

INFORMACIJE B

BROJ 4



ING. MURIS OSMANAGIĆ

DOSADAŠNJA PRIMJENA ČELIČNE PODGRADE ZA ŠIROKA ČELA
I HODNIKE U RUDNICIMA UGLJA FNRJ, NJENA PROBLEMATIKA I
PERSPEKTIVA

RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD 1961.

Izdavač
RUDARSKI INSTITUT — BEOGRAD

Redakcioni odbor

Ing. M. Perišić, dr. Ing. D. Malić, prof. Ing. M. Petrović, prof. dr. ing. Đ. Lešić, Ing. M. Čeperković, Ing. A. Blažek, v. savetnik, prof. Ing. B. Gluščević, prof. ing. M. Spasić, ing. S. Dular, savetnik, Ing. J. Vinokić, savetnik, ing. M. Sumbulović, ing. K. Đorđević, ing. R. Misita, v. savetnik, ing. B. Popović, naučni savetnik, Ing. Lj. Novaković, v. struč. saradnik, ing. J. Milhajlović, dipl. hem., Nićifor Jovanović

ING. MURIS OSMANAGIĆ

**Dosadašnja primjena čelične podgrade za široka čela i hodnike
u rudnicima uglja FNRJ, njena problematika i perspektiva**

Referat održan na Savetovanju rudarskih stručnjaka
od 11 — 12. marta 1961. god, koje je organizovao
Institut za rudarstvo — Sarajevo.

S a d r ž a j

I. Dio

Čelična podgrada za široka čela u rudnicima	
uglja	3
Primjena čeličnih stupaca	4
Dužine čeličnih stupaca	6
Tipovi čeličnih stupaca	7
Primjena čeličnih greda	8
Dužine čeličnih greda	9
Tipovi čeličnih greda	11
Tehnička primjena čelične podgrade	11
Rashod čelične podgrade	13
Stepen iskorišćenja	15
Ekonomičnost primjene	16
Ocjena proizvodnje uglja, potrošnje čelične podgrada za široka čela i potrošnje jam- skog drveta za period 1961—1965. god.	17
Hidraulična podgrada	18

II. Dio

Čelična podgrada za hodnike	19
Oblik čeličnih okvira	22
Izbor profila i kvaliteta čelika	22
L i t e r a t u r a	23

I. D I O

CELIČNA PODGRADA ZA ŠIROKA ČELA U RUDNICIMA UGLJA

Primjena čelične podgrade na otkopima u našim rudnicima uglja počinje znatno kasnije nego u evropskim zemljama, poznatim po proizvodnji uglja.

Još prije I. svjetskog rata u Njemačkoj je firma Schwarz 1903. godine počela sa proizvodnjom prvih jako popustljivih čeličnih stupaca za otkope. U to isto vrijeme bili su u engleskim rudnicima već masovno primjenjivani nepopustljivi čelični stupci za osiguranje krute linije zarušavanja na širokim čelima.

U periodu između dva svjetska rata u zapadnoj Evropi postala je dominantna metoda otkopavanja sa širokim čelima, uz pretežno podgradjivanje sa drvetom. Konstrukcije čeličnih stupaca, velikom popustljivošću i malom nosivošću, imale su ograničenu primjenu. Čelične gredе za slobodni otkopni front još nisu bile pronađene.

Po završetku II. svjetskog rata nastupa period naglog razvoja čeličnih stupaca i čeličnih greda za slobodni otkopni front širokih čela. Stvoreno je niz potpuno zadovoljavajućih i sigurnih konstrukcija.

Konstrukcije čeličnih stupaca, sastavljene iz dva dijela sa bravom za uklještenje, bazirale su se uglavnom na principu trenja. Po razvojnoj liniji one se mogu klasificirati u tri grupe.

I. Čelični stupci koji „kasno“ postižu punu nosivost.

II. Čelični stupci koji „rano“ postižu punu nosivost.

III. Čelični stupci koji „odmah“ postižu punu nosivost.

Najnovija teorija i praksa jamskog pritsika potpuno je raščistila pitanje, kakvi su rudarski zahtjevi prema čeličnom stupcu. Zadržati krovinu iz nad radnog prostora širokog čela što više u prvobitnom položaju, odnosno zadržati njeno kretanje u domenu elastičnih deformacija koliko je to god moguće, težnja je rudara. To se najviše postiže čeličnim stupcima III grupe.

U svim zapadnoevropskim zemljama poznatim po proizvodnji uglja, čelična podgrada za široka čela zauzela je dominirajući položaj u periodu 1945—1955. godine. Pretežno se upotrebljavaju čelični stupci na trenje, a jednim djelom jednodjelni kruti stupci odnosno pojedinačni hidraulični stupci.

Unazad poslednje dvije do tri godine počinje masovnije uvodjenje samohodne hidraulične podgrade, hidrauličnih okvira i slogova. Pojedine konstrukcije takve vrste u praksi su već oprobane, ali je njihova primjena za sada ograničena na povoljne slojne prilike i najbogatije rudnike.

U 1951. godini, prema podacima Spruth-a bilo je u rudnicima Rurske oblasti 1.200.000 čeličnih stupaca. Uz podgradjivanje čeličnom podgradom, dobijeno je oko 50% proizvodnje uglja, odnosno 70% ukupne proizvodnje iz slojeva sa blagim padom (0° — 25°), dok je potrošnja jamskog drveta iznosila $26,3 \text{ m}^3$ na 1.000 tona. U engleskim rudnicima uglja bilo je 1953. godine 1.762.000 čeličnih stupaca, od kojih 500.400 na trenje, 200.000 hidrauličnih pojedinačnih a ostatak su sačinjavali kruti stupci iz jednog komada.

U našim rudnicima uglja čelična podgrada za široka čela počinje da se uvodi tek poslednjih 7 godina. U rudniku Trbovlje 1954. godine su ugrađeni prvi čelični stupci, a već 1955. godine niz rudnika pristupa probnom uvodjenju čelične podgrade kao Raša, Velenje, Kakanj, Kočevje, Senjsko Resavski, Konjščina, Ivanec — Ladanje. U 1956. godini tome se priključuju Banovići, Zenica, Kreka i Koprivnički rudnici. Od tada nastaje ubrzani proces uvodjenja čelične podgrade najuže povezan sa uvodjenjem i širenjem metoda širokih čela.

Kod nas je pre pojave čelične podgrade bilo vrlo malo rudnika koji su primjenjivali metodu širokih čela. U Sloveniji npr. Trbovlje i Zagorje, u Hrvatskoj — Raša, a u Bosni i Hercegovini Zenica. Siroko čelo u drvenoj podgradi zahtjeva mnogo više truda i umještosti da bi se održao potreban ciklus rada i plansko zarušavanje krovine. Čelična podgrada kao sigurnija, otpornija i lakša za rukovanje, omogućava lakši prelaz sa jednostavnijih stubnih metoda na mnogo složenije ali ekonomičnije metode otkopavanja pomoću širokih čela. Zato je širenje čelične podgrade uzajamno uslovljeno sa primjenom metode širokih čela. To ne znači, da se čelična podgrada ne može primjenjivati i u okviru stubnih metoda otkopavanja, ali joj je tamo uloga drugostepena.

U svrhu studijskog izučavanja problema organizovana je, putem Saveta za ugaj.-pri Industrijскоj komori FNRJ, anketa o čeličnoj podgradi. Do-

bijeni su podaci od 26 rudnika, koji čine 65% proizvodnje uglja jamskim načinom dobijanja. To su rudnici: Ibarski, Raša, Senjsko-Resavski, Bogovića, Jankova Klisura, Koprivnički, Trbovlje, Velenje, Senovo, Kočevje, Krmelj, Banovići, Kakanj, Breza,

Zenica, Miljevina, Kamengrad, Kolubara, Kostolač, Konjščina, Ivanec — Ladanje, Stubički, Križevački, Kreka, Stanari, a za čelične lukove još Alekšinac i Mostar. Ostali rudnici ili nisu poslali podatke ili nemaju u primjeni čeličnu podgradu.

PRIMJENA ČELIČNIH STUPACA

Premda tabeli I za poslednjih 6 godina anketirani rudnici nabavili su 55.449 čeličnih stupaca. Od toga otpada

- 5.375 kom. koji „rano“ postižu punu nosivost
- 50.074 kom. koji „odmah“ postižu punu nosivost.

kvartala 1960. godine nabavljeno je 3,76 puta više čeličnih stupaca nego u 1955. godini.

Premda podacima iz tabele 5 ukupna proizvodnja uglja anketiranih rudnika u analiziranom periodu ostvarena je sa $60,594,623$ tone, što iznosi $60,594,623 : 55.449 = 1.092,79$ tona/stupac

T a b e l a 1
Dinamika nabavke čeličnih stupaca po pojedinim proizvođačima anketiranih rudnika

Godina	P r o i z v o d a č i				
	Alpina	Schwarz	S T T	Bratstvo	Ukupno
1955	3.186	600	—	—	5.786
1956	1.676	200	2 479	—	4.355
1957	200	100	14.356	—	14.656
1958	—	—	8.837	—	8.837
1959	—	260	7.596	1.645	9 501
1. I — 1. X 1960	313	—	8 832	5.169	14 314
Ukupno 1955-60	5 375	1.160	42.100	6.814	55.449

Prva grupa stupaca su četvrtasti dvodjelni na trenje tipa "Alpina BBS, a druga grupa su cevni dvodjelni, na trenje tipa Schwarz (STT) i Bratstvo.

Gledajući stanje nabavki po godinama, za 3

Odnos ukupne proizvodnje prema ukupno nabavljenim čeličnim stupcima možemo nazvati koeficijentom nabavke čeličnih stupaca.

T a b e l a 2
Dinamika nabavke čeličnih stupaca prema pojedinim vrstama uglja

Godina	V r s t a u g l j a			
	Kameni	Mrki	Lignit	Ukupno
1955	500	2 020	1.266	3.786
1956	—	2.504	1.851	4.355
1957	520	11.567	2.569	14.656
1958	146	3.200	5.491	8.837
1959	2.500	4.405	2 596	9.501
1. I — 1. X 1960	2.595	6.049	5.670	14.314
Ukupno 1955—1960	6.261	29.745	19.443	55.449

U tabeli 2 prikazana je nabavka čeličnih stupaca po vrstama uglja. Procentualno učešće pojedinih ugljeva u nabavci čeličnih stupaca i ostvarenoj proizvodnji bilo je slijedeće:

	Čelični stupci Proizvodnja	
Kameni ugalj	11,30%	9,29%
Mrki ugalj	53,64%	38,29%
Lignite	35,06%	52,42%
Ukupno:	100,0%	100,0%

Ovim je obuhvaćeno preko 95% ukupno nabavljenih čeličnih stupaca u Jugoslaviji.

Vidi se da je relativno učešće lignita u primjeni čelične podgrade za široka čela u poredjenju sa njihovom proizvodnjom najmanje. Mrki ugljevi i u apsolutnom i u relativnom odnosu imaju najjače učešće u čeličnoj podgradi.

T a b e l a 3
Dinamika nabavke čeličnih stupaca prema pojedinim republikama anketiranih rudnika

Godina	Srbija	Hrvatska	Slovenija	Bosna i Hercegovina	Ukupno
	br. komada	br. komada	br. komada	br. komada	
1955	170	962	1.984	750	3.966
1956	120	50	2.605	1.400	4.175
1957	620	358	2.181	11.897	15.056
1958	146	129	2.150	6.012	8.437
1959	650	2.550	1.874	4.427	9.501
1. I — 1. II 1960.	315	3.178	3.263	7.558	14.314
Ukupno	2.029	7.227	14.157	32.044	56.449

U tabeli 3 prikazana je nabavka čeličnih stupaca po republikama. Procentualno učešće pojedinih republika u nabavci čeličnih stupaca i ostvarenoj proizvodnji uglja bilo je slijedeće:

	Cel. stupci %	Proizvodnja %
Srbija	3,65	6,08
Hrvatska	13,03	16,10
Slovenija	25,53	27,03
B i H	57,79	50,79
Ukupno:	100,0	100,0

Vidi se dominirajuće učešće u primjeni čelične podgrade u Bosni i Hercegovini.

Primjedba: u tabelama 1—3 podaci rudnika Banovići, za pojedine godine, dati su po ocjeni autora, jer je rudnik u anketi ispunio samo zbirne podatke.

Podaci iz navedenih tabela, analizirani po godinama, daju upečatljivu sliku brzog širenja čelične podgrade za široka čela u našim rudnicima uglja. To isto nam još više potvrđuju podaci o promjeni učešća proizvodnje sa otkopa uz primjenu drvene podgrade i otkopa sa čeličnom podgradom dati u tabeli 4.

U 1955. godini na otkopima sa čeličnom podgradom dobijeno je 613.128 tona uglja, ili 11,38%

ukupne proizvodnje sa otkopa, ili 7,47% cjelokupne proizvodnje anketiranih rudnika. Dotle je na otkopima sa drvenom podgradom u istoj godini dobijeno 4.772.439 tona uglja ili 88,62% ukupne proizvodnje sa otkopa, odnosno 58,20% cjelokupne proizvodnje anketiranih rudnika.

Za prva tri kvartala 1960. godine dobijeno je na otkopima sa čeličnom podgradom 5.028.486 tona ili 64,90% ukupne proizvodnje sa otkopa, odnosno 50,58% cjelokupne proizvodnje rudnika; sa ovim procentom približavamo se učešću proizvodnje sa čeličnom podgradom kao što je u Rurskoj oblasti u Njemačkoj.

Već u 1959. godini otkopi sa čeličnom podgradom po prvi put su dali više uglja nego otkopi sa drvenom podgradom u anketiranim rudnicima.

Osnovni pokazatelj za široka čela u III. kvartalu 1960. godine kod anketiranih rudnika, bili su:

Br. širokih	Ukup. dužina	Ukup. mjes.
čela	širokih čela	proizvod. š. č.
Kameni ugalj	24	1.800 m
Mrki ugalj	45	2.520 m
Lignite	52	2.415 m
Ukupno:	121	6.735 m
		566.728 t

Njihovi osnovni parametri u istom periodu bili su:

a) Prosječna dužina širokih čela:

Kameni ugalj	= 75 m
Mrki ugalj	= 56 m
Lignit	= 46 m

b) Prosječna mjeseca proizvodnja širokih čela:

Kameni ugalj	= 2.050 t
Mrki ugalj	= 4.733 t
Lignit	= 5.856 t

c) Prosječna dnevna proizvodnja širokih čela računata sa 25 radnih dana:

Kameni ugalj	= 82 t/dan
Mrki ugalj	= 190 t/dan
Lignit	= 234 t/dan

b) Prosječna proizvodnja sa jednog dužnog metra širokog čela mjesечно:

Kameni ugalj	26 t/m
Mrki ugalj	84 t/m
Lignit	126 t/m

e) Prosječno ugradjeno čeličnih stupaca po jednom dužnom metru širokog čela:

Kameni ugalj	1,4 st/m
Mrki ugalj	5,7 st/m
Lignit	4,1 st/m

Vrlo mali broj ugradjenih čeličnih stupaca po dužnom metru širokog čela kod kamenih ugljeva može se objasniti malim otkopnim visinama i još

velikim učešćem drvene podgrade, tj. postojanjem mješane podgrade. Kod širokih čela mrkih ugljeva ugradjuje se po dužnom metru najveći broj čeličnih stupaca, što je izazvano najvećim opterećenjima jamskog pritiska.

Može se primjetiti, da je kod svih vrsta uglja nedovoljna gustina čeličnih stupaca na širokim čelima.

Osnovni parameetri širokih čela u pogledu prosječnih dužina i dnevnog kapaciteta proizvodnje kod svih vrsta uglja u prosjeku su nezadovoljavajući. Klasična široka čela imaju standardnu dužinu 100 m i dnevnu proizvodnju od 300 t. Današnja moderna široka čela postižu dnevnu proizvodnju od 500 do 1.000 tona dnevno, na osnovu povećane dužine i još veće brzine napredovanja.

Osnovni uzroci nezadovoljavajućeg stanja širokih čela sastoje se iz slabe pripreme otkopnih polja i uskih grla u transportu. To je detaljno obradeno u referatu ing. Blažeka¹), a ovdje se ukazuje samo na to, kakvi veliki zadaci stoje pred nama u vezi širokih čela, a s tim zajedno i povećanje zahtjeva prema čeličnoj podgradi za široka čela.

Ocenjujem da će ukupna proizvodnja uglja jamskim putem u 1961. godini biti oko 18,500.000 t, a da će se od toga na otkopima sa čeličnom podgradom dobiti 6,800.000 tona ili 37% od cijelokupne proizvodnje. U naredne 2 do 3 godine to učešće dostići će preko 50%.

T a b e l a 4
Odnos proizvodnje uglja sa otkopa drvenom i čeličnom podgradom anketiranih rudnika

Godina	Otkopi sa čeličnom podgradom		Otkopi sa drvenom podgradom		Ukupno otkopi		Ukupna proizvodnja rudnika
	tona	%	tona	%	tona	%	
1955	613.128	11,38	4,772.439	88,62	5,385.567	100	8,199.172
1956	899.676	14,58	5,270.375	85,42	6,170.051	100	9,229.060
1957	1,785.270	26,24	5,016.885	73,76	6,802.155	100	9,815.664
1958	3,445.168	44,89	4,228.187	55,11	7,673.355	100	11,052.107
1959	4,717.739	52,52	4,263.429	47,48	8,981.168	100	12,357.199
1960	5,028.486	64,90	2,718.680	35,10	7,747.166	100	9,941.421
U k u p n o	16,489.467	38,56	26,269.995	61,44	42,759.462	100	60,594.623

I) A. Blažek: Rezultati dosadašnjih otkopnih metoda u rudnicima uglja i značaj uvođenja novih.— U štampi.

DUŽINE ČELIČNIH STUPACA

Radi lakšeg izučavanja sve izvučene dužine čeličnih stupaca podjelio sam u četiri grupe i to:

- I. grupa do 1 m dužine
- II. grupa od 1 m do 2 m
- III. grupa od 2 m do 2,5 m
- IV. grupa preko 2,5

Prema podacima anketiranih rudnika raspoređenabavljenih čeličnih stupaca po pojedinim dužinama je sledeći:

	Kameni ugalj	Mrki ugalj	Lignit	Ukupno
I. grupa	—	—	—	—
II. grupa	4.215	990	220	5.425
III. grupa	946	2.146	2.112	5.904
IV. grupa	1.100	26.609	17.111	44.820
Ukupno:	6.216	29.745	19.443	55.449

Celični stupci sa dužinom preko 2,5 m čine 80% od ukupno nabavljenih čeličnih stupaca. To znači

da je i otkopna visina na širokim čelima u 80% slučajeva veća od 2,5 m. Izuzetak čine rudnici kamenog uglja, gde je pretežno otkopna visina od 1 m do 2 m.

I strano i domaće iskustvo širokih čela sa zarušavanjem pokazuje da je njihova optimalna otkopna visina izmedju 1,8 i 2,2 m. Preko te visine sigurnost rada na širokom čelu se smanjuje, kretanja u krovnim naslagama prilikom zarušavanja su mnogo intezivnija i manje kontrolisana, a deformacije čelične podgrade su mnogo obimnije. čelične podgrade su mnogo obimnije.

Posebno se postavlja problem mehanizacije radova na kopanju uglja, koji je kod veće otkopne visine daleko složeniji i teško rješiv.

Nameće se potreba, da se najozbiljnije prouči problem optimalne otkopne visine za široka čela mrkog uglja i lignita i gdje god to dozvoljavaju slojne prilike predje na otkopnu visinu ispod 2,5 m. Za široka čela, gdje slojne prilike diktiraju otkopnu visinu iznad 2,5 m, potrebno je razraditi dopunske mjere sigurnosti.

T a b e l a 5
Ostvarene proizvodnje uglja u periodu 1955—1960. god. anketiranih rudnika

Vrsta uglja	Srbija	Hrvatska	Slovenija	B i H	U k u p n o tona
	tona	tona	tona	tona	
Kament	706.597	4,921.940	—	—	5,628.537
Mrki	2,907.784	—	6,914.060	13,378.744	23,200.588
Lignit	75.774	4,839.578	9,451.600	17,398.646	31,765.498
U k u p n o	3,690.155	9,761.518	16,365.560	30,777.390	0,6594.623

TIPOVI ČELIČNIH STUPACA

Prema tabeli 1 u Jugoslaviji su našle plasman svojih čel. stupaca austrijska firma „Alpine“ i njemačka firma „Schwarz“. Domaći proizvodjači su STT-Trbovlje, koja proizvodi u koprodukciji sa firmom „Schwarz“ i fabrika „Bratstvo“ — Novi Travnik, koja proizvodi domaći čelični stupac po jugoslovenskom patentu.

Celični stupac firme „Alpine“ ima četvrtlast presjek, dvodjelni je, sa lamelama i vučnim klinom u

bravi, i spada u grupu „rano“ nosećih stupaca na trenje.

Celični stupac firme „Schwarz“ ima kružni presjek, dvodjelni je, brava mu se sastoji od dva prstena za stezanje i spada u grupu čeličnih stupaca, koji odmah po uklještenju brave postižu punu nosivost.

U našoj praksi čelični stupci firme „Schwarz“ pokazali su izvjesne prednosti u odnosu na čelične stupce firme „Alpine“ u pogledu nosivosti, trajnosti i rukovanja.

Masovna primjena čelične podgrade za široka čela ne može bazirati na uvozu inostrane podgrade. Osvajanje domaće proizvodnje čelične podgrade je vrlo složen problem. Pored principijelno povoljnog tehničkog rješenja u konstrukciji, kao preduslova, traži se još velika preciznost u serijskoj izradi, dobar tehnološki postupak i odličan kvalitet materijala.

Sve dok fabrika STT nije pristupila masovnoj proizvodnji čeličnih stupaca, primjena čelične podgrade na širokim čelima imala je tek simboličan značaj. Treba odati priznanje toj fabrići, njenom pionirskom radu i pravilnom izboru kooperanta. Okrugli čelični stupac na trenje firme „Schwarz“ predstavlja je u to vrijeme poslednji domet u konstrukciji čeličnih stupaca na trenje.

Koprodukcija STT — „Schwarz“ zasniva se na uvozu brave čeličnog stupca i primjeni bešavnih čeličnih cijevi željezare Sisak. Prvih godina proizvodnje bilo je dosta primedbi na kvalitet čeličnog stupca. Sadašnja proizvodnja je mnogo kvalitetnija, ali još nije riješen do kraja problem zaštite površina trenja unutrašnje cijevi stupca od rdjanja. Zardjali stupac nema više svoju karakteristiku nosivosti, teško se izvlači unutrašnja cijev, a sa jačim zabijanjem klinova u bravi, ona ne popušta lako i krivi se.

Poslije mnogih pokušaja fabrika STT ubaćila je u serijsku proizvodnju nedavno i svoj tip domaćeg stupca, koji treba sada masovno da se isproba.

U 1959. godini fabrika „Bratstvo“ — Novi Travnik počela je sa serijskom proizvodnjom prvog jugoslovenskog čeličnog stupca, potpuno od domaćeg materijala. Stupac je dvodjelni, kružnog presjeka, a u bravi se nalaze dva prstena za stezanje sa posebnim omotačem koji je navaren uz spoljni cijev stupca. Ovo daje čeličnom stupcu veliku otpornost protiv ekscentričnog pritiska i savijanja. Principijelno rješenje je dobro, ali ima manjih konstruktivnih slabosti u obliku i ležištu klinova. Klinovi se teže zabijaju i izbijaju. Rudari moraju da paze da klinove zabiju do kraja, jer u protivnom stupac popušta kod manjeg opterećenja. Obrada površina trenja unutrašnjeg stupca povoljno je rješena, tako da ne dolazi do njihovog rdjanja. Proizvodnja ovog čeličnog stupca naglo se povećava, što je vidljivo iz tabele 1.

Obje fabrike treba da poklone punu pažnju daljem usavršavanju čeličnih stupaca i brzom otklanjanju uočenih nedostataka. Do sada se oči-

tava u tome velika sporost i reklamacije rudnika su teško prihvatanje.

Fabrike koje proizvode čeličnu podgradu za rudnike moraju biti svjesne, da to nije običan proizvod, jer od toga zavise životi ljudi i mala radionička greška može da dovede do nesreće u jami. Nužno je, da te fabrike imaju razvijenu sopstvenu rudarsku službu, koja će djelovati po rudnicima sa svojim savjetima, prihvati kritičke primjedbe rudnika i kontrolisati proces proizvodnje čelične podgrade u fabrici. Takva služba u fabrići „Bratstvo“ još ne postoji, a u fabrići STT je organizovana, ali treba znatno pojačati njen rad na terenu.

Cijene čeličnih stupaca obje fabrike su prilično visoke, kako s gledišta materijalnih mogućnosti rudnika, tako i u odnosu na uvozne čelične stupce. Prema kursu dolara 1 dolar = 750 din. i carini 0,35, 1 kg uvoznog čeličnog stupca košta 400 — 420 din., a 1 kg čeličnog stupca STT košta 520 — 540 din. Izgleda da će jedino liberalizacija uvoza prinuditi naše fabrike na sniženje cijene čeličnih stupaca ili možda pojave trećeg proizvodjača.

PRIMJENA ČELIČNIH GREDA

U tabeli 6 data je dinamika nabavke čeličnih greda po godinama u anketiranih rudnika. Za 6 godina ukupno je nabavljeno 42.992 čel. greda ili za 22,5% manje nego čeličnih stupaca. Ukoliko se primjenjuje kompletna čelična podgrada, a u zavisnosti od izabranog sistema, troši se 10% — 20% više čeličnih greda u odnosu na čelične stupce. Čelične grede se brže kvare i njihov vijek trajanja je nešto manji.

Cinjenica, da su rudnici uglja nabavljali manje čeličnih greda, dokazuje da se u praksi često primjenjuje mješana podgrada, tj. čelični stupci sa drvenim gredama. Teorijski posmatrano ovo je vrlo nepovoljno za čeličnu podgradu. Drvene grede bivaju presovane, prigrizene čeličnim stupcem i krovina širokog čela dolazi tada prerano u kretanje. Praktično, rudnici se sa drvetom ispomažu tanio gdje su vrlo povoljne slojne prilike, pa su im čelične grede „suvišne“, ili su slojne prilike vrlo teške a postojeće konstrukcije čeličnih greda nisu se pokazale podesne.

U Rurskoj oblasti 1951. godine prema podacima Spruth-a, od svih širokih čela sa čeličnim stupcima, svega je 40% imalo u primjeni i čelične grede.

Prema tabeli 7 učešće čeličnih greda u odnosu na čelične stupce za pojedine vrste uglja je:

- Kameni ugalj ima 36,49% više čel. greda nego čel. stupaca
- Mrki ugalj ima 2,48% više čel. greda nego čel. stupaca
- Ligniti imaju 81,53% manje čel. greda nego čel. stupaca.

Za prve dvije vrste uglja primjenjuje se manje više kompletančna čelična podgrada, dok je u rudnicima lignita još uvijek malo rješen problem čeličnih greda. Otkopavanje moćnih slojeva lignita po Velenjskoj metodi širokih čela, koja se širi i na druge rudnike, izaziva specijalne zahtjeve prema konstrukciji čeličnih greda zbog složenog djelovanja jamskog pritiska.

inostranstvu. Prema podacima anketiranih rudnika raspodjela čeličnih greda po njihovim dužinama je slijedeća:

	Kameni ugalj	Mrki ugalj	Lignit	Ukupno
I. grupa	210	—	—	210
II. grupa	—	10.056	365	10.421
III. grupa	8.116	19.809	3.171	31.096
IV. grupa	220	620	425	1.265
Ukupno:	8.546	30.485	3.961	42.992

T a b e l a 6
Dinamika nabavke čeličnih greda po proizvođačima ank. rudnika

Godina	P r o i z v o d a č i					Ukupno
	Alpina	Wan-helm	Krapanj* G H H	S. T. T.	Bratstvo	
1955	200	—	—	1.053	—	1.253
1956	120	—	—	1.804	500	2 424
1957	100	—	—	1.121	3.608	4.829
1958	—	—	750	1.314	3.849	5.913
1959	200	350	413*	6.766	2.031	9.560
1960	—	1.505	—	7.109	10.199	18 813
Ukupno	620	1.855	1.163	19.167	20.187	42.992

Poslednjih godina naglo je ubrzana nabavka čeličnih greda. U 1959. godini ona se izjednačila sa nabavkom čeličnih stupaca, a 1960. godina dočinjela je bitnu promjenu u korist čeličnih greda.

Nabavljen je:

- 14.314 čeličnih stupaca i
- 18.813 čeličnih greda.

U odnosu na 1955. godinu rudnici su 1960. godine nabavili 15 puta više čeličnih greda.

DUŽINE ČELIČNIH GREDA

Sve dužine čeličnih greda podjelio sam u četiri grupe i to:

- I. grupa do 1 m
- II. grupa 1,12 m
- III. grupa 1,25 m
- IV. grupa preko 1,25 m

Ovakva podjela uzima se kao standardna i u

Druga grupa čeličnih greda, sa dužinom 1,12 m učestvuje sa 24,23% u ukupnom broju, a treća grupa sa dužinom 1,25 m učestvuje sa 72,32%. Ostale grupe imaju beznačajno učešće od svega 3,45%.

Osnovna orijentacija, do sada, u izboru dužine čelične grede za razne slojne prilike, bila je dužina od 1,25 m. To je najduža standardna čelična greda za široka čela sa slobodnim otkopnim frontom i zarušavanjem krovine pozadi čela. Izborom najduže čelične grede rudnici su želeli da sa istog širokog čela dobiju veću proizvodnju i povećanu produktivnost rada. Za jedan ciklus rada treba obaviti isto toliko pomoćnih poslova kod primjene duže čelične grede, kao kod primjene kraće čelične grede, ali se dobije više uglja.

Navedene prednosti duže čelične grede brzo se gube dejstvom drugih faktora. Povećava se otkop na širina, veće je opterećenje jamskog pritiska, po-

T a b e l a 7

Rashod čelične podgrade po vrstama ugađa u anketiranim rudnicima

Čelična predgrada	Kameni ugalj komada	%	Mriki ugalj komada	%	Lignit komada	%	Ukupno komada	%
Čelični stupci								
Nabavljeno od 1.I 1955. do 1.X 1960.	6.261	100	29.745	100	19.443	100	55.449	100
Brojno stanje 1.X 1960.	6.047	96,6	23.526	79,2	14.616	75,2	44.189	79,70
Rashod	214	3,4	6.219	20,8	4.827	24,8	11.260	20,30
Čelične grede								
Nabavljeno od 1.I 1955. do 1.X 1960.	8.546	100	30.485	100	3.961	100	42.992	100
Brojno stanje 1.X 1960.	8.446	98,3	19.181	63,9	3.605	91,0	31.232	72,65
Rashod	100	1,2	11.304	36,1	356	9,0	11.760	27,35

T a b e l a 8
Rashod čelične podgrade po republikama

Čelična podgrada	Srbija		Hrvatska		Slovenija		Bosna i Hercegovina	Ukupno
Čelični stupci	Komada	%	Komada	%	Komada	%	Komada	%
Nabavljeno od 1.I 1955. do 1.X 1960.	2.021	100	7.227	100	14.157	100	32.044	100
Brojno stanje 1.X 1960.	1.956	96,8	6.313	87,4	9.885	64,8	26.085	81,2
Rashod	65	3,2	914	12,6	4.272	30,2	6.009	18,8
Čelične grede								
Nabavljeno od 1.I 1955. do 1.X 1960.	1.790	100	9.021	100	7.041	100	25.140	100
Brojno stanje 1.X 1960.	1.730	96,7	8.426	93,7	3.120	44,3	17.956	71,4
Rashod	60	3,3	595	6,3	3.921	55,7	7.184	28,6

goršava se stanje krovine, smanjuje sigurnost rada, a deformacije na čeličnoj podgradi uzimaju veće razmjere.

Za otkopne visine iznad 2,0 m obično treba uzeti čeličnu gredu ispod 1,25 m. U našoj praksi, naprotiv, kombinuju se masovno najveća otkopna visina sa najvećom otkopnom širinom. Dosta teškoća na širokim čelima potiče upravo zbog takve orientacije. To je jedan od važnih uzroka i prekomernih deformacija čeličnih greda.

TIPOVI ČELIČNIH GREDA

Prema tabeli 6 bile su u primjeni čelične grede iz uvoza austrijske firme „Alpine“ i njemačke firme „GHH“, a od domaćih fabrika čelične grede „Bratstvo“, „STT“ i „Krapanj“. Ova poslednja je beznačajna, po svojoj primjeni, a takodje i čelične grede iz uvoza. U posljednje dvije godine Velenje je uvezlo 1555 čeličnih greda tipa „Wanheim“ iz Njemačke.

Fabrika STT prva je otpočela sa proizvodnjom čeličnih greda za široka čela. Njene prve konstrukcije nisu bile podesne za slobodni front, imale su malu nosivost i brzo se deformisale. U tabeli 8. za republiku Sloveniju, koja se sa čeličnom polgradom uglavnom snabdjeva od fabrike STT, prikazan je nenormalno veliki rashod čeličnih greda. Od 7.041 nabavljenе rashodovan je već 3.921 čelična greda ili 55,68%.

Poslednji tip čelične grede ove fabrike je znatno bolji od njenih prethodnih konstrukcija, ali praksa još nije dala o njoj konačnu ocijenu. Čelična greda je prilično teška i glomazna za rukovanje, ali se lako prilagodjava krovini.

Čelične grede preduzeća „Bratstvo“ bile su prve domaće grede, po jugoslovenskom patentu, podesne za slobodni otkopni front širokih čela. One su izdržale sve probe u praksi mrkih i kamениh ugljeva pokazavši se dovoljno izdržljivim i otpornim. Njihova primjena stalno raste.

U fabričkoj izradi pojavljuju se povremeno sitniji nedostaci, kao slaba veza klina sa papućom (zbog čega su mnogi klinovi pogubljeni i papuće ostale neiskorišćene), mala tolerancija izmedju papuće i omotača — papuča se teško ubacuje u omotač. Kod nedovoljne kontrole žilavosti šine javlja se ponekad i pucanje čelične grede unatoč termičke obrade. Ova pojava se može izbjegći strogom tehničkom kontrolom i ne bi se smjela u rudarskoj praksi dešavati.

Postignuti nivo proizvodnje čeličnih greda omogućava da se pristupi valjanju specijalnog rudar-

skog RI 110 profila za dalju proizvodnju. Dosadašnje konstrukcije, ukoliko su bile zadovoljavajuće, mogu se smatrati kao konstrukcije prelaznog karaktera do uvodenja specijalnog profila kao nacionalnijeg za čelične grede. Taj zadatak trebalo bi šlo hitnije da riješe fabrike za proizvodnju čelične podgrade.

Dosadašnje cijene čeličnih greda od 14.500 dinara po komadu mogu se smatrati kao povoljne. One odgovaraju, po novom kursu dolara i carini, nivou uvoznih čeličnih greda, ali najnovije cijene čelične grede STT od 17.500 dinara kom. su dosta skupe za rudnike.

TEHNIČKA PRIMJENA ČELIČNE PODGRADE

Čelična podgrada ima zadatak da sile jamskog pritiska prenese iz krovine na podinu, a da se radni prostor širokog čela potpuno sačuva i drži otvoren. Da bi se to postiglo, moraju ležišta podgrade tj. najdonji sloj krovine i najgornji sloj podine biti dovoljno čvrsta da preuzmu izazvana opterećenja i dalje ih prenesu. Za ispunjenje tog uslova važno je izvršiti mjerenja čvrstoće krovnih i podinskih naslaga širokog čela. Ležište čelične podgrade, u gornjem smislu, utiče odlučujuće na uspjeh moderne podgrade. Ukoliko jedno od ležišta pri krovini ili pri podini nije doraslo da preuzme pritisak u osloncima podgrade, već se prije vremena razrušava ili izvija, ni čelična podgrada ne može ispuniti svoj zadatak.

Na mnogim mjestima ovaj statički uslov za uspješno dejstvo podgrade nije obezbedjen. Rudari se moraju zato boriti sa vanrednim teškoćama pri postavljanju i vadjenju čelične podgrade. Imamo dosta ugljenih slojeva sa mekanom podinom. Čelični stupci poniru u podinu, krovne naslage se cijepaju i spuštaju još u radnom prostoru. Mjesimični proloomi pogoršavaju situaciju i zadaju dosta posla. Potrebna je velika umješnost rudara da obezbjede sigurnost rada i napredovanje širokog čela. Ukoliko se široko čelo iz bilo kojih razloga zaustavi nekoliko dana čelični stupci znaju da potonu do svojih brava.

Ovakvi uslovi rada ne mogu se uzeti kao trajan način rada. Potrebno je u takvim slučajevima smanjiti otkopnu širinu do minimuma, pojačati gustinu čelične podgrade do maksimuma, tražiti i druge načine smanjivanja specifičnog opterećenja na podinu, ubrzavati što više napredovanje širokog čela.

Odlučujuću važnost za uspjeh moderne čelične podgrade ima, nadalje, tzv. gustina čeličnih stupaca. Pod tim se podrazumjeva koliko čeličnih stu-

počas podupire 1 m² krovne površine. Ukoliko je veća gustina čeličnih stupaca utoliko je manje specifično opterećenje pojedinih stupaca. Sto je veća moćnost sloja, odnosno otkopna visina širokog čela, treba da je veća i gustina čeličnih stupaca.

Kod veće gustine čeličnih stupaca troši se više radne snage za postavljanje i vadjenje čelične podgrade, ali se povećava opšta sigurnost na širokom čelu, a posebno je lakše i sigurnije vadjenje čeličnih stupaca.

Ako široko čelo radi sa zasipom onda se uzima obično 1,0 — 1,2 stupca na kvadratni metar. Široko čelo sa zarušavanjem otkopanih prostora traži znatno veću gustinu čeličnih stupaca i ona se, prema Ritter-u, menja u zavisnosti od otkopne visine kako slijedi:

Ispod 1,00 m visine	0,8 — 0,9 st/m ²
1,20 — 1,80 m visine	1,2 — 1,3 st/m ²
1,80 — 2,00 m visine	1,4 — 1,5 st/m ²
2,20 — 2,40 m visine	1,5 — 1,6 st/m ²

Za otkopne visine preko 2,5 m potrebna je znatno veća gustina, i ona po mom mišljenju treba se kreće oko 2,0 st/m². Ta se gustina može postići samo čeličnim gredama kraćim od 1,25 m i dupliranjem zadnjeg reda čeličnih stupaca, uz liniju zarušavanja.

U našoj praksi rijetko se može naći gore navedena gustina čeličnih stupaca. Ona je obično za 20% — 40% manja. Smanjenje gustine izaziva preopterećenja pojedinih elemenata čelične podgrade i njihove veće deformacije, a to dovodi i do povećanog popuštanja čeličnih stupaca.

U praksi je vrlo teško održati predvidjenu gustinu i raspored čeličnih stupaca. Potreban je svakodnevni strogi nadzor, disciplina i pedantnost da se stalno iznova dovodi u red ono što rudari ili jamski pritisak pokvari. Da bi se postigao pravilan razmak čeličnih stupaca, ponegdje se umeću između čeličnih greda tanke distancione raspinjače. One služe samo zato da se kod produžavanja čeličnih greda obezbjedi svuda medju njima željeni razmak.

Već je napomenuta vanredna važnost otkopne širine za čeličnu podgradu i za opšte stanje "krovini". Otkopna širina određuje se dužinom čeličnih greda i njihovim brojem u istoj liniji upravno prema radnom čelu.

Na početku ciklusa rada, od radnog čela do linije zarušavanja, po pravilu, treba da postoje tri reda čeličnih greda, nastavljenih jedna na drugu.

Slobodni otkopni front traži još jedan red čeličnih greda u rezervi. U prvoj fazi ciklusa rada taj se red produžava, tako da стојi u istoj liniji prema starom radu od četiri reda čeličnih greda.

Kod otkopne visine manje od 1,8 m može da se primjenjuje jedan red čeličnih greda manje nego što je navedeno, uz dovoljnu gustinu čeličnih stupaca. Tim se postiže znatno smanjenje otkopne širine, i smanjenje ukupnog broja potrebne čelične podgrade.

Ima slučajeva, da se otkopna širina nepotrebno povećava. Ostavlja se četiri do pet redova čeličnih greda, sa ciljem da se postigne bolje zarušavanje krovine. Prilikom vadjenja uzimaju se čelične posgrade odjednom sa dva reda. S gledišta sigurnosti i deformacija to je nepovoljnije, jer opterećenje jamskog pritiska naglo u progresiji raste sa povećanjem otkopne širine.

Iako je izabran pravilan raspored čelične posgrade, u praksi se on stihiski mijenja. U slučaju teškoča kod vadjenja čeličnih stupaca može da ostane na pojedinim sekcijama širokog čela više redova u starom radu. Vadjenje tih zaostalih redova čelične posgrade je naročito teško i opasno. Zato je najvažnije obezbjediti pravovremeno obavljanje svih pomoćnih poslova. Prvo dovesti u red čeličnu podgradu pa tek onda otpočeti sa proizvodnjom uglja — to treba da bude zlatno pravilo na širokim čelima.

U dosadašnjoj primjeni čelične posgrade upotrebljava se uglavnom pravougaoni raspored čeličnih stupaca. Taj raspored je i najpovoljniji kada se miniranje koristi za dobivanje uglja. Mehanizacijom udova na kopanju uglja, u zavisnosti od vrste mašina ukazaće se potreba primjene i trougaonog rasporeda čeličnih stupaca. Kod širokih čela sa tvrdom podinom i još tvrdjom krovinom najvažnije je sa rasporedom i gustinom čeličnih stupaca obezbjediti dovoljno krutu i oštru liniju zarušavanja krovine.

Pravilno postavljanje čeličnih stupaca i čelični greda igra jednu od odlučujućih uloga u nosivosti i deformacijama čelične posgrade.

Od zabijanja klinova zavisi nosivost čeličnog stupca. Ne samo različiti tipovi čeličnih stupaca, nego i različiti stupci istog tipa traže različiti broj i snagu udaraca u klinove da se postigne ista nosivost. Ujednačavanje nosivosti svih čeličnih stupaca na širokom čelu, sa istom karakteristikom popuštanja i sa istim specifičnim opterećenjem stvara povoljne i sigurne radne uslove.

Čelični klin je potpuno zabijen kada se pri udaru čuje mukli zvuk, a klin ne može više da ulazi u bravu. Rudari se obično žure i nedovoljno zabijaju klinove. To je veoma opasno jer kod nastupanja jakih periodičkih pritisaka, ili pojave rasjeline, može doći do zarušavanja pojedinih dijelova širokog čela. Kao najnovije, u inostranstvu se počelo da primjenjuje hidraulično zabijanje klinova. Time se obezbeđuje podjednako zabijanje svih klinova. Za nas je jednostavnije da se organizuje sva kodnevna kontrola zabijanja klinova.

Za sistematsku kontrolu nosivosti čeličnih stupaca, kao najpogodnije sredstvo pokazala se do sada hidraulična presa za utiskivanje Dr. Jahus-a. Ova se presa montira između čelične grede i glave čeličnog stupca. Zatim se sa malom hidrauličnom pumpom stvoriti pritisak dovoljan za utiskivanje unutrašnje cijevi stupca u bravu. Sa ovom presom može se u jednoj smjeni izmjeriti nosivost čeličnih stupaca na više mesta širokog čela.

Ranije primjenjivane mjerne doze za pritisak, sistem Wöhlbier — Ambatiello i slične, pokazale su se kao nesigurne i nepraktične.

Najslabija strana okruglog čeličnog stupca leži upravo u tome, što se ne može popraviti jače iskriviljena cijev. Ukoliko se i manje iskriviljena unutrašnja cijev ispravi, ona nema istu karakteristiku po puštanju kao prvobitna. Zato je najvažnije ne dozvoliti da dodje do masovnijeg krivljenja čeličnih stupaca, koje naročito izaziva ekscentrični pritisak.

Prema ispitivanjima Jaranscha ekscentricitet samo od 3,55 cm smanjuje nosivost modernog čeličnog stupca za dvije trećine njegove prvobitne nosivosti.

Opterećenje jamskog pritiska iz krovine treba preko čelične grede da se prenosi kroz osovinu čeličnog stupca na podinu. Ne samo položaj čelične grede na čeličnom stupcu već i njene deformacije utiču na pojavu ekscentriciteta. Iskriviljena čelična greda i kod pravilnog položaja izaziva ekscentrično djelovanje jamskog pritiska na čelični stupac.

Krivljenje čelične grede mahom dolazi zbog slabog zalaganja šupljina iznad nje ili postavljanjem čeličnog stupca pod nju na mesta slabije otpornosti. Negativno dejstvo ekscentričnog pritiska ne može se sasvim izbjegći na širokom čelu iako je čelična podgrada pravilno postavljena, zato se traži određena otpornost čeličnih stupaca na ovaku opterećenja.

RASHOD ČELIČNE PODGRADE

U tabeli 7 dat je rashod čeličnih stupaca i čeličnih greda po vrstama uglja, a u tabeli 8 dat je njihov rashod prema pojedinim republikama.

Prema tim podacima ukupan rashod čeličnih stupaca za poslednjih 6 godina bio je 20,30%, a ukupan rashod čeličnih greda bio je 27,35%. Najveći rashod čelične podgrade imaju mrki ugljevi, a najmanji imaju kameni ugljevi. Ovaj rashod zavisao je od dinamike nabavljanja čelične podgrade, slojnih prilika i načina primjene.

Dinamika nabavljanja stalno se ubrzava. Poslednje dvije godine nabavljeno je blizu polovine ukupno nabavljenje čelične podgrade za poslednji 6 godina.

Rashod čeličnih stupaca od 3,38% godišnje i čeličnih greda od 4,55% godišnje odgovara stvarnom vijeku trajanja čelične podgrade. Njega možemo izračunati približno na osnovu prikazanog rashoda i dinamike nabavljanja. Rashod čeličnih stupaca od 11.260 komada odgovara njihovoj nabavci za prve 2,2 godine. Isto tako rashod čeličnih greda od 11.760 komada odgovara njihovoj nabavci za prve 3,5 godine. Vjek trajanja čelične podgrade, izračunat tom metodom, u proteklom periodu bio je:

- za čelične stupce 46 mjeseci
- za čelične grede 30 mjeseci

Konkretni vijek trajanja za svaki rudnik je drugičiji. Prosječan vijek trajanja za čelične stupce je potpuno zadovoljavajući, dok je za čelične grede nezadovoljavajući.

Način primjene, evidencija i održavanje su odlučujući faktori da kod određenih slojnih prilika vijek trajanja, a sa time i ekonomičnost čelične podgrade bude veća ili manja. Prema nepotpunim podacima anketiranih rudnika deformisano je 16.087 čeličnih stupaca i 7.392 čelične grede u periodu 1955—1960. godine. Za to isto vrijeme opravljeno je 12.854 čelična stupca i 3.011 čeličnih greda.

Na osnovu podataka izvjesnih rudnika deformacije na čeličnim stupcima STT sačinjavaju

66%	krivljenje gornje cijevi
6%	krivljenje donje cijevi
7%	lom gornje cijevi
3%	lom donje cijevi
2%	lom glave stupca
14%	lom zubaca na glavi
2%	lom brave.

Kod čeličnih greda oko 20% čine lomovi greda a 80% savijanje greda.

Veliki obim deformacija čelične podgrade iziskuje organizovanje naročito dobre službe za njenu održavanje. Važno je na vrijeme izvaditi sa širokog

T a b e l a 9
Brojno stanje čelične podgrade za široka čela na dan 1.X 1960. god. računato po vrsta na ugla anket. ruonika

	Kameni ugaji		Miki ugaji		Lignit		Ukupno ugaji	
	stupci	grede	stupci	grede	stupci	grede	stupci	grede
Ugrađeni u jami	2.562	2.180	14.558	12.160	9.597	1.913	26.717	16.253
U rezervi	1.850	1.867	5.910	3.523	2.292	1.227	10.052	6.617
U magacinu	1.001	2.787	729	1.596	1.495	523	3.225	4.906
Ukupno neugrađeni a ispravni	2.851	4.654	6.639	5.119	3.787	1.750	13.277	11.523
Deformisani	530	324	3.049	2.219	1.222	317	4.801	2.860
Sveukupno:	5.943	7.158	24.246	19.498	14.606	3.970	44.795	30.626

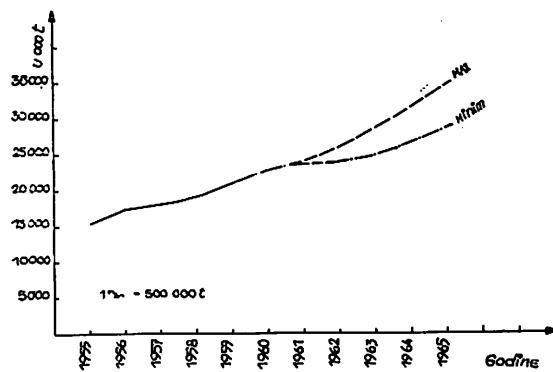
T a b e l a 10

	Srbija		Hrvatska		Slovenija		Bosna i Herc.	
	stupci	grede	stupci	grede	stupci	grede	stupci	grede
Ugrađeni u jami	166	30	*2.986	2.265	7.631	1.507	15. 934	12.451
U rezervi	783	650	1.853	1.822	*2.052	1.169	5.364	2.976
U magacinu	976	1.050	*815	3.060	—	596	1.434	200
Ukupno neugrađeni a ispravni	1.759	1.700	*2.668	4.882	2.052	1.765	6.798	3.176
Deformisani	43	—	513	356	942	264	3.303	2.240
Sveukupno:	1.988	1.730	6.167	7.503	10.625	3.536	26.035	17.867

čela stupac koji se počeo deformisati. Manje deformacije mogu se lakše popraviti.

Prema dobijenim podacima anketne u istom periodu izgubljeno je, tj. ostalo u ruševini, 8.514 kom. čeličnih stupaca i 7.882 kom. čel. greda. Ove cifre znatno premašuju rashod čelične podgrade po svim drugim vidovima, ukazujući nam na našu najslabiju tačku: na evidenciju čelične podgrade.

Vrijednost izgubljene čelične podgrade na širokim čelima za 6 godina iznosi oko 450.000.000 dinara. Jedan dio čelične podgrade ostao je pod ruševinom dejstvom „više sile“. Iskustvo pokazuje da



Sl. 1

je ipak najveći dio podgrade izgubljen zbog nedostatka dnevne evidencije i prebrojavanja.

Organizovanje stroge evidencije i kontrole o

primjeni čelične podgrade, kao što je to detaljno objašnjeno u štampanom uputstvu preduzeća „Bratstvo“, predstavlja jedan od uslova njene ekonomične primjene.

STEPEN ISKORIŠĆENJA

U tabeli 9 dat je prikaz brojnog stanja čelične podgrade za široka čela sa 1.X 1960. godine. Na osnovu njega može se izračunati stepen iskorisćenja za pojedine vrste uglja, a u tabeli 10 ti isti podaci razvrstani su po republikama. Izraženi u procentima daju:

	Ugradjeni stupci	U rezervi stupci	U kvaru stupci	Ukupno
Kameni ugalj	43,10%	47,97%	8,92%	100%
Mrki ugalj	60,04%	27,38%	12,58%	100%
Lignite	65,70%	25,92%	8,38%	100%
Ukupno:	59,64%	29,63%	10,73%	100%

Kod čeličnih greda u prosjeku za sve ugljeve približno je isto stanje.

Obično se uzima kao ekonomski opravданo da 70% bude ugradjene čelične podgrade, a 30% u rezervi i na opravci. U odnosu na takav stepen iskorisćenja naše je stanje nezadovoljavajuće. Ono nam otkriva koliko bi mogli znatno da pojačam

T a b e l a 11
Kretanje proizvodnje uglja u FNRJ

R e p u b l i k e	Proizvodnja u 000 tona				
	1955. g.	1956. g.	1957. g.	1958. g.	1959. g.
Srbija	3.523	4.061	4.368	4.934	5.438
Hrvatska	2.297	2.487	2.621	2.478	2.585
Slovenija	3.421	3.728	4.103	4.082	4.474
Bosna i Hercegovina	5.858	6.679	6.768	7.286	8.391
Makedonija	15	13	11	11	8
Crna Gora	93	133	137	195	212
FNRJ	15.207	17.101	18.007	18.986	21.107

finansijski efekat rudnika sa boljim iskorišćenjem već posfojeće čelične podgrade.

EKONOMIČNOST PRIMJENE

Faktori koji utiču na ekonomičnu primjenu čelične podgrade su:

- Ušteda jamskog drveta
- Nabavna cijena podgrade
- Vijek trajanja
- Troškovi održavanja
- Stepen iskorišćenja
- Uštede u radnoj snazi.

Većina tih faktora već je analizirana. Od svih

T a b e l a 12

Godine	Minimalna proizvodnja	Maksimalna proizvodnja
1960	22,750 000	22,750.000
1961	23.500.000	24,050.000
1962	24,000.000	26,000.000
1963	25,000.000	28,800.000
1964	26,500.000	31,500.000
1965	28,800.000	35,000.000

nabrojanih najveći uticaj ima ušteda jamskog drveta, koju primjena čelične podgrade sa sobom donosi.

Kretanje potrošnje jamske gradje u analiziranom periodu dato je u tabeli 15 i dijagramima 3 i 4.

U 1955. godini specifična potrošnja jamske gradje za sve rudnike uglja bila je $30,1 \text{ m}^3$ na 1.000 tona a 1959. godine iznosila je $20,5 \text{ m}^3$ na 1.000 tona, što čini smanjenje od 34%.

Prema dijagramu 4 procjenjujem za 1960. godinu specifičnu potrošnju jamske gradje $19,0 \text{ m}^3$ na 1.000 tona.

Apsolutna ušteda jamske gradje u proizvodnji uglja za poslednjih 5 godina, u odnosu na 1955. godinu bila je:

U 1956. godini 66.994 m^3 ili $0,0039 \text{ m}^3/t$

U 1957. godini 75.629 m^3 ili $0,0042 \text{ m}^3/t$

U 1958. godini 148.090 m^3 ili $0,0078 \text{ m}^3/t$

U 1959. godini 202.627 m^3 ili $0,0096 \text{ m}^3/t$

U 1960. godini 253.080 m^3 ili $0,011 \text{ m}^3/t$

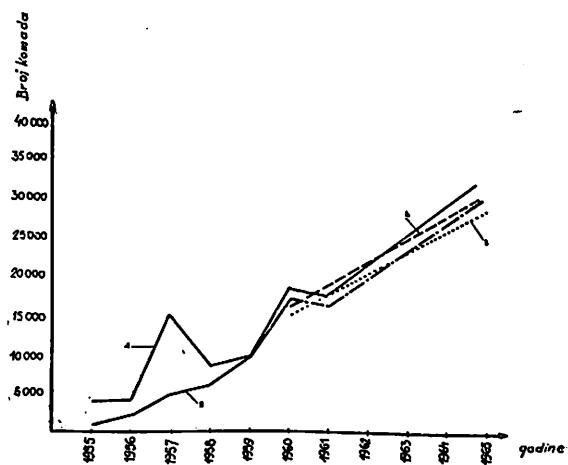
Ukupno: 746.420 m^3

Uzimajući prosječnu prodajnu cijenu jamske gradje sa 10.000 din/m^3 finansijski efekat gornje uštede jamskog drveta iznosi $7.464.200.000$ dinara.

Tabela 13
Dinamika potrošnje čelične podgrade za široka čela
I. Nabavljen u ank. rudnicima

G o d i n a	Čelični stupci, kom.	Čelične grede, kom.
1955	3.966	1.253
1956	4.175	2.424
1957	15.056	4.829
1958	8.437	5.913
1959	9.501	9.560
1. IX 1960.	14.314	18.813
U k u p n o	55 449	42 992

Ove uštede bile su jednim djelom posljedica povećanja proizvodnje uglja sa površinskih kopova,



S I. 2

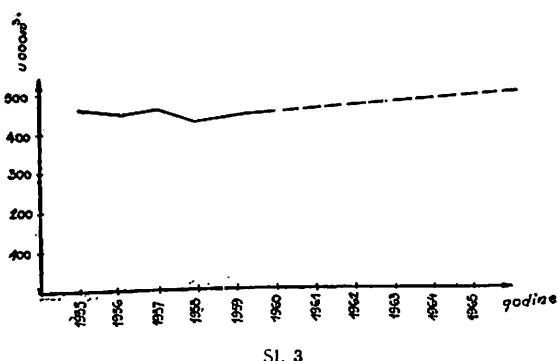
uvodjenja čelične podgrade za hodnike, promjene odnosa pripreme i kopanja u jamama, u korist kopanja i povećanog učešća proizvodnje rudnika sa boljim slojnim prilikama, (npr. ligniti). Detaljnijim proučavanjem tih faktora dolazimo do za-

ključka, da oni učestvuju sa približno 60% u cijelokupnoj uštedi jamske gradje, a 40% izazvala je primjena čelične podgrade za široka čela. To znači, da je njenom zaslugom uštedjeno do sada oko 300.000 m^3 jamske gradje, odnosno 3.000.000.000 din.

Za isto vrijeme vrijednost nabavljene čelične podgrade proöenjujem da je bila 2.850.000.000 din.

Imajući u vidu, da postojeća čelična podgrada može da služi, prema vijeku trajanja, još oko 2 godine, to će se finansijski efekat dobijen daljom uštemom jamskog drveta povećati još za 50%. Takođe finansijski efekat znatno prevazilazi troškove nabavke i održavanja čelične podgrade. Sve ostale uštede po drugim faktorima, vezanim za čeličnu podgradu, dolaze povrh toga.

Posebno treba istaći značaj ogromnih ušteda jamskog drveta od strane rudnika za očuvanje našeg šumskog fonda. Unatoč povećanju proizvodnje



Sl. 3

ugla za 49% u odnosu na 1955. godinu, potrošnja jamske gradje u 1960. godini neće biti veća u apsolutnom iznosu od potrošnje u 1955. godini.

Ti podaci ubjedljivo govore, da su rudnici Jugoslavije, posebno rudnici Bosne i Hercegovine, učinili mnogo na smanjenju potrošnje jamskog drveta, mnogo više nego što bi to bilo moguće postići sa impregnacijom jamskog drveta. Zato bi bilo potrebno izmijeniti zakon Bosne i Hercegovine, koji jednostrano obavezuje rudnike na impregnaciju jamskog drveta ne vodeći računa o racionalnijim rješenjima.

Navedenim grubim pokazateljima o finansijskom efektu primjene čelične podgrade za široka čela potpuno je dokazana puna ekonomičnost njene primjene u proteklom periodu. Potrebno je ubuduće poboljšati stepen iskorišćenja, način primjene i održavanja, smanjiti nabavnu cijenu, pa da ta ekonomičnost još više poraste.

OCJENA PROIZVODNJE UGLJA, POTROSNJE ČELIČNE PODGRADE ZA ŠIROKA ČELA I POTROSNJE JAMSKOG DRVETA ZA PERIOD 1961—1965. GODINE

Prema perspektivnom planu FNRJ proizvodnja uglja treba da bude u 1965. godini veća za 53% od procjenjene proizvodnje u 1960. godini. Za prošlih pet godina proizvodnja se povećala za 59%. Iz dijagrama je vidljivo, da se planira prosječan tempo porasta ravan maksimalnom tempu porasta postignutom u jednoj godini proteklog perioda. Zato se uvodi pojam maksimalne proizvodnje, koja odgovara tom maksimalnom tempu, i pojam minimalne proizvodnje, koja bi se postigla na dosadašnjim osnovama razvoja. Stvarna proizvodnja kreće se u granicama minimuma i maksimuma.

Tabela 14

Dinamika potrošnje čelične podgrade za široka čela
II. Ocjena za sve rudnike

Godina	Čelični stupci kom.	Čelične grede kom.
1961	18.000	16.000
1962	20.500	19.500
1963	23.000	23.000
1964	26.000	26.500
1965	28.500	30.000
Ukupno	116.000	115.000

Na osnovu dijagrama 2 izračunata je dinamika nabavke čeličnih stupaca i čeličnih greda za naredni period i podaci ubačeni u tabelu 14. Po njima, rudnici uglja nabavice za sljedećih pet godina:

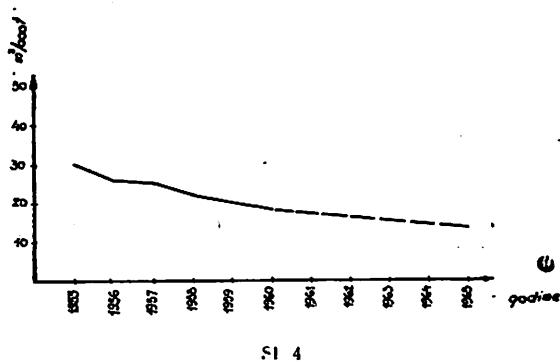
116.000 čeličnih stupaca i

115.000 čelični greda

što znači 2,1 puta više stupaca, nego za poslednjih 6 godina i 2,7 puta više čeličnih greda.

Ova računica potvrđuje se i metodom koeficijenta nabavke. Predviđam povećanje učešća otkopa sa čeličnom podgradom za daljih 20%, što će do-

vesti i do povećanja koeficijenta nabavke tako da bi on za rudnike sa čeličnom podgradom iznosio 800 tona/l stupac.



Sl. 4

Date procjene baziraju se u okviru prikazanog minimuma proizvodnje za period 1961—1965. godine. Ukoliko se želi dostići planirani maksimum proizvodnje, potrebe u čeličnoj podradi biće još veće.

U dijagramima 3 i 4 data je procjena apsolutne i specifične potrošnje jamske gradje. Ona je bazirana na maksimumu proizvodnje za naredni period. Ukupna potrošnja u 1965. godini ne bi trebalo da predje 500.000 m³. Imajući u vidu da je potrošnja u 1955. godini ostvarena sa 458.317 m³, možemo se nadati, da rudnici neće dolaziti u naročite teškoće sa nabavkom jamske gradje.

HIDRAULICNA PODGRADA

Ima mišljenja da je bolje uporabiti hidraulične stupce namjesto čeličnih stupaca na trenje. Za niske slojeve hidraulični stupci mogu uspješno konkurišati stupcima na trenje, iako imaju veću nabavnu vrijednost i skuplje održavanje. Njihova povoljna karakteristika nosivosti i lakše rukovanje krče im put u niskim slojevima.

Kod većih otkopnih visina, a to je 80% slučajeva kod nas, uvođenje pojedinačnih hidrauličnih stupaca se ne isplati. Iskrivljeni hidraulični stupci se ne mogu popraviti. Kod većih dužina njihova se težina naglo povećava, a time se i rukovanje otežava. Uvođenje hidraulike na široko čelo, uopšte uzev, za naše prilike komplikuje situaciju.

Kada na nekom rudniku sazre situacija za primjenu hidraulike, onda je, prema stranom iskustvu, pravilnije prelaziti odmah sa čeličnih stupaca na trenje na hidrauličnu samohodnu podgradu.

Uvođenje hidraulične samohodne podgrade je poslednji stepen mehanizacije u tehnološkom procesu dobivanja uglja. Prije njenog uvođenja potrebno je riješiti sva uska grla u tehnološkom procesu, a iznad svega obezbjediti kapacitativan transport uglja u svim njegovim vidovima i mehanizovano kopanje uglja na širokom čelu.

Tek kada su obezbjedjeni svi uslovi za brzo napredovanje širokog čela i sposoban stručni kadar, hidraulična samohodna podgrada može dati željeni efekat.

T a b e l a 15
Kretanje potrošnje jamske grade u proizvodnji uglja FNRJ

R e p u b l i k e	1955. g.		1956. g.		1957. g.		1958. g.		1959. g.	
	m ³	na 000 tona								
Srbija	110.571		111.366		116.881		100.746		104.823	
Hrvatska	106.442		108.941		111.647		99.219		98.541	
Slovenija	127.580		118.943		121.154		110.496		112.294	
Bosna i Hercegovina	113.381		107.899		110.638		111.462		115.942	
Makedonija	343		320		364		262		190	
Crna Gora	—		—		—		—		282	
FNRJ	458.317	30,1	447.469	26,2	460.684	25,9	422.195	22,3	432.072	20,5

Hidraulična samohodna podgrada postavlja vanredno visoke zahtjeve pred stručni kadar rudnik. Ona ne podnosi nikakav primitivizam. Pored toga, traži i povoljne slojne prilike. Uvodjenje hidraulične samohodne podgrade traži opreznost i postepenost. Eksperimentalne probe sa njom treba prepustiti najbogatijim rudnicima. Rudnik Banovići sredinom 1960. godine opremio je jedno široko čelo sa ovom podgradom, a Kreka takođe počinje sa sličnim eksperimentom ali u manjem obimu.

Period 1961 — 1965. godine biće period dominacije čelične podgrade na trenje, i mi našu osnovnu pažnju treba da posvetimo toj vrsti podgrade i rješenju njenе problematike.

II. Dio

ČELIČNA PODGRADA ZA HODNIKE

Na savjetovanju rudnika uglja Jugoslavije o problemu čeličnih lukova, održanog septembra 1959. godine u Zenici, temeljito je razmotrena njihova problematika. Savjetovanje je poslužilo kao značajan podstrek za njenu primjenu. Ovdje ću stoga obraditi samo neke osnovne aspekte tih i drugih vidova čelične podgrade za hodnike.

Ako uključimo u date podatke i rudnik Velenje, onda je raspodjela čeličnih okvira po proizvođačima za 1955. godinu do 1960. godine bila:

Firma Alpine	13.797	okvira
Firma Schwarz	280	okvira
Gerlach Wanheim	100	okvira
Domaći JNP	4.679	okvira
Domaći Šina	29.025	okvira
Ukupno	47.881	okvira

Uvodjenje čeličnih okvira naglo se povećava. U poslednje dvije godine nabavljeno je 32.137 komada ili 67% ukupnih količina za poslednjih 6 godina. To znači da smo mi upravo sada ušli u eru primjene čelične podgrade i za podzemne hodnike.

Sa domaćom fabričkom proizvodnjom čeličnih lukova stojimo loše, krivicom subjektivnih slabosti kako domaćeg proizvodjača tako i rudnika.

Za sada čelične lukove u zemlji proizvodi jedino preduzeće „Metalno“ Zenica, po jugoslovenskom patentu, a i neke druge konstrukcije koje, nažalost, nisu dovoljno promišljene. Nedovoljna tehnička kon-

T a b e l a 16
Dinamika nabavke čelične podgrade za hodnike anketiranih rudnika, po proizvođačima

Godine	U v o z			Domaća proizvodnja		Ukupno komada (okvira)
	Alpine	Schwarz	Gerlach-Wanheim	J N P	Šine	
1955	1.630	—	—	—	230	1.860
1956	826	—	—	—	1.800	2.626
1957	1.430	—	—	—	1.250	2.680
1958	3.980	280	—	493	3.825	8.578
1959	2.626	—	—	2.275	8.770	13.671
1960*	3.305	—	100	1.911	13.150	18.466
Ukupno:	13.797	280	100	4.679	29.025	47.881

* Podaci za 1960. god. odnose se na period 1. I — 1.-X-1961.

U tabeli 16 dat je pregled dosadašnje nabavke čeličnih okvira iz uvoza i domaće proizvodnje, a u tabeli 17 pregled čelične podgrade za hodnike po vrstama i podgradjenim metrima.

trola proizvodnje i nedostatak rudarske službe za vezu sa rudnicima smanjivali su velike mogućnosti za plasman njegovih proizvoda.

Na rudnicima nema svuda dovoljno razumje-

vanja za čelične lukove, a vlada i nepovjerenje prema domaćoj proizvodnji. Ukoliko se standardni čelični lukovi primjene pravilno, u zavisnosti od slojnih prilika, oni će sigurno dati dobre rezultate.

Pored radioničkih grešaka kod izrade spojeva i savijanju luka, ima još više grešaka u izboru odgovarajućeg luka za određene slojne prilike. Naprimjer, čelični luk, koji ima spoj na vrhu, predodredjen je za prihvatanje pritiska sa bokova, a luk sa dva spoja na bokovima predodredjen je za prihvatanje pritiska na vrhu. U slučaju obratnog izbora doći će do preranog deformisanja čeličnog luka. Isto tako, ako se luk prilikom montaže raširi preko mjere, on gubi svoju nosivost i deformiše se.

Da je pitanje čeličnih lukova postalo veoma

stupaca, a u inostranstvu je obratno.

Masovna primjena starih šina za čelične okvire obično se javlja kao početna faza za primjenu čelične podgrade u hodnicima. Stare šine su relativno jeftine i ukoliko ih rudnik ima na raspolaganju, normalno je da i njih pokuša iskoristiti kao određenu vrstu podgrade. Pri tome se ne smije zabranjivati na termičku obradu šine radi postizanja potrebne žilavosti.

Kao trajna perspektiva za čeličnu podgradu stare šine nam ne mogu služiti. I pored termičke obrade javlja se ponekad pucanje šine, a to je veoma opasno. Šina nije namjenski profil za čeličnu podgradu. Šine od 22,12 kg/m su nedovoljno jake da

T a b e l a 17

Dinamika primjene čelične podgrade za hodnike po vrstama i podgrađenim metrima anket. rudnika

Godine	Čelični okviri			Ankeri (broj kom.)	Podgradeni metri
	Otvoreni čelični luk	Zatvoreni čelični luk	Šine		
1955	1.450	180	230	—	400
1956	788	—	1.800	2.750	2.530
1957	874	400	1.250	4.400	4.808
1958	5.120	—	3.825	7.150	10.807
1959	4.140	820	8.770	15.090	12.497
1960*	3.388	1.340	12.872	11.680	10.065
Ukupno:	15.480	2.740	28.747	41.070	41.107

* Podaci za 1960 god. odnose se za period 1. X — 1960.

aktuelno dokazuju nam njihove uvezene količine iz inostranstva kao i masovna primjena šina u rudničkim radionicama za izradu čeličnih okvira.

Daju se i primjedbe na visoku cijenu čeličnih lukova domaće proizvodnje. Njemački čelični lukovi po novom kursu dolara i carini 0,35 staju 200—220 din/kg. Austrijski su jeftiniji zbog specijalne cijene za izvoz. Preduzeće „Metalno“ prodaje svoje po 180—210 din/kg. Te cijene sasvim odgovaraju evropskom nivou. Cijena čeličnih lukova izgleda visoka za rudnike, jer oni ne donose odmah takvu materijalnu korist kao čelična podgrada za široka čela. Kod nas su čelični lukovi jeftiniji od čeličnin

izdrže veća opterećenja promjenljivog jamskog pritiska. Teže standardne šine nisu ekonomične. Važno je da se počne sa uvodenjem čelične podgrade, pa makar i pomoću šina, a zatim treba prelaziti na modernija rješenja.

Protekli period bio je značajan po masovnijoj primjeni ankera. Do sada ih je ugradjeno 41.070 kod anketiranih rudnika. To su uglavnom jednostavni, jeftini ankeri. Višekratna upotreba ankera u našoj praksi ima sasvim sporadičan značaj.

Bez obzira na veliku količinu ugradjenih ankera ta vrsta podgrade ograničena je na manji broj rudnika. I u tim rudnicima poslednje godine doš-

io je do opadanja njihove primjene. Za naše prilike ankeri teško mogu dobiti univerzalniji karakter. Ali za specijalne slučajeve mogu veoma korisno da posluže.

Brzo širenje raznih vidova čelične podgrade održava se reljefno na dužini podgradjenih metara hodnika i drugih jamskih prostorija sa čelikom. Dok je u 1955. godini sa čeličnom podgradom podgradjeno svega 400 m, dotele je 1959. godine podgradjeno 12.497 metara ili 31 put više. Pa ipak, može se reći da je period 1955 — 1960. godine bio tek početni period i da pravi razvoj tek slijedi. Šta sve predstoji da se učini, ukazuje nam struktura izvršenih pripremних radova po vrstama podgrade u 1959. godini. Obim pripremnih radova bio je:

	U ugliju	U jalovini	Ukupno	
	m	m	m	%
Sa drvenom podgradom	150.964	11.201	162.165	92,0
Sa čeličnim lukovima	2.540	740	3.280	1,8
Sa ankerima	2.800	1.304	4.104	2,2
Sa ostalim vidovima čelične podgrade	1.730	1.028	2.758	1,5
Sa betonom	1.319	3.297	4.616	2,5
Ukupno:	159.353	17.570	176.923	100,0

U poređenju sa drvenom podgradom ostali vidovi podgrade po kvantitetu imaju beznačajnu ulogu. Po kvalitetu njihova uloga je vrlo značajna. U slijedećem periodu sigurno je da će ovaj kvalitet da predje u novi kvantitet.

Vidovi čelične podgrade učestvuju sa 5,5% u odnosu na sve vidove podgrade. Taj je procenat malen u odnosu na stepen razvoja novih metoda otkopavanja i modernizaciju naših rudnika. Po pravilu, čelična podgrada za hodnike daje pozitivan finansijski efekat tek u dužem periodu primjene, a u prvo vrijeme iziskuje povećanje troškova proizvodnje. Ukoliko se njena nabavka finansira iz investicija, kao zamjena betonu, njen efekat dolazi odmah u punom obimu.

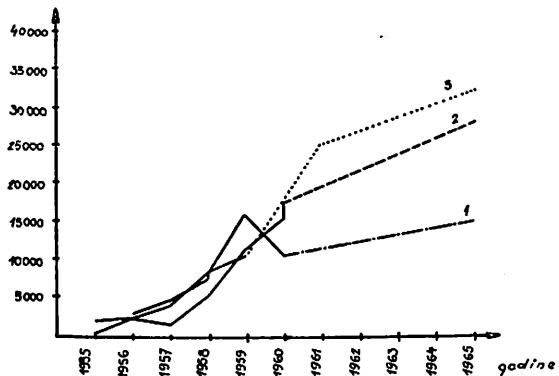
Nagli razvoj širokih čela i povećanje njihovih dužina, ima za posljedicu smanjenje velikog broja hodnika i potrebu da se transportni i zračni putevi izraduju u velikom profilu i otpornoj podgradi. Oko širokih čela, sa njihovim napredovanjem stvaraju se velike koncentracije jamskog pritiska, promjenjive sa mjestom i vremenom, kojima teško može da odoli drvena podgrada. Sa neprekidnim sruštanjem u dubinu moraju da se stalno povećavaju i profili jamskih prostorija u svrhe zračenja.

Podgradjivanje velikih profila hodnika sa jačim pritiscima biva moguće samo sa betonom ili čelikom. Čelik se mnogo lakše prilagodjava kretanjima masiva nego beton. Osim toga podgrada od čeličnih lukova je za preko 50% jeftinija, a za 3—4 puta se brže izvodi od betona.

T a b e l a 18
Ocjena primjene čelične podgrade za hodnike za 1961. — 1965. god

Godina	Sve vrste čeličnih okvira (broj)	Ankeri komada	Podgradeni metri ukupno
1961	19.500	11.500	25.000
1962	21.500	12.500	26.000
1963	24.000	13.500	28.500
1964	25.700	14.000	30.000
1965	28.000	15.000	32.000
Ukupno	118.700	66.500	141.500

Ukoliko nema velikih pritisaka, a slojne prilike pokažu da i drugi vidovi podgrade mogu zadovoljiti kao impregnirano drvo, ankeri, torkretiranje ne bi bilo racionalno izabrati za takav slučaj čelične lukove. Nijednu vrstu podgrade ne valja jednostrano protežirati. Potrebno je vršiti izbor u granicama njihove racionalne primjene.



§1. 5 — 1) ankeri i 2) čelič. lukovi za sve rudnike;

3) podgradeni metri

Na osnovu dosadašnjeg tempa razvoja može se iz dijagrama 5. procjeniti dinamika nabavke čelične podgrade za hodnike. Podaci su naneseni u tabeli 18.

Prema njima, za slijedećih 5 godina možemo očekivati da rudnici nabave oko 118.000 čeličnih okvira raznih izvedbi. To je za oko 2,5 puta više od nabavke za poslednjih 6 godina. Računajući, da će se sa tom količinom čelične podgrade povećati njeno učešće u ukupnom podgradjivanju sa 5,5% na 11%, gornja procjena je minimalna.

Kada proces uvođenja čelične podgrade otpočne on se brzo širi. Zanimljivi su podaci o tome iz Sovjetskog Saveza.

Tamo je bilo učešće:

	1950.	1953.	1955.	1960.	Očekuje se
Drvena podgrada	92,2%	84,4%	74,5%	58%	
Čelična podgrada	4,5%	10,9%	18,7%	30%	
Montažna željeza bet.	2,6%	3,8%	5,0%	10%	
Ostala podgrada	0,7%	0,9%	1,8%	2%	

Podaci su uzeti po M. N. Geleskul-u.

OBLIK ČELIČNIH OKVIRA

Od izbora oblika čeličnog okvira za odredjene slojne prilike u velikoj mjeri zavisi njegova trajnost i očuvanje radnog prostora hodnika. Čelična podgrada za hodnike ima zadatak da ponovo uspostavi izgubljenu ravnotežu sila jamskog pritiska u masivu, nastalu iskopavanjem hodnika. Ravnoteža se mora uspostaviti na svim tačkama obimne površine hodnika. U protivnom slučaju jamski pritisak počinje da deformiše hodnik na njegovom najslabijem mjestu, masiv se dovodi u kretanje i hodnik se razrušava.

Kod izbora čeličnog okvira komponuju se karakteristike naslaga u kojima se hodnik izrađuje, poznавanje trenutnih i trajnih kretanja masiva, odnosno veličina i pravca djelovanja jamskog pritiska, kao i svojstava čeličnog okvira. Tek u racionalnom odnosu svih tih komponenata dobijamo traženi efekat.

U slučaju da je i podina i krovina hodnika saставljena od čvrstih stijena izabire se trapezni okvir. Ako se želi veliki profil hodnika sa čvrstom podlinom a promjenljivom krovinom, uzima se potkovičasti oblik. Ako imamo mekane stijene i u krovini i u podlini, odabira se kružni ili eliptični okvir.

Nosivost čeličnog okvira jednog te istog valjanog profila mjenja se u velikoj mjeri od promjene oblika. Prema ispitivanjima Schaefer-a trapezni čelični okvir od RI 120 sa $29,5 \text{ kg/m}^2$ u slučaju koncentričnog opterećenja ima nosivost $P=3093 \text{ kg/m}^2$. Ako istom čeličnom okviru damo oblik potkovice imaće nosivost $P = 9349 \text{ kg/m}^2$. Ukoliko primjenimo kružni oblik njegova nosivost biće $P = 46090 \text{ kg/m}^2$ ili 15 puta veća od trapeznog oblika.

Isto takvu važnost ima pitanje, hoćemo li uzeti

popustljivi ili nepopustljivi čelični okvir. Ako jamski pritisak mijenja svoj pravac i snagu, kao u otkopnom polju sa napredovanjem širokog čela, neophodno je izabrati popustljivi okvir. Ako se ne očekuje pojava dinamičkih pritisaka, dovoljan je i nepopustljivi čelični okvir.

Izbor rastojanja medju čeličnim okvirima i njihovo zalaganje po obimu imaju isti značaj. Rastojanje medju čeličnim okvirima uzima se od 0,5 do 0,9 m, a konačna vrijednost se u praksi utvrđuje.

Zalaganje čeličnog okvira po njegovom obimu ima za cilj, da se opterećenje jamskog pritiska ravnomjerno raspodjeli po njegovom obimu. Neutralna linija u čeličnom okviru treba da se izravna sa otpornom linijom opterećenja. Kada se to postigne nastaju jednostrana opterećenja i nosivost čeličnog okvira se povećava.

Prema podacima Spruth-a čelični luk od RI 24,5 kg/m^2 u slučaju koncentrisanog opterećenja, ima 7,6 puta veću nosivost, nego kod jednostranog opterećenja izazvanog slabim zalaganjem obima čeličnog okvira.

IZBOR PROFILA I KVALITETA ČELIKA

Na savjetovanju rudnika uglja 1959. godine za naše prilike utvrđeni su kao najpodesniji zavareni dupli JNP profil i rudarski RI 110 profil. Za sada se proizvode čelični luki samo od JNP profila, jer profil RI 110 još nije osvojen u valjaonicama.

Čelični luki od duplog JNP profila, svuda gdje su pravilno primjenjeni, potpuno su zadovoljili. Kvalitet čelika obično se uzima Č. 37.11. Praksa pokazuje da je taj kvalitet čelika slab i da treba prijeći na Č. 52.11. U inostranstvu se danas uglavnom upotrebljavaju u ove svrhe bolji kvaliteti čelika.

U izvjesnim područjima čelične podgrade kao najekonomičniji javlja se RI profil. Potrošnja čelične podgrade za hodnike dostigla je značajan nivo i može se preći diferenciranju profila za pojedina područja primjene. Svuda gdje su ugradjeni čelični okviri od šina, još bolje mogu da zadovolje čelični okviri od RI 110 profila. Njegov kvalitet čelika treba da bude Č. 52.11.

Kombinujući potrebe profila RI 110 za čelične okvire i njegove potrebe za izradu čeličnih greda dobijamo značajne količine novog profila za plasman u rudnicima uglja. To je dovoljno široka osnova za njegovo osvajanje.

Sagledavajući dosadašnja iskustva u primjeni čelične podgrade možemo odati priznanje našim rudnicima u proteklom periodu i zatražiti od njih još veće rezultate u narednom periodu, periodu pune afirmacije čelične podgrade kako za široka čela tako i za hodnike.

L i t e r a t u r a

- Geleskul M. N., 1958: Metaljičeskaja i željezobetonaja krjep podgotoviteljnih gornih virabotok. — Ugljetehizdat, Moskva.
- Klorikjan S. H., 1956: Metaljičeskaja krjep očistnih zabojev. — Ugljetehizdat, Moskva.
- Spruth F., 1951: Strebau und Stahl und Leichtmetall. — Izd. Glückauf, Essen.
- Spruth F., 1955: Streckenausbau und Stahl. — Izd. Glückauf, Essen.
- Anketa Savjeta za ugalj Industrijske komore FNRJ o čeličnoj podgradi u rudnicima uglja za period 1955—1960. god.
- Upustvo o primjeni čelične podgrade za široka čela preduzeća „Bratstvo“.

