

Ing. Antonín H i l s e , VÚHU:

Příspěvek k problematice dobývací metody pilířování v SHR

Koncentrace těžby je spolu s porubním výkonem hlavním ekonomickým činitelem, na kterém závisí v daných provozních podmínkách výše výrobních nákladů.

Na základě této úvahy, která má v hornictví obecnou platnost, byla na dole Pluto navržena a realizována nová dobývací metoda - pilířování v lávkách se současným dobýváním stropní uhlé vrstvy na zával. Princip metody je hornické veřejnosti znám, takže zde nebude podrobněji rozváděn.

Jedná se o rubání mohutné uhlé sloje v lávkách o mocnosti 7 - 9 m krátkými pilířovými poruby, připravenými dvojicí porubních chodeb se stropní uhlou vrstvou síly 5 - 7 m, rozpojovanou za zálohou hranou vlastního - budovaného - prostoru porubu trhačí prací. Přitom je pod nadloží sloje (v 1. lávce) nebo pod stařinami (2. a 3. lávka) ponecháván ochranný uhlý strop, který po určité době zabezpečuje porubní prostor ve stropním uhlém pilíři před závalem nadložních hornin.

Dobývací metoda pilířování byla na dole Pluto ve zkušebním provozu asi 3 roky, přičemž maximální roční těžba byla zaznamenána v roce 1968. V tomto roce bylo ve 2. úseku, kde bylo pilířování převládající metodou, vytěženo 200 000 tun.

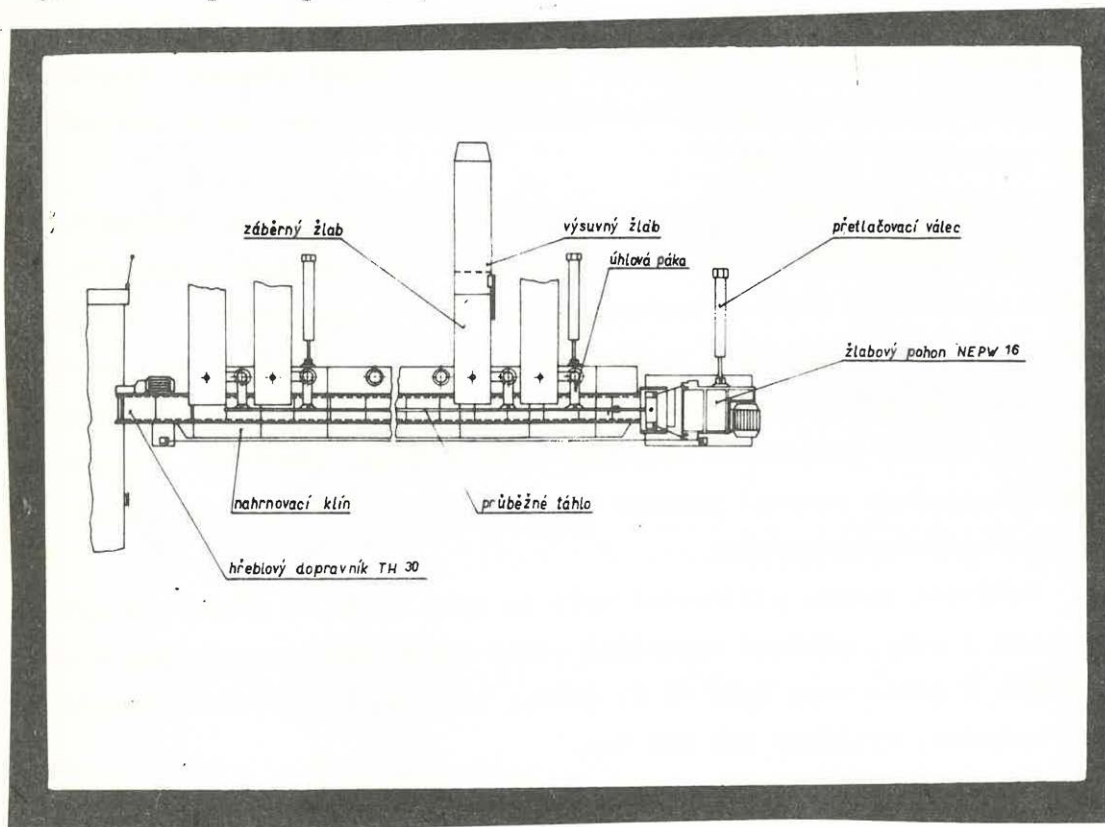
Dosavadní porubní výkony a kapacita porubu byly určovány použitou technologií a rozměry i obložením porubů.

Čelba porubu byla rozpojována trhačí prací, zásoba nakládána výsuvnými žlaby, vedenými pomocí úhlové pásky podél uhlého pilíře, tj. ve směru kolmém ke hnacím žlabovým soupravám, zabudovaným v porubních chodbách.

Stropní pilíř byl rozpojován trhačí prací s dlouhými vývrty, nabíjenými táhlými náložemi trhaviny TV 40 s vodní ucpávkou. Zásoba

takto uvolněná byla nakládána rovněž úhlovými žlaby; později bylo vyvinuto zvláštní žlabové nakládací zařízení, jehož provozní spolehlivost byla dostatečně ověřena. Zařízení bylo patentováno.

Základem nakládacího zařízení (viz obr. 1) byl žlabový pohon NEPW 16, připojený k vratné stanici stěnového hřeblového dopravníku a pohánějící průběžné trubkové táhlo, kluzně uložené v ložiskách, rozmístěných na přidavné krabicové konstrukci, připojené podél hřeblového dopravníku. Od táhla byl odvozen výkyvnými pravouhlými pákami asi v 2 m vzdálenostech vratný pohyb jednotlivých žlabů ve směru kolmém k ose dopravníku. K těmto lehce demonovatelným žlabům bylo možno napojovat další žlaby pomocí páky s excentrem (rychlovýsuvné žlaby), které procházely mezerami ve stojkořadí a nakládaly zásobu z rozpojeného stropního pilíře.



Obr. 1

Provozní nakládací výkon jednotlivých nabíracích žlabů byl okolo 15 t/hod (určitá ztráta zrychlení úhlovým převodem žlabů).

Kromě vyšší výrubnosti (okolo 65 %) měla být hlavní ekonomickou předností této metody vysoká koncentrace těžby, která by umožnila i při nižších porubních výkonech ekonomické vyrovnání pilířování se stávajícím komorováním. Tento záměr se podařilo v poslední vývojové fázi nové metody zhruba splnit - dosažením průměrného porubního výkonu

18,6 T/hl.sm. a průměrné denní kapacity porubu okolo 320 t (zhruba 1,5 komory).

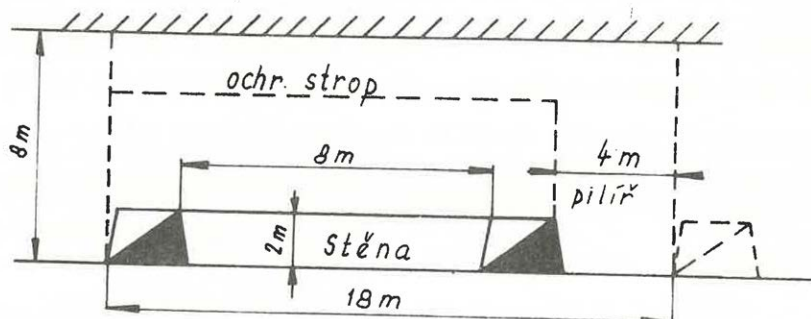
Pracovní cyklus pilířového porubu pozůstává ze dvou základních operací:

- a) rubání čelby vlastního pilíře o výšce okolo 2 m (vlastně krátký stěnový porub),
- b) rubání stropního pilíře o výšce 4 - 5 m (při mocnosti lávky 7-9 m)

Těžební kapacitu, připadající na 1 bm postupu pilíře v základních operacích, lze vyčíslit následovně:

Vyjděme z průměrných provozních výsledků a z výsledků časoměření, prováděných v r. 1968:

Na obr. 2 je schématicky znázorněn příčný profil pilířovým porubem (kolmo na směr porubních chodeb).



Obr. 2

Z náčrtku vyplývá, že při uvedených průměrných rozměrech pilířového porubu a mocnosti lávky např. 8 m bude na 1 bm postupu pilíře připadat množství substance: $18 \cdot 8 \cdot 1,2 = 173 \text{ t}$.

Při výrubnosti 65 % bude skutečná těžba 113 t. Z této těžby připadá na vlastní čelbu pilíře (krátká stěna) pouze $2 \cdot 8 \cdot 1,2 = 19,2 \text{ t}$. Předpokládáme-li, že z porubních chodeb bylo na 1 bm postupu vytěženo asi $2 \cdot 10 = 20 \text{ t}$, zbývá na těžbu ze stropního pilíře $113 - (19,2 + 20) = 73,8 \text{ t}$.

Jestliže průměrný výkon při rubání ve vlastní stěně byl zhruba

11 t/hl.sm. (vyčíslen z časoměření a kubatury), byla spotřeba směn na vyuhlení a zabudování 1 bm postupu čelby pilíře: $19,2 : 11 = 1,75$ směn. Při celkové těžbě z 1 bm postupu pilířového porubu $19,2 + 73,8 = 93$ t byl průměrný celkový porubní výkon 18,6 t/hl.sm. Odtud celková potřeba směn na 1 bm postupu pilíře činí $93 : 18,6 = 5,0$ směn, a tedy na stropní pilíř připadá 3,25 směny. Z toho dále plyne, že výkon ve stropním pilíři činí: $73,8 : 3,25 = 22,7$ t/hl.sm., a je tedy oproti výkonu v čelbě zhruba dvojnásobný.

Z poměru obou dílčích výkonů hlavních pracovních operací pracovního cyklu pilířového porubu, který činí zhruba 1 : 2, vyplývá, že zvýšení výkonu např. o 4 t/hl.sm. v operaci rubání vlastní stěny by mělo za následek zvýšení celkového porubního výkonu na:

$$\begin{array}{r} 93 \\ 3,25 + \frac{19,2}{15} \end{array} = 20,5 \text{ t/hl.s., čili o } 1,9 \text{ t/hl.sm.,}$$

zatímco stejné zvýšení porubního výkonu operace rubání stropního pilíře by způsobilo zvýšení celkového výkonu na:

$$\begin{array}{r} 93 \\ 1,75 + \frac{73,8}{26,7} \end{array} = 20,65 \text{ t/hl.sm., tedy zhruba stejné, jako při stejném zvýšení výkonu ve vlastní čelbě.}$$

Promítneme-li uvedené výsledky do rámce jednoho pracovního dne za předpokladu plného obložení porubu $3 \times 6 = 18$ pracovníky během 24 hodin provozu, projevilo by se zvýšení výkonu ve stěně o 4 t ve zvýšení denní těžby takto:

Na 1 bm postupu pilíře bude třeba ve vlastní stěně
 $19,2 : 15 = 1,28$ směn
 a ve stropním pilíři $73,8 : 22,9 = 3,25$ směn
 úhrnem na 1 bm bude třeba 4,53 směn.

Při denním obložení porubu osmácti pracovníky by tedy byl dosažen denní postup porubu o $18 : 4,53 = 3,96$ bm, takže spotřeba směn by byla:

ve stěně	$1,28 \cdot 3,96 =$	5,08
ve stropním pilíři	$3,25 \cdot 3,96 =$	<u>12,92</u>
		18,00 směn.

Celková denní těžba by byla: $5,08 \cdot 15 + 12,92 \cdot 22,9 = 370 \text{ t}$,
tj. vyšší oproti dnešnímu průměru $18 \cdot 18,6 = 335 \text{ t}$ o $35 \text{ t}/24 \text{ hod.}$

Při zvýšení výkonu ve stropním pilíři vyčíslíme analogicky:

spotřeba směn na 1 bm ve stěně $19,2 : 11 = 1,75$

" " na 1 bm ve strop.pilíři $73,8 : 26,7 = 2,77$

úhrnem $4,52 \text{ směn.}$

Postup porubu za 24 hodin bude tedy zhruba stejný - $3,98 \text{ bm}/24 \text{ hodin}$, změni se však poměr směn ve stěně a ve stropním pilíři:

ve stěně $1,75 \cdot 3,98 = 6,95$

$2,77 \cdot 3,98 = 11,05$

$18,00 \text{ směn.}$

Celková denní těžba bude: $6,95 \cdot 11 + 11,05 \cdot 26,7 = 371,5 \text{ t}$, tedy prakticky stejná, jako při zvýšení výkonu ve vlastní stěně.

Z provedeného počátečního rozboru dílčích operací pracovního cyklu tedy vyplývá, že stejné zvýšení výkonu o 4 t/hl.sm. buď jedné nebo druhé hlavní operace porubního cyklu se projeví na celkovém porubním výkonu i těžbě přibližně stejnou měrou. Provedem-li však stejný výpočet pro jiné, větší hodnoty zvýšení dílčích výkonů, dostaneme následující výsledky:

Výkon ve stěně t/hl.sm./zvýšení		11/0	16/5	21/10	26/15	31/20
A	výkon ve stropním pilíři	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7
	celkový porubní výkon	18,6	20,9	22,3	23,2	24,0
	přírůstek " "	0	2,3	3,7	4,6	5,4
Výkon ve stěně t/hl.sm.		11	11	11	11	11
B	výkon ve stropním pilíři	22,7/0	27,7/5	32,7/10	37,7/15	42,7/20
	celkový porubní výkon	18,6	21,15	23,2	25,0	26,7
	přírůstek porubního výkonu	0	2,55	4,6	6,4	8,1

Porovnáme-li výsledné přírůstky celkového porubního výkonu, je zřejmé, že při malém zvýšení dílčího výkonu ve stěně nebo ve stropním pilíři je celkový efekt přibližně stejný. Se zvyšujícím se přírůstkem dílčího výkonu roste i přírůstek celkového porubního výkonu stále rychleji. Přitom je výsledný efekt při zvyšování výkonu ve stropním pilíři

stále progresivnější oproti efektu stejného přírůstku dílčího výkonu ve stěně pilířového porubu.

Provedeme-li podobný výpočet za předpokladu růstu obou dílčích výkonů současně, např. o 5 t/hl.sm., dostaneme následující výsledky:

$$19,2 : 16 = 1,2 \text{ směn}$$

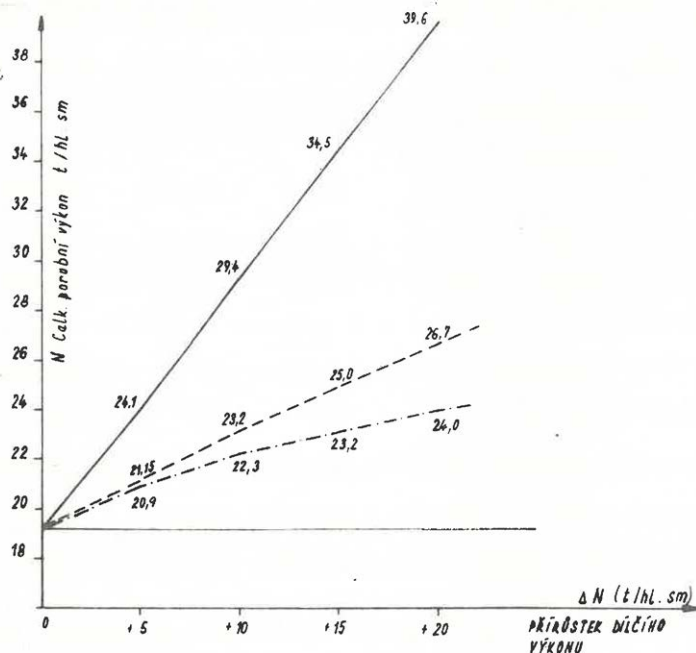
$$73,2 : 27,7 = 2,66 \text{ směn}$$

$$3,86 \text{ směn.}$$

Celkový porubní výkon: $93 : 3,86 = 24,1 \text{ t/hl.s.}$, a je tedy o 5,5 t na hl.sm. vyšší než výkon základní. Vyčíslením dalších celkových výkonů dojdeme k následujícím výsledkům:

Výkon ve stěně t/hl.sm.	11(+0)	16(+5)	21(+10)	26(+15)	31(+20)
c výkon ve strop.pilíři	22,7(+0)	27,7(+5)	32,7(+10)	37,7(+15)	42,7(+20)
celkový porubní výkon	18,6	24,1	29,4	34,5	39,6
přírůstek porub.výkonu	0	5,5	10,8	15,9	21,0

Výsledné hodnoty celkového porubního výkonu jsou graficky znázorněny na obr. č. 3:



Díleči operace:
 ————— Celkový výkon
 - - - - - Stropní pilíř
 - Stěna

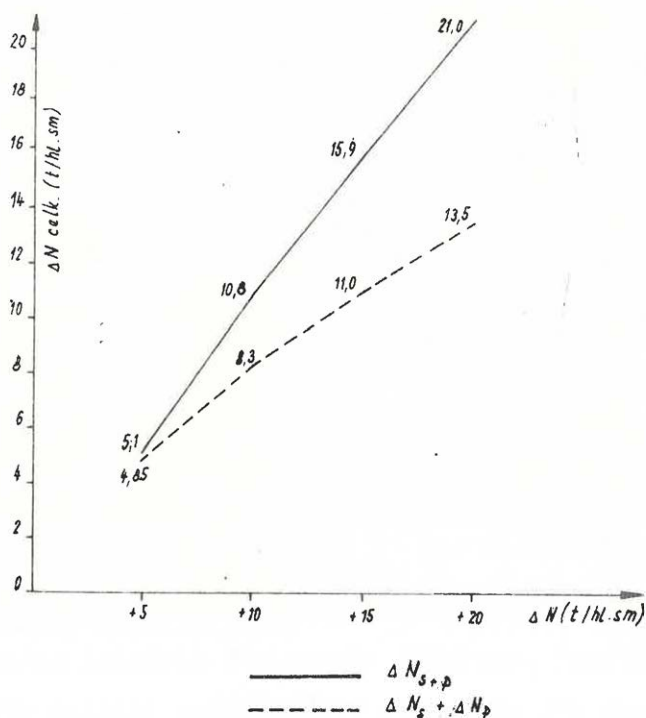
Obr. 3

Z průběhu závislosti $N_{\text{celk.}} = f(N_s, N_p)$, kde

N_s = přírůstek dílčího výkonu ve stěně,

N_p = přírůstek dílčího výkonu ve stropním pilíři,

je patrné, že při současném zvýšení obou dílčích výkonů roste celkový porubní výkon daleko rychleji než při zvyšování pouze jednoho či druhého dílčího výkonu a že přírůstek celkového porubního výkonu je větší než součet přírůstků obou dílčích výkonů, jak je zřejmé z grafu na obr. č. 4:



Obr. 4

Zdánlivým paradoxem je, že zvýšení celkového výkonu je v tomto případě dokonce vyšší než sumární hodnota odpovídající zvýšení obou jednotlivých dílčích výkonů.

Praktickým rezultátem provedené úvahy je tedy zjištění, že zvyšování výkonu pouze jedné z obou hlavních operací porubního cyklu metody pilířování je málo účinné, a že je výhodnější zvýšit o málo oba dílčí výkony současně než podstatně zvýšit výkon pouze jedné z obou

operací. Tak například zvýšíme-li oba dílčí výkony současně o 5 t/hl.sm., dosáhneme zhruba stejného efektu, jako kdybychom zvýšili pouze výkon ve stěně o 20 t/hl.sm. nebo pouze výkon ve stropním pilíři o 13 t/hl.sm.

Obě hlavní operace pracovního cyklu pilířového porubu je tedy možno, jak již bylo uvedeno, považovat za samostatné komplexy. Operace rubání vlastní stěny odpovídá do detailů porubnímu cyklu dobývací metody sténování (bez dílčí operace plenění), zatím co operace rubání stropního pilíře odpovídá celkově technologickému postupu při komorovém porubu.

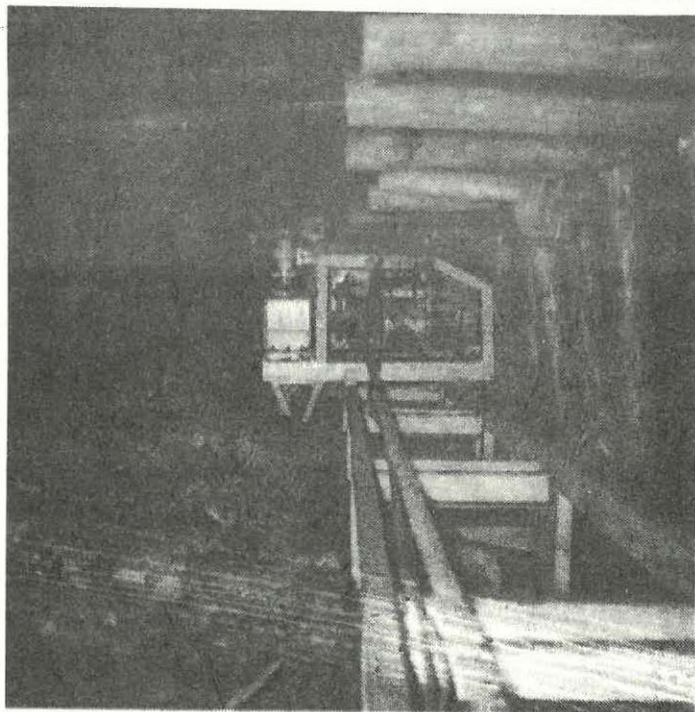
Porovnáme-li globálně úroveň porubních výkonů, docilovaných v obou hlavních operacích pilířového porubu, s výkony docilovanými při stejné technologii ve sténových porubech a na komorách, nutno konstatovat, že zatímco výkon zhruba 11 t/hl.sm., dosažený ve stěně, byl při stávající primitivní žlabové mechanizaci a vzhledem k budování individuálních výztuží celkem na dobré úrovni, byl výkon cca 22,7 t/hl.sm. ve stropním pilíři hluboko pod úrovní výkonů, dosahovaných v komorových porubech. Z toho plyne, že zvýšení dílčího výkonu ve stěně pilířových porubů lze tedy docílit jen mechanizací, kdežto výkon ve stropním pilíři lze zvýšit i bez dalšího mechanizování pouhými úpravami dílčích pracovních operací a jejich lepší organizací.

V předchozí teoretické části tohoto článku bylo dokázáno, že maximálního zvýšení porubního výkonu při dobývání metodou pilířování lze dosáhnout při současném zvýšení obou dílčích výkonů, tj. jak ve vlastní stěně, tak i ve stropním pilíři.

V dosavadním vývoji dobývací metody pilířování byla operaci rubání vlastní stěny věnována podstatně větší péče než operaci rubání stropního pilíře. Důvodem byl zřejmě nízký porubní výkon této dílčí operace, její složitost a vysoká fyzická náročnost uhlování a budování pokosu stěny.

Z několika mechanizačních prostředků, které byly v pokusných pilířích zasazeny, se jevil jako daleko nejúčinnější kombajn se svislým rozpojovacím orgánem - prototyp výroby VSMA Komořany, který během svého - bohužel velmi krátkodobého nasazení vykazoval vynika-

jící parametry. Tento typicky krátkostěnný kombajn odřezával pouze strop a počvu čelby porubu, zatím co zásoba se z takto uvolněného pilíře vylamovala působením horského tlaku. Kombajn uhloval oběma směry, prakticky bez rohových zátínek. Hloubka záběru byla pouze 0,25 - 0,3 m při jezdové rychlosti 2 m/min. Stroj pojížděl po zvýšené konstrukci, založené, jak plyne i z obr. 5, na výše zmíněné kombinaci hřeblového dopravníku TH 3Q se žlabovým nakládacím zařízením.



Obr. 5

Analýza pracovního cyklu rubání vlastní stěny s tímto kombajnem, opřené o výsledky jeho pokusného provozu i výsledky časových měření při budování individuálních výztuží, ukázala, že existuje reálná možnost uzavření jednoho pracovního cyklu, pozůstávajícího ze šesti dílčích cyklů (řezů kombajnu) včetně překládky a zabudování na stěně délky 17,5 m za jednu směnu při obložení čtyřmi pracovníky. Při výšce stěny 2,0 m a celkovém směrném postupu 1,6 m bude pak rozpojené a odtěžené množství zásoby činit zhruba 69 t a porubní výkon ve vlastní stěně 17,2 t/hl.sm. Harmonogram operací jednoho pracovního cyklu čelby porubu s kombajnem je znázorněn na obr. 6 na následující stránce.

č. dílčí operace	8"	1"	2"	3"	4"	5"	6"	Poznámky
1 Rozpojování kombajnem	1	2	3	4	5			
2 Zpětný pojezd kombajnu								
3 Ruční kopání a nakl. zářivky								
4 Přesun hřebel. dopravníku								
5 Přestavba přetlač. válečů								
6 Budování stropnic, tahů - zářah								
7 Budování podvatů								
8 Podbudování krakorců hydr. st.								
9 Vyřezávání konstrukce								
10 Prohlídka kombajnu								
Poruchy - res. čas								

Obr. 6

Pouhé nasazení kombajnu v pilířovém porubu bez současného řešení mechanizace dalších dílčích operací porubního cyklu se ovšem na celkovém porubním výkonu projeví jen malým zvýšením. Vyřešením mechanizace rozpojování a nakládání zásoby z čelby stěny pilíře se stává úzkým profilem pracovního cyklu dílčí operace budování.

Pokusné zasazení mechanické posuvné výztuže ALPINE však nebylo úspěšné, takže kalkulovat bez dalších ověřovacích zkoušek s jeho realizací ve spolupráci s kombajnem by nebylo provozně seriózní. Proto je nutno obrátit pozornost ke druhé hlavní operaci porubního cyklu - k rubání stropního uhlénoho pilíře.

Vzhledem ke zkušenostem z pokusného provozu pilířových porubů a již zmíněným nakládacím zařízením a hřeblovým dopravníkem, který byl uskutečněn na dole Pluto v závěru zkušebního provozu dobývací metody pilířování, nutno uvažovat prodloužení pilířového porubu z provozních cca 8 m na 15 - 20 m. Toto prodloužení je v souladu i s uvažovaným nasazením kombajnu, jehož stupeň využití vzroste úměrně s délkou čelby. Provozem bylo ověřeno, že uvedená délka porubu je plně únosná, pokud bude dodržena dosavadní rychlost postupu porubu, tj. větší než 3,5 - 4 m/24 hodin.

Uvažujeme-li tedy jako reálnou délku čelby pilíře např. 17,5 m (bez porubních chodeb), bude při mocnosti rubané lávky 8 m celková substance, připadající na 1 bm postupu pilíře, činit:

$$(17,5 + 6 \text{ (chodby)} + 4 \text{ (ochranný pilíř)}) \cdot 8 \cdot 1,2 = \underline{\underline{264 \text{ t.}}}$$

Předpokládáme-li výrubnost cca 65 %, zbude po odečtení těžby vlastní stěny a chodeb pilířového porubu na stropní pilíř:

$$(264 \cdot 0,65) - / (2 \cdot 17,5 \cdot 1,2) + 20/ = \underline{110 \text{ t.}}$$

Těžba z čelby bude 42 t.

Pokud bychom uvažovali, že ve stropním pilíři bude výkon stejný, jako byl průměrný výkon v provozních porubech dolu Pluto v Louce, tj. cca 22,8 t/hl.sm a že výkon v čelbě by po zasazení kombajnu vzrostl z 11 na 17,2 t/hl.sm., stoupl by celkový výkon v pilířových porubech cca na $152 : / (42 : 17,2) + (110 : 22,8) / = \underline{20,9 \text{ t/hl.sm.}}$, což je oproti průměrnému dosavadnímu výkonu 18,6 t/hl.sm. více o 2,3 t/hl.sm. (12,5 %).

Třebaže i toto zvýšení výkonu by bylo značným ekonomickým přínosem, je z předchozích statí patrné, že daleko podstatnějšího vzestupu celkového porubního výkonu by bylo možno docílit současným zvýšením výkonu ve druhé hlavní operaci porubního cyklu - při rubání stropního pilíře.

Při řešení technologie rubání stropního pilíře je třeba vycházet z výsledků, dosažených během pokusného provozu pilířů s hřeblovým dopravníkem a žlabovým nakládacím zařízením, neboť záměr zasadit krátkostěnný kombajn do čelby porubu použití těchto mechanismů vyžaduje. Jedná se tu o pilířový porub č. 08 v 5. úseku dolu Pluto, kde byl zasazen hřeblový dopravník TH 30 a upravené žlabové nakládací zařízení.

Rozměrové parametry tohoto pilíře byly následující:

šířka porubu včetně chodeb	25,2 m,
délka čelby (bez chodeb)	19,5 m,
výška čelby	2,1 m,
mocnost lávky (2. lávka pod komorovými stařinami)	9,8 m,
mocnost stropního pilíře	7,7 m.

V tomto porubu byla v listopadu 1968 prováděna časová měření pracovníky skupiny hlubinného dobývání VÚHU Most. Bylo zpracováno celkem 42 směnových studií.

Ponechme stranou výsledky, dosažené v operaci rubání vlastní stěny, kde se počítá se zasazením kombajnu a zabýváme se podrobněji operací rubání stropního pilíře.

Tato hlavní operace zahrnuje tři operace dílčí:

- a) trhací práci,
- b) nakládání zásoby výsuvnými žlaby nakládacího zařízení,
- c) přestavbu nakládacích (výsuvných) žlabů.

a) Trhací práce ve stropním pilíři

Princip trhací práce dlouhými vývrty s táhlou náloží a vodní ucpávkou, tak jak byl zakotven v technologickém předpisu pilířových porubů, doznal v provozním použití zásadních změn. Tyto změny si vynutila provozní situace, tj. časté závaly otevřeného prostoru, způsobené trhací prací.

V praxi bylo postupováno tak, že vlastní stěna pilířového porubu postoupila po závalu stropního porubního prostoru o dvě uličky (po 1,5 m), aniž byla dřevěná výztuž těchto uliček pleněna a v uvolněné délce stropu byl vystřelen zásek normální trhací prací řadovými vývrty délky cca 1,4 m. Přední stěna a strop tohoto záseku byla potom přibírána dalšími vývrty při současném postupu vlastní stěny pilíře.

Objem trhacích prací byl velmi malý, právě tak jako množství rozpojené zásoby. Jelikož vlivem tlaku a malého odporu výztuže docházelo často k nepravdělnému vylomení stropního pilíře, bylo obvyklým zjevem, že se v některém místě vývrty přiblížily stařině a tato vytekla po odstřelu do otevřeného prostoru za zálomovou hranou porubu, přičemž přesypala uhelnou zásobu a znemožnila tak její odtěžení.

Porubní prostor ve stropním pilíři byl tedy většinou zčásti zaplněn stařinami, takže pro trhací práci zbývala jen volná část stropního pilíře. Tím se zmenšila kapacita trhací práce, snížil počet nakládacích míst žlabů nakládacího zařízení a trhací práce se v každé směně rozdrobila na několik odstřelů s malým počtem vývrtů. V nepravdělných volných prostorech stropního pilíře nebylo často možno použít dlouhé vývrty, ale byly přibírány různé převěsy normální trhací prací s krátkými vývrty, jako v komorových porubech. Teprve po úplném zavalení stropního prostoru v celé délce porubu bylo možno frontálně postoupit s vlastní stěnou o další dvě uličky a zahájit znovu trhací práci vytvořením nového záseku.

Jaké důsledky na efektivnost operace rubání stropního pilíře

měl tento neorganizovaný postup trhací práce, je patrné z výsledků, odvozených z časoměření.

V následující tabulce jsou uvedeny specifické pracnosti (na 1 bm vývrtu) u krátkých i dlouhých vývrtů ve stropních pilířích v porovnání s pracnostmi v komorových porubech. Pracnost je uvedena v minutách na jednoho pracovníka.

	Pilíř-krátké vývrty	Pilíř-dlouhé vývrty	Komory-krátké vývrty
Pracnost vrtání/1 bm	3'37"	4'41"	2'10"
Pracnost nabíjení/1 bm	1'50"	2'32"	1'22"
Celkem	4'27"	7'13"	3'32"

Z výsledků vyplývá, že při vrtání krátkých vývrtů, kterých byla v pilířových porubech většina, byla pracnost o 50 % větší než při vrtání na komorách, ačkoliv jsou obě tyto technické operace zcela rovnocenné a délky vývrtů i nálože stejné. Pracnost nabíjení byla v pilíři větší zhruba o 1/3 než v komorách.

Předpokládáme-li stejnou výkonnost rubačů, mohou být jediným důvodem těchto rozdílů ztrátové časy při přechodu z vývrtu na vývrt, neboť, jak už bylo uvedeno, byl tvar porubního prostoru ve stropním pilíři zcela nepravidelný.

Pracnost vrtání a nabíjení dlouhých vývrtů byla oproti komorám přibližně dvojnásobná, neboť zde ještě přistupuje nutnost prodlužování a rozpojování soutyčí.

Mimo výkonové ztráty při vlastní produktivní práci docházelo při trhací práci k prostojům, které si vyžádaly 1,08 hodiny jednoho pracovníka/100 t rozpojené zásoby, tj. 28 % celkové pracnosti trhací práce (3,88 hod/100 t). Tyto prostoje vznikaly čekáním na odstřel v čelbě porubu, rozpojované rovněž trhací prací, případně čekáním na dokončení odstřelu v sousední části stropního pilíře v případech, kdy byla v jednom úseku vytěžena veškerá volná zásoba. V komorových porubech jsou oproti tomu, jak známo, prostoje při trhací práci zcela výjimečné. Na druhé straně bylo zjištěno, že specifický objem trhacích prací ve stropním pilíři byl menší než u komorování. Celková pracnost trhací práce na komorách se pohybuje okolo 4,3 hod jednoho pracovníka na 100 tun, ve stropním pilíři byla pouze 3,88 hod/100 t, tedy o 11 %

nižší, i když časy na 1 bm vývrtu byly při pilířování téměř dvojnásobné, z toho vyplývá, že spotřeba bm vývrtů na 100 t je při rozpojování stropního pilíře zhruba o polovinu nižší než při komorování. Celkovou spotřebu trhavin zvyšuje ovšem v pilířových porubech vysoká specifická spotřeba v čelbě stěny a v dlouhých vývrtech, nabitých táhlou náloží.

Z provedeného rozboru tedy jednoznačně plyne nízká úroveň organizace trhací práce ve stropě pilířových porubů oproti komorovým porubům, avšak současně i její vysoká účinnost, projevující se ve výborné rozpojitelnosti stropního pilíře.

Nízká koncentrace trhací práce, a tedy i malé množství zásoby, získané z jednotlivých odstřelů, měla negativní dopad i na operaci nakládání této zásoby. Při větším množství zásoby, získané z jednoho odstřelu, by se podstatně snížily časy přestaveb jednotlivých výsuvných žlabů nakládacího zařízení, které měly za následek prostoje ostatních, současně nakládajících žlabů. Při použití jinak velmi výhodného žlabového nakládacího zařízení je totiž nutno při každém přeložení záběrového žlabu i přidávání nového žlabu zastavit žlabový pohon a tím vyřadit z provozu ostatní nakládací místa v porubu.

Závěrem této rozborové části článku je možno konstatovat, že hlavním důvodem nízké efektivnosti trhací práce ve stropním pilíři i z nízkého celkového výkonu žlabového nakládacího zařízení je v prvé řadě neřízený zával, znemožňující systematickou organizaci trhací práce a zvýšení její koncentrace, jakož i koncentrace nakládání zásoby.

Operace rozpojování stropního pilíře byla podrobně vyhodnocena VÚHU v Mostě a v rámci resortního úkolu "Snížení pracnosti v pilířových porubech" byla provedena řada pokusných odstřelů dlouhými vývrty za použití různých způsobů vrtání i náloží trhavin.

V rámci spolupráce s Jugoslávií na podobném problému byly na dole Lukavac v lignitovém revíru Kreka-Banoviči v Tuzle provedeny pokusné odstřely, jejichž výsledky byly i v nesnadno rozpojitelném materiálu velmi úspěšné.

V dalším jsou shrnuty výsledky těchto prací a uveden návrh na organizaci trhací práce ve stropním pilíři, který respektuje požada-

vek maximální koncentrace trhací práce, tedy maximálního rozpojeného objemu zásoby spolu s možností částečného řízení závalu po celé délce porubu.

Uvedená operace je dále zahrnuta do teoreticky odvozeného komplexního porubního cyklu, zkonstruovaného na reálných předpokladech, tj. na základě výsledků časoměření při uhlování již zmíněným kombajnem a při ponechání časů provozně ověřeného budování kombinovanou individuální výztuží.

Zkoušky trhací práce s dlouhými vývrty prováděl VÚHU v několika etapách: jednak bylo na dole Pluto prováděno vlastní vrtání dlouhých vývrtů (8 - 10 m) pomocí vrtného stojanu a nastavitelného soutyčí a jejich nabíjení maketami táhlých náloží, jednak byly provedeny pokusné odstřely v lonové stěně dolu Šmeral, Čepirohy a především na dole Lukavac v Jugoslávii.

Tyto zátinky odpovídaly porubnímu prostoru stropního pilíře při dobývací metodě pilířování, měly však délku 9 - 10 m a po délce stěny (60 m) postupovaly ob jednu (šachovitě). Výška stropního pilíře až na nadloží byla 6 - 8 m, trhací práce ve stropních zátinkách se prováděly na výšku 4 - 6 m. Stropní pilíř byl tvořen velmi houževnatým lignitem s četnými, až 10 cm silnými proplásky měkkého jílu.

Trhací práce byla prováděna ve dvou provozních případech. Jednak tehdy, když byl prostor stropní zátinky otevřený až na ochranný strop síly 2 - 3 m, jednak v plném stropním pilíři po závalu stropní zátinky a postupu stěny o dvě uličky (3 m). Výška stěny byla 2,5 m u čelby, cca 2 - 2,2 m u zálomové hrany, neboť strop stěny při pomalém postupu cca 0,8 m/24 hod značně klesal. Výztuž prostoru vlastní stěny - ocelové stojky a stropnice - byla vždy před odstřelem vyplněna.

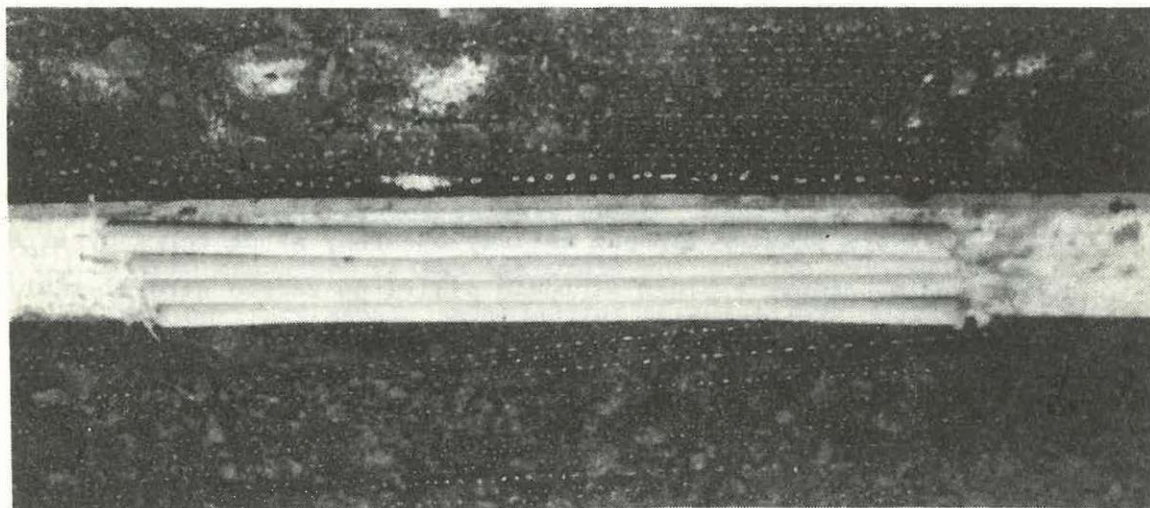
Rozpojování stropní zátinky bylo prováděno vývrty o délkách 3 až 6 m. Vrtání bylo řešeno ruční elektrickou vrtačkou s nastavnými vrtáky po 1,5 a 2,0 m, což se ukázalo daleko rychlejší než vrtný stojan s mechanickým převodem, jehož přestavování a upínání od vývrtu k vývrtu bylo zdlouhavé. Hrubé nastavení úklonu vrtáků bylo prováděno při zavrtání úhloměrem. Vrtné tyče byly nastavovány velmi jednoduše. Vrtačka byla opatřena vloženou krátkou vrtnou tyčí, do níž se zasazovaly nastavné vrtací tyče zasunutím. Spoje byly fixovány provléknutím

měkčím drátem, podobně jako je provedeno zajištění vrtacích korunek naší výroby na standardních vrtných tyčích elektrických důlních vrtaček.

Nálože ve vývrtech byly mezerové, tj. sestávaly ze dvou (nebo více) dílčích náloží), zavěšených na lanku, zakotveném u dna vývrtnu, mezi nimiž byla ponechána vzduchová mezera. Potřebný sortiment rozpojené zásoby je možno upravovat změnou délky náloží i vzduchových mezer.

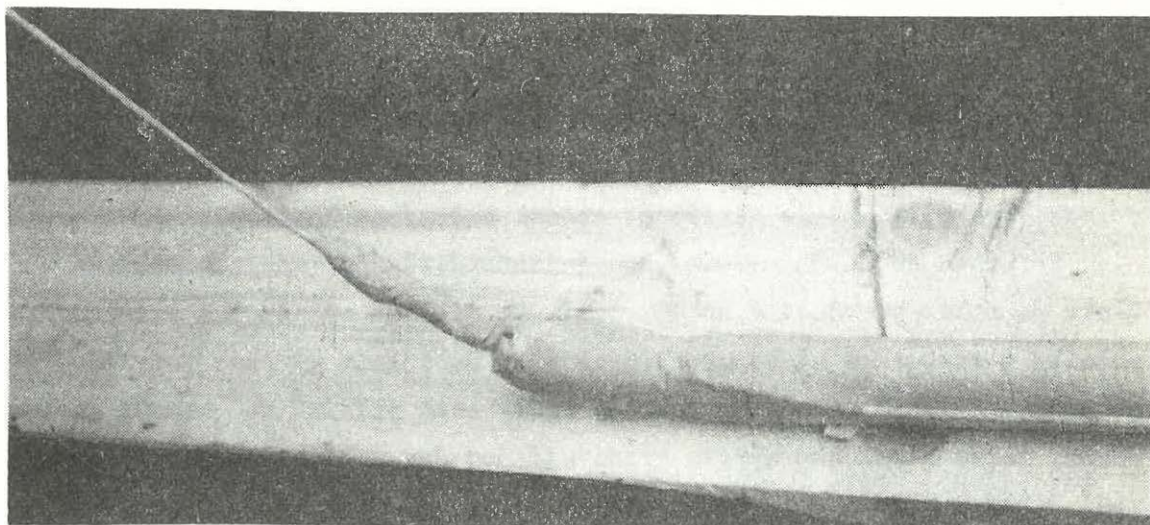
Pokusnými odstřely bylo prokázáno, že vzduchová mezera snižuje účinek náloží jen nepatrně, neboť objem mezer mezi náložemi dosahuje řádově jen okolo 0,1 % objemu výbuchových plynů. Vzhledem k jednoduchosti přípravy mezerových náloží jsou při délce vývrtnu do 5 m nejvýhodnější dvě dílčí nálože.

Dílčí nálože je možno sestavovat do potřebné délky z jednotlivých náložek trhaviny, zasunutých do PVC fólie, anebo může být trhavina plněna do fólie přímo výrobcem, jak je patrné z obr. 7.



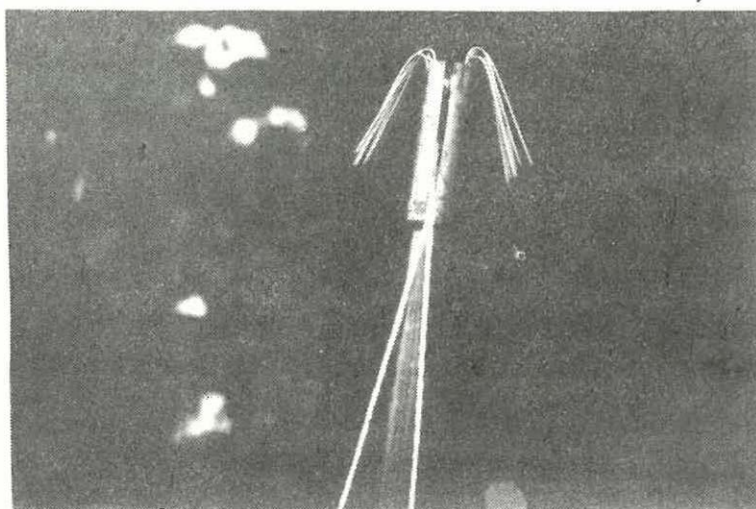
Obr. 7

K vytažení dílčích náloží a jejich fixaci ve vývrtnu byla použita nová technologie. Jednotlivé nálože byly připevněny přivázáním volných konců na viskocelové lanko a zajištěny pomocí samolepicí pásky, jak je znázorněno na obr. č. 8 na následující stránce.



Obr. 8

Viskocelové lanko v účelce o něco větší než trojnásobná hloubka vývrtu se provlékne fixačními skobičkami (3 - 4 ks) z ocelového drátu a skobička i s lankem se zasadí do nastavného nabíjáku, jak je patrné z obr. č. 9.



Obr. 9

Zasunutím nabíjáku do vývrtu se skobičky zatlačí až ke dnu, kde se po vytažení nabíjáku vlastní pružností rozepřou, takže lanko s náložemi, procházející skobičkami, je možno přes ně jako přes kladku vytáhnout tak vysoko, až se první dílčí nálož dotkne dna vývrtu.

Ucpávka vývrtů je jílová a provádí se obvyklým způsobem pomocí dřevěné nabíjecí tyče. Roztlačením jílové ucpávky se fixují oba konce lanka, takže jsou obě dílčí nálože ve vývrtu zajištěny ve stabilní poloze. Vrchní nálož je zavěšena, spodní podepřena ucpávkou.

Přípravu dělených náloží, tj. jejich přivázání na viskocelové lanko je možno provádět v době vrtání. Do dílčích náloží se zasunou palníky s rozbuškou až bezprostředně před nabíjením vývrtu, tedy těsně před vytažením nálože do vývrtu. Dráty obou palníků se zapojí do série, takže z každého vývrtu vyčnívají jen dva vodiče. Vzájemné časování dílčích náloží není pochopitelně možné; je však možno časovat jednotlivé vývrty, tj. celé mezerové nálože vůči sousedním vývrtům, a to použitím jiného časového stupně rozbušky.

Technologický návrh úpravy dobývací metody pilířování na základě
dosavadních poznatků

Na základě zhodnocení provozních výsledků pilířování na dole Pluto, pokusného zasazení mechanismů i výsledků pokusné trhací práce můžeme pro eventuelní další vývoj této dobývací metody uvažovat následující postup:

1. Vlastní stěna

- a) Rozpojování pilíře stěny kombajnem se svislým rozpojovacím orgánem.
- b) Nakládání zásoby samospádem na stěnový dopravník TH 30, opatřený průběžným klínem a žlabovým zařízením pro nakládání zásoby ze stropního pilíře.
- c) Překládka dopravníku i s kombajnem přesouváním dopravníku přesuvnými válci Ostroj.
- d) Budování prostoru stěny pilířového porubu kombinovanou výztuží. Zajištění stropu kombajnem vyuhelného pokosu T-dveřemi na hydraulických stojkách a podbudování konců stropnic dřevěnými podvlaky tak, aby hydraulické stojky bylo možno uvolnit pro další budování za kombajnem. Zasazení mechanické výztuže Alpine nelze připustit, pokud nebudou předem známy stropní poměry porubu s kombajnem a individuální výztuží.

2. Stropní pilíř

- a) Rozpojování trhací prací s vývrty délky maximálně 4 m a s mezerovou náloží na lanku.
- b) Nakládací zásoby výsuvnými žlaby nakládacího zařízení, připojeného ke konstrukci stěnového dopravníku TH 30.

Částečné řízení závalu, jehož nutnost vyplynula z provedeného rozboru pracovní operace rubání stropního pilíře, je možno principiálně řešit takto:

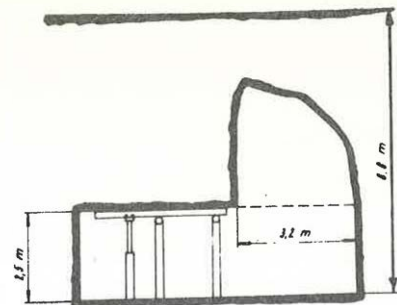
- a) Po celé délce stropního pilíře vytvořit trhací prací (časovanými vějířovitými vývrty) jediným odstřelem zásek, sahající až po ochranný strop.
- b) Sílu ochranného stropu volit takovou, aby byla záruka, že se nezavalí ihned po odstřelu, ale vydrží ještě při dalším postupu stropního porubního prostoru.
- c) Trhací prací provádět po ústupech porubu cca 1,6 m (krok vlastní stěny) přibírkou stropního pilíře.
- d) Po prolomení stropu a zavalení prostoru za zálomovou hranou vlastní stěny vytvořit opět nový úvodní zásek a pokračovat v přibírce dalších ústupů stropního pilíře na výšku ochranného stropu.

Jednotlivé fáze takového postupu pilířového porubu jsou zakresleny na obr. č. 10, vrtné schéma stropního pilíře je na obr. č. 11.

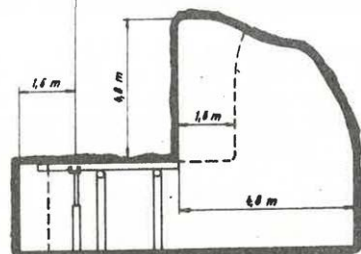
Uvedený princip odpovídá přibližně řízení závalu komorových porubů přibírkou pilíře, přičemž obdélníkový tvar stropní plochy je u pilířového porubu výhodnější. V praxi bude ovšem nutno zpočátku se silou ochranného stropu a snad i délkou porubu laborovat, aby byly zjištěny pro dané přírodní podmínky optimální parametry síly ochranného stropu a délky pilíře, které by umožnily při výrubnosti 60 - 65 % nepřerušovaný postup stropního pilíře alespoň po dobu odrubání úvodního záseku a dvou ústupů, tj. postup porubu v délce zhruba 6,4 m.

V dalším jsou zvoleny základní rozměrové i výkonové parametry porubu, jak vyplynuly ze zhodnocení dosavadních zkušeností. Některé parametry je třeba v praxi přizpůsobit provozním podmínkám (mocnost lávkv, síla ochranného stropu, velikost náloží apod.).

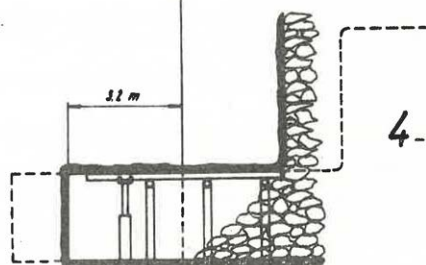
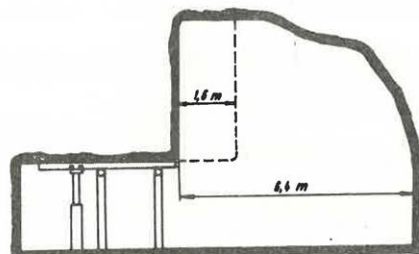
1-1 úrodní stropní zásek (+1 pokos)



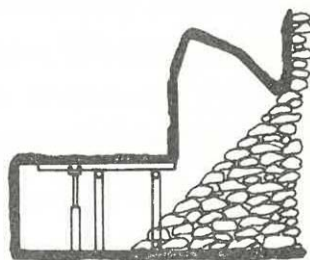
2-1 ústup stropu (+1 pokos)



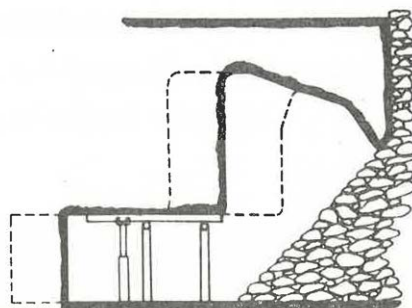
3-2 ústup stropu (+1 pokos)



4-3 ústup-závalorj (+2 pokosy)
1. cyklus utončen



1^x-2 stropní zásek (+1 pokos)



2^x-1 ústup 2. cyklu

Rozměrové parametry:

Mocnost lávky	8,- m
Délka čelby stěny mezi porubními chodbami	17,5 m
Délka stropního pilíře (včetně porubních chodeb)	22,5 m
Výška vlastní stěny	2,- m
Výška rozpojení stropního pilíře	4,- m
Síla ochranného stropu - předběžně	2,- m
Ochranný pilíř mezi porub. chodbami dvou soused. pilířů	4,- m
Zeslabení ochranného pilíře na cca	1,5 m
Krok výztuže	1,6 m
Krok stropního pilíře	1,6 m

Vrtné schéma - viz obr. č. 11

- a) Úvodní zásek: řadové vývrty, tj. 18 vějířů po 3 vývrtech délky 3,4 a 4 m - mezerové nálože celkové délky 1,25 m, 1,5 m a 1,5 m, 3 časové stupně jednotlivých paralelních řad vývrtů. Jako trhavina se předpokládá Harmonit-V slovenské výroby, jehož mezní nálož 2 000 g umožní realizaci dlouhých mezerových náloží. Přibírkové vrty bočních pilířů: 2 vějíře po 3 vývrtech - délky i nálože shodné s výše uvedenými. Čtyři vývrty po 2 m s jednoduchou náloží délky 0,5 m - časový stupeň 4.

Celková metráž vývrtů $20 (3 + 4 + 4) + 4 \cdot 2 = 228 \text{ bm}$

Celková spotřeba trhaviny $20 (1,25 + 1,5 + 1,5) + 4 \cdot 0,5 = 87 \text{ kg.}$

Jak patrně, předpokládá předběžný návrh vysokou specifickou spotřebu trhaviny, tj. i vysoký počet vývrtů i náloží. Tento objem trhací práce bude možno v provozu postupně snižovat podle dosažených výsledků, takže spotřeba směn dále poklesne. Podle skutečné spotřeby střeliva, vykazované v provozních pilířových porubech, je uvažovaný objem předimenzován asi o 30 %.

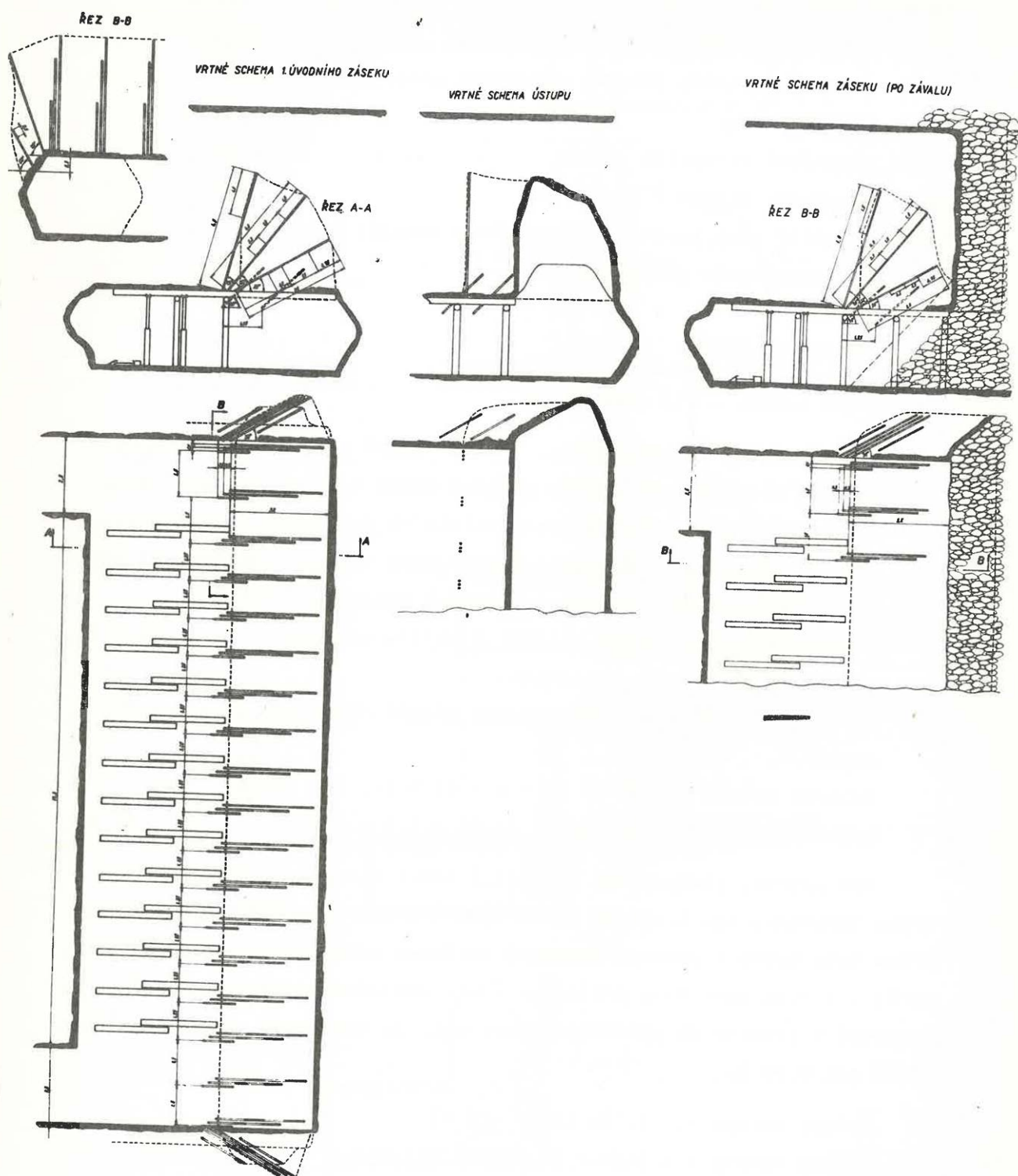
- b) Ústupy stropního pilíře (krok 1,6 m)

Řadové vývrty - 1 řada - 18 vývrtů délky 4 m - rozteč 1,25 m - nálože mezerové 2 . 1,0 m mžikové.

Přibírkové vrty bočního pilíře - 2 vývrty po 4 m nálože detto, 4 vývrty po 2 m, nálože po 0,5 m, časový stupeň 1.

Celková metráž vývrtů $20 \cdot 4 + 4 = 84 \text{ bm}$

Celková spotřeba trhaviny $20 \cdot 2 + 4 \cdot 0,5 = 42 \text{ kg.}$



Obr. č. 11: Vrtné schéma

Základní výkonové parametry

Pracnosti jednotlivých dílčích operací byly stanoveny jednak na základě časových studií zasazení kombajnu (viz dílčí zpráva VÚHU, listopad 1970), jednak časových studií z provozních piliřových porubů (viz dílčí zpráva VÚHU - "Optimalizace pracovního procesu piliřování" z r. 1968), jakož i na základě časů, potřebných při trhačích práci na dole Lukavac v Jugoslávii. Pro každou směnu se počítá s obložením porubu sedmi muži - z toho se čtyřmi pro čelbu stěny, a třemi pro práci ve stropním piliři.

Zcela teoreticky je možno uvažovat, že jeden úplný cyklus piliřového porubu zahrne celkový postup $5 \cdot 1,6 \text{ m} = 8 \text{ m}$, tj.:

1 úvodní zásek - 2 kroky à 1,6 m,

2 ústupy stropního piliře = 2 kroky à 1,6 m,

1 závalový ústup - 1 krok à 1,6 m.

Při závalovém ústupu, tj. ve fázi, kdy se po odstřelu 3. ústupu stropního piliře zavalí stropní prostor porubu, předpokládáme těžbu ze závalu jen cca 2 t na km délky piliře. Během rubání cyklu je třeba vytvořit předstih postupu vlastní stěny o 2 kroky, tj. 3,2 m, aby byl uvolněn strop v šířce, umožňující vytvoření nového úvodního záseku - viz obr. 10.

Výchozí časy dílčích pracovních operací

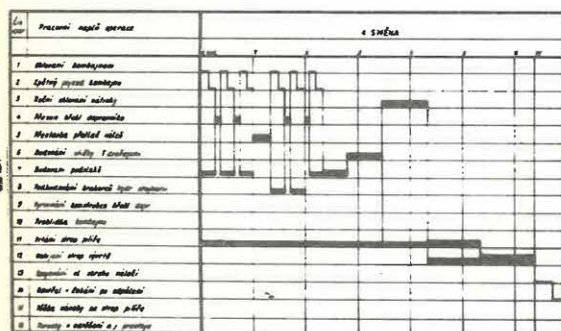
Vrtání:

Doba vrtání 4 m vývrtu nastavným vrtákem (2 muži)	6'
" " 3 m " " " "	5'
" " 2 m " jednoduchým vrtákem (1 muž)	2'

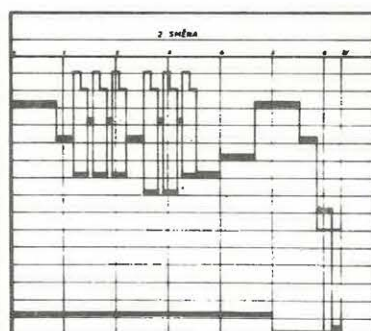
Fixace skobiček ve vývrtech:

Vývrt 3 m - nastavnou nabíjecí tyčí - 1 muž	1,5'
vývrt 4 m - " " " - 1 muž	2'
nabíjení mezerové nálože do vývrtu 4 m, tj. přivázání lanka, adjustace, vytažení nálože a ucpávka - 1 muž + palní	4'
dtto 3 m	3,5'
nabíjení normálních vývrtů 2 m	1'

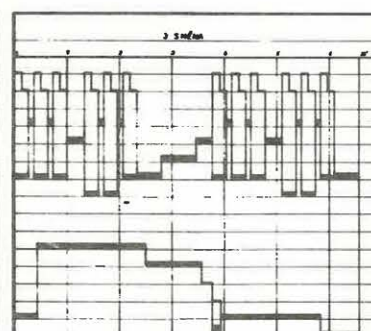
Měření výšky cívky			
č. měření	čas	výška	výška
1	1	228	228
2	2	228	228
3	3	228	228
4	4	228	228
5	5	228	228
6	6	228	228
7	7	228	228
8	8	228	228
9	9	228	228
10	10	228	228



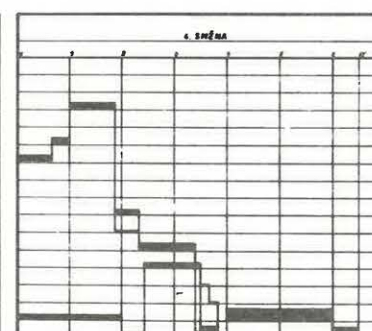
čas	výška
1	228
2	228
3	228
4	228
5	228
6	228
7	228
8	228
9	228
10	228



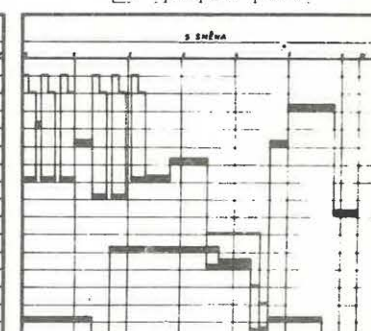
čas	výška
1	228
2	228
3	228
4	228
5	228
6	228
7	228
8	228
9	228
10	228



čas	výška
1	228
2	228
3	228
4	228
5	228
6	228
7	228
8	228
9	228
10	228



čas	výška
1	228
2	228
3	228
4	228
5	228
6	228
7	228
8	228
9	228
10	228



čas	výška
1	228
2	228
3	228
4	228
5	228
6	228
7	228
8	228
9	228
10	228

Obr. 12

Rozpojený objem z jednotlivých odstřelů stropního pilíře:

- a) Úvodní zásek: $22,5 \cdot 3,0 \cdot 2,9 \cdot 1,2 = \dots 235,00 \text{ t}$,
 boční přibírka cca $2 (2,5 \cdot 3,5 \cdot 1,25) \cdot 1,2 = 26,25 \text{ t}$,
 celkem 261,25 t.
- b) Ústup: $22,5 \cdot 4 \cdot 1,6 \cdot 1,2 = \dots 180 \text{ t}$.
- c) Závalový ústup: $22,5 \cdot 2 = \dots 45 \text{ t}$.

Rozpojený objem 1 kroku čelby (1,6 m)

při výšce čelby 2,0 m - $17,5 \cdot 2,0 \cdot 1,6 \cdot 1,2 = \dots 67 \text{ t}$.

Dílčí časy pracovní operace cyklu vlastní stěny pilířového porubu byly převzaty ze zprávy VÚHU "Vyhodnocení pokusného zasazení řezného orgánu v pilířovém porubu na dole Pluto" z listopadu 1970.

Na základě takto stanovených časů dílčích operací byl sestaven harmonogram komplexního pracovního cyklu pilířového porubu na obr. č. 12, který předpokládá, že k závalu stropního pilíře dojde po odstřelu 3. ústupu stropu. Za tohoto předpokladu by komplexní cyklus představoval směrný postup porubních chodeb o 8 m. Z harmonogramu vyplývá, že by takový cyklus bylo možno uzavřít asi za 5 směn při obložení sedmi muži ve směně.

Příslušné sménové těžby jsou uvedeny v následující tabulce:

	1.sm.	2.sm.	3.sm.	4.sm.	5. sm.	celkem
stěna	67	67	134	-	67	335 t
strop.pilíř	-	225	125	210	105	665 t
úhrnem	67	292	259	210	172	1000 t

Z uvedených těžeb plyne, že průměrná denní těžba činí 600 t a průměrný porubní výkon 28,6 t/hl.sm.

Tyto výsledky představují oproti průměrným výsledkům, dosahovaným na dole Pluto při dosavadním způsobu pilířování, zvýšení denní těžby z jednoho pilíře téměř o 100 % a zvýšení výkonu o více než 50 %. Současně by vzrostl i průměrný denní postup porubu z cca 4 m na 4,8 m. Dále je nutno přihlídnout k tomu, že uvažovaným prodloužením délky pilířů by se snížil podíl ražených chodeb cca o 40 %.

Jelikož dosavadní výsledky pilířování na dole Pluto vykazují přibližně nákladové vyrovnání s metodou komorování, je nesporné, že dosa-

žení odvozených výsledků by představovalo značné snížení výrobních nákladů - nehledě k prodloužení životnosti celého závodu, vyplývajícimu z vyšší výrubnosti pilířování.

Přitom existují ještě další rezervy v možnostech mechanizovat budování porubu, které je v technologickém návrhu uvažováno ještě pomocí individuální výztuže.

Další vzestup výkonů i těžební kapacity by bylo možno dosáhnout zvýšením výkonu při nakládání zásoby ze stropního pilíře, neboť zde jsou za současné situace skryty největší rezervy. Vyššího výkonu při nakládce by bylo možno docílit buď dalším rozšířením porubní osádky, což je při uvažované délce pilíře možné, anebo rekonstrukcí žlabového nakládacího zařízení.

Z á v ě r

Posoudíme-li zatím sice jen teoretické, ale na reálných a z větší části provozně ověřených předpokladech založené možnosti zvyšování produktivity při dobývací metodě pilířování v lávkách, které bylo provozně ukončeno ve stadiu ekonomického vyrovnání s metodou komorování, můžeme konstatovat, že perspektivy případného dalšího vývoje pilířování jsou velmi příznivé. Lze od něho očekávat značné zvýšení výkonů i těžeb a tím i snížení výrobních nákladů pod úroveň nákladů dnešního komorového provozu.

Základní výhody pilířování - průchodní větrání umožňující zlepšené klimatické poměry v porubech, práce pod zabudovaným stropem a v neposlední řadě i zhruba o 1/3 vyšší výrubnost - jsou další faktory, které nutno uvést ve prospěch této dobývací metody.

S h r n u t í

Dobývací metoda pilířování v lávkách se současným dobýváním stropní uhelné lávky na zával, jejíž tříletý pokusný provoz byl ukončen v r. 1969 ve stadiu ekonomického vyrovnání s dosavadní dobývací metodou komorování, má ve svých technologických prvcích řadu rezerv. Zasazení prototypu krátkostěnného kombajnu se svislým řezným orgánem a trhací práce s mezerovými náložemi v dlouhých vývrtech, pokusně realizované až po provozním ukončení metody, mělo nadějně výsledky. Kombinace těchto nových technologických prvků s dosavadní ověřenou technologií dává předpoklady zvýšení kapacity porubů až o 100 % a porubních výkonů o 50 %, čímž by výrobní náklady poklesly značně pod dnešní úroveň při výrubnosti vyšší zhruba o jednu třetinu.