

Václav C t i b o r, VÚHU ,

Bohumír H a a s, VÚHU

Vyhodnocení plošných odstřelů na dole Merkur

1. Úvod

Ve spodních partiích nadloží (hlavně 3. skrývkový řez) dolu Merkur v Tušimicích, jsou těženy zeminy o vysokých rypných odporech, náchylné k vytváření nadměrných kusů, což způsobuje snižování výkonu TC a zhoršování všech ukazatelů. Při dobývání uhelné sloje jsou podobné potíže. Vycházeli jsme z toho, že prozatím neexistuje přesná, rychlá a objektivní metoda zjišťování kusovitosti těžených hmot. Z těchto omezených možností jsme použili metodu fotografickou a zaměřili jsme výzkum směrem na ostatní důležité parametry. Za hlavní kritérium považujeme zvýšení výkonu velkostroje, snížení specifické spotřeby elektrické energie a snížení rypných odporů v závislosti na trhací práci a tím tedy na dosažení lepších ekonomických výsledků práce velkostroje a celého technologického komplexu.

2. Geologické podmínky dolu Merkur

Důl Merkur je situován v západní části SHR, v západní výchozové partii sloje. Výchoz je zde omezen vulkanickým masivem Doupovských vrchů a severozápadně navazuje na Krušnohorské pásmo. Jihozápadní a jižní část navazuje na tzv. žateckou deltu, kde byly komplikované sedimentační podmínky, které mají za následek velmi nepravidelný vývoj sloje (pětipeská část SHR). Od této části je oblast dolu Merkur oddělena střežovským hřbetem (v krystaliniku), který eliminoval nepravidelnosti sedimentace v žatecké deltě.

V samotné oblasti dolu Merkur byly sedimentační podmínky pro uložení sloje příznivější, i když u její bazální části jsou zřejmě spla-

chové vlivy ve formě proplástek. Střední a horní část sloje vykazuje již pravidelnou sedimentaci organických materiálů. Teprve těsně u hlavy sloje došlo k přerušení vegetační sedimentace, nasazuje zde asi 1 m mocný proplástek. V celkové mocnosti dosahuje sloj cca 25 m.

Sedimentační podmínky nadloží byly monotonní bez výrazných změn. Splachové vlivy ustupují do pozadí a jen nazřetelně se objevují vlivy impregnací železitými sloučeninami (Fe^{++} a Fe^{+++}), dnes pozorovatelné jako velmi tvrdé proplátky. Téměř celá mocnost nadloží (až 80 m) sedimentovala v mladším terciéru, nejsvrchnější část nadloží tvoří kvartérní spraše a sprašové hlíny.

Postsedimentační tektonika se projevuje v pánvi obvyklými systémy poruch, a to ve směru krušnohorském (JZ - SV) a poruch přibližně na tento směr kolmých. Z těchto systémů jsou výrazné tři poruchy, které mají výšku 12 až 22 m.

Petrograficky sestává nadloží z monotonních jíílů až jílovců montmorilloniticko - kaolinitických. Podíl montmorillonitů je proměnlivý v intervalu 15 - 25 %. Illitická komponenta má podíl nižší, asi 5 - 12 %. Mocnost kvartérních spraší a sprašových hlín je asi 4 - 8 m; jedná se o typické sprašovitě materiály. V hlubších partiích nadloží těsně nad hlavou sloje se vyskytují lavice tvrdých jílovců proměnlivé mocnosti. Lokálně se při výchozech sloje nacházejí porcelanity.

Z hlediska geomechanických vlastností projevují se kvartérní sedimenty vysokou plastičností. Svrchní partie terciérních jíílů je plastická se smykovou pevností kolem 1 kp/cm^2 a úhlem vnitřního tření $12-18^\circ$. S rostoucí hloubkou se pevnostní parametry zvyšují až na smykovou pevnost $7-9 \text{ kp/cm}^2$ a úhel vnitřního tření $18-22^\circ$. Objemová váha jeví klidnější úroveň $2,0-2,2 \text{ t/m}^3$. Vysoké hodnoty smykové pevnosti ukazují na poměrně velmi tvrdé jílovce a z neobvykle velkého úhlu vnitřního tření lze usuzovat i na houževnatost těchto materiálů. Vzrůst pevnostních parametrů rezultuje v rostoucí rypný odpor, který v nadloží nad hlavou sloje (III. skryvkový řez) běžně dosahuje $90-120 \text{ kp/cm}$ a vybíhá až na $160-180 \text{ kp/cm}$ délky řezných hran. V průměru je potřeba počítat s hodnotami $90-120 \text{ kp/cm}$.

Z uvedeného vyplývá, že s největšími obtížemi při dobývání nadloží se setkáme v jeho nejhlubších partiích, odkrývaných III. skryvkovým

řezem dolu Merkur.

Místní úložní podmínky s výskytem tvrdých jílovců se vyznačují sklonem hlavy sloje ve směru porubní fronty, která klesá od západu k východu, kde je vyvinuta poměrně výrazná tektonická porucha. Při stávajícím rozfárání skrývky a vertikálním umístění pracovní plošiny III. řezu se úložní podmínky projevují tak, že na západním konci řezu (u stabilních odtahových pasů) vystupuje hlava sloje cca 8-10 m nad pracovní plošinu a řez je řezem smíšeným. Směrem k východu se hlava sloje přibližuje pracovní plošině řezu a ve vzdálenosti cca 200-220 m klesá pod její úroveň. Dále směrem k tektonické poruše klesá hlava sloje až do hloubky cca 10-12 m pod pracovní plošinu. Zmíněnou tektonickou poruchu prochází pracovní plošina tak, že se těsně dotýká vyššího křídla sloje za poruchou. Z uvedeného průběhu hlavy sloje a pracovní plošiny je zřejmý i průběh polohy tvrdých jílovců. Zatím co na západním konci řezu jsou jílovce dobývány jako střední část (asi 1/3) skrývkového řezu, přecházejí cca v jedné třetině vzdálenosti k tektonické poruše do spodní části řezu (cca 1/3 až 1/2 celkové výšky řezu). Směrem k východu pak zapadají pod úroveň pracovní plošiny a v blízkosti tektonické poruchy jsou celou svou mocností pod její úrovní.

3. Zdůvodnění potřeby trhacích prací

Orientačním měřením rypných odporů, které provedl VÚHU Most na kolesovém rypadle K 800, nasazeném na III. skrývkovém řezu dolu Merkur byly zjištěny hodnoty kolem 80 kp/cm. S ohledem na to, že měření bylo provedeno v místě, kde tvrdé jílovce již zapadaly pod úroveň rypadla a s ohledem na to, že smyková pevnost se pohybovala v měřeném úseku kolem 4 kp/cm^2 lze očekávat, že nejtvrďší partie se smykovou pevností kolem $7-9 \text{ kp/cm}^2$ budou mít rypné odpory přes 100 kp/cm délky řezných hran. Disproporce mezi rypnými odpory jílovců a rypnou silou rypadla je zřejmá. Tak např. rypná síla rypadla K 800 je při výkonu $1920 \text{ m}^3 \text{ syp/hod}$ 45 kp/cm a 65 kp/cm při výkonu $1440 \text{ m}^3 \text{ syp/hod}$.

Z hlediska vztahu mezi rypnou silou rypadla a rypným odporem rozpojovaného materiálu platí všeobecná zásada, kterou pro rypadlo K 800 lze vyjádřit takto :

$$P_{\bar{r}} = k \cdot \sum l \quad /kp/$$

kde $P_{\bar{r}}$ /kp/ - rypná /řezná/ síla na hrotu korečku
 k (kp/cm) - specifický rypný odpor
 $\sum l$ /cm/ - součet délky řezných hran v současném záběru

V práci rypadla mohou nastat tyto tři možnosti :

1) $P_{\bar{r}} < P_d$

kde P_d /kp/ je normální rýpací síla na hrotu korečku udaná výrobcem stroje

V tomto případě není výkon rypadla Q_s (m³/hod) ohrožen

2) $P_{\bar{r}} = P_d$

V tomto limitním případě může ještě být výkon rypadla dodržen.

3) $P_{\bar{r}} > P_d$

Tento případ je charakterizován prudkým poklesem výkonu rypadla.

Při konstrukci rypadel K 800 Uničovských strojů nebylo uvažováno s nasazením těchto velkostrojů za podmínky ad 3), které však jsou ve spodních partiích nadloží, hlavně pak pro III. skryvkový řez dolu Merkur typické. Kromě výrazného poklesu výkonu rypadla v závislosti na rostoucím rypném odporu (viz příl. č.1) dochází k dalším provozním potížím, plynoucím z charakteru rozpojovaného materiálu, jevícího nepříjemnou tendenci k vylamování nadměrných kusů z boku těženého řezu, což vede k ucpávání dopravních cest jak uvnitř rypadla, tak i přesypů na pásovém odtěžení. Není řídkým zjevem i poškození gumového dopravního pásu rozříznutím ostrohranným materiálem a tím ke statistickým škodám jak na vlastním materiálu, tak i na prostojích celého dobývacího komplexu. Hlavním zdrojem obtíží je však přetěžování rozpojovacích a hnacích orgánů rypadla i vlastní konstrukce stroje. To vše má za následek zvýšení poruchovosti stroje, zvýšení specifické spotřeby elektrické energie, a tím i vzrůst vlastních nákladů.

Z řady prokazatelně zjištěných negativních vlivů a ekonomických ztrát vyplývá nutnost úpravy rozpojitelnosti tvrdých jílovcových partií

nadloží trhací práci na přijatelnější stav tak, aby byla zajištěna stabilita vyšších hodinových výkonů rypadla a jeho časového využití snížením rypných odporů dobývaného materiálu a tím i snížením poruchovosti celého technologického komplexu.

4. Základy působení výbuchu na pevné prostředí

Rozpojování hornin trhací práci je složitý děj, jehož mechanismus není ještě plně objasněn. Ještě v době poměrně nedávné, převládal názor, že jako hlavní činitel při rozpojování hornin výbuchem se uplatňuje statický tlak výbuchových zplodin na stěny vrtu. Celý vývoj oboru teorie působení výbuchu a rozpojování výbušninami však potvrzuje spolu s celou řadou poznatků z praxe trhací techniky základní koncepci, že mechanismus deformací a rozpojování pevných látek je neoddělitelně spjat s problematikou šíření vln napětí v pevných látkách a že celé působení detonace na pevná prostředí má charakter velmi intenzivního dynamického rázu. Tato základní fakta je nutno zdůraznit již v úvodu, protože v méně informovaných kruzích technické veřejnosti stále dožívají mylné představy o statickém působení výbuchových zplodin, které účinkem působení vysokého tlaku vedou k překonání pevnosti materiálu a tím k jeho rozpojení. I když rozrušení či trvalé deformace materiálu vlivem vysokého tlaku detonačních zplodin v bezprostřední blízkosti nálože hrají v celkovém efektu rozpojení též určitou úlohu, je komplexně chápáný průběh působení detonace daleko složitější a snahy o zjednodušené chápání těchto jevů, či snahy o analogii s rozrušením způsobeným statickým přetížením vedou k mylným závěrům.

Základními charakteristikami dějů, které mají povahu dynamického rázového namáhání pevných těles jsou :

- 1) vysoká rychlost aplikace sil na dané těleso
- 2) šíření napětí a deformací pevným prostředím formou vln napětí

Nutnost šíření deformací při tomto impulzním namáhání formou vln napětí přímo vyplývá ze stlačitelnosti všech reálných pevných látek. Vlny napětí a s nimi spojené deformace se proto šíří daným pevným prostředím určitou konečnou rychlostí. Průběh působení detonace na pevné těleso je fyzikálně velmi příbuzné průběhu rozpojení pevných těles dy-

namicko-rázovým namáháním, způsobeným mechanickými prostředky např. dopadem střel na pevné cíle, úder kladiva apod. Řada dílčích poznatků z těchto oblastí má svou platnost a použitelnost i v oboru působení detonace. Rozdíly jsou spíše kvantitativní povahy, způsobené obvykle rozdílem v hodnotách napětí o několik řádů. Statické působení tlaku výbuchových zplodin se může výrazněji měrou projevit v případě, je-li nálož zcela uzavřená, ale i v tomto případě je primární složkou rozpojení dynamický účinek rázové vlny.

Dorazí-li rázová vlna na rozhraní dvou prostředí, lišících se hodnotou akustické impedance (součin hustoty a rychlosti zvuku) dochází obecně k jejímu rozštěpení. V nejjednodušším případě, je-li směr šíření dopadající vlny kolmý na rovinu, vznikají vlny dvě - jedna pokračující v novém prostředí směrem původního šíření a druhá odražená, šířící se směrem zpět.

Připomeňme si mezní případy :

Když $\rho_1 c_1 \ll \rho_0 c_0$ (kde ρ = hustota, c = rychlost zvuku), což zpravidla odpovídá odrazu vlny šířící se prostředím s velmi malou hustotou od velmi hutné překážky. Prakticky vzato, jde jen o případ odrazu akustických vln, šířících se v plynech od pevné překážky.

Druhý mezní případ, kdy $\rho_1 c_1 \gg \rho_0 c_0$ odpovídá odrazu vlny šířící se pevným prostředím od volné plochy. Je zřejmé, že za těchto podmínek téměř veškerá energie dopadající vlny přejde do vlny odražené a má stejnou amplitudu, vrací se však obrácenou fází (původní vlna tlaková se přemění ve vlnu tahovou). Praktický význam tohoto faktu je zřejmý, uvážíme-li že pevnost v tahu hornin je podstatně nižší, než pevnost v tlaku.

Vlastní rozpojení je realizováno vznikem trhlin, které podle mechanismu vzniku spadají do několika kategorií, z nichž nejdůležitější je doštep a vznik radiálních trhlin. Doštep je trhlina zhruba rovnoběžná s plochou, na níž dojde k odrazu tlakové vlny napětí a k obrácení její fáze na vlnu tahovou. Vzájemnou interferencí vlny dopadající a vlny odražené dojde v jisté vzdálenosti od volné plochy k lokálnímu překročení dynamické pevnosti v tahu a materiál se rozpojí za vzniku odštepů. Radiální trhliny vznikají při šíření divergentních forem vln napětí v prostoru gradientem napětí v tahu kolmo ke směru šíření vln.

Vzhledem k mechanické nehomogenitě a anizotropii většiny hornin, je matematické vyjádření popsaných dějů nesmírně komplikované, a proto v praxi trhací techniky obtížně využitelné. Významným přínosem ke komplexnějšímu nazírání na trhací práce ve vztahu vlastností horniny a vlastností výbušniny jsou některé výzkumné práce, které se snaží o zdůraznění charakteristik, majících jednoduchý funkční vztah k základním fyzikálním vlastnostem a umožňujících souhrnné vyjádření jednou číselnou hodnotou. Touto jednotkou je akustická impedance horniny a charakteristická impedance výbušniny. Obě tyto hodnoty jsou poměrně snadno laboratorně zjistitelné, neboť akustická impedance horniny je dána její hustotou a rychlostí šíření zvuku; charakteristická impedance výbušniny je dána opět její hustotou a detonační rychlostí. Využití celkové energie výbušniny pro rozpojování horniny vlnami napětí lineárně vzrůstá se zmenšujícím se poměrem impedance horniny a charakteristické impedance výbušniny, což má praktický význam při posouzení vhodnosti volby výbušniny pro rozpojení dané horniny.

5. Volba vhodné trhaviny

Při návrhu trhacích prací je důležitý, faktorem i volba vhodné trhaviny. Není to pouze otázka ekonomická, ale z hlediska trhací techniky důležitá zásada impedančního přizpůsobení soustavy trhavina-hornina. Z teorie rozpojování hornin výbuchem vyplývá přímo úměrná závislost využití energie trhaviny na rozdílu charakteristické impedance trhaviny a akustické impedance horniny. Využití energie trhaviny je kromě toho závislé i na dokonalosti styku trhaviny s horninou.

Obě podmínky dobře splňuje trhavinová směs dusičnanu amonného s palivem (DAP), která v případě mísení obou komponent přímo na místě použití vyhovuje svojí nízkou cenou i požadavkům ekonomickým.

Přestože trhavinová směs DAP byla jako vynález patentována Ohlsonem a Norbinem již v roce 1867, došlo k jejímu většímu uplatnění v USA a SSSR až v padesátých letech tohoto století. V ČSSR byly směsi DAP zavedeny teprve od roku 1965.

Poměr obou složek směsi se pohybuje v intervalu 93,5 - 95,5 % dusičnanu amonného a 4,5 - 6,5 % uhlíkatého paliva. Jako paliva se dnes obvykle používá motorová nafta. Pro použití DAPu v širokopráhových

vrtech (nad asi 100 mm) a pro komorové odstřely je nejvýhodnější směs hnojivého ledku amonného s přísadou vápence a motorové nafty, resp. topného oleje L v poměru 95,5 % ledku a 4,5 % paliva. Této směsi se pod označením DAP 1 pro snadnou dostupnost obou složek a jejich nízkou cenu v SHR téměř výhradně používá.

Míchání obou nevýbušných složek se provádí přímo na místě použití ručně. Způsobů míchání je několik. Dnes provádí nejčastěji tak, že do naříznutých polyetylenových pytlů, v nichž je ledek expedován, se naje odměřené množství nafty. Po uplynutí doby, potřebné k prosáknutí nafty celým obsahem pytle (cca 10 min.) je možno trhavinovou směs nasypávat přímo do vrtu.

Přesto, že údaje v literatuře i pokusy VÚSTE Praha a VÚHU Most svědčí o dobré použitelnosti trhavinové směsi, ledek amonný-palivo, je potřeba si všimnout několika zvláštností, ve srovnání s klasickými trhavinami:

- 1) Zmíněná trhavinová směs vlivem hydroskopičnosti používaného ledku není prakticky vůbec vodovzdorná. Maximální přístupný obsah vlhkosti je 4 %. Při použití směsi DAP 1 v mokřích vrtech je potřeba pro zajištění stabilní detonace použít vodotěsných obalů. S dobrými výsledky byla vyzkoušena tzv. cutisinová střeva (výrobce národní podnik Cutisin O2, Kořenov u Jilemnice). Jednotková délka náloží (střev) by dle zkušeností neměla přesáhnout 2 m, protože při větších délkách dochází k obtížím při nabíjení a trhání střeva vahou trhaviny. Ruční plnění trhaviny do střev je však velmi pracné. V případě použití většího počtu takto upravených náloží ve vrtu může dojít k přerušení detonace vlivem nízké přenosové schopnosti trhaviny. Mokré, resp. zvodnělé vrty je proto výhodnější nabíjet některou z vodovzdorných průmyslových trhavin, přes jejich vyšší cenu.
- 2) Citlivost DAPu k iniciaci je velmi nízká, nedetonuje od rozbušky č. 8. K zajištění stabilní detonace je proto nutné používat počínové nálože brizantních trhavin, jako je Perunit 20, Permonex V 19, Semtex apod. Styk počínové nálože s DAPem musí být dokonalý. V praxi se počín umísťuje do 1/2, resp. horní třetiny délky nálože. Při větších délkách (nad cca 6 – 8 m) je účelné použít dvou počínových

náloží, umístěných ve spodní a horní třetině délky nálože DAP. Jednotková váha počínové nálože by neměla být menší než 0,8 kg brizantní trhaviny.

3) Základní výbušinářské parametry směsi DAP 1:

výbuchové teplo Q	790 kcal/kg
objem plynů V_0	860 l/kg
výbuchová teplota T	2370 °C
hustota d	0,85 - 0,9
detonační rychlost D	2900 m/s

Optimální složení pro nulovou kyslíkovou bilanci:

95,5 % dusičnanu amonného s 30 % N
4,5 % paliva

Pracovní schopnost v hornině:

o 10 - 25 % nižší ve srovnání s Permonexem V 19

Informativní určení relativní pracovní schopnosti:

50 - 70 %

Nevýhody směsi DAP (hyđroskopičnost a spékavost ledku, nízká hustota) jsou vyváženy jeho nespornými výhodami jako je:

- nízká cena
- vysoká manipulační bezpečnost trhaviny
- nevýbušnost obou složek před smísením a z toho plynoucí jednoduché skladování u spotřebitele
- snadná příprava

Pro tyto výhody se trhavinová směs DAP 1 v SHR osvědčila, což je patrné z její rostoucí spotřeby.

6. Pokusné odšťáry v uhelné sloji dolu Merkur

První uhelný řez lomu Merkur je možno rozdělit z hlediska pevnosti uhlí vůči rozpojení přibližně takto :

První dvě lávky uhelného řezu nezpůsobují provozní potíže, avšak

v hlavě třetí lávky se nachází vrstva, resp. ploché čočky uhlovce. Pod touto polohou uhlovce se nachází uhlí, jehož rypné odpory dosahují až 90 kp/cm hrany třísky a tudíž tyto partie uhelné sloje kladou při rozpojování rypadlem K 800 (které je nasazené na 1. uhelném řezu) značný odpor.

Pro poznání vlastností uhlí bylo provedeno měření akustické impedance různých druhů uhlí. Výsledky měření lze shrnout ve výsledek, že akustická impedance uhlí se pohybuje poměrně v úzkém rozptylu od 4,8 - 5,9 a je tedy o něco nižší, než u skrývkových zemín.

I když bylo provedeno zjištění fyzikálních vlastností jednotlivých druhů uhlí, je nutné zdůraznit značné změny v jejich vlastnostech jak ve vertikálním sledu mocnosti sloje i výšky jednoho uhelného řezu, tak i ve směru horizontálním. Z toho je však možno říci, že při trhačích pracích na 1. uhelném řezu lomu Merkur má být dosaženo nakypření uhlí ve spodní části řezu, tj. ve 3. a 4. lávce, avšak v 1. a 2. lávce nemá dojít ke zhoršení kusovitosti uhlí. Toho je možno dosáhnout tím, že nálože trhaviny, která musí být umístěna ve spodní části 1. uhelného řezu, musí při výbuchu působit mezi sebou, nikoliv však k povrchu, tzn. k volné ploše. V podstatě je nutné dosáhnout hodnotu poddímsovvaného plošného odstřelu.

Za účelem zjištění nejvýhodnějších parametrů odstřelů bylo provedeno několik pokusných odstřelů, při kterých bylo vyzkoušeno několik variant odstřelů. Výška 1. uhelného řezu je 15-19 m.

První varianta:

Jako vrtacího zařízení bylo použito při všech variantách vrtací soupravy PZV-T-138 a soupravy HS 63-Wirth. Výrobce soupravy HS-63 je firma Wirth Co-NSR. Souprava je na samohybném housenicovém podvozku.

Vrtání je rotační, řezné. Délka vrtacích tyčí je 3 m. Průměr, kterým souprava vrtá, je 125 mm. Jsou však možnosti vrtání o průměru 73,92 a 113 mm. Vrtná drť je ze dna vrtu vynášena stlačeným vzduchem.

Vrtná souprava PZV-T-138. Vzhledem k charakteru zeminy je na dole nasazena rotačně řezná souprava PZV, zabudovaná na podvozku terénního nákladního automobilu T 138. Souprava je určena pro vrtání nehlubokých

vrtů rotačním způsobem nasucho s výnosem vrtné drtě šnekovým soutyčím. Vrtná věž je sklopná a její sklon lze hydraulicky nastavit libovolně v intervalu 100° , resp. 40° . V transportní poloze je věž sklopena. Soustrojí je hydraulicko-mechanické s plynule měnitelnými otáčkami vřetene a rovněž plynule měnitelným přitlakem. Souprava je kromě pojezdu ovládána ze stanoviště vrtmistra v zadní části soupravy. Obsluhu tvoří řidič-vrtmistr a pomocník. K soupravě se vyrábějí tři průměry soutyčí, jimž také odpovídá maximální hloubka vrtu:

Ø 480 mm	max. hloubka 8 m
Ø 250 mm	- " - 30 m
Ø 150 mm	- " - 30 m

Soutyčí je nastavné s čepovými spoji a třízubovou spojkou; spojtyčí je fixován pojistným kolíkem. Vrty do hloubky 2,6 m lze vrtat bez nastavování vrtných tyčí. Hlubší vrty lze vrtat nastavováním po jedné (a 1,3 m), resp. po dvou tyčích, přičemž druhý způsob je rychlejší. Výkon soupravy je při Ø 150 mm cca 150-180 bm/sm, podle druhu vrtané zeminy.

Parametry soupravy:

Délka soupravy	9 750 mm
Výška soupravy	3 100 mm
Šířka soupravy	2 500 mm
Celková pohotovostní váha	15 840 kg
Motor soupravy	čtyřdobý, naftový, TATRA 924 - A 5
Výkon motoru	60 k
Spotřeba nafty za motohodinu	12,5 l
Maximální přitlak	3 500 kg

Otáčky vřetene:

1. rychlost	0-62 ot/min
2. rychlost	0-120 ot/min

Rychlost posuvu vrtací hlavy 0-10 cm/s

Jako ucpávky bylo použito vrtné moučky.

Vrty byly vrtány do hloubky 16,10 m. Rozteče vrtů 6 m. Nálož v

jednom vrtu byla: 100 kg DAPu + 2,4 kg Perunitu 20.

Celkový počet vrtů je 20, a to ve čtyřech řadách po pěti vrtech.

Celková odstřelená kubatura je 11,570 m³.

Celková nálož trhaviny pro odstřel je 2 048 kg. Měrná spotřeba trhaviny je 0,177 kg/m³.

Roznět byl prováděn elektricky za použití rozbušek DeM-Sicca mžikově. Po odstřelu došlo k nakypření uhlí do výšky asi 1 m nad původní terén.

Závěrem k této variantě je možno říci, že se vcelku neosvědčila a výsledky nebyly uspokojivé. Došlo k vytváření velkých kusů v horní části řezu. Dále nedošlo k dobrému rozrušení uhlí ve spodní části řezu (tj. 3. a 4. látka).

Druhá varianta:

Byla změněna oproti 1. variantě hloubka vrtů na 18,8 m. Vrty byly vrtány průměrem 150 mm. Rozteče vrtů byly opět 6 m. Jako trhaviny bylo použito směsi DAP 1, tj. směsi 95 % Lovosického ledku (dusičnanu amonného) s 5 % motorové nafty. Počínová nálož pro každý vrt byla 2,4 kg Perunitu 20.

Množství DAPu v jednom vrtu - 100 kg

Celkový počet vrtů byl 20, a to opět ve čtyřech řadách po pěti vrtech.

Celková odstřelená kubatura byla 13,536 m³.

Celková nálož trhaviny byla 2 048 kg.

Měrná spotřeba trhaviny byla 0,151 kg/m³.

Roznět byl prováděn elektricky mžikově. Po odstřelu došlo k nepatrnému nakypření uhlí. Tímto odstřelem sice bylo docíleno dobrého rozrušení uhlí ve spodní části uhelného řezu a v uhlovci, avšak stále docházelo k vylamování poměrně velkých kusů uhlí z horní části řezu.

Třetí varianta:

Hloubka vrtu 18,8 m byla ponechána. Vrty byly vrtány opět Ø 150 mm. Rozteče vrtů byly 6 m.

Jako trhaviny bylo použito trhavinové směsi DAP 1, počínované v každém vrtu počínovou náloží Perunitu 20, o váze 2,4 kg.

Množství DAPu v jednom vrtu bylo sníženo na 75 kg.

Celkový počet vrtů byl 20; počet řad 4; počet vrtů v řadě 5.

Celková odstřelená kubatura - $13\,536\text{ m}^3$.

Celková nálož trhaviny - $1\,548\text{ kg}$.

Měrná spotřeba trhaviny byla - $0,114\text{ kg/m}^3$

Při odstřelu došlo na hlavě uhelného řezu pouze k vytvoření trhlin a nedošlo k nakypření uhlí. Uhelová vrtná drť použitá jako ucpávka se jeví dostatečná.

Při těžbě uhlí z místa odstřelu třetí varianty bylo ověřeno, že rozrušení substance v dolní (tj. v tvrdých partiích uhlí) části řezu je dostatečné a v horní části řezu nedocházelo již k vytváření velkých kusů uhlí.

Dále bylo vyzkoušeno použití soupravy Wirth HS-63 o průměru vrtu 125 mm. Vrtné schéma bylo naprosto shodné s předcházejícím.

Po provedení několika odstřelů je možno říci, že nejsou podstatné rozdíly mezi odstřely s vrty o průměry 150 mm a vrty o průměru 125 mm.

Zhodnocení pokusných odstřelů v uhelné sloji

Závěrem možno říci, že otázka trhacích prací v uhlí byla vcelku úspěšně vyřešena.

Doporučujeme :

- 1) vrtat vrty minimálně hluboké tak, jako je výška řezu, příp. ještě podvrtávat asi o 0,5 až 1 m;
- 2) používat trhavinu DAP do suchých vrtů a do vrtů zvodnělých (výška vodního sloupce do 3 m) dávat na dno vrtu 25 kg (1 karton) průmyslové trhaviny a jako trhaviny v další části nálože použít DAPu. V případě úplného zvodnění vrtu používat Permonex V-19. Tuto trhavinu ve vodě doporučujeme počínovat plastickou trhavinou (např. Perunit 20);
- 3) vrty nevrtat menším průměrem než 125 mm;
- 4) dodržovat měrnou spotřebu trhaviny na m^3 rozpojovaného uhlí - $0,114\text{ kg/m}^3$;
- 5) dodržovat vrtné schéma třetí varianty odstřelu.

7. Seismické účinky odstřelů

S plošnými odstřely, hlavně s dimensováním náloží jak v jednotlivých vrtech, tak nálože celkové, úzce souvisí otázka seismických účinn-

ků těchto odstřelů. Potíže, které způsobují malé celkové nálože, jsme uvedli v kapitolách předcházejících (Trhací práce v uhlí). Z dřívějšího vyplývá, že se v podmínkách povrchových hnědouhelných dolů nálože v jednotlivých vrtech pohybují kolem 100 kg DAPu. Protože ve většině případů je povoleno odpalovat najednou 1900-2000 kg trhavin, jsou plošné odstřely tímto limitem zmenšeny na cca 10-20 vrtů. Ke stanovení mezní celkové nálože docházelo více méně z praktických poznatků s přihlédnutím na vnější zájmy v okolí dolu.

Protože v případě dolu Merkur dochází ke střetům zájmu mezi dolem na jedné straně a elektrárnou Tušimice I s obcí Račice na straně druhé, bylo provedeno seismické měření. Měření bylo provedeno jak v uhelné sloji, tak i na skrývce elektrodynamickými snímači chvění VEDA a hodnoty rychlosti kmitání zaznamenávány smyčkovým oscilografem YEW. Měřicí čidla byla umístěna na základovém bloku turbíny č. 2 elektrárny v Tušimicích.

Ve všech případech byl odstřel proveden bleskovicí mžikem. Při všech odstřelech je na záznamu rychlost kmitání tak malá, že zaniká v hodnotě pozadí, které bylo podstatně vyšší, než hodnoty odstřelu.

Zhodnocení seismického měření:

- 1) Elektrárna Tušimice - na měřeném místě na turbíně č. 2, chvění způsobené chodem strojů dosahuje vyšší kmitání, než kmitání, způsobené trhacími pracemi v lomu Merkur.
- 2) Vliv kmitání od trhacích prací na turbínu je zanedbatelný, tj. rychlost kmitání vyvolaná trhacími pracemi je nižší, než jedna desetina rychlosti kmitání, vyvolaného turbínou v měřených místech.
- 3) Absolutní hodnoty kmitání (A , v , f) způsobené odstřely v blízkosti elektrárny lze zjistit delším měřením v místech, která nebudou rušena chvěním od turbín.
- 4) Račice - na měřeném místě bylo naměřeno při pokusných odstřelech kmitání, které nemůže způsobit žádné škody na budovách. Podle normy ČSN 73 0037 mohou první známky škod vznikat při rychlosti kmitání cca 10 mm/s. Naměřená rychlost kmitání je řádově nižší.
- 5) S ohledem na komplikované geologické poměry dochází k odrazům a ke vzniku sekundérních vln o nízké frekvenci v době od 2 do 9 s po odstřelu.

- 6) Na základě těchto výsledků byly provedeny další pokusné odstřely za současného měření seismických účinků. Z výsledků tohoto měření vyplynula možnost podstatného zvýšení mezní nálože. Tuto možnost také OBÚ Most akceptoval a povolil maximální nálož 5000 kg trhavin, přičemž maximální nálož v jednom vývrtu může být 155 kg a maximální nálož na jeden časový stupeň 500 kg trhavin.

8. Trhací práce na skrývce dolu Merkur

Pokusné trhací práce na třetím skrývkovém řezu lomu Merkur proběhly ve dvou etapách z toho důvodu, že geomechanické vlastnosti zemín se mění jak ve směru horizontálním, tak i ve směru vertikálním a kdyby byly všechny druhy odstřelů provedeny v jednom záběru postupu rypadla, byly by mezi prvním a posledním odstřelem rozdílné zeminy z hlediska geomechanických vlastností. Proto byly provedeny odstřely číslo 1, 2 a měření nerozrušené zeminy v jednom záběru rypadla a odstřely číslo 3-6 v dalším, ve vhodném místě řezu (cca 850 m od pevných odtahových pásů).

Měření kusovitosti:

Jak již bylo v úvodu řečeno, měření kusovitosti zemín je velmi obtížné a v absolutně správných hodnotách prakticky neproveditelné.

Výsledky jsou zkresleny tím, že kusy dřív než byly vyhodnocovány, přešly přes několik přesypů, kruhadlo a drtič. Výsledky nejsou proto zcela přesné, avšak pro názornost postačující.

Kusovitost se vyšetří pomocí fotografické metody. Podstata fotografické metody je taková:

Fotoaparát se umístí nadpásem (lávka) tak, aby osa jeho objektivu byla kolmá na rovinu pásu, určenou oběma okraji pásu. Pořizují se záběry ve zvolených intervalech času při provozu; snímky se pak vyhodnotí. Stanovení rozměrů velkých kusů, které leží vždy na povrchu přepravovaného materiálu (zeminy), se provede tak, jak je patrné z přílohy č. 2. Stanovení počtu kusů je patrné taktéž z přílohy č. 2.

Rozměr kusu (jeho nejdelší hrana) se zjistí ze vztahu

$$\frac{a'}{a} = \frac{b'}{b} \quad \text{z čehož}$$

$$b = b' \cdot \frac{a}{a'}$$

Jednotlivé veličiny se zjistí

b' měřením délky hrany na snímku

a měřením vzdálenosti hran pásu při zatížení pásu na dopravníku (pro š. = 1200 mm jest $a = 107$ cm, při klasické tříválečkové stoličce se sklonem bočních válečků 30° , válečky stejně dlouhé);

a' změřením vzdálenosti hran pásu na snímku. Kusovitost se stanoví sečtením všech kusů na snímku, při čemž se započítávají kusy o hnaně delší než 40 cm.

Z přílohy č. 2 vyplývá:

celková délka záběru bude v m:

$$L_c = L_1 + L_2 + \dots + L_n = \sum_{i=1}^n L_i$$

celkový počet kusů p bude:

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n = \sum_{i=1}^n p_i$$

L_1 n délky jednotlivých záběrů

p_1 n počet kusů na jednotlivých záběrech.

Kusovitost vyjádřena počtem kusů na 100 cm délky pásu $n/100$ bude:

$$n/100 \text{ cm} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{\sum_{i=1}^n L_i} \cdot 100$$

č. odstř.	č. lávky	velikost kusů				ks/100 m
		41-50 cm	51-60 cm	61-70 cm	nad 70 cm	
nena-	1	18	6	5	2	78
střílené	2	26	6	4	-	74
1	1	10	2	2	-	42
2	2	9	6	1	-	59
3	1	9	3	1	1	82
	2	6	1	1	-	61
	3	14	5	1	-	91
4	1	12	6	-	-	67
5	1	13	3	-	1	77
	2	8	6	-	-	45

Šestý odstřel nemohl být vyhodnocen, neboť odtěžení zeminy bylo vždy v době, kdy není možné fotografovat pro vyhodnocení.

Závěrem je tedy možno říci, že relativně nejlepší je odstřel číslo 5. Byla omezena podstatně frakce od 61-70 cm a nad 71 cm, což považujeme za výhodné, neboť se předpokládá na 3. skrývkovém řezu nasazení rypadla SRs 2400 s pásovou dopravou šíře 1600 mm. Obsah korečku rypadla SRs 2400 je 850 l a obsah korečku rypadla K 800 B, které je dnes nasazeno na 3. řezu, je 630 l. Je tedy možno předpokládat, že kusy pod 60 cm nebudou způsobovat vážnější provozní potíže.

Měření rypných odporů, spotřeba energie a výkonů rypadla

1. etapa měření:

V době měření byly korečky osazeny dvěma typy zubů. Pět korečků mělo zuby ploché, pět korečků zuby špičaté. Korečky s rozdílnými typy zubů, byly pravidelně vystřídány. Za těchto podmínek bylo provedeno měření výkonu, rypných odporů a specifické spotřeby energie v zemině rostlé, bez narušení trhací prací, a při dobývání zeminy narušené dvěma plošnými odstřely. Výška řezu v místě měření byla cca 16 m.

Rypné odpory zahrnující i vliv drcené zeminy kruhadlem kola v nenarušené zemině při dobývání první lávky o výšce 5,25 m, dosáhly

středních hodnot 60-80 kp/cm délky řezné hrany, v druhé lávce o výšce 5,5 m 70 - 90 kp/cm délky řezné hrany a ve třetí lávce o výšce cca 5 m hodnot kolem 90 kp/cm délky řezné hrany. Hodinový výkon rypadla se pohyboval kolem 853 m³ sypané zeminy za hodinu.

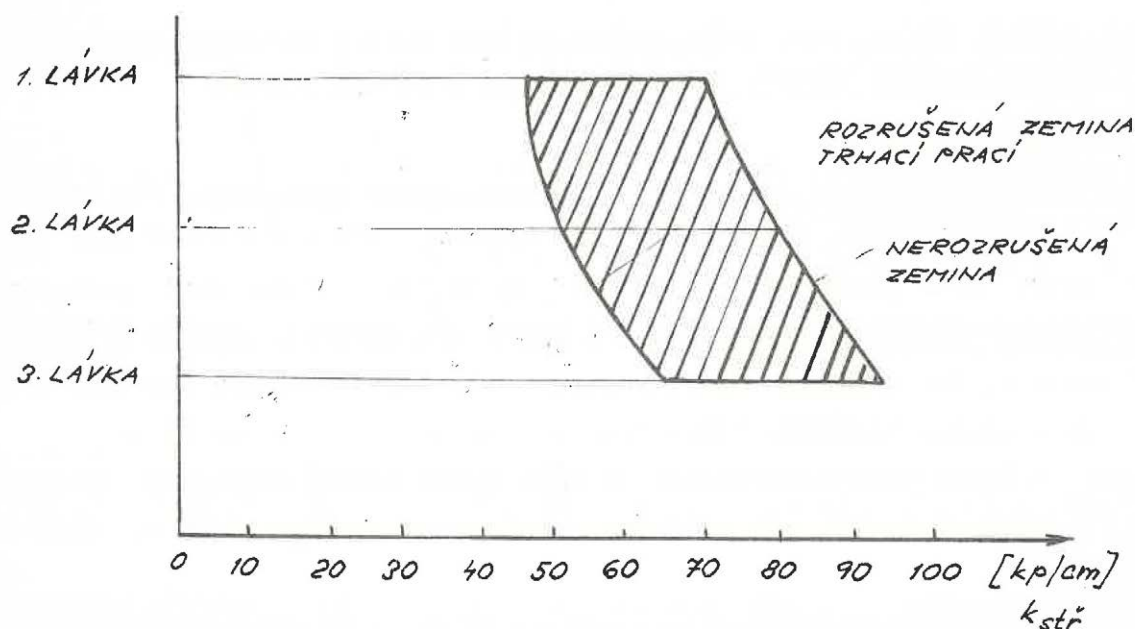
Specifická spotřeba energie při dobývání druhé lávky dosahovala 0,171 kWh/m³, na třetí lávce 0,2335 kWh/m³. Zvýšení specifické spotřeby při dobývání třetí lávky lze vysvětlit větším drcením kusů na kruhadle, neboť při planýrce jsou odebírány kusy, které z čelního svahu spadly, nebo vypadly z kola.

Pro narušení zeminy prvním plošným odstřelem byly vrty o průměru 150 mm vrtány na hloubku celého skryvkového řezu, tj. 16 m, bez podvrtání pojezdové plošiny rypadla. Vrty byly situovány v řadách s šachovitým vystřídáním tak, že vzdálenosti mezi nimi se pohybovaly kolem 5 m. Vrty byly nabíjeny 100 kg výbušninovou směsí DAP na bázi Lovosického ledku s počínovou náloží 1,2 kg Pernitu 20. Odstřel byl proveden mžikově. Celková nálož byla 2 024 kg. Měrná spotřeba trhavin byla 0,422 kg/m³.

Měření v takto rozpojené zemině dalo tyto výsledky:

Rypné odpory při dobývání první lávky poklesly na 38 - 55 kp/cm délky řezné hrany z původních 60 - 80 kp/cm. Při dobývání druhé lávky poklesly na 40 - 60 kp/cm z původních 70 - 90 kp/cm a při dobývání třetí lávky na 60 - 73 kp/cm proti původním 90 kp/cm.

Diagram středních, měrných, rypných odporů v jednotlivých lávkách:



Praktický výkon rypadla vzrostl na $1\,365\text{ m}^3$ sypané zeminy proti $853\text{ m}^3/\text{hod}$ sypané zeminy. Specifická spotřeba energie poklesla při dobývání 2. lávky z původních $0,171\text{ kWh/m}^3$ na $0,1381\text{ kWh/m}^3$; při dobývání 3. lávky z původních $0,2335\text{ kWh/m}^3$ na $0,1191\text{ kWh/m}^3$.

Při druhém plošném odstřelu byly zvětšeny vzdálenosti vrtů mezi sebou na 6 m opět při šachovitém vystřídání o průměru vrtu 150 mm. Hloubka vrtů byla stejná, tj. 16 m. Nálože DAPu byly ponechány na 100 kg. Měrná spotřeba trhaviny byla $0,293\text{ kg/m}^3$.

Rypné odpory poklesly na 50-70 cm, tedy méně než u prvního odstřelu. Také výkon rypadla již nedosáhl výkonu jako u prvního odstřelu ($1\,365\text{ m}^3/\text{hod}$), ale pouze $1\,110\text{ m}^3/\text{hod}$ sypané zeminy.

Specifická spotřeba energie byla měřena jen při dobývání druhé lávky, kde dosáhla $0,1440\text{ kWh/m}^3$.

Z neúplného vyhodnocení těchto tří měření vyplývá, že první odstřel měl výtaznější výsledky než odstřel druhý. Rozhodujícím měřítkem pro posuzování efektivnosti obou odstřelů je bezesporu výkon rypadla. Ten se v prvním případě zvýšil o 45 %, v druhém o 15 % - ve druhé látce. Specifická spotřeba energie poklesla při prvním odstřelu o 19,2 % a při druhém odstřelu o 15,8 % - ve druhé látce. Srovnání hodnot rypných odporů je jakýmsi pomocným vodítkem, které dává názor, ale nemusí být jednoznačným zhodnocením. V hodnocení poklesu rypných odporů lze dojít k závěru, že rypné odpory poklesly o cca 21 až 25 %. Zde se totiž projevuje vliv pramačkování kusů přes kruhadlo.

2. etapa:

Pro rozšíření a upřesnění názoru na efektivnost trhacích prací, byly provedeny další 4 pokusné odstřely spojené s měřeními.

Třetí odstřel

Průměr vrtů	- 110 m
Rozteč vrtů i řad	- 5 m
Hloubka vrtů	- 18 m
Počet vrtů	- 20
Použitá trhavina	- 100 kg DAP 1
Počínová nálož	- 1,2 kg Perunitu 20
Celková nálož	- 2 024 kg

Měrná spotřeba trhaviny - 0,375 kg/m³

Čtvrtý odstřel:

Průměr vrtů	- 110 a 150 mm
Rozteč vrtů i řad	- 5 m
Hloubka vrtů	- 16 -18 m
Počet vrtů	- 20
Použitá trhavina	- 100 kg DAP 1
Počínová nálož	- 1,2 kg Perunitu 20
Celková nálož	- 2 024 kg
Měrná spotřeba trhaviny	- 0,397 kg/m ³

Pátý odstřel:

Průměr vrtů	- 110 mm
Rozteč řad	- 4 m
Hloubka vrtů	- 16 m
Použitá trhavina	- 75 kg DAP 1
Počínová nálož	- 1,2 kg Perunitu 20
Celková nálož	- 1 524 kg
Počet vrtů	- 20
Měrná spotřeba trhaviny	- 0,496 kg/m ³

Šestý odstřel:

Průměr vrtů	- 150 mm
Rozteč řad	- 4 m
Hloubka vrtů	- 13 m
Počet vrtů	- 20
Použitá trhavina	- 50 kg DAP 1
Počínová nálož	- 1,2 kg Perunitu 20
Celková nálož	- 1 524 kg
Měrná spotřeba trhaviny	- 0,496 kg/m ³

Vrty při všech odstřelech byly situovány šachovitým vystřídáním.

Odstřely byly provedeny rozbuškami DeM - SiCCA - mžikově.

V době měření byly korečky kola osazeny nerovnoměrně dvěma druhy zubů:

1. koreček měl 8 zubů špičatých
2. koreček měl 4 zuby ploché
3. koreček měl 4 zuby ploché
4. koreček měl 4 zuby ploché
5. koreček měl 5 zubů plochých
6. koreček měl 4 zuby ploché
7. koreček měl 7 zubů plochých
8. koreček měl 5 zubů plochých
9. koreček měl 7 zubů špičatých
10. koreček měl 4 zuby ploché

Při měření bylo snímáno zatížení kolesového motoru s nominálním výkonem 200 kW. Dle záznamu registračního Wattmetru vyplynulo ve všech případech, že dochází k velkým výkyvům zatížení kolesového motoru při záběru. Svůj vliv na tyto výkyvy mělo bezesporu nepravidelné osazení korečků rozdílnými zuby. S ohledem na to, že část vrtů nebyla dovržena na plnou výšku řezu, docházelo v místech, kde vrtý končily, asi 2 m ode dna vrtů, k vyламování velkých bloků zeminy. Této nedobré okolnosti bylo však využito k tomu, aby se alespoň orientačně zjistil výkon motoru kola pro promačkávání kusů přes kruhadlo. Krátký časový úsek pracovalo rypadlo tak, že nerozpojovalo zeminu z čelního svahu, ale pouze nabíralo uvolněné kuasy. Zatížení motoru kola bylo velmi proměnlivé, ale místy dosáhlo až 180 kWh, což se již těsně přibližuje celkovému výkonu motoru pro rozpojování zvednuté zeminy do místa výsypů a k překonávání tření zeminy v korečcích. Z těchto důvodů bylo upuštěno od vyčíslení měření ve formě rypných odporů a vliv trhacích prací byl posuzován z výsledků měření specifické spotřeby energie pohonu kola (tab. č. 1).

Vytěžené množství zeminy:

Pevná zemina		3.odstřel		4.odstřel		5.odstřel		6.odstřel	
Q	kW	Q	kW	Q	kW	Q	kW	Q	kW
1. lávka	-	-	1160 136	2160 187	-	-	-	-	-
2. lávka	965 164	1120 165	-	-	1200 130	1360 144			
3. lávka	740 173	800 172	-	-	840 131	730 138			

Ø 853

Q - m³/hod sypané zeminy

kW - průměrné zatížení motoru kola

Specifická spotřeba energie v kWh/m³ sypané zeminy:

	Pevná zemina	3.odstřel	4.odstřel	5.odstřel	6.odstřel
1. lávka	-	0,1153	0,0887	-	-
2. lávka	0,1710	0,158	-	0,1084	0,1045
3. lávka	0,2335	0,2141	-	0,1488	0,1898

Porovnáme-li naměřené hodnoty specifické spotřeby energie zjištěné při práci rypadla v partiích řezu narušených trhacími pracemi se spotřebou při práci v nenarušené části řezu, je patrné (viz tabulka), že trhacími pracemi bylo dosaženo poklesu specifické energie potřebné k rozpojování a drcení kusů zeminy v průměru o 31,2 %.

Nejvýraznější snížení specifické spotřeby energie se projevilo u pátého typu odstřelu (ve třetí lávce rostlé části řezu), kde z původní spotřeby

$$L = 0,2335 \text{ kWh/m}^3 \text{ sypané zeminy}$$

$$L' = 0,1488 \text{ kWh/m}^3 \text{ sypané zeminy}$$

Ve druhé lávce poklesla spotřeba z $L = 0,1710 \text{ kWh/m}^3$ sypané zeminy
na $L' = 0,1084 \text{ kWh/m}^3$ sypané zeminy.

Teoretický výkon rypadla vycházející z nominálních hodnot motoru kola (motor 200 kW) bez ohledu na propustnost dopravních cest, pře-
padu zeminy přes hlavu výsypu, by vycházel z naměřených hodnot speci-
fické spotřeby v tomto poměru.

Při práci v třetí lávce v nenarušené partii je možný výkon 856 m³/
/hod sypané zeminy, vlivem trhací práce typu 5 je možná výkonnost
1 344 m³ sypané zeminy.

Při práci stroje na druhé lávce odpovídá spotřebě v nenarušené čá-
sti řezu výkon 1 170 m³/hod sypané zeminy, v narušené části řezu 1845
m³/hod sypané zeminy. Jde tedy o zvýšení výkonnosti v prvním případě o
57 % (třetí lávka) a ve druhém případě dokonce o 58 %.

Skutečné zvýšení výkonnosti je v důsledku plného nevyužití silových možností a hlavně v důsledku přepadu zeminy z kola, nižší.

9. Z á v ě r

1) Pokusné trhací práce v uhelné sloji je možno považovat za stávajících geomechanických vlastností uhlí v podstatě za ukončené. Doporučujeme dodržovat navržené vrtné schéma, tj. vrty o průměru 125 - 150 mm, hloubky 18,8 m a roztečí cca 6 m při náložích cca 75 kg DAPu.

2) Je vhodné podvrtávat rozpojovanou zeminu nejméně 1 až 1,5 m pod úroveň pojezdu rypadla. Tím by se omezila špatná kusovitost na spodních lávkách a také by se prohloubila účinnost trhacích prací i na třetí řez hloubkový, který by dalším odstřelem vrtaným z úrovně pojezdu rypadla byl lépe rozrušen.

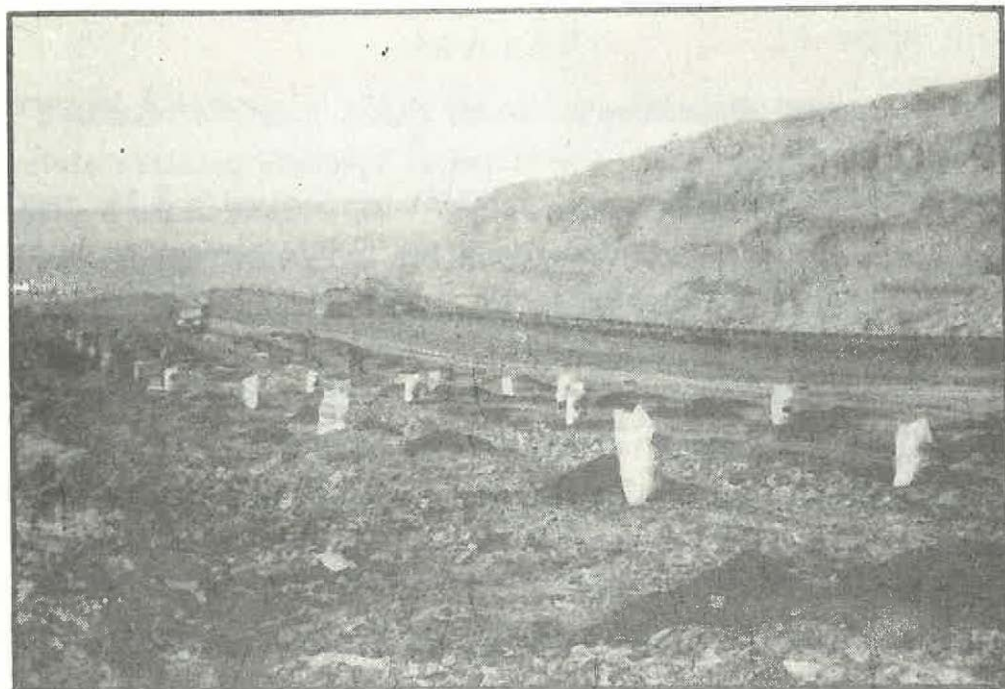
3) Dalším poznatkem, ne již tak jednoznačným, který vyplývá z porovnání 5. a 6. odstřelu, je účinnost lepší z táhlejších náloží, a tedy, pokud je možné, používání menších průměrů vrtů za současného snížení roztečí.

4) Z provedených odstřelů je patrné, že vzdálenosti mezi vrty by neměly být větší než 4 m. Tato okolnost je celkem jednoznačná neboť při trhacích pracích na 2. skryvkovém řezu při roztečích vrtů 8 m, hloubce vrtů 8 m a náloží 25 kg, došlo k úspoře energie na 1 m³ pouze 0,006 kWh/m³ (specifická spotřeba energie v nenastřílené zemině byla 0,2224 kWh/m³ a v nastřílené 0,2164 kWh/m³). Není tedy vhodné ve snaze zajistit rypadlům dostatek narušené zásoby a při nedostatku vrtné kapacity, zvětšovat vzdálenosti mezi vrty.

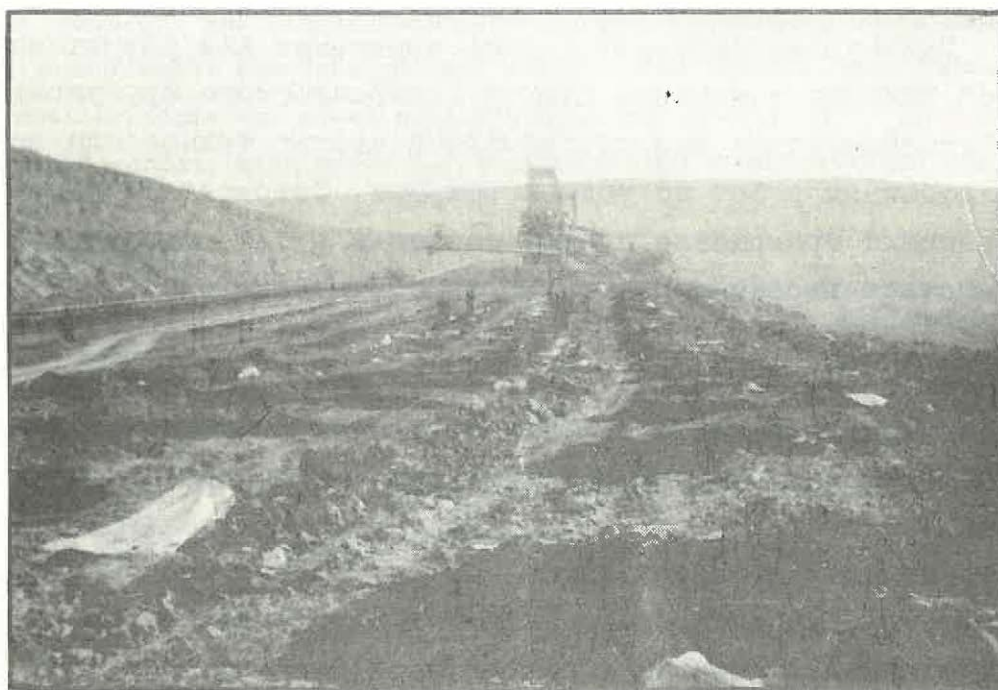
5) S geometrií systému vrtů a jejich průměrem souvisí i specifická spotřeba trhavin, v našich případech výbušinové směsi DAP.

Několikrát ověřená zkušenost ukazuje, že nejvhodnější hodnoty specifické spotřeby se pohybují od 0,39 do 0,45 kg/m³ zeminy, tzn. přibližně 0,2 až 0,25 kg/t zeminy.

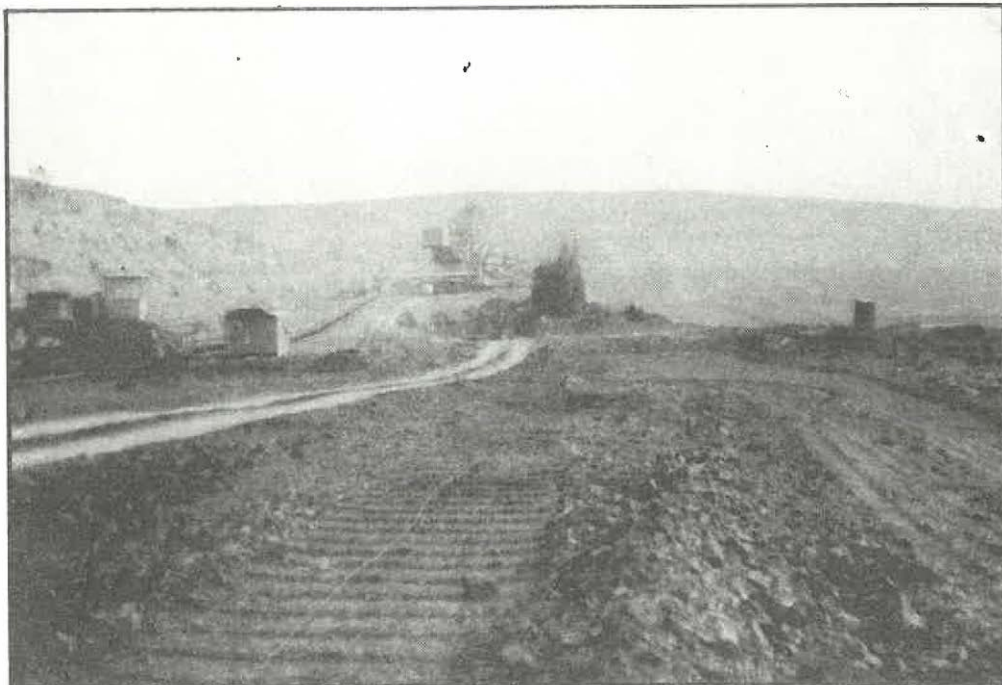
6) Doporučujeme pokračovat v těchto pokusech a zaměřit se na vliv milisekundového roznětu a to jak z hlediska seismických účinků, tak i z hlediska optimální kusovitosti.



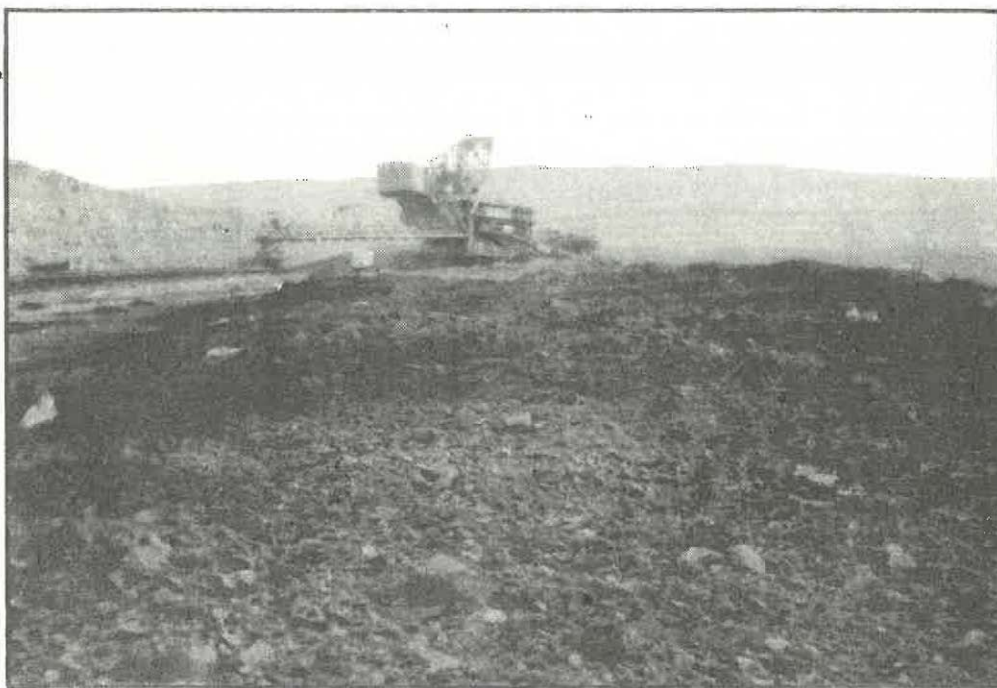
Obr. 1 - Mísení DAPu v polyetylénových pytlích



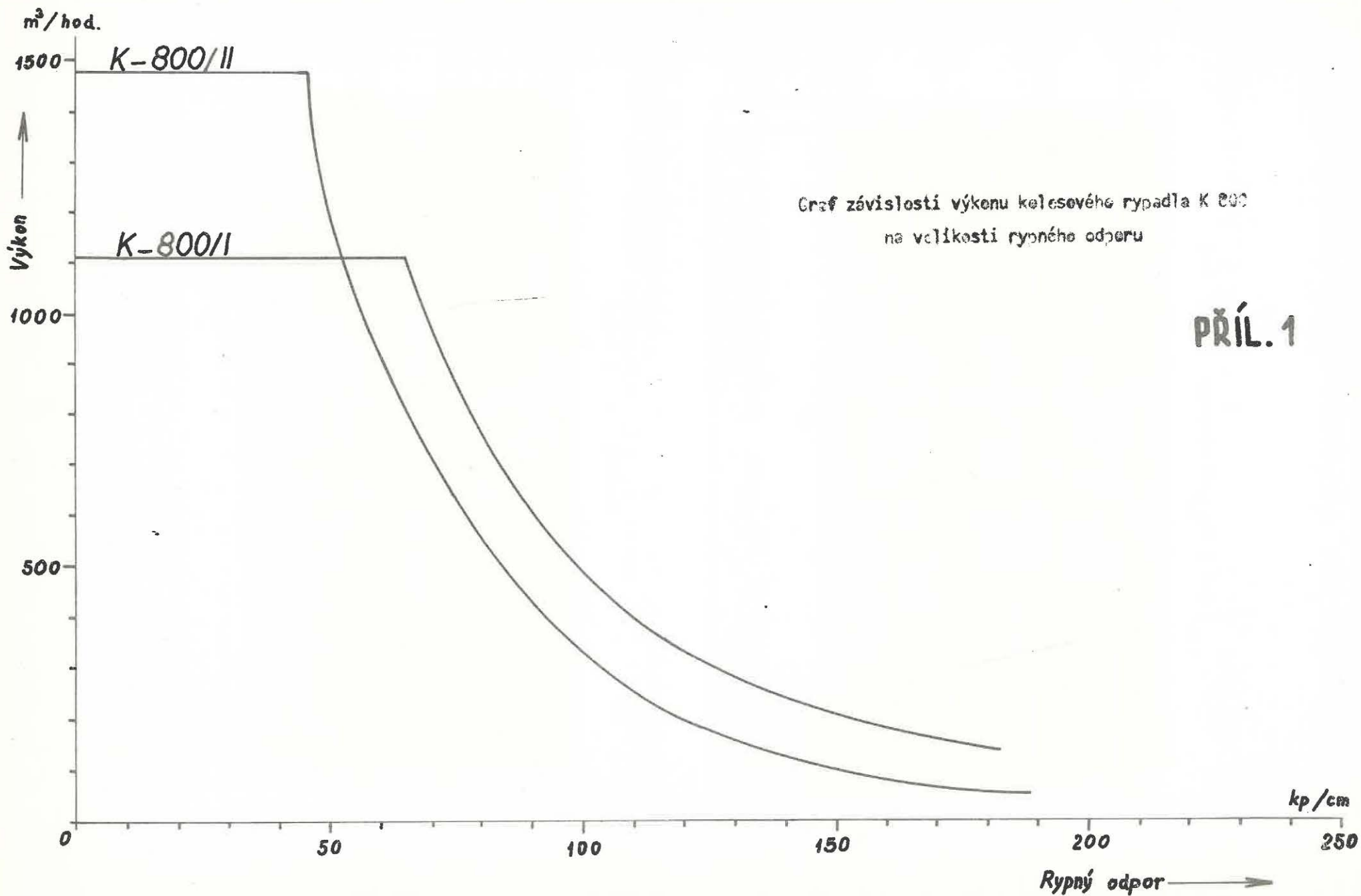
Obr. 2 - Příprava trhací práce

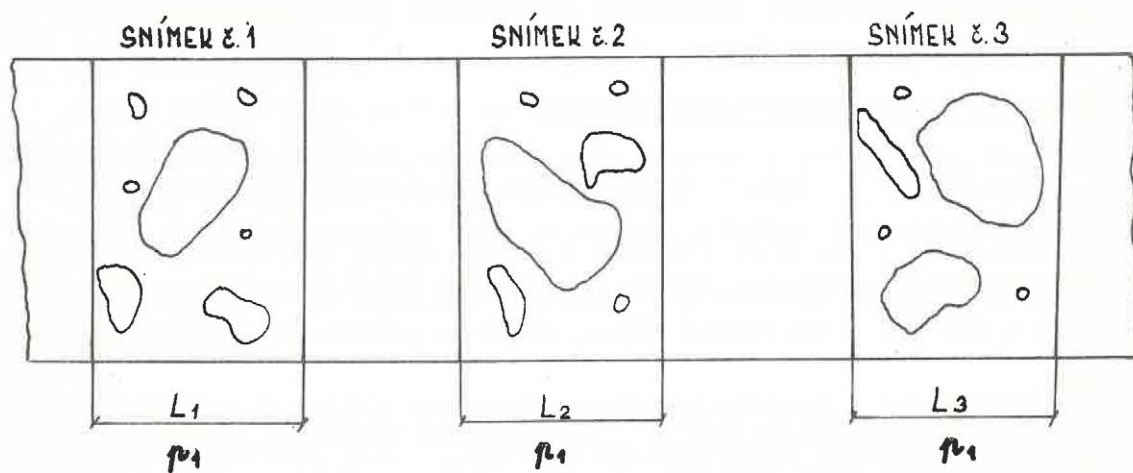
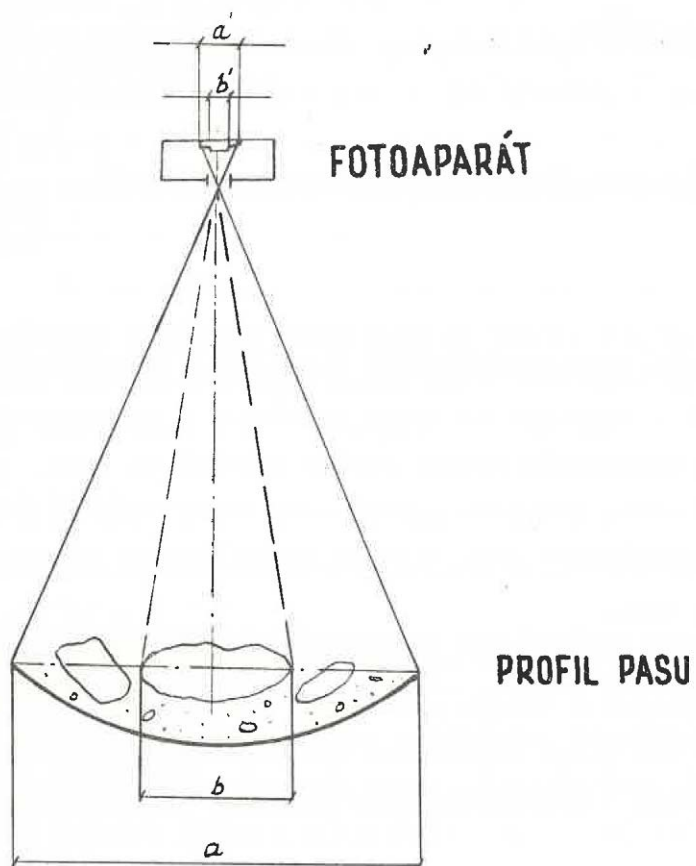


Obr. 3 - Odstřel



Obr. 4 - Situace po trhací práci





STANOVENÍ KUSOVITOSTI FOTOGRAFICKOU METODOU
PŘÍL. 2