

INFORMACIJE B

B R O J 48



Dipl. ing. TONE KOVACIC

**ANALIZA OSLOBAĐANJA PRITiska (STUBNIH UDARA) NA ŠIROKIM ČELIMA  
JAME VZHOD RUDNIKA VELENJE**

R U D A R S K I   I N S T I T U T . B E O G R A D   1 9 6 6 .

**Izdavač**  
RUDARSKI INSTITUT — BEOGRAD

**Glavni urednik**  
Prof. ing. Branko Gluščević

**Redakcioni odbor**

Ahčan dr ing. Rudolf, Antić dipl. ing. Milan, Blažek dipl. ing. Aleksandar, Bujan prof. ing. Vladimir, Čolić dipl. ing. Dragomir, Draškić doc dr ing. Dragiša, Dular dipl. ing. Slavko, Ivanović dipl. ing. 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. dr ing. 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, Stojanović prof. dr ing. Dragutin, Tomašić dr ing. Stjepan, Veličković prof. dr ing. Dušan, Vesović dipl. ing. Milan

B R O J 48

Dipl. ing. TONE KOVACIC

**ANALIZA OSLOBAĐANJA PRITiska (STUBNIH UDARA) NA ŠIROKIM ĆELIMA  
JAME VZHOD RUDNIKA VELENJE**

BEOGRAD, 1966.

**S.a.d r.ž.a j**

<b>U v o d . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>Analiza praćenja oslobođanja pritiska . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>Oslobođanje pritiska u potkopu (I grupa) . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>Oslobadanje pritiska krova (II grupa) . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>Uticaj srednjeg pojasa sa umecima velenita . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>Uticaj brzine otkopavanja . . . . .</b>	<b>11</b>
<b>Z a k l j u č a k . . . . .</b>	<b>15</b>

## **ANALIZA OSLOBAĐANJA PRITISKA (STUBNIH UDARA) NA ŠIROKIM ĆELIMA JAME VZHOD RUDNIKA VELENJE**

### **UVOD**

Pod izrazom „stubni udar“ podrazumevamo u RLV sva oslobođanja pritiska u uglju — u području širokih čela, gde zbog jednog ili drugog uzroka dolazi do iznenadnog pomeranja ugljenog sloja (stuba), većih ili manjih zarušavanja, stvaranja puštinje u krovu i boku potkopa, deformacije podgrade ili popuštanja čelne podgrade.

Oslobođanja pritisaka pojavljivala su se u velenjskoj jami već odavno. Lomljenje i savijanje čelne podgrade kod svih otkopnih metoda i jača zaokretanja celokupne podgrade, pre svega na širokim čelima, dokaz su jakih pritisaka u ugljenom sloju za vreme otkopavanja i pomeranja istih. U godinama pre 1956. nisu bila primećena veća iznenadna popuštanja podgrade i s time u vezi veća puštanja. Pre 1956. godine, u velenjskoj jami se primenjivala samo drvena podgrada, koja je postepeno zamjenjivana čeličnom. Usled sposobnosti gnječeњa, drvena podgrada je preuzeila na sebe posledice svih jačih trenutnih oslobođanja pritisaka. Prvi jači stubni udar pojavio se 1. II 1957. godine. Njega navodi dr. ing. Ahčan u svom izveštaju „Izveštaj o pokusu širokočelnog otkopavanja na frontu bez stupaca“. Posle ovog udara bila je takođe prvi put uvedena knjiga praćenja stubnih udara, ali je ista bila kasnije napuštena i podaci o udarima tog razdoblja se ne mogu proučiti. Kod tog pokusa već su bili upotrebljeni i čelični stupci tipa OAM i čelične krovne ploče.

Uvodnjem čelične podgrade — stupaca i greda postale su posledice trenutnih oslobođanja osetnije i vidnije. Pre svega, potrebno je napisati nekoliko reči o kretanju pritisaka u području otkopa velenjske jame.

### **Nešto o pritisцима**

Merenje jamskih pritisaka u većem obimu, upotrebom većeg broja instrumenata, bilo je izvedeno prvi put na rudniku lignita Velenje 1964. godine. Ta merenja je za rudnik Velenje izvršio Rudarski institut iz Beograda.

Moćnost sloja u području sadašnjeg otkopavanja varira od 80—120 m. Ugalj je pliocenski, podina su miocenske gline, krovinu, pak, sastavljaju pliocenske gline. Krovinu u istočnom polju sastavljaju kompaktne gline, laporovita glina, u višim predelima, pak, peskovi i peskovite gline. Zbog manifestacije jamskog pritiska usled otkopavanja, narušene krovne naslage ponovno se komprimiraju do tolike mere, da predstavljaju kompaktну masu.

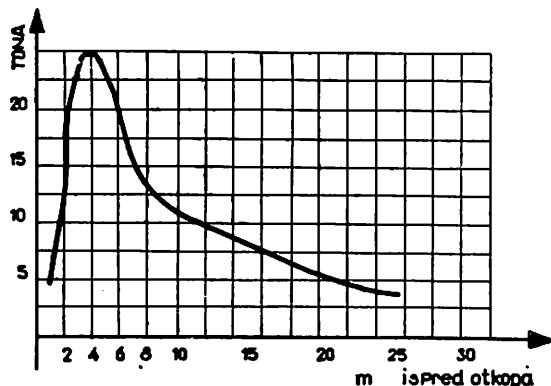
Dubina sloja u eksploataciji iznosi u istočnom polju 270 m. Sloj se otkopava u etažama visine cca 8 m sa zarušavanjem krovine. Čvrstoća uglja u podini ( $54-99 \text{ kg/cm}^2$ ) je jedanput manja od krovnog uglja ( $112-189 \text{ kg/cm}^2$ ). Nosivost podinskog uglja je vrlo mala prema nosivosti krovnog uglja. Nosivost uglja iznosi u podini 15 tona/stupac, a u krovini 32 tone/stupac.

### **Način merenja pritisaka**

U hodnicima ispred otkopnog fronta gornje etaže bili su ugrađeni „Dowty“ stupci na odstojanjima od 10 m. Na čelu je bila ugrađena elektro-dinamometarska čelija, koja je ostala u starom radu kopa a odvodni kabl sprovođen je bio kroz buštinu na donju etažu. Na samom čelu ispred stupaca bile su ugrađene hidraulične čelije (doze).

Hidraulične sonde bile su ugrađivane u bušotinu u potkopnom delu otkopa.

Kod merenja pritiska na širokom čelu, izmereni pritisak iznosio je prosečno 25 tona po stupcu. To se podudara sa merenjima iz 1957. godine. Brzina napredovanja otkopnog fronta iznosila je ovde svega 0,9 m/dan. Kod svakog napredovanja pojavljuje se ispred normalno razvijenog otkopnog fronta pritisak, već 30 m ispred otkopnog fronta ravnomerno raste, jače odstupa 8 m ispred otkopnog fronta, da dostigne maksimum 3 m ispred otkopnog fronta, pa onda strmo pada.



Sl. 1 — Pritisici u uglju ispred otkopnog fronta širokog čela

Područje maksimalnih akumulacija otkopnog pritiska nalazi se u blizini čela. Kod veće brzine pomeranja se amplituda pritiska dalje u stub ispred otkopnog fronta i dobiva više razvučen oblik, radni uslovi se poboljšavaju.

Pritisici iza otkopnog fronta u predelu starog rada bili su mereni na čelu, sa brzinom napredovanja 1,0 m/dan. Kriva pritiska postepeno raste, onda se pritisak smiri i ostaje konstantan. Verovatno, pak, kriva posle toga polagano pada.

#### ANALIZA PRAĆENJA OSLOBAĐANJA PRITISKA

Planskim praćenjem pojave oslobađanja pritiska počelo se 1. VI 1961. godine i to beleženjem tačnog vremena, mesta i snage odnosno posledica svakog udara.

U vremenu od 1. VI 1961. do 15. VIII 1964. godine bila su registravana 342 stubna udara odnosno oslobađanja pritiska.

S obzirom na potpunost zapisivanja podataka, možemo ih podeliti na dve grupe:

- oslobađanja na širokim čelima bilo je 330, od toga 31 oslobađanje kod pokusnog rada Eickhoff-ovim strojem za podsecanje;
- oslobađanja u međučelnim kanalima, prema i ostalo — ovih je bilo 10.

Kod toga je bilo pod uticajem oslobađanja pritiska 7.164 m otkopnog fronta ili drugim rečima, uticaj na podgradu širokih čela iznosio je u tom razdoblju ukupno 7.164 m dužine čela.

Prosečno je jedno oslobađanje pritiska uticalo na razne deformacije potkopa širokog čela na dužini od 21 m. Sva ta oslobađanja su više ili manje uticala na deformaciju potkopnog dela širokog čela. Dalje je prikazan redosled posledica tih oslobađanja:

- 1031 komad izbijenih stupaca,
- 181 komad izbijenih greda,
- 44 puta je više ili manje narušilo ugalj u krovu,
- 26 puta je više ili manje podiglo tle potkopa,
- 26 puta je vidno pomerena podgrada iz okomitog položaja u kosi položaj,
- 5 puta se više ili manje odvojio ugalj iz boka potkopa u obliku blokova,
- ukupno su, u tom razdoblju, bila 52 povređena radnika.

Oslobađanja su se desila u najrazličitijim fazama rada na širokom čelu. Prema broju oslobađanja pritiska u pojedinim fazama rada, ove se raspoređuju:

Zatvaranje krova	125 puta = 45%
Kod otpucavanja u krovu	57 puta = 21%
Kod otpucavanja u potkopu	32 puta = 12%
Za vreme premeštanja transportera na čelu	17 puta = 6%
Kod pouzimanja tla	15 puta = 5%
Kod zasecanja Eickhoff-ovim strojem	14 puta = 5%
Kod raznih radova u potkopu	13 puta = 5%
Kod vađenja stupaca	4 puta = 1%

Ovde je navedeno 8 glavnih radova, koji su opisani kao primer oslobađanja pritiska u pojedinim analizama. Izneti primjeri mogu se izdvojiti u 2 grupe i to:

I grupa obuhvata:

— oslobađanja kod otpucavanja u potkopu	12%
— oslobađanje kod zasecanja Eickhoff-ovim strojem	5%
	17%

II grupa obuhvata:

— oslobađanje kod zatvaranja krova	45%
— oslobađanje kod otpucavanja u krovu	21%
— oslobađanje za vreme premeštanja transporteru na čelu	6%
— oslobađanje kod vađenja stupaca	1%
	73%

Ostale pojave kao:

— oslobađanje kod raznih radova u potkopu	5%
— oslobađanje kod pouzimanja tla	5%
	10%

ne mogu se tačno rasporediti ni u jednu ni u drugu grupu.

Kao što je pomenuto u izveštaju Rudarskog instituta Gornje Šlezije, osnovni materijal za traženje uzroka stubnih udara ili oslobađanja pritiska je statistika na samom rudniku. Iz pokazanih brojki može se odrediti mesto, uzrok i redosled oslobađanja na pojedinim etažama i primeniti mere protiv ovih pojava.

Na objavljenim kartama gde su uneti svi stubni udari u pomenutom razdoblju, kao i dužina njihovog trajanja možemo uočiti uzroke ovih pojava.

Stubni udar bismo protumačili kao naglo oslobađanje akumulirane elastične energije u ugljenom sloju i u području širokočelnog otkopa. Kretanje krivih pritisaka ispred i iza otkopnog fronta diktira akumulaciju pritisaka u samom ugljenom sloju, ispred otkopa (u potkopnom i krovnom delu širokog čela) i u samoj krovini. Pritisici se akumuliraju u ugljenom sloju do izvesne visine. Ugljeni sloj odnosno deo sloja, koji je već načet otkopom, prenosi pak te akumulirane pritiske u zavisnosti od njegove čvrstoće, duž širokog čela (takozvane elastične žilavosti lignita).

Ta čvrstoća varira kod velenjskog uglja između 30 i 200 kg/cm<sup>2</sup>. Variranje ugljene čvrstoće pojavljuje se zbog uključenja barskog uglja između ksilita i umetaka velenita. Zbog akumuliranih pritisaka u uglju duž širokog čela i narušenja čvrstoće uglja, njegove nehomogenosti, dolazi do oslobađanja pritisaka. Kada je akumulacija pritisaka skoro jednak, čvrstoći uglja, dovoljan je već manji impuls za narušenje te granične čvrstoće u uglju.

Taj impuls je ili otpucavanje u uglju (krov ili potkop), izbijanje (vađenje) podgrade, pouzimanje podine, itd. Kada pak akumulirani pritisak prekoraci čvrstoću uglja, nastupa oslobađanje samo po sebi, spontano bez impulsa.

Svako prelamanje u uglju, dodatno opterećuje ostali deo uglja i lako prouzrokuje udar na tom ili susednom predelu otkopa. Takav udar bez početnih impulsa (na primer otpucavanje, vađenje podgrade ili slično), može se posmatrati i predviđati na samom otkopu ili pak ostaje neprimeti negde u samom sloju. Ovaj slučaj je takođe kod našeg evidentiranja udara, gde je 330 udara registrovanih na čelima i samo 10 u ostalom području. Pošto su ovi ostali udari u neposmatranom području neprimeti ili bar bez većih vidnih posledica, možemo konkretno smatrati ostala oslobađanja (registrovana) koja su na čelima, kao glavna i kao osnovu za dalja proučavanja istih.

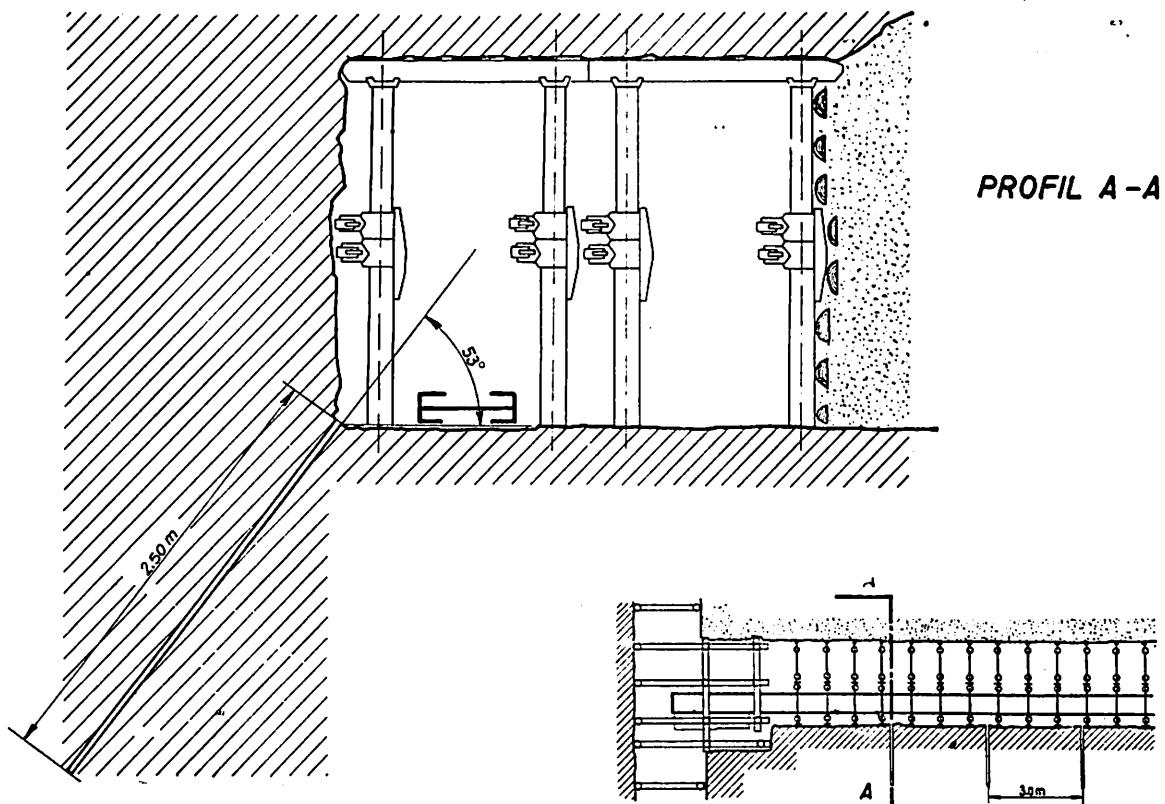
Pošto se kod nas udari pojavljuju na pojedinim širokim čelima i u većini slučajeva nemaju bitnijeg uticaja na ostale etaže, obrađujemo ih uglavnom kao etažne ili čak kao čelne. Moćnost velenjskog sloja i dužina širokih čela verovatno utiče na akumuliranje pritisaka u uglju i narušavanje čvrstoće uglja. Proučavanje analize stubnih udara u pomenutom periodu i posmatranje etažnih karata navodi nas na to da ozbiljno pomislimo na mogućnost ponavljanja udara u istim uslovima. U samim rudnicima — pre svega poljskim, bili su izvršeni brojni eksperimenti rasterećenja u horizontalnom i vertikalnom pravcu. Zbog raznolikosti slojnih naslaga i njihove sklonosti ka udaru, nijedan se od tih isprobanih eksperimenata ne može fiksirati.

#### OSLOBAĐANJE PRITISAKA U POTKOPU (I GRUPA)

U cilju rasterećenja napona u stubu (potkopu) bio je u jami „Vzhod“ predviđen način bušenja u tlo potkopa, onakav kakav približno upotrebljavaju rudnici uglja koji imaju takve poteškoće. Način bušenja prikazan je na slici 2.

Bušotine, radene po ovom predlogu, bile bi raspoređene u podu na rastojanju od 3 m u pravcu dužine čela. Dubina svake bušotine treba da iznosi 2,5 m. Nagib bušotine iznosio bi  $53^{\circ}$ , punjenje bi pak trebalo da iznosi 1200 g K II. Čep bi trebalo da bude od gline (dužine 50 cm) i od vodenih ampula (dužine 80 cm). Do realizacije pokusa nije došlo, jer

pritiska je pojava reakcije u krovu i podu otkopa. Kao direktnе krovne naslage potkopa smatramo ugalj iz natkopnog dela otkopa. To prouzrokuje obostrani pritisak na deo uglja na čelu otkopa. Neposredna krovna ploča sastavlja krovinu AM sa reakcijom R. Taj pritisak R deluje na jedinicu površine, čija veličina odgovara krivi a-f.



Sl. 2 — Predviđeno oslobođanje pritisaka otpucavanjem potkopa dugačkim buštinama

bi se rezultati pokazali tek posle dužeg vremena, a za sam pokus morala bi biti uvedena stroga kontrola i detaljno osmatranje.

U potkopnom delu širokog čela nastupaju napetosti kako sledi.

Otkopni pritisak ima kao prvu posledicu, da u svom području delovanja povećava uticajnu širinu otkopa. Ugalj se istiskuje u otkopni prostor (potkop). Taj se uticaj povećava sa povećanom drobljivošću uglja; što je ugalj mekši, toliko više se izdvaja iz boka potkopa. Druga posledica otkopnog

Maksimalni pritisak nalazi se u tački A, gde ugalj nije deformisan u tački F je jednak nuli, pošto zdrobljeni sloj ne daje nikakav otpor. U nekoj tački pojavi se pritisak P, koji se deli u dve komponente, q i a. Jednake komponente q<sup>1</sup> i a<sup>1</sup> u podini javljaju se u ravni A<sup>1</sup> M<sup>1</sup>.

Komponente a i a<sup>1</sup> pritiskuju na blok uglja i nastoje da ga odstrane iz celine. Komponente q i q<sup>1</sup> sastavljaju, pak, spreg sila. Sila q pritiskuje gornji blok uglja u celinu potkopa, q<sup>1</sup>, pak, pokušava istisnuti donji deo bloka u otkopni prostor.

Komponente  $q$  i  $q_1$  zavise od sila  $P$  i  $P_1$ . Što je veći ugao konvergencije i što je manji nagib pukotina u uglju veće su  $q$  i  $q_1$ . Što je brže napredovanje manji je ugao  $\beta$  i manja je mogućnost istiskanja uglja iz potkopa...

Narušavanjem uglja u potkopu, prethodnim otpucavanjem, stvarno bi se smanjila pojava sprega sila i istiskivanje uglja u otkopu, povećala bi se konvergencija sile koja nastaje, u krovu bi se pak nužno prenela na podgrađeni deo potkopa i povećao pritisak na podgradu.

Predvrtavanjem i otpucavanjem, napetosti u uglju neposredno ispred otkopnog fronta bi se u velikoj meri smanjile kao i posledica iznenadnih oslobođanja u boku.

No ovim pokusom otpucavanja u potkopu, verovatno ne bi bilo postignuto glavno sprečavanje, jer je od svih oslobođanja u određenom vremenu, zbog pomenutih napetosti u potkopu, bilo samo 12%. Kod toga se samo 5 puta konkretno izdvojio ugalj iz boka potkopa u obliku većih komada (stena).

Treba imati u vidu i to da je od svih oslobođanja pritisaka u potkopu 12% došlo normalnim otpucanjem.

Olabavljenjem sloja na pomenuti način, u dugim buštinama, mogu se očekivati slične pojave kao sada kod otpucavanja u potkopu; možda u nešto blažoj formi.

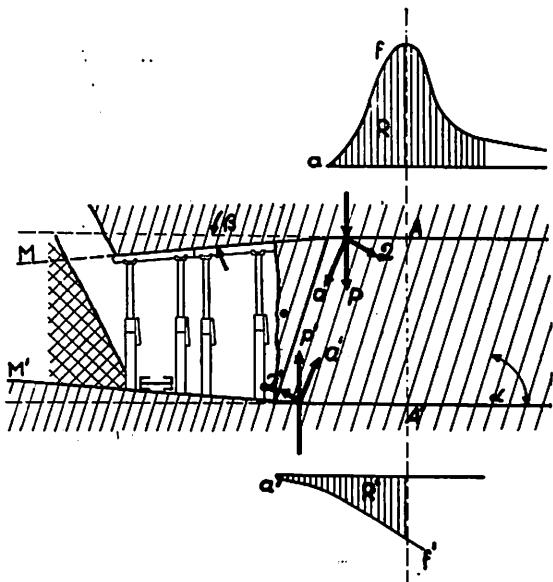
Pomenut je bio ugao  $\beta$  i njegov uticaj na istiskivanje uglja iz potkopa. Hteo bi ukratko opisati merenje konvergencije na širokom čelu u 1964. godini.

#### Merenje konvergencije na širokom čelu

Prosečno dnevno napredovanje čela iznosilo je u pomenutom području 0,9 m. Merenja su bila izvršena na dužini napredovanja otkopnog fronta od 30,5 m. Tonjenje gornjih cevi stupaca u donju cev, variralo je u širokim granicama od 30–380 mm ili prosečno 153,5 mm (u zavisnosti od fizičko-mehaničkih osobina lignita, brzine napredovanja čela, načina zarušavanja i sl.).

Ugao  $\beta$  sa udaljenošću od čela potkopa prema starom radu znatno varira i iznosi u proseku 5°50' (visoka konvergencija). Variranje ugla  $\beta$  od 1° 10' do cca 10°, ukazuje na veoma promenljive otkopne uslove i na malo napredovanje čela. Pri tome sigurno igra veliku ulogu solidnost zabijanja klinova u čelične stojke. Ipak se smatra da su ti klinovi na svim čelima i u svim različitim uslovima u proseku isto solidno zabiveni pa se ta pojava zbog toga nije proučavala.

Pojave sprega sila i istiskivanje uglja iz čela potkopa, odnosno akumulacije napetosti u uglju ispred čela potkopa povećavaju se povećanjem ugla  $\beta$ . Ugao  $\beta$  je veoma ovisan od brzine napredovanja koja je u opisanom slučaju (0,9 m/dan) vrlo mala. To je takođe jedan od zahteva: povećanje brzine otkopavanja.



Sl. 3 — Pritisici u potkopnom delu širokog čela

#### OSLOBAĐANJE PRITISKA KROVA (II GRUPA)

Oslobađanje donje grupe, sa 73% svih oslobođanja pritisaka, svakako obuhvata većinu uzroka oslobođanja.

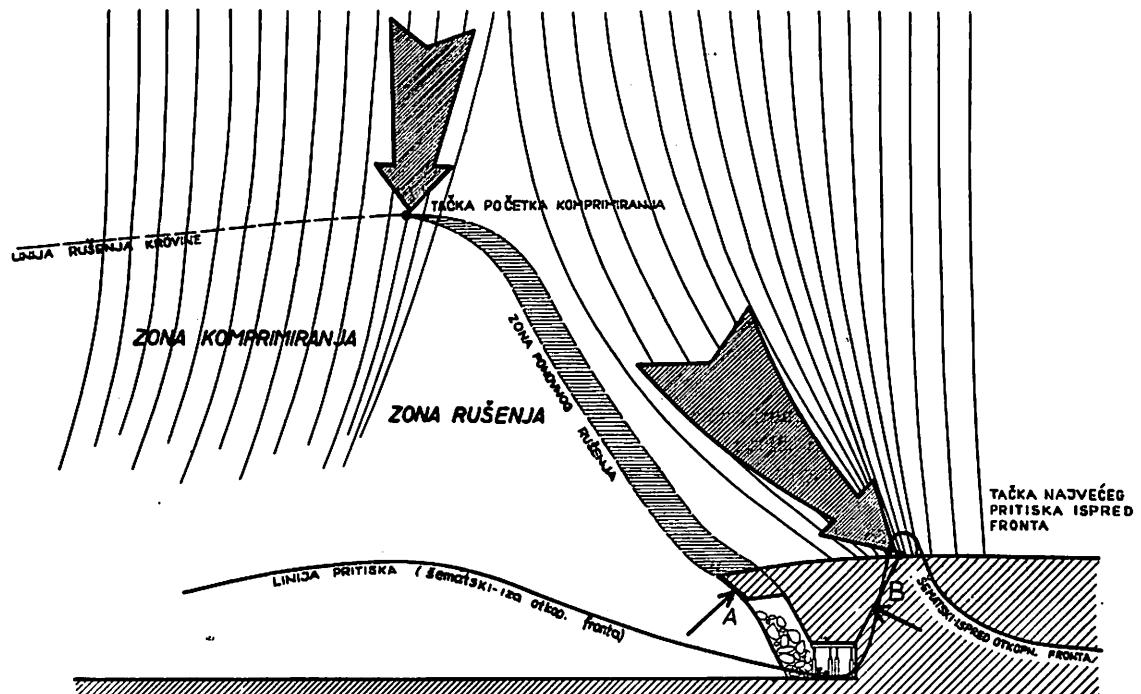
Iz preseka širokog čela, ugljenog sloja i naslage krovine, te merenjima pritisaka ispred i iza otkopnog fronta, može se zaključiti:

Krovni ugalj širokog čela je pre početka otkopavanja poduprт podgradom čela, naslonjen na stari rad u plohi (površini) „A“ i konzolno upet u plohu (površinu) „B“.

Na osnovu izvršenih merenja može se zaključiti da prostor od cca 26 m iza otkopnog fronta obuhvata zonu narušavanja. Iza te udaljenosti prestaje zarušavanje krovine i počinje zona komprimiranja. Proces zarušavanja u tački komprimiranja prestaje i gore ležeća krovina odlatje samo pritiskuje narušenu stenu.

Zamišljene silnice krovne težine zgušnjavaju se oko tačke preseka komprimiranja i oko tačke najveće napetosti ispred otkopnog fronta. U području obej tačaka nastupaju tlačne napetosti, a u području iznad zone rušenja zatezne napetosti. Krovni ugalj se svojom težinom i pritiskom dela silnica oko tačke najviše napetosti ispred fronta, naslanja se

— Ako je ugalj pretežno ksilitnog sastava kod otpucavanja u krovu ne zarušava se ostali deo krovnog uglja. Ugalj u području plohe A je čvrst i zajedno sa uklještenjem u plohi B prenosi nastupajuće napetosti. Kod porušavanja zadnjeg dela ugalja u području A i kod zarušavanja krovine u otvoreni prostor, ostali deo krovnog uglja konzolni čini u



Sl. 4 — Sematski prikaz linije zarušavanja i linije pritisaka.

na plohe A i B, i stvara nekakav nosač. Vađenjem stupaca ispred njega, sav se ugalj nešto spusti i još jače nasloni na plohu A. U plohi B pak nastupaju natezne napetosti i napetosti smicanja. Kod bušenja, odnosno otpucavanja dela natkopnog ugalja potporna ploha A se smanjuje. Zavisno od čvrstoće ugalja, ostali deo ugalja pored plohe A još sačinjava oslonac celokupnoj težini.

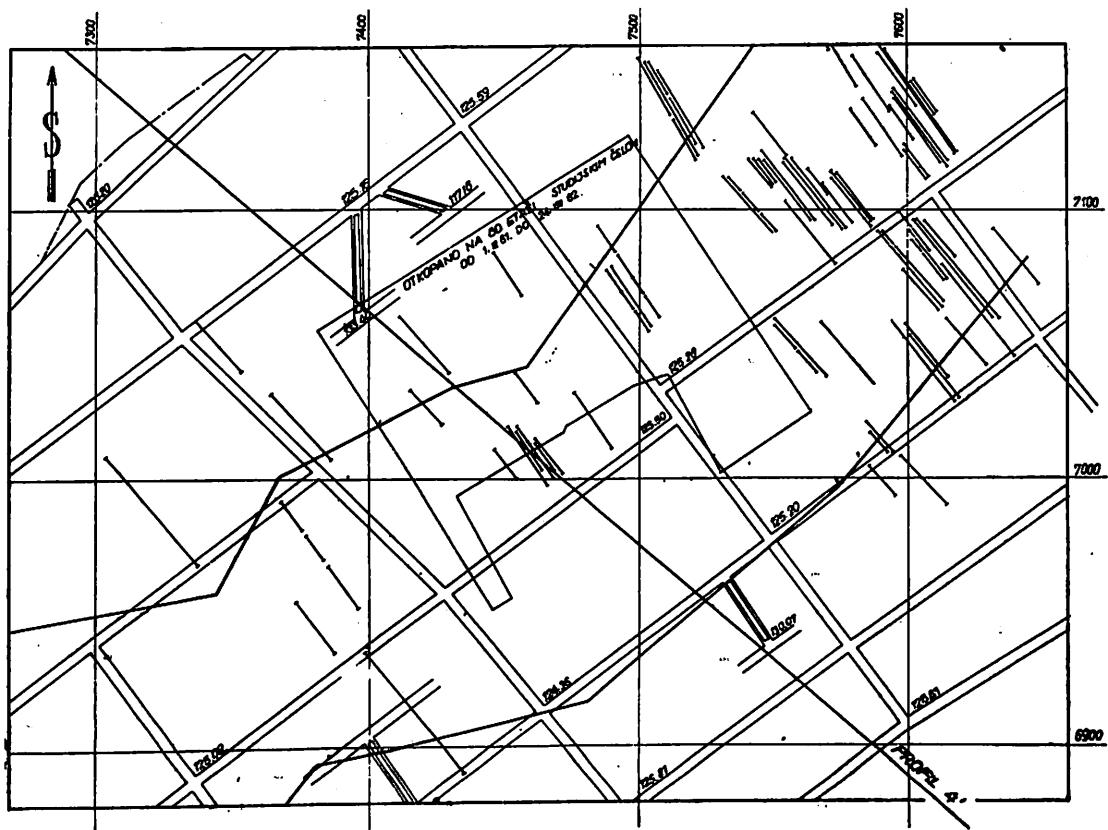
— Ako je ugalj pretežno podno-humusnog sastava, pojavljuje se već kod prvih laguma u natkopnom delu drobljenje ostalog ugalja u području plohe A. Sav krovni ugalj se sleže, jače pritiskuje na podgradu i naginje se prema starom radu.

plohi B uklješteni nosač. Čvrstoća ugalja je dovoljna, da zadrži svu previsnu težinu (pomoću podgrade). U svakom slučaju to se oseća na podgradu, koja je dodatno opterećena i počinje jače popuštati.

— Opasan je slučaj u području ugljenih naslaga, gde je sastav mešan sa ksilitom i barskim ugaljem ili umecima velenita. Ovde nastupaju sa smanjenjem potporne plohe A velike napetosti u samom ugalju. Umeci ksilita ruše se dodatnim opterećenjima i ulegnuće se brže prenosi na samu podgradu. Zbog istih napetosti u krovu se stvaraju pukotine koje slabe povezivanje celokupnog sastava. Kod zatvaranja krova, kada se prekida potporna ploha A,

celokupan previsni ugalj se sunkovito nasloni na podgradu i nastupaju jači udari. Krovina u međuvremenu još nije uspela da se naruši iz pojasa ponovnog rušenja u otkopani prostor i otkinuti previsni ugalj se prvo potpuno nasloni na podgradu, a nakon toga još u otvoreni otkopani prostor. Izbijanja podgrada na čelu, rušenje uglja iz bokova i krova, ovde su česta pojava.

pratili. Prema podacima kojima sam raspolagao, podacima jamskog merništva i na osnovu zajedničkih razgovora sa većim brojem iskusnih jamskih poslovođa i nadzornika, smatram da je tačnost ucrtanog područja zadovoljavajuća. Normalno se sastav ove ugljene mešavine prostire u sredini etaže između podine i krovine, na početku etaže se zbog koritastog oblika sloja raširi sama etaža u severno krilo —



Sl. — 5 Deo karte etaže sa ucrtanim područjem velenitovih uložaka i područja uticaja oslobađanja pritisaka.

## UTICAJ SREDNJEVJEĆNE SA UMEĆIMA VELENITA

Na slici 5 vidi se deo jedne etaže, gde je približno ucrtana pojava umetaka uglja, gde se neravnomerno pojavljuju mešavina gelificiranog drvnog tkiva (ksili) i humusnog detritusa (barskog uglja) sa izrazitim ulošćima velenita. Tačnu granicu uložaka velenita i njihovu jačinu nije bilo moguće nacrtati, pošto se isti do sada nisu dosledno petrografske

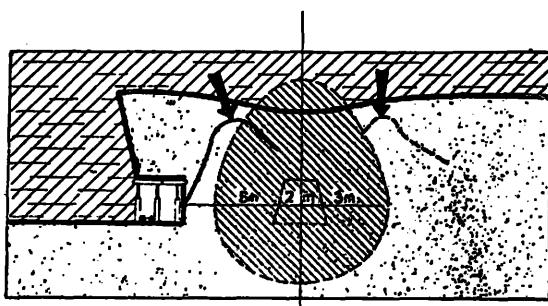
tzv. Škalski rep, u tom pravcu pak se protežu i umeci velenita i s njima pojave oslobađanja na čelima.

Samo područje tih uložaka je veoma šaroliko. Oni se prostiru pojedinačno u raznim visinama etaže i u raznim moćnostima. Prema izjavama već pomenuih lica, do udara nije došlo u slučaju većeg rasprostiranja i debljine humusnog uglja, uložaka velenita i razdrobljenog uglja u području prečnih hodnika podinskog i srednjeg pojasa.

### Prelaz čela preko prečnih hodnika

Kako se vidi iz priloženih karata, nije ni jako deformisani krovni ugalj iznad prečnih hodnika pro-uzrokovao češće udare. Od svih zabeleženih oslobađanja, ova su se pojavila u području prečnih hodnika, kako sledi:

- Ispred prečnog hodnika oslobađanja su pre-stala na udaljenosti 10, 12, 10, 15, 12, 7, 10, 10, 10, 5, 5, 10, 10, 7, 10 m — ili prosečno 9,5 m.
- Neposredno na granici ispred prečnog hodnika bio je jedan udar na udaljenosti 0 m.
- U samom prečnom hodniku kod prelaza čela preko njega, udara uopšte nije ni bilo.
- U području iza prečnog hodnika udari su se ponovno pojavili na udaljenosti od prečnog hodnika 12, 12, 3, 6, 3, 3, 7, 3, 12, 16, 3, 8, 10, 16, 8, 4, 3 m ... ili prosečno 7,6 m.
- Neposredno posle prelaza preko prečnog hodnika bilo je na samoj granici 5 udara.



Sl. 6 — Bezopasno područje prečnog hodnika

Oko prečnog hodnika stvara se tzv. Trompeterova zona rasterećenja. Pod uticajem sila ispred otkopnog fronta prečni hodnik se zarušava. Područje ove zone zavisno je od vrste podgrade u prečnom hodniku. Područje se povećava vađenjem podgrade u prečnom hodniku pre nego što otkop dođe u njegovu blizinu.

Područje tačke najvećeg pritiska ispred otkopnog fronta nalazi se cca 2 m ispred čelnog fronta. Tačka dostiže narušenu elipsu prečnog hodnika, po-

što nema oslonca prenosi se na kompaktni ugalj druge strane prečnog hodnika. Zbog toga u području prečnog hodnika nastupaju mirovanja trenutnih oslobađanja. Ponovna pojava oslobađanja nastupa posle prelaska čela preko prečnog hodnika sa početkom otkopavanja čvrstog uglja, koji je momentalno pod najvećim pritiskom.

Ako uzmemu, prema navedenim brojkama, oslobađanja najbliža prečnom hodniku, možemo smatrati područje od 10 m (najmanje) bezopasnim za oslobađanje pritisaka. To područje deli se na:

- 5 m ispred prečnog hodnika,
- 2 m prečni hodnik i
- 3 m iza prečnog hodnika.

Malo verovatna su oslobađanja u području proseka, u dužini od 20 metara, od čega

- 9,5 m ispred prečnog hodnika,
- 2,0 m prečni hodnik i
- 7,6 m iza prečnog hodnika.

Na slici 10 vidi se prestanak udara u području prečnog hodnika, premda su udari na tom čelu bili najčešći (dodatni uticaj „vreće“).

Porušeni ugalj u području prečnog hodnika možemo smatrati kao jači uložak humusnog uglja ili velenita. Kod prelaska čela preko prečnih hodnika ili prolaska kroz debele uloške humusnog uglja, nastupile su poteškoće zbog toga, što se ugalj drobio usled opterećenja krovnih okoraka, pomeranja podgrade zbog nedovoljno čvrstog, odnosno nesolidnog oslonca u uglju, ali nisu nastupala oslobađanja pritiska i popuštanje podgrade.

Zbog mogućnosti akumulacije pritisaka u lignitu i narušavanja čvrstoće uglja zbog „manjih“ uložaka velenita, pojavljivala su se oslobađanja na etaži u pojasu sa dobro vidljivim ulošcima velenita i na granici ovog pojasa prema krovini ili podini.

Pod ovim naslovom, mislimo uglavnom na prelaz čela preko prečnih hodnika podinskog i srednjeg pojasa, gde prelaženje preko krovinskih prečnih hodnika ne stvara nikakve poteškoće. Smatram za potrebno da ukratko opišem nekoliko podataka o uzimanju uzoraka uglja u jami „Vzhod“.

#### Uzoreci uglja (sastav uglja)

U ugljenom sloju bili su uzeti uzorci uglja u raznim područjima jedne etaže.

Iz tih uzoraka vidimo međusobne razlike sastava u različitom odnosu barskog uglja prema ksilitu. Pojavljivanja ili nepojavljinjanja oslobođanja priti-

saka u području uzetih uzoraka ove etaže slijede u ugljenom sloju odgovarajućeg područja nižih i viših etaža približno podjednako.

**Uzorak 1.** — U području ovog uzorka, ni prije ni kasnije — osim jednog slučaja — nije bilo oslobođanja pritiska. Sam ugalj tog područja sa stavljen je iz slabo gelificiranog drvenog tkiva sa retkim ulošcima smolastih tela u veoma malim dimenzijama. Uzorak sadrži 95% ksilita.

**Uzorak 2.** — U području ovog uzorka, takođe ni ispred ni iza njega, nisu bila ustanovljena oslobođanja pritiska. U tom uglju je gelificirano drveno tkivo — zastupljeno sa 27%. Ostatak od 73% bio je iz humusnog detritusa.

Kod toga nastupa zakonitost velenjskog uglja, da pukotine u uglju teku u gelificiranom drvenom tkivu uvek duž ksilitnih umetaka (u pravcu ravni sedimentacije). U humusnom detritusu, pak, uvek teku okomito na ravan sedimentacije.

**Uzorak 3.** — U ovom uzorku glavnu masu čini humusni detritus, dok gelificirano drveno tkivo učestvuje samo sa 8%. Ovaj ugalj ima najslabiju mehaničku stabilnost.

**Uzorci 4 i 5** — sadržali su jaču mešavinu gelificiranog drvenog tkiva i humusnog detritusa. Oslobođanja u području uzorka 4 i 5 bila su česta; uključeno je bilo više umetaka velenita.

Broj uzetih uzoraka bio je mali, ali uprkos tome dokazuje tvrdnju da oslobođanja nastupaju tamо, gde se napetosti nagomilavaju u tolikoj meri da se poruši čvrstoća ugljene mase. U uglju sa pretežno humusnim detritusom (primer: uzorak 2 i 3), ovaj ne daje pritiscima neki naročiti otpor, te se oni u njemu ne mogu nagomilavati u opasnoj veličini. Ugalj sa pretežno gelificiranim drvenim tkivom (primer: uzorak 1), prenosi pritiske elastično. U području čela stvara ovaj ugalj konzolne nosače u krovu ili tlu i pod velikim napetostima pravi pukotine, koje su dobro vidljive u krovu. U jednom ili drugom području do sada nije došlo do opasnih oslobođanja pritiska (trenutnih). U području ugljene mešavine sa ksilitom i barskim ugljem, te umecima velenita (primer: uzorak 4 i 5) oslobođanja su česta. Barski ugalj i sami umeci velenita ne podnose veće akumulacije pritiska, ksilit ih, pak, vrlo dobro podnosi, do svoje prekidne čvrstoće. Ovaj zbog toga iznenadno popušta i sva u njemu akumulirana napetost prenosi se na ostali ugalj ili podgradu na čelu,

koja popušta sa glasnim pucanjem. U tablici 1 prikazana su dva ekstremna primera sastava uglja.

Tablica 1

	Uzorak			
	1	3	5	4
Humusni detritus	5,6%	78,4%	između jednog i drugog	
Gelificirano drveno tkivo	89,3%		8,4%	

Pošto možemo računati s tim, da se sastav uglja u sloju neće osetno menjati, možemo kod dalgog toka pojasa umetaka velenita i kod normalnog rasporeda čela na etažama kao i dosada, očekivati najveći deo oslobođanja duž etaže na srednjim čelima (uključivo sa većom širinom na početku etaže) u području pojasa koji se vidi na slici 7.

#### UTICAJ BRZINE OTKOPAVANJA

Bez sumnje veoma jako utiče na smanjenje broja udara brzina napredovanja otkopnog fronta. Sa započetim forsiranjem cikličkog rada na širokim čelima, dnevno i mešeno napredovanje se u prospektu povećalo. Merenjem svih etažnih karata dobio sam podatke koji su dati u tablici 2.

Tablica 2

#### Prosečno napredovanje čela

Godina	Prosečno napredovanje čela			Duzina me- đučelnih kanala	Broj oslobo- đanja/mes.
	dnevno m	mesečno m	Duzina me- đučelnih kanala		
1961.	21,32	0,82	12,58		24,30
1962.	25,48	0,98	10,71		4,84
1963.	27,04	1,04	15,15		4,75
1964.	28,60	1,10	14,75		3,20

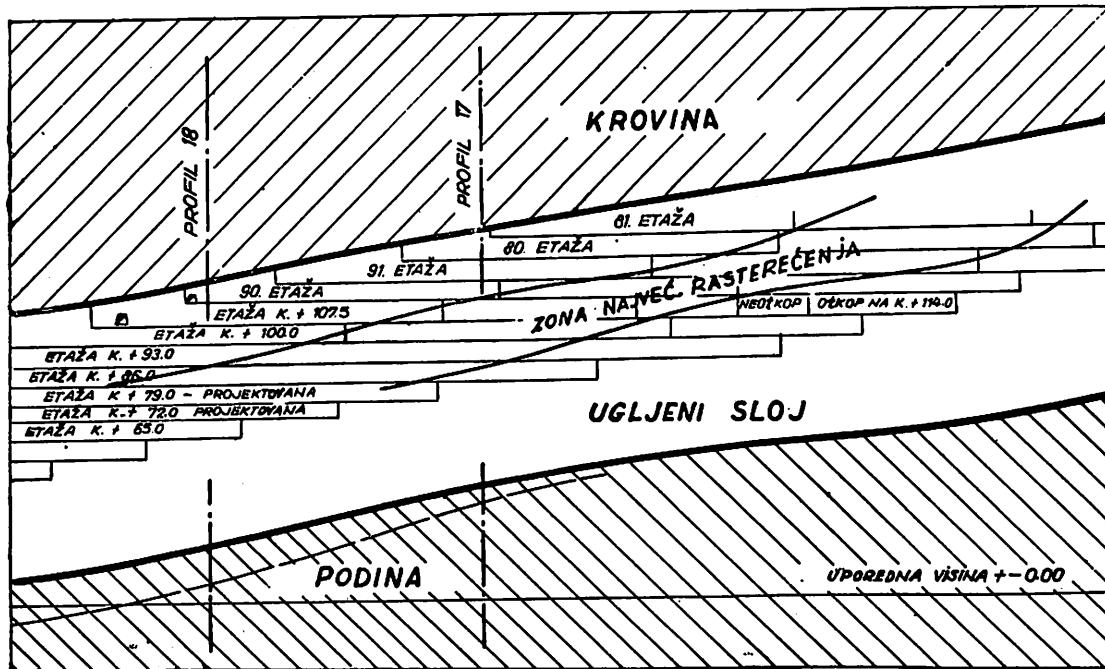
U tablici 2 vidi se mesečno i dnevno prosečno napredovanje svih čela, prosečna dužina međučelnih kanala te u vezi s tim prosečan broj stubnih

udara na jedan mesec. U opisanom razdoblju od 1961. do 1964. godine, dnevno napredovanje čela se povećalo od 0,82 m na 1,10 m. Broj udara se je, pak, smanjio od 4,84 mesečno, u 1962. godini, na 3,2 mesečno, u 1964. godini.

Glavni uzroci stubnih udara na 80. etaži biće još posebno opisani. Broj udara u 1961. godini (24,3

krovu kod zatvaranja krova i u potkopu kod otpucavanja i slično, opada na minimum. Sama krovina i krovni deo uglja ostaju kompaktniji, što je takođe dokazano manjim uglom  $\beta$  i posledicama njegovog uticaja.

Veće napredovanje omogućuje lepe i ravnomernije naleganje krovnog previsnog uglja na po-



Sl. 7 — Profil 4'

mesečno) je kod normalnog stanja nešto niži ali je još uvek daleko iznad broja udara u sledećim godinama.

Pokazatelji u tablici 2 potvrđuju nam činjenicu da povećana brzina povoljno utiče na samo otkopavanje i na ponašanje pritisaka na čelima. Povećana brzina napredovanja čela ima za posledicu smanjenje stvaranja pukotina u krovnom uglju otkopa, koji u tom slučaju čini neposrednu krovinu. Krovna ploča se u tom slučaju deformira mnogo manje, što je već bilo pomenuto pod naslovom „merenje konvergencije“. Sa povećanom brzinom otkopavanja prenosi se uticaj napetosti u ugljenom sloju dalje ispred otkopnog fronta u sam ugljeni stub. Napetosti, akumulirane u samom uglju u području otkopavanja, na taj način se smanjuju. Pojava oslobođanja u

rušenu krovinu i sprečava odvajanje uglja u otvorenom krovu otkopa.

#### Oslobađanje iz tla

Pitam se takođe za mogućnost oslobođanja pritisaka u podinskom uglju (u tlu) potkopnog dela otkopa. Broj udara u krovu kao i kod otpucavanja u krovu otkopa ili kod zatvaranja krova obuhvatio je 73% svih udara na čelu (II grupa). Razumljivo je, da je u kratkom vremenu u obradi  $75 \text{ m}^2$  krovne površine uglja i najviše  $37 \text{ m}^2$  potkopne tlocrte površine uglja. Mali procenat dizanja tla u potkopu kod udara na čelima — 26 puta od svih 330 slučajeva

udara na čelima, ne daje misliti na glavni uzrok oslobođanja pritiska u tlu. Tablica 3 pokazuje minimalni broj slučajeva na godinu i etažu.

Mišljenja da udari dolaze kod oslobođanja iz tla su varljiva. U krovu akumulirani pritisci se preko čelne podgrade prenose na tlo. Podgrada zbog preopterećenja popušta i stisnuti ugalj u tlu se kod toga rastereti i zbog elastičnosti skokovito podigne. Otkrivanje tlocrte površine potkopa otpucavanjem u potkopu je prouzrokovalo oslobođanja, koja su obuhvaćena samo sa 12% svih oslobođanja. Nezatvoren deo potkopa u širini  $4 \times 13 = 5,2$  m i najmanje još jedanput toliko u zarušenom delu otkopa daju podinskom uglju na čelu dovoljno veliku mogućnost ravnomernog neprimetnog popuštanja svih nenormalno akumuliranih napetosti. Bržim napredovanjem otkopa povećava se takođe površina neopterećene podne plohe, odnosno brže oslobođanje napetosti u tlu kod čela potkopa. Ako bi glavna pojava oslobođanja bila iz tla, onda bi se sa većom brzinom broj tih oslobođanja povećao. Tablica 3 nam pokazuje, da se broj tih pojava smanjuje.

#### Uticaj dužine međučelnih kanala

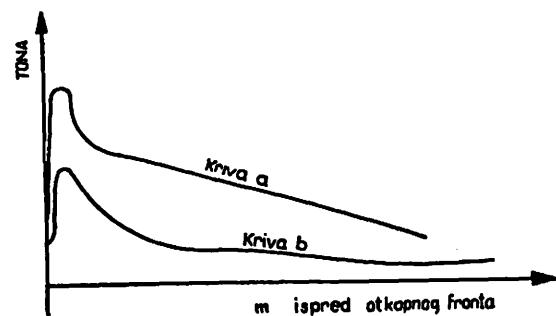
U tablicu 2 unete su takođe dužine međučelnih kanala. Ove su se u godinama 1961—1964. kretale skoro nepromjenjeno, u proseku oko 15 m. Kanali između čela u krajnjim delovima krovine bili su znatno duži, a kanali u području srednjeg pojasa su bili manji u približno istim dužinama. Prema iskustvima, stečenim u rudnicima Gornje Šlezije, Rurskoj oblasti i rudniku Raša, pritisci kod širokočelnog otkopavanja mnogo se pogodnije ponašaju na samim otkopima nego kod načina otkopavanja u dugačkim stubovima (primer: rudnici lignita Velencje, nekada). Sistem otkopavanja širokim čelima ne smanjuje čvrstoću uglja, pošto ne zahteva mnogo radova na otvaranju, odnosno pripremi. To dokazuje „Izveštaj Instituta za rудarstvo o stubnim udarima Gornje Šlezije“ i predavanje eksperta za jamske pritiske dr ing. J. a c o b y-a iz Zapadne Nemačke. Akumulacija pritiska zavisi takođe od faktora kao što su ostavljanje ugljenih nogu u gornjim etažama, stvaranje jako ispostavljenih ivica, čoškova, itd. Ostavljanje većih količina uglja u krovu štetno utiče na ravnomernost sleganja krovnih naslaga i na kasnije kretanje pritiska na otkopima druge etaže. Jako akumulirani pritisci u tako ostavljenom uglju gornje etaže prouzrokuju pored velikih visina krovova na otkopima donje etaže skoro uvek jača oslobođanja pritiska i udare kod zatvaranja takvog krova. Otkopni pritisak različito se pojavljuje ispred otkopnog fronta u pružnim hodnicima, koji spajaju

Tablica 3  
Podignuto tlo potkopa za različite br. m X puta

Godina	Bl. etaža	80. etaža	Sl. etaža	90. etaža	101. etaža	100. etaža
1961.	0	8	4			
1962.	0	1	1	1		
1963.		1	0	5	2	
1964.				0	2	2

dva čela sa kraćim rastojanjem (međučelnim kanalom), te u pružnim hodnicima, koji spajaju čelo sa drugim velikim međučelnim kanalom. Izmereno je (kod napredovanja čela 0,9 m/dan), ponašanje pritiska u pružnom hodniku dvaju čela A i B sa kratkim međučelnim kanalom.

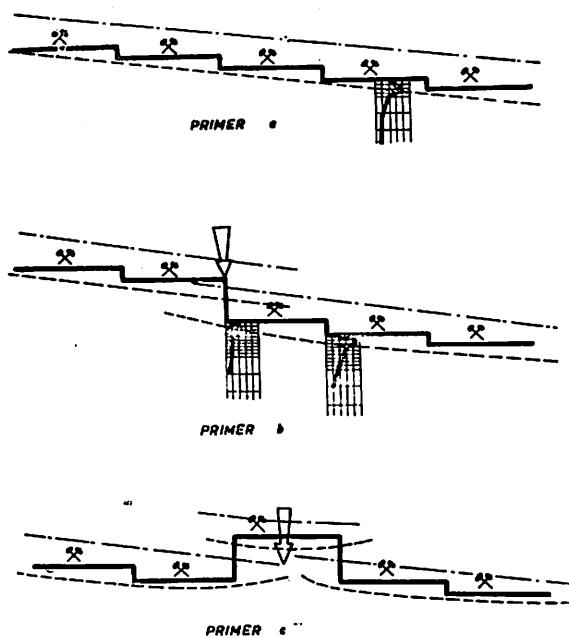
Ovde se napetosti prenose u ugljeni stub ispred otkopnog fronta u većoj meri (slika 8 — kriva a). U slučaju dužeg međučelnog kanala (15 m i više) su pak ove napetosti ispred otkopnog fronta manje, pošto deo tih preuzima ugljeni stub ispred čela, koji zaostaje (slika 8 — kriva b).



Sl. 8 — Pritisci izmereni ispred otkopnog fronta kod međučelnih kanala razne dužine.

Stvaranje međučelnih kanala manje dužine u području pojava stubnih udara ne pravi bitne poteškoće, pošto se pritisci usled velike dužine otkopa (60 m) prema kratkim kanalima (cca 6 m) ravnomerno prenose duž celog otkopnog fronta tog etažnog

područja (slika 9 — primer a). Povećanje jednog kanala iznad dozvoljenog proseka već pokazuje drobljenje uglja na prelazima iz kanala u otkop i povećava pritisak, te se može naslutiti mogućnost nastajanja raznih udara u stubu (slika 9 — primer b). Krajnje opasna i nedozvoljena pojava je slučaj, da neko čelo zaostaje iza oba susedna čela. Čelo je jače zaostalo iza svog prethodnog(levog) suseda, sledeći (desni) sused je takođe mnogo ispred njega. U Velenjskoj jami se za ovakav slučaj stvorio izraz „žakej-vreća“ (slika 9 — primer c).



Sl. 9 — Uticaj dužine međučelnih kanala na koncentraciju pritisaka.

Pritisici se ne prenose ravnomođno preko celog otkopnog fronta, tada kada postoje dugačka čela, jedno iza drugog, u obliku stepenice sa kratkim međučelnim kanalima. Linija pritisaka ispred i iza fronta kreće se ravnomođno levo i desno do tog čela, i svom snagom se naslanja, s obe strane, na neotkapani deo toga čela u „vreći“. Ti dodatni pritisici iz susednih čela, u kombinaciji pritisaka samog čela, stvaraju jaku akumulaciju pritisaka, koja se oslobađa u obliku jačih stubnih udara.

Takav neugodan slučaj bio je od 1. aprila 1961. do 1. septembra 1961. godine na čelu B 80. etaže. Na slici 10 vidi se velika gustoća stubnih udara na tom čelu u pomenutom vremenu.

U vremenu od početka praćenja stubnih udara, 1. juna 1961. pa do 1. septembra 1961. godine, kada je čelo B ponovno došlo u normalan red, bilo je samo ovde 46 stubnih udara ili 15,3 prosečno na mesec. To je 3,6 puta više nego prosek svih udara posle tog vremena (to je glavni uzrok jakog odstupanja broja oslobađanja / mesec u godini 1961. prema broju oslobađanja / mesec u sledećim godinama).

#### Kombinovano podgrađivanje

Kao što je već pomenuto, primetno oslobađanje pritisaka počelo je u velenjskoj jami tek uvođenjem potpune čelične podgrade (čelični stupac i čelična greda). Velenjski ugalj sadrži takozvanu elastičnu žilavost. Stupac zbog velikog iznenadnog pritiska popusti za više milimetara ili čak santimetara. Taj pritisak prouzrokuje stisnuti ugalj na stupac preko grede. Kod popuštanja stupca, on se odvaja od grede, koja usled svoje ustrajnosti ostaje trenutak u prvoj položaju.

Ugalj se posle oslobađanja ne raširi toliko koliko je popuštanje stupca, nego se zbog svoje elastičnosti vrati u neki međupoložaj (pre popuštanja stupca i maksimalnog povećanja). Greda zbog impulsa iz uglja i zbog svoje vlastite težine naknadno udari glavu stupca, kod čega u mnogo slučajeva nalegne izvan prvobitnog položaja (ekscentrično). To prouzrokuje pomeranje greda oko uzdužne osovine i u više slučajeva odlamanje roglica glave stupca. Kod kombinovane podgrade čelični stupac — drvena greda ne dolazi do pojave odvajanja stupca od grede, jer elastičnost drveta prouzrokuje stalni kontakt između stupca i grede.

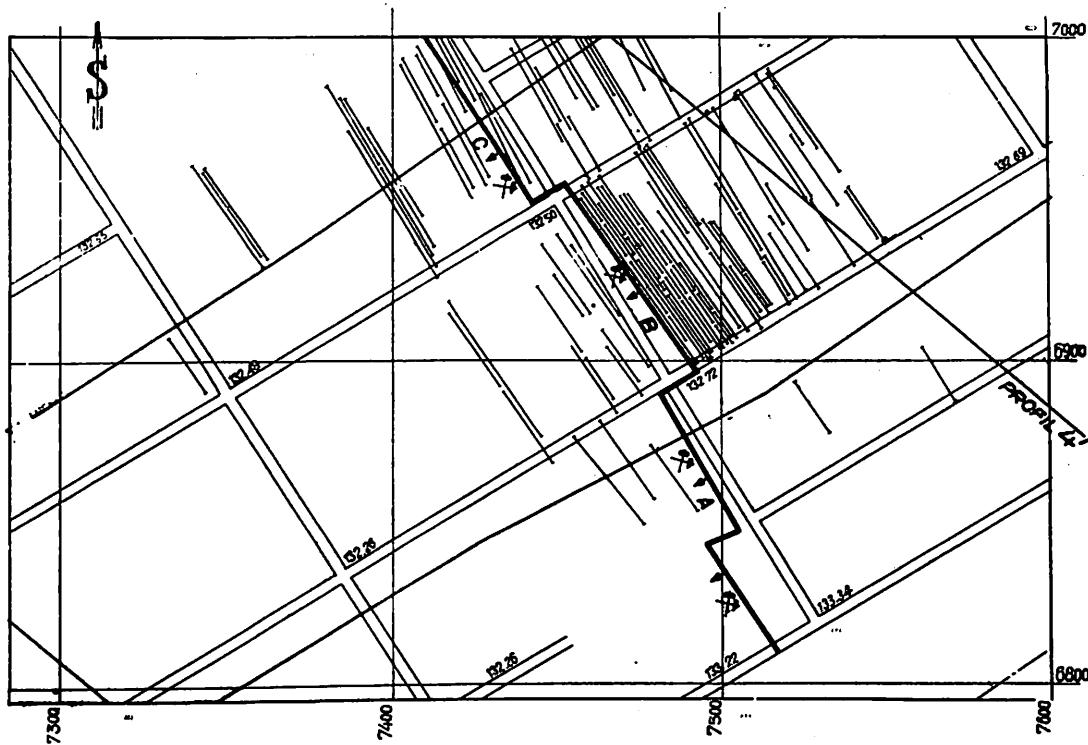
Na radilištu, gde su se redovno i često pojavljivala oslobađanja pritisaka, izvršili smo pokus. U istom vremenskom razdoblju, kod istih udara upotrebljena je kompletna čelična podgrada i kombinovana podgrada.

Rezultati su očvidno pokazali, da je kod nepromenljivih otkopnih uslova odnos udara na istom čelu, u istom vremenskom razdoblju, osetno u korist kombinovane podgrade.

Umesto skupog hrastovog drveta za drvene grede izvedeni su pokusi sa umetanjem drveta za gnjećenje između glave čeličnog stupca i čelične grede.

Pokusima je bilo ustanovljeno, da to drvo mora imati oblik kvadratičnih dimenzija i određenog položaja ugrađivanja. Drvo je smrča, dimenzija 90 mm x 10 mm, umetnuto paralelno sa pravcem širokog čela.

„Vzhod“ RLV nema gorskih udara. Oslobođanja prisika pojavljuju se u velenjskoj jami u samom ugaju, dok je glavni uzrok gorskih udara npr. u Raši ili u Zenici, pored čvrstoće i žilavosti uglja, krovina odnosno počina.



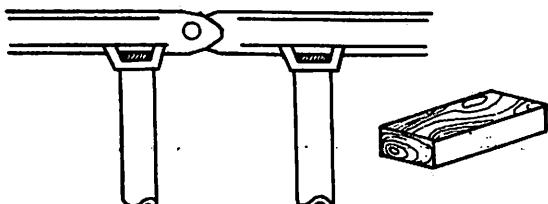
Sl. 10 — Prikaz gustoće oslobođanja na čelu B, koje je zaostalo iza čela A i C

Ovaj primer je u jami „Vzhod“ u potpunosti usvojen, te ga prema potrebi redovno koriste. Broj vidnih oslobođanja sa posledicama smanjio se od 3,2 na 2,0 na mesec, a ekonomski i u pogledu sigurnosti je visoko rentabilan.

U opasnom području ugrađuju se još dodatni unakrsni rasponi (slika 12), čime se postiže solidno povezivanje svih čelnih okvira.

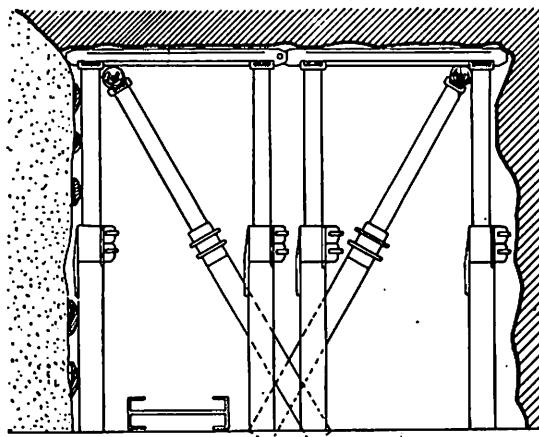
ZAKLJUČAK

Kada na kraju praktično upoređujemo uzroke i posledice oslobođanja pritisaka u rudnicima Velenje, Raša i Zenica, dolazimo do zaključka da u jami



Sl. 11 — Drveni kvadri za gnječenje.

Pomenuta oslobađanja I grupe u potkopnom delu širokočelnog otkopa jame „Vzhod“ su do neke mере slična oslobađanjima u Raši ili u Zenici, pošto ovde krovni ugalj sačinjava direktnu krovinu potkopnom uglju. Tih uzroka je, kao što je pomenuto, samo 17% prema oslobađanjima II grupe iz krovnog uglja koja obuhvataju 73%.



Sl. 12 — Ugradivanje uzdužnih raspona na širokim čelima.

Iz celokupnog proučavanja naslovne teme može se zaključiti:

— Oslobađanje se javlja u većini slučajeva u srednjem pojasu sadašnjih etaža i u srednjem pojasu preseka ugljenog sloja, u području neravnomernog sastava uglja sa umecima velenita.

— Iznenadna oslobađanja se u području prečnih hodnika u pomenutoj širini ne javljaju.

a) za najpovoljnije prelaženje čela preko prečnih hodnika u području velikih oslobađanja pritisak je veoma povoljno podgradijanje istih TH lukovima, koji se pre vremena izvade, a umesto njih ugrade jako proređeni drveni stupci.

— Na oslobađanje pritisaka veoma utiče brzina otkopavanja, koja treba da dostigne bar 1,3/dan, što odgovara cikličnom radu na širokočelnom otkopu.

a) Nužno je u opisanom području držati što manje i jednak dugačke međučelne kanale.

b) Treba izbegavati veći čelični kanal kod normalne geometrije ostalog otkopnog fronta.

c) Treba sprečiti čela koja leže sa strane, sa oštrim prelazima iz čela u međučelni kanal.

d) Bezuslovno je potrebno sprečiti stvaranje tzv. „vręće“.

— Da se što manje kvari opasno područje etaže pružnim hodnicima. Čela tog područja treba da imaju (ukoliko nisu zahtevi veći) što veću (optimalno 60 m) dužinu. Time se smanjuje broj međučelnih kanala i njihov uticaj.

— Najviše oslobađanja možemo očekivati (u zavisnosti od osobina uglja) u fazi radova u krovnom delu otkopa, najviše pak konkretno kod samog zarušavanja otvorenog prostora krovinom ili takozvanog „zatvaranja krova“.

— Kod svih oslobađanja je radnik najzbiljnije ugrožen od same podgrade, koja u većini slučajeva menja svoj položaj; zbog toga:

a) u opasnom području treba ugrađivati uzdužne unakrsne raspone (slika 12) čime se postiže solidno povezivanje svih čelnih okvira;

b) u najnepovoljnijim slučajevima treba upotrebjavati kombinacije, čelični stupac — drvena greda;

c) za elastično povezivanje čeličnih stupaca i čeličnih greda protiv elastičnih oslobađanja pritisaka u uglju, moraju se ugrađivati između glave stupca i grede drveni kvadri isprobanih dimenzija, koji se mogu gnjeti;

d) potrebno je duboko ukopavanje (gnezdjenje) stupaca;

e) potrebno je zalagati krov potkopa okrajcima.

Pored dosadašnjih posmatranja i konstatacija smatramo za potrebno i dalje tačno praćenje i beleženje svih primetnih oslobađanja, ucrtavanje njihovog područja na etažne karte i istovremeno meračko praćenje toka promena u uglju, pre svega, položaja uložaka velenita.

