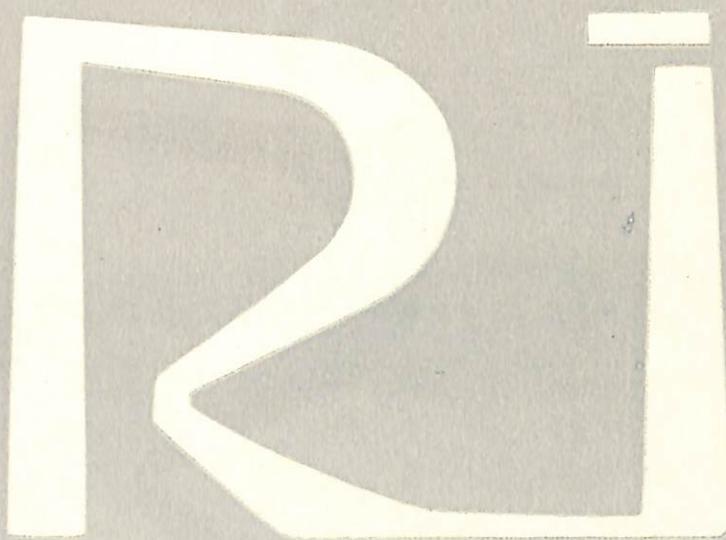


INFORMACIJE B
BROJ 10



Ing. RUDI AHČAN

USAVRŠAVANJE METODA NAPREDOVANJA I PERMANIZACIJE
HODNIKA U JALOVINI NA RUDNIKU ZAGORJE SA POSEBNIM
OSVRTOM NA PRIMENU BLOKOVA OD PEPELA IZ LURGI PEĆI

RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD 1962.

Izdavač

RUDARSKI INSTITUT — BEOGRAD

R e d a k c i o n i o d b o r

Ing. M. Perišić, prof. dr ing. D. Malić, prof. ing. M. Petrović, prof. dr ing. D. Lešić, ing. A. Blažek, v. savetnik, prof. ing. B. Gluščević, ing. B. Spasojević, ing. S. Dušar, savetnik, ing. J. Vinokić, savetnik, ing. M. Sumbulović, ing. M. Čeperković, ing. K. Đorđević, ing. R. Misita, v. savetnik, ing. B. Popović, naučni savetnik, ing. Lj. Novaković, v. struč. saradnik, ing. J. Mihajlović, dipl. hem. N. Jovanović, v. stručni saradnik

Štampa „PROSVETA“ Požarevac

Ing. RUDI AHČAN

**Usavršavanje metoda napredovanja i permanizacije hodnika u
jalovini na rudniku Zagorje sa posebnim osvrtom na primenu
blokova od pepela iz Lurgi peći**

S a d r ž a j

<i>Uvod</i>	3
<i>Rudarsko-geološki uslovi</i>	3
<i>Karakteristika ležišta</i>	4
<i>Prognoza pojavljivanja pritisaka u naslagama</i>	5
<i>Materijal za permanizaciju hodnika</i>	6
<i>Celična podgrada</i>	6
<i>Podgrada od armiranog betona</i>	6
<i>Betonska obloga</i>	7
<i>Obloga od betonskih blokova</i>	7
<i>Obloga od betona i hrastovog drveta</i>	9
<i>Obloga od blokova od pepela Lurgi peći</i>	9
<i>Uporedjenje izmedju permanizacije hodnika od betona i od pepela Lurgi peći</i>	9
<i>Metode napredovanja permanizovanih hod- nika u jalovini</i>	11
<i>Analiza starog tehnološkog procesa</i>	11
<i>Analiza novog postupka istovremenog is- kopa i permanizacije hodnika</i>	12
<i>Uporedjenje rezultata</i>	15
<i>Dalje moguće poboljšanje postupka</i>	16
<i>Ekonomski pokazatelji</i>	16
<i>Zaključak</i>	17

U V O D

Posle drugog svetskog rata, a naročito zadnjih godina, na rudnicima uglja znatno je porasla produktivnost rada, zahvaljujući usvajanju savremenih postupaka kod mehanizovanog otkopavanja slojeva uglja i napredovanja jamskih pripremnih radova. Povećanje produktivnosti rada posledica je detaljnijih studija elemenata pojedinog tehnološkog procesa. Na osnovi tih studija mogla se unaprediti organizacija rada te delimično ili potpuno mehanizacija nekih faza procesa.

Pomoću novih metoda rada i mehanizacije brzina napredovanja otkopnih frontova je porasla u rudniku mrkog uglja Zagorje do 3,5 puta. Postupci rada na otvaranju novih jamskih polja ili horizonta ostali su, međutim, nepromjenjeni. Ovo naročito važi za radove kapitalne izgradnje. Napredovanje hodnika u jalovini, koje treba, zbog teških rudarsko-geoloških prilika, permanizirati jakim betonskim oblogama, ostalo je na starom nivou.

Znatno povećanje brzine napredovanja otkopnih frontova izazvalo je brže trošenje zaliha slojeva uglja, pripremljenih za otkopavanje, što nužno iziskuje i skraćenje vremena otvaranja novih otkopnih polja ili jamskih pogona. Zbog toga je potrebno povećati brzinu napredovanja hodnika u jalovini, koje je potrebno izraditi u betonu.

U našim rudnicima mrkog uglja prateći slojevi su u većini slučajeva tercijarnog porekla (gline, laporci), u kojima kod izgradnje, a još više za vreme eksploatacije, nastupaju jaki pritisci, tako da nije moguće bez primene betonske obloge trajno zadržati potreban slobodni profil hodnika.

Slične poteškoće nastupaju i u nekim rudnicima kamenog uglja, u kojima nije moguće da se upotrebni standardna čelična lučna podgrada, nego sa-

mo obloga iz betonskih blokova. Naročite poteškoće u izgradnji takvih hodnika možemo pratiti u rudnicima Belgije (Campine, Beringen, Zwarteberg, Houthalen i ost.), gde su razvijeni savremeni postupci napredovanja hodnika sa oblogom od betonskih blokova (Bulletin technique — Mines № 61/1958).

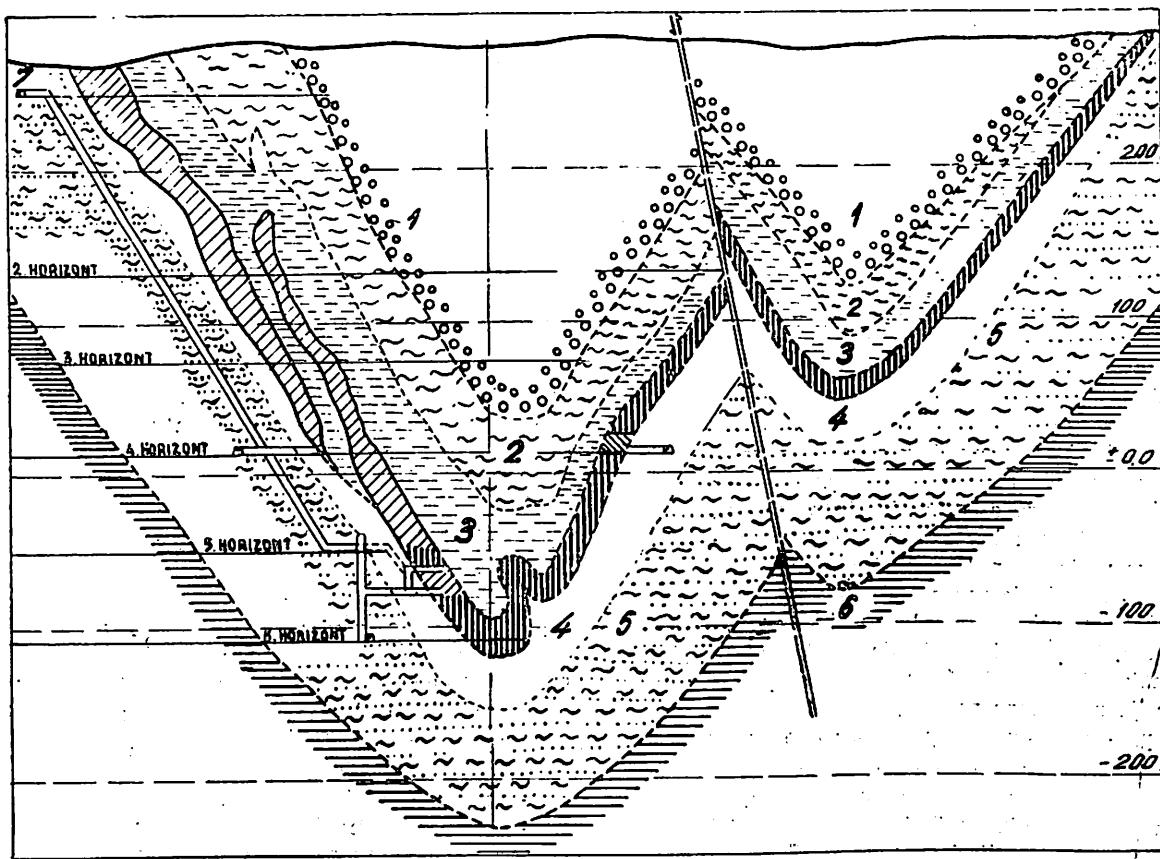
Na rudniku mrkog uglja Zagorje razvijeni su u najnovije vreme novi postupci rada za izgradnju hodnika u jalovini, koji su permanizirani materijalima koji mogu odleti nastalim pritiscima. U cilju usvajanja tog postupka i na drugim rudnicima, koji rade u sličnim uslovima, daje se analiza jamskih uslova na rudniku Zagorje obzirom na:

- rudarsko-geološke uslove
- karakteristike podinskih naslaga
- prethodnu prognozu pritiska naslaga
- upotrebljeni materijal za permanizaciju i kvalitet primjenjenog materijala
- metode napredovanja permaniziranih hodnika u jalovini
- dalje moguće poboljšanje procesa
- ekonomiku novog načina napredovanja hodnika u poređenju sa starim načinom.

Navedeni uslovi, koji predstavljaju osnovni problem u izgradnji hodnika u jalovini, studirani su u različitim područjima rudnika. Ocenom rezultata izvršenih ispitivanja mogu se za navedene probleme dati sva objašnjenja.

RUDARSKO-GEOLOSKI USLOVI

Moćnost tercijarnih naslaga u ugljonošnoj sinklinali Zagorja iznosi 700 do 800 m. Sav tercijarni pojas, koji je na severu i jugu ograničen trijasnim masivom, predstavlja komplikovano nabran teren,



Sl. 1 — Geološki profil ugljonosne sinklinale rudnika Zagorje.

1 — govški slojevi; 2 — morska glina; 3 — krovnina; 4 — crna podina; 5 — podina; 6 — pseudoziljski slojevi; 7 — kotredeški potkop.

koji se proteže u pravcu istok—zapad. U vremenu sedimentacije tercijarnih naslaga, u kojima su zastupljene skoro sve serije od srednjeg oligocena do gornjeg miocena, nije bilo jačih tektonskih poremećaja, što se ogleda na svim naslagama od podine ugljenog sloja do površine terena:

Direktnu osnovu tercijara predstavljaju naslage trijasnog dolomita i krečnjaka, a mestimično i pseudoziljskih škriljaca. Dolomit je u čitavom području više ili manje vodonosan, što predstavlja veliku opasnost za jamske prostorije.

Izmedju trijasa i ugljenog sloja uložene su naslage podinske vodonepropustljive gline nejednakne moćnosti, koje postepeno prelaze u ugljeni sloj.

Moćnost ugljenog sloja varira od 5—40 m. Sloj ima konstantan pad od 40—60° prema dnu sinklinale. Mestimično je sloj tektonski poremećen, tako da su pored glavne, nastale i sporedne sinklinale, koje su mestimično potpuno iščezle.

Karakteristika ležišta

Glavne jamske komunikacije postavljene su po pravilu u podini i to u podinskoj glini (beloj) na odstojanju cca 30—50 m od ugljenog sloja i od vodonosnog dolomita. Što su jamski objekti bliži sloju, to su veće pojave pritiska na betonsku oblogu. Neposrednu podinu ugljenog sloja predstavlja cr-

na glina u moćnosti 10—50 m zavisno od pada sloja, koja u dodiru sa vodom znatno buja. Izgradnja jamskih objekata vrši se u takvim prilikama pod izričito teškim uslovima, zbog čega se nastoji da se u tom području izraduju samo najnužniji prekopi u sloju. Ukoliko su hodnici izradjeni u „beloj“ podini, pritisci do kojih dolazi mogu se savladati.

U krovinskim naslagama se osim izvoznih očekiva i navozišta ne izraduju jamski objekti, jer to ne dozvoljava podinski sistem otvaranja, koji je primenjen zbog strmog pada ležišta.

Podinske gline su kompaktne jako plastične gline sa specifičnom težinom $\gamma = 2,0 \text{ t/m}^3$, sa 10—20% prirodne vlage, indeksom plastičiteta 38%, koeficijentom vodopropustljivosti $k=2, 3 \times 10^{-8}$, pritisne čvrstoće $\sigma = 35—80 \text{ kg/cm}^2$ i uglom unutrašnjeg trenja $\phi = 40^\circ$.

Na osnovu gornjih pokazatelia možemo podinske gline ubrajati u jako plastične gline.

Izgradnja jamskih objekata je u nedirnutom masivu prilično jednostavna, dok se u području eksploatacije pojavljuju i pritisci, koje obloga hodnika mora izdržati. Ti pritisci rastu sa smanjenjem rastojanja hodnika od otkopnog fronta. Ukoliko su smerni hodnici locirani u crnoj podinskoj glini, a iznad istih se nalazi otkopni front, pritisci dostižu izvanrednu jačinu.

PROGNOZA POJAVLJIVANJA PRITISAKA U NASLAGAMA

Odredjivanje visine pritiska, koji se pojavljuje u određenom području rudnika, a u kojem se izgraduje jamska saobraćajnica, predstavlja velike teškoće. Komplikovanost geoloških i hidroloških uslova u znatnoj mjeri otežava rešavanje pitanja prethodnog odredjivanja jamskog pritiska.

U rudniku Zagorje glavne komunikacije i jamski objekti locirani su u glinastim naslagama, koje imaju u dodiru sa vodom osobinu bujanja, što provozruje povećanje pritiska. Pored ovoga, prognoza, makar samo orientacionog karaktera, igra veliku ulogu u projektovanju i gradjenju jamskih objekata, a naročito kod primene odgovarajućeg materijala za permanizaciju.

Najčešće se pojavljuje vertikalni pritisak, koji u zavisnosti od blizine otkopavanja dostiže ogromnu snagu. Zbog toga, kod odredjivanja lokacije jamskih prostorija ima odlučujuću ulogu udaljenost hodnika od ugljenog sloja. U glinastim naslagama, na-

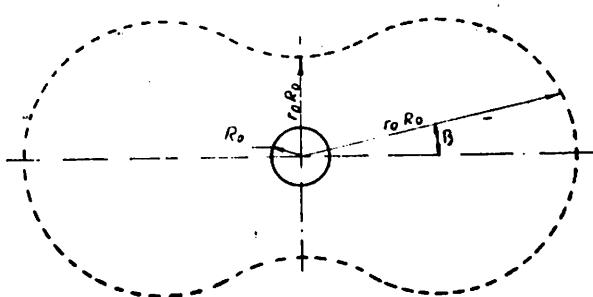
ročito pod uticajem vode, dejstvuju pritisci iz svih pravaca. Iskustvo je pokazalo, da hodnik u obliku zatvorenog kruga najbolje izdrži pritiske.

Kod projektovanja i izgradnje jamskih prostorija potrebno je temeljito proučiti odredjivanje aktivnih opterećenja u načetom stenskom masivu. U tom cilju možemo se poslužiti teorijom odredjivanja jamskih pritisaka na horizontalnu jamsku prostoriju prema izlaganjima prof. G. Labassa¹⁾ i K. V. Ruppeneit-a²⁾.

U cilju dobijanja približne slike o jačini pritisaka u glinastim naslagama izведен je proračun prognoznog pritiska u tom području u skladu sa izlaganjima K. V. Ruppeneita.

Teorija K. V. Ruppeneita. —

K. V. Ruppeneit rešava problem odredjivanja visine jamskog pritiska u plastičnim naslagama na jamsku prostoriju okruglog preseka uz uticaj dubine jamske prostorije. On polazi od supozicije, da u okolini jamske prostorije okruglog preseka nastaje područje plastične deformacije, koje se po obliku približuje horizontalno izduženoj elipsi. (Sl. 2)



Sl. 2 — Kontura područja deformacije naslage hodnika po Ruppeneitu

Visina pritiska na betonsku oblogu prostorije zavisi od uslova ophodjenja sistema podgrade u odnosu na stenske naslage.

¹⁾ prof. G. Labass — Revue universelle des Mines I, 1950.

²⁾ K. V. Ruppeneit — „Gornoe delo“, tom 4.

Kod nepopustljivog sistema obloge, na primer betona, visina aktivnog pritiska na oblogu izračunava se prema formuli:

$$P_{akt} = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} (k \gamma h + k \operatorname{ctg} \varphi) e^{-\pi \operatorname{tg} \varphi} - K \operatorname{ctg} \phi$$

Gde je: P_{akt} = aktivni pritisak u t/m^2

φ = ugao unutrašnjeg trenja: za glinu po Ruppeneitu = 16°

k = koeficijent koncentracije naprezanja = 0,6

γ = specifična težina = $2,0 \text{ t/m}^3$

h = dubina jamske prostorije, $100 \text{ m} - 400 \text{ m}$

K = koeficijent žilavosti naslage = 5

a) kod dubine $h = 100 \text{ m}$ predviđeni pritisak iznosi:

$$P_{akt} = \frac{1 - 0,27}{1 + 0,27} \times (0,6 \times 2,0 \times 100 + 5 \times 3,49) e^{-0,29\pi} - 5 \times 3,49 = 77,5 \text{ t/m}^2 \text{ ili } 7,75 \text{ kg/cm}^2$$

b) kod dubine jamske prostorije, $h = 400 \text{ m}$:

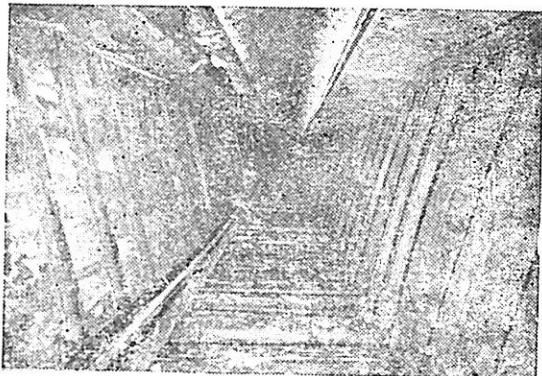
$$P_{akt} = \frac{1 - 0,27}{1 + 0,27} \times (0,6 \times 2,0 \times 400 + 5 \times 3,49) e^{-0,29\pi} - 5 \times 3,49 = 278 \text{ t/m}^2 \text{ ili } 27,8 \text{ kg/cm}^2$$

Prema gornjem aproksimativnom računu vidi se, da će pritisici, koji deluju na jamsku prostoriju okruglog preseka lociranu u plastičnim naslagama na dubini $100-400 \text{ m}$, iznositi približno 77 do 278 t/m^2 ili $7,75$ do $28,8 \text{ kg/cm}^2$.

Kod prognoziranja jamskog pritiska svakako treba voditi računa i o kvalitetu slojevitih naslaga, udaljenosti otkopnog fronta i svim geološkim, petrografske, hidrološkim i ostalim prilikama područja, u kojem se nalazi projektovani jamski objekt. Usled toga, ove kalkulacije se mogu primeniti u praksi sa velikom rezervom.

MATERIJAL ZA PERMANIZACIJU HODNIKA

U rudniku Zagorje u stalnoj je upotrebi cca 20 km permaniziranih jamskih komunikacija u jalovini, a svake se godine prema potrebi i različitim prilikama izradjuje do 2,0 km novih jamskih saobraćajnica. Zbog toga se za sve vreme eksploracije rudnika poklanjala velika pažnja problemu iznalaženja najpogodnijeg materijala za permanizaciju. U cilju pronađenja najpogodnijeg materijala za permanizaciju jamskih prostorija vršena su mnoga ispitivanja u najrazličitim rudarsko-geološkim uslovima i predelima rudnika pa se tako došlo do značajnih rezultata, koji će se posebno analizirati.

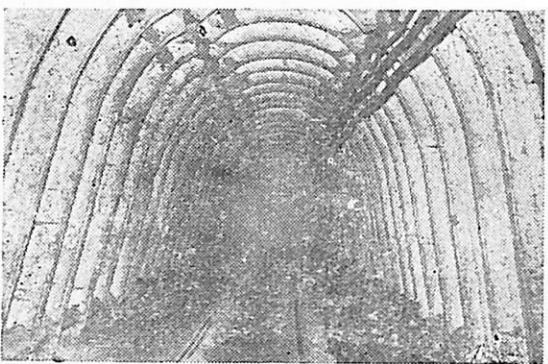


Sl. 3 — Čelična podgrada od starih šina

Celična podgrada. — Na nekim mestima upotrebljeni su u hodnicima čelični lukovi. Primena lučne čelične podgrade u glavnim jamskim saobraćajnicama, gde stoji duže vremena, za naše prilike je veoma skupa, ne samo iz razloga što je istu potrebno uvoziti, nego i zbog toga što ne izolira glinene naslage od uticaja vode. Uglavnom, ona se upotrebljava u ugljenom sloju i prekopima, koji nisu u upotrebi duže od 1–2 godine. Nedostatak tog načina podupiranja je slaba primjenjivost u hodnicima lociranim u glinastim naslagama. Trajanost ovako permaniziranih glavnih hodnika je mala, naročito u području, gde se pojavljuje voda, koja prouzrokuje velika bujanja gline.

Na nekim mestima upotrebljena je kombinovana permanizacija i to: donji deo hodnika radjen je u livenom betonu, a gornji deo zaštićen trapeznom podgradom od starih šina dok su bokovi i strop oboženi hrastovim daskama (Sl. 3). Ovaj način može se primeniti samo u području, gde su nastali pritisici veoma niski, a udaljenost hodnika od sloja u eksploraciji iznosi najmanje 60 m. Takav način permanizacije iziskuje česte opravke već posle 8–14 meseci u zavisnosti od kvaliteta glinastih naslaga. Zbog toga se je odustalo od ovog načina podupiranja u svim glavnim hodnicima izgradjenim u jalovini, koji traju duže od 2 godine.

Podgrada od armiranog betona. Izvršeno je nekoliko opita sa primenom podgrade, koja se u donjem delu sastoji od zatvorenog betonskog luka, a u gornjem delu se nalaze segmenti od armiranog betona (Sl. 4). Ovaj način permanizacije upotrebljiv je samo u područjima jame, gde se ne javljaju pritisici i to, uglavnom, u krovnim naslagama



Sl. 4 — Podgrada od armiranog betona.

koje sastavljaju peskovi. Taj način podgradjivanja u području eksploatacije, gde dolazi do jačih pritiska, ne može se upotrebiti.

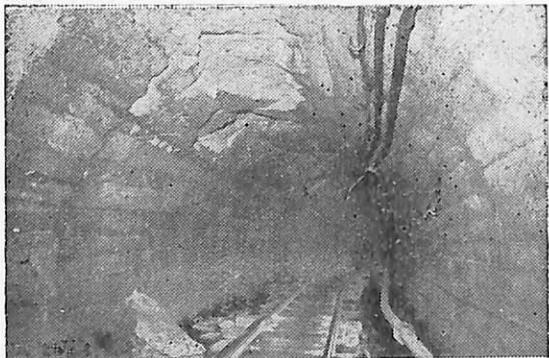
Betonska obloga. — Kružni profil hodnika od livenog betona često se je primenjivao u rudniku, tako da je cca 40% podgrade svih jamskih objekata izvedeno od livenog betona. Sam postupak permanizacije je spor, jer traži prethodni iskop hodnika u trapeznom profilu i kasnije izradu stropa, bokova i poda bez upotrebe eksploziva, što iziskuje mnogo radne snage. Pored toga u područjima gde su rudarsko-geološki uslovi teški, ovaj način nije upotrebљiv. Naročito se slabo pokazao u predelima jame, gde su jači pritisci i beton počinje brzo da puca (Sl. 5). Sa materijalom, koji je na raspolaganju (dolomit), postiže se čvrstoća od 100—200 kg/cm². Moćnost betonske oblage iznosi 30—50 cm,

zavisno od korisnog profila hodnika. Sada se permanizacija sa oblogom od livenog betona upotrebljava u rudniku samo još za specijalne profile.

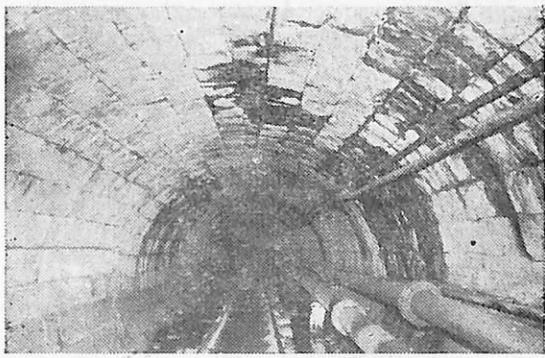
Obloga od betonskih blokova. — Betonski blokovi počeli su se primenjivati za permanizaciju jamskih hodnika i prostorija rudnika Zagorje u većem obimu tek poslednjih godina. U početku su radjeni od raspoloživog materijala — dolomita, koji ima veoma loše karakteristike kao gradjevinska sirovina. Postizana je srazmerno niska čvrstoća (100—200 kg/cm²), koja je pored toga još znatno varirala. Moćnost oblage od betonskih blokova zavisila je od korisnog profila hodnika i iznosila je 30—45 cm, zavisno od izabranog profila i jačine pritiska, koji je očekivan u tom području jame (Sl. 6). U početku je donji deo hodnika izgradjivan u livenom betonu, kako bi se na taj način izolovale glinaste naslage od uticaja vode, a u gornjem delu su ugradjeni betonski blokovi (Sl. 7). Takav način izrade, zbog izbegavanja štetnog uticaja otpucavanja na liveni beton, iziskivao je pret-hodnu izradu hodnika normalnog profila (2,5x2,5 m) podgradjenog jamskim drvetom (Sl. 8) te naknadnu izradu bokova, stropa i poda. Posle toga izvršeno je betoniranje donjeg dela, na koji su postavljeni betonski bokovi. Takav način izgradnje je veoma spor, traži mnogo radne snage, a pored svega je i skup. Zbog toga je opisani postupak usavršen tako, što je izostavljeno betoniranje donjeg dela hodnika i ceo profil obložen betonskim blokovima.

Taj način izrade je mnogo jednostavniji i brži. Pored toga postignuta je homogenost materijala (Sl. 6).

U predelima jame gde su se pojavljivali jači pritisci, ovako permanizirani hodnici nisu mogli izdržati nastale pritiske, pa je obloga u srazmerno



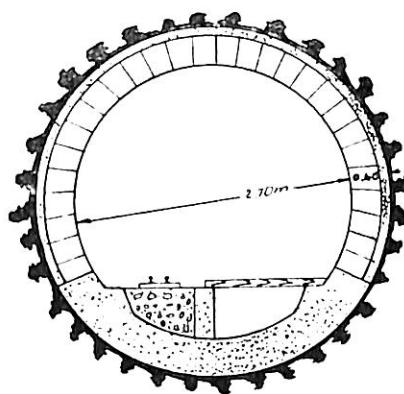
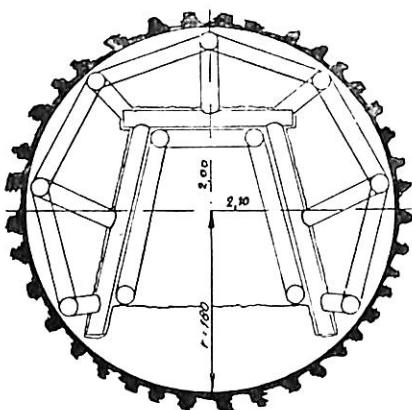
Sl. 5 — Hodnik permaniziran betonom.



Sl. 6 — Hodnik permaniziran betonskim blokovima

kratkom vremenu najpre pucala, a kasnije je došlo do jačeg lomljenja betonskih blokova (Sl. 9). Ispučana obloga od betonskih blokova ili livenog betona mora se ponovo permanizovati, što je znatno teže i skuplje od primarne permanizacije. Da bi se to izbeglo pokušalo se sa poboljšavanjem kvaliteta betonskih blokova, što zbog dolomita nije bilo mo-

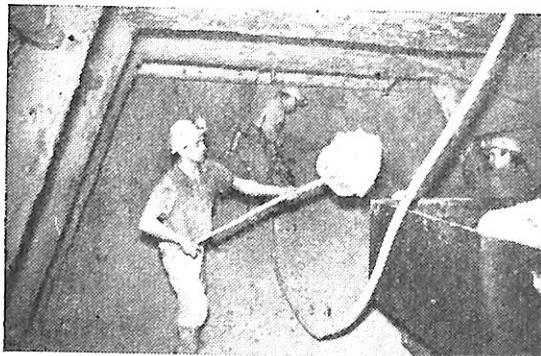
Da se to izbegne pristupilo se izradi betonskih blokova od granuliranog šljunka. Čvrstoća tih blokova dostigla je 400–500 kg/cm². Primenom ovih blokova, koji su veoma skupi i ugradjivanjem uložaka od mekanog drveta postigli su znatno bolji rezultati (Sl. 10).



Sl. 7 — Kombinirana permanizacija hodnika sa betonom i betonskim blokovima

guće. Vršeni su pokušaji i sa stavljanjem uložaka od mekanog drveta (Sl. 10) izmedju betonskih blokova, ali i to nije dalo željeni rezultat, jer je drveni uložak imao veću otpornost nego betonski blok od dolomita.

Hodnici, permanizirani ovim blokovima, uglavnom su izdržali i u zonama, gde nastaju jaki pritisci. Međutim, u zonama gde su prilisci najjači taj način permanizacije nije zadovoljio.

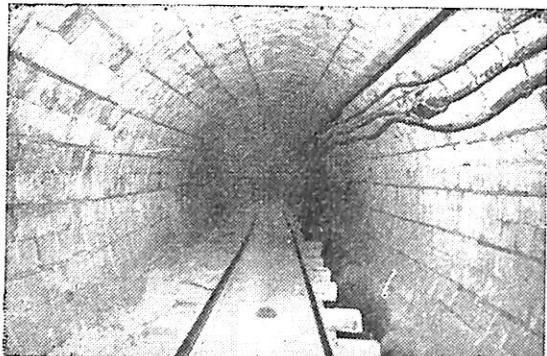


Sl. 8 — Hodnik podgradjen jamskom gradjom



Sl. 9 — Ispučana obloga od betonskih blokova.

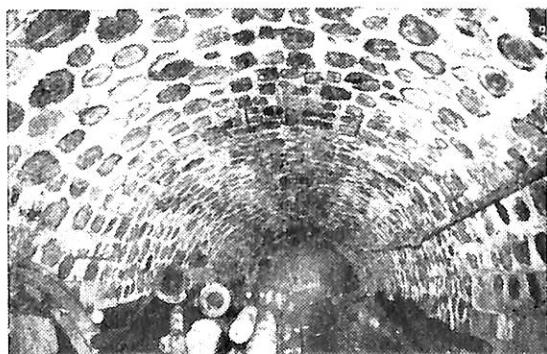
O b l o g a o d b e t o n a i h r a s t o v o g d r v e t a. — U nekim delovima rudnika postoje područja, gde su pojave pritiska tako jake, da ni jedan od opisanih načina permanizacije hodnika nije mogao da održi svoj profil i omogući jamski saobraćaj. Zbog toga se u takvima prilikama pristupilo



Sl. 10 — Hodnik od betonskih blokova sa drvenim ulošcima

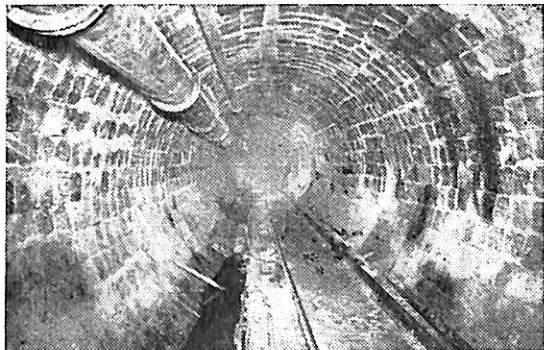
permanizaciji profila kombinovanom oblogom, koju sačinjavaju kladice od hrastovog drveta okruglog preseka dužine 50 cm i beton, koji zapunjuje prostor izmedju kladica (Sl. 11). Sam postupak je spor i skup ali odgovara datim uslovima. Jamske prostorije, koje su permanizirane takvom oblogom ne treba ponovo popravljati, jer su zadržale uglavnom prvobitni oblik.

O b l o g a i z b l o k o v a o d p e p e l a L u r g i p e č i. — U TE Trbovlje započeta je 1961. god izrada blokova od pepela Lurgi peći prema postup-



Sl. 11 — Obloga od kladica i betona,

ku ing. Marjana Ferjana, tehničkog direktora „Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij“ u Ljubljani. Na rudniku Zagorje počelo se sa pokušajima permanizacije jamskih hodnika i prostorija tim blokovima prvo u najpogodnijim predelima jame (Sl. 12). Pošto su ogledi dali dobre rezultate, nastavilo se sve više sa primenom ovih blokova i



Sl. 12 — Obloga od blokova, načinjenih od pepela od Lurgi peći

u područjima sa najtežim prilikama, gde su takodje dali dobre rezultate. Blokovi od pepela Lurgi peći imaju mnogo preimуществa u poređenju sa betonskim blokovima. Prosečna čvrstoća na pritisak iznosi 230—290 kg/cm², što svakako odgovara datim uslovima. Moćnost obloge iznosi 30—35 cm zavisno od korisnog promera hodnika. Za upotrebu blokova od pepela Lurgi peći u jamama veoma je važan modul elastičnosti, koji iznosi E=90.000 te je znatno niži od modula elastičnosti betona, zbog čega je obloga iz blokova od pepela Lurgi peći mnogo elastičnija i može lakše izdržati jamske pritiske, koji su naročito visoki u fazi probijanja hodnika.

U p o r e d e n j e i z m e d j u p e r m a n i z a c i j e h o d n i k a o d b e t o n a i p e p e l a L u r g i p e č i. — Na osnovu dobijenih rezultata ogleda permanizacije hodnika sa blokovima od pepela Lurgi peći prešlo se na primenu tih blokova u svim glavnim jamskim hodnicima. Do sada je permanizirano već 1.200 m hodnika ovim blokovima i dobijeni rezultati su zadovoljavajući. Ogledi su izvršeni i u najtežim područjima, gde nisu izdržali ni najbolji betonski blokovi (GRADIS sa čvrstoćom 500 kg/cm²). Svi upotrebljeni blokovi od pepela Lurgi peći izdržali su pritisak.



Sl. 13 — Ispucana obloga iz blokova od pepela Lurgi peći

Nadalje je ustanovljeno u probnom hodniku rudnika gde zbog blizine otkopavanja vladaju vanredno visoki pritisci, da hodnik, koji je permaniziran blokovima od betona ili Lurgi pepela ne izdržava te pritiske, nego se zarušava (Sl. 13). Međutim, deo hodnika, permaniziran drvenim kladicama, izdržao je i ove pritiske. U cilju pravilne ocene primene blokova od pepela Lurgi peći u poređenju sa betonskim blokovima, pored spomenutih ogleda u jami izvršena su mnoga ispitivanja u „Zavodu za raziskovo materiala in konstrukcij“ u Ljubljani. (Izveštaj zavoda od 5.II 1962. godine tabela 1). Dobijeno je mnogo interesantnih podataka, navedenih u tabeli 1.

Na osnovu ispitivanja čvrstoće i deformabilnosti segmentata permaniziranih hodnika navedenih vrsta blokova ustanovljeno je u Zavodu, da je ponašanje segmentata blokova od pepela Lurgi peći u poređenju sa segmentima betonskih blokova znatno elastičnije, zbog čega se obzirom na čvrstoću, postiže znatno veća eksploracijska otpornost nego kod betonskih blokova (dijagram — Sl. 14).

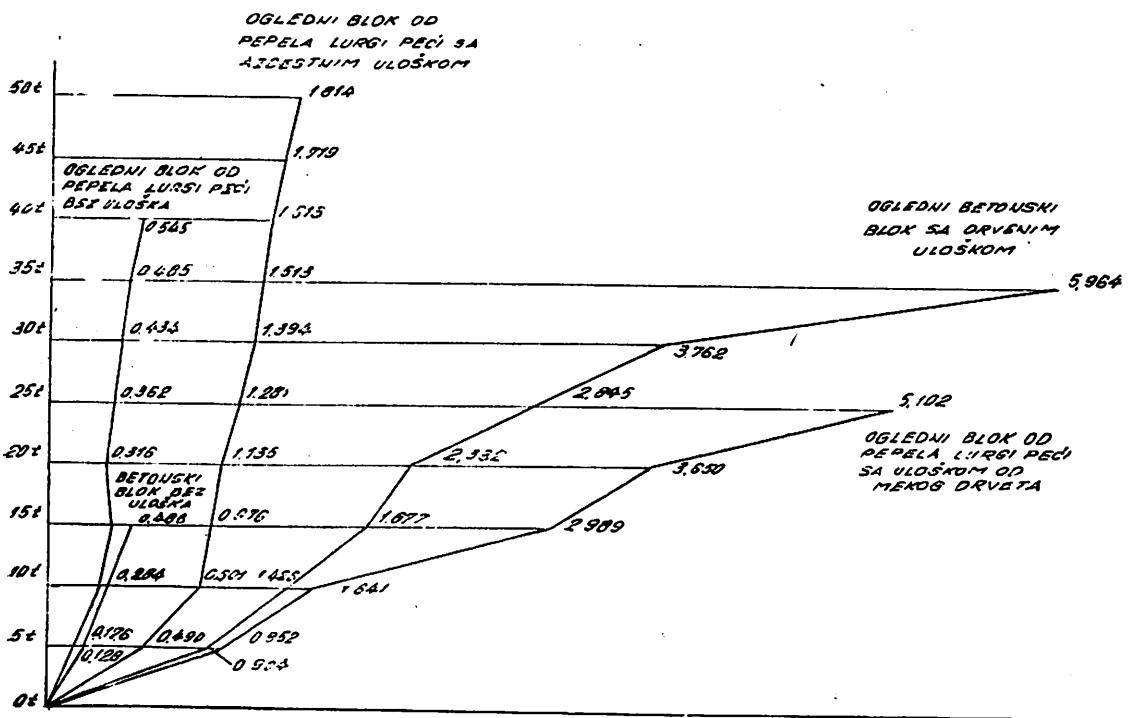
U toku ispitivanja se ustanovilo, da ulošci od azbesta, uloženi između svakog bloka od Lurgi pepela predstavljaju najidealnije sredstvo za povećanje eksploracije. Ispitivanja kombinacije blokova sa ulošcima od mekanog drveta nisu zadovoljila ni u pogledu trajnosti ni osobine, pa na mestima gde daska zbog pritiska napukne, dolazi do drobljenja i samih blokova.

U toku su pripreme za uporedno ispitivanje kompletih prstenastih obloga od različitih kombinacija blokova u normalnim profilima jamskih hodnika. Na taj način će se ustanoviti praktična eksploracijska čvrstoća pojedinih vrsta obloga u prstenu, a

TABELA 1

	betonski š. m. blokovi	Blok. Lurgi peći
Čvrstoća na pritisak Modul elastičnosti	kg/cm ² 200000	554 90000
Deformabilnost		
Blokovi bez uloška		
kod opterećenja 15 t	mm 25 t 35 t	3,6 zarušena zarušena
		2,5 2,7 3,6
Blokovi sa uloškom od mekanog drveta		
kod opterećenja 15 t	mm 25 t 35 t	13,9 21,1 44,3
		18,2 37,5 —
Blokovi sa uloškom od azbesta d=3 mm		
kod opterećenja 15 t	mm 25 t 35 t	— — —
		7,2 9,5 12,5
Težina blokova		
h = 30 cm	kg	26,8
h = 35 cm	kg	38,1
		14,8 21,0

pored toga, na osnovu laboratorijskih ispitivanja prema analogiji, moći će se odrediti i visina pritiska stenskih masa u određenim područjima jame. Ta ispitivanja u „Zavodu za raziskavo materiala in konstrukcij“ kao i u probnom hodniku u jami, daće mnogo korisnih podataka za pravilno primenjivanje pojedinih opisanih načina permanizacije.



Sl. 1-1 — Dijagram ispitivanja čvrstoće blokova od betona i pepela Lurgi peći

METODE NAPREDOVANJA PERMANIZOVANIH HODNIKA U JALOVINI

Brzina napredovanja podgradjivanja betonskom oblogom permaniziranih hodnika na rudniku Zagorje je 3 do 4 puta zaostajala za brzinom napredovanja otkopnog fronta, zbog čega je trebalo, da se zastareli tehnološki proces usavrši, kako rudnik ne bi došao u teškoće zbog zakašnjenja radova na otvaranju novih horizonta i polja.

Povećanje napredovanja hodnika postignuto je uvodjenjem novog tehnološkog procesa napredovanja hodnika i to delimično poboljšanjem organizacije rada, a delimično mehanizacijom pojedinih faz rada. U cilju lakše ocene poboljšanja tehnološkog procesa napredovanja permanizovanih hodnika u jalovini izvećemo:

- Analizu starog tehnološkog procesa
- Analizu istovremenog iskopa i permanizacije hodnika

- Uporedjenje rezultata oba procesa
- Dalja moguća poboljšanja.

A n a l i z a s t a r o g t e h n o l o š k o g p r o c e s a. — Do sredine 1961. god. izrada jamskih komunikacija permaniziranih betonskom oblogom vršena je u 3 faze u skladu sa slikom 7, i to:

I. f a z a: Vrši se iskop hodnika normalnog profila $2,5 \times 2,5$ m i dužine cca 30—40 m, za koliko iskop hodnika napreduje ispred betonske obloge. Hodnik je podgradjen normalnom podgradom od jamske gradje, koja izdržava primarni pritisak (Sl. 8).

II. f a z a: Vrši se u dužini 4,0 m izrada stropa blokova i poda hodnika u profilu, koji iziskuje permanizaciju budućeg hodnika.

III. f a z a: Vrši se permanizacija hodnika betonskim blokovima ili kombinacijom oba načina u dužini 4,0 m.

Za opisani tehnološki proces izrade permaniziranog hodnika izvršene su detaljne privremene studije, tako da ga možemo tačno analizirati (Tabela 2). U cilju boljeg pregleda dajemo analizu privremenih studija za permanizaciju hodnika za svelli profil sa promerom $d=2,7$ m i $d=3,4$ m.

TABELA 2

Osnovni podaci	profil $d=2,7$ m	profil $d=3,4$ m	
iskop hodnikom	m^3/m	6,25	6,25
izrada	m^3/m	3,35	7,75
ugradjen beton	m^3/m	3,40	3,7
<i>Privremena analiza faza (u min)</i>			
Naziv faze	min	%	min
bušenje i otpucavanje	407	6,9	407
kopanje sa otkop.			4,5
čekićima	806	13,6	2300
utovar i prevoz do 50 m	892	15,1	1160
podgradjivanje	568	9,6	726
betoniranje ili ulaganje	1548	26,3	2090
ostali radovi	638	10,8	850
ukupno efektivno			9,3
radno vreme	4859	82,3	7533
put na radilište			82,3
i odmor	1045	17,7	1635
sveukupno radno vreme	5904	100,0	9168
učinak cm/nad	8,10		5,20

Kratka analiza vremenskog fonda pojedinih operacija pokazuje, da su učinci na napredovanju hodnika u jalovini, permanizirani betonskom oblogom veoma niski, jer iznose za:

$$\text{profil } \varnothing 2,7 \text{ m} = 8,10 \text{ cm/nad ili } 12,35 \text{ nad/m}$$

$$\text{profil } \varnothing 3,4 \text{ m} = 5,20 \text{ cm/nad ili } 19,1 \text{ nad/m}$$

Pored toga dnevni napredak na pojedinim hodnicima kod najvećeg mogućeg oblaganja rudnika ($3 \times 3 = 9$ radnika/dan) bio je veoma nizak i iznosio je:

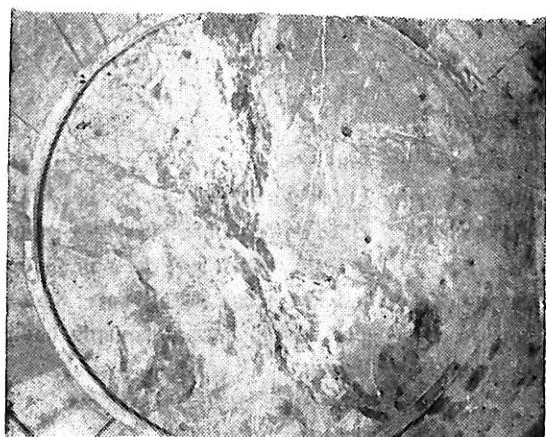
$$\text{profil } \varnothing 2,7 \text{ m} = 0,73 \text{ m/dan ili } 19,0 \text{ m/mesec}$$

$$\text{profil } \varnothing 3,4 \text{ m} = 0,47 \text{ m/dan ili } 12,2 \text{ m/mesec}$$

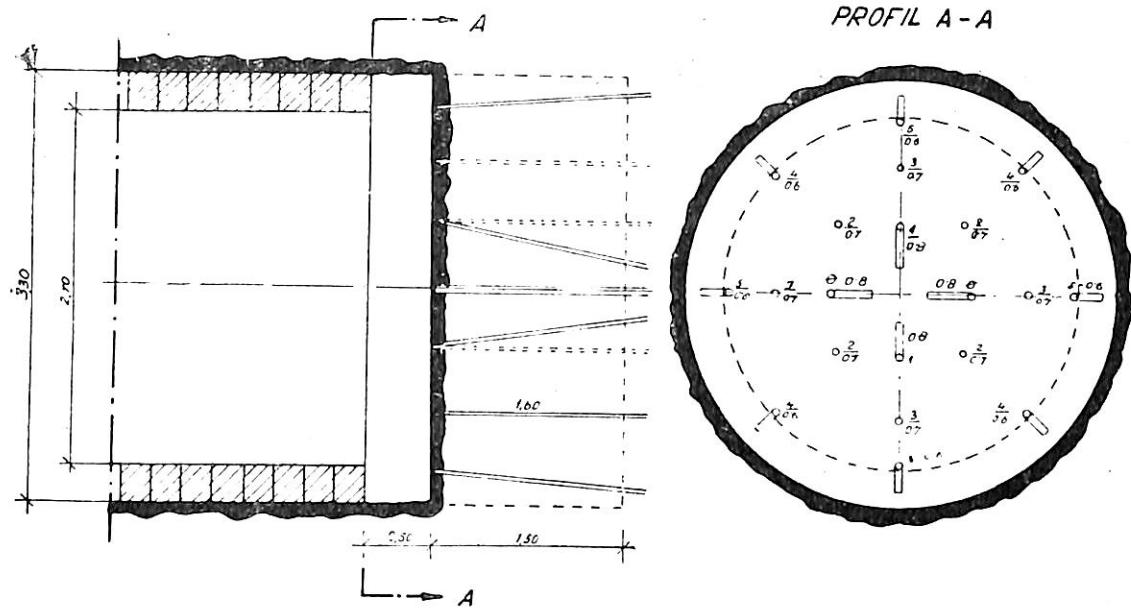
Ako se uzme u obzir činjenica, da je potrebno za novi horizont u jami (Kotredež) izraditi 1,5 km hodnika, onda je, za otvaranje po starom načinu

potrebno 6,3 godina. Zbog te činjenice bilo je neophodno povećati brzinu napredovanja hodnika.

Analiza novog postupka istovremennog iskopa i permanizacije hodnika.— Kritičnom analizom pojedinih faza i operacija starog načina napredovanja hodnika ustanovljeno je da stari način izrade može pojednostaviti tako, da se u I fazi izostavi prethodni iskop hodnika, koji je trebalo solidno podgraditi i utrošiti jamsku gradju, a u II fazi da se izrada otkopnim čekićima zameni otpucavanjem. U tom cilju spašamo I i II fazu i vršimo otpucavanje čitavog profila istovremeno u skladu sa priloženom slikom (br. 15) i crtežom (Sl. 16). Kao osnovu za napredovanje jednog ciklusa izabrali smo za početak dnevno napredovanje od 1,5 m. Poboljšanjem organizacije ovaj napredak se popravlja i neke radne grupe dostižu napredovanje već od 1,8 m dnevno. Sema bušotina prikazana u gornjem crtežu, odnosi se na otpucavanje u laporastoj glini. Čelo radilišta udaljeno je 50 cm od permaniziranog hodnika. Tako ukupan nepodgradjeni prostor iznosi 2,0 do 2,3 m. Istovremeno sa utovarom, koji se vrši pomoću mehaničke lopate Eimco 12 B ili PZL (Sl. 17) postavlja se privremena podgrada upoređo sa izradom rubova u stropu i bokovina. (Sl. 18 i 19). ObLAGANJE hodnika sledi neposredno za čelom, tako da je udaljenost između permaniziranog dela i čela hodnika malena a vreme između otpucavanja i ugradjivanja blokova ne iznosi više od 2 smene. Zbog srazmerno velike brzine napredovanja hodnika, prostor nije izložen pritisku i tako podgrada ostaje čitava i može poslužiti više meseci.



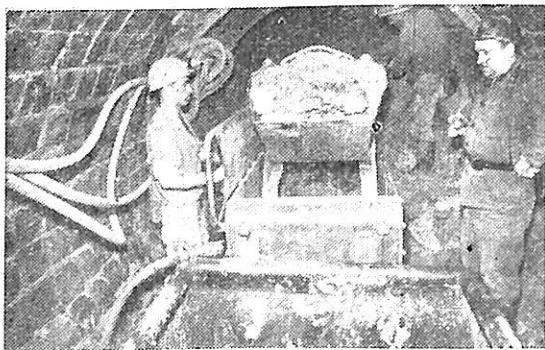
Sl. 15 — Raspored bušenja mina u profitu hodnika



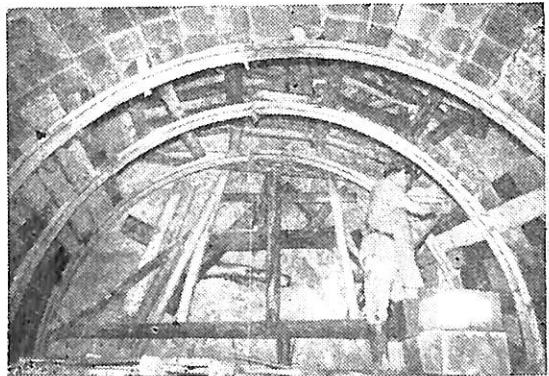
Sl. 16 — Sema bušenja mina u profilu hodnika.

Posle utovara otpucanog materijala počinje se sa polaganjem blokova. Zavisno od napredovanja ciklusa polaze se 5 ili 6 blokova u jednom redu, čime se postiže napredak od 1,5 ili 1,8 m. Ulaganje počinje od permaniziranog dela hodnika prema čelu i od sredine hodnika (Sl. 20 i 21). Napredovanjem polaganja blokova postepeno se vadi privremena podgrada, a prazni prostor iza blokova puni se jalovinom. Time je ciklus završen.

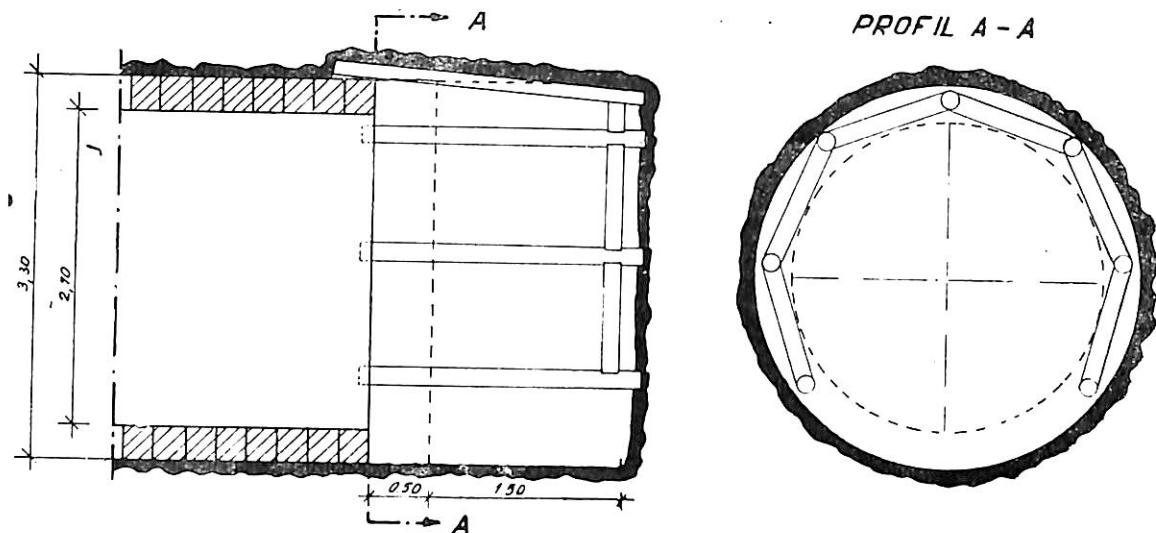
Opisanim postupkom smanjeno je trajanje faze kopanja otkopnim čekićima, utovara, podgradjivanja i delimično postavljanja blokova. Faza kopanja otkopnim čekićima smanjila se za 91% (preostalo je samo ispravljanje profila i izrada prostora za ugradjivanje privremene podgrade).



Sl. 17 — Utovar materijala mehaničkom lopatom.



Sl. 18 — Privremena podgrada u hodniku.



Sl. 19 — Nacrt privremenе podgrade u hodniku.

Faza podgradjivanja smanjila se za 89%, jer otpada prethodna podgrada i poligon. Faza betoniranja pri upotrebi betonskih blokova smanjila se za 8%, a pri upotrebi blokova od pepela Lurgi peći za 37%, jer su ovi blokovi lakši za cca 50%. Mesto kopanja otkopnim čekićima potrebno je izbušiti 6 odnosno 10 komada bušotina više, čime se vreme ove faze produžuje za 30%.

Potrebeni vremenski fond za novi postupak napredovanja hodnika kod dnevног napredovanja 1,5 m daje sledeću sliku:

TABELA 3

	profil o 2,7 m	profil o 3,4 m		
Osnovni podaci				
iskop hodnika m^3/m'	9,60	14,0		
izrada m^3/m'	—	—		
ugradjen blok m^3/m'	3,40	3,7		
Vremenska analiza faza				
Naziv faza	min	%	min	%
otpucavanje	528	18,3	615	14,8
kopanje otkop. čekićima	145	5,0	234	5,6
mehanizovani utovar				
sa dovozom	260	8,6	415	10,0
podgradjivanje	63	2,2	86	2,1
ulaganje blokova				
od Lurgi pepela	980	33,9	1410	34,0
ukupno ef. rad. vreme	2580	82,3	3420	82,3
put do radilišta i odmor	510	17,7	740	17,7
sveukupno rad. vreme	2890	100	4169	100
učinak cm/nadnicu	16,6		11,5	

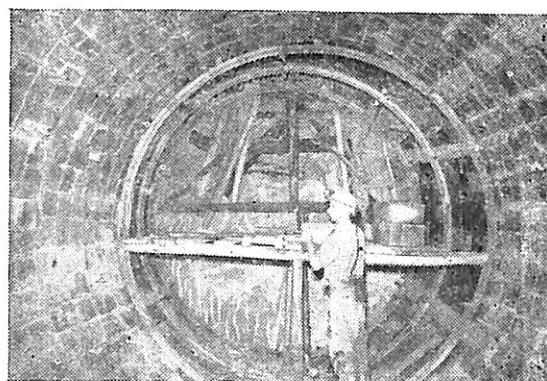
Uvodjenjem novog postupka rada u permaniziranim hodnicima u jalovini, kao što pokazuje analiza vremenskog fonda, postignuto je značajno poboljšanje produktivnosti. Učinci po zaposlenom radniku kao i dnevni napredak porasli su:

profil $\varnothing 2,7 m = 16,6 \text{ cm/nad}$ ili $6,0 \text{ nad/m}'$
profil $\varnothing 3,4 m = 11,5 \text{ cm/nad}$ ili $8,66 \text{ nad/m}'$

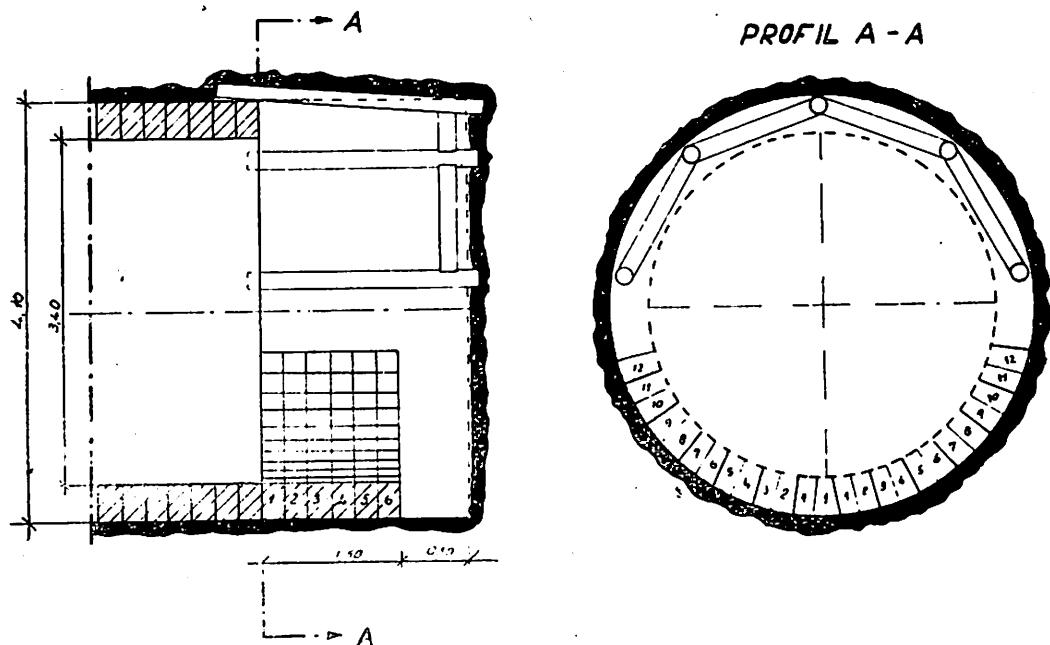
Povećanje učinka po radniku poraslo je, dakle, kod:

profilu hodnika $\varnothing 2,7 m$ za 110%
profilu hodnika $\varnothing 3,4 m$ za 120%

Paralelno sa povećanjem učinka povećalo se i dnevno napredovanje na izradi hodnika, koji sada



Sl. 20 — Ulaganje blokova iz pepela Lurgi peći



Sl. 21 — Sematski nacrt ulaganja blokova.

kod prosečno 3 zaposlena radnika u smeni i kod 3 smenskog rada dnevno iznosi:

kod profila $\varnothing 2,7 \text{ m} = 1,5 \text{ m/dan ili } 39 \text{ m/mes}$
kod profila $\varnothing 3,4 \text{ m} = 1,0 \text{ m/dan ili } 25 \text{ m/mes}$

Na osnovu dosadašnjih rezultata postignuto je da se vreme izrade glavnih otpremnih hodnika skraćuje za više od 50% kod istog broja uposlenih radnika.

Upoređivanje rezultata. — Upoređivanje rezultata starog i novog tehnološkog procesa izrade permaniziranih hodnika u jalovini vrši se s obzirom na vremenski fond, trajanje pojedinih sastavnih operacija rada s obzirom na postignuti učinak i normative glavnih materijala.

Upoređivanje potrebnog radnog vremena starog i novog postupka prikazuje slučaj hodnika manjeg profila ($\varnothing 2,70 \text{ m}$), što je prikazano na tab. 4:

TABELA 4

Radovi	tehnološki proces u min.		
	stari	novi	indeks
Bušenje i otpucavanje	407	528	130
kopanje otkop. čekićem	1425	145	9
utovar sa otpremom	892	160	18
podgradjivanje	568	63	11
betoniranje ili ulaganje	1548	980	63
ostali radovi	638	540	89
efektivno rad. vreme	5678	2380	42
put do radilišta	840	510	61
sveukupno radno vreme	6518	2890	45

Ova tabela daje jasnu sliku prednosti novog tehnološkog procesa, postignutog uglavnom poboljšanjem organizacije rada i samo delimično uvođenjem mehanizovanog utovara, kao i primenom lakših blokova pepela Lurgi peći.

Učinci na izradi hodnika poboljšani su u istoj meri i još bolje pokazuju sve prednosti novog procesa.

TABELA 5

Profil	$\varnothing 27\text{ m}$	$\varnothing 3,4\text{ m}$
Učinak cm/nad		
stari postupak	8,10	5,20
novi postupak	16,6	11,50
indeks	210	220
Radna snaga nad./m ³		
stari postupak	12,35	19,6
novi postupak	6,0	8,66
indeks	48	44
Napredak na mesec, m		
stari postupak	19,0	12,2
novi postupak	39,0	25,0

Kao što se vidi, pored povećanja brzine napredovanja za 2,0 do 2,20 puta od velike važnosti je i odgovarajuće smanjenje potrebne radne snage.

Uporedjivanje potrošnje *glavnih normativi* vršeno je za manji profil hodnika, jer su normativi potrošnje materijala za veći profil u odgovarajućem razmeru.

Uporedjivanje se vrši za potrošnju jamske građe, eksploziva električnih (vremenskih) upaljača, električne energije i komprimiranog vazduha. Potrošnja ostalih materijala uglavnom je ista kod oba postupka, zbog čega se ne uzimaju u obzir pri uporedjivanju. Glavni normativi su sledeći:

Glavna ušteda u materijalu potiče od uštete u jamskoj gradiji i delimično na el. energiji, dok kod eksploziva i komprimiranog vazduha nastaje povećanje, koje je kod eksploziva posledica otpucavanja kompletног profila a kod komprimiranog vazduha nastupa delimično smanjenje potrošnje zbog smanjenja rada otkopnim čekićima (cca 10,5 sati/m³), a delimično povećanje potrošnje nastaje zbog veće količine bušenja i primene utovarivača.

TABELA 6

N a z i v	jed. m.	stari	novi	indeks-postupak
jamska gradja	m ³ /m ³	0,58	0,05	8,5
eksploziv	kg/m ³	5,40	14,0	276
el. upaljači	kom/m ³	12	20	617
el. energija	KWh/m ³	316	110	81
komprim. vazduh	m ³ /m ³	2130	2750	130

Dale moguće poboljšanje postupaka -- Primenom brizantnijeg eksploziva moći će se povećati ciklus od sadašnjeg 1,8 na 2,4 m, što rudarsko-geološke prilike još dozvoljavaju. Sa povećanjem dužine bušotina potrebno radno vreme za operaciju bušenja i otpucavanja minimalno će se povećati, dok će se u ukupnom procentu smanjiti udeo ove operacije.

Primenom uložaka od azbesta debljine cca 5–10 mm, stavljenih izmedju pojedinih komada blokova od pepela Lurgi peći postići će se, kao što su to pokazali navedeni pokusi u „Zavodu za raziskavomateriala in konstrukcij“ u Ljubljani, znatno veća eksploatacijska čvrstoča obloge od ovih blokova. Znatno većim elasticitetom takvih obloga, omogućiti će se upotreba takvog načina permanizacije i u područjima jame, gde se javljaju najveći pritisci.

Dalja ušteda u utrošku radnog vremena postići će se postepenim povećanjem dužine blokova od Lurgi pepela od 20 na 40 cm, što će za polovinu smanjiti vreme polaganja blokova. Povećanje dužine dozvoljava i manja težina ovih blokova.

Pored toga doći će do smanjenja i svih sporednih radova (postavljanje okvira za polaganje blokova, produžavanje koloseka, ugradjivanje podgrade i slično).

Kod hodnika sa većim čistim profilima (od 9,5 m²) moći će se uposlitи još četvrti radnik u smeni, čime će se omogućiti dalje povećanje brzine napredovanja hodnika.

EKONOMSKI POKAZATELJI

Za potpuniju ocenu uvođenja novog postupka kod izrade permaniziranih hodnika u jalovini potrebno je prikazati i raščlaniti troškove izrade, i to pokazati troškove izrade hodnika kod starog procesa za izradu hodnika u kombinaciji beton i betonski blokovi, posebno za blokove od savskog šljunka (čvrstoča 400 kg/cm²) i dolomita (čvrstoča najviše 200 kg/cm²). Kod novog procesa treba pri-

kazati troškove izrade hodnika sa blokovima od savskog šljunka, dolomita i pepela Lurgi peći. Ti troškovi u din/m' iznose:

TABELA 7

Način i materijal za izradu	profil	
	ø 2,7 m	ø 3,4 m

Stari postupak:

beton + blokovi: t=400 kg/cm ²	146.780	220.640
beton + blokovi: t=200 kg/cm ²	135.980	198.500

Novi postupak:

blokovi—400 kg/cm ²	135.630	193.520
blokovi 200 kg/cm ² —dolomit	122.130	172.020
blokovi iz pepela Lurgi peći	108.650	149.390

Gornji tabelarni pregled troškova izrade permaniziranih hodnika u jalovini pokazuje nam da ušteda primene novog tehnološkog procesa u paraleli sa stariim prosečno iznosi:

kod profila hodnika Ø 2,7 m 12.000 din/m' ili 9%
kod profila hodnika Ø 3,4 m 26.700 din/m' ili 12.5%

Primena permanizacije hodnika blokovima od pepela Lurgi peći kod novog postupka u poređenju sa blokovima velike čvrstoće, prosečno iznosi kod ovog postupka:

kod profila hodnika Ø 2,7 m 26.980 din/m' ili 19.8%
kod profila hodnika Ø 3,4 m 44.630 din/m' ili 20%

Ukupna ušteda pri izradi hodnika po novom postupku i primenom blokova od pepela Lurgi peći

u poređenju sa stariim postupkom i primenom blokova sa čvrstoćom 400 kg/cm² iznosi:

kod profila hodnika Ø 2,70 m 38.130 din/m' ili 29%
kod profila hodnika Ø 3 40 m 71.250 din/m' ili 32%

Na osnovu ovog možemo zaključiti da je uvođenje novog postupka rada kod napredovanja permanizovanih hodnika u jalovini i primene obloge od blokova pepela od Lurgi peći veoma rentabilno.

ZAKLJUČAK

Detaljna analiza uslova izrade permaniziranih hodnika u jalovini pokazuje nam jasno, da je uvođenje postupka napredovanja jamskih komunikacija sa istovremenom permanizacijom dalo odlične rezultate, od kojih su najvažniji:

- vreme izrade permaniziranih hodnika u jalovini skraćuje se za prosečno 50%,
- produktivnost rada na izradi permaniziranih hodnika je udvostručena,
- nastale su visoke uštede u drvenoj jamskoj gradnji,
- uvođenjem blokova od pepela Lurgi peći za permanizaciju hodnika dobijen je materijal, koji zbog svojih elastičnih osobina odgovara jamskim prilikama i olakšava rad radnicima,
- pored gornjih preimstava postignuta je i visoka ekonomija.

— pružaju se dalje mogućnosti povišenja produktivnosti i još većih brzina dnevнog napredovanja hodnika sa istovremenom permanizacijom u jalovini, da bi se na taj način skratio vreme otvaranja novih jamskih polja.

„GEOMAŠINA“

FABRIKA BUŠAČIH MAŠINA I PRIBORA — ZEMUN
BATAJNIČKI DRUM 10 km.

TELEFON: 607-924
607-922



PROIZVODI:

Bušilice za jamska i površinska bušenja

do dubine od 150 m — 700 m, za sva rudarsko-geološka istraživanja; svi komandni uređaji su hidraulični i omogućavaju luke i brze manevre; mogućnost bušenja pod uglom od 0-360°; vrlo lako se demontiraju i pogodne su za transport; po želji naručioca mogu se agregatirati na prikolici ili saoniku.

ZA SVE BUŠILICE OBEZBEĐUJEMO ODGOVARAJUĆI PRIBOR ŠVEDSKOG STANDARA.

Hidraulične podgrade

Upotrebljavaju se za podgrađivanje hodnika u rudnicima; lako se postavljaju u radni položaj; imaju veliku moć nosivosti i omogućuju veliku bezbednost pri radu.

Potkopne krune za uglj Ø 42 mm

Upotrebljavaju se za bušenja u uglju za otpucavanje; naročito dobre rezultate su pokazale kod bušenja lignita, ali se isto tako sa uspehom primenjuju i kod mrkih ugljeva i treseta.

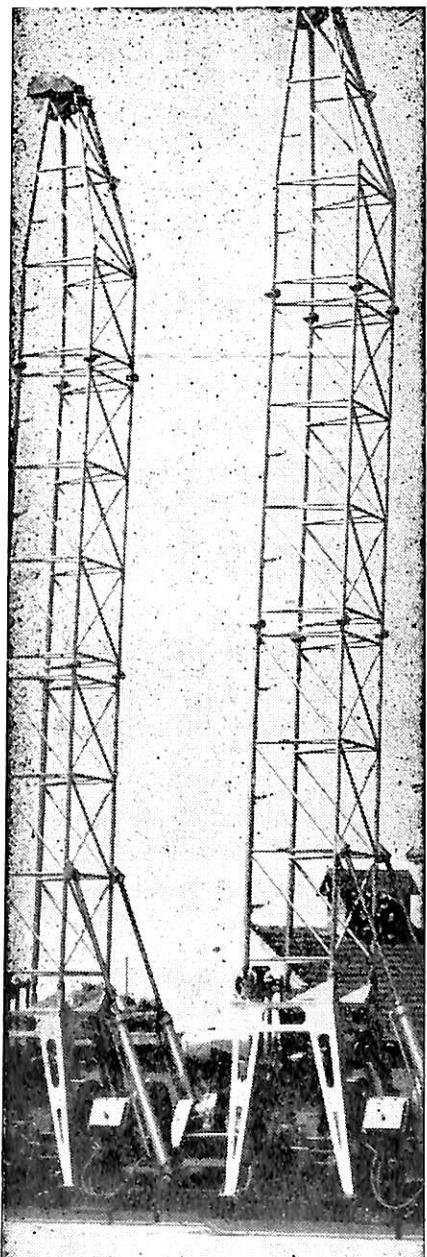
Udarne krune za kamen

Upotrebljavaju se za bušenje tvrdih stena i ruda; napravljene su od specijalnog čelika sa ugrađenim tvrdim metalom, što im omogućava dug vek trajanja i veliki radni učinak.

Filter cevi Izrađene po DIN-4922

Upotrebljavaju se za eksploraciju vode iz bušotina; zaštićene su specijalnim antikorozivnim sredstvima, što im omogućava dugo trajanje; isporučuju se sa mostičavim i svećitim prorezima.

ZA SVE MAŠINE DAJEMO GARANCIJU OD 6 MESECI.



SVE NAŠE PROIZVODE ISPORUČUJEMO PREKO „RUDARA“ — BEOGRAD, KOLARČEVA 1/IV „RUDARA“ - ZAGREB TOMAŠIĆEVA 8.

