

Václav C t i b o r , VÚHU

Poznatky o uplatnění trhacích prací na lomech v zahraničí  
a v SHD

Základní způsoby provádění trhacích prací

Pro porovnání a zaznamenání některých odlišností jsou v této kapitole uvedena základní pravidla provádění odstřelů na lomových lokalitách. Pozornost je věnována zejména hromadným odstřelům. V zahraničí jsou tyto odstřely označovány jako Grossbohrlochsprengung, kdy vývrty jsou hlubší jak 12 m a průměr vývrtní je větší než 50 mm. Těchto odstřelů se využívá při lomovém dobývání uhlí, rud, kamene, při výstavbě vodních děl, atomových elektráren, dálničních sítí, atp.

Náročnost na precizní provádění trhacích prací určuje, že přípravou odstřelu se zabývají nejen techničtí vedoucí odstřelů, ale i odborní pracovníci geologické služby, neboť tyto poznatky jsou bezpodmínečně nutné pro provádění odstřelů velkého rozsahu. Do popředí vystupuje nejen vlastní rozrušování hornin při dobývání užitkových nerostů nebo při stavebních pracích, ale i dosažení optimální fragmentace horniny a zajištění bezpečného odstřelu bez možného ohrožení životního prostředí a lidí. Tyto náročné požadavky vyžadují zajištění spolehlivého provedení všech přípravných prací, odstřelu i sledování vedlejších účinků.

U hromadných odstřelů se používá vývrtů o hloubce mezi 12 m až 70 m. Pro zachování horizontální počvy lomu je vesměs nutno provádět podvrtávání. Podvrtávání se řídí vždy sklonem vrstev horniny, sklonem lomové stěny a vývrtů a záběrem. Nelze však ani opominout délku vývrtní a umístění počnu. Zjednodušeně lze říci, že podvrtávání má být 0,3 délky záběru. Výhodné

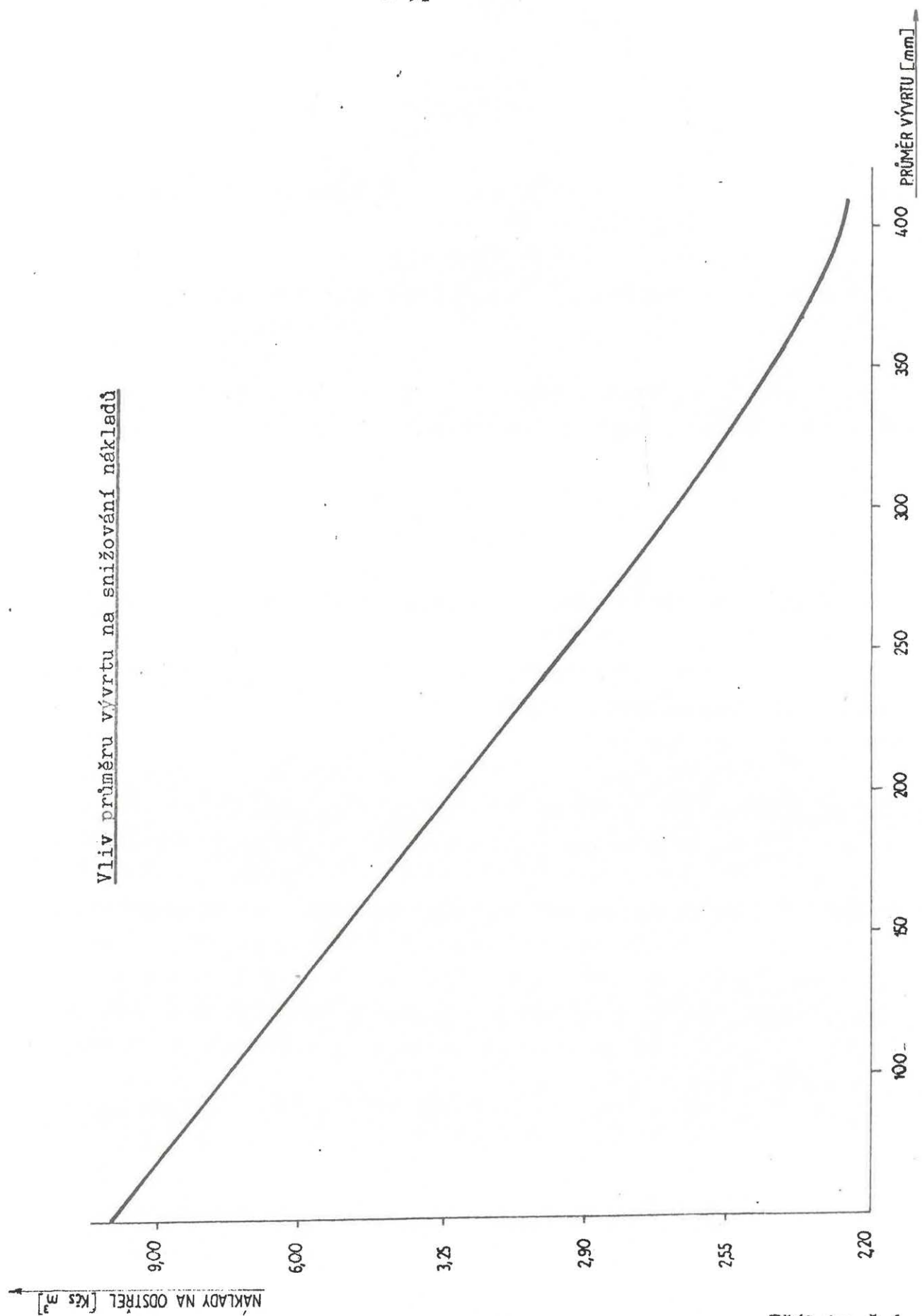
je místo podvrtání používat patních vývrtů.

Průměry vývrtů při lomových odstřezech jsou v rozmezí od 50 mm do 450 mm. Zde lze sledovat současný trend využití co největších průměrů vývrtů při trhacích pracích. Čím větší je průměr vývrtu, tím může být i větší záběr a větší rozteče, což se projeví i na celkových nákladech. Pro potvrzení tohoto faktu je uveden přehled nákladů na vrtací a trhací práce v závislosti na průměru vývrtu (příloha 1). Tento průzkum byl prováděn na lokalitách ve Spojených státech a křivka doplněna o menší průměry vývrtů podle údajů z NSR. Na 1 m vývrtu připadá 3,4 m<sup>3</sup> až 34 m<sup>3</sup> hornin, v USA 40 m<sup>3</sup> a více. Pro porovnání na hnědouhelných lokalitách v ČSR při dobývání skrývky připadá na 1 m vývrtu ve skalních horninách 5 m<sup>3</sup>, v horninách s velmi pevnými proplástky 9 m<sup>3</sup> a v horninách s menším rozsahem pevných poloh až 20 m<sup>3</sup>. Naším cílem je proto lepším využitím vývrtů, použitím vhodnějších výbušnin, úpravou konstrukce nálože zvětšit množství rozrušených kubických metrů hornin, připadajících na jeden metr vývrtů. Při rozrušování uhelné sloje je i v našich podmínkách dosahováno optimálních hodnot o cca. 36 m<sup>3</sup>.

#### Trhací práce na lomech v SHD

Vývoj trhacích prací prošel při dobývání hnědého uhlí lomovým způsobem několika etapami:

- aplikace trhacích prací z hlubinných dolů k odstranění pře-  
všů a pro zarovnávání lomových stěn
- pokusné ověřování trhacích prací velkého rozsahu na vytypova-  
ných lokalitách SHR a HDB
- poloprovozní zavádění trhacích prací velkého rozsahu na jed-  
notlivých lomových lokalitách
- vrtací a trhací práce jako součást dobývání velmi pevných  
poloh na spodních skrývkových řezech



- optimalizace trhacích prací s využíváním vhodného sortimentu výbušnin a vrtací techniky
- mechanizace trhacích prací.

Trhací práce na lomech SHD a HDB jsou až na malé výjimky dimenzovány na natřesení, to znamená, že v rozrušovaném horninovém bloku dojde k omezenému pohybu horniny, nikoliv k rozvalu.

Způsob dimenzování náloží je závislý na dobývacích podmínkách a je limitován rozfáráním, blízkostí technologie, rozvodnými sítěmi atp. Tyto omezující podmínky neumožnily použít jiný druh než nátržné plošné odstřeely. Takto prováděné odstřeely mají však zvýšené projevy chvění, které se šíří v horninách a jsou přenášeny na technologická zařízení a na stavební objekty. S tímto dalším omezujícím faktorem nutno uvažovat při prováděných odstřelech.

Na jednotlivých lomových lokalitách se postupem času dosáhlo následujících parametrů:

#### DJF Bílina

V partiích s výskytem mocných pískovců, na jižních svazích a v bezslojovém pásmu jsou vývrty vrtány do hloubek 6 m až 12 m. Průměr vývrtů činí 115 mm. Ve velmi pevných horninách se vrtání provádí pomocí ponorného kladiva o průměru 90 mm. Uspořádání vrtné sítě je s roztečemi 2,2 m, 2,5 m a 4 m. Na spodních skrývkových řezech jsou vývrty vrtány do hloubek 18 m nebo až do 24 m. Při vrtání se využívá rotačně řezného způsobu a korunka má průměr 130 mm.

#### Doly Nástup Tušimice

Ve skrývkových horninách jsou vývrty vrtány do hloubek 18 m až 30 m s průměrem 130 mm s roztečemi 4 m x 4 m. Na uhelném

řezu jsou parametry obdobné, pouze hloubky vývrtů jsou 12 m až 18 m.

#### DVIL - VČSA

Na skrývkových řezech jsou vrtány vývrty od 6 m do 20 m průměrem 130 mm. Rozteč 4 m x 4 m. Na řezu, kde je nasazeno korečkové rýpadlo RK 5000 jsou obdobné parametry, pouze vývrty jsou vrtány do hloubek 3 m až 22 m.

#### DVIL - DJŠ

Převážně jsou trhací práce prováděny na uhelných řezech o hloubkách 6 m nebo 12 m. Průměr vývrtu činí 120 mm. Rozteče vrtných sítí jsou 2,5 m x 2,5 m nebo 3 m x 3 m.

#### DLM - Lom Most

Vývrtky jsou vrtány do hloubek 6 m, 12 m nebo 18 m rotačně řezným způsobem o průměru 125 mm. V partiích s pískovcem je vrtání prováděno příklepným způsobem pomocí ponorného kladi-va o průměru vrtacího dláta 115 mm. Rozteče mezi vývrty v řadách a mezi řadami jsou 3 m x 3 m, 5 m x 5 m, případně 6 m x 6 m.

#### DLM - Lom Vršany

Ve všech případech jsou zachovávány vzdálenosti mezi vývrty 3 m a průměry vývrtů 125 mm. Na svrchních skrývkových řezech jsou vývrty hluboké 3 m až 6 m. Na spodních řezech 6 m, 9 m nebo 12 m.

Rozčasování náloží je nutné vzhledem k hmotnosti náloží

na jeden odstřel a k nutnosti omezit negativní účinek vyvolané seismiky. Širší využívání vyšších hmotností celkových náloží u jednoho odstřelu je limitováno sortimentem iniciátorů. Tento fakt je zvýrazněn zejména na hnědouhelných lomech, kde pro dosažení nejvhodnějšího rozvolnění horniny se využívá otřasného účinku. Milisekundové časování je uzpůsobené tak, že na mžikový čas přísluší hmotnost 100 až 250 kg trhavin a na jednotlivé časové stupně 250 až 750 kg trhavin. K roznětu se používají buď celé řady DeM Sicca nebo DeM-S, doplněné často o déle časované rozbušky do tzv. metrořady. Stále se však citelně projevuje chybějící výroba milisekundových bleskovických zpožďovačů.

Uvedené údaje o trhacích pracích na lomech v SHR dávají možnost pro porovnání se způsoby, které se využívají v zahraničí.

#### Trhací práce v zahraničí

Trhací práce při povrchovém dobývání uhlí, rud, barevných kovů a stavebnictví jsou v SSSR značně rozšířené a mají mnohé zajímavosti, které mohou být podnětné i pro nás. Znamé jsou uhelné lomy v revíru EKIBASTUZ s průměrnou mocností uhelné sloje 66 metrů. Nadložní horniny jsou pískovce, prachovce a zpevněné jílovce o objemové hmotnosti 2,1 až 2,7 g.cm<sup>-3</sup>.

Pro vrtací práce se používají vrtací soupravy SBR-160, SBR-160 A s rotačně řezným způsobem vrtání, kterými se připravují vývrty o průměrech 160 nebo 180 mm do hloubek 28 m. Dále se používají vrtací soupravy s valivými dláty a to SBŠ-200, SBŠ-200 N. Tyto soupravy používají dláta o průměru 215 mm a dosahují hloubek 32 m. K trhacím pracím se používají sypké trhaviny náložkované, DAPy, bleskovice a bleskovicové zpožďovače.

Uspořádání vrtné sítě pomocí milisekundového roznětu má úhlopříčné, trojúhelníkovité nebo hadovité uspořádání (příl. 2, 3, 4).

Při používání vývrtů o průměru 160 mm se uvažuje v projektech s mocností řezu rozrušovaného trhacími pracemi od 2 m až do 28 m. Vývrty jsou vrtány vesměs vertikálně. Podvrtání 1 m je u mělčích vývrtů v rozmezí hloubek 2 m až 15 m. U hlubších vývrtů činí podvrtání 2 m. Délka záběru je vypočítána na centimetry a je podle hloubek vývrtů od 2,57 m do 7,99 m. Záběry rostou od 2,57 až do 7,99 m. Specifická spotřeba trhavin nemá jednoznačně klesající tendenci, ani není stejná, viz příklad:

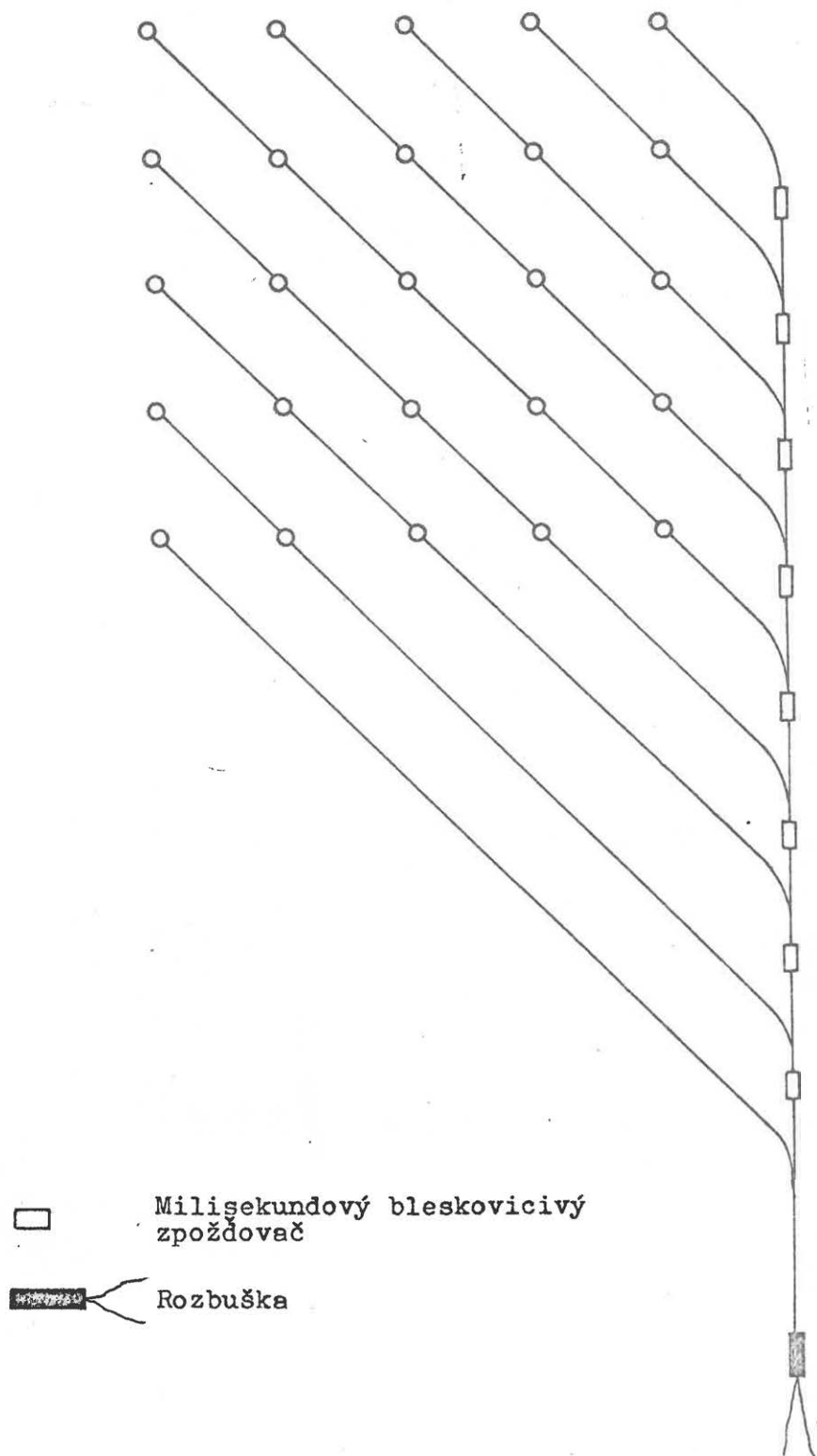
|                      |                            |
|----------------------|----------------------------|
| - vývrty hluboké 3 m | - 0,42 kg.m <sup>-3</sup>  |
| 4 m                  | - 0,32 kg.m <sup>-3</sup>  |
| 10 m                 | - 0,30 kg.m <sup>-3</sup>  |
| 12 m                 | - 0,25 kg.m <sup>-3</sup>  |
| 14 m                 | - 0,265 kg.m <sup>-3</sup> |
| 16 m                 | - 0,252 kg.m <sup>-3</sup> |
| 20 m                 | - 0,23 kg.m <sup>-3</sup>  |
| 24 m                 | - 0,22 kg.m <sup>-3</sup>  |
| 28 m                 | - 0,225 kg.m <sup>-3</sup> |

Rozteče mezi vývrty v řadě a mezi řadami jsou shodné a jsou od 3 m až po 8 m u nejhlubších vývrtů. Hmotnosti náloží ve vývrtech jsou 6,5 kg u 3 m hlubokých a 378,8 kg u 30 m hlubokých.

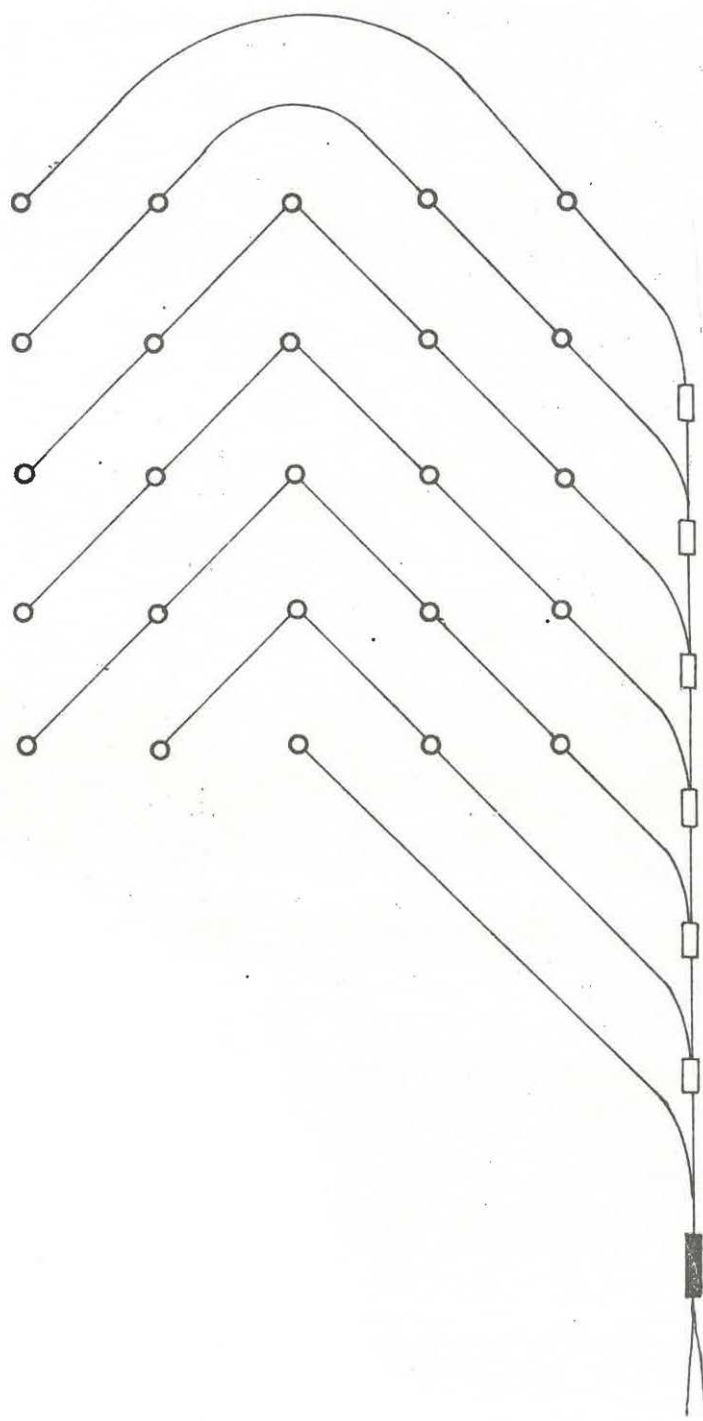
U všech takto prováděných odstřelů činí bezpečností pásma pro osoby 300 m.

U odstřelů, kde průměr vývrtů je 216 mm jsou zvětšeny odporové přímky do rozsahu 3,20 m až 9,04 m. Specifické spotřeby trhavin jsou od 0,375 kg.m<sup>-3</sup> do 0,232 kg.m<sup>-3</sup>. Rozteče mezi vývrty v řadě a mezi řadami činí 4 m až 12 m. Hmotnost náloží ve vývrtech je 14,4 kg až po 672,8 kg. Bezpečnostní okruh má radius 300 m, u vývrtů od hloubek 26 m do 34 m - 400 m.

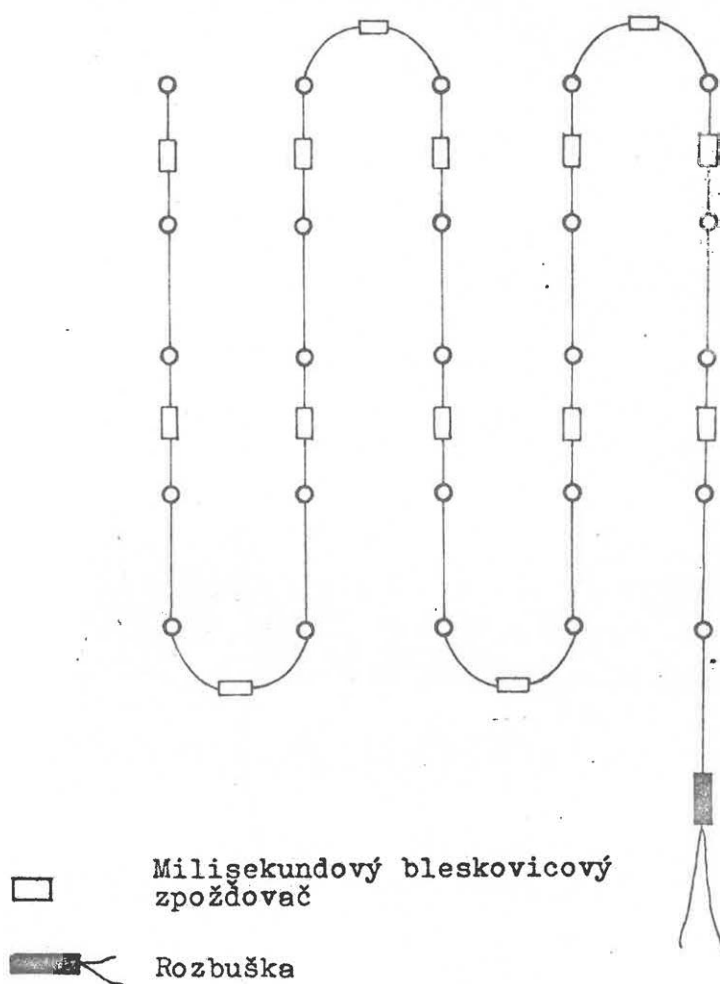
Bleskovicový roznět v uhlopříčném uspořádání



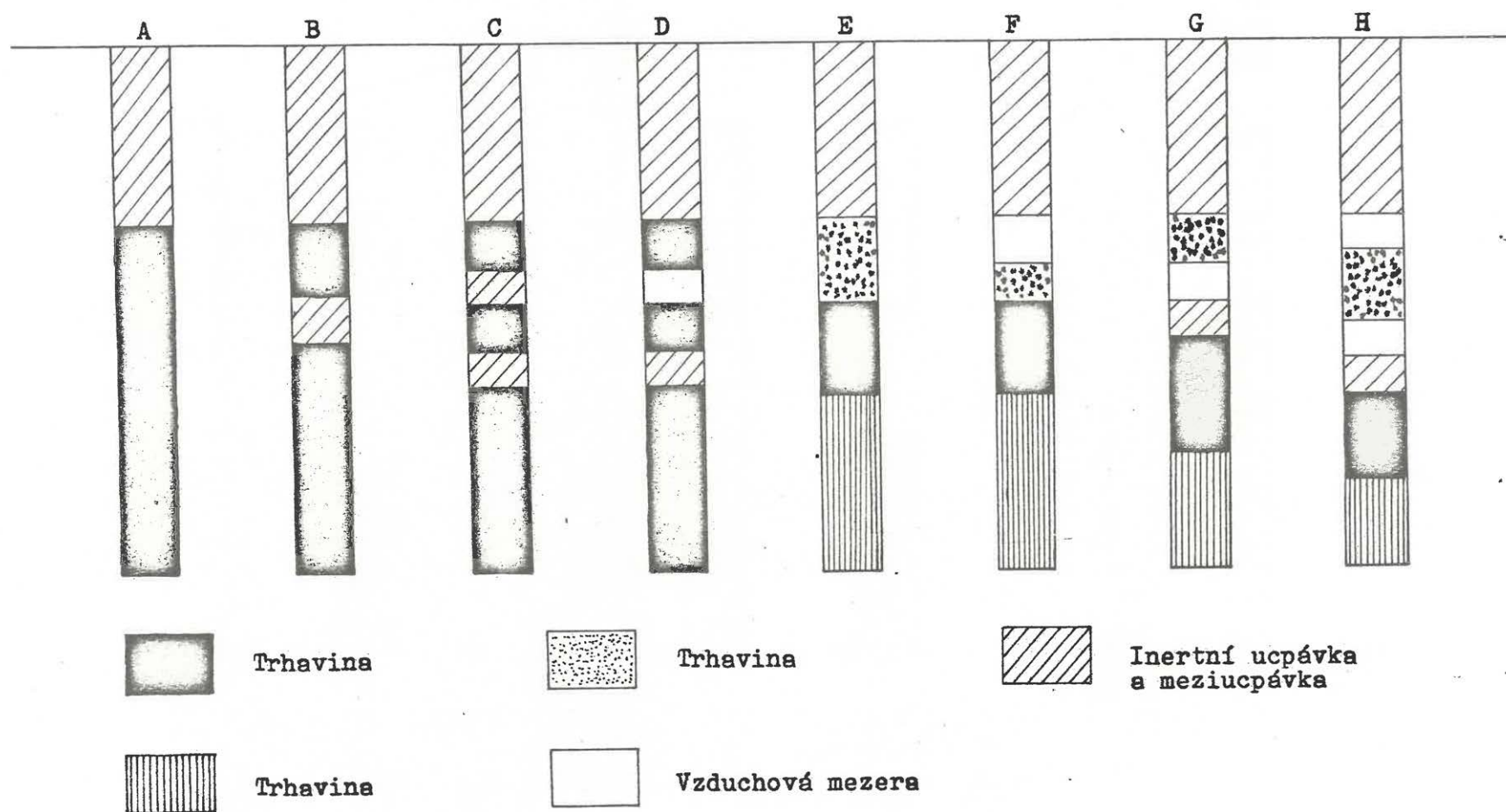
Bleskovicový roznět s trojúhelníkovým uspořádáním



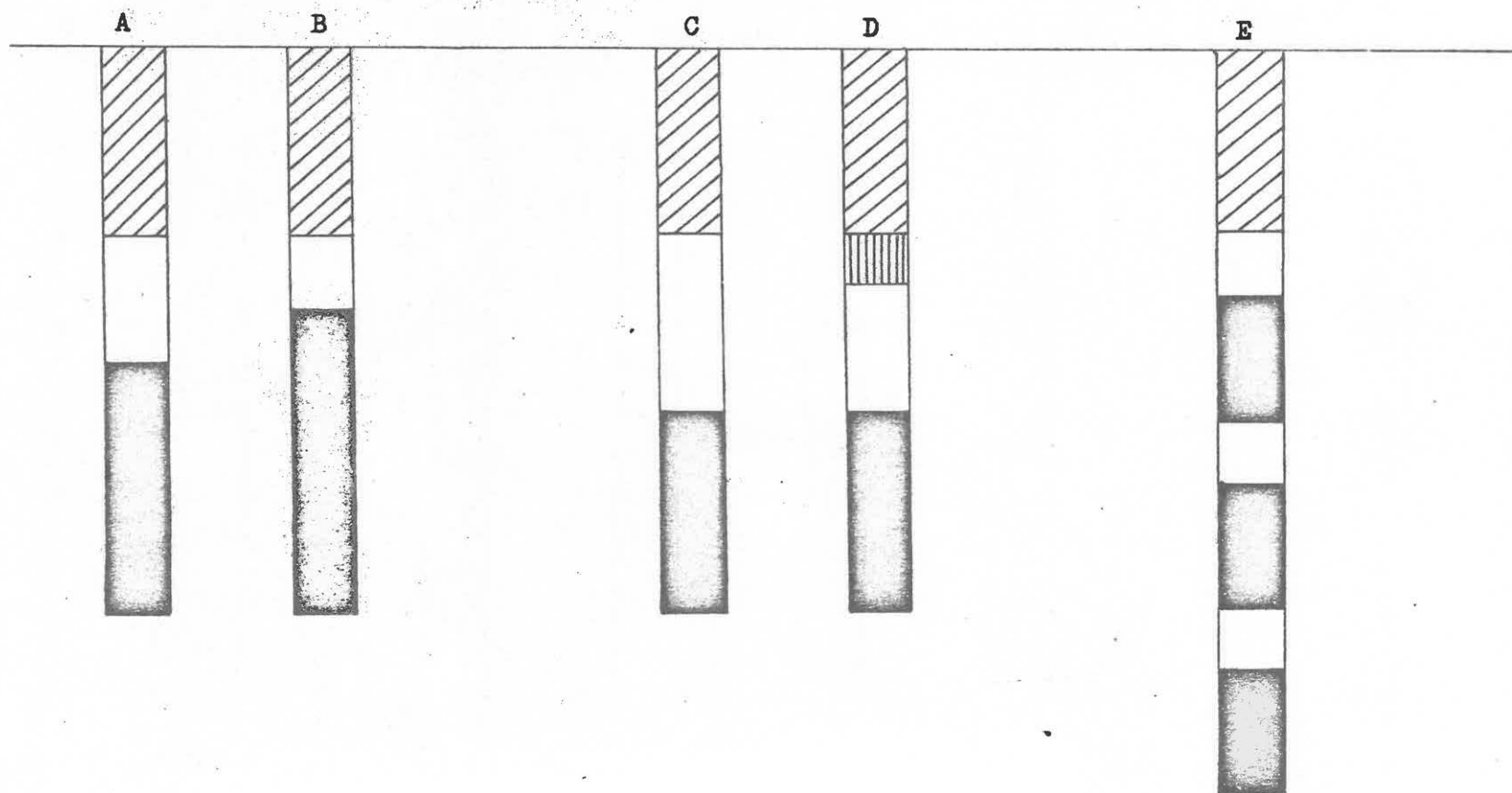
Hadovité uspořádání bleskovicového roznětu



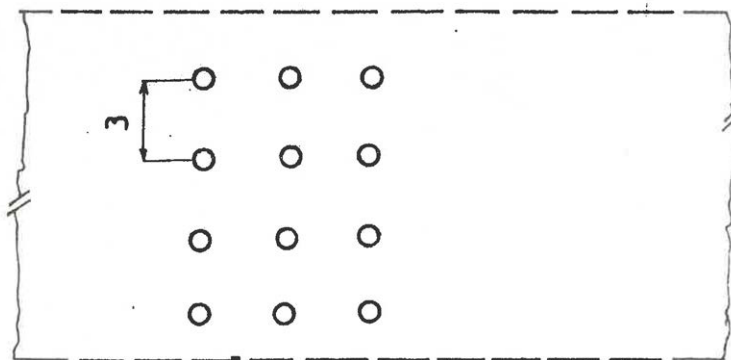
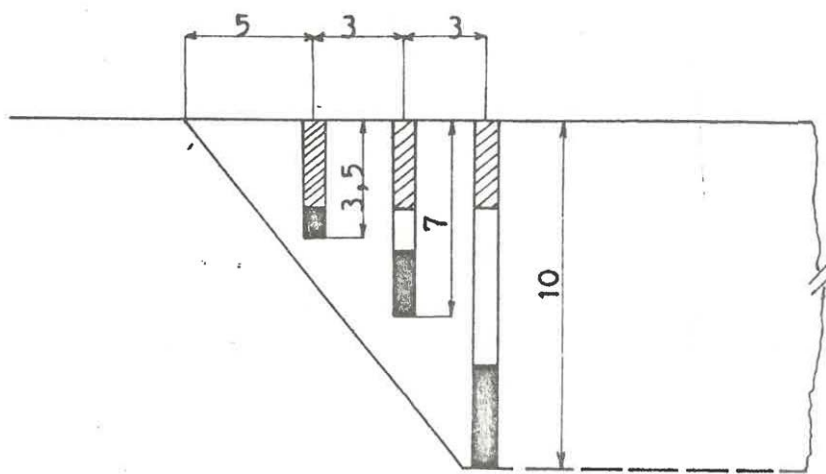
# Možnosti různých konstrukcí náloží



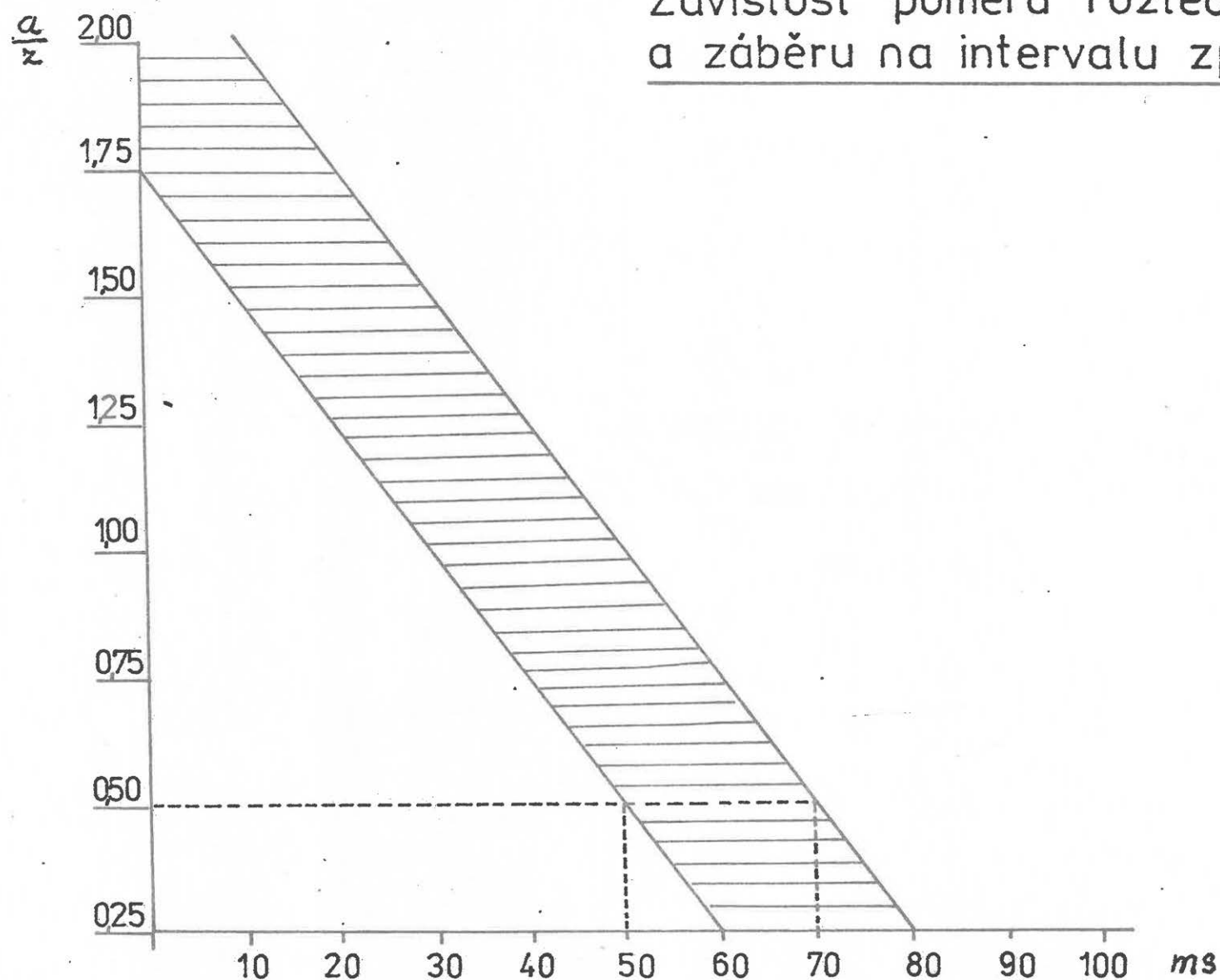
# ALTERATIVNÍ ŘEŠENÍ KONSTRUKCÍ NÁLOŽÍ S PROMĚNNÝMI NÁLOŽEMI A VZDUCHOVÝMI MEZERAMI



Možnosti vytváření svahu pomocí náloží se vduchovou mezerou



Závislost poměru rozteče  
a záběru na intervalu zpoždění



Na sibiřských lokalitách jsou v převážné míře využívány nálože se vzduchovou mezerou.

Možnosti různých konstrukcí náloží jsou uvedeny v příloze 5. Jedná se o táhlé nálože:

- A je táhlá souvislá nálož tvořená jedním druhem trhaviny
- B je táhlá nálož dělená s meziucpávkou
- C je táhlá nálož dělená s dvěma meziucpávkami
- D je táhlá nálož dělená s jednou meziucpávkou a jednou vzduchovou mezerou
- E je táhlá nálož tvořená třemi druhy trhavin
- F je táhlá nálož se třemi trhavinami a vzduchovou mezerou
- G je táhlá nálož tvořená s meziucpávkou a vzduchovými mezera-  
mi.

Tímto způsobem lze regulovat nabíjení vývrtů podle druhu trhavin a provádět nabíjení mírně zvodněných vývrtů nebo vývrtů předem odvodněných. V uvedeném revíru se vesměs pro odstraňování vody z vývrtů používá výbušnin. Tyto způsoby nabíjení jsou sice pracnější, lze je provádět jedině při používání nabíjecích vozů, ale mají vliv na lepší fragmentaci horniny a přinášejí ekonomický prospěch.

Mimo tyto uvedené způsoby lze provádět další úpravy na konstrukci náloží. Jako příklad je možné uvést změny v délce nálože a vzduchové mezery. Tento způsob (příloha 6, písmena A, B) lze provádět tak, že v řadě vývrtů blíže k masě horniny se sníží délka vzduchové mezery a prodlouží se délka sloupce trhaviny. Přitom není nutné měnit vzdálenosti mezi řadami, tzn., že záběr je stejný jako v předchozí řadě vývrtů.

Další variantou těchto úprav konstrukcí náloží je příklad uvedený v příloze 6 pod písmeny C, D. Jedná se o možnosti, kdy nedochází ke změnám základní nálože, ale mění se délka vzduchové mezery a za vzduchovou mezeru je umístěna doplňující nálož.

Příklad rozdělení nálože na několik částí, kde u každé části je vzduchová mezera, je uvedeno v příloze 6, písmeno E. Tento

způsob se může uplatnit i v případech, kdy trhací práce se používají v nehomogenních horninách, kdy se střídají velmi pevné horniny s horninami plastickými ap. Vzduchové mezery se nacházejí v místech měkčích hornin a trhaviny v horizontech velmi pevných hornin.

Ještě lze uvést příklad konstrukce náloží při vytváření svahů. Délka vývrtů je postupně prodlužována z 3,5 m až po 10 m. Rozteče mezi vývrty v řadách jsou 3 m, rozteče mezi řadami rovněž 3 m. Hloubky vývrtů jsou následující:

1. řada 3,5 m s náloží 6,5 kg
2. řada 7,0 m s náloží 42 kg
3. řada 10,0 m s náloží 63 kg

Graficky je zobrazen tento příklad v příloze 7. Průměr vývrtů je vždy 160 mm, vývrty jsou vždy vertikální. První řada od hlavy nového svahu činí 5 m.

Z hlediska ochrany objektů je zejména nutné dbát na objekty lomového provozu jak uvnitř vlastních dolů, tak v jejich blízkosti. Vzhledem k velké vzdálenosti od obytných celků a chybějící chráněné stavby jsou práce prováděny tak, aby nebyla ohrožena tato technologická zařízení.

Pro snížení seismických účinků v různých horninách, s různou objemovou hmotností jsou doporučovány i různé intervaly zpoždění milisekundových bleskovicových zpoždovačů. Například:

- u hornin s koeficientem pevnosti 2 až 5 a objemové hmotnosti  $2,1$  až  $2,4 \text{ g.cm}^{-3}$  se doporučuje používat milisekundových zpoždovačů s intervalem 75 - 100 ms
- u hornin s koeficientem pevnosti 5 až 7, objemové hmotnosti  $2,3$  až  $2,6 \text{ g.cm}^{-3}$ , lze použít interval 50 až 75 ms
- u hornin s koeficientem pevnosti 7 až 10, objemové hmotnosti  $2,4$  až  $2,7 \text{ g.cm}^{-3}$ , lze používat interval 30 - 50 ms.

Zajímavé jsou rovněž počty pracovníků. V průběhu jednoho roku je spotřebováno 7000 t trhavin. S tímto množstvím manipuluje celkem 18 pracovníků. Z toho 6 technických vedoucích odstřelů a 12 střelmistrů, takže produktivita na jednoho pracov-

níka je až 400 tun výbušnin. Jak uvádí literatura, jedná se pouze o pracovníky, provádějící odstřely. Do tohoto počtu nejsou zahrnuti pracovníci ve skladech výbušnin, pracovníci, zajišťující přípravu a podobně. Toto vysoké množství by nebylo možné zajistit bez mechanizace. Celkový stupeň mechanizace je přibližně ve výši 30 % a to díky používání nabíjecích vozů řady MZ. Na jedné lokalitě je v provozu jeden nabíjecí vůz MZ-3 a dva nabíjecí vozy MZ-4. Vůz MZ-3 o celkové hmotnosti 23 t uveze na místo použití 10 tun továrně vyrobené trhaviny typu DAP. Tato trhavina může být vyrobena též ve stacionární jednotce na závodě nebo se mísí trhavina až při nabíjení na místě spotřeby. Mísení dusičnanu amonného s palivem se provádí v korytě se šnekovým posunem. Palivo se přidává pomocí trysek. Rychlost nabíjení je  $30 \text{ kg} \cdot \text{min}^{-1}$ . Nabíjecí vůz MZ-4 uveze až 25 tun trhaviny, nabíjecí rychlost činí  $450 \text{ kg} \cdot \text{min}^{-1}$ . Hmotnost plného zařízení včetně nákladního automobilu BelAZ-540 A je 49,5 tun.

Seismická ochrana objektů je dána limitními údaji stanovenými rychlostí kmitání. Pro hlubinná díla nutno dodržet rozmezí  $75 \text{ až } 100 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ , pro lomové objekty  $27 \text{ až } 45 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$  a pro průmyslové stavební objekty  $10 \text{ až } 16 \text{ mm}^{-1}$ .

Ze švédských podkladů lze uvést některé poznatky Ulfa Langeforsa:

- Záběr by měl být maximálně dlouhý jako 45 průměrů vývrtů
- Hloubka podvrtání maximálně 0,3 m délky záběru.

Empiricky získané zásady byly podkladem i pro vypracované závislosti mezi vzájemným poměrem rozteče a záběru na intervalu zpoždění mezi jednotlivými náložemi u jednoho odstřelu. Její autor W. Thum řeší zejména clonové odstřely. S ohledem na určité odlišnosti v provádění trhacích prací na hnědouhelných lomech byla závislost rozšířena i o podmínky z lomů v SHR pro rozsah plošných odstřelů tak, jak je uvedeno v příloze 8. Po-

dle této úpravy u plošných lomových odstřelů by nejvhodnější interval zpoždění byl v rozsahu 50 ms až 70 ms. Pro dodržení této zásady může přispět pouze výroba nových milisekundových zpožďovačů, což jistě přinese další zlepšení prováděcích odstřelů.

V předchozích kapitolách byly uvedeny i dělené nálože s meziucpávkou nebo se vzduchovou mezerou. Iniciací těchto dílčích náloží je prováděna pomocí bleskovice s možností umístění počinových náloží v každé části rozdělené nálože.

V nejvyspělejších průmyslových zemích se dospělo v konstrukci náloží tak daleko, že se používá tzv. sekvenčních odstřelů. Jedná se o trhací práce, kdy v jednom vývrtu jsou v sérii v intervalu postupně iniciovány dílčí nálože.

Další možnosti dávají přední výbušinářské firmy (např. ICI), připravující programy pro počítače PC. Program se nazývá SABREX (Scientific Approach to Blasting Rock by Explosives), které vyhodnocují analogicky varianty odstřelů na základě charakteristik trhavin, soustavy vývrtů a vlastnostech hornin. Do programové databáze mohou být přidány další údaje jako jsou náklady a produktivita práce, včetně podkladů o vrtacích pracích, vhodných pro analýzu a navrhování odstřelů. Při dimenzování náloží na odhoz lze programovat i stupeň výsledné fragmentace dobývané skrývky a profily rozvalu. Pro výsledné porovnání plánu a skutečnosti je nezbytné provádět testy buď in situ, laboratorní testy nebo obojí.

### Shrnutí

Trhací práce prováděné na lomových lokalitách SHD a HDB mají některé odlišnosti oproti odstřelům prováděným v jiných resortech nebo v zahraničí. V článku jsou poznamenány různé