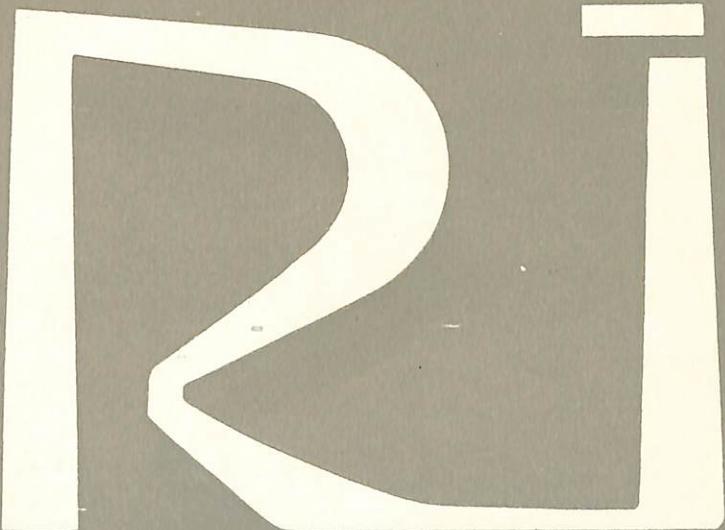


INFORMACIJE B

Broj 43 — 44



REFERATI ODRŽANI NA TEHNIČKOM SAVETOVANJU
O JAMSKOJ PODGRADI U TRBOVLJU, 1965. GODINE

RUDARSKI INSTITUT · BEOGRAD 1966.

Izдавач
RUDARSKI INSTITUT — BEOGRAD

Главни уредник
Проф. инг. Владимир Буљан

Редакциони одбор

Ahčan dr ing. Rudolf, Antić dipl. ing. Milan, Blažek dipl. ing. Aleksandar, Buljan prof. ing. Vladimir, Čolić dipl. ing. Dragomir, Draškić doc. dr ing. Dragiša, Dular dipl. ing. Slavko, Gluščević prof. dr ing. Branko, Ivanović dipl. ekon. Kosta, Kun dipl. ing. Janoš, Lešić prof. dr ing. Đura, Makar dipl. ing. Milivoj, Malić prof. dr ing. Dragomir, Marković doc. dr ing. Stevan, Marunić dipl. ing. Đura, Milutinović prof. dipl. ekon. Velimir, Mitrović dipl. ing. Dragoljub, Mitrović dipl. ing. Mira, Novaković dipl. ing. Ljubomir, Obradović dipl. ing. Petar, Perišić dr ing. Mirko, Simonović dipl. ing. Momčilo, Spasojević dipl. ing. Borislav, Stojadinović prof. dr ing. Dragutin, Tomašić dr ing. Stjepan, Veličković prof. dr ing. Dušan, Vesović dipl. ing. Milan.

Broj 43 — 44

**REFERATI ODRŽANI NA TEHNIČKOM SAVETOVANJU
O JAMSKOJ PODGRADI U TRBOVLJU, 1965. GODINE**

Beograd, 1966.

S A D R Ž A J

Dipl. ing. RUDI BABIĆ:

*O podgradivanju u rudnicima uglja
u SFRJ 3*

Dr ing. PETAR MILANOVIĆ:

*Metodologija ispitivanja manifestacije
jamskog pritiska u području otkopa-
vanja sa osvrtom na problematiku
izvođenja merenja u uslovima rud-
nika uglja u SFRJ 6*

Dr ing. RUDI AHČAN:

*Ocena radne sredine na rudnicima uglja
u SFRJ sa osvrtom na ispitivanje
manifestacija otkopnog pritiska . . . 11*

Dipl. ing. BLAŽO ĐUKIĆ:

*Ponašanje stupaca proizvodnje STT na
otkopima u rudnicima uglja u SFRJ . . 23*

Dipl. ing. RUDI BABIĆ

O PODGRAĐIVANJU U RUDNICIMA UGLJA U SFRJ

Dozvolite mi za početak nekoliko brojeva i statističkih podataka iz kojih se nameću zaključci već sami po sebi:

Proizvodnja uglja iz jamskih otkopa kretala se ovako:

Tablica 1

Godina	Proizvodnja ugla u mil. t	Potrošnja jamske građe u 100.000 m ³
1956.	15,2	4,5
1957.	15,8	4,6
1958.	15,9	4,2
1959.	17,4	4,3
1960.	18,7	4,3
1961.	19,5	3,9
1962.	19,5	3,6
1963.	21,0	3,6
1964.	22,1	3,5

Nabavka jamske građe je u Jugoslaviji sve teža i zbog toga potreba njenog zamenjivanja čelikom sve hitnija, naročito iz razloga što otkopavanje silazi u sve veće dubine gde pritisci stena rastu. Takođe raste cena drvetu, što sve zajedno smanjuje razliku između vrednosti nabavke drveta i čelika.

U tablici 2 data je sumarna potrošnja drveta kao i smanjenje normativa potrošnje na 1.000 t uglja u godinama 1955/1963.

Tablica 2

RUDNICI UGLJA	m ³	1955. m ³ /1.000 t	m ³	1960. m ³ /1.000 t	m ³	1963. m ³ /1.000 t	Smanjenje m ³ /1.000 t %
kameni	53.176	46,4	49.924	38,7	41.775	30,2	33,5
mrki	258.316	37,1	264.698	32,0	230.478	25,3	31,5
lignite	118.420	18,8	117.546	12,7	90.908	8,2	56,4
ukupno	456.912	30,2	432.168	23,0	363.161	16,7	45,8
Slove- nija	108.694	47,8	96.420	38,8	92.412	15,7	67,1
Trbovlje-							
Hrastnik	40.222	45,0	45.237	33,0	38.532	29,6	34,0
Zagorje	26.153	42,6	28.914	42,0	25.649	36,0	15,4
Kočevje	5.084	34,0	4.520	22,6	3.189	17,2	50,6
Laško	6.971	64,4	6.455	48,0	5.686	39,2	39,2
Senovo	10.615	40,4	8.864	39,0	8.573	32,6	19,2
Zabukovca	9.439	61,4	5.941	47,7	5.357	44,0	28,3
Kanižarica	1.922	77,4	2.820	48,0	2.226	27,2	61,9
Kakanj	16.102	23,4	17.107	14,2	13.268	11,6	50,3
Breza	12.720	26,2	15.595	23,3	15.658	18,5	30,4
Zenica	14.626	32,8	12.294	26,7	10.536	20,7	36,8
Velenje	18.342	16,4	16.641	7,6	14.737	5,1	67,9
Kreka	31.425	14,2	30.070	8,0	25.863	5,5	61,0
Raša	27.719	35,7	21.453	27,0	20.526	24,1	32,3

U Jugoslaviji dominiraju na otkopima stupci STT koji su zamenili drvenu podgradu. O rentabil-

nosti i ekonomičnosti frikcionih čeličnih stupaca u poređenju sa drvetom toliko je već govoreno i pisan da više nema smisla da se o tome diskutira.

Potrebitno je imati u vidu da frikcioni stupci takođe imaju svoje nedostatke. Zbog toga postoji u tehnologiji otkopavanja negde granica iza koje se ne mogu više primenjivati. Glavni nedostaci su:

- nosivost zavisi od toga kako su nabijeni klinovi, znači, od dobre volje rudara.
- srazmerno dugačko vreme nameštanja,
- niske sile upinjanja,
- neravnometerna nosivost.

Potrebitno je uzeti u obzir da poslednja dva zahteva potpuno gube svoje značenje kod plastičnih

Proizvodnja uglja u Zapadnoj Nemačkoj, gde su montan-geološki uslovi potpuno različiti od naših, tako je podelemo po vrstama i načinu podgrađivanja. bila je sledeća:

Statistički podaci Zapadne Nemačke pokazuju da potrošnja drveta opada iz godine u godinu, a da raste primena pojedinih hidrauličkih stupaca na račun frikcionih.

Objašnjenje izraza u dijagramima:

hekleno podporje skupaj — čeličana podgrada zajedno

Tablica 3

Proizvodnja uglja									
Vrsta stupaca	1961. tona	1961. %	1962. tona	1962. %	1963. tona	1963. %	1964. tona	1964. %	
Rudnik kamenog uglja — Bundesgebiet									
frikc.	6,798.427	57,5	6,955.375	58,6	6,487.852	56,5	6,022.279	53,1	
hidr.	1,593.296	13,5	1,968.870	16,6	2,267.403	19,7	2,545.931	22,4	
ramovi	121.837	1,0	175.884	1,5	292.646	2,5	479.063	4,2	
	11,822.388		11,863.283		11.402.372		11.352.501		
Rudnik kamenog uglja — Ruhrgebiet									
frikc.	6,850.118	60,3	6,150.750	62,7	5,806.808	60,9	5,398.886	57,2	
hidr.	765.041	7,9	963.405	9,8	1,245.534	13,1	1,577.894	16,7	
ramovi	115.839	1,2	143.920	1,5	247.402	2,6	417.072	4,4	
	9,702.140		9,807.681		9,524.621		9,444.695		
Rudnik kamenog uglja — Saarland									
frikc.	282.854	23,4	126.221	10,6	49.448	4,2	26.878	2,4	
hidr.	774.636	63,8	978.207	82,5	993.945	84,6	949.227	85,0	
ramovi	—	—	—	—	7.185	0,6	8.896	0,8	
	1,212.844		1,186.535		1,174.998		1,116.611		

meta, a da su svi ovi zahtevi veoma dobro rešeni kod hidrauličkih stupaca. Isto tako je dobro da frikcioni stupac odgovara samo određenoj tehnologiji otkopavanja, jer kod viših zahteva, kao što je potpuno mehanizovan ili automatizovan otkop, postaje neupotrebljiv.

Naravno, zaključak da je hidraulički stupac idealno rešenje, pogrešan je i preuranjen. I ovaj poseduje dosta slabih strana i grešaka, ali je primarno pitanje ekonomičnosti i rentabilnosti. Pogledajmo opet brojke.

torne stojke — frikcioni stupci
lesno podporje — drvena podgrada
hidrav, podporje s posamez, stojkami — hidrauličko podgradivanje pojedinim stupcima
samohod. podporje — samohodna podgrada.

U Jugoslaviji se takođe pokazuje težnja ka uvođenju hidrauličkih stupaca, mada su do sada propali svi opiti. Ovo treba pripisati razlogu što je mnogo naših stručnjaka posetilo Nemačku, gde je tendencija ista i gde je ova ideja preneta iz Engleske gde su hidraulički stupci mnogo primenjivani.

U Zapadnoj Nemačkoj je interesantno da je sarski basen prešao skoro 100% na hidrauličku pomjčnu podgradu, mada je imao 250.000 frikcionih stupaca. Troškovi održavanja za ove stupce su jako visoki, ali kada se rudar jednom navikne na njih, onda ih više nije moguće ukinuti. Iz takve nepovoljne situacije, koju obično нико neće da prizna, izviru onda članci koji dokazuju veću rentabilnost pojedinačnih hidrauličnih stupaca u poređenju sa frikcionim. Upozoravam da ovakve članke treba uzimati sa velikom rezervom, da ih treba podvrgnuti vlastitoj kritici i da ih ne treba uzimati kao čistu istinu. Pošto se hoće na svaki način dokazati nešto određeno, zbog toga se navode samo oni podaci koji odgovaraju takvoj slici, dok se sve ostalo ne navodi. Za poređenje se uzimaju samo podaci o veoma stariim i zastarelim frikcionim stupcima s jedne strane, a sa druge najsavremeniji hidraulički stupci. Pored se otkopi gde su rudarsko-tehnički uslovi vanredno povoljni zbog čega se i primenjuju hidraulički stupci, sa otkopima gde su uslovi veoma teški, ali se zbog toga primenjuju frikcioni stupci. U takvom primeru dobijaju se rezultati koji prividno pokazuju da su prvi rentabilniji, ali ako bi se zamjenio način podgradivanja, onda bi se pokazale katastrofalne brojke, samo ne na račun frikcionih stupaca. Za poređenje još nekoliko brojeva:

Iz zvanične statistike sarskog basena se vidi da troškovi opravke po stupcu iznose za godinu dana:

Tablica 4

	T r o š k o v i D M	
	1963.	1964.
Hidraulički stupac Feromatic	141,92	101,46
Frikcioni stupac 37/47	1,42	—
Dupleks	1,20	—

Iz navedenog se vidi da troškovi održavanja frikcionog stupca iznose samo 1% troškova koji su potrebni za reparaturu hidrauličkog stupca.

Interesantan je takođe sledeći podatak iz predavanja Heick: „Reparaturkosten für hydr. Einzelstempel im Ruhrgebiet“ iz kojeg se vidi koliki postupak stupaca treba zbog opravke izneti iz jame:

hidraulički pojedinačni stupci . . . 121,8%
frikcioni stupci 27,2%

Ne odričem prednost kao ni budućnost hidraulike — samo je potrebna opreznost kod njenog uvođenja.

Dr ing. PETAR MIŁANOVIC

**METODOLOGIJA ISPITIVANJA MANIFESTACIJE JAMSKOG PRITISKA U PODRUČJU
OTKOPAVANJA SA OSVRTOM NA PROBLEMATIKU IZVODENJA MERENJA U USLOVIMA
RUDNIKA UGLJA U SFRJ**

UVOD

Merenja jamskog pritiska s obzirom na informacije koje želimo da dobijemo o jamskom pritisku u okolini otkopa mogu se podeliti u 4 grupe:

- merenje na otkopu,
- merenje ispred otkopa,
- merenje iza otkopa (stari rad),
- merenje u pristupnim hodnicima.

Sam zadatak merenja jamskog pritiska u području otkopa uslovljava i vrstu potrebnih instrumenata. Iskustva, stečena na ovom polju u inostranstvu, mogu se samo delimično primeniti u uslovima koji postoje u jugoslovenskim rudnicima.

Da bi odgovorili radnim uslovima rudnika lignita i mrkog uglja trebalo je postojeće instrumente prilagoditi i čak konstruisati nove.

U referatu je dat pregled instrumenata koje Rudarski institut u Beogradu koristi za merenje jamskog pritiska u rudnicima lignita i mrkog uglja.

INSTRUMENTI ZA MERENJE NA OTKOPU

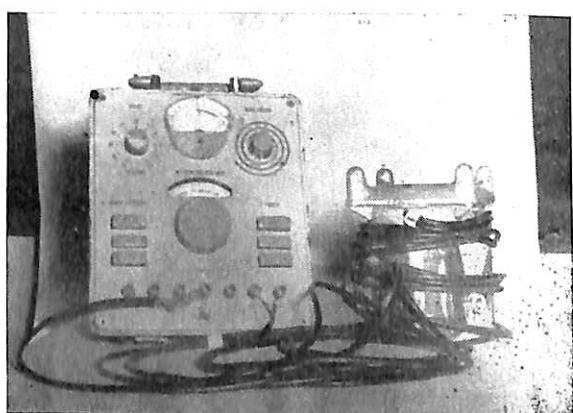
Merenje opterećenja na čelične stupce

Za ovu vrstu merenja, u rudnicima gde je slaba nosivost podine (ligniti) a postoji znatnije tonjenje stupaca, korišćene su elektrodinamometarske merne čelije.

U uslovima gde je tonjenje stupaca malo, korišćene su hidraulične čelije, obične ili sa regulatorom.

1. Elektrodinamometarska merna čelija

O p i s. — Elektrodinamometarska čelija sastoji se iz cevastog tela dužine 10—15 cm prečnika 120 mm i standardne glave stupca. Na unutrašnjoj površini tela nalepljene su aktivne i kompenzacione elektro otporne merne trake. Ove trake spojene su tako da čine puni merni most. Merna glava se prilikom ugradivanja navuče na cev čeličnog stupca kome je odsečena glava. Na taj način merna čelija je pripremljena za merenje.



Sl. 1 — Elektrodinamometarska merna čelija.

P r i n c i p r a d a. — Opterećenje koje prenosi slemenjača na stupac izaziva određenu deformaciju tela elektro dinamometarske čelije. Ova deformacija merena pomoću elektro otpornih mernih traka

omogućava određivanje opterećenja koje dejstvuje na stupac. Veličina deformacije u mikro mm utvrđuje se pomoću elektronskog mernog mosta tipa SR-4, Baldwin firma Hamilton.

Kalibracija merne čelije i utvrđivanje nula vršeno je na hidrauličnoj presi Tinius Olsen od 100 t.

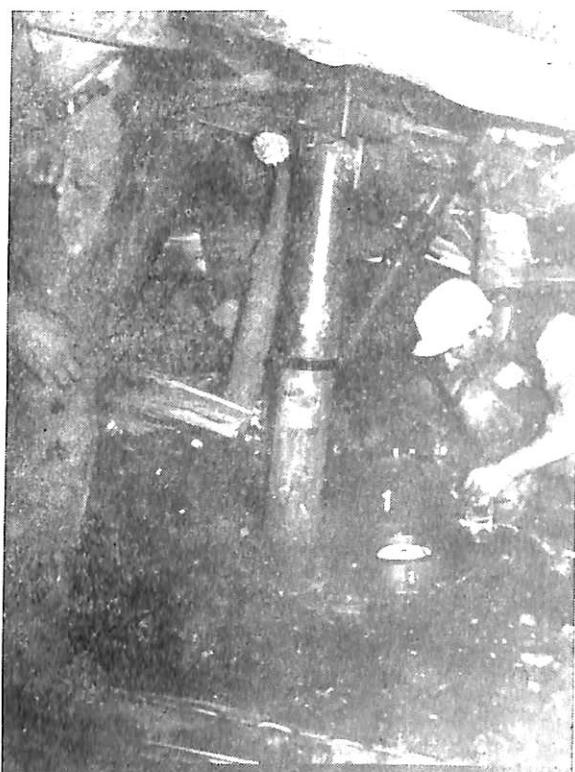
Merna čelija se postavlja na cev stupca i postepeno opterećenje do 45 t u stupnjevima od 5 tona.

Kriva kalibracije snimana je 2-3 puta. Na osnovu toga izrađena je kalibraciona kriva koja se koristi za određivanje opterećenja na stupac.

2. Hidraulična merna čelija

Za merenje opterećenja na stupce čelične podgrade koriste se i hidraulične čelije: obične i sa registratom.

Celije se sastoje iz: gornje i donje ploče, jastuka i manometra (registratora).



Sl. 2 — Ugrađena hidraulična čelija sa registratorom.

Hidraulične čelije su dimenzionirane za opterećenja do 100 t.

Predviđeno je da se ove čelije stavljaju ispod stupaca na širokom čelu i to direktno na podinu.

U slučajevima kada je podina slaba (rudnik lignita Velenje) stupci tonu, a sa njima i hidraulične čelije. Po svojoj konstrukciji donja ploča čelije, pod ovim uslovima, ne može da izdrži naprezanja koja se u njoj javljaju usled neravnomernosti tonjenja, pa se savija. Na taj način dolazi do oštećenja čelije.

Postavljanje čelija između slemenjače i glave stupca nije pogodno, jer postoji mogućnost da isklizne i ozledi ljudе na otkopu.

Prednost hidraulične čelije sa registratorom je u dobijanju kontinuirane krive opterećenja na stupac u funkciji vremena.

Iskustvo dobiveno merenjima u različitim rudnicima ukazuje na to, da u uslovima gde je podina čvrsta prednost imaju hidraulične, a kod loše podine elektrodinamometarske čelije.

Rad sa elektrodinamometarskim čelijama zahteva obučeno ljudstvo u rukovanju elektronskim indikatorom.

3. Teleskopska letva za merenje konvergencije

Za merenje konvergencije koriste se dva tipa letvi: sa oprugom i bez opruge.

U slučajevima gde postoji znatnija konvergencija otkopa pogodnije su teleskopske letve prostije konstrukcije, jer su lakše i podešnije za rad. Na otkopima gde se ugalj dobiva pretežno miniranjem, teleskopske letve su pri miniranju obično izbačene sa svog mesta. Da bi se to izbeglo izvršene su pravke, tako da je letva držaćima pričvršćena za stupac.

Izgled jedne takve letve se vidi na slici br. 2.

INSTRUMENTI ZA MERENJE ISPRED OTKOVA

Merenja ispred otkopa imaju zadatak da odrede položaj prednje stope pritiska u funkciji brzine otkopavanja.

Jedan od instrumenata pogodan za tu vrstu merenja je hidraulična sonda za merenje relativne promene pritiska u stubu uglja ispred čela.

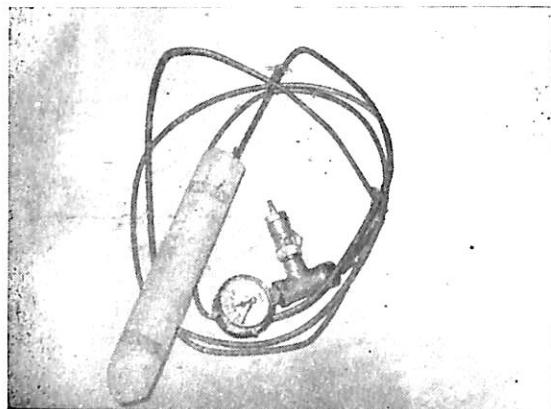
Hidraulična sonda

Oпис i princip rada. — Sonda se sastoji iz kapsule, tela, cevi i priključnog ventila sa manometrom.

Sonde se postavljaju u horizontalno ili blago nagnute bušotine prečnika Ø 58 mm na različitim dubinama.

Kod otkopavanja u ugljenom stubu ispred čela dolazi do promena pritiska. Te promene dovode do deformacije bušotine u kojoj se nalazi sonda i koje se preko tela sonde prenose na kapsulu u kojoj se

nalazi ulje. Promene deformacija bušotine prouzrokuju promenu pritiska u hidrauličnom sistemu sonde (kapsula i cev + ventil sa manometrom), koji predstavlja relativnu promenu pritiska u ugljenom stubu usled otkopavanja.



Sl. 3 — Hidraulična sonda.

Obezbeđenje prisnog kontakta između bokova bušotine i tela sonde izvršeno je prethodnim prednaprezanjem sonde pomoću hidraulične pumpe. Na taj način, odmah po ugradivanju sonde u bušolinu i njenim prednaprezanjem, sonda je spremna da reaguje na promene pritiska u stubu.

Očitavanje se vrši na manometru svake smene i meri udaljenost sonde do čela.

INSTRUMENTI ZA MERENJE IZA OTKOVA

Kod ove vrste merenja težište je na merenju opterećenja u starom radu, a zatim merenje opterećenja na stupce u hodniku ispod širokočelnog otkopa.

Vrednosti opterećenja starog rada omogućuju opterećenja u starom radu, a zatim merenje opterećenja i udaljenost otkopa donje etaže od gornjeg. Određuje se položaj otkopa tako da se izbegne zona pojačanog pritiska.

Za merenje u hodnicima ispod otkopa koriste se hidraulični stupci sa registratorom.

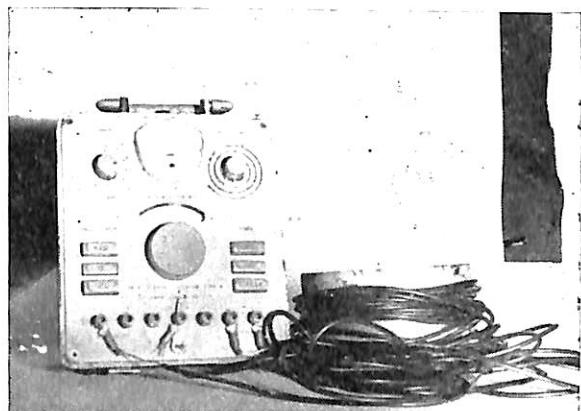
Opterećenje starog rada merimo pomoću elektrodinamometarskih čelija i hidrauličnih jastuka.

Elektrodinamometarske čelije su osetljivije od hidrauličnih jastuka i omogućavaju lakše praćenje porasta opterećenja u starom radu. Zahtevaju obučene ljude kod svakodnevnog očitavanja.

Hidraulični jastuci su pogodniji što se tiče očitavanja, ali su manje osetljivi i postoji veća mogućnost da hidraulični sistem bude oštećen.

1. Elektrodinamometarska čelija za merenje opterećenja u starom radu

Opis i princip rada. — Čelija se sastoje od gornjeg i donjeg pločastog tela prečnika O 130



Sl. 4 — Elektrodinamometarska čelija za merenje opterećenja u starom radu.

mm, aktivnog i kompenzacionog prstena.

Princip rada se sastoje u prenošenju opterećenja sa gornje ploče na aktivni prsten čije se deformacije mogu utvrditi pomoću elektro otpornih mernih traka i elektronskog mernog mosta. Na aktivnom prstenu nalepljene su četiri elektro otporne merne trake po unutrašnjem obimu, a na kompenzacionim isto tako, samo za kompenzaciju temperature. Kada je čelija pod opterećenjem opterećen je samo aktivni prsten, dok je kompenzacioni sloboden.

Veza čelije sa indikatorom ostvarena je preko okloppljenog dvožilnog kabla.

Očitavanje ugrađenih čelija vrši se pomoću elektronskog mernog mosta Baldwin tip SR—4 u tri smene svaka 2 sata.

2. Hidraulični jastuk

Opis i princip rada. — Hidraulični jastuk se sastoje iz samog čeličnog jastuka prečnika O 220 mm, cevi i ventila sa manometrom.

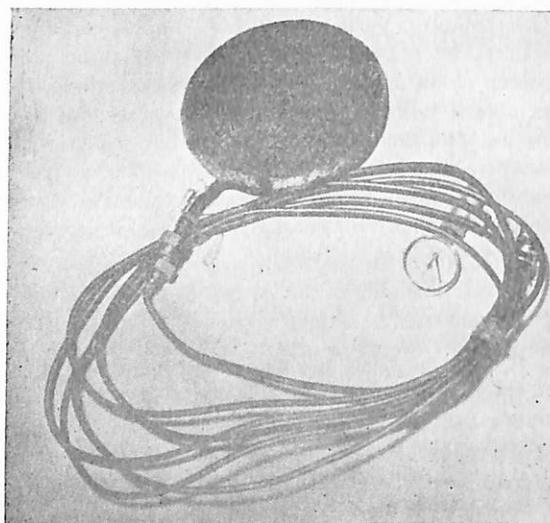
Dejstvo opterećenja na jastuk dovodi do promene pritiska ulja unutar jastuka, što se pokazuje na manometru. U laboratoriji jastuk je kalibriran tako da se iz dobivenih vrednosti na manometru u kg/cm^2 može dobiti opterećenje (u tonama), koje deluje na njega.

Način ugradivanja hidrauličnih jastuka i elektrodinamometarskih čelija je sličan.

Pre no što se pristupi ugradivanju, pripremi se mesto gde će biti postavljen. Raščisti se ugalj na tom mestu do dubine 20 cm na prostoru dovoljnom

da se postavi aparat i podložna ploča. Podložna ploča služi kao oslonac i povećava površinu čelije odnosno jastuka. Čna je prečnika 420 mm i deljine 10 mm. Kablovi odnosno cevi kod hidrauličnog jastuka mogu se voditi duž čela do mesta čitanja ili pak spustiti kroz buštinu na nižu etažu.

Izlaz kabla iz elektrodinamometra ke čelije obezbeduje se na taj način, što se kabl labavo postavi oko čelije na ploču. Da ne bi došlo do pomeranja čelije ili jastuka po ploči, stavlja se oko njih sitan ugalj ili pesak i zatim pažljivo pokrije zarušenim materijalom. Tek sada se dozvoljava da materijal iz starog rada potpuno prekrije čeliju odnosno jastuk.



Sl. 5 — Hidraulična čelija za merenje opterećenja u starom radu.

INSTRUMENTI ZA MERENJE U PRISTUPNIM HODNICIMA

Za merenje opterećenja na podgradu u pristupnim hodnicima koriste se hidraulični stupci sa registrаторom tipa Dowty nosivosti 25 t.

Dowty stupac za merenje opterećenja

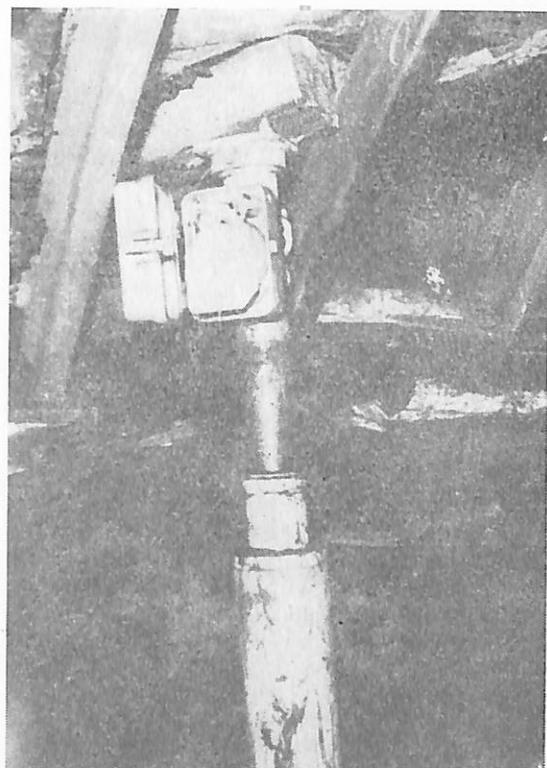
To je hidraulični stupac na koji se postavlja registrator za beleženje veličine opterećenja na stupac.

Registrator ima polarni dijagram i njegov satni mehanizam sa jednim navijanjem radi 72 sata.

Mesto registrirajućeg aparta za neprekidno beleženje promene može se staviti manometar. Na stupcu se mogu postaviti skala i reper za očitavanje konvergencije.

Visina osnovnog stupca je 0,90 m sa visinom izvlačenja 0,30 m. Sa odgovarajućim nastavcima stupac se može koristiti za visine prostorija do 3,5 m. Stopala stupca se mogu menjati u zavisnosti od fizičko-mehaničkih osobina podine hodnika, gde se postavlja stupac.

Pri postavljanju stupca ispod papuče i na kapu stavlja se drvena podloga.



Sl. 6 — Dowty stupac.

Prethodno natezanje stupca iznosi 5 t.

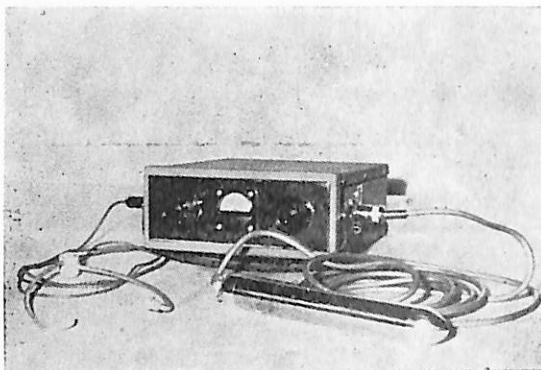
Opterećenje na stupac se prenosi preko hidrauličnog ventila na Bardonovu cev, a od nje preko sistema poluga na pisaljku. Satni mehanizam okreće polarni dijagram u pravcu kazaljke na satu, brzinom, jedan pun krug za 24 h.

U rudnicima gde postoje opasnosti i od gorskih udara (Zenica, Raša) pored navedenih merenja vrše se i dopunska, specijalnim instrumentima.

Jedan od tih je seizmitron. Merenjima pomoći seizmitrona moguće je ustanoviti razlike u naponskim stanjima stenskog masiva u cilju određivanja aktivnijih zona u pojedinim delovima jame, a time i stepen stabilnosti jamskih prostorija.

Opis i princip rada. — Komplet za merenje sastoji se iz :

- seizmitrona
- pojačivača i
- slušalica.



Sl. 7 — Seizmitron.

Stenska masa pod dejstvom napona podleže deformacijama različitog reda veličine u zavisnosti od veličine napona. Deformacije reda veličine $2-2.5 \times 10^{-5}$ mm prate mikro-šumovi, malog intenziteta. Ta mikro pomeranja prenose se na seizmitron, koji se nalazi u bušotini u kontaktu sa stenom i preko pojačivača pojačavaju. Taj red veličine pomeranja u stenskoj masi koja seizmitron može da identificuje je na nivou međukristalnog kretanja unutar kristalne rešetke. Pojačan šum se prati pomoću slušalica. Na taj način šumovi van čujnog područja postaju čujni.

Kao pretvarač mehaničkih pokreta u električni impuls služi kristal kvarc. Koristi se pijezoelektrični efekat kvarca.

Mera veličine napona u stenskom masivu je učestalom mikroseizmama u minuti.

Instrumenti koji su opisani omogućuju kompleksno merenje jamskog pritiska u području otkopavanja. Tako se upotpunjava opšta slika raspodele pritiska na otkopu, ispred i iza otkopa, i doprinosi uspešnijoj primeni otkopne mehanizacije i sistema podgradivanja.

NAČIN KORIŠĆENJA INSTRUMENATA

Ovom grupom instrumenata može se izvršiti merenje manifestacija jamskog pritiska u području otkopavanja, i na osnovu dobivenih rezultata poboljšati uslovi rada i bolje iskoristiti otkopna oprema.

Na širokom čelu ugrađuju se merni instrumenti za merenje opterećenja stupaca i konvergencije u naj-

manje tri profila postavljeni duž čela, i to jedan u sredinu otkopa i po jedan na 10–15 m od ulaza odnosno izlaza u otkop.

Za merenja u stubu uglja ispred otkopa izbuše se bušotine dubine 3–5 m na medusobnom odstojanju od 5–10 m i u njih ugrade hidraulične sonde. One registruju promenu pritiska u ugljenom stubu, a rezultat praćenja tih promena u funkciji brzine napredovanja čela omogućuje određivanje položaja prednje stope pritiska. Poznavanjem položaja prednje stope za određenu brzinu napredovanja čela otkopna mašina se može bolje iskoristiti i smanjiti utrošak energije potrebne za otkopavanje. Položaj stope kazuje koliko se u dubinu masiva mereno od čela preostala zona, koja je izložena dejstvu naprezanja na istezanje i gde počinje zona u kojoj vlada naprezanje na pritisak. Znači, poznavanjem položaja prednje stope pritiska u funkciji brzine napredovanja otkopa može se prilagoditi dubina zahteva mašine za otkopavanje. Specifični utrošak energije potrebne za dobijanje uglja, smanjiće se ako se, recimo, bubenjem otkopne mašine zahteva ugajl iz zone koja je izložena dejstvu naprezanja na istezanje.

U starom radu ugrađuju se hidraulični jastuci ili elektrodinamometarske celijske, što zavisi od konkretnih uslova, i to obično u pravcu profila u kojem se meri opterećenje na stupce.

Ovdje je naročito važno da se očitavanje instrumenata vrše svaka 2 sata u tri smene da bi se odredio karakter zarušavanja krovnih naslaga i da bi se videlo kako napreduje zarušavanje u prvim metrima pomeranja otkopnog fronta. Kasnije se broj očitavanja može smanjiti na jedanput dnevno, ali zato ukupni period osmatranja treba da bude što duži, 2–3 meseca. Iz tih osmatranja videće se gde je maksimalno opterećenje i na kojoj se udaljenosti od otkopnog fronta stabilizuje stari rad. Kod otkopavanja u dve etaže položaj maksimalnog opterećenja starog rada je parametar koji utiče na određivanje udaljenosti otkopnih frontova dveju etaža.

Kada se ova merenja na otkopu, ispred i iza otkopa dopune merenjima opterećenja na podgradu u pristupnim hodnicima (Dowty stupci) dobija se kompletnejša slika o prilikama koje vladaju na otkopima i oko njega.

Za rešavanje specijalnih problema kao što su gorski udari, merenja se mogu vršiti seizmitronima, a položaj mernih mesta odrediti za svaki slučaj posebno.

Dobivene rezultate merenja rudarska operativa može sa uspehom koristiti u cilju poboljšanja radnih uslova pri otkopavanju, i povećanju sigurnosti ljudi na otkopu.

Dr ing. RUDOLF AHČAN

OCENA RADNE SREDINE NA RUDNICIMA UGLJA U SFRJ SA OSVRTOM NA ISPITIVANJE MANIFESTACIJA OTKOPNOG PRITiska

UVOD

Ovladavanje jamskim pritiskom koji prati otkopavanje u rudnicima uglja, naročito kod primene širokočelnih otkopnih metoda sa zarušavanjem ili obrušavanjem uglja iz stropa, je veoma složen problem, kojim se bave u većem ili manjem obimu ne samo pojedini stručnjaci na rudnicima već i mnoge naučne institucije u zemlji i inostranstvu.

Za pravilan izbor odgovarajuće podgrade na pojedinim otkopima potrebno je poznavati detaljno sve faktore koji prate tehnološki proces kod podzemne eksploatacije i koji imaju direktni ili indirektni uticaj na promene u otkopu.

ZADATAK I OPSEG ISPITIVANJA

Stručnjaci Rudarskog instituta su izvršili, u cilju razjašnjenja problema adekvatnosti podgradivanja na otkopima, merenja otkopnog pritiska kao i ostala potrebna ispitivanja na rudnicima:

- kamenog uglja (Istarski ugljenokopi Raša, kod širokočelnog otkopavanja sa zasipom i zarušavanjem);
- mrkog uglja (udnici Kakanj, Trbovlje, „Tito“ — Banovići i Rembas);
- lignita (Kreka, Velenje i Kostolac).

Obradom rezultata ispitivanja otkopnog pritiska u otkopnim poljima navedenih rudnika došlo se do dovoljnog broja podataka za okvirnu ocenu prosečnih uslova eksploatacije na rudnicima uglja u SFRJ, pošto navedeni rudnici predstavljaju 61% ukup-

pne proizvodnje uglja u SFRJ dobivene janskim radom. Zbog te činjenice se ne može načiniti veća greška, ako se smatra da su na ovaj način obuhvaćeni prosečni otkopni uslovi u kojima se vrši podzemna eksploatacija uglja u SFRJ.

Ovim načinom su dobivene prosečne vrednosti za ocenu radnih uslova u našim rudnicima uglja, kao i podaci o ponašanju podgrade proizvodnje STT u tim uslovima.

KRITERIJUMI ZA OCENU USLOVA EKSPLOATACIJE

Za potpunije razjašnjenje problema, koji su u vezi sa metodama eksploatacije, u kojima su se vršila ispitivanja, potrebno je detaljnije poznavanje uticaja radne sredine na sam tok eksploatacije. U tom cilju prvo treba definisati pojam radne sredine i time odrediti kriterijume za ocenu pojedinog tehnološkog procesa.

Pod pojmom radne sredine podrazumevaju se svi faktori, koji utiču na normalni tok eksploatacije u određenom otkopnom polju. Kao najvažniji faktor radne sredine mogu se, među ostalima, nabrojati sledeći osnovni parametri:

- geološka struktura ležišta,
- fizičko - mehaničke i tehničke osobine uglja i pratećih naslaga,
- uticaj primenjene otkopne metode,
- uticaj procesa zarušavanja povlatnih naslaga u otkopane prostorije,
- manifestacije otkopnih pritisaka u području otkopavanja, i
- uticaj brzine napredovanja otkepa.

Navedeni parametri radne sredine su od bitne važnosti za ocenu eksploracionih uslova, kao i za ocenu podgrade, koja se primenjuje u tim uslovima.

Kratka ocena uslova eksploracije s obzirom na rezultate ispitivanja fizičkih i mehaničkih osobina uglja i pratećih stena

U Rudarskom institutu — Beograd su ispitane fizičko-mehaničke osobine uglja i pratećih stena većine rudnika uglja u SFRJ. Na taj način su dobiveni osnovni podaci pomoću kojih je moguće izvršiti grubu grupaciju pojedinih rudnika, odnosno klasifikaciju uslova eksploracije u istim. U priloženoj tablici 1 prikazani su rezultati tih ispitivanja na uzorcima uglja, krovine i podine, na osnovu kojih se mogu oceniti uslovi eksploracije, odnosno izvršiti podela u 3 grupe:

1. Grupa. — Prvu grupu predstavljaju rudnici kamenog uglja. Krovinu i podinu sloja uglja srednje čvrstoće čine kozinski krečnjaci sa visokom čvrstoćom, visokom tvrdoćom i visokim modulom elastičnosti.

Rezultati ispitivanja ukazuju na veoma postojanu krovinu, koja se teško zarušava u velikim komadima ili blokovima, ali veoma dobro nosi. Podinu čine krečnjaci veoma pogodni za eksploraciju, pošto mogu da prime visoka opterećenja bez ikakve penetracije stupaca, ne bujaju i tako omogućuju dobre uslove rada, ukoliko nisu tektonski porušeni.

2. Grupa. — Drugu grupu predstavljaju rudnici mrkog uglja. Krovinu uglavnom čine laporci velike do srednje čvrstoće i tvrdoće sa modulom elastičnosti srednje veličine, što na otkopima uglavnom omogućuje dobre uslove za rad. Krovni laporci se srednje teško (Banovići i Kakanj) do lako (Rembas, Trbovlje — Hrastnik) zarušavaju i to u komadima srednje odnosno male veličine.

Neposrednu podinu u datim slučajevima čini zbog veće moćnosti sloj uglja (otkopavanje u više etaže ili pojaseva) srednje (Banovići, Trbovlje-Hrastnik) do visoke čvrstoće (Kakanj, Rembas), što se odražava na noseću sposobnost tla otkopa (ugalj). Dok su u prvom slučaju uslovi za eksploraciju veoma pogodni, kod srednje čvrstog uglja u podini otkopa noseća sposobnost tla se smanjuje, što ima za posledicu manju veličinu penetracije stupaca.

Tablica 1

Pregled najvažnijih fizičkih i mehaničkih osobina uglja i pratećih stena na rudnicima gde su se vršila ispitivanja

	Ugalj			Krovina			Podina			Primedba
	Cvrstoća na pritisak 1 na slojenje kg/cm ²	Dinamička cvrstoća kgf ₁	Oznaka stene	Cvrstoća na pritisak 1 na slojenje kg/cm ²	Modul elastičnosti	Indeks plastičnosti (za glinasti materijal)	Oznaka stene	Cvrstoća na pritisak 1 na slojenje kg/cm ²		
Istarski ugljenokop	56-208		kozinski	1103-1700	594.000—	—	kozinski	1103-1700		
Raša-j. Pićan	113	0,5	krečnjak	14-15	862.000		krečnjak	1445		
Kakanj— j. Ričica	207-389	1,43	laporac	329-1221	320.000—	—	ugalj	207-389	295	neposredna podina je ugalj
Banovići— j. Radina	104-339	1,41	laporac	854	—	—	"	104-339	238	"
Rembas— j. Strmosten	238*									
Trbovlje-Hrasnik			crveni peščar	89	—	—	"	384		"
j. Ojstro	49-342		laporac	226-290	88.960	—	"	218		neposrednu krovinu čini star i rad
Velenje j. Vzhod	218*	1,61		243						
Kreka — j. Dobrnja	78-146	4,27	lap. gl.	50	—	25	"	78-146	108	neposredna krov. i pod
Kostolac — j. Cirikovac	108*									
	99-119	3,34	lap. gl.	—	—	31	"	99-119	109	je ugalj
	109*									
	18-72	1,91	glina	--	—	75	"	18-72	46*	"
	46*									

* srednja vrednost

3. Grupa. — Treću grupu predstavljaju ležišta lignita velike močnosti gde se zbog datih uslova eksploratiše sloj u etažama ili pojasevima veće visine. U tom slučaju neposrednu krovinu kao i podinu u otkopu čini sloj lignita, čije su osnovne osobine, s obzirom na mogućnost eksploracije, mala čvrstoća i veća drobljivost. Noseća sposobnost tla u otkopu je zbog toga mala, što ima kod izvesne bujavosti za posledicu veće penetraciju stupaca. Krovna ploča, koju u otkopu čini ugalj, lako raspuca i pod opterećenjem više ležećih naslaga — glinastih materijala sa većom plastičnošću značnije se deformiše. Te naslage se veoma lako zarušavaju. Posledica navedenih osobina su veće deformacije otkopa s obzirom na sleganje krovine kao i bujanje podine, što prouzrokuje otežane uslove eksploracije.

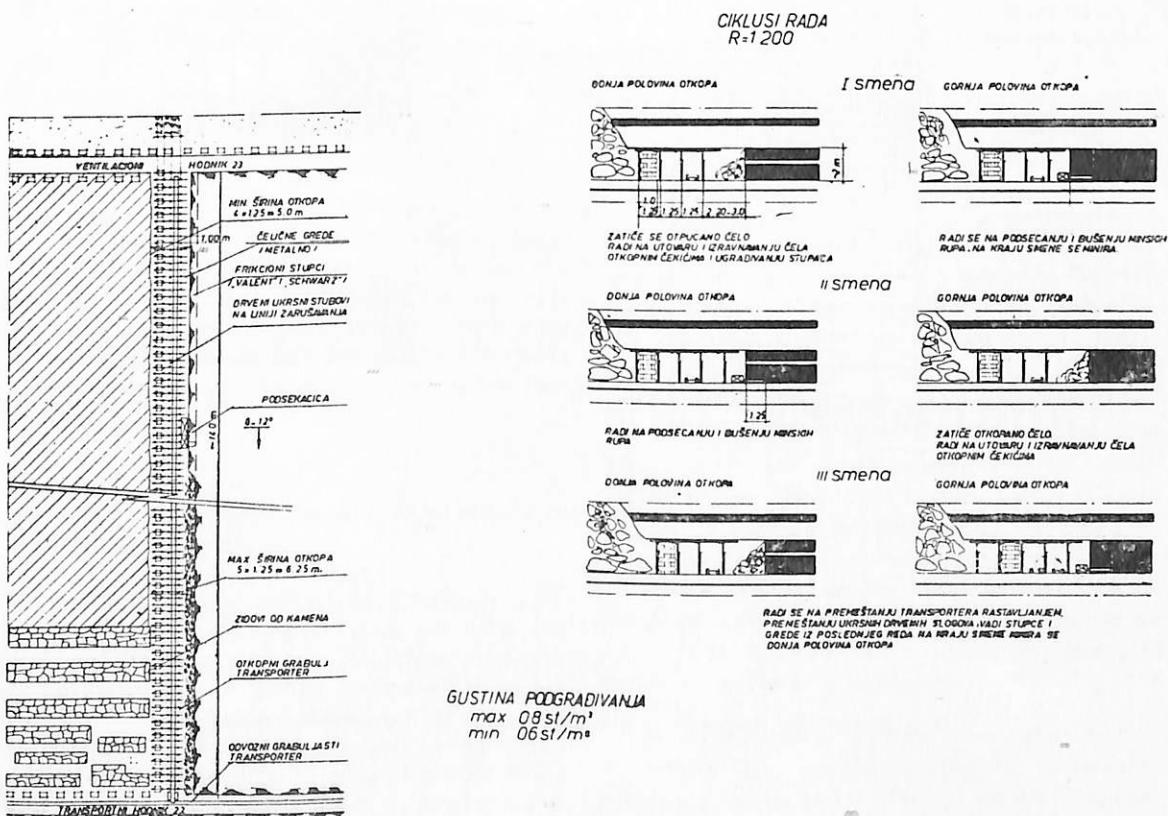
U gore iznetoj kratkoj oceni osnovnih fizičkih i mehaničkih osobina uglja i pratećih stena dati su neki od osnovnih parametara radne sredine, kojima se određuju neki od uslova eksploracije, a koje je zbog pravilne ocene stanja tehnološkog procesa potrebno prethodno poznavati.

Kratka ocena primjenjenih otkopnih metoda

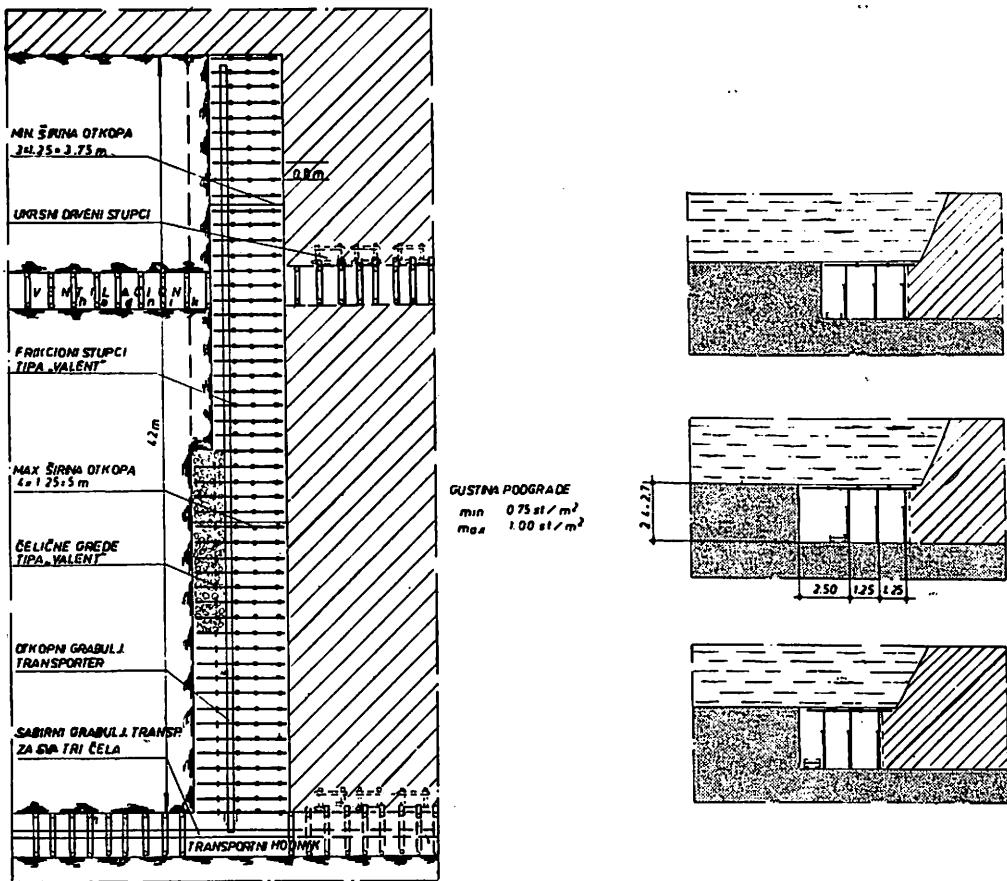
U toku ispitivanja manifestacija otkopnih pritiska na naznačenim rudnicima u primeni je bila širokočelna otkopna metoda i to u više varijanata:

- širokočelna otkopna metoda sa zarušavanjem (Istarski ugljenokopi — jama Pićan — slika 1);
- širokočelna otkopna metoda sa zarušavanjem (rudnik Banovići — slika 2);
- širokočelna otkopna metoda sa obrušavanjem uglja iz stropa — Velenjska otkopna metoda na rudnicima lignita Velenje, Kreka i Kostolac.

Navedene varijante se u principu na svim rudnicima bitno ne razlikuju. Razlike nastupaju samo s obzirom na način razmeštanja podgrade i položaj transportera prema čelu otkopa. Princip otkopne metode vidljiv je iz priloženih slika, dok su osnovni podaci vidljivi iz tablice 2.



Sl. 1 — Širokočelna otkopna metoda sa zarušavanjem — Istarski ugljenokopi, jama Pićan.



Sl. 2 — Širokočelna otkopna metoda sa zarušavanjem — Rudnici »Tito«, Banovići.

Tablica 2

Pregled osnovnih pokazatelja tehnološkog procesa na otkopima

Rudnik	Varijanta širokočelne otkopne metode	Način podgradivanja	Broj redova stupaca	Otvorena širina čela u m	Gustina stupaca kom/m ²	P r i m e d b a
IU Raša	sa pneumatskim zasipom	čelične grede i stupci-transp. u 2. polju	3 — 6	3,75—7,5	0,6 —0,8	Istovremeno sa zasipom: 3. ili 4. polja
IU Raša	sa zarušavanjem	čelične grede i stupci-transp. u 2. polju	4 ili 5	5,0 —6,25	0,6 —0,8	drvane kule u 4. ili 5. redu
Kakanj	sa zarušavanjem	front bez stupaca	3	3,75—5,0	1,0 —1,33	drvane kule u 2. ili 3. redu
Banovići	sa zarušavanjem	front bez stupaca	3	3,75—5,0	0,75—1,0	_____
Rembas	sa zarušavanjem	drvane grede čelični stupci	3 — 6	3,50—4,3	_____	upotrebljavaju se i drveni stupci
Trbovlje	sa obrušavanjem uglja	dva reda pojačana sa 3. stupcem	3	2,80—4,2	0,7 —1,0	povećano za drvane grede i del. obrušavanje uglja
Velenje	sa obrušavanjem uglja	2 ili 3 č. grede 4 ili 6 č. stup.	4 ili 6	2,7 —5,4	0,85—1,66	obaranje uglja iz stropa u 2 polja
Kreka	sa obrušavanjem uglja	front bez stupaca 3. č. grede 3. č. stupca	2 ili 3	2,5 —3,75	0,8 —1,2	obrušavanje iz stropa u 1. polju
Kostolac	sa obrušavanjem uglja	2 ili 3 č. grede 4 ili 6 č. stupaca	4 ili 6	2,5 —3,75	1,0 —2,0	obrušavanje uglja iz stropa u 1. polju

Ovi pokazatelji ističu, da se ista varijanta širokočelne otkopne metode primenjuje na svakom od opažanih rudnika na drugi način, što ima veće ili manje posledice na način odvijanja tehnološkog procesa na određenom rudniku, a time i promene u načinu ispoljavanja otkopnog pritiska na tim rudnicima.

Rezultati merenja manifestacija otkopnog pritiska na otkopima i njihova ocena

Rezultati merenja manifestacija otkopnog pritiska na otkopima pokazuju, da primjenjeni način merenja na otkopima pomoću hidrauličnih čelija odgovara za uslove, gde nastupa podina sa većom čvrstoćom (IU Raša, Kakanj, Banovići i Rembas), dok je na otkopima, gde podinu čini ugalj odnosno lignit manje čvrstoće (Trbovlje-Hrasnlik, Velenje, Kreka i Kostolac) merenje moguće samo el. dinamometrijskim čelijama. Za merenje konvergencije služile su teleskopske šipke.

Na osnovu podataka dobivenih merenjem dobiven je uvid u visinu kretanja i raspodelu opterećenja na samom otkopu i to tokom odvijanja tehnološkog procesa. U cilju lakšeg uvida odnosno upoređenja o jačini, o kretanju, odnosno raspodeli otkopnog pritiska u području otkopavanja dati su u tablici 3 osnovni podaci o kretanju opterećenja na otkopima rudnika, gde su vršena ispitivanja opterećenja na stupce proizvodnje STT (tipa CST i Valent). Dalje su u tablici 4 prikazani rezultati kretanja visine konvergencije na otkopima navedenih rudnika. Na osnovu rezultata tih ispitivanja je u tablici 5 dat prikaz specifičnih opterećenja kao i ostalih pokazatelja važnih za ocenu radne sredine na otkopu, na kojem su se vršila ta ispitivanja.

Izvršena merenja opterećenja na podgradu, konvergencije otkopa, popuštanja stupaca, penetracije stupaca, promene visine otkopa i ostalih pokazatelja mogu se oceniti kao okvirna, pošto su izvršena u manjem obimu s ciljem sagledavanja osnovnih

Tablica 3

Pregled krećanja opterećenja na otkopima na rudnicima uglja gde su vršena ispitivanja opterećenja stupaca STT

Rudnik	Napredak m/dan	Prosečna gustina stupaca k/m ²	Merenjima utvrđena visina opterećenja na otkopu					Primedba	
			prosečno		maksimalno				
			t/stupac	t/m ²	prosečno	maksim	minimum		
Istarski ugljenokopi									
Raša — j. Pićan	0,90	0,70	13,8	10,0	26,2	51,0	6,0	zarušavanje	
Istarski ugljenokopi									
Raša — j. Pićan	0,75	0,70	8,0	5,6	13,7	45,0	3,0	pneum. zasip	
Kakanj — j. Ričica	0,94	1,16	13,3	15,5	19,1	37,0	8,0		
Banovići — j. Radina	0,85	0,87	15,6	13,6	28,4	63,0	6,0		
Rembas — j. Strmosten	0,43	—	12,5	—	23,3	38,0	2,0		
Trbovlje — Hrastnik									
j. Ojstro	0,62	0,70	26,3	18,3	36,8	63,0	14,0		
Velenje — j. Vzhod									
etaža — 100	1,20	1,25	18,3	22,9	32,5	60,5	10,2		
etaža — čelo E	1,16	1,25	16,3	20,2	30,3	44,5	15,6		
etaža — čelo C	1,18	1,25	19,6	24,4	30,9	42,0	16,3		
etaža — čelo A	1,24	1,20	27,1	31,5	44,2	60,5	14,2	I profil	
Kreka — j. Dobrnja	0,63	1,0	21,6	21,6	33,0	47,6	7,0		
Kostolac — j. Čirikovac	0,80	1,5	18,0	27,0	30,3	45,0	9,0		

Tablica 4

Pregled krećanja visine konvergencije na otkopu na rudnicima uglja, na kojima su vršena ispitivanja stupaca STT u 1965. god.

Rudnik	Merenjima utvrđena visina konvergencije na otkopu						Broj časova ugrađeno- sti stupca	Primedba		
	ukupna		popuštanje		penetracija					
	prosečno mm od do	mm/čas	mm od do	mm/čas	mm od do	mm/čas				
Istarski ugljenokopi	110		110							
Raša — j. Pićan	68—200	0,7	68—200	0,7	—	—	133	zarušavanje		
Istarski ugljenokopi	35		35							
Raša — j. Pićan	0—60	0,3	0—60	0,3	—	—	154	pneum. zasip		
Kakanj — j. Ričica	315		353		162					
	215—495	3,3	10—260	1,6	60—405	1,7				
Banovići — j. Radina	215		215							
	32—360	2,6	32—360	2,6	—	—	83			
Rembas — j. Strmosten	83		9		74					
	22—213	1,1	0—65	0,1	8—205	1,0	76			
Trbovlje — Hrastnik	96		50		46					
j. Ojstro	7—400	1,3	3—220	0,7	4—180	0,6	72			
Velenje — j. Vzhod	381		95		286					
etaža + 100	110—680	8,2	10—360	2,1	60—400	6,1	46			
etaža + otkop E	492	11,1	120	2,7	372	8,4	44			
etaža + otkop C	366	6,3	101	1,8	265	4,5	58			
etaža + otkop A	408	7,8	162	3,1	246	4,7	52			
Kreka — j. Dobrnja	378		72		306					
	35—885	3,9	10—780	0,7	25—180	3,2	98			
Kostolac — j. Čirikovac	227		17		210					
	90—480	3,9	0—55	0,2	80—480	3,7	58			

Tablica 5

Pregled specifičnih opterećenja na tlo otkopa, penetracije i smanjenja visine otkopa na rudnicima uglja podgrađenim stupcima STT

Rudnik	Čvrstoća neposredno podne otkopa na pritisak = kg/cm ²	Visina opterećenja na stupac		Specifično opterećenje tla po stupcu		Prosječna konvergencija u m/m	Prosječna penetracija stupca u m/m	Prosječno smanjenje Visine otkopa u %
		prosečno t/stupac	maksimal. t/stupac	prosečno kg/cm ²	maksimal. kg/cm ²			
Istarski ugljenokopi								
Raša — j. Pićan (rušenje)	1445	13,8	26,2	66	125	110	—	5,5
Istarski ugljenokopi pneum. zasip	1445	8,0	13,7	39	65	35	—	1,6
Kakanj — j. Ričica	295	13,3	19,1	64	91	315	162	12,6
Banovići — j. Radina	238	15,6	28,4	74	135	215	—	8,4
Rembas — j. Strmosten	384	12,5	23,3	60	112	83	—	4,2
Trbovlje — Hrastnik j. Ojstro	218	26,3	36,8	126	177	96	46	3,1
Velenje — j. Vzhod etaža + 100	108	18,3	32,5	88	166	381	286	17,3
etaža + otkop E	134	16,3	30,3	78	146	492	372	22,2
etaža + otkop C	106	19,6	30,9	93	149	366	265	16,5
etaža + otkop A	126	27,1	44,2	131	212	408	246	18,4
Kreka — j. Dobrnja	109	21,6	33,0	105	158	378	306	19,1
Kostolac — j. Čirikovac	46	18,0	30,3	86	146	227	210	10,5

uslova koje stavlja radna sredina na tehnološki proces. Uprkos tome ta merenja se mogu, naročito ukoliko se nadopune kompleksnim merenjima manifestacija jamskih, odnosno otkopnih pritisaka izvršenih u jami Vzhod rudnika Velenje, oceniti kao važan doprinos u rešavanju osnovnih problema podgradivanja na otkopima kod primene čelične frikcione podgrade. Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti sledeće:

Uticaj fizičkih i mehaničkih osobina na uglja i pratećih stena je u datim montan-geološkim uslovima naših rudnika uglja na manifestacije otkopnih pritisaka na otkopima veoma značajan, što se jasno vidi iz rezultata tablice 3.

Opterećenja, koja se javljaju na podgradi u pojedinim otkopima su u zavisnosti od osobina krovnih i podinskih naslaga. Pojave otkopnih pritisaka na otkopima u kojima krovinu i podinu čine čvrste i elastične stene su minimalne. Tako je na primer uočeno kod merenja u IU Raša da opterećenja kod zasipavanja ne prelaze vrednosti od prosečno 8,0 t/st, odnosno prosečno maksimalno 13,7 t/stupac. Iz doivenih rezultata merenja vidi se, da su opterećenja na podgradi, iako je gustina stupaca na otkopu minimalna (cca 0,7 kom/m²) ostala mala

Sa smanjenjem čvrstoće krovinskih naslaga kao i primene podgradivanja na sloj mrkog uglja (zbog velike moćnosti istog) opterećenje na otkopima uporedno sa promenom fizičkih i mehaničkih osobina povećava se u proseku maksimalno od 19,1 t/st u Kaknju, na 28,4 t/st u Banovićima i na 36,8 t/st u Trbovlju.

Promenom načina eksploracije kod slojeva lignita tj. kod prelaza sa primene otkopnih metoda, koje baziraju na principu zarušavanja, na otkopne metode sa obrušavanjem uglja iz stropa, kod kojih se eksploratiše sloj lignita kod povećane otkopne visine (do cca 8,0 m visine), manifestacije pritiska na podgradi otkopa se znatno pojačavaju, zbog čega je podgrada na otkopu izložena znatno većim zahtevima.

Opisano povećanje manifestacija otkopnih pritisaka na podgradi otkopa nadalje povećava smanjenje čvrstoće lignita i njegovu drobljivost. To stanje pogorjava još srazmerno velika plastičnost više ležećih krovnih naslaga ili prethodno višestruko zarušavanje istih, ukoliko se otkopava sloj veće moćnosti.

Konvergencija otkopa u uslovima kada krovini, odnosno podinu predstavljaju čvrste stene je minimalna i sastoji se samo iz popuštanja stupaca.

Sa smanjenjem čvrste podine nastupa veća ili manja penetracija stupaca, kako to pokazuju rezultati iz tablice 4. Konvergencija je minimalna na otkopima kamenog uglja, mala na rudnicima mrkog uglja, a visoka na rudnicima lignita, što je posledica većih pritisaka i slabije noseće sposobnosti tla.

— Noseća sposobnost tla je na otkopima, na kojima su vršena merenja, varirala u velikom dijapazonu, kako je to prikazano u tablici 5. Na rudnicima kamenog, i delimično mrkog uglja je visoka, dok je, naročito na rudnicima lignita, manja od specifičnih opterećenja tla po stupcima. Rezultat toga je, kako je već bilo napomenuto, veća penetracija stupaca. Za rešenje tog problema će biti potrebno poduzeti mere da se specifično opterećenje tla smanji (povećanje podložnih ploča stupaca).

— Brzina napredovanja otkopnog fronta je dalji važan činilac, koji kod smanjenja iste negativno utiče tj. povećava se opterećenje na podgradu. Postignute brzine napredovanja čela su bile uglavnom male, što svakako pogoršava radne uslove.

Na osnovu rezultata, dobivenih merenjima vidimo, da je podgrada primenjena za uslove, koji se javljaju na otkopima IU Raša predimenzionirana, pošto su opterećenja srazmerno niska. Isto važi, u manjoj meri, za slučaj Kaknja i Rembasa. Za takve slučajevе bi bilo potrebno imati podgradu manje nosivosti.

Na ostalim rudnicima je prilikom ocene rezultata merenja opterećenja podgrade uočeno, da se delimičnim promenama u sprovođenju tehnološkog procesa mogu postići izvesne uštede u broju primenjene podgrade. U tom cilju je potrebno izvesti detaljna merenja i opažanja manifestacija otkopnog pritiska. Takva merenja su saradnici RI izvršili na rudniku lignita Velenje, gde je izvršeno kompleksno merenje manifestacija otkopnog pritiska na području jedne etaže (jama Vzhod — etaža + 100). Na taj se način dobio detaljniji uvid u kretanje otkopnog pritiska u zavisnosti od područja u kojem se je vršilo merenje.

Predmetna merenja su obuhvatila:

- opterećenja podgrade i konvergenciju otkopa,
- opterećenje u hodnicima ispred i ispod otkopa,
- opterećenje u ugljenom stubu i
- opterećenje u starom radu.

Na osnovu takvih merenja možemo sa većom preciznošću određivati adekvatnu podgradu kao i ostale elemente koji su od bitne važnosti za sagradavanje tehnološkog procesa kod otkopavanja slojeva uglja. U daljem tekstu se daju u kratkim crta ma rezultati tog merenja.

REZIME REZULTATA KOMPLEKSNOG MERENJA MANIFESTACIJE OTKOPNIH PRITISAKA U RUDNIKU VELENJE

Merenje opterećenja i konvergencije na otkopima

Na osnovu dobivenih podataka merenja na otkopima u 1965. god. se dobio uvid u visinu kretanja i raspodelu opterećenja na samom otkopu i to tokom odvijanja tehnološkog procesa, kao i u podelu istog na jednoj etaži u eksploataciji. Na taj način se može sa većom sigurnošću doneti zaključak o nastupajućim opterećenjima kao i o mestima, gde su ta opterećenja najjača.

U cilju lakšeg uvida odnosno upoređenja o jačini, kretanju odnosno raspodeli otkopnog pritiska u području otkopavanja, pored rezultata merenja na ostalim rudnicima dat je u tablici 3, 4 i 5 pregled opterećenja na stupce, konvergencije i ostalih pokazatelja na otkopima etaža + 100 rudnika Velenje.

Na osnovu prikazanih rezultata merenja može se, s obzirom na dobivene vrednosti zaključiti sledeće:

— Opterećenje na otkopu varira u većoj meri ne samo sa napredovanjem otkopa već i po pojedinim profilima. Prosečno opterećenje na otkopima varira u toku 1. ciklusa između pojedinih faza u većem dijapazonu od 3,7 t/st do 33,6 t/st tj. desetostruko. Prosečno opterećenje za etažu + 100 iznosi 18,3 t/st. Promene opterećenja su znatne, što ukazuje da je tehnološki proces veoma složen i da nastupaju veoma visoka opterećenja, zbog čega se stavljuju veoma teški zahtevi na primenjenu podgradu.

— Maksimalna opterećenja, koja se javljaju u toku odvijanja tehnološkog procesa su znatna i va-

$$Om = 16,2 - 60,5 \text{ t/st ili prosečno } 32,5 \text{ t/st}$$

riraju u dijapazonu što još više pooštrava zahteve, koji se stavljuju na izdržljivost podgrada.

Potrebno je napomenuti, da maksimalno opterećenje na podgradu traje samo kraće vreme, normalno do 2 časa, a maksimalno do oko 8 časova, što zavisi od vremena kada se otvara natkopni deo otkopa. Otvaranjem stropa opterećenje opada u većoj meri (i do 50% maksimalne vrednosti) i izjednači se sa prosečnim opterećenjem.

Maksimalna opterećenja koja se javljaju na otkopima su znatna i za 77% su veća od prosečnih.

Na osnovu rezultata merenja vidimo, da podgrada mora na otkopima etaže + 100 izdržati prosečno opterećenje, kod prosečne gustine $1,25 \text{ st/m}^2$ u visini:

$$0p = 18,3 \text{ t/st ili } 22,8 \text{ t/m}^2$$

a maksimalno u prospektu:

$$0m = 32,5 \text{ t/st}$$

Maksimalno zabeleženo opterećenje je iznosilo 60,6 t/st. Tako visoko opterećenje je opažano samo

jedanput u toku čitavog merenja zbog čega isto možemo zanemariti. Iznad 40 tona opterećenja po stupcu bilo je opažano od ukupno 66 stupaca svega 12 puta. Na osnovu gornjeg vidimo, da se kod maksimalnih opterećenja može računati sa činjenicom, da isto uglavnom ne prelazi opterećenje veće od 40 tona po stupcu.

— Gustina stupaca je u toku merenja u 1. ciklusu varirala u velikom omjeru:

$$g = \text{od } 0,83 \text{ kom/m}^2 - 1,69 \text{ kom/m}^2$$

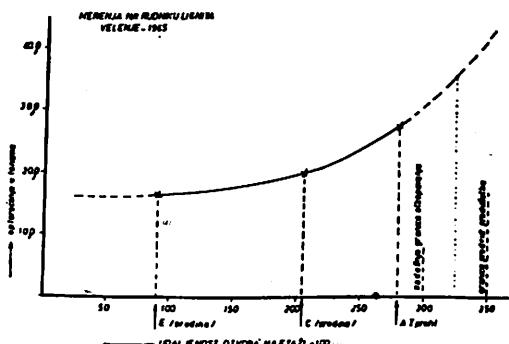
ili prosečno $1,25 \text{ k/m}^2$. Oscilacije u gustini stupaca tokom pojedinih faza su usko povezane sa primjenjnim tehnološkim procesom.

— Prosečno opterećenje na otkopu s obzirom na jedinicu površine otkopa (t/m^2) je u uskoj vezi sa momentalno otvorenom površinom otkopa. Ova raste sa napredovanjem ciklusa tokom pojedinih faza i kreće se u dijapazonu

$$0 = \text{od } 6,1 \text{ t/m}^2 - 36,2 \text{ t/m}^2$$

odnosno prosečno $22,8 \text{ t/m}^2$

— Dalje je merenjima utvrđeno, da opterećenje u pojedinim otkopima raste od povratnog dela sloja prema podinskom delu sloja, kako je to prikazano u slici 3.



Sl. 3 — Dijagram određivanja promene visine opterećenja na podgradu otkopa u zavisnosti od udaljenosti otkopa od krovine na etaži + 100 jame Vzhod.

Indeks povećanja opterećenja je iznosio:

Otkop E srednje opterećenje $16,3 \text{ t/st indeks } 100$
Otkop C srednje opterećenje $19,6 \text{ t/st indeks } 120$
Otkop A-profil I opterećenje $27,1 \text{ t/st indeks } 165$

Porast opterećenja na podgradu u otkopima znatno raste u smjeru od krovinskog prema podinskom delu sloja, što ukazuje da se radni uslovi, u pravcu podinskog dela sloja znatno pogorjavaju.

— Opterećenje na podgradu je u zavisnosti od faze tehnološkog procesa. Najniže vrednosti bile su opažane, ukoliko merenje na etaži — 100 posmatrano kao celinu, u fazi I (otvorena su 2 polja), a

najviše su u fazi III (otvorena su 4 polja). Prosečno kretanje otkopnog pritiska po fazama tehnološkog procesa bilo je sledeće:

I faza	$14,3 \text{ t/st indeks } 100$
II faza	$20,2 \text{ t/st indeks } 141$
III faza	$25,1 \text{ t/st indeks } 176$
prosečno	$18,3 \text{ t/st indeks } 128$

Opterećenja na podgradu po fazama rada na otkopima etaže + 100 pokazuju stalni porast opterećenja, koje je u direktnoj vezi sa povećanjem otvorene površine otkopa. U II fazi tj. u vremenu kada se izradi novi potkopni deo tj. otvori se 3. polje opterećenje u otkopu na podgradu se na etaži + 100 povisi prosečno za $5,9 \text{ t/st}$ ili za 41% . Daljim otvaranjem 4. polja u otkopu, kao i za vreme otkopavanja uglja iz stropa opterećenje na podgradu se dalje povećava i to prosečno za $10,8 \text{ t/st}$ ili za 76% s obzirom na I fazu ili za $4,9 \text{ t/st}$ ili 24% s obzirom na stanje opterećenja u toku II faze.

— Specifično opterećenje tla na otkopu po stupcima se kreće u dijapazonu:

Tablica 6

Otkop	Specifično opterećenje tla po stupcima kg/cm^2	Čvrstoća lignita na pritisak $\perp \text{ kg/cm}^2$
E	55 — 215	135
C	70 — 202	106
A	68 — 292	126
Etaža + 100	55 — 292	122
A'	36 — 190	118

i kako se iz tablice vidi u više slučajeva veće je od nosće sposobnosti lignita.

Gornja tablica dalje pokazuje pad prosečne čvrstoće lignita na pritisak u pravcu od krovinskog dela etaže prema podinskom delu tj. obrnuto rastu opterećenja na podgradu. Zbog male nosivosti lignita dolazi do velike penetracije stupaca. Zbog toga će biti potrebno, da se poduzmu mera, da se sp. opterećenje tla otkopa po stupcima smanji.

Merenje konvergencije na otkopu je pokazalo, da ista variraju u širokim granicama (od $50 — 1100 \text{ mm}$) i bez nekih zakonomernosti. Merenja su dalje pokazala, da u nekim slučajevima nastupa mala konvergencija kod velikih opterećenja i obrnuto, a nekada je konvergencija u zavisnosti od promene opterećenja. Ta neravnometernost se obrazlaze različitim uslovima radne sredine (naročito fizičkim i mehaničkim osobinama lignita u podini otkopa), različitim fazama

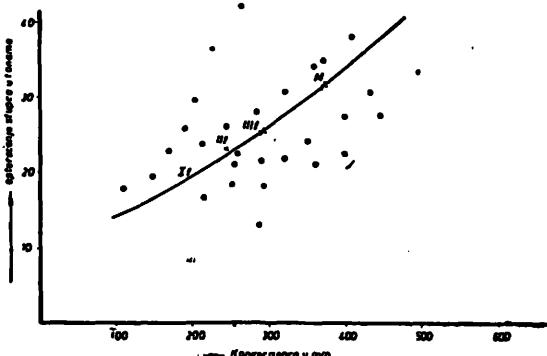
tehnološkog procesa kao i vremenom trajanja tog opterećenja, kako je to prikazano u dijagramu sl. 4 za otkop „C“ etaže + 100.

Zbog tih činjenica je potrebno uzimati u obzir samo prosečne vrednosti konvergencije, dobivene kod merenja na pojedinim otkopima. Te vrednosti se kreću u dijapazonu:

Tablica 7

Otkop	Konvergencija u mm		
	ukupna	popuštanje	penetracija
E	408	162	246
C	492	120	372
A	366	101	265
Etaža + 100	432	124	308
A — etg + 93	552	284	268

Gore prikazane vrednosti konvergencije pokazuju, da je popuštanje stupaca naročito na etaži + 100



Sl. 4 — Dijagram promene konvergencije otkopa u zavisnosti od opterećenja na čelu „C“ etaže + 100 jame Vzhod rudnika Velenje.

u skladu sa srazmerno velikim opterećenjima podgrade, koja se javljaju na pojedinim otkopima etaže + 100, na kojima su izvršena merenja. Vrednost penetracije je svakako prilično velika, što u znatnoj meri pogoršava teške uslove radne sredine. Zbog toga je svakako potrebno preduzeti mere za smanjenje penetracije.

— Potrebno je napomenuti da su merenja manifestacija otkopnog pritiska pokazala na otkopima E i A (etg + 93), da pauze u otkopavanju, koje nastupaju u vremenu praznika (3 neradna dana — 1. maj i 4. juli) ne utiču na povećanje opterećenja na podgradu ili neravnomerno povećanje konvergencije, da se ukoliko otkopni front ne napreduje, smiruju i manifestacije otkopnog pritiska na podgradu u otkopu.

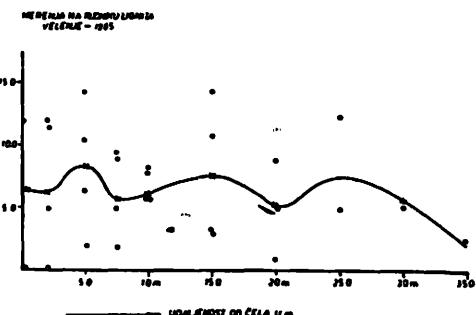
Merenja na otkopu su dalje pokazala, kakva opterećenja na podgradu nastupaju u toku održavanja tehnološkog procesa kod upotrebe frikcionih stupaca.

Dalje su dati osnovni elementi, kojima se definiše radna sredina. Na otkopima jedne etaže, određena je visina opterećenja i konvergencija kao i ostali parametri koji su potrebni za određivanje adekvatne podgrade u primjenom tehnološkom procesu.

Na osnovu svega navedenog može se zaključiti da su uslovi eksploracije kod primene Velenjske otkopne metode na etažama + 100 i + 93 srazmerno teški, i da nastupaju prilično visoka opterećenja na podgradu. Noseća sposobnost lignita je srazmerno niska zbog čega se na otkopu javlja visoka penetracija čime se konvergencija još više povećava, što u krajnjoj liniji pogoršava uslove rada.

MERENJE OPTEREĆENJA U HODNICIMA ISPRED OTKOPOA I PROMENA NAPONSKOG STANJA U UGLJENOM STUBU ISPRED ČELA

Merenja opterećenja manifestacija otkopnog pritiska u pristupnim hodnicima ispred otkopa „C“ pomoću „Dowty“ hidrauličnih stupaca ili hidrauličnih sondi, su vršena u cilju dobijanja podataka za raz-



Sl. 5 — Dijagram srednjeg opterećenja na „Dowty“ stupce u prilaznim hodnicima otkopa „C“ na etaži + 100.

jašnjenje uticaja promena u krovinskim naslagama nastalih zbog otkopavanja na području hodnika. Rezultati tog merenja pokazuju:

- visina opterećenja na podgradu hodnika se povećava približavanjem otkopa određenoj tački u hodniku, gde su postavljeni merni instrumenti. Visina opterećenja u tom području varira u granicama od 2,0 — 14,5 t/st;

- maksimalno opterećenje u hodniku nastupa na udaljenosti oko 5,0 m ispred čela otkopa;

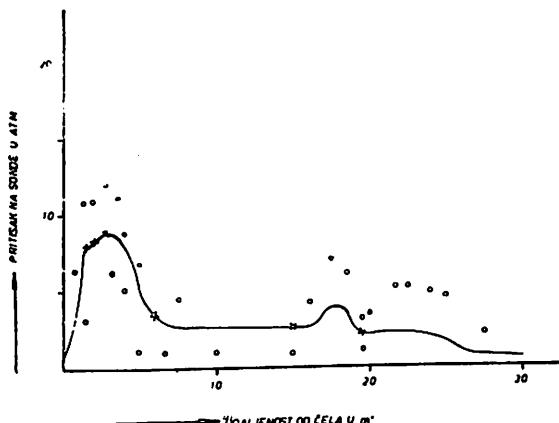
- visina promena naponskog stanja u ugljenom stubu ispred otkopa varira u granicama od 1 — 12 atm. i zavisi od udaljenosti čela;

- mestimično se javljaju veće ili manje promene u naponskom stanju, što je posledica uticaja tehnološkog procesa. Maksimalna promena u napon-

skom stanju se može desiti na udaljenosti cca 2,5 m čela, što se može oceniti kao mala udaljenost. Povećanjem brzine dnevnog napredovanja čela će se poboljšati uslovi rada na otkopu;

— napredovanje tehnološkog procesa na otkopu se direktno odražava na promene opterećenja u hodniku kao i na promene naponskog stanja u ugljenom stubu. Uočena je koincidencija između uticaja rušenja povlatnih naslaga u otkopne prostorije i povećanja opterećenja na stupce ugrađene u hodniku. Isto su zabeležili i drugi instrumenti — hidraulične sonde u ugljenom stubu ispred otkopa i hidraulični jastuci i el. dinamometrijske čelije u starome radu, što je uočljivo iz pojedinih dijagrama.

Na osnovu izloženog je moguće zaključiti, da se merenjem promene opterećenja u hodnicima kao i promena naponskog stanja u ugljenom stubu ispred otkopa ne samo određuju parametrom već i visine tih promena u opterećenju na podgradu.



Sl. 6 — Dijagram prosečnih promena naponskog stanja u uglenom stubu na hidraulične sonda u hodniku „C-D“ otkop „C“ na etaži + 100.

Merenje opterećenja na podgradu u hodniku ispod otkopa

Merenje opterećenja na podgradu u hodniku „B — C“ na etaži + 93 ispod otkopa „C“ na etaži + 100 je pokazalo promene u visini tih opterećenja u zavisnosti od napredovanja otkopa — slika 7.

Najvažniji rezultati tog merenja su sledeći:

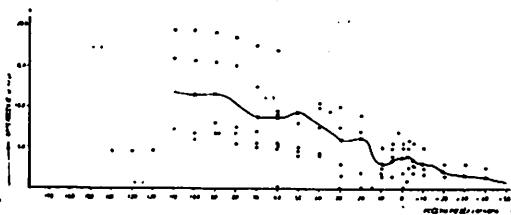
— područje rasterećenja na podgradu nastupa u intervalu od + 2 do 10 m ispred odnosno iza otkopa. U tom pritisku su manifestacije opterećenja minimalne — svega 30% opterećenja, koje je prouzrokovalo dejstvo prednje stope otkopnog pritiska;

— opterećenje na podgradu se iza otkopa stepeno povećava u dijapazonu od 3,0 do 20 t/st, odnosno prosečno 12,0 t/st u udaljenosti 110 m čela;

— utvrđena je direktna veza između povećanja

opterećenja na podgradu i napredovanja procesa zarušavanja;

— opterećenje na podgradu u hodniku ispred otkopa je srazmerno malo i za cca 3 puta je manje od opterećenja utvrđenog merenjima na podgradu hodnika situiranog ispod čela u napredovanju.



Sl. 7 — Ukupni dijagram opterećenja na „Dowty“ stupce u hodniku „B-C“ na etaži + 93 ispod otkopa „C“.

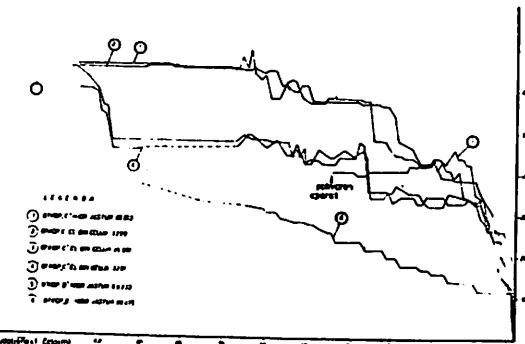
Merenje opterećenja u starom radu

Merenja opterećenja u starom radu pomoću el. dinamometrijskih čelija i hidrauličnih jastuka su pokazala promene opterećenja u zavisnosti udaljenosti mesta merenja od čela otkopa, kao i od visine prethodno otkopanog dela sloja.

Najvažniji rezultati tog merenja su sledeći:

— utvrđena je visina opterećenja u starom radu na 3 otkopa od čega jednog prilično tačno sa 4 instrumenata, a na 2 otkopa orientaciono i instrumenatom;

— utvrđena je promena opterećenja u zavisnosti od vremena odnosno napredovanja otkopa;



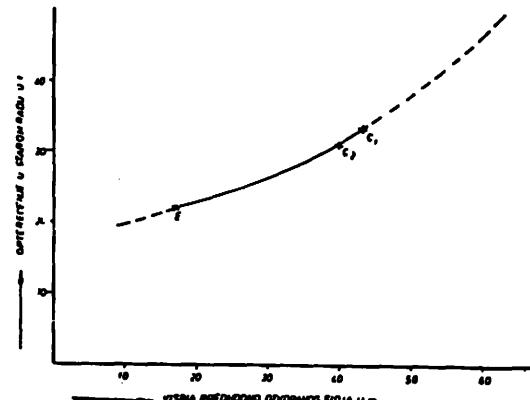
Sl. 8 — Dijagram promene opterećenja u starom radu.

— utvrđeno opterećenje se stabilizuje prema dosadašnjim podacima u cca 50 — 100 dana nakon čega se postepeno smanjuje.

Na osnovu merenjem utvrđenih podataka dobiva se uvid u tok povećanja opterećenja u starom radu na pojedinim otkopima kako je to prikazano na sl. 8 i 9;

— visina opterećenja u starom radu (slika 9) je u zavisnosti od visine prethodno otkopanog sloja uglja tj. od broja prethodno zarušenih etaža, što znači, da se opterećenje u starom radu povećava sa povećanjem otkopnih etaža, odnosno sa napredovanjem otkopavanja prema podinskom delu sloja;

— pomoću utvrđenih opterećenja u starom radu (slika 9) i laboratorijskim ispitivanjem utvrđenih zapreminske težine moguće je približno oceniti izmerenim opterećenjima odgovarajuće visine zarušne zone.



Slika 9 — Dijagram određivanja visine za opterećenje od prethodnog dela sloja.

Ukoliko se analizira rezultat merenja vidi se da je opterećenje u starom radu nakon 105 m napredovanja, odnosno kalendarskih dana uglavnom stabilizovano i da nakon 20 daljih dana merenja nema većih promena.

Vrednost zapreminske težine krovinskih naslaga varira prema podacima laboratorijskog ispitivanja duž etaže, tako da tu nema zakonomernosti.

Zaključak

Na osnovu svega iznetog može se zaključiti, da su izvršena merenja manifestacija otkopnog pritiska na navedenih 8 rudnika uglja u SFRJ, kao i kompleksno merenje na etaži + 100 jame Vzhod rudnika Velenje dala potrebne rezultate od kojih se rezimiraju kao najvažniji:

- ustanovljene su laboratorijskim ispitivanjima fizičke i mehaničke osobine uglja, podine i krovine (vidi tablicu 1);
- utvrđena je visina kao i promene opterećenja na podgradu na otkopima pojedinih rudnika (vidi tablicu 3);
- dati su detaljni dijagrami opterećenja na podgradu u toku ciklusa, konvergencija otkopa, popuštanje stupaca, kao i penetracija;
- utvrđene su promene opterećenja na podgradu s obzirom na položaj otkopa;
- utvrđeno je opterećenje na podgradu u hodnicima ispred i ispod otkopa;
- utvrđene su promene naponskog stanja u ugljenom stubu ispred otkopa;
- utvrđene su promene opterećenja u starom radu;
- izvršena je analiza svih osnovnih parametara radne sredine na imenovanim rudnicama.

Tablica 8

Otkop	Položaj instrumenta	Visina prethod. otkopa dela sloja m	Opterećenje tona	Napred otkopa m ukupno	Zapremina m ³ /t	Ekvivalent visina zarušne zone
C(1)	sredina otkopa	43,0	67	125	1,70	39,4
C(2)	pored ulaza	40,0	61	125	1,70	36,0
D	—	29,0	41	44,5	1,77	
E	—	17,0	44,5	90	1,85	24,0

Kao zaključak datih obrazloženja može se navesti, da je sa istraživanjem radne sredine u područjima eksploatacije rudnika uglja u SFRJ potrebno nastaviti, da se na taj način utvrde i tačno odrede svi parametri radne sredine, kako bi se mogli pronaći optimalni načini eksploatacije.

Dipl. ing. BLAŽO ĐUKIĆ

PONAŠANJE STUPACA PROIZVODNJE STT NA OTKOPIMA U RUDNICIMA UGLJA U SFRJ

U V O D

Ispitivanjima ponašanja podgrade na otkopu dobijaju se podaci o karakteru sistema podgradastene, koji u osnovi zavise od manifestacija jamskog pritiska i tehničko-eksploatacionih karakteristika podgrade.

Osnovne tehničko-eksploatacione karakteristike frikcione podgrade su nosivost i popustljivost. Ove dve karakteristike za slučaj friкционih stupaca definisane su karakterističnom krivom. Pri analizi tehničko-eksploatacionih karakteristika friкционih stupaca treba razlikovati tehničku karakterističnu krivu, koja predstavlja nominalnu nosivost stupca na putu popuštanja i eksploatacionu karakterističnu krivu, koja daje vrednosti radne nosivosti stupca pri njegovoj ugrađenosti na otkopu. Tehničku karakterističnu krivu daje proizvođač stupca i ona se kontroliše ispitivanjima po određenim normama u laboratoriji. Eksploataciona karakteristična kriva dobija se merenjima u jami. Upoređivanjem dobijenih vrednosti nominalne i radne nosivosti stupaca dolazi se do podataka o ponašanju datih stupaca pri eksploataciji.

U našim rudnicima uglja za podgradivanje širokočelnih otkopa uglavnom se primenjuju frikcioni stupci koje proizvodi Strojna tovarna-Trbovlje.

Sadašnji stepen organizacije proizvodnje friкционih stupaca tipa „Valent” u STT i postignuti rezultati primene u našim, a delimično i u inostranim rudnicima uglja ukazuju da je proizvodno i eksploataciono osvojena ova tehnologija podgradivanja radnog prostora na širokočelnim otkopima u svim našim većim rudnicima uglja.

Dalja usavršavanja postojeće konstrukcije frikcionog stupca tipa „Valent” ili iznalaženje racionalnih tipova zahtevaju pored laboratorijskih ispitivanja i obimna ispitivanja ponašanja ovih stupaca na otkopima, prvenstveno utvrđivanje njihove radne nosivosti.

Radna nosivost frikcionog stupca određenog tipa, kao i oblik njegove karakteristične krive dobijene merenjima u jami, zavisi od veličine i karaktera opterećenja i vrednosti ostvarene frikcione veze u bravi stupca.

Na zahtev STT Rudarski institut u Beogradu izvršio je, u periodu februar—juli 1965. god., ispitivanje stupaca tipa „Valent” i „CST” u jamama nekih od najvećih naših rudnika uglja.

Jamska ispitivanja stupaca izvršena su u osam rudnika koji prema podacima za 1964. god. učestvuju u ukupnoj jugoslovenskoj podzemnoj proizvodnji uglja sa oko 61% i na istima se nalazi u upotrebi oko 78% od ukupno primenjenih stupaca u jugoslovenskim rudnicima uglja.

S obzirom na raznolikost radnih uslova u našim rudnicima uglja ispitivanja su vršena na širokočelnim otkopima u:

- jednom rudniku kamenog uglja, na dva otkopa (Istarski ugljenokopi Raša — jama Pičan);
- četiri rudnika mrkog uglja na po jednom otkopu (rudnici: Kakanj — jama Ričica, „Tito” — Banovići — jama Radina, Trbovlje—Hrastnik — jama Ojstro, „Rembas” — jama Strmosten);
- tri rudnika lignita na po jednom otkopu (rudnici: Velenje — jama Vzhod, Kreka — jama Dobrnja, Kostolac — jama Čirikovac).

Tablica 1

Pored jamskih ispitivanja stupaca izvršena su i laboratorijska ispitivanja nosivosti upotrebljavanih i neupotrebljavanih — novih stupaca.

Za jamska ispitivanja korišćeni su sledeći instrumenti*):

— za dobijanje podataka o opterećenju stupaca: hidraulične čelije (sa manometrom i samoregistrirajuće) i merne elektrodinamometarske čelije;

— za merenje popustljivosti: teleskopske merne šipke.

U ukupno 8 navedenih jama ispitana je radna nosivost 137 frikcionih stupaca pri 171-om postavljanju — mernoj tački. Od ovog broja stupaca 117 je bilo tipa „Valent”, a 20 tipa „CST”. Vreme ugrađenosti jednog stupca, u kome su merene vrednosti opterećenja i popustljivosti, iznosi najmanje 53 časova (Velenje i Kostolac) i najduže 154 (Raša). U proseku za sve stupce ovo vreme iznosi 91 čas.

Usvojenim načinom ispitivanja stupaca na otkopima u tri profila normalna na čelo otkopa i očitavanjem vrednosti opterećenja i popustljivosti stupaca u toku njihove ugrađenosti na svaka dva časa ukupan broj podataka za ove vrednosti iznosi je oko 12.500.

JAMSKA ISPITIVANJA

Kako su jamska ispitivanja frikcionih stupaca proizvodnje STT izvršena u tri grupe rudnika, koje karakterišu slične radne sredine, rezultati su prikazani posebno za rudnike kamenog uglja, rudnike mrkog uglja i rudnike lignita.

Rezultati ispitivanja stupaca u rudniku kamenog uglja

Ispitivanje stupaca izvršeno je u jami Pičan (Istarski ugljenokopi—Raša). Merenje opterećenja i popuštanje stupaca vršeno je na širokočelnom otkopu sa zarušavanjem krovine i širokočelnom otkopu sa pneumatskim zasipavanjem otkopnog prostora. Oba ova otkopa bila su locirana u jednom istom ugljenom sloju.

Osnovni parametri ovih otkopa dati su u tablici 1.

Na oba otkopa ispitano je ukupno 36 stupaca, od toga 26 stupaca pripada tipu „Valent”, a 10 stupaca tipu „CST”.

*) Izuvez samoregistrirajućih hidrauličnih čelija svi ostali instrumenti su proizvodnje RI — Beograd.

PARAMETRI	Široko čelo sa zasipavanjem (otkop 23 a)	Široko čelo sa zarušavanjem (otkop 33)
Dužina čela (m)	140	155
Otkopna visina (m)	1,15—1,7	1,6—2,0
Pad otkopa — prosek (step)	6	9
Način dobijanja uglja na otkopu	miniranjem uz pret. podsec.	
Dubinu podsecanja i korak napredovanja pri jednom miniranju (m)	1,25	0,8—1,0
Prosečno dnevno na- predovanje fronta u periodu merenja (m/dan)	0,9	0,75
Gustina podgrade (st/m ²)	0,6—0,8*)	0,6—0,8

Opterećenje na stupce. — Na otkopu sa zarušavanjem krovine (otkop 33) registrovana su maksimalna opterećenja na stupce 25—30 t (samo na 2 stupca od ukupno 15 ispitivanih registrovano je u toku njihove ugrađenosti opterećenje veće od 30 t). Promene u veličini opterećenja na stupce između dva očitavanja (2 časa) iznosi za 80% mernih stupaca maksimum oko 20 t.

Opterećenje stupaca na otkopu sa upravljanjem krovinom zasipavanjem otkopnog prostora (otkop 23a) registrovano je maksimum 10—15 t. Maksimalne promene opterećenja između dva čitanja su 5 t.

Popuštanje stupaca. — Na otkopu 33 maksimalne vrednosti popuštanja stupaca su 7—20 cm (poslednji red stupaca do linije zarušavanja — cca 5 m od čela), a na otkopu 23a ove vrednosti kreću se 1—6 cm.

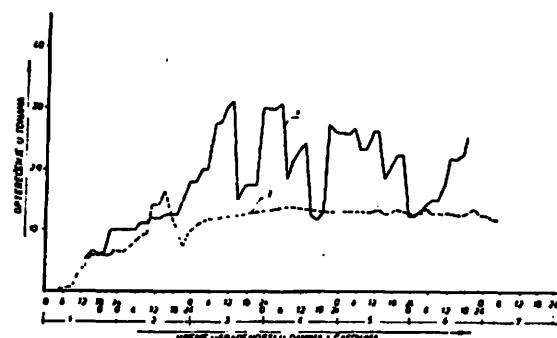
Na slici 1 prikazani su karakteristični dijagrami opterećenja na po jedan stupac za oba otkopa.

Radna nosivost stupaca. — Na osnovu rezultata jamskih merenja opterećenja i popustljivosti stupaca dobijaju se karakteristične krive razine nosivosti.

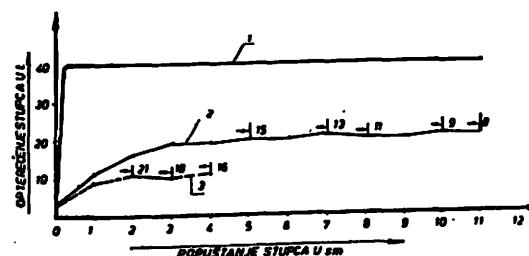
Od ukupno 15 ispitivanih stupaca na otkopu 33 popuštanje je registrovano na 12 stupaca. Put popuštanja stupaca na ovom otkopu iznosi u proseku 11

*) Na liniji zarušavanja ugrađuju se drveni unakrsni stubovi.

cm. Na stupce, koji nisu popuštali, registrovano je maksimalno opterećenje od 15 t (2 stupca) i 25 t (1 stupac). To znači, da je radna nosivost ovih stupaca bila veća od registrovanih opterećenja 15 t



Sl. 1 — Reprezentativni dijagram opterećenja stupaca u jami
1 — kriva opterećenja stupca na otkopu 33;
2 — kriva opterećenja stupca na otkopu 23a.



Sl. 2 — Prosečne karakteristične krive stupaca na otkopu 33 i 23a u jami Pičan.
1 — tehnička karakteristična kriva stupca „Valent“;
2 — prosečna radna karakteristična kriva ispitivanih stupaca na otkopu 33;
3 — isto za otkop 23a.

odnosno 25 t. Isto tako na otkopu 23a nije registrovano popuštanje kod 4 stupca, kod kojih je opterećenje dostizalo maksimalnu vrednost od 15 t, što znači da se za ove stupce može računati da su sa radnom nosivošću većom od 15 t.

Na otkopu 33 dobijene su vrednosti radne nosivosti za 3 stupca ispod 20 t, 6 stupaca oko 20 t i 3 stupca oko 40 t. Karakteristične krive pokazuju da stupci postižu maksimalnu radnu nosivost nakon popuštanja 2–3 cm. Na putu popuštanja stupaca registrovane su velike razlike u opterećenjima. Maksimumi karakterističnih krivih imaju, uglavnom, konstantnu vrednost na putu popuštanja (svega 2 stupca posle znatne vrednosti popuštanja postižu radnu nosivost dvostruko veću od prethodne). Prosečna radna nosivost stupaca na otkopu 33 iznosi oko 20 t (sl. 2). Ova približno konstantna na putu

popuštanja radna nosivost postiže se posle prosečno 3 cm popuštanja stupaca.

Na otkopu 23a, izuzev jednog stupca čija je vrednost radne nosivosti 45 t svi ostali stupci (ukupno 17) imaju radnu nosivost oko 10 t (sl. 2). Na ovom otkopu put popuštanja stupaca je mnogo manji i u proseku iznosi oko 4 cm. Karakteristične krive radne nosivosti na ovom otkopu imaju znatno više izraženu konstantnu vrednost na putu popuštanja nego što je to slučaj na otkopu sa zarušavanjem.

Strelice sa brojevima ograničavaju područje broja merenja iz kojih su dobijene prosečne vrednosti.

Rezultati ispitivanja stupaca u rudnicima mrkog uglja

U rudnicima mrkog uglja ispitivanja frikcionih stupaca proizvodnje STT izvršena su na širokočelnim otkopima sa zarušavanjem krovine čiji su osnovni parametri dati u tablici 2.

Tablica 2

PARAMETRI	Otkop 22 Jerna Ričica rudnik Kakanj	Otkop 44 Jama Radina rudnik „Tito“ Banovići	Otkop 80 Jama Ostro rudnik Trbovje Hrastnik	Otkop 1A Jema Strmosten rudici „Rembas“
Dužina čela (m)	70	42	38	60
Otkopna visina (m)	2,5	2,5	3,0	2,2
Pad otkopa-prosek (stepeni)	5	10	0,0	12
Način dobijanja uglja na otkopu	min.	min.	min.	min.
Korak napredovanja pri jednom miniranju (m)	1,25	1,25	1,4	1,0
Prosečno dnevno napredovanje fronta u periodu mer. (m/dan)	0,94	0,85	0,62	0,4
Gustina podgrade (st/m ²)*	1,16	0,80	0,70	—

*) U periodu ispitivanja stupaca na otkopu 1A u jami Strmosten priježnjivana je kombinovana čelična i drvena podgrada.

Na sva 4 otkopa u rudnicima mrkog uglja ispitivano je ukupno 68 stupaca od kojih su 4 pripadala tipu „CST” a 64 tipu „Valent”. Po jamama broj ispitivanih stupaca iznosi: u jami Ričica — 15, u jami Radina — 21, u jami Ojstro — 20 i u jami Strmosten — 12 stupaca.

Opterećenje na stupcu. — U navedenim rudnicima mrkog uglja registrovana su maksimalna prosečna opterećenja na stupce 20—37 t. Dobijene vrednosti maksimalnih opterećenja stupaca na otkopima su: u jamama Ričica i Strmosten 37 t, a u jamama Radina i Ojstro 63 t.

U jami Ričica prosečno maksimalno opterećenje na stupce iznosi oko 20 t. Od ukupno 15 ispitivanih stupaca na 11 stupaca opterećenje u toku ugrađenosti ima, uglavnom, konstantnu vrednost. Pri ovim merenjima registrovane su promene samo na 2 stupca u opterećenjima između dva čitanja (2 časa) oko 10 t.

Na svim ostalim stupcima ove promene su maksimum 5 t. Uglavnom na svim stupcima priraštaj opterećenja je najveći u početku ugrađenosti što znači, da stupci nakon kraćeg vremena ugrađenosti bivaju opterećeni maksimalnim opterećenjem. Oblik krivih opterećenja stupaca na otkopu u jami Ričica ukazuje da opterećenja nisu dinamičnog karaktera.

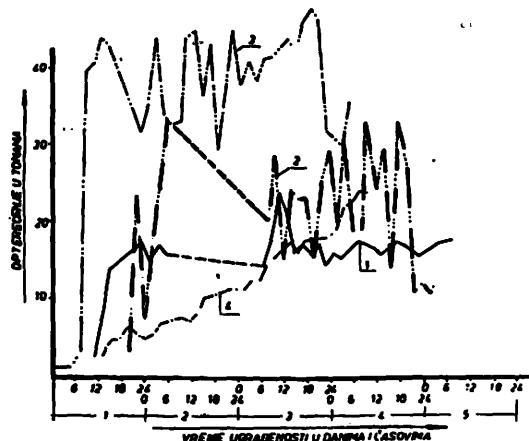
Kod opterećenja stupaca na otkopu u jami Radina karakteristično je da su na oko 20% ispitivanih stupaca registrovana visoka opterećenja koja u proseku iznose 61 t. Prosečno maksimalna opterećenja na stupce iznosi oko 30 t. Skoro na svim ispitivanim stupcima registrovane su promene vrednosti opterećenja između dva čitanja u proseku 10 t.

Prosečno maksimalno opterećenje stupaca na otkopu u jami Ojstro iznosi 37 t. Promene opterećenja na stupce u toku ugrađenosti su vrlo visoke, jer između dva čitanja iznose u proseku oko 25 t. Maksimalne vrednosti ovih razlika kreću se 40—50 t. Na oko 50% ispitivanih stupaca, nakon kraćeg vremena ugrađenosti (6—12 časova), registrovana su opterećenja u proseku oko 30 t (na oko 33% ova opterećenja su 40—50 t). U većini slučajeva opterećenja na stupac posle postizanja svog maksimuma imaju generalno konstantne minimalne i maksimalne vrednosti. Dobijene vrednosti opterećenja stupaca na otkopu u jami Ojstro ukazuju na dinamičan karakter ispoljavanja pritiska u radnom prostoru otkopa.

Na otkopu u jami Strmosten ispitivanja stupaca, vršena su pri posebno teškim uslovima rada, jer se otkop u periodu merenja nalazio u neposrednoj blizini zarušene saobraćajnice. Usled ovih posebnih uslova na otkopu se primenjivala kombinovana dr-

vena i čelična podgrada. Opterećenja na frikcione stupce u 75% registravana su maksimum 20 t. Na ostalih 25% stupaca ova opterećenja iznose 20—10 tona. Priraštaj opterećenja na stupce u toku ugrađenosti je konstantne vrednosti.

Na slici 3 dat je po jedan karakteristični dijagram opterećenja na stupac na otkopima u jamama rudnika mrkog uglja.



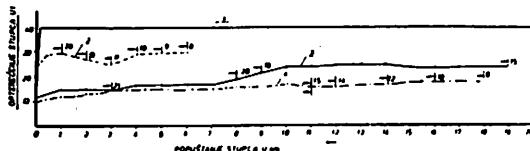
Sl. 3 — Dijagrami karakterističnih opterećenja stupaca u jamama rudnika mrkog uglja 1 — krive opterećenja stupca na otkopu u jami Ričica; 2 — jami Radina; 3 — jami Ojstro; 4 — jami Strmosten.

Popuštanje stupaca. — Vrednosti popuštanja pri merenju u datim otkopima bitno se razlikuju. Na izvesnom broju stupaca nisu registrovana popuštanja. Tako npr. od 12 ispitivanih stupaca u jami Strmosten („Rembas“) registrovana su popuštanja na svega 3 stupca i to u proseku 3 cm. U jami Ričica (Kakanj) na 2 stupca nisu registrovana popuštanja. Međutim, u jamama Ojstro (Trbovlje—Hrastnik) i Radina („Tito“ — Banovići) svi ispitivani stupci su popuštali.

Prosečne vrednosti popuštanja stupaca su u jami Ričica — 18 cm, u jami Radina — 19 cm i u jami Ojstro — 5 cm.

Radna nosivost stupaca. — Karakteristične krive radne nosivosti kao prosek ispitivanih stupaca na otkopima u jamama Radina, Ojstro i Ričica date su na slici 4. Za stupce ispitivane u jami Strmosten, s obzirom da je od ukupnog broja samo 25% stupaca popuštalo, karakteristična kriva nije grafički prikazana. Za stupce iz ove jame radna nosivost može se samo oceniti za pojedine stupce prema veličini maksimalnog opterećenja. U proseku stupci u jami Strmosten imaju radnu nosivost veću od 20 t.

Na otkopu u jami Ojstro za oko 40% ispitivanih stupaca vrednosti radne nosivosti su veće od 40 t. Karakteristično je, da su ove radne nosivosti iznad 40 t registrirane na malim veličinama popuštanja stupaca. Za sve ispitivane stupce karakteristične krive pokazuju znatne promene u vrednostima radne nosivosti na putu popuštanja. Prosječna radna nosivost ispitivanih stupaca u jami Ojstro iznosi oko 30 t (karakteristična kriva 2 na sl. 4). Ovu vrednost radne nosivosti stupci u proseku postižu na putu popuštanja 5 cm.



Sl. 4 — Prosječne karakteristične krive ispitivanih stupaca u jamama rudnika mrkog uglja (1 — tehnička karakteristična kriva stupca „Valent“; 2, 3 i 4 — prosječne radne karakteristične krive ispitivanih stupaca na otkopima u jami Ojstro, Radina i Ričica).

Pri ispitivanjima u jami Radina je za 20% ispitivanih stupaca radna nosivost veća od 40 t. Za jedan stupac vrednost radne nosivosti posle 21 cm popuštanja naglo se povećava na 47 t, da bi se posle narednih oko 2 cm popuštanja ponovo smanjila na prvobitnu vrednost od 10 t. Sličan slučaj visoke radne nosivosti (oko 52 t) registrovan je još na jednom stupcu. Ovako dobijene radne nosivosti za male vrednosti popuštanja ne mogu uvrstiti ove stupce u grupu sa radnom nosivošću većom od 47 t tj. 54 t. Karakteristične krive stupaca, izuzimajući opisana dva slučaja, imaju uglavnom oblik karakterističan za stupce sa blago rastućom radnom nosivošću. Prosječna karakteristična kriva za ispitivane stupce (kriva 3, sl. 4) pokazuje da stupci na prvih cca 9 cm popuštanja imaju radnu nosivost 15—25 t dok su na daljem putu popuštanja radne nosivosti u proseku cca 25 t.

Ispitivanjima na otkopu u jami Radina za oko 30% stupaca radna nosivost je 20—30 t. Za 20% ispitivanih stupaca ove vrednosti su u proseku manje od 10 t. Prosječna vrednost radne nosivosti (kriva 4 sl. 4) za sve ispitivane stupce kreće se na srednjoj vrednosti puta popuštanja 10—18 t. Priraštaj nosivosti na prvih 3 cm popuštanja je najveći i iznosi 5 t. Za prosek radne nosivosti može se usvojiti 15 t. Oblik prosječne karakteristične krive pokazuje da je i za ove stupce radna nosivost blagorastuća.

Rezultati ispitivanja stupaca u rudnicima lignita

Osnovni parametri širokočelnih otkopnih metoda sa obaranjem krovnog uglja na kojima su izvršena ispitivanja frikcionih stupaca roizvodnje STT dati su u tablici 3.

Tablica 3

PARAMETRI	Otkop C jama Vzhod rudnik Velenje	Otkop 60 A jama Dobrnič rudnik Kreka	Otkop C jama Čirikovac rudnik Kostolac
Dužina čela (m)	50	80	40
Otkopna visina (m)			
ukupno	8	7—9	6
potkopni deo	2,2	2,2	2—2,2
natkopni deo	5,8	4,8—6,8	4—38
Rad otkopa-prosek (stepeni)	0,0	5	2
Način dobijanja uglja	miniranjem		
Korak napredovanja pri jednom mini- ranju (m)	1,35	1,25	1,25
Prosječno dnevno napredovanje fronta u periodu merenja (m/dan)	1,18	0,63	0,80
Gustina podgrade (st/m ²)	1,25	1,0	1,5

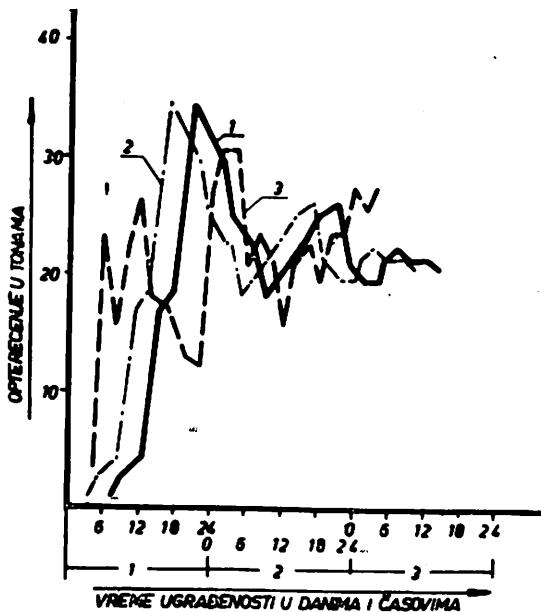
Na otkopima u rudnicima lignita ispitana su 33 stupca od kojih su 6 stupaca pripadali tipu „CST“, a ostalih 27 tipu „Valent“ i to u jami Vzhod — 10, Dobrnji — 12 i Čirikovcu — 11. Ovaj broj stupaca ispit je pri 57 ugrađivanja — mernih tačaka.

Opterećenje na stupce. — Opterećenja stupca na otkopima registrirana su u proseku 20 t u svakom od rudnika lignita (Velenje, Kreka i Kostolac). Prosječne maksimalne vrednosti takođe su približno iste za sva tri rudnika, jer se kreću između 31—33 t/st.

Na otkopu u jami Vzhod maksimalna opterećenja na 80% ispitivanih stupaca kreće se između 25 i 36 t. Za preostalih 20% stupaca registrirana su maksimalna opterećenja 42—43 t. Skoro na svim stupcima priraštaj opterećenja je najveći u početku vremena ugrađenosti, bilo da su stupci ugrađeni u prvom ili drugom redu stupaca na otkopu tj. na oko

0,3 ili 1,3 m od čela. Ovaj priraštaj opterećenja na stupce traje u proseku oko 4 časa posle čega najčešće dostiže vrednost maksimalno registrovanog opterećenja na stupac. Promene vrednosti opterećenja na stupce između dva čitanja (2 časa) su maksimalne (oko 15 t) i to u periodu dok se stupci nalaze pri čelu otkopa (I ili II red stupaca); kasnije ova razlika ne prelazi 5 t.

Od ukupno 12 ispitivanih stupaca na otkopu u jami Dobrnja svega jedan stupac je bio opterećen sa 40 t. Na svim ostalim stupcima maksimalna opterećenja su 31 t. Svaki od ispitivanih stupaca bio je u toku ugrađenosti, bar jedanput opterećen sa više od 25 t. Priraštaj opterećenja u početku vremena ugrađenosti je po karakteru i intenzitetu identičan sa opterećenjem na otkopu u jami Vzhod. Promene u vrednostima opterećenja na stupce između dva čitanja su maksimum 20—25 t, ali u proseku su 10 t.



Sl. 5 — Dijagrami karakterističnih opterećenja stupaca u jamama rudnika lignita; 1 — Vzhod; 2 — Dobrnja; 3 — Čirikovac.

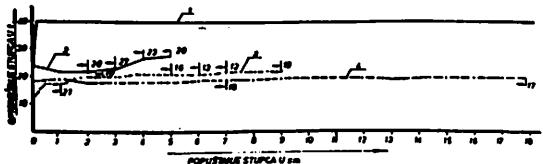
U jami Čirikovac registrovane su maksimalne vrednosti opterećenja stupaca 42—45 t na 37% ispitivanih stupaca. Međutim, prosečna maksimalna opterećenja stupaca su oko 32 t. I na ovom otkopu priraštaj opterećenja neposredno posle ugrađivanja stupca bio je u I ili II redu (0,2 ili 1,2 m od čela otkopa) vrlo intenzivan. Promene opterećenja na stupce u toku ugrađenosti registrovane su između 2 čitanja i do 30 t. Prosečno ove promene su 15 t.

Na slici 5 prikazan je po jedan karakterističan dijagram opterećenja na stupac za svaki od otkopa u jamama rudnika lignita.

Popuštanje stupaca. — Vrednosti popuštanja stupaca pri opterećenju bitno se razlikuju kako za stupce na jednom otkopu tako i za stupce na predmetna tri otkopa. Tako npr. na otkopu u jami Vzhod popuštanje stupaca kreće se od 1,5—40 cm ili na otkopu u jami Dobrnje popuštanja stupaca su između 10—80 cm. Na svim ispitivanim stupcima bar pri jednoj mernoj tački došlo je do popuštanja stupaca. Prosečne vrednosti popuštanja stupaca su: u jami Vzhod — 9 cm, u jami Dobrnja — 18 cm i u jami Čirikovac 5 cm.

Radna nosivost stupaca. — Prosečne karakteristične krive radne nosivosti za ispitivane stupce prikazane su ponaosob za svaki otkop na slici 6. Iz ovih krivih se vidi da su radne nosivosti stupaca na otkopima u rudnicima lignita između 20—30 t.

Na otkopu u jami Vzhod samo 2 stupca, na pojednoj mernoj tački, imala su radnu nosivost na čitavom putu popuštanja manju od 20 t. Isti stupci su pri narednim ugrađivanjima postigli radne nosivosti 20—30 t. Dva stupca (20%) posle popuštanja oko 15 cm postižu radnu nosivost od oko 40 t. Sve karakteristične krive uglavnom pokazuju da stupci na putu popuštanja imaju približno konstantnu vrednost radne nosivosti. Razlike u nosivosti stupaca izražene su uglavnom na početku popuštanja stupaca (na prvih oko 2 cm popuštanja). Ovo se vidi i na prosečnoj karakterističnoj krivoj, jer se početna prosečna nosivost od oko 12 t nakon popuštanja od 0,5 cm penje na 17 t, da bi za narednih 1,5 cm dosegla vrednost od oko 20 t. Za stupce na otkopu u jami Vzhod prosečna radna nosivost iznosi 20 t. Prira-



Sl. 6 — Prosečne karakteristične krive ispitivanih stupaca u jamama rudnika lignita (1 — tehnička karakteristična kروا stupca „Valent“; 2, 3 i 4 — prosečne radne karakteristične krive ispitivanih stupaca na otkopima u jama- ma Čirikovac, Vzhod i Dobrnja).

štaj vrednosti nosivosti na putu popuštanja stupaca od 2 na 9 cm iznosi svega 2 t. Znači, za ove stupce se može reći da imaju konstantnu radnu nosivost na putu popuštanja (kriva 3, sl. 6).

Od ukupno 18 mernih tačaka stupaca na otkopu u jami Dobrnja za 6 (33%) stupci su postizali radnu nosivost između 30 i 35 t. Svega jedan stupac, pri jednoj mernoj tački, imao je radnu nosivost oko 10 t. Karakteristične krive stupaca pokazuju da su vrednosti radne nosivosti konstantne na putu popuštanja. Ova karakteristika radne nosivosti vidi se i iz prosečne karakteristične krive (kriva 4, sl. 6). Naime,

stupci na otkopu u jami Dobrnja imaju u proseku konstantnu radnu nosivost od 20 t na čitavom putu popuštanja koje u proseku iznosi 17 cm.

Pri merenjima na otkopu u jami Čirikovac dobijena je radna nosivost veća od 30 t samo na jednom stupcu. Na svim ostalim stupcima registrovane su radne nosivosti 20–30 t. Sve karakteristične krive ispitivanih stupaca pokazuju da se radna nosivost povećava na putu popuštanja stupca. S obzirom da je prosečan put popuštanja mali (oko 5 cm), dobijene vrednosti radne nosivosti odgovaraju nosivostima na početku popuštanja. Prosečna karakteristična (kriva 2, sl. 6) ima početnu vrednost 24 t koja se na putu popuštanja oko 1 cm smanjuje na 22 t i na daljem putu popuštanja penje se, pri ostvarenoj popustljivosti 5 cm, na 28 t. Prema dobijenim rezultatima o vrednosti opterećenja i njemu odgovarajućeg popuštanja za stupce u jami Čirikovac radna nosivost stupaca iznosi u proseku 25 t.

LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

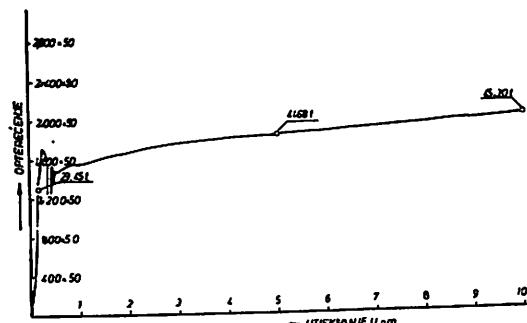
U okviru laboratorijskih ispitivanja izvršene su provere vrednosti nosivosti frikcionih stupaca proizvodnje STT, ispitivanjima ispod prese neupotrebljavanih (novih) i upotrebljavanih stupaca.

Pri ispitivanju upotrebljenih stupaca uzetih sa otkopa iz jame Ojstro (rudnici Trbovlje-Hrastnik) pretodno je određeno vreme upotrebe i ono je iznosilo 1–5 god/stupcu.

Rezultati ispitivanja neupotrebljenih stupaca

U cilju jačnjeg sagledavanja dobijenih rezultata laboratorijskih ispitivanja novih stupaca napominje se sledeće:

— karakteristične krive nosivosti ucrtavao je sa moregistrirajući uredaj prese;



Sl. 7 — Dijagram tehničke karakteristične krive stupca „Valent“ (II opit pri centričnom opterećenju). Broj udaraca čekićem po klinovima 2 x 4).

— ispitivanja su vršena pri centričnom i ekscentričnom opterećenju. Na svakom stupcu izvršen je pri centričnom opterećenju po jedan prethodni opit i tri merna opita. Pri ekscentričnom opterećenju izvršen je samo po jedan opit. Ekscentricitet je iznosio 20 mm;

— nabijanje klinova izvršeno je udarcima čekića težine 2,5 kg i dužinom drške 50 cm.

Rezultati dobijeni pri ispitivanju novih stupaca dati su u tablicama 4 i 5 i na slikama 7 i 8.

Tablica 4

Nosivost stupca tipa „Valent“

Karakter tačke	Popuštanje (mm)	Nosivosti pri cen- tričnom opterećenju			Srednja vrednost (t)	Nosivost 7 pri ekscentričnom opterećenju (t)
		I opit	III opit	II opit		
1	2	21,8	23,10	27,4	24,1	17,7
2	50	33,8	41,7	40,7	38,7	28,1
3	100	30,3	45,3	41,7	42,4	31,4
Srednje vrednosti		32,2	38,8	35,0	35,4	25,1
Priraštaj nosivosti (tona)	2-100	17,7	15,9	19,0	17,5	13,0

Tablica 5

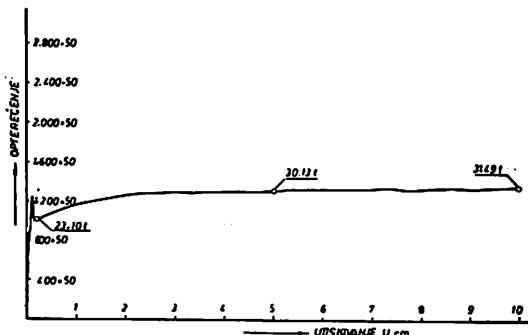
Nosivost stupca tipa „CST“

Karakter tačke	Popuštanje (mm)	Nosivost pri centr. opterećenju (t)			Srednje vrednosti (t)	Nosivosti pri ekscentričnom opterećenju (t)
		I opit	II opit	III opit		
1	2	21,8	23,10	27,4	24,1	12,7
2	50	27,0	30,13	34,9	30,7	27,0
3	100	28,3	31,49	35,8	31,9	30,0
Srednje vrednosti		25,7	28,24	32,7	28,9	24,3
Priraštaj nosivosti (t)	2-100	6,6	8,4	8,4	8,8	12,2

Na osnovu datih podataka u tablicama i dijagramima može se konstatovati:

— oba stupca u početku popuštanja u najvećem broju opita pokazuju znatne skokove u vrednostima nosivosti;

- karakteristične krive su rastućeg karaktera;
- priraštaj nosivosti na putu popuštanja od 10 cm kod stupca tipa „Valent“ je veći nego kod stupca tipa „CST“.



Sl. 8 — Dijagram tehničke karakteristične krive stupca „CST“ (opit pri centričnom opterećenju. Broj udaraca čekićem po klinovima 2 x 2).

Rezultati ispitivanja upotrebljavanih stupaca

Ispitivanja upotrebljavanih stupaca nisu izvršena presom kojom su vršena ispitivanja novih stupaca, tako da su karakteristične krive izrađene na

Tablica 6

Nosivost stupca tipa „Valent“
(vreme upotrebe 1–5 god.)

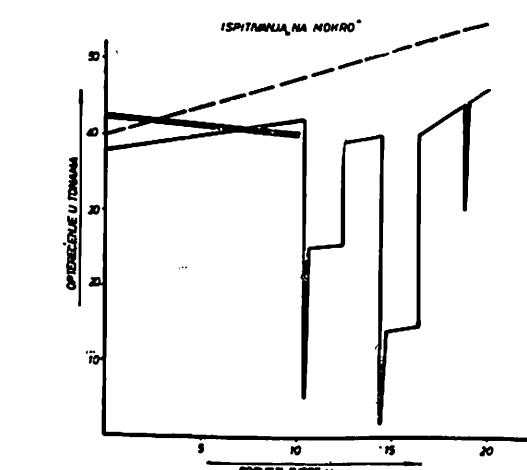
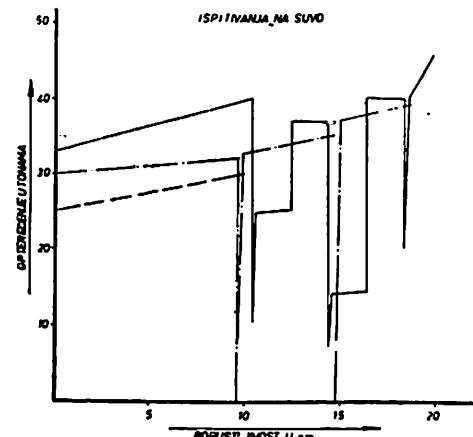
Karakteristične tačke	Popuštanje (mm)	Nosivost pri centričnom opterećenju (t)		
		a opit	b opit	c opit
1	20	25,0	40	42,0
2	50	27,5	43,7	41,0
3	100	30,0	47,5	40,0
4	200	—	55	—
Srednja vrednost	27	47,5	41	
Priraštaj nosi- vosti (t)	0—200	+5	+15	41

Oznake opita označavaju:

- a. opit — ispitivanje „na suvo“
- b. opit — ispitivanje „na mokro“
- c. opit rezultat pri serijskom ispitivanju posle proizvodnje.

osnovu čitanih vrednosti opterećenja u karakterističnim tačkama. Pri ovim ispitivanjima pored prime-

njenih normi i sistema po kojima se radi u STT ispitivanja su izvršena i sa tzv. „rasterećivanjima“ stupaca. Na svakom od stupaca izvedeno po 5 opita od kojih su 3 opita bez premazivanja mokrom ugljenom prašinom tzv. „na suvo“ a 2 sa premazivanjem tzv. „na mokro“.



Sl. 9 — Dijagram tehničkih karakterističnih krivih upotrebljavanih stupaca tipa „Valent“ (serija 137)?

Legenda:

- I opit (broj udaraca čekićem 2 x 5)
- II opit (broj udaraca čekićem 2 x 5)
- III opit (broj udaraca čekićem 2 x 5)
- IV opit (broj udaraca čekićem 2 x 3)
- V opit (broj udaraca čekićem 2 x 2)
- prosječna karakteristična kriva stupaca serije 137.

Ispitivanja su vršena samo pri centričnom opterećenju.

Nabijanje klinova vršeno je ručnim udarima čekićem težine 4 kg.

Vrednosti nosivosti u karakterističnim tačkama pri ispitivanju sa neprekidnim opterećenjem date su za 1 stupac u tablici 6. Karakteristične krive ovog stupca prikazane su na slici 9.

Rezultati ispitivanja upotrebljavanih stupaca ukazuju na sledeće:

- karakteristične krive ispitivanih stupaca pokazuju da stupci imaju nosivost 40—50 t;
- dobijene vrednosti ispitivanja upotrebljivanih stupaca su veće od srednjih vrednosti pri serijskom ispitivanju;
- karakteristične krive su rastuće za razliku od krivih pri serijskom ispitivanju;
- vrednosti nosivosti stupaca ispitivanih „na suvo“ bitno su ne razlikuju od nosivosti pri ispitivanju „na mokro“;
- rasterećenje stupaca bitno ne utiče na promene nosivosti.

ZAKLJUČAK

Na osnovu datih jamskih i laboratorijskih ispitivanja frikcionih stupaca proizvodnje STT može se zaključiti sledeće:

1. Jamska ispitivanja stupaca vršena su na otkopima sa radnim sredinama koje karakterišu jugo-slovenske rudnike kamenog uglja, mrkog uglja i lignita.

2. Opterećenja na stupce u jami Pičan (Istarski ugljenokopi — Raša) registrovani su na otkupu sa zarušavanjem krovine u proseku 6—20 t u pravcu od čela prema starom radu. U istoj jami na otkopu sa zasipavanjem opterećenja na stupce su u proseku 3—9 t. Adekvatno opterećenjima i konvergencija otkopa je za oko tri puta manja na otkopu sa zasipavanjem otkopanog prostora od otkopa sa zarušavanjem krovine. Vrednosti radne nosivosti stupaca su u približno istoj srazmjeri na ovim otkopima kao i opterećenja. Na otkopu sa zarušavanjem krovine radna nosivost stupaca je u proseku 20 t za razliku od otkopa sa zasipavanjem otkopanog prostora gde ista ne prelazi vrednost 10 t.

U rudnicima mrkog uglja (Kakanj, Banovići, Rembas i Trbovlje — Hrastnik) na otkopima sa zarušavanjem krovine registrovana su opterećenja na stupce sa prosekom 20—30 t. Radne nosivosti stupaca na ovim otkopima registrovane su u proseku za rudnik: Trbovlje — Hrastnik — 30 t., rudnike „Tito“ — Banovići i „Rembas“ 25 t i rudnik Kakanj 15 t.

Kod opterećenja na stupce u rudnicima lignita (Velenje, Kreka, Kostolac) registrovane su u proseku približno iste veličine za sva tri rudnika i iznose 20 t. Radne nosivosti stupaca u proseku su u rudnicima Velenje i Kreka 20 t i u rudniku Kostolac 25 t.

3) Iskorišćenja nosivosti stupaca*) na otkopima u pojedinim jamama su:

Jama Pičan (Raša)	
— široko čelo sa zarušavanjem krovine	50%
— široko čelo sa zasipavanjem otkopanog prostora	25%
Jama Ojstro (Trbovlje—Hrastnik)	75%
Jama Radina („Tito“—Banovići)	62%
Jama Strmosten („Rembas“)	62%
Jama Ričica (Kakanj)	38%
Jama Vzhod (Velenje)	50%
Jama Dobrnja (Kreka)	50%
Jama Ćirikovac (Kostolac)	62%

4. Izrazito niske vrednosti iskorišćenja radne nosivosti stupaca u Raši rezultiraju prvenstveno iz nedovoljno ostvarene frikcione veze u bravi stupca, jer se klinovi nedovoljno nabijaju.

Na otkopima u rudnicima mrkog uglja iskorišćenje radne nosivosti može se računati kao zadovoljavajuće jedino u jami Ojstro (Trbovlje—Hrastnik). Posebno malo iskorišćenje rudne nosivosti stupaca dobijeno je na otkopu u jami Ričica (Kakanj), koje se može objasniti i posebno povoljnim radnim uslovima na otkopu u periodu ispitivanja stupaca.

Povećanje iskorišćenja radne nosivosti stupaca, koje će se pored pozitivnog uticaja na ekonomski efekat ispoljiti i boljem uskladištanju sistema podgrada — stena, treba tražiti prvenstveno u sledećim usavršavanjima podgrađivanja otkopa:

- iznalaženju celishodnijeg rasporeda podgrade na otkopu;
- prelaskom na stupce manje tehničke nosivosti;
- usavršavanjem donjih oslonaca stupaca u cilju sprčavanja utanjenja (penetracije) stupaca u slabo noseće naslage u podu otkopa;
- usavršavanjem načina zabravljivanja stupaca u cilju isključivanja učinka radnika na njihovu nosivost.

*) Usvojena je nominalna nosivost stupaca 40 t.

5. Oblici prosečnih karakterističnih krivih dobijeni jamskim ispitivanjima sa manjim odstupanjima sa otkopa u jamama Ojstro i Kostolac ukazuju na ispravan vod frikcione veze.

6. Rezultati dobijeni laboratorijskim ispitivanjima upotrebljenih stupaca dokazali su da vreme upotrebe bitno ne utiče na smanjenje nosivosti stupca.

7. Jamskim i laboratorijskim ispitivanjima i upoređivanjem dobijenih podataka, kao i analizom istih

u odnosu na radne sredine u otkopima, potvrđena je činjenica da primarni faktor koji utiče na nosivost stupca je način rukovanja istim.

8. Svakako za podrobniju analizu primene frikcionih stupaca proizvodnje STT u rudnicima uglja SFRJ kao i njihovo usavršavanje tehničko-eksploatacionalih karakteristika potrebna su dalja jamska i laboratorijska ispitivanja.

