kako se to vidi sa slike 5 na kojoj je data i šema spajanja na mikroprekidače. Konstrukcija elektrodnog davača je data na slici 6a, a šema releja na istoj slici pod b.

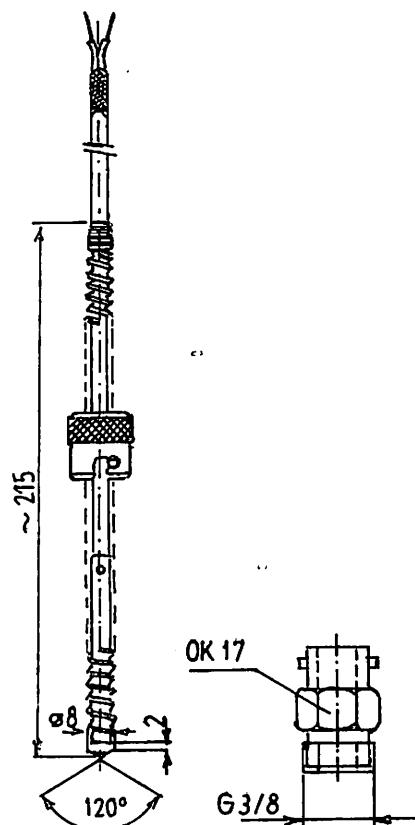
Na slici 6 je: 1 – kućište; 2 – kontaktni zavrtanj; 3 – uvodnica za kabl; 4 – mesto za nalivanje kablovske mase; 5 – olovna obloga;



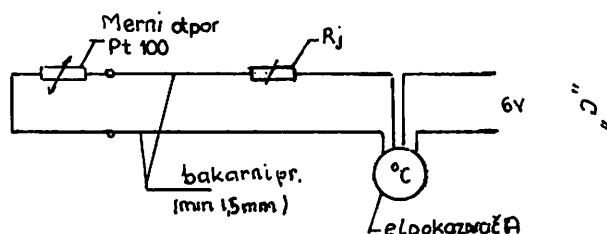
Sl. 8a – Temperaturni davač sa lakotopljivom legurom

Tr – transformator; IS – ispravljač; R₁, R₂, R₃ – otpornici; T_n – tranzistor; VD₁ i VD₂ – diode; EVN i EVD – elektrode gornjeg i donjeg nivoa; K – rele nivoa.

Za kontrolu i održavanje manometarskog pritiska pumpnih uređaja postoje sledeći tipovi releja: opružno-klipni, membranski i elektrokontaktni manometar, čija je konstrukcija prikazana na slici 7 (a, b, c).



Sl. 8b – Otporni termodavač



Sl. 8c – Šema delovanja otpornog termometra

Na slici 7a je: 1 – kontaktna glava; 2 – kućište; 3 – regulator; 4 – opruga ; 5 – klip; 6 – manžetna; 7 – razvodnik.

Slika 7b: 1 – mikroprekidač; 2 – regulaciona matrica; 3 – fiksirajući zavrtnji; 4 – regulacioni zavrtanj; 5 – veći klip; 6 – gumeni dijafragma; 7 – mali klip; 8 – matica za podešavanje; 9 – vreteno; 10 – opruga.

Slika 7c: 1 – membranska cev; 2 – zupčasti prenos; 3 – kazaljka; 4 – kontaktni mostovi.

Za zaštitu ležajeva pumpi i motora i namotaja motora od pregrevanja koriste se temperaturni davači. Najčešće su u primeni temperaturni davači sa lakotopljivim legurama i otporni termodavači. Na slici 8a je dat temperaturni davač sa lakotopljivom legurom tipa TDL-2, pod b – otporni termodavač sa bajonetnim priključkom Pt 100, a pod c – elektrošema delovanja.

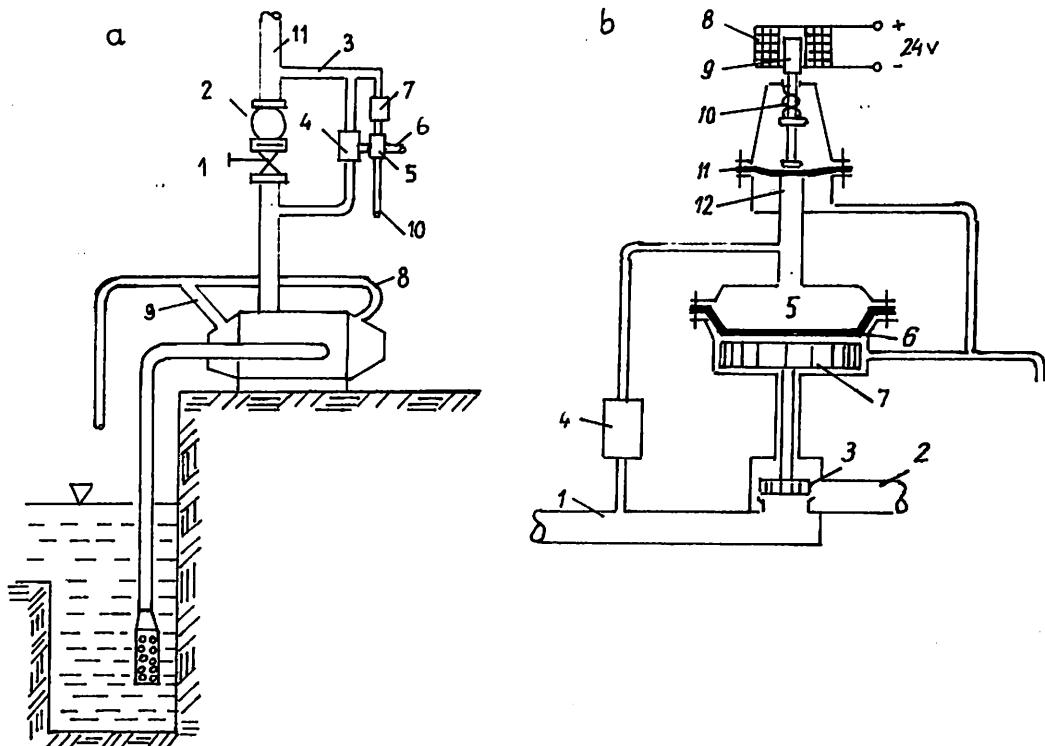
Na slici 8a je: 1 – mesingana glava sa legurom Wuda; 2 – zavrtanj; 3 – sjedinjujuća

opruga; 4 – čaura; 5 – vreteno; 6 – žičani prsten; 7 – spojni priključak; 8 – kontakti; 9 – ručica; 10 – opruga; 11 – kanali za žičani prsten; 12 – cev.

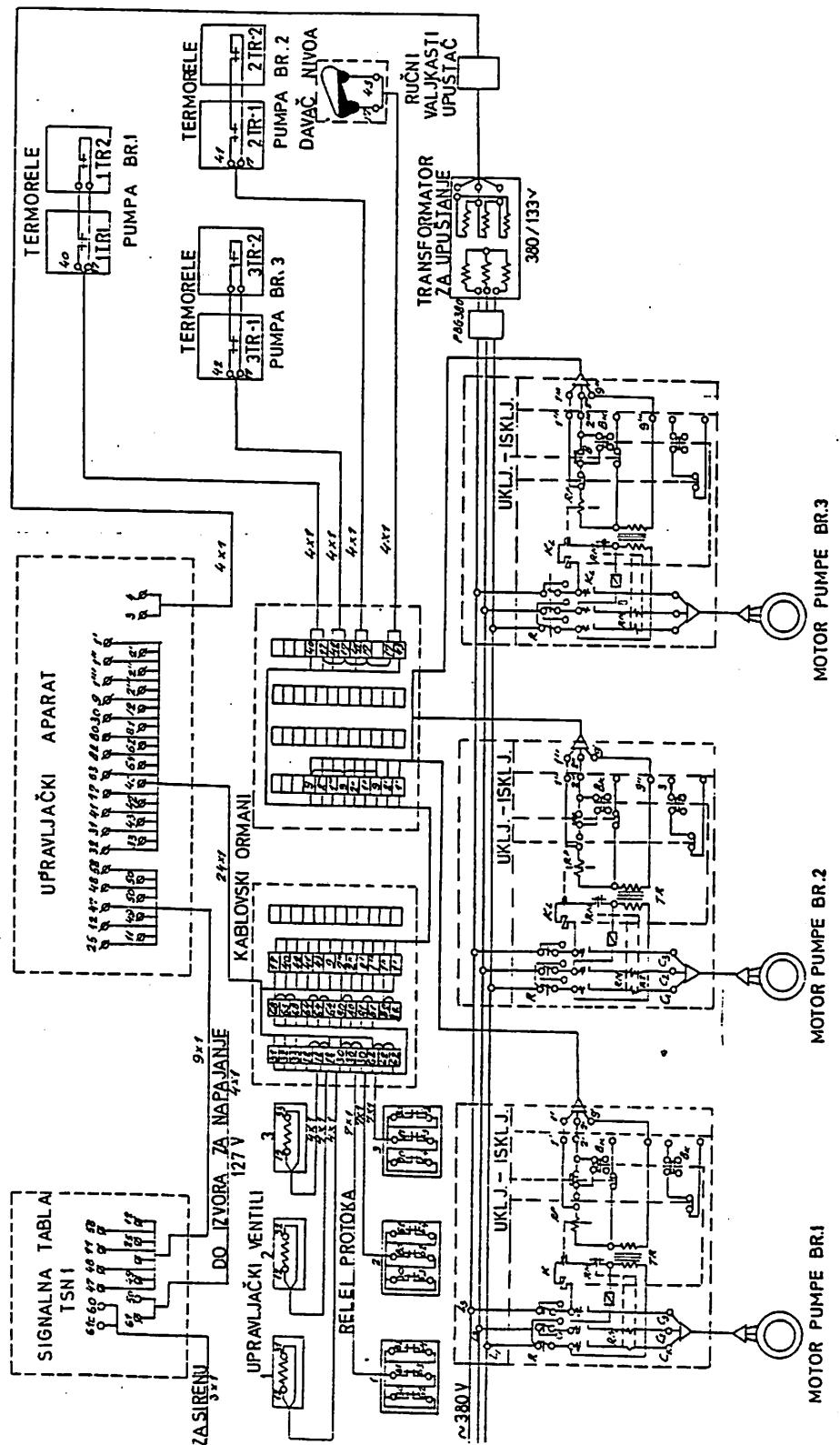
Automatizacija zalivanja pumpe pre njenog uključenja u rad zavisi od šeme rada pumpe. Najčešće se zalivanje pumpi vrši uz pomoć automatskih ventila vodom iz potisnog cevovoda. Na slici 9 je prikazana hidraulička šema automatskog zalivanja pumpe iz potisnog cevovoda i ventila za upravljanje.

Sa slike 9a se vidi da je cev za zalivanje (3) priključena na potisni cevovod (11) iznad ne-povratnog ventila (2) i zatvarača (1). Na nju se postavlja ventil sa elektromagnetskim pogonom koji se otvara i propušta vodu u potisni cevovod ispod povratnog ventila i zatvarača i dalje u pumpu. Sa slike 9b se vidi funkcionisanje ventila za upravljanje: pomeranjem diferencijalnog klipa i razvodnika (3 i 7), jezgra (9) i membrana (6 i 11) otvara se i zatvara put kretanja vode.

Na slici 10 je dat električna šema automatizacije odvodnjavanja u pumpnoj stanici sa tri pumpna agregata.



Sl. 9 – Hidraulična šema automatskog zalivanja pumpi iz potisnog cevovoda



Sl. 10 – Električna šema automatizacije za 3 pumpe

Zaključak

Pumpni uređaji za odvodnjavanje rudnika predstavljaju veoma važan faktor za bezbednu i rentabilnu eksploataciju mineralnih sirovina, naročito u uslovima velikog priliva vode i velike dubine rudnika. Da bi se povećala bezbednost i snizili troškovi za el. energiju, radnu snagu i održavanje opreme, neophodno je da se pri-meni automatizacija glavnog odvodnjavanja rudnika.

Automatizacija odvodnjavanja treba da obezbedi maksimalnu blagovremenost i sigurnost pumpanja vode iz rudnika i poveća produktivnost i ekonomičnost odvodnjavanja.

Visoku sigurnost rada automatizovanih pumpnih uređaja obezbeđuje automatsko obavljanje pojedinačnih operacija po utvrđenom redosledu, bez prisustva rukovalaca. Pri ovome je isključen rad pumpi na prazno, smanjuje se broj havarnih zastoja, značajno raste

stepen iskorišćenja pumpnih uređaja, snižava-ju troškovi održavanja, produžava vek korišćenja uređaja i za više od dva puta smanjuje broj opslužujućeg personala.

Prema podacima iz stručne literature [4], u svetu je više od 85% pumpnih uređaja u rudnicima automatizovano.

Dalja razrada i primena pouzdanijih sredstava – uređaja za regulaciju kapaciteta pumpnih uređaja na bazi regulacije elektropogona obezbediće dalje povećanje efektivnosti odvodnjavanja.

Imajući u vidu činjenicu da je automatizacija odvodnjavanja u podzemnim rudnicima kod nas malo zastupljena, ovaj rad ima za cilj da podstakne naučne i stručne organizacije i inženjere da se prihvate ovoga posla, a ekonomski i bezbednosni efekti neće izostati.

SUMMARY

Automatic Control of Mine Drainage Pumps

Mine drainage is an important factor for safe and economical mining of mineral material deposits. Improvement of mine drainage safety and economy requires application of automatic control of pumping equipment. Drainage automation reduces the number of men require for servicing even as high as 60 to 70%, maintenance, repair and electric power costs, the number of failures is decreased securing timely water pumping, an all this adds to safety improvement. Having in view the importance of automatic control of pumping equipment, the paper describes the principles and components of automatic control in line with characteristics diagrams.

Literatura

1. Jovičić, V., Čović, A., 1985: Odvodnjavanje rudnika, Beograd
2. Zeminskaia, V. M. i drugi, 1963: Borba s šahtnym vodami, Kiev
3. Ševjakov, L. D., Bredikhin, A. N., 1960: Šahtnyj vodootliv, Moskva
4. Postolev, L. P., 1983: Rudničnaja avtomatika i telemehanika, Moskva
5. Pejčinović, J., 1991: Problematika odvodnjavanja rudnika Trepča, Rudarski glasnik br. 3 – 4, Beograd
6. Ermolina, N. M., Gorbarin, V. P., Korolev, D. S., 1965: Ačisejskij polimetaličeskij kombinat, Kentau
7. Ripp, M. T., Petrov, A. I., Mirošin, A. M., 1968: Rudničnye ventiljatory i vodootlivnye ustanovki, Moskva

OŠTEĆENJE OBJEKATA NA RUDNICIMA I OBEŠTEĆENJE VLASNIKA

(sa 6 slika)

Miodrag Patarić – Aleksandar Stojanović

Rezime

Oštećenje objekata, nastalo kao posledica rudarskih rada, prisutno je na skoro svim našim i inostranim rudnicima. Pojava deformacija većih od dozvoljenih i projektom uslovljenih dovodi do takvih oštećenja koja stvaraju odnos štetnik-oštećeni. Iz tog odnosa nastaje problem procene štete, kao osnove za pravično obeštećenje. To je veoma aktuelan problem u našem rudarstvu. Glavni sporovi nastaju oko očene stepena oštećenja, jer se tu sukobljavaju interesi obe strane. U suštini, to je tehničko pitanje, za koje naše rudarstvo nema dovoljno iskustva. Zbog toga se opisuju postupci po kojima se obavlja procena oštećenja objekata u Nemačkoj i SSSR-u, a koji mogu da se koriste i u našem rudarstvu.

Uvodni komentar

Pravna osnova za obeštećenje vlasnika oštećenih objekata sadržana je u normativistici Zakona o rudarstvu i Zakona o obligacionom pravu.

Rudarski zakon u tom pogledu sadrži samo neophodne članove u kojima se razmatraju situacije koje nastaju u vezi sa dozvoljenom-ne-dozvoljenom gradnjom na eksploatacionom polju rudnika, i sporova između štetnika (rudnika) i oštećenog (vlasnik).

Odgovarajući članovi Zakona o rudarstvu omogućuju inženjerima da sagledaju obaveze rudnika koje se javljaju od projektovanja, preko dobijanja dozvole za otkopavanje, do prestanka eksploatacije.

Suština pravnog odnosa štetnik-oštećeni vidi se iz komentara sačinjenog od delova ključnih članova Zakona o rudarstvu.

- Za izgradnju građevinskih objekata na eksploatacionom polju rudnika, u zoni uticaja rudarskih radova, potrebna je prethodna saglasnost organa uprave nadležnog za rudarstvo. Ova saglasnost se daje na osnovu prethodno pribavljenog mišljenja organizacije koja vrši ili će vršiti eksploataciju.
- Ako prema obrazloženom mišljenju rudarske organizacije može nastati oštećenje građevinskog objekta od rudarskih radova, organ nadležan za izdavanje odobrenja za izgradnju građevinskog objekta neće izdati dozvolu za izgradnju.
- Odobrenje za izgradnju građevinskog objekta može se izuzetno dati i kada prema mišljenju rudarske organizacije postoji mogućnost oštećenja, ali samo ako ne postoji opasnost po život i zdravlje građana, i ako se investitor odrekne prava na naknadu štete koja bi nastala kao posledica rudarskih radova, i ako se ova njegova obaveze ubeleži u zemljische knjige.
- Ako na objektu ili na delu objekta koji je izgrađen bez propisanog odobrenja nastane šteta usled rudarskih radova, vlasniku ne pripada pravo na naknadu.
- Ako društveni interes zahteva, mogu se preko eksploatacionog polja izgradivati javni putevi, železničke pruge, kanali, dalekovodi i drugi slični objekti, ali uz ostavljanje zaštitnih stubova.

Pre izrade investicionog programa za takve objekte investitor je dužan da pribavi mišljenje o najpovoljnijem položaju tih objekata na eksploatacionom polju.

Rudarska organizacija ima pravo na naknadu stvarne štete prouzrokovane izgradnjom pomenutih objekata.

Iz ovog komentara može se zaključiti da po Zakonu o štarstvu, rudarska organizacija odgovara za štetu nastalu rudarskim radovima po pravilima objektivne odgovornosti.

Procena štete

Pravna zaštita čovekove životne sredine, gde spada i zaštita objekata na eksploatacionom polju rudnika, ima dva oblika: prevenciju i reparaciju.

Prevencija je ograničena naučno-tehničkim mogućnostima i iscrpljuje se tehničkim rešenjima projekta otkopavanja, koja se uslovjavaju vrednostima dozvoljenih deforma-

cija. U tom okviru zaštita je više tehnički problem koji se rešava postupno, počev od projektovanja, pa do dobijanja dozvole za otkopavanje, koja podrazumeva i obavezu rudnika za kontrolom nastalih deformacija.

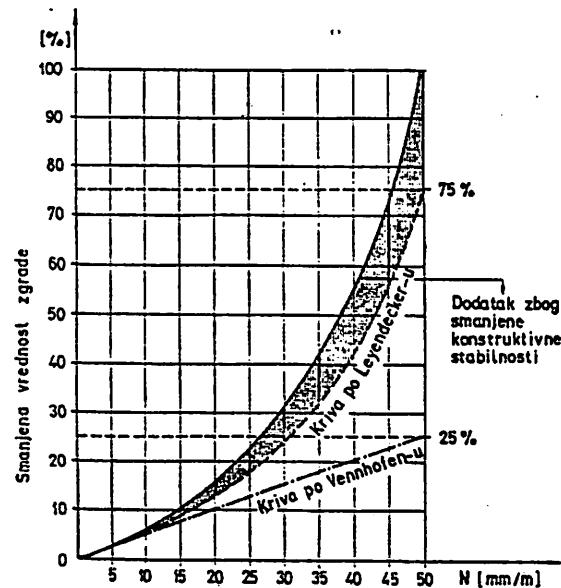
Pojava deformacija većih od dozvoljenih i projektom uslovljenih dovodi do takvih oštećenja objekata koja zahtevaju reparaciju i stvaraju odnos štetnik-oštećeni. Iz tog odnosa nastaje problem procene štete, kao osnove za obeštećenje. Vrednost štete se iskazuje u procentima od vrednosti objekta, a neposredno zavisi od vrednosti nastalih deformacija.

U nemačkoj rudarskoj praksi za takvu procenu su merodavne deformacije vrednosti nagiba, a u SSSR-u vrednosti ukupnih deformacija.

S obzirom na njihova bogata iskustva, posebno prikazujemo postupke po kojima se vrši procena štete u tim zemljama.

Iskustvo iz Nemačke

Postavljanjem funkcionalne zavisnosti između vrednosti nagiba i umanjenja vrednosti objekta, dobijen je kriterijum koji nije uslovjen subjektivnom procenom veštaka.



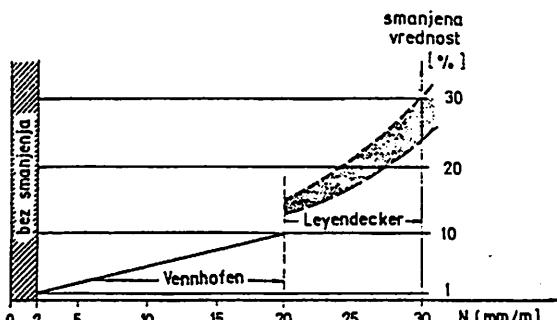
Sl. 1. – Određivanje smanjenja vrednosti zgrade pomoću nagiba

Zavisnost između nagiba i smanjene vrednosti objekta dali su arhitekte: pre prvog svetskog rata Lajendeker (Leyendecker), i kasnije, između dva rata, Venhoven (Vennhofen). To su bili veštaci Višeg suda u Hamu, gde je rešavan najveći broj sporova iz oblasti Rura.

Prvo je Lajendeker odredio ovu zavisnost u vidu jedne parabolično – progresivne krive, da bi je kasnije Venhoven predložio u pravolinjsko-progresivnom obliku (slika 1).

Lajendekerova kriva je zbog većeg umanjenja vrednosti objekta sa rezervom korišćena u sudskim sporovima, dok se u Vestfaliji (Rur), gde je bilo najviše sudskih sporova, Venhoffova kriva pokazala realnijom, posebno za vrednosti nagiba do 20 mm/m.

Kao bolje rešenje je prihvaćena kombinacija obe krive, tako da je za nagibe do 20 mm/m korišćena prava Venhoffena, a preko 20 mm/m, kriva Lajendekera (slika 2).

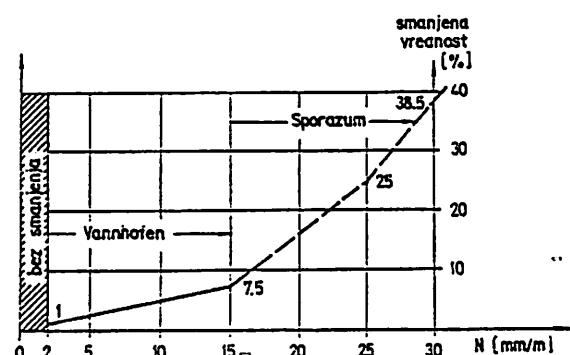


Sl. 2. – Određivanje smanjenja vrednosti do 6/1987. g.

U krivama iskazanoj zavisnosti vrednost nagiba karakteriše stanje objekta u određenom trenutku. Do tog trenutka, objekat je prošao kroz kvalitativno različite faze pomeranja i pretrpeo različite uticaje koji su se odrazili na stanje njegovih konstruktivnih elemenata. Konstruktivni elementi se različito ponašaju pri različitim uticajima, na primer ako su izloženi pritisku ili zatezanju. Zbog toga, a i zbog diskretnosti pomeranja, slabii njihova međusobna veza, što dovodi do smanjenja strukturne stabilnosti cele konstrukcije. Teško je zbog toga prihvatiti da je samo nagib kriterijum smanjenja vrednosti objekta. Ako se na nekom od nosećih elemenata, (greda, stub, ploča) pojave prsline i pukotine, onda je smanjena njegova noseća sposobnost, i to ostaje kao trajno o-

tećenje. Zbog toga je kriva Lajendekera korigovana dodatnim procentima (šrafirana oblast, slika 1). Smatra se da kriva Venhoffena obuhvata i tu vrstu oštećenja.

Relativno skorašnji sudski sporovi sa prećim stručnim ekspertizama obogatili su postojeća saznanja i uneli više jasnoće u ovu oblast. Težnja je da opšte-tehnička regulativa omogući postupak neposrednog rešavanja obeštećenja između štetnika i oštećenog.

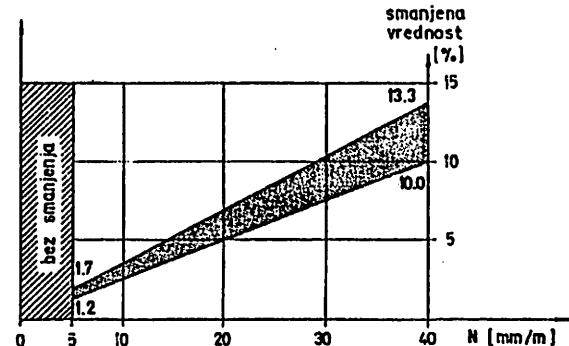


Sl. 3. – Određivanje smanjenja vrednosti zgrade po sporazu između Udruženja oštećenih i rudnika od 6/1987.

Sa tom težnjom postignuta je 1987. godine saglasnost između Udruženja oštećenih i koncerna Ruhrkohle – AG o korišćenju modificiranog dijagrama, prikazanog na slici 3.

Na slici 4 je prikazan dijagram koji se koristi za procenu oštećenja nastalih na nestambenim – prećim objektima druge namene.

Ponovni zahtevi za obeštećenje uvažavaju se samo ako se javi dodatne vrednosti nagiba



Sl. 4. – Smanjenje vrednosti nestambenih zgrada, po dogovoru iz 1987. g.

veće od 2 mm/m kod stambenih zgrada, a preko 3 do 4 mm/m kod objekata druge name- ne, s tim što se ukupno umanjenje vrednosti redukuje na prethodno obeštećenu vrednost.

Može se postaviti pitanje procene industrijskih objekata kod kojih su štetni nagibi već od 0,5 do 1 mm/m, pa se prikazani dijagrami ne mogu koristiti. To se smatra specijalnim slučajevima, koji se rešavaju po posebnom po- stupku i posebnim ekspertizama.

KOMENTAR

Opšti zaključak je, da određivanje smanje- nja vrednosti objekta uz pomoć nagiba pred- stavlja jednostavan postupak koji je omogućio rešavanje mnogih spornih slučajeva. To je još uvek diskutabilno rešenje sa divergirajućim mišljenjima, koje ostaje otvoreno, dok se ne nađe neko drugo i bolje. Za sada se jedino to rešenje koristi u rešavanju obeštećenja stam- benih zgrada. Njegova posebna prednost je u lakom merenju nagiba, uz mogućnost korela- cije i uopštavanja iskustava iz raznih slučajeva u praksi.

Određivanje vrednosti nagiba

Na samom početku primene prikazanog načina za određivanje smanjenja vrednosti oš- tećenog objekta, kao merodavna korišćena je maksimalna vrednost nagiba terena. Kasnije, to je bila vrednost najvećeg nagiba objekta. Praksa je pokazala da je realnije ako se koristi srednja vrednost nagiba objekta određena po formuli

$$N_s = 0,64 \cdot N_{\max}$$

ili merenjem nagiba na fasadnim frontovima i po jednoj diagonalni zgrade, kako je prikazano na slici 5. Računa se po diagonalni koja je vezana za tačku sa najmanjim uleganjem.

Nagib:

od A – B = 20 mm na 8,00 m = 2,5 mm/m.

od A – C = 40 mm na 12,40 m = 3,2 mm/m.

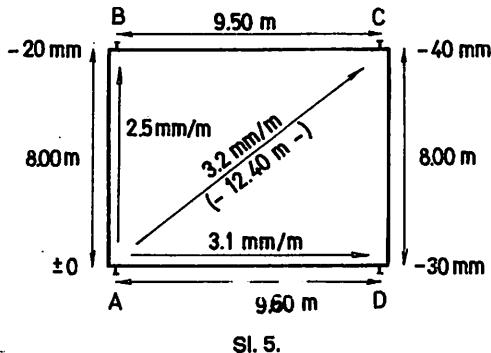
od A – D = 30 mm na 9,60 m = 3,1 mm/m.

Srednja vrednost = 8,8 : 3 = 2,93 mm/m.

Smanjena vrednost je

2 mm/m = 1 %

2,93 mm/m = 1,46 %



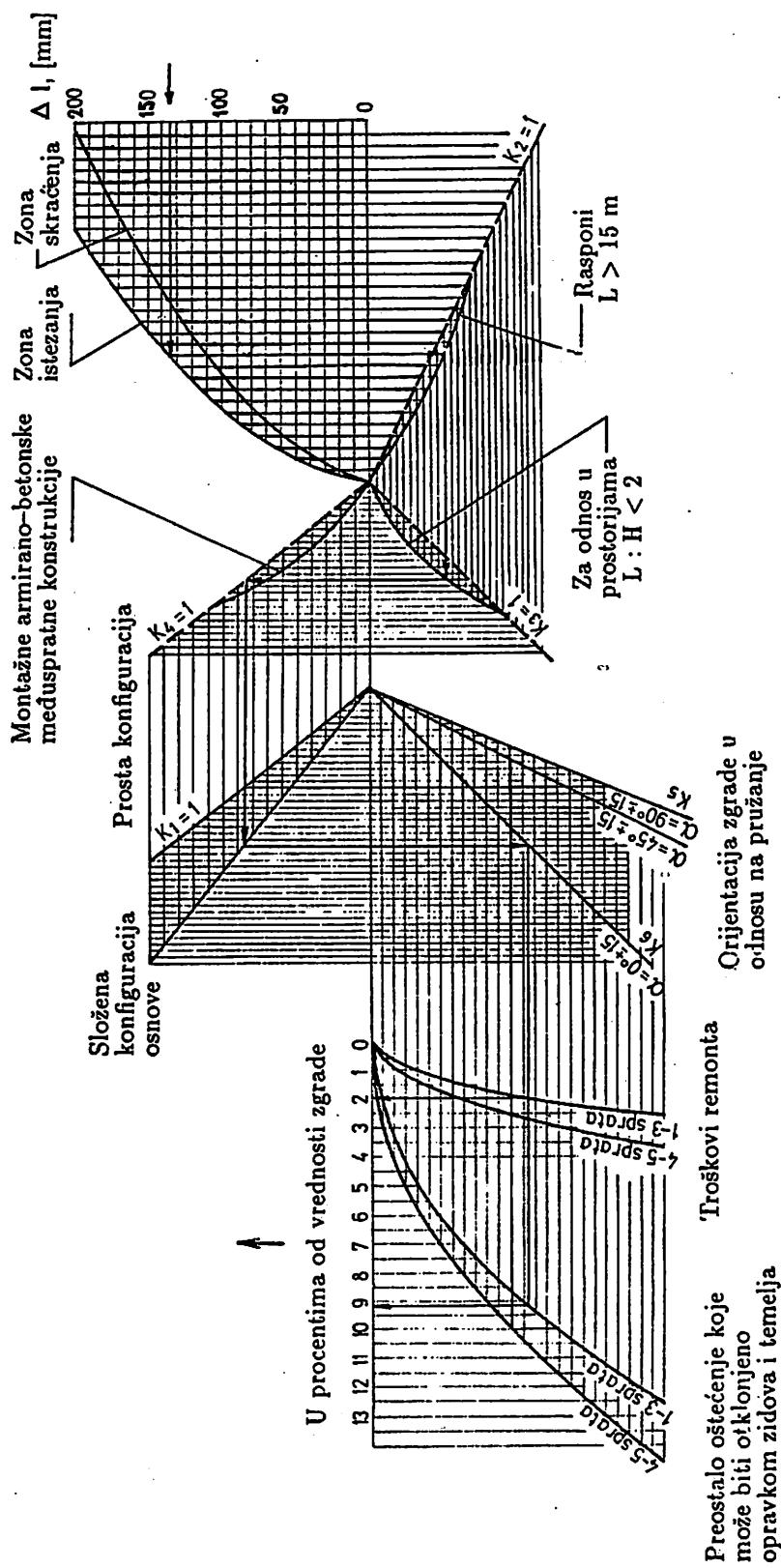
Iskustvo iz SSSR-a

Sovjetsko iskustvo na vrednosnoj proceni- oštećenog objekta dato je u vidu određivanja troškova potrebnih za redovan remont u toku otkopavanja i troškova potrebnih za sanaciju većih oštećenja koja se ne mogu otkloniti re- dovnim remontom. Pod većim oštećenjima se podrazumevaju popravke zidova, temelja i os- talih nosećih elemenata. Ovo iskustvo se zasni- va na troškovima sanacije, kvalitetu gradnje i vrsti objekta, koji su karakteristični za određene uslove relativno skromnih standarda gradnje, a posebno što se ne radi o odnosu prema privatnom, već prema državnom i društvenom vlasništvu, koji, uslovno rečeno, karakteriše „nesvojinski“ odnos prema društvenoj svojini.

Na nomogramu, slika 6, prikazano je odre- đivanje troškova redovnog remonta i potpune sanacije, izraženo u procentima od vrednosti objekta.

Dijagram omogućuje da se ocene troškovi remonta za objekte koji imaju prostije i složenije konstruktivne karakteristike. Složene karakteristi- stike objekta se odnose na veće raspone, veće visine prostorija, vrstu međuspratnih konstruk- cija, konfiguraciju zgrade, orientaciju u odnosu na pružanje sloja i broj spratova.

Na nomogramu je prikazan primer određi- vanja troškova redovnog i naknadnog remonta za vrednost ukupnih deformacija $\Delta l = 135$ mm u zoni skraćenja. Vrednost tekućeg remonta iznosi 1,9%, a preostalo oštećenje je u tom slučaju 9,4 % od vrednosti zgrade.



Sl. 6. – Nomogram troškova opravke oštećenih zgrada

SUMMARY

Damage of Structures In Mines and Compensation of the Owners

Occurrence of deformation larger than allowed and conditioned by the design leads to structure damages creating a damage-maker – damage-sufferer relation. This relation gives rise of a problem of damage estimation as a base for fair compensation. Principal disputes occur about the rate of structure damage, since interests of both sides are conflicted here. This is a technical matter in which our mining industry has insufficient experience. Therefore, a description is given of procedures used for estimation of structure damage in Germany and USSR, also applicable in our mining industry.

Literatura

1. Dirsch, L., 1972: Bewertung von Berschäden an Gebäuden, Opperman Verlag Hannover-Kirchrode
2. Szelag, S., 1989: Ermittlung des Minderwerts von Gebäuden in Bergsenkungsgebieten, „Das Markscheindewesen“, Heft 4
3. Oberste-Brink, K., Weissner, J., 1960: Zur Ermittlung des Gebäudenminderwerts durch Bergscheiden, „Glückauf“, Heft 7
4. Hoffmann, H., 1962: Zur Frage der Bergbaulichen Minderwertsbestimmung bei Wohnbauten, Bergbauwissenschaften, 15/16
5. Šagalov, Muler, Markov, 1974: Zaštita i podarbotka zdanij i sooruzenij, „Nedra“, Moskva.

Autori: prof. dr Miodrag Patarić i prof. dr Aleksandar Stojanović, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Recenzent: prof. dr Petar Milanović, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Članak primljen 16.10.1991, prihvaćen 12.03.1992.

Priprema mineralnih sirovina

Finansira Ministarstvo za nauku i tehnologiju
Republike Srbije*

UDK 622.765 : 622.344
Originalni naučni rad
– primenjenoistraživački

UTVRĐIVANJE FENOMENA AKTIVIRANJA PIRITA UZ POMOĆ FeSO_4 PRIMENOM KOLEKTIVNO-SELEKTIVNOG FLOTIRANJA CINKOVO-PIRITNE RUDE LEŽIŠTA ČADINJE KOD PRIJEPOLJA

**Živorad Lazarević – Milosav Adamović – Zoltan Konc –
Jovo Došenović**

Rezime

Saradnici Zavoda za PMS Rudarskog instituta su razradili nov postupak za koncentraciju polimetalične ZnS-FeS_2 rude ležišta Čadinje kod Prijepolja. Kolektivnim postupkom flotiranja pirita aktiviranog uz pomoć FeSO_4 i mineraла cinka sa naknadnim razdvajanjem dobijaju se visoko kvalitetni koncentrati mineraла cinka i pirita. Pre razdvajanja mineraла cinka i pirita uspešno se vrši deprimiranje pirita uz pomoć NaCN u baznoj sredini.

Uvod

Rešavajući problem koncentracije polimetalične cinkovo-piritne rude iz ležišta Čadinje kod Prijepolja, saradnici Zavoda za pripremu mineralnih sirovina Rudarskog instituta zapazili su fenomen koji se javlja aktiviranjem pirita primenom FeSO_4 i kasnijem uspešnom deprimiraju kombinacijom $\text{Ca(OH)}_2/\text{NaCN}$ kod razdvajanja kolektivnog koncentrata mineraла cinka i pirita.

S obzirom da se u poslednje vreme za ulaganje kapitala u ovo ležište zainteresovala opština Prijepolje, od rukovodioca geološke službe koja je vršila istraživanja na ovoj lokaciji dobijen je uzorak na kome je potvrđena tehnologija koja je definisana prilikom ispitivanja 1985. godine.

Interesantno je napomenuti da je potvrđena ranija konstatacija da se primenom

* Ovaj članak je rezultat rada autora na naučnoistraživačkom projektu „Izučavanje relevantnih fenomena u procesima valorizacije čvrstih mineralnih sirovina“.

FeSO_4 u kombinaciji sa drugim deprimatorima otvaraju nove mogućnosti za usavršavanje tehnoloških procesa flotacijske koncentracije olovo-cinkovih ruda.

Autorima ovog članka je poznato da se kombinacija $\text{FeSO}_4/\text{NaCN}$ koristi za deprimiranje minerala cinka pri selektivnoj koncentraciji olovo-cinkovih ruda. Istraživanja izvršena u Rudarskom institutu pokazuju sasvim suprotan fenomen. Naime, kod razdvajanja kolektivnog koncentrata minerala cinka i pirita, deprimiranje pirita se uspešno provodi uz prisustvo NaCN i FeSO_4 u baznoj sredini.

Selektivno dobijanje komercijalnih koncentrata iz ruda sa povećanim sadržajem pirita, kao što je slučaj sa polimetaličnom rudom iz ležišta Čardinje, predstavlja složen problem u industrijskom procesu pripreme mineralnih sirovina. Kao posledica izdvajanja fero jona u pulpi dolazi do aktiviranja pirita i nekontrolisanog flotiranja tokom celog procesa, što snižava kvalitet selektivnih koncentrata olova i cinka.

U Leninogorskoj flotaciji za razdvajanje kolektivnog Cu-Pb koncentrata je uspešno primjena kombinacija $\text{FeSO}_4/\text{Na}_2\text{SO}_3$ umesto cijanidne selekcije. Pojedini autori ovog članka su 1982. godine posetili ovu flotaciju na Uralu i uverili se u efikasnost ove metode.

Smatra se da se deprimirajuće dejstvo kombinacije reagenasa $\text{FeSO}_4/\text{Na}_2\text{SO}_3$ svodi na delovanje kompleksa $(\text{FeSO}_3\text{SO}_4)^{2-}$, koji se obrazuje u vodenom rastvoru.

Fenomen do koga su autori došli prilikom istraživanja zaštićen je u Centru za intelektualnu svojinu i marketing pod brojem P.920.

Prethodna ispitivanja

Iz dobijenog uzorka formirani su uzorci za laboratorijska, hemijska i mineraloška ispitivanja. Iz uzorka za laboratorijska ispitivanja uzeti su manji uzorci za semikvantitativnu spektralnu i delimičnu hemijsku analizu. Pošto je uzorak primljen sa ggk od 5,0 m/m, dalje usitnjavanje nije vršeno, već je on podeljen na količinu od po 1,0 kg za laboratorijska ispitivanja.

Semikvantitativna spektrohemijска analiza

Sadržaj elemenata je dat u ppm:

Pb	Zn	Cu	As	Mn	Sb	Ag	Cd
100	> 10000	2000	200	10000	30	8	40

Delimična hemijska analiza

Sadržaj elemenata je dat u % i g/t:

Pb	Zn	Cu	Fe	S	SiO_2	Ag	An
0,2%	5,95%	0,1%	27,24%	18,92%	18,67%	10 g/t	Ø

Opiti flotacijske koncentracije

Radi upoređenja Šeriden-Grizvudove metode i metode koju su razradili autori ovog članka, uradene su dve serije opita. U prvoj seriji opita, s obzirom na karakteristike rude i povećani sadržaj pirita, kao kolektor u ciklusu minerala olova korišćen je kalijumetil ksantat sa penušavcem D-200, a u ciklusu kolektivne flotacije minerala cinka i pirita korišćen je natrijumizopropil ksantat sa penušavcem D-200.

Opiti su vršeni na rudi samlevenoj na 86,61% klase – 0,074 mm, jer je ranije dokazano da se pri toj finoći mlevenja postiže optimalno otvaranje rude.

Uslovi izvedenja ove serije opita prikazani su u tablici 1, a tehnološki rezultati prikazani su metal-bilansima u tablicama 2 i 3.

Tablica 1

UTROŠAK REAGENASA g/t		
Reagens	Klasični postupak	Postupak RI-a
Na_2CO_3	3000	500
NaCN	40	150
ZnSO_4	200	–
KEX	30	–
D-200	80	40
CuSO_4	500	500
Na/Px	150	300
CaO	2500	2000
FeSO_4	–	700

Zaključak

Metoda flotacijske koncentracije koju su saradnici Rudarskog instituta razradili na primeru $\text{Zn}-\text{FeS}_2$ rude iz ležišta Čardinje kod Prijepolja, dala je bolje rezultate nego klasični postupak. Klasičnim postupkom se dobija lošiji kvalitet koncentrata cinka i pirita i slabije iskorisćenje korisnih metala i pirita.

Metal-bilans (klasični postupak) Tablica 2

Proizvodi	U %	Hemski sastav %			Raspodela %	
		Pb	Zn	S	Pb	Zn
Ulaz	100,00	0,21	5,80		100,00	100,00
K/Zn	9,50	1,80	42,30		81,42	69,28
K/FeS ₂	20,92	0,15	0,48	38,70	14,96	11,33
Jalovina	69,58	0,01	1,61	2,66	3,62	19,39

Metal-bilans (postupak RI-a)

Tablica 3

Proizvodi	U %	Hemski sastav %			Raspodela %	
		Pb	Zn	S	Pb	Zn
Ulaz	100,00	0,23	5,88		100,00	100,00
K/Zn	10,20	0,50	50,20		22,17	87,08
K/FeS ₂	33,60	0,15	0,32	51,00	21,92	1,83
Jalovina	56,20	0,22	1,96	1,83	55,91	11,09

Tehnološki uslovi i potrošnja flotacijskih reagenasa postupkom kolektivno-selektivne flotacijske koncentracije bili bi:

- mlevenje rude do finoće 85% klase – 0,074 mm, sa dodatkom Na₂CO₃ 500 g/t
- kondicioniranje pulpe pre kolektivne flotacije (ZnS+FeS₂) u trajanju od 10 min. uz dodatak sledećih reagenasa:

CuSO ₄	500 g/t
FeSO ₄	700 g/t
Na/PX	300 g/t
D-200	40 g/t

- kolektivno flotiranje ZnS+FeS₂ bez dodavanja reagenasa; vreme flotiranja 10 min.
- prečišćavanje kolektivnog koncentrata bez dodavanja reagenasa; vreme flotiranja 6 min.
- kondicioniranje pre razdvajanja ZnS od FeS₂ sa dodatkom sledećih reagenasa: CuO (200 g/t) i NaCN(150 g/t); vreme kondicioniranja 10 min.
- flotiranje minerala ZnS bez dodavanja reagenasa; vreme trajanja 10 min.

Opisana metoda koncentracije će se u toku 1992. god. proveravati na svim olov-cinkovim flotacijama radi usavršavanja tehnološkog procesa, a samim tim i dobijanja visoko kvalitetnih koncentrata olova i cinka uz veća iskorišćenja.

SUMMARY

Determination of the Phenomenon of Pyrite Activation Using FeSO₄ in Bulk-Selective Flotation of Deposit Čardinje – Prijeopolje Zinc-Pyritic Ore

Associates of the Mineral Dressing Department of the Mining Institute developed a new procedure for concentration of polymetallic ZnS-FeS₂ ore from deposit Čardinje. The procedure of bulk flotation of pyrite activated with FeSO₄ and zinc minerals followed by separation yields high grade zinc mineral and pyrite concentrates. Prior to separation of zinc minerals and pyrite, pyrite depression is successfully achieved with NaCN in a basic medium.

Literatura

1. Salatić, D. i drugi, 1973: Dvojni električni sloj i flotabilnost svalerita, „Rudarski glasnik“ br. 4, Beograd.
2. Lazarević, Ž. i drugi, 1985: Studija laboratorijskih ispitivanja flotacijske koncentracije cinkovo-piritne rude lokaliteta Čardinje, Rudarski institut, Beograd.
3. Šer, F., 1967: Primena postupka kompleksiranja i kontrole oksidacije za deprimiranje pirita u uslovima selektivnog flotiranja sulfidnih minerala olova i cinka rude Farbani Potok, „Rudarski glasnik“ br. 1, Beograd.
4. Pavlić, J. i drugi, 1991: Using FeSO₄/NaCN in selective Pb/Zn flotation, „Mining magazine“
5. Rey, M., 1957: Differential Flotation of Lead-Zinc Ores, Int. Mineral Dressing Congress, Stockholm

Autori: dr inž. Živorad Lazarević, dipl. inž. Zoltan Konc, dipl. inž. Milosav Adamović, dipl. inž. Jovo Došenović, Zavod za pripremu mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd
Recenzent: dr inž. Božidar Branković, Rudarski institut, Beograd
Članak primljen 14.01.1992, prihvaćen 12.03.1992.

Finansira Ministarstvo za nauku i tehnologiju
Republike Srbije*

UDK 662.613 : 622.693
Originalni naučni rad
– primenjenoinistraživački

MOGUĆNOSTI I USLOVI DEPONOVANJA PEPELA TE KOSTOLAC-B

**Božidar Branković – Dinko Knežević – Milan Milošević –
Verica Joksimović – Branimir Monevski**

Rezime

Pepeo TE Kostolac-B nastaje sagorevanjem lignita iz kostolačkog basena. U samoj TE nastaju dva čvrsta proizvoda sagorevanja, pepeo i šljaka. Ova dva proizvoda se mešaju u bagerstanici, odakle se hidrauličkim putem transportuju i odlazu na pepelište. Izgradnja pepelišta se vrši pomoću ciklonskih stanica, pri čemu se od krupnozrnog materijala direktno izgrađuju obodni nasipi pepelišta, a sitne klase odlazu u unutrašnjost pepelišta. Ovako izgrađen sistem deponovanja pepela efikasno funkcioniše, ali se ne smatra da je postignuto optimalno rešenje. Radi iznalaženja definitivnog postupka odlaganja pepela i šljake obavljena su detaljna ispitivanja pepela, koja su obuhvatila utvrđivanje hemijskih osobina pepela kroz izradu silikatne, spektrohemiske i radiološke analize. Dalje su obavljena mineraloška ispitivanja i utvrđen mineralni sastav pepela, a potom i njegove fizičke i geomehaničke osobine. Izvršena su hemijska ispitivanja ulazne i izlazne vode iz pepelišta da bi se utvrdio njihov kvalitet i ocenila upotrebljiva vrednost. U okviru tehnoških ispitivanja analizirane su mogućnosti suvog transporta pepela, uključujući pri tome vlaženje ili okrupnjavanje – peletizaciju pepela. Utvrđene su mogućnosti zgušnjavanja pepela i određena ekonomski gustina pumpanja gусте suspenzije pepeo-voda. Na bazi ovih parametara data je analiza načina deponovanja pepela, koja predodređuje dalji pravac optimizacije transporta i deponovanja pepela.

* Ovaj članak je rezultat rada autora na naučnoistraživačkom projektu „Izučavanje relevantnih fenomena u procesima valorizacije čvrstih mineralnih sirovina“.

Uvod

Pepeo iz TE Kostolac-B nastaje sagorevanjem lignita iz rudnika Drmno u kostolačkom basenu. U samoj termoelektrani nastaju dva čvrsta proizvoda sagorevanja – šljaka i pepeo, koja se izdvajaju u elektrofiltrarskom postrojenju. Oba ova proizvoda se mešaju u bagerstanci, odakle se hidrauličkim putem otpremaju na pepelište. Izgradnja pepelišta se vrši uz pomoć ciklonskih stanica. U prvoj ciklonskoj stanici se izdvajaju preliv i zgušnuti pesak. Pesak se potom šalje na ponovno cikloniranje, gde se izdvaja pesak koji se koristi za direktnu izgradnju obodnog nasipa pepelišta, a preliv oba ciklona se usmeravaju u unutrašnjost pepelišta iza obodnog nasipa. Kada je obodni nasip dovoljno visok, ukupna količina pepela može preko spigota da se deponuje iza nasipa u unutrašnjost pepelišta.

Osobine pepela

U okviru ispitivanja uzorkovani su šljaka pepeo, mešavina ovih proizvoda na kraju hidrauličnog transporta, ulazna i procedna voda iz pepelišta. Rezultati ispitivanja će biti prikazani u daljem tekstu.

Hemski sastav pepela

Na uzetim uzorcima šljake i pepela obavljena su hemijska ispitivanja, čiji su rezultati dati u tablici 1. Na osnovu hemijske silikatne analize pepeo se može svrstati u silikatno-aluminatni pepeo sa velikom obrazovnom sposobnošću, a koji nema hidrauličkih vezivnih osobina. Spektrohemiskim ispitivanjima utvrđen je sastav dat u tablici 2.

Tablica 1

Jedinjenje	Sadržaj, %		
	Šljaka	Pepeo	Pepeo hidromešavine
SiO ₂	38,68	46,84	46,76
Fe ₂ O ₃	6,44	9,40	11,47
Al ₂ O ₃	18,79	22,99	20,34
CaO	5,88	9,51	10,22
MgO	1,81	4,37	3,47
SO ₃	1,54	1,83	1,13
P ₂ O ₅	0,08	0,10	0,11
TiO ₂	0,88	1,08	1,02
Na ₂ O	0,29	0,29	0,38
K ₂ O	0,78	1,00	1,01
GŽ	24,75	2,62	4,03

Spektralna hemijska analiza je pokazala da ovi ispitivani pepeli i šljaka TE Drmno ne sadrže štetne teške metale, kao što su As, Bi, Ce, Cd, Sb, dok je sadržaj Mn, Co, Cu takav da njihovo prisustvo može pospešiti razvoj biljaka, ukoliko njihov razvoj omogući i drugi važan uslov, kao što je voda.

Slobodan CaO i Ca(OH)₂ hemijskom analizom nisu nađeni, što pokazuje da se sav Ca nalazi u vezanom obliku.

Ispitivanjem radionukleida u šljaci, pepelu i pepelu hidromešavine, a čije rezultate dajemo u tablici 3, pokazuju da pepeo nema posebno izražen radioaktivni fon ili zračenje koje bi odstupalo od prirodnog zračenja.

Rezultati analize iz tablice 1 ukazuju na povećano učešće nesagorelog uglja u šljaci (GŽ = 24,75%), čime se nepotrebno gubi ugalj i popunjava prostor namenjen za deponovanje pepela.

Tablica 2

Hemijski element	Šljaka	Pepeo	Pepeo hidromešavine
1	2	3	4
Al	1%	1%	1%
Fe	1%	1%	1%
Mg	5000 ppm	1%	1%
Ca	1%	1%	1%
Ti	2200 ppm	8000 ppm	5000 ppm
Mn	400 ppm	1100 ppm	1100 ppm
As	–	–	–
Pb	5 ppm	26 ppm	14 ppm
Sn	–	–	–
Sb	–	–	–
W	–	–	–
Ga	tr	12 ppm	10 ppm
Ge	–	–	–
Bi	–	–	–
Nb	–	–	–
Be	–	–	–
Mo	–	3 ppm	3 ppm
V	21 ppm	130 ppm	90 ppm
Ce	–	–	–
Cd	–	–	–
Cu	18 ppm	100 ppm	80 ppm
Ag	–	–	–
Ta	–	–	–
Y	–	10 ppm	8 ppm
Yb	tr.	tr.	tr.
Zn	–	–	–
Zr	25 ppm	100 ppm	70 ppm
Ni	15 ppm	80 ppm	75 ppm
Co	2 ppm	9 ppm	7 ppm
Se	2 ppm	9 ppm	6 ppm
Cr	10 ppm	65 ppm	55 ppm
La	–	–	–
Ba	40 ppm	170 ppm	120 ppm
Sr	–	75 ppm	40 ppm

Tablica 3

	Radioaktivnost materijala, Bq/kg				
	^{238}U	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	$^{137+134}\text{Cs}$
Šljaka	40	31	48	310	99,9
Pepeo	58	44	58	340	89,5
Pepeo hidromešavine	44	40	46	297	102,2

Mineralni sastav

Mineraloškim ispitivanjima je utvrđen mineralni sastav produkata sagorevanja (tablica 4). U uzorku šljake su zastupljene frakcije krupnije od 0,5 mm, gde u većim zrnima dominiraju fragmenti uglja koji su aglomerisani sa oksidima gvožđa i degradiranom glinom.

Kvarc je uglavnom zastupljen, dok su ostali minerali znatno smanjeni. Anhidrit nije utvrđen, već je utvrđeno pojavljivanje gipsa. Amorfna faza, koja je isključivo sastavljena od degradirane gline i uglja, je dominantna, dok je prisustvo staklenih perli znatno.

Tablica 4

Minerali	Sadržaj, %		
	Šljaka	Pepeo	Pepeo hidromešavine
Kvarc	7,2	7,2	7,6
Anhidrit	0,0	3,1	1,9
Degradirana glina	40,8	45,4	44,2
Hematit	3,8	3,8	5,3
Magnetit	2,8	3,7	3,8
Feldspat	2,6	2,6	3,4
Staklene perle	14,3	29,9	28,5
Ugalj	20,7	1,8	2,8
Gips	3,3	0,0	0,5
Ostali minerali	4,5	2,5	2,0
Ukupno:	100,0	100,0	

U uzorku pepela su od kristalnih faza najviše zastupljeni kvarc, hematit, magnetit, anhidrit i feldspat. Staklene perle se javljaju u većem broju, njihova veličina se kreće od 5 – 50 mkm; različito su obojene ili su bezbojne. Degradirana glina je dosta zastupljena i redovno formira sa ugljem i oksidima gvožđa sferolite ili loptaste agregate veličine od 0,5 – 1 mm. Amorfna faza je i dalje najviše zastupljena u uzorku. Anhidrit se slabo javlja u vidu nepravilnih agregata, sastavljenih od mikrokristalastih zrna.

Od kristalnih faza u uzorku pepela hidrošavine najzastupljeniji su kvarc i degradirani feldspat, koji se uglavnom pojavljuju u polomljenim i termički korodovanim kristalnim zrnima. Kod zrna feldspata zapažaju se i procesi topanja po ivicama. Anhidrid je vrlo malo zastupljen i javlja se u vidu sferolitskih agregata, čija se veličina zrna kreće od 20 – 50 mkm. Degradirana glina, koja ima u velikoj količini, formira veće aggregate, koji u sebi redovno sadrže ugalj i okside gvožđa.

Ostali minerali su slabije zastupljeni. Pored degradirane gline, koja predstavlja deo amorfne materije, utvrđen je i veći sadržaj staklenih „perli“ svih dimenzija (do 1 mm) i boja. Moguće je prisustvo i pojedinih silikata, međutim, oni su najverovatnije uklopljeni ili u staklu, ili u agregatima degradirane gline. Glavna karakteristika ovog uzorka je pojavljivanje minerala u vidu sferolitskih ili loptastih agregata sa organskom materijom i oksidima gvožđa.

Granulometrijski sastav

Granulometrijski sastav ispitivanih uzoraka je dat u tablici 5, iz koje se vidi da pepeo sadrži više od 40% klase – 0,044 mm, dok učešće te iste klase u šljaci iznosi 8,66%, a u pepelu hidromešavine 26,80%. Učešće lako-pokretljivih zrna manjih od 0,208 mm kod šljake iznosi 10,33%, kod pepela 57,50%, a kod pepela hidromešavine 40,5%. Uvidom u granulometrijski sastav ispitivanih uzoraka dobija se odgovor za što prašina sa pepelišta agresivno deluje na okolinu, pogotovo u doba jačih vetrova i povećanog isušivanja deponije pepela.

Tablica 5

Klasa krupnoće, mm	Šljaka M%	Pepeo M%	Pepeo hidromešavine M%
+ 1	24,43		
- 1 + 0,833	19,14	0,50	1,75
- 0,833 + 0,589	14,61	0,75	1,75
- 0,589 + 0,417	14,36	2,00	4,50
- 0,417 + 0,295	10,08	8,00	12,50
- 0,295 + 0,208	4,03	14,50	18,50
- 0,208 + 0,148	3,02	16,75	20,50
- 0,148 + 0,104	0,76	11,50	9,50
- 0,104 + 0,074	0,51	3,15	2,70
- 0,074 + 0,044	0,40	2,25	1,50

Tablica 6

Naziv	
1. Gustina šljake	2,56 kg/m ³
2. Gustina pepela	2,69 kg/m ³
3. Gustina pepela hidromešavine	2,65 kg/m ³
4. Prividna gustina šljake	1,96 kg/m ³
5. Prividna gustina pepela	2,05 kg/m ³
6. Prividna gustina pepela hidromešavine	2,06 kg/m ³
7. Gornja toplota sagorevanja, kJ/kg	
– šljake	5932
– pepela	615
– pepela hidromešavine	477
8. Zapreminska masa šljake	
– u suvom stanju min. zbijena	$d_{min} = 675 \text{ kg/m}^3$
– u suvom stanju max. zbijena	$d_{max} = 818 \text{ kg/m}^3$
– zbijenost	$l_p = 0,547$
9. Zapreminska masa pepela	
– u suvom stanju min. zbijena	$d_{min} = 816 \text{ kg/m}^3$
– u suvom stanju max. zbijena	$d_{max} = 922 \text{ kg/m}^3$
– zbijenost	$l_p = 0,521$
10. Zapreminska masa pepela hidromešavine	
– u suvom stanju min. zbijena	$d_{min} = 506 \text{ kg/m}^3$
– u suvom stanju max. zbijena	$d_{max} = 588 \text{ kg/m}^3$
– zbijenost	$l_p = 0,537$
11. Modul stišljivosti	
– šljake	3269 – 5405 kN/m ²
– pepela	8046 – 52631 kN/m ²
– pepela hidromešavine	4809 – 17699 kN/m ²
12. Ugao unutrašnjeg trenja	
– šljake	33° 15'
– pepela	30° 29'
– pepela hidromešavine	31° 23'
13. Kohezija	
– šljake	$C = 0,0 \text{ kN/m}^2$
– pepela	$C = 0,0 \text{ kN/m}^2$
– pepela hidromešavine	$C = 0,0 \text{ kN/m}^2$
14. Vodopropustljivost	
– šljake	$K = 1,49 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
– pepela	$K = 3,32 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
– pepela hidromešavine	$K = 3,98 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$

Fizičke osobine pepela

U okviru ovih ispitivanja su utvrđene neke fizičke osobine uzoraka, važne za izgradnju pepelišta i zaštitu okoline, čije vrednosti dajemo u tablici 6.

Određivanje brzine taloženja pepela u vodenim suspenzijama

Brzina taloženja pepela je određena po metodi Kynch-a. Postupak Kynch-a sastoji se u laboratorijskom utvrđivanju brzine taloženja neke suspendovane materije u vodi. Postupak je propisan i izvodi se u staklenim menzurama od 1000 cm³ pri visini stuba tečnosti od 330 mm. Opiti se izvode za različite odnose Č : T. Rezultati ovih ispitivanja dati su u tablici 6. Iz njih proizlazi da se ispitivani pepeo veoma lako taloži, a brzina taloženja se kreće 2,47 – 1,32 m/h, u zavisnosti od gustine suspenzije. Ispitivanjem uslova pumpanja suspenzije pepela i vode dobijeni su rezultati koji pokazuju da se gustina pušpe može povećavati sve do odnosa C : T = 1 : 1,5, a da pri tome suspenzija ostaje tečna. Pri odnosu C : T = 1 : 1,3 suspenzija dobija plastična svojstva i nije pogodna za pumpanje, pa se može smatrati da je ekonomski opravdana gustina pumpanja pri odnosu Č : T = 1 : 1,5. Ukoliko se želi da izvrši zgušnjanje pepela za odnose Č : T u rasponu 1 : 10 – 1 : 1,5, tada se dobijaju površine zgušnjavanja date u tablici 7. Obračun površina zgušnjavanja izведен je prema obrascu

$$F_1 = \frac{T - R}{24 \cdot V} \quad (\text{m}^2/\text{t pepela}/24 \text{ h})$$

PEPEO HIDROMEŠAVINE

Tablica 7

Č : T	Gustina pušpe g/l	Vreme taloženja min.	Zapremina taloga cm ³	Zapremina vode cm ³	Gustina taloga g/cm ³	Zapremina čvrstog u talagu cm ³	Zapremina vode u talagu cm ³	Č : T	Brzina taloženja m/h	% vode u talagu
1 : 10	1046	95,10	8	140	0,68	48,77	91,23	1 : 0,96	2,47	48,97
1 : 9	1051	105,10	8	160	0,65	54,89	106,11	1 : 1,01	2,47	50,25
1 : 8	1057	117,50	10	180	0,65	60,25	119,75	1 : 1,02	1,98	50,49
1 : 7	1065	133,13	10	205	0,65	68,27	136,73	1 : 0,97	1,98	49,23
1 : 6	1075	153,60	10	240	0,64	78,77	161,23	1 : 1,04	1,98	50,98
1 : 5	1088	181,33	11	270	0,67	78,77	191,23	1 : 1,05	1,80	51,22
1 : 4	1108	221,60	11	326	0,68	113,64	212,36	1 : 0,96	1,80	48,98
1 : 3	1138	284,70	14	410	0,69	146,00	264,00	1 : 0,93	1,42	48,18
1 : 2	1194	398,00	14	520	0,75	204,10	315,90	1 : 0,79	1,42	44,13
1 : 1	1322	661,00	15	815	0,81	338,97	476,04	1 : 0,72	1,32	41,86

* gustina pepela $\Delta = 1,95 \text{ g/cm}^3$
visina menzure H = 330 mm

gde je:

- F_1 = potrebna površina zgušnjivača za zgušnjavanje 1 t pepela za 24 h
 T = učešće vode u odnosu $\check{C} : T$
 R = učešće vode u odnosu $\check{C} : T$ u zgušnutoj suspenziji ($\check{C} : T = 1 : 1,5$)
 V = brzina taloženja, m/h

Tablica 8

$\check{C} : T$	V , m/h	F_1 , $m^2/t/24\text{ h}$
1 : 10	2,47	0,143
1 : 9	2,47	0,126
1 : 8	1,98	0,136
1 : 7	1,98	0,115
1 : 6	1,98	0,094
1 : 5	1,80	0,081
1 : 4	1,80	0,058
1 : 3	1,42	0,044
1 : 2	1,42	0,015

Na osnovu obavljenog proračuna vidi se da je površina zgušnjavanja od $0,143\text{ m}^2/t/24\text{ h}$ dovoljna za zgušnjavanje suspenzije pepela i vode pri svim razmatranim uslovima razredenja suspenzije.

Mogućnosti odlaganja pepela

Odlaganje pepela u TE Kostolac još uvek se smatra privremenim rešenjem i treba pronaći definitivni postupak za njegovo odlaganje. Postoji nekoliko mogućnosti.

Pepeo se izdvaja preko elektrofiltera, suvim putem, a šljaka preko kracer-a, mokrim putem. Oba proizvoda se šalju u bagerstanicu, odakle se hidraulično transportuju i odlažu na deponiju pepela. Ako se želi bilo kakva izmena, onda su mogući sledeći pravci:

- suvo odlaganje i
- optimizacija mokrog odlaganja.

Suvo odlaganje može imati nekoliko vidova. Zbog granulometrijskog satava pepela i složenosti njegovog prikupljanja u TE, spoljni transporta i odlaganja na pepelištu, potpuno suvi transport je neprimenljiv, kako zbog velikih troškova izgradnje i rada tako i zbog velikog aerozagadenja i nesigurnosti u radu. Drugi vid suvog trasporta može biti sa kvašnjnjem pepela. Ispitivanja su pokazala da pepeo može da sadrži 35% vlage, a da se pri tome ne

lepi na gumenu i metalnu podlogu. Pri vlaženju pepela postoji verovatnoća od 50% da će se uspešno ovlažiti, a u 50% slučajeva vлага neće biti optimalna, pa će pepeo nepovoljno delovati na transportne uređaje i okolinu. Pored toga, vlaženjem se povećava masa za transport za oko 52%. Treća mogućnost suvog transporta jeste postupak peletiziranja. Kako pepeo nema hidraulički vezivni osobina, to se za proizvodnju peleta mora upotrebiti vezivo. Kao vezivo može poslužiti bentonit, koji je deficitaran, ili kreč. Obavljena ispitivanja su pokazala da se peletiziranje bentonitom može uspešno obaviti ako se obezbedi vлага pepela od 15 do 20% i na to doda 3 – 4 % bentonita. Peletiziranje sa krečom je moguće ako se obezbedi vлага u pepelu od 20 do 30% i doda kreča 6 – 8 %. Za peletiziranje pepela potrebljeno je da se obezbedi njegovo suvo prikupljanje i deponovanje u specijalne silose, a potom da se izgrade pogoni za peletiziranje i pripremu vezivnog sredstva, kao i transportni sistem za otpremu peleta. U postrojenju za peletizaciju proizvešće se zeleni pelet, koji nije obavio hidraulično vezivanje, mekan je i šklon plastičnoj deformaciji. Tek posle 48 h pelet dostiže čvrstoću koja mu omogućuje da se transportuje i odlaže u svim klimatskim uslovima. Kako je vreme odlaganja pepela do pune čvrstine teško obezbediti, to znači da bi se transprotnim sistemom transprotovala masa koja ima plastična svojstva i koja bi u periodu nepovoljnih klimatskih uslova (kiša, sneg) otežavala transport i činila ga nesigurnim.

Iz iznetog proizlazi da suvi transport silikatno-aluminatnog pepela TE Kostolac-B nije prihvativljiv.

Kvalitet vode

Kod svakog pepelišta koje se hidraulički formira moguće je da ga voda napušta u vidu prelivnih i procednih voda. Kod silikatno-aluminatnih pepelišta koja imaju veliku vodopropusnost i veliku filtracionu sposobnost, kvalitet prelivne vode mora biti istovetan sa procednom vodom. U tablici 8 su dati uporedni rezultati ulazne i procedne vode. I ova analiza potvrđuje da pepelište ima izrazitu filtrirajuću sposobnost i da taj fenomen treba koristiti za recirkulaciju vode.

Izveštaj o rezultatu ispitivanja vode**FIZIČKO-HEMIJSKE KARAKTERISTIKE ULAZNE I PROCEDNE VODE SA DEPONIJE PEPELA TE DRMNO**

Tablica 9

Datum uzimanja uzorka	6. 11. 1990.		MDK (mg/l)	
	Uzlazna voda deponije pepela	Procedna voda deponije pepela	I i II	III i IV
Izgled vode	sivkasta	sivkasta		
Vidljive otpadne materije	bez	bez		
Temperatura vazduha, °C	11,00	11,8		
Temperatura vode, °C	12,5	16,2		
Mutnoća NTU	4,20	1,20		
Boja u stepenima	30	10		
pH-vrednost	7,73	7,44	6,8 – 8,5	6,0 – 9,0
Elektroprovodljivost	348	1139		
Nitriti (N_2O_5), mg/l	10,0	4,0	10,0	15,0
Nitriti (N_2O_3), mg/l	0,15	0,15	0,05	0,5
Amonijak (NH_3), mg/l	0,00	0,00		
Hloridi (Cl^-), mg/l	20,0	35,0		
Utrošak KMnO_4 , mg/l	75,50	668,00		
Hemijska potrošnja kiseonika HPK, mg/l	18,38	167,00	10	12
Biohemskijska potrošnja kiseonika, BPK _s , mg/l	15,63	141,95	2	4
Alkalitet, ml/l n/lo HCl	35	15		
Kalcijum (CaO), mg/l	98,10	448,45		
Magnezijum (MgO), mg/l	161,35	705,89		
Gvožđe, mg/l	0,05	0,00	0,3	1,0
Mangan, mg/l	0,00	0,00		
Sulfati, mg/l	26,88	367,36		
Fosfati (PO_4^{3-}), mg/l	0,50	0,25		
Kiseonik (O_2), mg/l	1,20	9,37	8	6
Ostatak isparjenja nefiltrirane vode, mg/l	393	1418		
Ostatak isparjenja filtrirane vode, mg/l	389	1410	350	1000
Suspendovane materije, mg/l	4	8	10	30
Fenolne materije, mg/l	0,000	0,000		
Vodonik sulfid (H_2S), mg/l	0,0	0,0		
Natrijum, mg/l	14,68	22,68		
Kalijumi, mg/l	2,80	8,12		
Olovo (Pb), mg/l	0,005	0,005		
Cink (Zn), mg/l	0,002	0,006		
Kadmijum (Cd), mg/l	0,0005	0,0005		
Bakar (Cu), mg/l	0,002	0,004		
Hrom (Cr^{6+}), mg/l ukupni	0,002	0,002		

Samo pepelište povoljno deluje na kvalitet procedne vode, što se ogleda u povećanju elektroprovodljivosti, utroška KMnO_4 , biološki potrebnoj količini kiseonika, povećanju koncentracije jona CaO , sulfata, natrijuma i kalijuma itd. Povećava se providnost, a poneke komponente se i smanjuju. Preračunavajući koncentraciju jona Ca^{2+} Mg^{2+} i Na^+ na koncentraciju izraženu u meqv, vidimo da koncentracija jona Ca^{2+} raste sa 4,9 na 22,38 meqv, Mg^{2+} raste sa 13,27 na 58,05 meqv, N^+ raste sa 14,68 na 22,68 meqv. Ovi joni direktno utiču na adsorpciju tla, ali prema pedološkim normama

ispitivane vode se mogu koristiti za zalivanje biljaka. Ako se klasiranje vode izvrši prema koeficijentu SAR, tada ulazna voda koja potiče iz Dunava u pepelište ima vrednost SAR = 0,26 i odgovara upotrebnom kvalitetu vode C₁ – S₂, a procedna voda iz pepelišta ima vrednost SAR = 0,19 i ima upotrebnu vrednost vode kategorije S₁ – C₃, koja se može koristiti za zalivanje. Po našem mišljenju, ispravnije bi bilo vodu iz pepelišta koristiti kao povratnu vodu, a samo vodu koja ostaje trajno zarobljena u pepelištu nadoknađivati iz procesa vodosnabdевања.

Zaključak

Izvršena ispitivanja osobina pepela i dosadašnja iskustva u hidrauličkom transportu i odlaganju pepela ukazuju da je takav postupak transporta i odlaganja pepela vrlo efikasan, ali da ceo proces treba optimirati. Proces se može

optimirati sa aspekta zaštite okoline i tehnike rada korišćenjem, u prvom redu, povratne vode i upotrebom što manje količine vode. Ovo se može postići ako se za deponovanje pepela primeni postupak deponovanja u gustoj pulpi.

SUMMARY

Possibilities and Conditions of Ash Disposal in Thermal Electric Power Generating Plant Kostolac-B

Completed tests into ash properties and to-date experience in hydraulic ash transport and disposal indicate that they function efficiently, but that the whole process requires optimization. The process may be optimized from the aspects for environmental protection and operating technique primarily by utilization of recirculating water and use of the lowest possible volume of water. This is achievable if ash disposal utilizes the dense pulp disposal method.

Literatura

1. Studija tehnoloških ispitivanja za izradu koncepcijskih rešenja transporta pepela i šljake iz TE Kostolac-B u otkopane prostore PO Drmno, Rudarski institut, Beograd, 1991.
2. Knežević, D., 1985: Transport i odlaganje šljake i pepela u jugoslovenskim elektranama, „Rudarski glasnik“ br. 3, Beograd.
3. Đođa, K., 1982: Svojstva zoli i šlake čehoslovackih topliv i sposoj ih transportirovki i skladirovanja, Seminarski rad na temu: Pitanja eksploatacije i održavanja termoelektrana, Ženeva.
4. Knežević, D., 1990: Full-Scale Practice and Problems of Ash Transportation and Depositing from Electric Power Plants, Conference „Coal, Ash and Environmental Protection Against Coal Combustion Products“, Beograd.

UDK 622.44.002.5 : 628.517.2
Stručni rad

ZAŠTITA OD BUKE VENTILATORA (sa 3 slike)

Jovan Pejčinović – Ratko Brašnjević

Rezime

U ovom radu su na primeru glavnih jamskih ventilatora u Rudniku urana Žirovski Vrh prikazani osnovni principi vezani za nastajanje i proračun jačine buke na izvoru i određenoj udaljenosti od ventilatora, principi proračuna i tehnička rešenja za smanjenje buke.

Uvod

Pri radu ventilatora kojima se provetrvaju rudnici, metroi, transportni tuneli i drugi podzemni i nadzemni objekti nastaje buka koja nepovoljno utiče na radnu i životnu okolinu ukoliko se ne preduzmu odgovarajuće mere zaštite.

Glavni ventilatori rudnika su najčešće smešteni dalje od naseljenih mesta, ali se dešava da i pored udaljenosti buka koju stvara ventilator u naseljenim mestima prelazi dozvoljenu granicu (noću 45 dB). Često proizvođači ventilatora pri isporuci ne daju podatke o buci koju će stvarati ventilator, pa se u projektu za ugradnju ventilatorskih stanica ne predvide odgovarajuće mere za smanjenje buke. U ovakvim slučajevima se rešenje mora tražiti naknadno, što problem čini složenijim i skupljim. Pri projektovanju ugradnje ventilatora za provetrvanje i klimatizaciju moraju se predvi-

deti mere zaštite koje će buku koju stvara ventilator smanjiti tako da buka emitovana u okolini bude u dozvoljenim granicama.

Karakteristika buke ventilatora

Izvori buke ventilatora su bilo koje oscilirajuće pojave koje prate rad ventilatora. Ove pojave po Lajthilu mogu biti aerodinamičkog karaktera (od vazduha) i stvaraju aerodinamičku buku, i mehaničkog karaktera (od elemenata konstrukcije ventilatora) pa stvaraju mehaničku buku [1, 2].

Nestacionarne aerodinamičke pojave koje prate rad ventilatora i stvaraju odgovarajuću buku mogu se svrstati u sledeće pojave:

- nastale vrtložne struje i prekinute strujne tokove u međulopatičnim kanalima u vidu aerodinamičkih pragova i međusobno delo-

- vanje obrazovanih vihara i tvrdih okružujućih površina
- periodične pulsacije pritiska i brzine izazvane razlikama strujnih tokova između lopatica radnog kola obstrujavanjem samih lopatica i glavčine radnog kola
- pulsacije brzine i pritiska izazvane turbulentnim graničnim slojem na tvrdim površinama koje ograničavaju protočni deo ventilatora
- pulsacije turbulentnih tangencijalnih naprezanja izazvane poprečnim prenosom vihara pri postojanju polja neravnomernih brzina (turbulentna buka).

Kod mehaničke buke ventilatora razlikujemo buku od ležaja, debalansa (necentriranosti) pokretnih delova, spojnice i prenosnih kaiševa. Na ukupnu buku postrojenja može uticati i buka motora i reduktora.

Kod dobro konstruisanih ventilatora preovlađuje buka aerodinamičkog karaktera, nastala usled izazvanih vrtloga i oscilacije pritiska i brzine vazduha.

Učestalost nastalog zvuka je jednaka učestalosti poremećaja i izražava se formulom:

$$f_u = \frac{m \cdot n \cdot z}{60} \quad (1)$$

gde je:

m – 1, 2 ... broj radnih kola
n – broj obrtaja ventilatora, ob/min
z – broj lopatica.

Pošto je $n = \frac{60 u}{\pi \cdot D}$ (ob/min), formula (1)

može da se napiše u obliku:

$$f = \frac{m \cdot u \cdot z}{\pi \cdot D} \text{ ili } f = \frac{Sh \cdot u}{D} \quad (2)$$

gde je:

u – obimna brzina, m/s
Sh – Struhalov broj – kriterijum sličnosti
D – prečnik radnog kola.

Dalje je:

$$Sh = \frac{m \cdot z}{\pi} \quad (3)$$

Na osnovu jednačina za kapacitet i depresiju ventilatora:

$$V = \frac{\bar{V} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot u}{4} \text{ (m}^3/\text{s)} \text{ i } H = R 16 \cdot \rho \cdot u^2 \text{ (Pa)} \quad (4)$$

E. Judin [3] je formulisao kriterijalnu jednačinu za ukupnu zvučnu snagu ventilatora u sledećem obliku:

$$Pa = 4 \cdot \tilde{K} \cdot \rho^{-1,5} \cdot C^{-3} \cdot \bar{H}^{-2,5} \cdot \bar{V}^1 \cdot V \cdot H^{2,5/\pi} \text{ (dB)} \quad (5)$$

gde je:

V – kapacitet ventilatora, m³/s

H – depresija ventilatora, Pa

\bar{V} – koeficijent proizvodnosti ventilatora

H – koeficijent ukupnog pritiska.

Proračun buke ventilatora se vrši obično za normalne atmosferske uslove, pri kojima je $C = Co = 344 \text{ m/s}$, pa formula (5) dobija oblik:

$$Pa = \tilde{K} \cdot V \cdot H^{2,5}$$

gde je:

$$\tilde{K} = 4 \cdot \rho^{-1,5} \cdot C^{-3} \cdot \bar{K} \bar{H}^{-2,5} \cdot \bar{V}^{1/\pi} \quad (5a)$$

Iz ovih izraza je dobijen logaritamski oblik osnovne jednačine za ukupan nivo zvučne snage ventilatora u normalnim atmosferskim uslovima:

$$L_{puk} = \tilde{L}_{\Sigma} + 25 \log H + 10 \log V - 25 \text{ (dB)} \quad (6)$$

gde je:

$$\tilde{L}_{\Sigma} = 10 \log (4 \rho_0^{-1,5} C^{-3} K \bar{H}^{-2,5} \bar{V}^{-1/\pi}) + N \text{ (dB)} \quad (6a)$$

L_{Σ} – ukupni kriterijum buke za kapacitet 1 m³/s i 1 Pa.

Zavisno od konstrukcije i mesta merenja, jednačina (6) prema instrukciji (4) ima oblik:

– za usisni ili potisni cevovod:

$$L_p = \tilde{L} + 20 \log H + 10 \log V + \delta - \Delta L_1 + \Delta L_2 - 20 \text{ (dB)} \quad (7)$$

– za prostoriju ili u otvorenim ulaznim ili izlaznim otvorima u atmosferu:

$$L_p = \tilde{L} + 20 \log H + 10 \log V + \delta - \Delta L_1 - \Delta L_3 - 20 \text{ (dB)} \quad (8)$$

– kroz oblogu kućišta ventilatora:

$$L_p = \tilde{L} + 20 \log H + 10 \log V + \delta - \Delta L_1 - 20 \text{ (dB)} \quad (9)$$

gde je:

\tilde{L} – kriterijum buke koji daje proizvodač ventilatora

ΔL_1 – popravka zavisna od tipa ventilatora i broja obrtaja; za frekvence od 63 do 8000 Hz kreće se 4 – 38 dB

ΔL_2 – popravka zavisna od vrednosti kvadratnog korena prečnika priključka ventilatora; za frekvence od 63 do 1000 Hz se kreće 26 – 0 dB

ΔL_3 – popravka zavisna od prečnika priključka ventilatora; za frekvence od 200 do 2000 mm i frekvence od 0 do 500 Hz kreće se 4 – 0 dB; za frekvence iznad 500 Hz popravka = 0 dB

δ – popravka zavisna od režima i stepena korisnog dejstva ventilatora $\delta = 0$ za $\eta = 0,91$ do $1,0$; $\delta = -2$ za $\eta = 0,8$ do $0,9$; $\delta = -4$ za $\eta < 0,8$.

Popravke ΔL_1 , ΔL_2 i ΔL_3 su date za neke od tipova ventilatora proizvedenih u SSSR-u [3] i [4].

Ukupni nivo zvučne snage se može odrediti i na osnovu snage pogonskog motora P, depresije ventilatora ΔH i kriterijuma buke koji zavisi od tipa i konstrukcije ventilatora, po formuli:

$$L_p = \tilde{L} + 10 \log P + 10 \log \Delta H \text{ (dB)} \quad (10)$$

Uzimanjem u obzir svih faktora za proračun snage buke ventilatora na određenoj udaljenosti, jednačina ima oblik:

$$L_p = L + 20 \log R - \Delta L_R + B(f) \cdot R + C(R) + D(R) + B \quad (11)$$

gde je:

L – izmereni nivo buke na tački, dB

ΔL_R – uticaj dodatne refleksije, osim refleksije od zemljišta, dB

B(f) – uticaj disipacije u vazduhu, dB

C(R) – uticaj terena, dB

D(R) – uticaj vremenskih prilika, dB.

Mogućnost smanjenja buke ventilatora

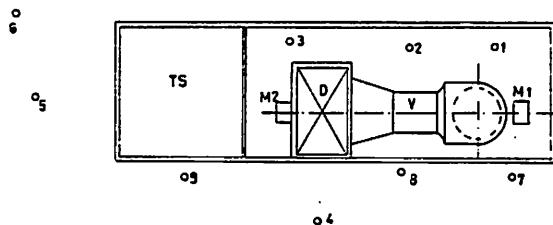
U uvodnom delu je rečeno da proizvođači ventilatora retko u okviru tehničkih karakteristika ventilatora daju podatke i o nivou buke koju će stvarati ventilator.

Ovde će biti prikazan jedan takav slučaj. Za glavno provetranje Rudnika urana Žirovski Vrh nabavljeni su tri aksijalna ventilatora iz SSSR-a. Jedan je dvostepeni, tipa VOD-16, sa prečnikom radnih kola $D = 1600$ mm, dva pogonska motora od po 160 kW i kapacitetom $V = 75,0 \text{ m}^3/\text{s}$ i $H = 1805,0 \text{ Pa}$. Ovaj ventilator je ugrađen u ventilatorsku stanicu izgradenu na ulazu u potkop P1. Druga dva ventilatora su tipa VOD-21, imaju prečnik radnog kola 2100 mm, pogonski motor snage $450,0$ kW i kapacitet $V = 120,0 \text{ m}^3/\text{s}$ i $H = 1250,0 \text{ Pa}$. Oba ventilatora su ugrađena u ventilatorsku stanicu izgrađenu na ulazu u potkop P36. Ventaltorske stanice se nalaze u pošumljenom području, udaljenom od naselja. Po puštanju ventilatora u rad izvršeno je ispitivanje buke merenjem i dokazano da je ona u dozvoljenim granicama. Ova merenja su izvršena u letnjem periodu, kada je bila bujna vegetacija (mesec juli).

Na zahtev vlasnika nekih kuća iz okolnog područja, Institut za zaštitu iz Maribora u februaru mesecu je izvršio merenje buke i konstatovao da ona na graničnim lokacijama prelazi dozvoljeni nivo za 9 dB kod objekata u okolini ventilatora VOD-16 i 7 dB kod objekata u okolini ventilatora VOD-21. Rudarski institut, koji je i projektovao obe ventilatorske stanice na zahtev rudnika je izvršio dopunska merenja buke, sa ciljem da se utvrdi doprinos pojedinih izvora ukupnoj emitovanoj zvučnoj snazi. Na osnovu ovih merenja su izvršeni odgovarajući proračuni i izrađeni izvođački projekti čijom realizacijom je emitovana buka oba ventilatorska postrojenja smanjena i dovedena u dozvoljene granice (6, 7 dB).

Merjenje buke kod ventilatora VOD-16 je izvršeno na devet tačaka, kako se to vidi sa slike 1.

Da bi se odredio spektar buke, merenja su izvršena sa tri korekcione karakteristike. Dobjeni rezultati su dati u tablici 1.



Sl. 1. – Merna mesta kod ventilatora VOD-16
V – ventilator; M₁ i M₂ – pogonski motori;
D – difuzor; TS – trafostanica

Tablica 1

Merno mesto	Nivo zvuka u dB		
	A	B	C
1	101,5	104,0	106,0
2	103,5	109,5	111,0
3	98,5	102,5	104,5
4	83,5	90,5	93,0
5	76,5	80,5	81,5
6	75,0	79,0	81,0
7	83,5	90,0	92,0
8	85,0	92,5	95,0
9	81,0	89,0	92,0

Izmeren je nivo buke kod nekih karakterističnih objekata u okolini ventilatora. Pri ovome je utvrđeno da nivo buke na 270 m od ventilatora iznosi 54 dB (A).

Analizom dobijenih rezultata je utvrđeno daje otvor difuzora glavni izvor buke i da se ona u neposrednoj blizini najviše odražava u tački 4, koja se nalazi na nivou približno jednakom nivou vrha difuzora. Prema formuli (11), nivo zvučne snage difuzora u ovoj tački iznosi:

$$L_{PA4} = L_4 + 8 + 20 \log R + \Delta L_2 = 83,5 + 8 + 23 + 5 = 119,5 \text{ dB}$$

pri čemu je uzeto R = 14 m, Δ L₂ = 5 dB, korekcija zbog zračenja za ugao veći od 90° ali manji od 180°.

Ukupna snaga buke od ventilatorske stanice za mernu tačku na odstojanju 270 m od ventilatora iznosi:

$$L_p = 54 + 20 \log 270 - 2 + 3 + 8 = \\ = 112 \text{ dB(A).}$$

Zvučna snaga ventilatora je određena i za date maksimalne pogonske parametre ventilatora prema formulama (7) i (10).

$$L_{P1} = 60 + 10 \log 75 + 20 \log 187,6 = 124 \text{ dB} \\ L_{P2} = 80 + 10 \log 320 + 10 \log 187,6 = 127,5 \text{ dB}$$

Prema W. Fasoldu [5], radi dobijanja što realnije vrednosti na izlazu ovu vrednost treba umanjiti za 12,5 dB, tako da emitovana vrednost buke iznosi:

$$L_p = 127,5 - 12,5 = 115,0 \text{ dB}$$

Ova vrednost je u granicama dozvoljene tačnosti od ± 5,0 dB u odnosu na vrednosti sračunate na osnovu merenja (112,0 i 119,5 dB).

Iz ovoga sledi da je potrebno smanjiti buku za 10 dB (54 – 45 = 9 dB, što sa rezervom od 1 dB daje 10 dB).

Radi smanjenja buke predviđena je ugradnja prigušivača od kulisa. On se ugrađuje u gornji deo difuzora zbog konstruktivnih razloga i da ne bi došlo do znatnijeg prigušenja ukoliko bi se ugrađivale kulise i u donji deo difuzora. Na slici 2 je prikazana konstrukcija kulisa za izolaciju buke.

Kulise su izrađene od profilisanih nosača i perforiranog lima ispunjenog staklenom vunom (tervolom). Predviđena je ugradnja četiri kulise. Usvojena je debljina kulisa d = 0,1 m i razmak između kulisa 2 h = 0,54 m, kako ne bi došlo do smanjenja preseka difuzora zaviše od 1/3.

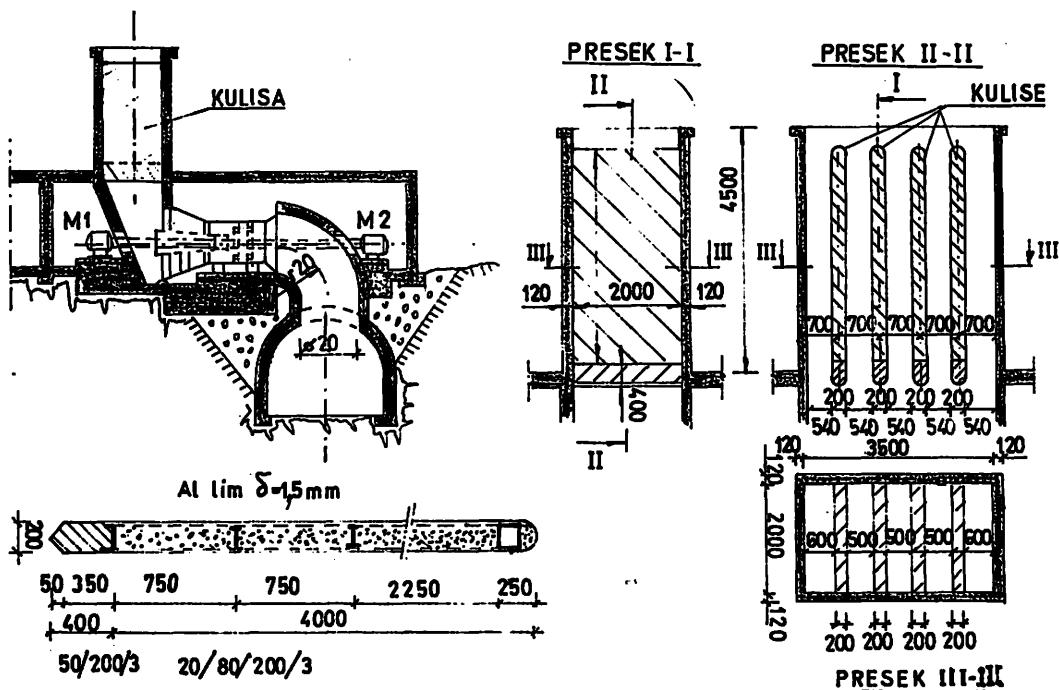
Za ove uslove kritična talasna dužina iznosi:

$$\lambda = \frac{2h}{1,5} = \frac{2 \cdot 0,27}{1,5} = 0,36 \text{ m} \quad (12)$$

h = 0,27 m – polurazmak između kulisa

Granična frekvencija iznosi:

$$f > \frac{C}{\lambda} = \frac{340}{0,36} = 944,4 \text{ Hz} \quad (13)$$



Sl. 2. – Presek kroz ventilatorsku stanicu ventilatora VOD-16 sa detaljima kulisa za prigušenje buke

Iznad ove frekvencije prigušivač buke nije efikasan. Poznato je da zvučna snaga ventilatora iznad ove frekvencije opada, tako da se smanjuje potreba za prigušenjem buke. Prigušenje se nalazi po obrascu:

$$G' = \frac{2,2}{2n} (\alpha + \frac{\alpha^2}{2}) \quad (14)$$

$$\text{gde je } n = \frac{2 hf}{C} \quad (15)$$

i zavisno od frekvencije za navedene karakteristike kulisa iznosi:

Po ugradnji prigušivača, Institut za zaštitu na radu i sigurnost iz Maribora izvršio je kontrolu nivoa buke i utvrdio da je buka na izvoru i na lokacijama ovih objekata smanjena za nešto veću vrednost od proračunate i da je niža od maksimalno dozvoljenog nivoa, predviđenog Pravilnikom za ovu vrstu objekata. Pri proračunu nije bio uzet u obzir uticaj disipacije u vazduhu na slabljenje buke.

Ugradnja kulisa je povećala depresiju ventilatora za:

frekvencija, Hz	100	200	400	800	1600	3150	ukupno
prigušenje, dB/m	1,1	3,4	6	6	1,5	0,04	
prigušenje za 4 m, dB	4,4	13,6	24,0	24,0	6,0	0,16	10,0

Iz čega se vidi da smanjenje buke u tački 6 iznosi 10 dB (A).

$$D h = \xi \cdot \rho \cdot \frac{w^2 \cdot l}{2} = 0,6 \cdot 0,122 \cdot \frac{13,9^2}{2} = 69,3 \text{ Pa}$$

$$\xi = 2 \left(\frac{\delta}{a + \delta} \right)^2 + \frac{\delta}{a + \delta} \frac{0,015}{a} = 2 \left(\frac{0,20}{0,54+0,20} \right)^2 + \\ + \frac{0,20}{0,54+0,20} + \frac{0,015}{0,54} = 0,60$$

gde je:

ξ – koeficijent otpora zbog kulisa

ρ – gustina vazduha = 0,122 kg/m³

w – brzina vazduha na ulazu u prigušivač, m/s

δ – debljina zidova kulisa = 0,20 m

a – razmak između zidova kulisa = 0,54 m

l – dužina kulisa = 4,0 m

$$Fs = Fd - Fp = 2,0 \cdot 3,5 - 2,0 \cdot 0,2 \cdot 4,0 = \\ = 5,4 \text{ m}^2$$

$$w_{\max} = \frac{75,0}{5,4} = 13,9 \text{ m/s}$$

Povećanje potrošnje električne energije zbog ugradnje prigušivača buke u difuzoru iznosiće 7,4 kWh/h pri maksimalnom kapacitetu ventilatora, odnosno oko 2,18%. Kod ventilatora VOD-21, koji su ugrađeni u ventilatorskoj stanici na ulazu u potkop P-36, nivo buke na najugroženijim mestima je bio viši za 7 dB od dozvoljenog. Viši nivo buke od dozvoljenog je utvrđen čak na udaljenosti 1700 m od ventilatora.

Na osnovu izmerenih nivoa buke na određenim tačkama u ventilatorskoj stanici i bližoj i daljoj okolini pri radu jednog ventilatora izračunata je zvučna snaga ukupne buke na objektu ventilatorske stanice. U slučaju kada je radio jedan ventilator, buka je iznosila:

$$Lp_1 = 44 + 8 + 20 \log 1700 - 2 + 3 + 2 = 120 \text{ dB (A)}$$

$$Lp_2 = 95 + 10 \log 2 \cdot 2,65 - 2 = 109 \text{ dB (A)}$$

$$Lp_3 = 60 + 10 \log 120 + 20 \log 127 = 123 \text{ dB (A)}$$

$$Lp_4 = 80 + 10 \log 450 + 10 \log 127 = 127,5 \text{ dB (A)}$$

Prema W. Fasold-u vrednost Lp_4 se umanjuje za 12,5 dB, pa je

$$Lp_4 = 115 \text{ dB (A)}$$

Pri radu oba ventilatora, za srednju vrednost $\frac{Lp_1 + Lp_4}{2}$ rezultujuća buka će iznositi:

$$L_{rez} = Lp + 10 \log n = 117,5 + 10 \log 2 = 120,5 \text{ dB (A)}$$

S obzirom da je rezultujuća buka pri radu oba ventilatora veća za 3 dB (A) od buke pri radu jednog ventilatora, projektovano je prigušenje buke za 10 dB (7 + 3 = 10 dB (A)).

Za smanjenje buke projektovani su i izvedeni sledeći radovi:

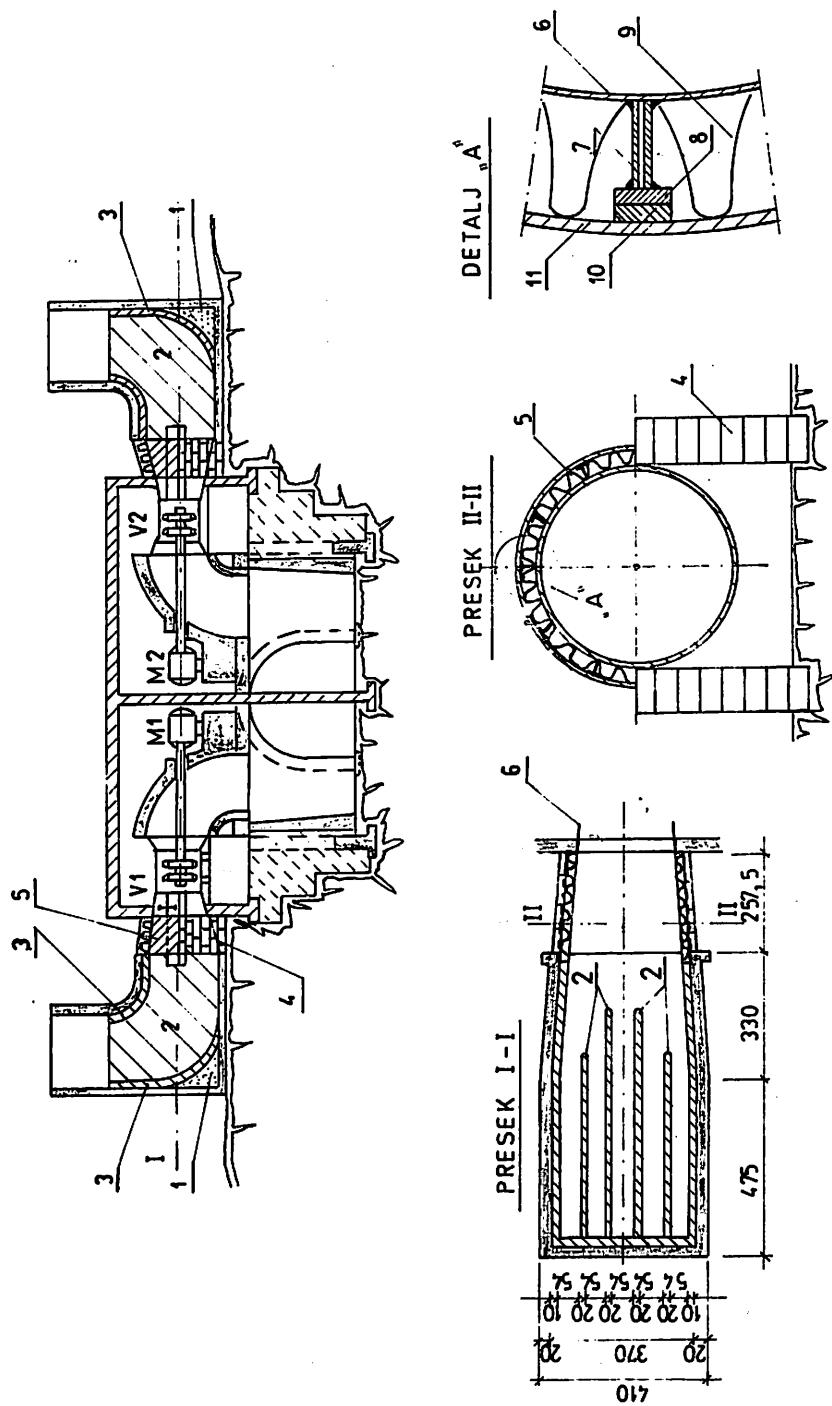
- izrađen je lučni čeoni usmerivač vazduha na prelazu iz horizontalnog u vertikalni deo difuzora, čime je predviđeno smanjenje buke za 2 dB;
- u difuzoru je ugrađen vertikalni prigušivač buke, kojim je predviđeno smanjenje buke za 9 dB. Prigušivač su predstavljale vertikalne kulise postavljene na razmaku od 54 cm, debele 20 cm i visoke 6,5 m, izrađene od gas betona koji ima koeficijent apsorpcije $\alpha = 0,3$;
- horizontalni metalni deo difuzora je sa spoljne strane u donjoj polovini obložen zidom od gas betona od 20 cm, a u gornjoj polovini slojem staklene vune od 5 cm, sa Al limom $\delta = 0,7$ mm okolo, čime je smanjen nivo buke za 8 dB. Tako ukupno smanjenje buke treba da iznosi 13 dB, što je radi sigurnosti za 3 dB više od predviđenih 10 dB. Merenjem izvršenim nakon izvođenja radova utvrđeno je smanjenje buke za 15 dB, što je posledica veće disipacije u vazduhu i drugih uticajnih faktora.

Na slici 3 je dat šematski prikaz rešenja za smanjenje buke na ventilatorima VOD-21.

Povećanje depresije zbog ugradnje prigušivača u difuzoru u ovom slučaju iznosi maksimalno $\Delta h = 68,0 \text{ Pa}$, a povećanje potrošnje električne energije 11,6 kWh/h.

Zaključak

U radu su prikazane karakteristike buke koja nastaje pri radu ventilatora i mogućnosti njenog smanjenja. Objasnjena je metodologija određivanja intenziteta buke na osnovu merenjem utvrđenih vrednosti pri radu ventilatora i njegovih proizvodnih i tehničkih karakteristika. Prikazana su dva tehnička rešenja za smanje-



Sl. 3. – Presek kroz ventilatorsku stanicu ventilatora VOD-21 sa detaljima za snimanje buke

1 – penit beton po krivini $R = 2,5$ m; 2 – kulise od gas betona $\delta = 20$ cm; 3 – obloga od gas betona $\delta = 10$ cm; 4 – zid od gas betona; $\delta = 20$ cm; 5 – izolacija od tervola $\delta = 5$ cm; obloga Al lim $\delta = 1,5$ mm; 6 – cilindrični difuzor; 7 – distancor (zavarene cеви $l = 5$ cm); 8 – traka od lima $\delta = 2$ mm, $b = 5$ cm; 9 – tervol $\delta = 5$ cm; 10 – traka od gume ili plute; $\delta = 3-5$ mm; 11 – Al lim $\delta = 1,5$ mm V_1 i V_2 – ventilatori 112;

nje buke na dva tipa ventilatora, čijom realizacijom je buka smanjena ispod dozvoljenog nivoa. Realizacija predloženih rešenja nije bila složena ni finansijski mnogo skupa. Za ventilator VOD-16 je koštala 4456 USD, a za oba ventilatora VOD-21 28412 USD, s tim što bi ove cene bile još manje da su projektovane kada i

stanica. Metodologija proračuna i tehnička rešenja se mogu uspešno primeniti za smanjenje buke pri projektovanju ventilatorskih stanica za ugradnju ventilatora za provertravanje ne samo rudnika već i metroa, transportnih tunela i drugih podzemnih i nadzemnih objekata.

SUMMARY

Protection Against Fan Noise

On the example of main underground rooms in uranium mine Žirovski Vrh, the paper presents the basic principles related to the source and calculation of noise intensity at the spot and on a specific distance from the fan, as well as the principles of calculations and technical solution for noise decrease.

Literatura

1. Lighthill, M. J., 1952: On sound generated aerodynamically – General theory, Proc. Roy. Soc. London, Vol. 211
2. Lighthill, M. J., 1954: On sound generated aerodynamically – Turbulence as a source of sound, Ibbid, Vol. 222
3. Judin, E. J., 1985: Borba s šumom šahtnyh ventilatornyh ustanovok, „Nedra”, Moskva
4. Judin, E. J., 1982: Rukovodstvo po raščetu i proektirovaniyu priglušenija ventilacyjnyh ustanovok, Strojzdat, Moskva
5. Fasold, W., Sontag, E., 1973: Bauphysikalische Enwurfslehre, Band 4, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin
6. Pejčinović, J., 1986: Izvođački projekat za sanaciju buke u ventilatorskoj stanici ventilatora VOD-16 na potkopu P-1 u RUŽV, Rudarski institut, Beograd
7. Pejčinović, J., 1986: Izvođački projekat za sanaciju buke u ventilatorskoj stanici ventilatora VOD-21 na potkopu P-36 u RUŽV, Rudarski institut, Beograd.

Autori: dr inž. Jovan Pejčinović i dipl. inž. Ratko Brašnjević, Zavod za ventilaciju i tehničku zaštitu Rudarskog instituta, Beograd

Recenzent: prof. dr Miodrag Miljković, Tehnički fakultet, Bor
Članak primljen 30.09.1991, prihvaćen 12.03.1992.

UDK 622.343 + 622.693.25 : 628.515 „Pek“
Originalni naučni rad
– naučnoistraživački

UTICAJ IZLIVENE JALOVINE RUDNIKA BAKRA MAJDANPEK NA MIKROFLORU VODE REKE PEK (sa 4 slike)

Ljiljana Lazić

Rezime

U ovom radu su prikazana mikrobiološka istraživanja reke Pek, koja su deo kompleksnih multidisciplinarnih istraživanja, započetih posle havarije koja se dogodila u Rudniku bakra Majdanpek. Tada je jalovina zasula korito reke Pek i uništila skoro sav živi svet u njoj.

Cilj istraživanja je bio da se sagledaju efekti nastalog zađenja i prate procesi naseljavanja živog sveta posle prouzrokovanih stanja.

Analiziran je kvantitativni sastav nekih fizioloških grupa bakterija, kao i ukupan broj mikroorganizama na karakterističnim mestima duž toka reke Pek.

Zahvaljujući činjenici da su pritoke Peka bogate vodom i da su prirodni uslovi za samoprečišćavanje veoma povoljni, ova reka se relativno brzo oporavila od nastalog ekološkog šoka.

Uvod

U ovom radu su prikazana istraživanja koja su deo kompleksnih multidisciplinarnih istraživanja, započetih posle havarije koja se dogodila u Rudniku bakra Majdanpek 1974. godine. Tada je jalovina zasula korito reke Pek i uništila skoro sav živi svet u njoj. Reka Pek je posle proboga jalovine po fizičko-hemijskim svojstvima vode postala neupotrebljiva za bilo kakve svrhe (vodosnabdevanje, navodnjavan-

je, ribolov, rekreaciju, i dr.). Do tada, reka Pek nije bila predmet značajnijih istraživanja. Posle proboga jalovišta Valja Fundata, započeta su prva kompleksna istraživanja procesa naseljavanja živog sveta.

Hidrografija reke Pek. Reka Pek je desna pritoka Dunava. Izvire u Homoljskim planinama na oko 1000 m nadmorske visine, pa tako u

gornjem toku Pek ima obeležje planinske reke. Prolazi kroz područje Zvižda i Braničeva i uliva se ispod Velikog Gradišta u Dunav. Dužina toka reke iznosi oko 120 km. Ima izdužen sлив i dosta razvijenu hidrografsku mrežu. Prima brojne prijete: Lipu, Crnu reku, Gložanu, Komšu, Topioničku i Češljevobarsku reku, zatim Brodicu, Mali Pek i dr. (sl. 3)

Nastanak havarije. U gornjem delu toka reke Pek, u blizini Grada Majdanpeka, nalazi se Rudnik bakra Majdanpek sa pratećim pogonima. Pogon flotacije ispušta otpadnu vodu u prirodnu depresiju Valja Fundatu, gde se vrši taloženje čvrstih čestica jalovine. Izbištrena voda se vraća u proces i služi kao industrijska voda.

Usled tektonskih poremećaja u zemljишtu došlo je 20. januara 1974. god. do stvaranja ponora u krečnjačkom masivu Valja Fundata i tada se masa od oko 10 miliona m³ jalovine izlila u reku Pek i zasula debelim slojem rečno korito i okolno obradivo zemljiste u dužini od oko 80 km pa sve do ušća u Dunav.

Kako reka predstavlja biotop velikog broja bioloških zajedница, usled nailaska talasa jalovine je uništen skoro sav živi svet u njoj.

Ova katastrofa je okupila saradnike trirenomirana instituta iz Beograda (Instituta za biološka istraživanja „Siniša Stanković“, Instituta za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ i Rudarskog instituta, koji je bio nosilac projekta). Tako je stvorena ekipa velikog broja istraživača iz raznih oblasti: rudarstva, mineralogije, tehnologije, agronomije, hidrografevine, hemije i grupe hidrobiologa koja je obradila fito i zooplankton, faunu dna, ihtiofaunu i deo mikrobioloških istraživanja. Ovakav pristup izučavanju vodotoka je jedan od prvih kod nas.

Istraživanja su obavljena u periodu od 1974. do 1979. godine u okviru naučno-istraživačkog projekta pod naslovom: „Studija procesa obnove naselja žvog sveta u reci Pek posle zagađenja jalovinom rudnika Majdanpek i ispitivanje mogućnosti njenog korišćenja u vodoprivredne svrhe“. Ova istraživanja je finansirala RZNS.

Značaj mikroorganizama u vodenoj sredini. Voda je prirodna sredina za mikroorganizme, u kojoj su raspostranjeni razni oblici

bakterija, jer voda, krećući se kroz razne slojeve zemljишta, zahvata i mikroorganizme tla. Osim toga, vodotok može biti zagađen i otpadnim vodama koje stvaraju različite životne mogućnosti. Ipak, izvestan broj organizama je donekle specifičan za svaki vodotok (Ocevski, 1978).

Svaka strana materija, posebno nečistoće organske prirode, koja dospeva u vodotok utiče na normalni tok kruženja materija i menja ga u određenom pravcu. Uticaj neorganskih nečistoća na živi svet u vodi je veliki. Prevelike količine takvih zagadenja su u stanju da osiromaše i lokalno, čak da sasvim isključe živo naselje u jednom prijemniku. Stoga biološke analize otkrivaju procese i dinamiku zbivanja koja se prostorno i vremenski odigravaju u zagađenim vodama.

Kvalitativni i kvantitativni sastav mikroflore u vodi tesno je povezan sa ekološkim uslovima sredine: fizičko-hemijska svojstva vode, koncentracija organskih materija, temperatura, svetlost, biogeni elementi, dubina, godišnje doba, sve utiče na njihov razvoj i aktivnost. Promena bilo kojeg od ovih činilaca dovodi do poremećaja u sastavu bakterioflore.

Mikroflora kopnenih voda (reke, jezera, akumulacije, ribnjaci i dr.) predmet je proučavanja većeg broja autora: Beljackaja (1958); Ocevski (1958, 1960. i 1969); Ristić i Pujin (1964); Ristić (1966); Rodina (1958. i 1963) Romanenko (1971); Romanenko i Kuznecov (1972); Liebmann (1960, 1962, 1964).

Neke reke su više proučavane mikrobiološki, kao što je slučaj sa Elbom (Rheinheimer, 1960. i 1964); Dnjeprom (Mihaljenko, 1966; Olejnik, 1967) i Volgom (Gobrunov 1951; Kudrjavcev 1968. i 1973; Hrenova, 1968; Romanenko, 1968. i 1971). Rheinheimer 1964. proučava uticaj temperature na procese nitrifikacije u Elbi, a 1960. ispituje mikrobiološku razgradnju celuloze i godišnji ritam broja bakterija u Elbi. Mihaljenko (1966) se bavi ekologijom anaerobnih azotofiksatora roda Clostridium u vodi Dnjepra, a Olejnik (1967) daje metodiku kvantitativnog određivanja amonifikacionih bakterija. Gorbinov (1951) ispituje rasprostranjenost Azotobacter chroococcum u vodama i zemljишtu u delti Volge i vodi njenih bazena (direktno mikroskopsko određivanje opšteg broja bakterija, brzine razmnožavanja i

produkције bakterijske biomase). Kudrjavcev (1968. i 1973) takođe vrši ispitivanja na Volgi. Prati brojnost, kao i vreme generacije i produkciju bakterija u Volgi i njenim vodenim rezervoarima.

Na teritoriji Jugoslavije su pojedine reke takođe predmet mikrobiološkog proučavanja. Ocevski (1958) ispituje heterotrofe u rečicama: Čarovo, Velgoškoj reci i Studeničkoj reci, (koje utiču u Ohridsko jezero). Pavletić i Stilinović (1971) vrše ekološko istraživanje eubakterija i aktinomiceta u vodenim i terestičnim biotopima Hrvatske. Ristanović i Pšorn (1970) prate antagonistički odnos nekih gljiva (Fungi imperfecti) iz reke Stavnje prema patogenim bakterijama, a Ristanović (1970) u istoj reci, Stavnji, ispituje celokupnu mikrofloru. I Sava je predmet mikrobiološkog i limnološkog proučavanja; (Matoničkin, Pavletić, Hadbija, Stilinović, 1969; Matoničkin, Pavletić 1970). U okviru limnoloških proučavanja vode donje Neretve, Ristanović (1968) daje kvalitativni i kvantitativni sastav mikroflore u sedimentima nekih voda u Hutovom blatu, a 1967. isti autor na području Hutovog blata veće interesovanje poklanja nekim fiziološkim grupama bakterija u sedimentima reke Krupe (amonifikacione bakterije, azotofiksacione i celulolizne). Ristanović (1964) daje kompletan analizu mikrobioloških karakteristika reke Neretve, sa posebnim osvrtom na njenu deltu i uticaj saliniteta vode. Na istoj reci, Ristanović (1969) iznosi fiziološko-ekološke odlike dominantnih populacija bakterija i aktinomiceta brahičnih voda. Ristanović (1969) proučava uticaj otpadne vode iz fabrike kože na vodu rečice Veseočice i reke Vrbanje.

Početak opsežnih multidisciplinarnih istraživanja reke Veliki Pek je vezan za izliv jalovine Rudnika bakra Majdanpek u ovaj vodotok. Međutim, istraživanja nisu bila usmerena samo na prouzrokovano stanje, već su tokom godina praćeni procesi razvoja i opstanka živog sveta u proučavanom vodotoku zbog stalnog priliva gradskih i industrijskih zagadenja. Stoga su istraživanjima obuhvaćeni postojeći korisnici na slivu, koji mogu imati uticaj na hidrološka, morfološka, hemijska i biološka obeležja reke Pek.

Cilj istraživanja je bio da se prate efekti zagadenja, izuče procesi samoprečišćavanja ove reke i da se ispitaju uslovi opstanka i promene sastava živog sveta u ekološkim uslovima proučavanog dela sliva.

U ovom radu će biti prikazan deo koji se odnosi na mikrobiološka ispitivanja. Ovim istraživanjima je bio cilj da se dobiju neki podaci o mikrobiološkoj komponenti, kao jednoj od bioloških komponenata vodene sredine. Analiziran je kvantitativan sastav nekih fizioloških grupa bakterija, kao i ukupan broj mikroorganizama na lokalitetima duž toka reke Pek. S obzirom na povezanost procesa u prirodi i značaj svih obavljenih istraživanja, u radu će pored podataka o bakterijskom naselju biti izloženi i pojedini značajniji podaci, koji se odnose na ostale komponente vodene biocenote, uz odgovarajuće ekološke činioce vezane za proces samoprečišćavanja. Na taj način će biti upotpunjena slika o kompleksnosti metabolizma u jednoj vodenoj sredini i istaknuta povezanost i značaj multidisciplinarnih istraživanja.

Materijal i metode

Ispitivani materijal je voda reke Pek. Probe su uzimane istovremeno za sva istraživanja i na mestima koja su određena prema programu istraživanja. Terenski deo posla je obavljen u periodu malih voda, kada su uticaji zagadenja izrazitiji, a po potrebi je rađeno i u letnjem periodu. Uzorci vode su uzimani u sterilnim bocama iz matice rečnog toka i ispod površine vode. Pri laboratorijskoj obradi su korišćene uobičajene mikrobiološke metode.

Ukupan broj je određivan na agarizovanoj rečnoj vodi. Za određivanje fizioloških grupa bakterija korišćene su selektivne podloge koje sadrže specifične sastojke za svaku grupu bakterija. Posle perioda inkubacije, koja je različita za svaku grupu, obavljeno je brojanje izraslih kolonija (sl. 1 i 2).

Rezultati su brojevima vrednostima prikazani u tablicama.

Pri izboru mesta za uzimanje proba za izučavanje vodotoka od izvorišta do ušća, vodilo se računa da odabrani lokaliteti karakterišu duži deo pojedinih deonica vodotoka. Prema navedenim uslovima je izvršen izbor mesta za uzimanje proba za prve dve godine.

U jesen, oktobra meseca 1974. godine, za utvrđivanje stepena razaranja zajednice živog sveta, odnosno konstatovanje preživelih vrsta,

uzimanje proba vršeno je na: nezagadenom delu Peka, na mestu ispod uliva jalovine, kod prve vodomerne stanice, ispod Kučeva, kod drugog vodomera i pre ušća u Dunav. Na Dunavu su odabrana dva mesta, i to na oko 100 m uzvodno od ušća Peka i nizvodno od ušća Peka, na oko 10 minuta toka reke.

U toku 1975. godine uzimanje proba je obavljeno u toku letnjeg perioda (juni mesec) jesenjeg perioda (oktobar mesec). Broj lokaliteta je povećan, jer su uzorci uzimani i ispod nekih značajnijih zagađivača na sливу (sl. 3).

Rezultati ispitivanja i diskusija

Istraživanja na reci Pek su započeta osam meseci posle izlivanja jalovine Rudnika bakra Majdanpek. U tom periodu ekološki uslovi za razvoj i opstanak bakterijskih populacija u reci Pek nisu više bili tako nepovoljni. Voda je na svim lokalitetima bila bogata kiseonikom (oko $10,55 \text{ mgO}_2/\text{l}$). Biohemidska potrošnja (PBK_5) je varirala od 1,8 do $4,1 \text{ mgO}_2/\text{l}$. Vrednost pH se kretala u granicama pogodnim za živi svet i, uopšte, režim rastvorenih soli i gasova omogućavao je razvoj i opstanak živog sveta (tablica 1).

Međutim, pored ovih osnovnih povoljnih uslova, određeni su i pojedini pokazatelji čiji sadržaj prelazi maksimalno dozvoljene kon-

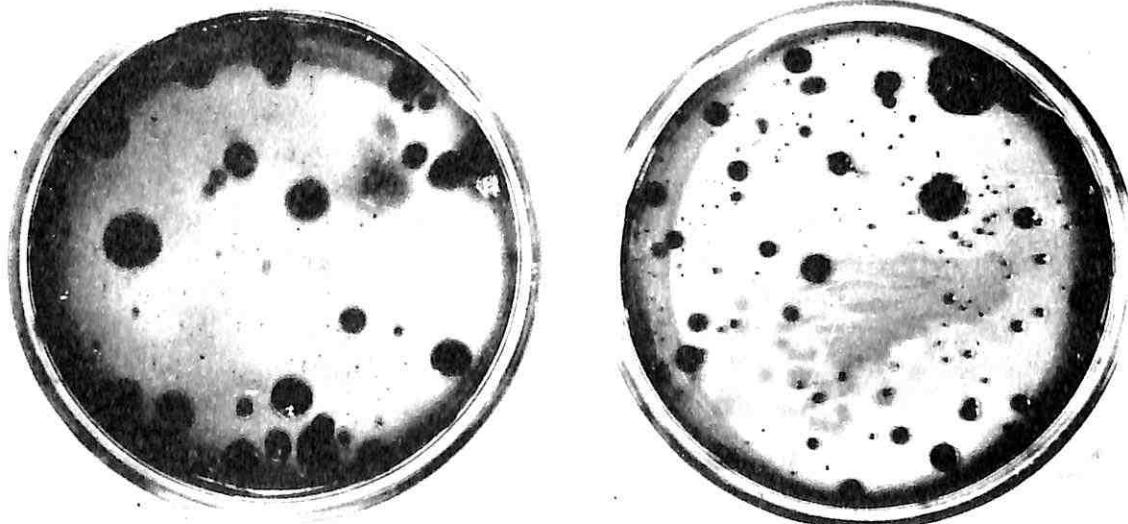
centracije. To je slučaj sa suspendovanim materijama, zatim sa sadržajem bakra, gvožđa i arsena na pojedinim deonicama (Petrović, 1974), tako da ima indikacija toksičnog zagađenja.

Podaci o mikrobiološkim ispitivanjima reke Pek su dati u tablici 2.

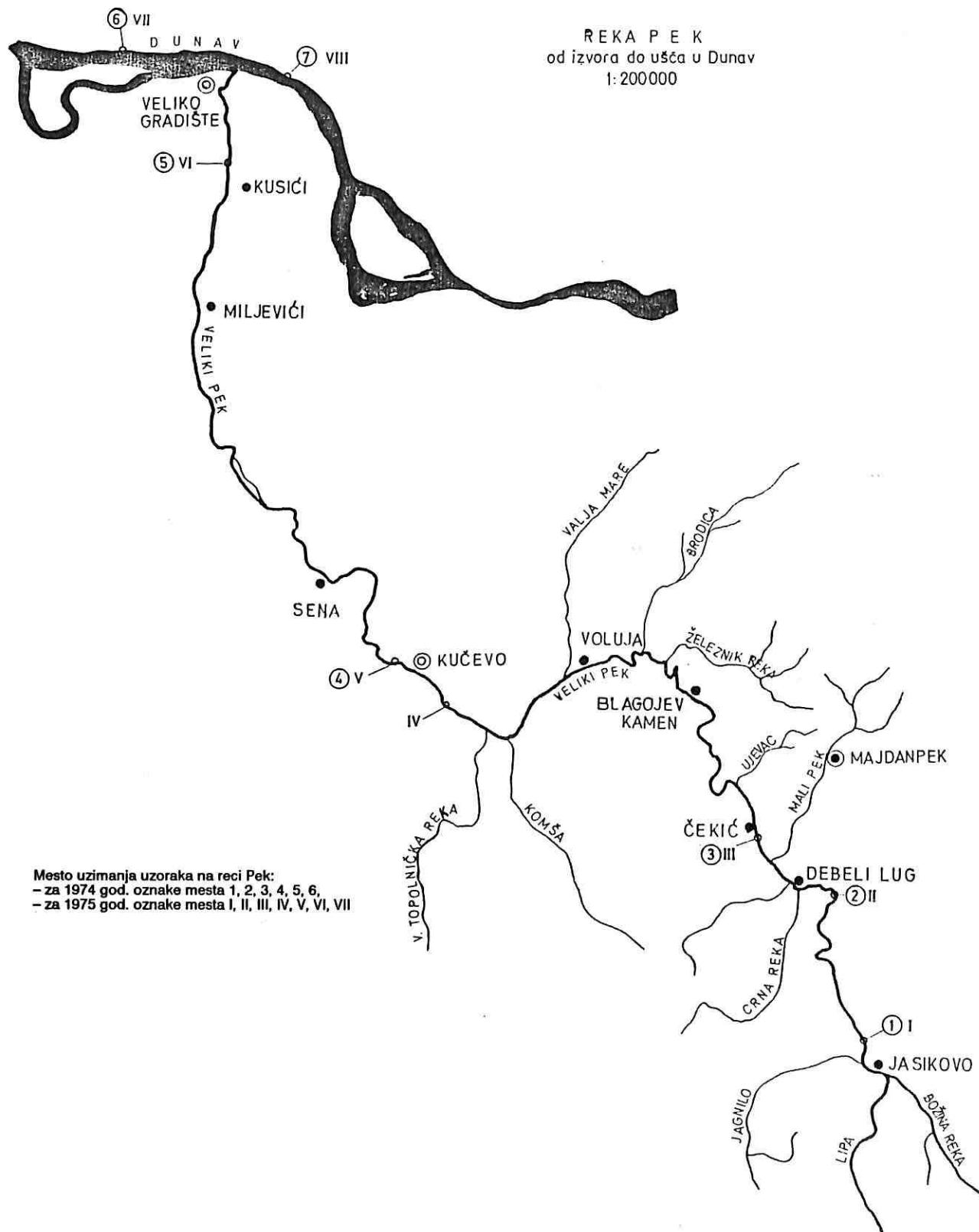
Rezultati ispitivanja ukupnog broja mikroorganizama u vodi reke Pek ukazuju na neznatna kolebanja brojnosti bakterija na lokalitetima duž toka. Minimalan broj je naden na lokalitetu ispod uliva vode jalovišta (140 čel. na 1 ml. vode), gde je i biohemidska potrošnja kiseonika imala najnižu vrednost od $1,8 \text{ mgO}_2/\text{l}$. Sa porastom PBK_5 vrednosti se povećava i brojnost mikroorganizama a maksimalni broj je naden na mestu ispod Kučeva (2.400 čel. 1 ml. vode). Vrednosti nadene na ostalim lokalitetima su bliže minimalnom broju.

Na istim lokalitetima je praćena promena brojnosti aerobnih amonifikatora. Ova grupa mikroorganizama obuhvata veliku grupu organizama koji imaju značajnu ulogu u transformaciji belančevinastih materija.

Ukupan broj amonifikatora je veći na svim lokalitetima od ukupnog broja bakterija. Ovaj podatak ukazuje na pojačan proces mineralizacije organskih materija. Minimalna vrednost,



Sl. 1 i 2. – Kolonije bakterija



Slika 3.

Fizičko-hemijske analize vode Peka u jesen 1974. god.

Tablica 1

Pokazatelji	Lokaliteti				
	Pek čisti deo	Pek ispod uliva jalovine	Pek kod I vodomera	Pek kod II vodomera	Pek kod III vodomera
Temperatura vode, °C	11	9	8	10	11
Temperatura vazduha, °C	20	14	12	16,5	16,0
pH vrednost	7,9	7,9	7,8	7,9	7,6
Suspendovane materije (105°C) mg/l	68,0	80,0	303,00	521,00	1109,0
Rastvoren kiseonik, mg O ₂ /l	11,55	10,55	11,00	11,00	12,88
BPK _s , mgO ₂ /l	2,0	1,8	2,3	2,7	4,1
HPK, mgO ₂ /l	15,3	21,1	26,9	53,76	90,2
NH ₄ , mg/l	0,25	0,70	0,68	0,22	0,09
NO ₂ , mg/l	0,006	0,008	0,024	0,015	0,017
NO ₃ , mg/l	5,0	5,5	5,3	4,5	5,0
Cu, mg/l	0,03	0,02	0,24	0,36	0,29
P, mg/l	0,009	0,010	0,011	0,009	0,074

Mikrobiološke analize vode reke Pek u jesen 1974. godine (u 000 na 1 ml uzorka vode)

Tablica 2

Fiziološke grupe bakterija	Mesta za uzimanje proba				
	Reka Pek iznad uliva vode jalovišta	Reka Pek ispod uliva vode jalovišta	Reka Pek kod I vodomera	Reka Pek kod II vodomera	Reka Pek kod III vodomera
Ukupan broj mikroorganizama	0,43	0,14	1,24	2,40	1,20
Aminofikatori	3,00	0,64	135	85	17,50
Nitrifikatori	slab porast	ø	0,007	slab porast	ø
Fosfifikatori	0,007	0,03	0,036	0,024	0,046
Fosfomobilizatori	ø	ø	slab porast	slab porast	0,005

640 ćel/ml nađena je na profilu ispod uliva vode iz Valja Fundate. Najveća vrednost, 135000 ćel/ml vode, zabeležena je na lokalitetu kod prvog vodomera (ispod ušća Malog Peka koji unosi organska zagadenja). Prema rezultatima hemijskih ispitivanja, na ovom lokalitetu Petrović (1974) uočava istovremeno prisustvo amonijaka i nitrata u nešto većem iznosu, što ukazuje na prisustvo organskih azotnih jedinjenja. Nešto manji broj amonifikatora je nađen na profilu ispod Kučeva (kod II vodomera) – 85000 ćel/ml. Na ostalim lokalitetima su odredene približne vrednosti. Ako se uporede ispitivani lokaliteti u toku prve godine istraživanja, zapaža se da je najveća brojnost ove grupe mikroorganizama ispod uliva otpadnih voda većih gradskih naselja (Majdanpek, Kučovo). Manja brojnost je nađena na lokalitetima ispod seoskih naselja (od 3 do 17,5 hiljada ćel./ml vode), a najmanja brojnost je zabeležena na mestu ispod uliva vode koja nosi neorganska zagadenja.

Brojnost grupe nitrifikatora takođe je ispitivana. Prema dobijenim rezultatima, brojnost ovih bakterija je veoma mala ako se uporedi sa prethodnom grupom. Na lokalitetima ispod uliva vode jalovišta i pre ušća Peka u Dunav, nisu nađene. Najveća vrednost od 7 ćel/ml vode je određena na mestu kod prvog vodomera. Na ostalim profilima je zabeležen slab porast.

Ispitivanja zastupljenosti fosfifikatora u vodi reke Pek ukazuju na prisustvo ove grupe organizama na svim pručavanim lokalitetima. Kolebanje brojnosti populacije neznatno je izraženo. Najmanji zabeležen broj je 7 ćel/ml vode, na najuzvodnijem lokalitetu, a najveći, 46 ćel./mil, na mestu pre ušća Peka u Dunav. Na ostalim lokalitetima brojnost se kreće od 24 do 37 ćel./ml vode.

Ovi rezultati se veoma dobro uklapaju sa hemijskim analizama, prema kojima koncentracija organskog fosfora u formiranoj organskoj

materiji varira od 0,009 mgP/l (na početnom lokalitetu) do 0,074 mgP/l (lokalitet pre ušća).

Mikrobiološkom analizom vode reke Pek je konstatovano da je proces fosfomobilizacije u vreme naših ispitivanja bio veoma slabo izražen. Zastupljenost fosfomobilizatora je mala. Na pojedinim lokalitetima ih nema (iznad i ispod uliva vode jalovišta). Slab porast je zabeležen na mestima srednjeg toka Peka, a pri ušću njihova brojnost iznosi 5 čel/ml vode.

Prema dobijenim rezultatima ostalih hidrobioloških istraživanja može se konstatovati da je reka Pek vrlo siromašna fito i zooplanktonom jer je vrlo plitka, mestimično brza, tako da se u slobodnoj vodi nalaze uglavnom oblici sa dna ili perifitona. Jalovina je u svakom slučaju uticala na redukciju gustine populacija i na pojedine vrste (Obušković i Kalafatić, 1974). Međutim, analize faune dna su pokazale da u ispitivanim

delovima reke Pek živi raznovrsno naselje hironomida.

Zahvaljujući tome što je izvorišni i deo gornjeg toka reke Pek ostao nezagađen, pojedinačni primerci riba silaze na niža rečna područja i postepeno se naseljavaju. Srednji i donji tok Peka nešto brže obnavlja ihtiofaunu, zahvaljući činjenici da je ovde moć samoprečišćavanja vode veća, kao i da mnoge vrste riba dolaze iz brojnih pritoka i Dunava.

Kompletne hidrobiološke ispitivanja reke Pek, izvršena osam meseci posle izliva jalovine (Janković D., 1974), ukazuju na početak procesa obnove živog sveta u vodi.

U drugoj istraživačkoj godini su sva istraživanja obavljena u toku dve sezone, tj. u toku leta i jeseni.

Fizičko-hemiske analize vode Peka u letu 1975. godine

Tablica 3

Pokazatelji	Lokaliteti							
	Pek kod sela Jasikova	Pek ispod uliva vode jalovišta	Pek ispod uliva M. Peka	Pek kod I vodomera	Pek pre Kučeva	Pek kod II vodomera	Pek kod III vodomera	
Temperatura vode, °C	19	20	19	18,5	17	22	17	
Temperatura vazduha, °C	27	24	23	22	18	22	17,5	
pH vrednost	8,3	8,25	8,30	8,30	8,15	8,20	8,05	
Suspendovane materije, (105 °C) mg/l	4,0	2,0	36,5	65,0	56,0	52,0	227,5	
Rastvorni kiseonik, mgO ₂ /l	8,92	8,83	9,74	9,28	14,02	8,40	8,54	
BPKs, mgO ₂ /l	1,55	2,32	2,70	3,21	4,16	1,19	5,08	
HPK, mgO ₂ /l	2,94	13,33	3,95	3,87	10,80	3,10	4,19	
Nitrati, mg/l NO ₃	2,57	2,50	1,35	1,65	0,104	1,40	2,05	
Amonijak, mg/l N	0,050	0,00	0,075	0,000	0,190	0,000	0,750	
Organski fosfor, mg/l P	0,002	0,006	0,003	0,001	0,023	0,001	0,005	

Mikrobiološke analize uzorka vode reke Pek u letu 1975. godine (u 000 na 1 ml uzorka vode)

Tablica 4

Fiziološke grupe bakterija	Mesta uzimanja proba							
	Reka Pek kod Jasikova	Pek ispod uliva vode jalovišta	Pek ispod uliva M. Peka	Reka Pek kod I vodomera	Reka Pek pre Kučeva	Reka Pek ispod II vodomera	Reka Pek ispod Krečane	Reka Pek kod III vodomera
Ukupan broj mikroorganizama	0,53	0,30	0,71	0,90	0,65	0,35	1,050	0,40
Amonifikatori	5,50	0,37	1,21	1,41	3,60	2,10	5,6	9,60
Nitrifikatori	0,024	0,34	0,039	0,29	0,41	0,39	0,050	0,43
Fosfofikatori	0,012	0,008	0,015	0,010	0,50	0,031	0,54	3,20
Fosfomobilizatori	ø	ø	ø	ø	ø	ø	ø	ø

Mikrobiološke analize uzoraka vode reke Pek u jesen 1975. godine (u 000 na 1 ml uzorka vode)

Tablica 5

Fiziološke grupe bakterija	Mesta uzimanja proba					
	Reka Pek kod sela Jasikova	Reka Pek ispod uliva vode jalovišta	Reka Pek kod I vodomera	Reka Pek pre Kučeva	Reka Pek ispod Kučeva II vodomera	Reka Pek kod III vodomera
Ukupan broj mikroorganizama	14,20	19,80	23,8	9,60	0,99	1,00
Aminofikatori	2800	46	780	2950	3030	29800
Nitrifikatori	0,008	0,210	slab porast	0,39	0,011	0,030
Fosfifikatori	0,005	ø	slab porast	ø	slab porast	0,009
Fosfomobilizatori	ø	ø	ø	ø	ø	ø

Stanje u vodotoku u ovom periodu ilustruju prvo hidrohemski pokazatelji. Oni ukazuju na povoljan indeks zasićenosti kiseonikom (75%). Analizom hemijske i biohemski potrošnje kiseonika uočava se povećan sadržaj organskih materija u jesenjem periodu. U istom periodu je povećana i koncentracija ukupnog i organskog fosfora. Koncentracija hranljivih soli fosfata i nitrata na svim ispitivanim lokalitetima nije bila ograničavajući činilac organske produkcije. Prisustvo fenola na više ispitivanih mesta ukazuje na uticaj industrijskih otpadnih voda (Petrović, 1975) (tablica 3).

Podaci o mikrobiološkim ispitivanjima su dati u tablicama 4 i 5.

Poređenjem rezultata ispitivanja u toku letnjeg i jesenjeg perioda zapaža se veća brojnost mikroorganizama u oktobru mesecu. Ovaj izraženi jesenji maksimum odnosi se na ukupan broj mikroorganizama i na bakterije iz grupe amonifikatora. Uslovi za aktivnost ostalih ispitivanih fizioloških grupa bakterija su manje povoljni u jesenjem periodu. Kolebanjem brojnosti mikroorganizama duž toka iznosi i po više hiljada ćelija po 1 ml uzorka vode.

Proces amonifikacije je jako izražen u jesenjem periodu. Zabeležene su vrlo visoke vrednosti ukupnog broja ove grupe bakterija, što je u skladu sa hemijskim istraživanjima (Petrović, 1975) prema kojima su na pojedinim lokalitetima nadene vrednosti za amonijak (od 0,160 mg N/l) veće od MDK za vodotok. Razlog za to je, verovatno, nizak vodostaj, karakterističan za jesenji period, usled čega je koncentracija unetih zagadenja veća, a samim tim i bakterijska aktivnost. Proces nitrifikacije se odvija duž čitavog rečnog toka, ali sa promenljivim intenzitetom, što je uslovljeno kako različitim

koncentracijama nitrata duž toka tako i promenama kvantitativnog sastava bakterija iz grupe nitrifikatora. Karakterističan je lokalitet kod Kučeva, gde je zabeležena najveća koncentracija nitrata (3,76 mgNO₃/l) i gde je porast nitrifikatora dostigao najveću vrednost od 390 čel/ml uzorka.

Proces kruženja fosfora u vodi Peka je slabije izražen. Smanjena aktivnost fosfifikatora i fosfomobilizatora je u saglasnosti sa sadržajem organskih fosfata u vodi (ispod 0,010 mg P/l).

Posle dve godine kompleksnih istraživanja, stanje u vodotoku reke Pek, posmatrano u celini, ukazuje na poboljšanje životnih uslova prema prethodnoj godini. Međutim, na pojedinim lokalitetima se i dalje zapažaju nepovoljni uslovi za razvoj i aktivnost organizama u vodi. To je naročito izraženo na delu vodotoka gde se ulivaju jamske vode koje izazivaju promene u vodi (povećava se mutnoća, sadržaj suspendovanih materija, rastvorenih soli, kalcijuma, sulfata i drugih štetnih materija). Usled promene režima vode, nema izrazitih fito i zooplanktonskih oblika. Duž čitavog toka reke dominiraju uglavnom zeleni perifitonski končasti oblici i epifitnobentonske silikatne alge (Diatoma, Gomphonema, Surirella), što dokazuje da je proces obnove florističkih zajednica u vodi započeo (Živković, Obušković, 1975). Fauna dna reke Pek je uniformnog sastava. Razlike koje se javljaju u kvalitativnom i kvantitativnom sastavu duž toka reke pokazuju da se u Peku životni uslovi poboljšavaju samo na pojedinim mestima gde je rečno dno oslobođeno naslaga jalovine. U periodu malih voda zapažen je dva puta veći broj vrsta Chironomidae nego za vreme visokog vodostaja.

Preovlađuju vrste koje su vezane za vodenu vegetaciju (Janković, 1975). Proces naseđivanja Peka ribom teče određenim tokom. Naselje riba se obnavlja prirodnim putem, što je prilično sporo.

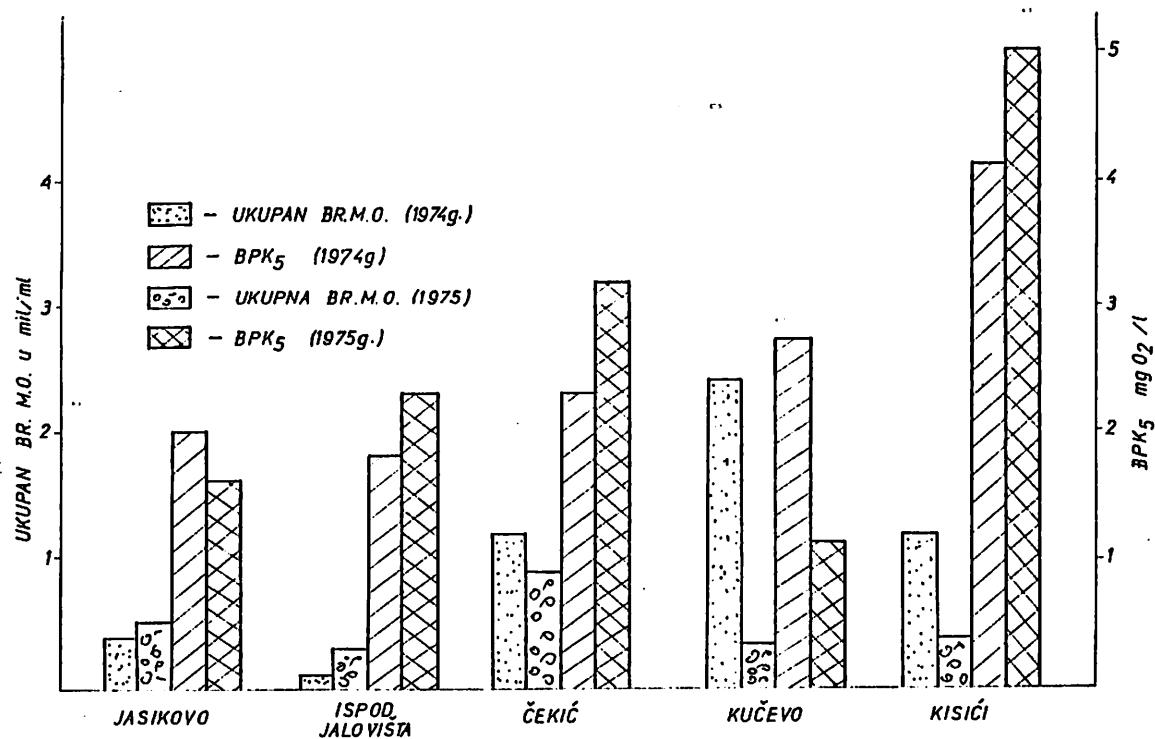
Za potpunije sagledavanje stanja u vodotoku i praćenje promena duž toka, obrađen je veliki broj podataka.

Radi ilustracije saznanja do kojih se došlo izdvojena su iz mase podataka dva osnovna pokazatelja, ukupan broj mikroorganizama i BPK₅, i uporedo prikazana grafički (sl. 4) za prve dve godine (1974. i 1975). Oba pokazatelia su u funkciji sadržaja organskih biorazgradljivih materija i održavaju stanje u vodotoku, a veoma su osetljiva na njihove promene.

mešanim sa zemljištem, što je omogućilo dobar rast trava i lucerke uz dodatak mineralnih đubriva. U mulju nije bilo toksičnih materija za biljke, ali su fizičke osobine bile nepovoljne i nedostajao je azot.

U toku 1974. i 1975. godine mikrobiološka ispitivanja su obavljena i na Dunavu iznad i ispod ušća Peka. Ispitivanja su rađena u toku juna i oktobra meseca.

Rezultati ispitivanja Dunava kod ušća Peka ukazuju na bogatstvo bakteriplanktona. Bogatstvo bakterijskog naselja, kako po ukupnom broju tako i po brojnosti amonifikatora, veće je u jesenjem periodu ispitivanja pri manjim proticajima. Jesenji maksimum je izražen u obe godine istraživanja. Visoku brojnost na ovim



Sl. 4. – Odnos ukupnog broja mikroorganizama prema BPK₅ u vodi Peka (1974 – 1975. god.)

Nezavisno od ovih istraživanja, vršena su i pedološka istraživanja oštećenog dela zemljišta u dolini reke Pek u periodu juli-novembar 1974. i maj 1975. godine. Primenjena je brza rekultivacija zemljišta biotičkim merama. Ivović i dr. (1977) obavili su oglede na mulju po-

profilima su svakako uslovila spiranja sa okolnog obradivog zemljišta, otpadne vode Velikog Gradišta i farme za uzgoj stoke koje su u blizini, kao i veliko organsko opterećenje Dunava uzvodno od Gradišta.

Zaključak

Početak opsežnih multidisciplinarnih istraživanja na sливу реке Pek, u okviru kojih su vršena i mikrobiološka istraživanja, vezan je za izliv jalovine Rudnika bakra Majdanpek u ovaj vodotok.

Januara 1974. god. milioni kubnih metara tečne sterilne mase uništili su skoro sav živi svet u vodi ove reke. Zahvaljujući činjenici da su pritoke Peka bogate vodom i da su prirodni uslovi samoprečišćavanja veoma povoljni, ova reka se relativno brzo oporavljala od nastalog ekološkog šoka.

Osam meseci posle izliva jalovine, kada su započeta ova istraživanja, ekološki uslovi više nisu bili tako nepovoljni, pa je omogućen razvoj i opstanak pojedinih bakterijskih populacija u

reci Pek. Međutim, indicije o toksičnom zagađenju su i dalje postojale.

Ovaj period karakteriše ne tako brojna bakterioflora i pojedini pokazatelji koji beleže koncentracije koje prelaze maksimalno dozvoljene granice (bakar, gvožde, arsen, suspendovane materije).

Prema rezultatima ovih istraživanja, reka Pek nije imala vidnog uticaja na vodu Dunava u vreme kada su istraživanja vršena. Gledano u celosti, rezultati mikrobioloških ispitivanja su uglavnom u saglasnosti sa rezultatima hemijskih i ostalih bioloških istraživanja, pa je, zahvaljujući tome, bilo moguće pouzdano objasniti neke pojave.

SUMMARY

Effect of Copper Mine Majdanpek Inrushed Tailings on River Pek Water Microflora

The paper presents the microbiological investigations of River Pek as a part of complex multidisciplinary researches initiated upon the disaster in Copper Mine Majdanpek. Then the tailing flooded the River Pek bed and destroyed nearly the entire living world in it.

Objective of the investigation was to gain insight into the effects of this pollution as well as to monitor the processes of living world inhabitation after the caused state.

Literatura

1. Anikiev, V. V., 1977: Rukovodstvo k praktičeskim занятиям по микробиологии, Москва, „Прогресс“
2. Daubner, J., 1969: The effect of some ecological factors on bacterian in Water, Int. Verein. für theor. und ang. Limnol.
3. Gak, D. Z., 1961: Bakterioplankton nižnega tečenja Dunaja (v predelih SSSR), Tr. Inst. hidrobiol., Akad. nauk Ukrainsk. SSSR
4. Janković, M., 1976: Ispitivanje naselja Chironomidae Peka posle zagađenja rudničkom jalovinom, Arh. biol. nauka 28, str. 153 – 160
5. Lazić, Lj., 1990: Uticaj zagađivača na mikrofloru vode u sливу реке Pek i mogućnost njenog samoprečišćavanja, magistarski rad u rukopisu
6. Kudrjavcev, V. M., 1973: Čistjenost, vremja generacije i produkcija bakterij u Volgi i ee vodohraniliščah v 1970. g., Mikrobiologija
7. Liebmann, H., 1962: Handbuch der Fließ Wasser, Und Abwasser Biologie, band I, München
8. Mucha, V. i Daubner, J., 1963: Quantitative und qualitative Veränderungen in der bakteriellen Gemeinschaft des Donau-Wassers in einem Profil im Laufe von 24 Studien-Arbeitst, Donauforshung VIII Tag.
9. Ocevski, B., 1960: Mikrobiološka istraživanja na Dojranskoto ozero, Zav. za rib. na NR Makedonija
10. Ocevski, B., 1966: Metode mikrobiološkog ispitivanja vode i mulja – Mikrobiološke metode ispitivanja zemljišta i voda, Priručnik za ispitivanje zemljišta JDPZ, II, Beograd
11. Ristić, O., 1966: Ukupan broj bakterioplanktona i njegova dinamika u dubrenim ribnjacima, Mikrobiologija
12. Ristić, O., 1978: Bakterioplankton Dunava na sektoru Bezdan-Kostolac, Jugoslovenski naučni simpozijum, Novi Sad
13. Ristanović, B., 1976: Kvantitativni i kvalitativni sastav mikroflore u sedimentima nekih voda u Hutovom blatu, Mikrobiologija
14. Rodina, A. G., 1963: Soderžanje bakterij v detrite ozer Priladožnja, Mikrobiologija
15. Stilinović, B., 1975: Važnost određivanja fizioloških grupa bakterija u zagađenim površinskim vodama, Savetovanje o vodama, Karlovac
16. Tešić, Ž. 1981: Jedan osvrt na mikroorganizme u zaštiti životne sredine, IV kongres mikrobiologa Jugoslavije, Beograd

Autor: mr Ljiljana Lazić, dipl. biolog, Zavod za pripremu mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd
Recenzent: akademik prof. dr Živojin Tešić, Poljoprivredni fakultet, Beograd

Članak primljen 5. 02. 1991, prihvaćen 12. 03. 1992.

UDK 662.62 : 662.933+621.187.1

Originalni naučni rad
– primenjenoistraživački

OPŠTI ASPEKT KORIŠĆENJA MEŠAVINE UGALJ-VODA (II) (sa 11 slika)

Dušan Šakić

Rezime

Drugi deo ovog rada, koji razmatra izbor ugljeva koji dolaze u obzir za proizvodnju i korišćenje mešavine ugalj-voda, je pokušaj da se približi odgovor na pitanje da li je moguće za pripremu mešavine koristiti domaće lignite, što je i krajnji cilj naših istraživanja.

Definisana su i sistematizovana do sada korišćena goriva i navedeni osnovni kriterijumi po kojima bi se vršio izbor ugljeva.

Izbor ugljeva koji dolaze u obzir za proizvodnju i korišćenje mešavine ugalj-voda

Da bi se govorilo o izboru ugljeva koji dolaze u obzir za proizvodnju i korišćenje mešavine neophodno je prvo definisati samu mešavinu, kao i nekoliko osnovnih kriterijuma po kojima bi se izvršio izbor.

Gorivo predstavlja takvu supstancu koja sagorevanjem (procesom burnog sjedinjavanja sa kiseonikom), pored materijalnih produkata sagorevanja, kao rezultat daje određenu količinu toplotne. Formalno posmatrano, za gorivo, tj. mešavinu, može se uzeti bilo koji ugalj čije sagorevanje oslobađa toplotu veću nego što je potrebna za zagrevanje, izdvajanje, i isparavanje vode, odnosno volatila iz goriva. Sa druge strane, ovaj uslov nije i dovoljan da obezbedi stabilan plamen, odnosno sagore-

vanje. Kao što je poznato, u praksi se javljaju veliki problemi pri sagorevanju mladih lignitnih ugljeva sa velikim sadržajem vlage. Međutim, svetska iskustva i literatura koja tretira ovu tematiku uglavnom prikazuju slučajevе visokokaloričnih, starih, bituminoznih kamenih ugljeva.

Pored visoke toplotne moći ($H_g = 24,4$ MJ/kg) do $H_g = 34,4$ MJ/kg ovi ugljevi poseduju i druge dobre osobine koje pogoduju pripremi, manipulisanju i sagorevanju mešavine. To su: mali sadržaj vlage (1 – 6,5 procenata), mali sadržaj pepela (2 – 6 procenata); povoljni odnos fiksног ugljenika i volatila; dobra meljivost kao i visoka temperatura tečenja pepela. Suspenzije ugalj-voda, pripremljene na bazi ovih ugljeva imaju toplotnu moć između $H_g = 17,8$ MJ/kg i $H_g = 24,4$ MJ/kg.

Analize uglja koje su iskorišćene za istraživanja u SAD

Tablica 1

Ugalj iz bazena:	Pitsburg	Montana	Illinois	Virdžinija	Kentaki
OSNOVNA ANALIZA (%)					
Vlaga	3,5	9,2	5,8	1,6	1,9
Volatili	36,8	34,0	38,3	33,4	40,0
C _{fix}	50,8	46,5	42,9	58,1	55,5
Pepeo	8,9	10,3	13,0	6,8	2,6
BEZ VLAGE (%)					
H	4,9	4,2	4,7	5,2	5,6
C	76,8	66,6	68,7	78,6	82,2
N	1,5	0,9	1,2	1,6	1,6
O	5,8	1,6	8,0	6,3	6,8
S	2,0	0,8	3,6	1,4	1,2
Pepeo	9,2	11,4	13,8	6,9	2,6
H _g (MJ/kg)	31,8	26,75	28,61	21,8	33,33

Tablica 1 prikazuje podatke o nekoliko srodnih vrsta uglja, koji su predstavljali čvrstu osnovu za razvoj mešavina i njihovog sagorevanja.

Analiza mešavine ugalj-metanol-voda urađene na bazi visokovolatilnog bituminoznog osušenog Pitsburg uglja

Na dijagramu 1 je prikazan efekat taloženja pepela i ostvarenog kapaciteta kotla u funkciji sadržaja primesa (pepela) u uglju. Ostvareni kapacitet kotla se odnosi na referent-

Tablica 2

Gorivo	SASTAV GORIVA (%) mas.				
	Ugalj	Metanol	Voda	Aditiv: Lomar D	Hg (MJ/kg)
Ugalj	59,7	11,96	27,83	0,51	21,0
Metanol		15,78			
Voda		19,34	23,83		
Aditiv: Lomar D		0,3	19,06	0,49	
Hg (MJ/kg)		0,53	15,36	0,3	23,9
Viskoznost (PaS)	0,51	0,53	0,69	0,51	27,2
					0,32

Uočeno je da se dosadašnja svetska iskušta, tj. radovi i rezultati, mogu svrstati u dve grupe, a isto tako se mogu posmatrati i goriva.

Prvu grupu sačinjavaju gorive suspenzije na bazi kamenih ugljeva, vode i različitog procenta metanola. Učešće metanola je varirano od nule do 38 procenata. Osobine jedne ovake suspenzije su date u tablici 2. Ispitivanja su imala za cilj da otkriju zavisnost toplotne moći goriva i predgrejanosti vazduha za sagorevanje, kao i sveukupni kvalitet sagorevanja.

U drugu, nama mnogo interesantniju, grupu goriva spadaju suspenzije koje bi bile pogodne za komercijalnu upotrebu. Birane su vrste starih ugljeva, uglavnom visokih kaloričnih svojstava, ali sa dosta širokim rasponom sadržaja mineralnih materija. Tablica 3 prikazuje analizu nekoliko goriva ove grupe.

ni kapacitet od 100 procenata pri sagorevanju projektovanog goriva (tečno gorivo).

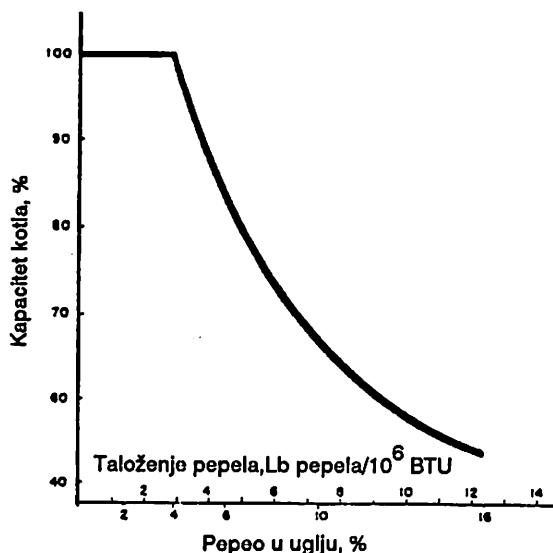
Dijagram 2 daje analizu nivelišanih troškova pripreme uglja i odstranjenih primesa u funkciji sadržaja pepela u polaznom uglju.

Pošto su u dosadašnjim radovima korišćene za nas specifične vrste ugljeva, a da bi se na postavljeno pitanje o izboru ugljeva odgovorilo sa aspekta domaćih resursa, mora se poznavati strategija za selekciju ugljeva, kao i efekti karakteristika uglja na osobine mešavine

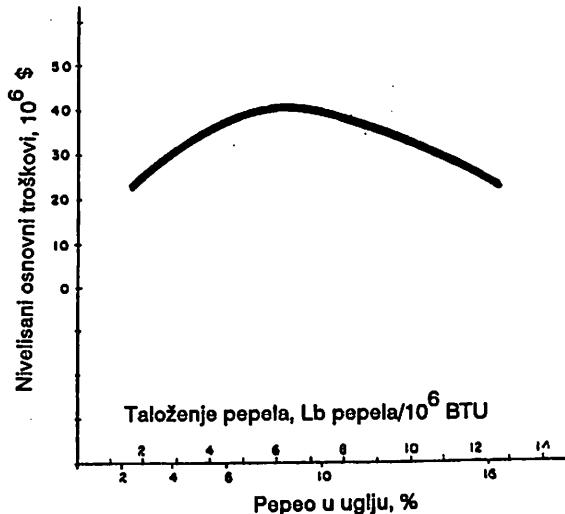
Prikaz goriva pogodan za komercijalnu upotrebu sa različitim učešćem vode u suspenziji

Tablica 3

Gorivo	Ugalj (%) mas.	59,6	60,7	60,5
Hg (MJ/kg)	24	18	19,92	20,9



Dijagram 1 – Efekat taloženja pepela i ostvarenog kapaciteta kotla u zavisnosti od sadržaja pepela u uglju



Dijagram 2 – Zavisnost troškova pripreme uglja od sadržaja pepela

(sa aspekta sagorevanja) i na njenu tečljivost. Ti odnosi uključuju i utvrđivanje tehničkih podataka o uglju kao preduslov za kvalitetne osobine mešavine u procesu. Znači da energetska vrednost (toplotna moć), mada najvažniji, nije jedini kriterijum za odabir ugljeva koji dolaze u obzir za proizvodnju i korišćenje mešavine.

Na osnovu podataka u literaturi, do sada su ispitivane različite osobine ugljeva u odnosu na viskoznost mešavina ugalj-voda. Pokazalo se da viskoznost zavisi od vlage u ravnotežnom stanju, indeksa bubrenja uglja, odnosa ugljenik/kiseonik, indeksa meljivosti po metodi Hardgrove i drugih manje bitnih osobina.

Kada su laboratorijska ispitivanja u pitanju, kao najbolji za predviđanje tečljivosti pokazali su se: vlaga u ravnotežnom stanju, računska plovnost (gustina) i indeks bubrenja uglja.

Osnovna teorija na kojoj se bazira postizanje visokih koncentracija ugljenog praha u suspenziji, uz minimalnu viskoznost, ovde je primenjena u odabiru karakteristika uglja. Teorija zahteva čvrste čestice kao osnovu za postizanje visokih koncentracija. Disperzant se dodaje u veoma maloj količini i ima zadatak da minimizira pahuljičavost ugljenih čestica, tako da bi one po obliku i veličini bile što uniformnije.

Voda ili disperzant koji uđu u pore ugljene čestice ne doprinose fluidizaciji suspenzije i kao rezultat daju smanjenu koncentraciju.

Ova pojava ukazuje na značaj podatka o količini vlage u uglju. Vlaga u rovnom uglju (dobjivena analizom rovnog uglja) koja potiče od vlage u kopu, rezultat je higroskopnosti ugljene materije. Izvesno je da ugalj posle sušenja ili čak tretmana Flajsnerovim postupkom menja ovu svoju osobinu. Pore u kojima se vlaga zadržava, se rasprskavaju zbog nagnog zagrevanja vode i ekspanzije pare. Može se smatrati da takva ugljena materija ne može više da primi vlagu kao pre ovog tretmana.

Kada se ova pojava, prethodna teorija, istraživanja u svetu i njihovi rezultati uzmu kao osnova za istraživanje, onda težište treba usmeriti ka upoznavanju uslova za influencu hidrofobnih osobina površine ugljene materije i uslova vezanih za pojavu apsorpcije vode u uglju.

Navodimo osobine uglja za koje se veruje da iniciraju hidrofobnost površine uglja, a koje su merljive.

Odnos ugljenika i kiseonika. Povećanjem ovog odnosa povećava se i mogućnost postizanja većih koncentracija uglja u mešavini.

Odnos fiksni ugljenik/volatili. Povećani sadržaj volatila u uglju asocira na povećani sadržaj kiseonika, a prisustvo kiseonika na površini ugljene materije pak smanjuje hidrofobnost. Istraživanjima je potvrđeno da pri porastu odnosa $C_{fix}/\text{volatili}$ raste i koncentracija mešavine za određenu viskoznost.

Indeks slobodnog bubreњa uglja. Ovaj indeks, koji je ASTM definisao kao indeks koji se koristi u industriji čelika, ovde služi za kvalitativno merenje relativnog stepena oksidacije uglja. Uočeno je da visoka vrednost ovog indeksa govori o niskom stepenu oksidacije uglja, odnosno visoka vrednost indeksa bubreњa omogućava i visoke koncentracije ugljenog praha u mešavini.

Vrednost vodoničnog eksponenta za ugalj. Različiti ugljevi mešani sa vodom proizvode i različitu pH vrednost. Hipoteza govori da ugljevi koji sadrže više karboksilnih (acidnih) grupa, a samim tim i više kiseonika, daju niže vrednosti za pH kada se pomešaju sa vodom. Veća vrednost tzv. prirodnog pH za ugalj znači i veću mogućnost za visoke koncentracije mešavine.

Plovnost, odnosno gustina. To je računska kategorija koja zavisi od sastava uglja, odnosno procentualnog učešća vodonika, ugljenika, sumpora, kiseonika, azota, mineralnih materija i vlage. Suspenzivnost, tj. pogodnost uglja da gradi mešavine (suspenzije) visokih koncentracija, strogo zavisi od gustine.

Sadržaj pepela u uglju. Mineralne materije na površini čestica ugljene prašine povećavaju sposobnost kvašenja vodom, a to negativno utiče na površinsku hidrofobnost. Mineralne materije mogu imati i druge štetne efekte na suspenzivnost. Mogu da apsorbuju vodu proiz-

vodeći rastvorljive metalne jone. Metalni joni, dalje, smanjuju hidrofobnost površine, a mogu i interaktivno da deluju sa ugljenim česticama indukujući zgrušavanje suspenzije.

Indeks meljivosti po metodi Hardgrove. Istraživanja govore da ugljevi sa većim indeksom meljivosti imaju bolju sposobnost da grade suspenzije sa povoljnim osobinama. Mada razlozi još nisu vidljivi, indeks meljivosti pokazuje nešto kao „čistoću uglja“. Cistiji ugljevi imaju veći indeks meljivosti i manje kiseonika. To može da se odrazi na efikasnije pakovanje čestica, odnosno uniformnije čestice daju suspenzije više koncentracije.

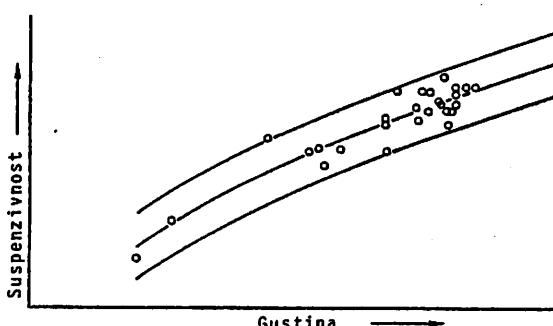
Uticaj nekih od pomenutih parametara su ilustrovani na dijagramima od 3 do 11.

Na ordinati je data suspenzivnost, odnosno sposobnost povećanja koncentracije suspenzije (do 100%) za zadatu viskoznost od 1 Pa.s.

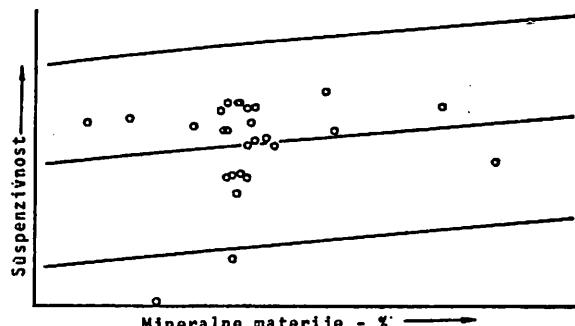
Pored navedenih, definisane su i karakteristike koje se odnose na apsorpciju vode u uglju.

Ove karakteristične indikacije, koje se odnose na vodu ili disperzant koji se gube u porama čestica ili njihovoj strukturi, vezane su za osobinu suspenzivnosti i direktno su merljive veličine. To su:

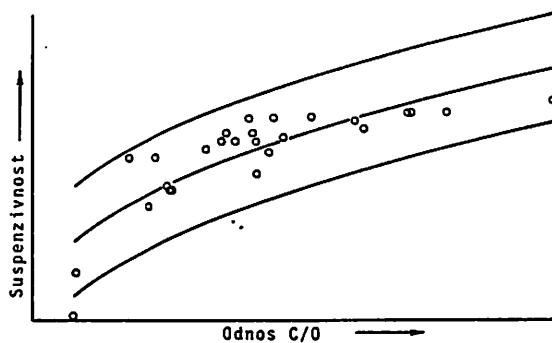
- ravnotežna vlaga. Definisana je na osnovu ASTM procedure. Po ovoj proceduri meri se količina vlage koju primi ugalj iz vazduha pri temperaturi 30 °C i relativnoj vlažnosti 96 – 97 procenata;
- apsorpcija vode. Definisana je na sledeći način: uzorku praha uobičajene finoće doz-



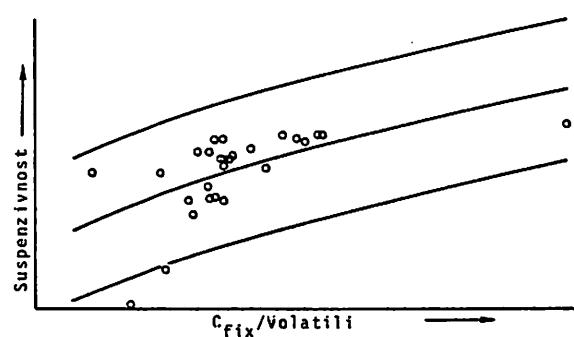
Dijagram 3 – Korelacija suspenzivnosti i računske plovnosti (gustine) uglja



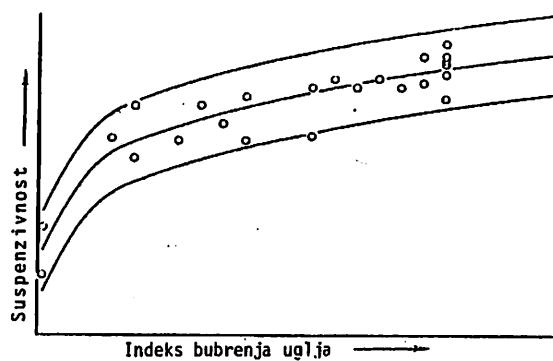
Dijagram 4 – Korelacija suspenzivnosti uglja i učešća mineralnih materija



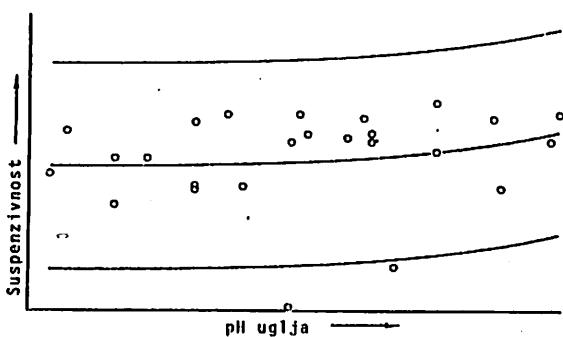
Dijagram 5 – Korelacija suspenzivnosti i odnosa ugljenik/kiseonik u uglju



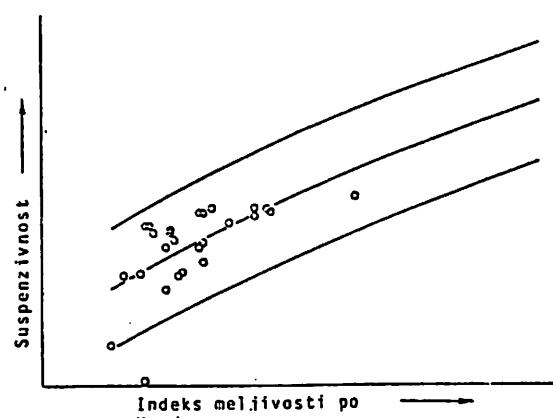
Dijagram 6 – Korelacija suspenzivnosti i odnosa $C_{fix}/\text{volatili}$ u uglju



Dijagram 7 – Korelacija suspenzivnosti i indeksa bubrežnja uglja

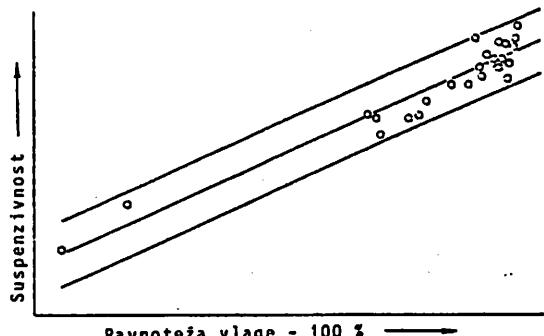


Dijagram 8 – Korelacija suspenzivnosti i prirodnog pH uglja



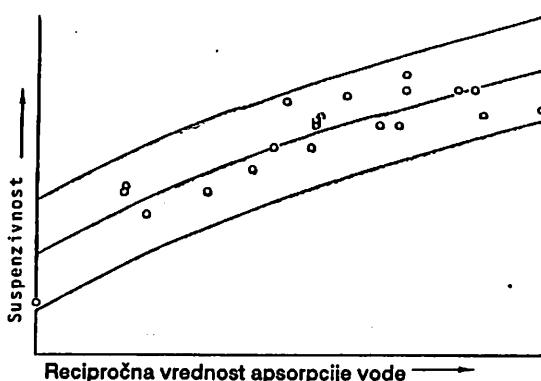
Dijagram 9 – Korelacija suspenzivnosti i indeksa meljivosti po metodi Hardgrove

voljeno je da se natapa destilisanim vodom u toku 24 h na 25 °C. Zatim se uzorak ocedi od grube vlage i suši na 110 °C sve dok težina opada. Količinu apsorbovane vode predstavlja razlika u težini uzorka pre i posle sušenja.



Dijagram 10 – Korelacija suspenzivnosti uglja i količine primljene vlage u ravnotežnom stanju

U našoj zemlji resurse čvrstog goriva u iznosu od oko 83 procenta sačinjavaju mlađi ligniti, uglavnom lošeg kvaliteta. Ostatak predstavljaju mrki i kameni ugalj prosečnog kvaliteta. Zato se pitanje izbora uglja mora prvo razmotriti kroz prizmu našeg najvećeg resursa, tj. lignita.



Dijagram 11 – Korelacija suspenzivnosti i recipročne vrednosti apsorbovane vode

Kao što je poznato, opšte odlike domaćih lignita su: visok sadržaj vlage (40 – 60%), visok sadržaj mineralnih primesa (7 – 18%), prisustvo sumpora i prilično niska topotna moć (5,2 – 9,4 MJ/kg). Kada se takav ugalj, na primer kolubarski lignit, podvrgne tipičnom procesu pranja a zatim sušenja, dobija se ugalj sa nešto boljim karakteristikama od navedenih u tablici 4. Kada bi se taj ugalj osušio do nivoa 5% vlage (radi finog sprašivanja), njegove karakteristike bi bile kao u tablici 5. Isti prah bi u mešavini sa vodom, u odnosu 50 – 55% i 48 – 43% respektivno, dao suspenziju topotne moći $H_d = 10,4 - 11,5$ MJ/kg.

Prikaz kolubarskog lignita posle sušenja
(sušeni lignit sortirana
–60 +30 mm – kocka)

Tablica 4

Sadržaj, %
Vлага
Ugljenik
Pepeo
Sumpor
Ssag
Vodonik
N+O
Isparljivo
H_d (MJ/kg)

Pomenuta koncentracija praha u suspenziji je niža od do sada primenjivanih. Čestice praha lignita su nepravilnog oblika i veličine, pa se sa uzdržanošću pretpostavlja gornja moguća koncentracija od 55 – 60 procenata uglja. Isto tako, zbog granične viskoznosti neophodne za pumpanje goriva može da se ukaže potreba za nešto nižom koncentracijom (za 5 do 10%).

Prikaz kolubarskog lignita posle sušenja
do 5% vlage i sprašivanja (sprašeni lignit)

Tablica 5

Sadržaj, %
Vлага
Ugljenik
Pepeo
Sumpor
Ssag
Vodonik
N+O
Isparljivo
H_d (MJ/kg)

Posmatrano samo sa energetskog aspekta, mada je uzeta u obzir hipotetički velika hidrofobnost površine čestica ugljene materije, postoji velika razlika između topotnih moći mešavina koje su u svetu do danas sagorevane i kakve bismo mogli eventualno da pripremimo na bazi domaćeg lignita. Naravno, trebalo bi prve (eksperimentalne) korake usmeriti ka mešavinama uglja, metanola i vode.

Ugalj Kakanj sortirana –40 +15 mm (orah) Tablica 6

Sadržaj, %	bez vlage
Vлага	11,55
Pepeo	12,74
Sumpor	2,22
Ssag	1,92
Koks	53,89
Cfix	41,15
Isparljivo	34,56
Sagojljivo	75,71
H_d (MJ/kg)	22,90

Zalihe mrkog uglja naše zemlje leže u načišćima u BiH (70%) i delom u Srbiji i Sloveniji. Sastav je prilično promenljiv, ali im je zajednička osobina visok sadržaj lakotopivog pepela. Analiza mrkog uglja Kakanj je data u tablici 6, a analiza uglja Banovići u tablici 7. Karakteristike ovih ugljeva i procenjena topotna moć mešavina koje bi dali ($H_d = 15,8 - 16,1$ MJ/kg) predstavljaju ozbiljne osnove za istraživanje i drugih osobina radi provere ostalih kriterijuma koje ugalj mora da zadovolji da bi mogla da se napravi suspenzija pogodna za sagorevanje.

U našoj zemlji ima veoma malo kamenog uglja. Nalazišta su uglavnom u Srbiji, manje u BiH i Hrvatskoj (Raša). Pored dobre topotne moći, naši kameni ugljevi imaju i veliku količinu mineralnih primesa, koje su u pojedinim slučajevima zastupljene i sa 30 procenata. Sadržaj sumpora je takođe visok, što umnogo otežava njihovu primenu. Mada imaju dosta

visoku topotnu moć, ostale loše osobine ovih ugljeva govore da treba biti oprezan u proceni njihove pogodnosti za pripremu mešavina.

Ugalj Banovići (koristi se u RTB Bor)

Tablica 7

	Sadržaj, %	bez vlage
Vлага	17,40	-
Pepeo	14,28	17,29
Sumpor	2,23	2,70
Sag	1,74	0,60
Koks	48,63	58,88
Cix	34,35	41,59
Ispaljivo	33,97	41,12
Sagorljivo	68,32	82,71
Hd (MJ/kg)	19,48	24,07

Uzimajući u obzir sve navedene uslove, kao i saznanje da kod nas do sada nije bilo sličnih radova, teško se na bazi samo teoretskog razmatranja može dati konkretni odgovor na pitanje o izboru uglja pogodnog za pripremu mešavine, odnosno sagorevanje.

Grubu klasifikaciju ugljeva i procenu pogodnosti za pripremu mešavina može da potvrdi ili opovrgne samo saznanje dobijeno eksperimentalnim putem.

SUMMARY

General Aspect of Utilization of Coal-Water Mixture (II)

The second part of the paper dealing with selection of coals suitable for production and utilization of coal-water mixture is an attempt make an approach to the answer to the question whether it is possible to use domestic lignites for preparation of the mixture, since this is the final objective of our investigations.

Hitherto utilized fuels are defined and systematized, supplying basic criteria to be used for coal selection.

Literatura

1. Kime, E. A., Derbridge, T. C., Manfred, R. K., 1985: Analysis of utility of boilers for coal-water slurry test, Seventh International Symposium on Coal Slurry Fuels Preparation and Utilization, New Orleans
2. Kime, E. A., Amit Chatterpadhyay, 1984: Coal-water slurry fuels, Purdue Industrial Fuel Conference, West Lafayette
3. Philipp, J., Kime, E. A., 1984: Progress in firing coal-water mixtures in boilers, Eleventh Energy Technology Conference, Washington
4. Stewart, D., Woord, P. A., 1984: Assessment of equipment for coal slurry preparation and pumping, Ninth International Conference on Hydraulic Transport of Solids in Pipes, Rome
5. Dohner, J. P., Cote, D., Mimeo, D., Gil-martin, B., Greis, T., Malicki, N., Wright, D., Maier, G. A., 1985: Rheological evaluations of proprietary and generic coal-water fuels, Seventh International Symposium on Coal Slurry Fuels Preparation and Utilization, New Orleans
6. Pan, Y. S., Bellas, G. T., Snedden, R. B., Wildman, D. J., Joubert, J. I., 1983: Effect of coal ash content on performance of a CWM-fired boiler, Fifth International Symposium on Coal Slurry Combustion and Technology, Tampa, Florida
7. Warchol, J. J., Shiao, S. Y., DeVault, R. F., Vecchi, S. J., 1985: The Effect of Coal Properties on Slurry Quality, Seventh International Symposium on Coal Slurry Preparation and Utilization, New Orleans
8. Sagorevanje mešavine ugalj-voda, Zavod za termotehniku Rudarskog instituta, Beograd, 1989.
9. Istraživanje mogućnosti sagorevanja suspenzija čvrsta, tečna goriva i voda sa ciljem zamene tečnih goriva, Rudarski institut, Beograd, 1987.
10. Ispitivanja na probnom postrojenju za potpalu kotlova K-5 i K-6 u TE Kolubara posebno pripremljenim ugljenim prahom, Institut za nuklearne nauke „Boris Kidrič“, Vinča, 1984.
11. Studija o mogućnostima osiguranja jugoslovenske industrije cementa ugljem u svrhu supstitucije mazuta, odnosno prirodnog gasa, Zavod za termotehniku Rudarskog instituta, Beograd, 1985.
12. Ispitivanje meljivosti jugoslovenskih ugljeva za kotlove na ugljeni prah (poluindustrijska ispitivanja), Zavod za termotehniku Rudarskog instituta, Beograd 1969.
13. Radovanović, M., 1978: Pogonske materije, I deo: Goriva, Beograd

Autor: dipl. inž. Dušan Šakić, Zavod za termotehniku u Rudarskom institutu, Beograd

Recenzent: dipl. inž. Mihajlo Škundrić, Rudarski institut, Beograd

Članak primljen 4.04.1991, prihvatan 12.03.1992.

OBJAŠNJENJE ALGORITMA PARAMETRIZACIJE REZERVI MINERALNIH SIROVINA (sa 1 slikom)

Milivoje Ilić

Rezime

Tehnička parametrizacija rezervi je nova tehnika kojom se vrlo uspešno u prostoru određuju i obračunavaju rezerve u optimalnim rudarskim projektima i planovima. U ovom članku je izložen opšti problem parametrizacije rezervi pre ulaska u algoritam korišćenja, bilo u površinskoj ili podzemnoj eksploataciji.

Osnovne postavke

Danas je već dovoljno poznata osnovna ideja parametrizacije da se realni rudarski projekat definiše uz pomoć tri globalna parametra:

- tonažom ukupne iskopine, V
- tonažom selektovane rude koja se otprema u postrojenje za preradu, T
- tonažom metala (sa sadržajem sa kojim se pojavljuje na tržištu), Q .

Poznato je da ova tri parametra zavise od geoloških uslova ležišta i tehničko-tehnoloških faktora (najviše od metode otkopavanja). Zbog toga se u većini slučajeva može pouzdano tvrditi da između svih realnih projekata, u kojima svakom projektu odgovara par vrednosti parametara (V, T), ekonomski optimalni su oni projekti koji maksimiraju Q . Ovo se objašnjava na sledeći način: sve rudarske kompanije za formulaciju profita koriste funkciju u kojoj se profit povećava sa porastom Q , a smanjuju V i

T. Intuitivna ilustracija ovog problema je data u radu [1].

Tako se dolazi do toga da tehničkom parametrizacijom rezervi dobijamo skup τ optimalnih projekata (Q_i)_{max}, T_i , V_i), koji odgovaraju raznim vrednostima T_i i V_i . U konačnom postupku se iz tog skupa odabere „optimalni“ projekat (sa znacima naveda zato, jer u izboru optimalnosti postoje i drugi kriterijumi koji utiču na to što će se u određenim okolnostima smatrati optimalnim).

Primenjujući ovu metodu, globalni problem optimizacije se svodi na dva dela:

- tehnički deo, u kome se izračunava (procenjuje) familija (skup) τ tehničkih optimalnih projekata, tj. onih koji maksimiraju Q za vrednosti T i V
- ekonomski deo, u kome se izabere konačni projekat unutar tog skupa tako da se maksimira formula dobiti.

Zamena parametara T i V u algoritmu parametrizacije

Glavna ideja algoritma parametrizacije je da se transformiše inicijalni problem maksimizacije Q za date vrednosti T i V u ekvivalentni problem koji obuhvata dva druga parametra, λ i θ . Transformacija se vrši zbog toga, jer je opravdanje da se globalno označavanje, kao što je T i V, zameni lokalnim karakteristikama za jedinicu otkopavanja (bloka određenih dimenzija), parametrima λ i θ . Sada ova dva parametra omogućuju da na lokalnom nivou, na svakoj etaži i bloku u njima, određujemo da li jedinica pripada skupu optimuma ili ne. To isključuje komplikovano kombinatorno računanje koje je do sada primenjivano, npr. u rešavanju optimalnog zahvata površinskog kopa i sl.

Parametrizacija bez ograničenja

Radi razumevanja suštine parametrizacije je opravdano prvo razmotriti, potpuno teoretski, slučaj SLOBODNE SELEKCIJE, tj kada svaka jedinica otkopavanja (blok) može da bude nezavisno od drugih odabrana i otkopana. U tom slučaju blokovi rude mogu da budu otkopavani a da se ne otkopa nijedan jalovi blok. To znači da su T i V jednakе veličine ($T = V$) i da se problem optimizacije sastoji u maksimiranju veličine Q za dati fiksni T (prikaz dat u referatu [4]).

Rezultat u ovom slučaju je sledeći:

Poznati su stvarni sadržaji svih jedinica otkopavanja (blokova), a to je parametar „ λ ”, ekvivalent T-u odnosno minimalni ekonomski isplativ sadržaj kod graničnog sadržaja Zc koji to osigura.

Naravno da to nije ostvarljivo, ali se može zamišljati kada procenitelj korišćen za sadržaje zadovoljava uslov poznat kao nepristrasna procena ($E\{Z(vi) : Z^*(vi)\} = Z^*(vi)$), ili nije u suprotnosti sa tim uslovom, a što je slučaj kod procene metodom krigovanja.

Tada parametrizacija rezervi kao funkciju λ daje sledeće jednačine (uobičajene za obracun rude i metala):

$$T(\lambda) = T_0 \int_{\lambda}^{\infty} F(dz)$$

$$Q(\lambda) = T_0 \int_{\lambda}^{\infty} z^* F(dz)$$

gde je:

T_0 – ukupna tonaža ležišta (svi blokovi koji su ruda, a imaju sadržaj veći od nula %)

$F(dz)$ – statistička raspodela sadržaja (stvarne ili procenjene rude pod datim uslovima).

Izračunavanjem F su se bavili autori u referatu [4]. Najteži problem u korišćenju metode navedene u ovom referatu je to što se u traženu funkciju λ polazi od vrednosti T, a ta vrednost je globalna pa se teško koristi u karakterizaciji ležišta. Minimalno ekonomski isplativ sadržaj je jednostavnije primeniti na svakom procenjenom bloku (vi).

Parametrizacija i optimizacija sa ograničenjem

Eksplotaciona jedinica (blok) u rudarstvu ne može da bude nezavisno otkopavana jer je u sklopu sa ostalim orudnjenim i jalovim blokovima, a tehnologijom je predviđena međusobna zavisnost u otkopavanju. Zbog toga postoje geometrijska ograničenja u otkopavanju (npr. otkopavanje rude i raskrivke na površinskom kopu ili rude između krovine i podine u podzemnoj eksploataciji). Pod uticajem takvih ograničenja, smanjuje se vrednost Q_{max} (koja odgovara vrednostima T i V) u poređenju sa „idealnim“ uslovima optimizacije bez ograničenja. To znači da se kod fiksног V (iskopine) za svaku vrednost T (rude) dobija Q_{max} (meta) za otkopavanje, koje je pod ograničenjem uvek manje nego kada se kopa slobodno selekcijom (bez ograničenja). Ograničenja utiču na smanjenje metala koji se kopa.

Osim toga, kod otkopavanja bez ograničenja površina Q_{max} je uvek konkavna, a u uslovima ograničenja ne mora da bude uvek konkavna funkcija u zavisnosti od T.i V. Radi toga je uvedena tehnika KONVEKSNE ANALIZE koja se koristi u iznalaženju algoritma kojim se vrši parametrizacija rezervi. Osnovna ideja je da se vrši zamena $Q_{max}(V, T)$ sa njegovom odgovarajućom konkavnom zakrivljenosću (concave hull) na mestima gde dolazi do pojavе konveksnosti. Taj postupak se svodi na promene u tretiraju ekvivalentnog problema za članove λ i θ . Važno je naglasiti da se time generalizuje slučaj slobodne selekcije, jer se konkavna kriva u slobodnoj selekciji zamjenjuje „konkavnom zakrivljenosću“ u uslovima sa ograničenjima.

Pošto je $Q_{\max}(V, T) = \text{SUP}(Q/V \text{ i } T\text{-fiksno})$, onda se može staviti:

$$\gamma(\lambda, \theta) = \text{SUP}(Q_{\max}(V, T) - \lambda V - \theta T) \quad (1)$$

$$V > T > 0$$

Konkavna zakrivljenost (concave hull)
 $Q_{\max}(V, T)$ je onda definisana na sledeći način:

$$Q_{\max}(V, T) = \text{INF}(\gamma(\lambda, \theta) + V + T) \quad (2)$$

$$\lambda, \theta \geq 0$$

(SUP = superiorno; INF = inferiorno)

Na slici 1 je prikazan pojednostavljeni primer konkavne zakrivljenosti za slučaj kada je $T = V$ (ne vrši se selekcija rude već masovno otkopavanje).

Ako se zanemare linearni delovi Q_{\max} i postave samo karakteristične tačke konkavne zakrivljenosti, postoji potpuna ekvivalencija između (V, T) , (λ, θ) . Parametrizacija sa (λ, θ) se izvodi na sledeći način:

- uzima se u obzir familija (skup) (λ, θ) prihvatljivih projekata koji zadovoljavaju odredena geometrijska ograničenja i odaberu se oni projekti (polazeći od vrednosti T) koji su superiorni
- na taj način se dobiju tačke na krivi $Q_{\max}(V, T)$ koje su superiorne u odnosu na ostala rešenja i nisu konkavne zbog uvedenih ograničenja
- izvodeći konkavnu zakrivljenost u odnosu na konveksnu krivu dobija se $Q_{\max}(V, T)$ kriva

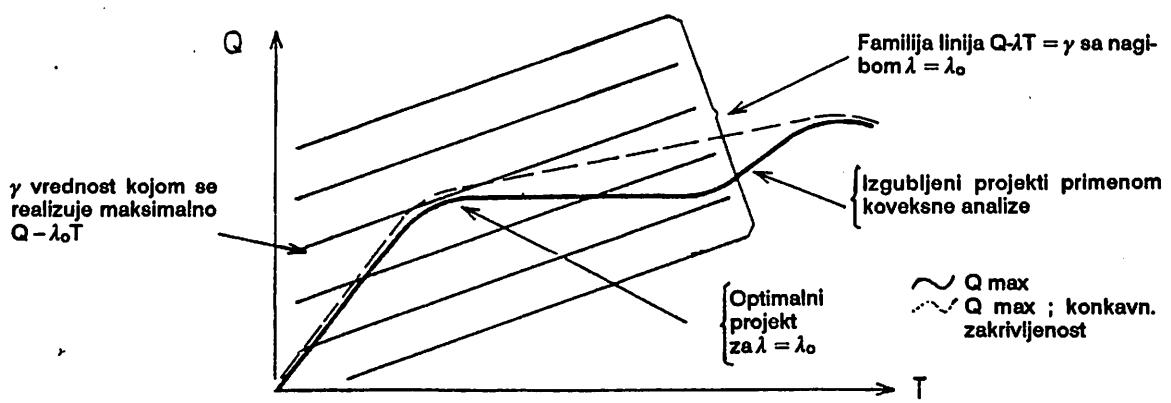
koja je konkavna i koja odgovara vrednostima $Q(\lambda, \theta)$, $V(\lambda, \theta)$ i $T(\lambda, \theta)$, povezanim sa optimalnom parametrizacijom.

U praksi se fiksira vrednost $\theta (= \theta_0)$ i onda vrši parametrizacija funkcije od λ . To znači da se menja samo jedna varijabila. Posle se ponavlja postupak sa promenjenom vrednošću θ . Rezultat takvog postupka je površ superiornih vrednosti Q_{\max} .

Pažljivim ispitivanjem jednačine (1), jasno je da su λ i θ granični parametri ($Q_{\max}(V, T) = \text{SUP}(Q/V, Q/T)$), što odgovara graničnim sadržajima za rudu. To znači da se ležiše obraduje za razne granične sadržaje i onda se utvrđuje koji rudni i jalovi blokovi u uslovima ograničenja ulaze u vrednosti Q , V i T .

Pokazuje se da je prelazak na ekvivalentan problem sa izrazima λ i θ doprineo da se kalkulacija optimizacije mnogo jednostavnije ostvaruje nego kada se vrši optimizacija sa globalnim vrednostima T i V . Nije moguće da se izradi projekt koji odgovara ne-konkavnim delovima površi $Q_{\max}(V, T)$, ali ovo za rešavanje problema optimizacije nije važno (takov projekt ne bi ušao u razmatranje).

Kao što se može očekivati, izrazi za maksimiranje ($Q_{\max} - V - T$) su proporcionalni nediskontovanim i amortizovanim profitima. Iz toga se može izvesti zaključak da će projekti koji okružuju površi parametrizacije u ne-konkavne delove, a čine karakteristične tačke na površi konkavne zakrivljenosti, biti profitabilni.



S I. 1

Zaključak

Metode konveksne analize po svemu su posebno uspešne u primeni kod razrade moćnih algoritama za parametrizaciju rezervi u slučajevima rudnika koji su podložni geometrijskim ograničenjima. Iako su u praksi već dobijeni vrlo interesantni rezultati (posebno u

primeni na površinskim kopovima), još uvek postoje uslovi za dalja poboljšanja postojećih procesa: područje parametrizacije rezervi je široko otvoreno za nova izučavanja, praktičnu primenu i ostvarenja.

SUMMARY

Explanation of the Algorithm for Parametrization of Mineral Materials Reserves

Technical parametrization of reserves is a new technique serving for highly successful definition and calculation of reserves in space in optimum mining projects and plans. The paper deals with the general problem of reserves parametrization prior to approach to the algorithm, both in cases of surface and underground mining.

Literatura

1. Daggelen K., Francois - Bongarçon, D., 1982: Parametrization of Reserves: Towards the Complete Double Parametrization, 17th APCOM Symp., Golden, Co., USA
2. Francois - Bongarçon, D., Guibal D., 1981: Parametrization of Optimal Designs of Open-Pit; Beginning of a New Phase of Research, AIME Annual Meeting, Chicago, Ill., USA
3. Francois - Bongarçon, D., Merechal A., 1976: A New Method for Open-Pit Design: Parametrization of the Final Pit Contour, 14th APCOM Symp., Penn., pp. 573 - 583
4. Francois - Bongarçon D., Guibal D., 1982: Algorithms for parametrizing reserves under different geometrical constraints 17th APCOM Symp., Golden, Co., USA. pp 297 - 309
5. Guibal D., Touffait Y., 1982: Tonnage-Grade Relations-hips. Their Use in Predicting Future Reserves and Estimating the Global Recoverable Reserves of a Deposit, 17th APCOM Symp., Golden, Co. USA
6. Johnson T. B., 1973: A Comparative Study of Methods for Determining Ultimate Open-Pit Mining Limits, APCOM Symp.
7. Journel A., Sans H., 1974: Ore Grade Control in Sub-Horizontal Deposits, Trans. Inst. Min. Metall., Sect. A: Min. Industry, 83, A79 - 84
8. Matheron G., 1975: Le Paramétrage des Contours Optimaux, Centre de Geostatistique et de Morphologie Mathématique, Fontainebleau, France
9. Royle A. G., 1981: Optimization of Assay-Cut-Off Orebodies, Trans. Inst. Min. Metall., Sect. A: Min. Industry, 90, A55 - 60



**RUDARSKI INSTITUT
BEOGRAD - ZEMUN**

Batajnički put br. 2 tel. 195-112; 198-112. telex 11830 YU RI

Na principu inženjeringu, samostalno i u saradnji sa domaćim i stranim izvođačima, Rudarski institut obavlja:

- TERENSKA, LABORATORIJSKA I POLUINDUSTRIJSKA ISTRAŽIVANJA
- IZRADU NAUČNIH I EKONOMSKO-TEHNIČKIH STUDIJA
- IZRADU KOMPLETNIH PROJEKATA

- površinske i podzemne eksploatacije mineralnih sirovina
- implementiranja mineralnih sirovina i primarne prerađe obojene metalurgije
- miniranja, transporta, ventilacije, termotehnike, građevinsko-arhitektonske i elektromašinske delatnosti i tehničke zaštite

- IZGRADNJU OBJEKATA I OPREMANJE POSTROJENJA, NADZOR, PUSTANJE U POGON, UVODENJE I UHODAVANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA I OBUKU KADROVA
- REKONSTRUKCIJU, MODERNIZACIJU I AUTOMATIZACIJU, NADZOR I VOĐENJE POSTOJEĆIH TEHNOLOŠKIH PROCESA
- VRŠI OPTIMIZACIJU KAPACITETA I IZBOR NAJPOVOLJNIJIH VARIJANTI KORIŠĆENJEM SAVREMENIH METODA I MATEMATIČKIH MODELA

Centar za dokumentaciju Rudarskog Instituta obaveštava o dostignućima svetske rudarske nauke i prakse iz navedenih delatnosti.

U okviru svoje izdavačke delatnosti Rudarski Institut izdaje kvartalni časopis:

RUDARSKI GLASNIK



RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD - ZEMUN

Batajnički put br. 2 tel. 195-112; 198-112. telex 11830 YU RI

On engineering principles, independently and in collaboration with domestic and foreign partners, the Institute of Mines performs:

- FIELD, LABORATORY AND PILOT-SCALE INVESTIGATIONS
- ELABORATION OF SCIENTIFIC AND FEASIBILITY STUDIES
- ELABORATION OF COMPLETE PROJECTS FOR
 - open-cast and underground exploitation of mineral ores
 - mineral ore dressing and primary processing of non-ferrous metallurgy
 - blasting, transport, ventilation, heat engineering, civil engineering, electro-machine objects and technical protection
- CONSTRUCTION AND EQUIPMENT OF PLANTS, SUPERVISION, STARTING UP, INTRODUCTION AND RUNNING IN OF TECHNOLOGICAL PROCESSES, AND STAFF TRAINING
- RECONSTRUCTION, MODERNIZATION AND AUTOMATION, SUPERVISION AND MANAGEMENT OF CURRENT TECHNOLOGICAL PROCESSES
- PERFORMS CAPACITY OPTIMIZATIONS AND SELECTION OF MOST FAVOURABLE ALTERNATIVE BY USE OF MODERN METHODS AND MATHEMATICAL MODELS

Documentation Center of the Institute of Mines supplies information on world's mining science and practice achievements in above mentioned activities.

The Institute of Mines editorial activities include the quarterly periodical:

RUDARSKI GLASNIK

