

3. cvičení

Technické odstřely a jejich účinky

Hromadné odstřely v povrchových lomech

Systematika

Trhací práce v povrchových dolech a lomech rozdělujeme na:

- **Primární** (hlavní, prvotní), kterými je dosaženo oddělení projektovaného bloku horniny od rostlého masívu a jeho rozpojení na potřebnou fragmentaci
- **Sekundární** odstřely (vedlejší, druhotné), kterými se rozpojují nadměrné kusy horniny v rozvalu primárního odstřelu, nebo které slouží k úpravě počvy nebo svahu etáže po primárním odstřelu

Hromadné odstřely v povrchovéch lomech



Základní charakteristika hromadných odstřelů

Odstřel sklípkový – s využitím sklípků

Podstatou je využívání sklípkových vrtů. Vrt běžného průměru se u dna rozšíří pomocí trhacích prací do kulovité dutiny – sklípku. Nálože, jimiž se zřizuje sklípek se zpravidla neucpávají. Použití sklípkového odstřelu je odůvodněno jen ve výjimečných případech, např. tehdy, je-li třeba u dna vývrtu dosáhnout vyšší objemové koncentrace energie trhaviny, což sklípek umožňuje.

Základní charakteristika hromadných odstřelů

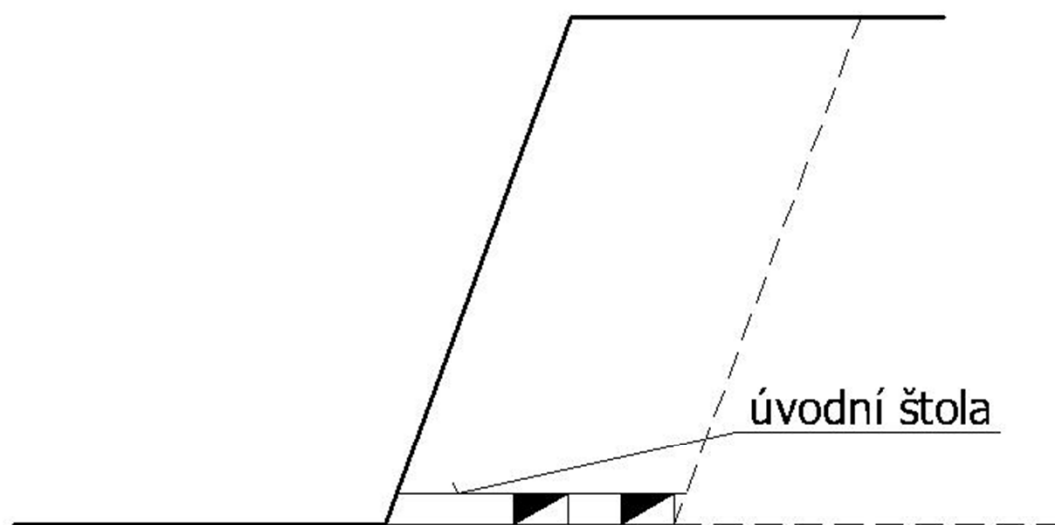
Odstřel komorový

Představuje základní hromadný odstřel soustředěnými náložemi (Obr. 3.2). Soustava podzemních komor je otevřena jednou nebo několika úvodními (vstupními) štolami, které se rozráží bočními rozrážkami. Nálože trhavin se ukládají do komor budovaných v bocích rozrážek, nebo přímo do profilu štol štolovacího systému. Zbylý prostor štol se vyplňuje ucpávkou, zpravidla z části, někdy zcela. Nejobvyklejší komorový odstřel je odstřel s komorami v rovině paty etáže, jsou známy i komorové odstřely s vertikálně rozčleněnou soustavou náloží.

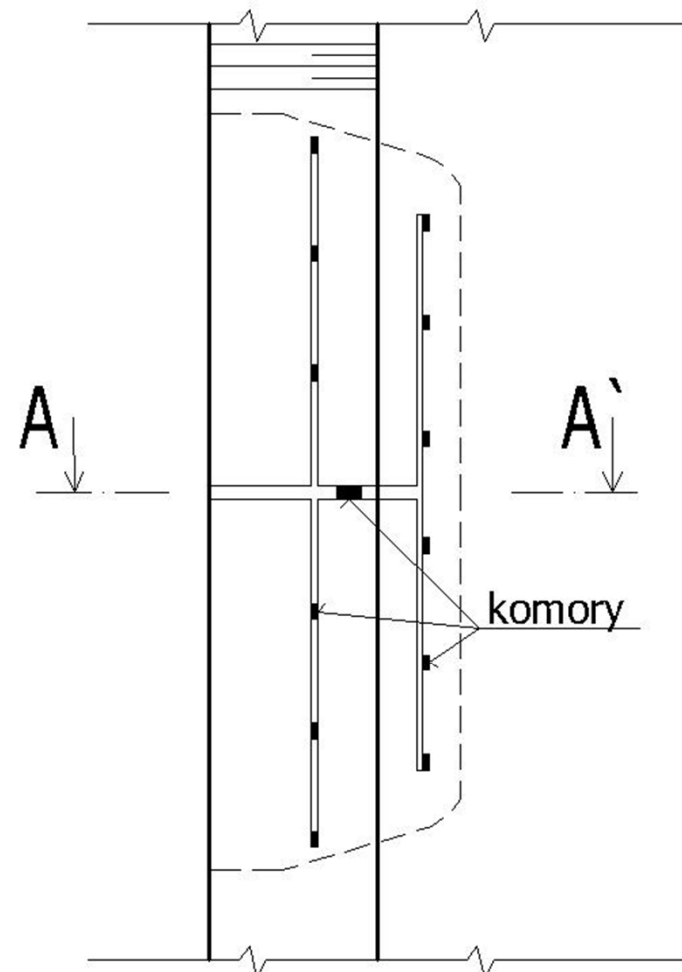
Základní charakteristika hromadných odstřelů

Odstřel komorový

A-A'



Obr.3.2



Základní charakteristika hromadných odstřelů

Odstřel řadový

Pojem řadový odstřel není přesně vymezený, podle obvyklé definice je to takový odstřel, při němž je použito v organizovaných soustavách vrtů náloží o průměru maximálně 50 mm. Vrty bývaly obvykle uspořádaný v jedné nebo dvou řadách, často v kombinaci s patními a zálomovými vrty.

Základní charakteristika hromadných odstřelů

Odstřel clonový

Clonový odstřel je nejpoužívanějším typem hromadného odstřelu náložemi ve vrtech. Vrty jsou vrtány obvykle úpadně z horní plošiny etáže (výhodnější vrtání), dnes nejčastěji skloněné rovnoběžně se svahem lomové stěny a jsou uspořádány maximálně ve třech řadách. Tato podmínka souvisí s funkcí clonového odstřelu. Hlavní volnou plochou clonového odstřelu je svah etáže (Obr. 3.3 a), což určuje i hlavní směr výbuchu a dobře odpovídá i třem řadám výbuchu. Se zvětšujícím se počtem řad vrtů se stává hlavní volnou plochou horní plošina (hlava) etáže lomu, což je charakteristický znak plošných odstřelů. S ohledem na hlavní volnou plochu nálože clonového odstřelu vyplňují co největší délku vrtu.

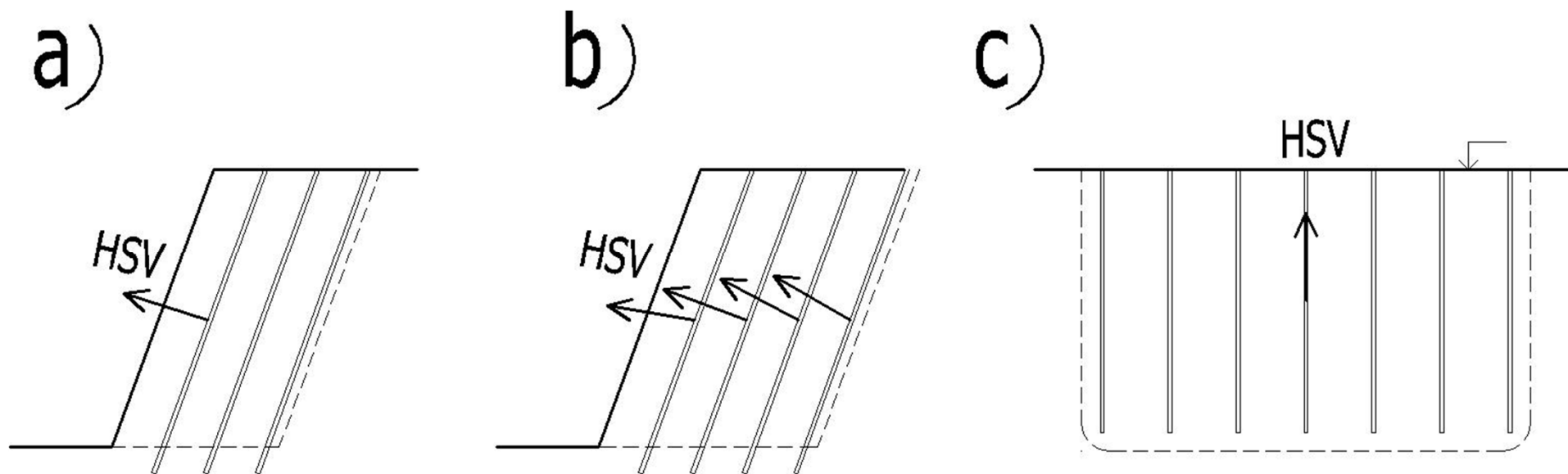
Základní charakteristika hromadných odstřelů

Odstřel plošný

Plošný odstřel se vyvinul z odstřelu clonového zvětšováním počtu řad vrtů jako kvalitativně nový typ odstřelu (Obr. 3.3 b). Jeho hlavní vlnou plochou je horní plošina etáže za přítomnosti volné plochy svahu a tomu odpovídá i hlavní směr výbuchu. Vrty jsou uspořádány vždy úpadně.

Typickým plošným (kobercovým) odstřelem je odstřel s jednou vlnou plochou (víceméně vodorovným zemským povrchem – Obr. 3.3 c), používaným zejména při zemních pracích. Nepatří mezi odstřely těžební. Jeho základním stavebním prvkem je výbuchový kráter. Příkladem typického plošného odstřelu na nakypření je tzv. nátrásný odstřel, široce používaný k nakypření skrývky, nebo při stavebních pracích.

Základní charakteristika hromadných odstřelů



HSV – hlavní směr výbuchu

Obr. 3.3.

Základní charakteristika hromadných odstřelů

Odstřel kombinovaný

Kombinovaný odstřel je spojením odstřelu komorového s odstřelem clonovým. Uplatňuje se výjimečně tam, kde příliš vysoká lomová stěna neumožňuje volit přiměřený poměr záběru komorových odstřelů k výšce rozpojovaného bloku. Úkolem náloží clonového odstřelu je odříznutí zabírky a vytvoření stabilní lomové stěny, popřípadě i rozpojení části zabírky.

Zadání

Navrhněte parametry 3 řadového clonového odstřelu ve vápencovém lomu.

Požadavek rozpojení 55000 tun vápence.

Objemová hmotnost suroviny $\rho=2700 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Výška etáže $H=18 \text{ m}$.

Úhel sklonu lomové stěny $\alpha=75^\circ$.

Průměr vrtu $D_v=110 \text{ mm}$.

Volba trhaviny

Trhavina Permon 50

- Balení 90/3400

Počínová nálož Semtex 1A

- Balení 60/500

Charakteristiky trhavyiny

Trhavina Permon 50

- Výbuchové teplo Permonex V 19
- $Q_{OP}=4242 \text{ kJ.kg}^{-1}$
- $\rho_{OP}=1050 \text{ kg.m}^{-3}$
- Výbuchové teplo Permonu 50
- $Q_{OT}=3542 \text{ kJ.kg}^{-1}$
- $\rho_{OT}=1000 \text{ kg.m}^{-3}$
- Délka jedné náložky Permonu 50 je 590 mm.

Určení záběru w

1. Určení koeficientu sblížení vrtů:

Volím:

$m=0,9$

Určení záběru w

2. Specifická spotřeba trhavin q_{OT}

Určení hodnoty specifické spotřeby trhavin q podle empirických vzorců.

Poměrně dobře vyhovuje pro určení specifické spotřeby trhavin vztah platný pro trhavinu Permonex V19:

$$q_{OP} = 0,145 \cdot \rho_h \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

Kde ρ_h – objemová hmotnost horniny $[\text{t} \cdot \text{m}^{-3}]$

Opravné koeficienty pro jiné druhy trhavin určíme na základě objemové koncentrace energie E_0 , která je dána součinem

$$E_0 = Q_v \cdot \rho_t \quad [\text{MJ} \cdot \text{m}^{-3}]$$

Kde Q_v – výbuchové teplo výbušniny $[\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}]$

ρ_h – hustota trhaviny $[\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$

Označíme-li

E_{OP} – objemová koncentrace energie Permonexu V19 $[\text{MJ} \cdot \text{m}^{-3}]$

E_{OT} – objemová koncentrace energie jiné trhaviny $[\text{MJ} \cdot \text{m}^{-3}]$

nabude vzorec tvar

$$q_{OT} = 0,145 \cdot \rho_h \cdot \frac{E_{OP}}{E_{OT}} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

který umožní empiricky určit hodnotu specifické spotřeby trhaviny pro libovolnou trhavinu.

Určení záběru w

3. Hmotnost trhaviny na jeden běžný metr

$$p = \frac{\pi \cdot d_n^2}{4} \rho_t \quad [kg \cdot m^{-1}]$$

ρ_h – hustota trhaviny [kg.m⁻³]

d_n – průměr náložě [m]

Určení záběru w

4. Délka vrtu

$$L = \frac{H}{\sin \alpha} \quad [m]$$

H – výška stěny lomu [m]

α – úhel lomové stěny [°]

Určení záběru w

5. Vzdálenost vrtu od hlavy etáže

$$x = \frac{-0,7 \cdot p \cdot \sin \alpha + \sqrt{0,5 \cdot \sin^2 \alpha \cdot p^2 + 4 \cdot H \cdot m \cdot q_{OT} \cdot L \cdot p}}{2 \cdot H \cdot m \cdot q_{OT}}$$

p – hmotnost trhaviny na jeden běžný metr [kg.m⁻³]

α – úhel lomové stěny [°]

H – výška stěny lomu [m]

m – koeficient sblížení vrtů [-]

q_{OT} – specifická spotřeba trhavin [kg.m⁻³]

L – délka vrtu [m]

Určení záběru w

6. Velikost odporové úsečky

$$w_{Skut} = x \cdot \sin \alpha \quad [\text{m}]$$

x – vzdálenost vrtu od hlavy etáže [m]

α – úhel lomové stěny [°]

Kontrola záběru w

1. podmínka:

Dle de Vauban:

$$w = \sqrt{\frac{p}{q_{OT}}} \text{ [m]}$$

p – hmotnost trhaviny na jeden běžný metr [kg.m⁻³]

q_{OT} – specifická spotřeba trhavin [kg.m⁻³]

2. podmínka:

$$40. \emptyset$$

W_{skut} musí být v dostatečné blízkosti obou podmínek

Zbývající geometrické parametry

1. Rozteč vrtů v řadě

$$a = m \cdot w \quad [m]$$

m – koeficient sblížení vrtů [-]

w – záběr vrtu [m]

Zbývající geometrické parametry

2. Hloubka podvrtání

$$h = k_1 \cdot w \text{ [m]}$$

k_1 – pro běžné clonové a plošné odstřely se
doporučuje =0,3. [-]

w – záběr vrtu [m]

Zbývající geometrické parametry

3. Délka ucpávky

$$l_u = k_2 \cdot w [m]$$

$k_2 = 1,0$ (délka ucpávky musí být z hlediska požadavků na ucpávku logicky rovna alespoň hodnotě záběru) [-]

w – záběr vrtu [m]

Zbývající geometrické parametry

4. Celková kubatura

$$V_n = \frac{m_{rozp}}{\rho} [m^3]$$

m_{rozp} – požadované množství rozpojené
horniny [kg]

ρ – objemová hmotnost suroviny [kg.m⁻³]

Zbývající geometrické parametry

5. Délka odstřelu

$$V_n = B \cdot H \cdot (x + n \cdot 0,87 \cdot a) \Rightarrow$$

$$B = \frac{V_n}{H \cdot (x + 1,74 \cdot a)} [m]$$

n – počet řad (mínus první řada) n=2

Zbývající geometrické parametry

6. Počet vrtů v řadách:

1.řada:

- $N_1 = \frac{B}{a}$ [vrtů]

2.řada:

- $N_2 = N_1 - 1$ [vrtů]

3.řada:

- $N_3 = N_1$ [vrtů]

Výpočet hmotnosti nálože v 1. řadě

Objemová metoda:

$$Q = V_n \cdot q$$

Hmotnost všech náloží v celém objemu odstřelu:

$$Q_1 = H \cdot B \cdot x \cdot q_{OT} \text{ [kg]}$$

Hmotnost náloží v jednom vrtu:

$$Q_{1V} = \frac{Q_1}{N_1}$$
$$\Rightarrow \frac{Q_{1V}}{m_n} \text{ [náloží]}$$

Kontrola délky ucpávky

$$(L + h) - n \cdot l_n \geq l_u$$

n – počet náložek ve vrtu [ks]

l_n – délka náložky trhavin [m]

Kontrola délky ucpávky

Pokud nevyhoví nutno upravit:

- náložky rozříznutím a vyplnit tak celý profil vrtu

Příklad

Zadání:

Navrhněte parametry 3 řadového clonového odstřelu ve vápencovém lomu.

Požadavek rozpojení 55000 tun vápence.

Objemová hmotnost suroviny $\rho=2700 \text{ kg.m}^{-3}$.

Výška etáže $H=18 \text{ m}$.

Úhel sklonu lomové stěny $\alpha=75^\circ$.

Průměr vrtu $D_v=110 \text{ mm}$.

Trhavina Permon 50

- Balení 90/3400

Počínová nálož Semtex 1A

- Balení 60/500

Rozbušky sady DeM – SiccaS

- Výbuchové teplo Permonex V 19
- $Q_{OP}=4242 \text{ kJ.kg}^{-1}$
- $\rho_{OP}=1050 \text{ kg.m}^{-3}$
- Výbuchové teplo Permonu 50
- $Q_{OT}=3542 \text{ kJ.kg}^{-1}$
- $\rho_{OT}=1000 \text{ kg.m}^{-3}$
- Délka jedné náložky Permonu 50 je 590 mm.

Příklad

Koeficient sblížení vrtů

- $m=0,9$

Specifická spotřeba trhavin

- $q = 0,145 \cdot \rho_n$
- $E = Q_V \cdot \rho_t$
- $q_{OT} = q_{OP} \frac{E_{OP}}{E_{OT}}$
- $E_{OP} = Q_{OP} \cdot \rho_t = 4242 \cdot 1050 = 4454100 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3} = 4454,1 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$
- $E_{OT} = Q_{OT} \cdot \rho_t = 3542 \cdot 1000 = 3542000 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3} = 3542 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$
- $q_{OP} = 0,145 \cdot \rho_n = 0,145 \cdot 2,7 = 0,392 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- $q_{OT} = q_{OP} \frac{E_{OP}}{E_{OT}} = 0,392 \frac{4454,1}{3542} = 0,493 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

-

Hmotnost trhaviny na jeden běžný metr

- $p = \frac{\pi \cdot d_n^2}{4} \rho_t = \frac{\pi \cdot 0,09^2}{4} 1000 = 6,362 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$

-

Délka vrtu

- $L = \frac{H}{\sin \alpha} = \frac{18}{\sin 75} = 18,635 \text{ m}$

Příklad

Vzdálenost vrtu od hlavy etáže

- $$x = \frac{-0,7 \cdot p \cdot \sin \alpha + \sqrt{0,5 \cdot \sin^2 \alpha \cdot p^2 + 4 \cdot H \cdot m \cdot q_{OT} \cdot L \cdot p}}{2 \cdot H \cdot m \cdot q_{OT}} =$$
$$\frac{-0,7 \cdot 6,362 \cdot \sin 75 + \sqrt{0,5 \cdot \sin^2 75 \cdot 6,362^2 + 4 \cdot 18 \cdot 0,9 \cdot 0,493 \cdot 18,635 \cdot 6,362}}{2 \cdot 18 \cdot 0,9 \cdot 0,493} = 3,597 \text{ m} \Rightarrow$$

navrhují $x = 3,6 \text{ m}$

Velikost odporové úsečky

- $w_{Skut} = x \cdot \sin \alpha = 3,6 \cdot \sin 75 = 3,477 \text{ m}$

-

Kontrola

Dle de Vauban:

- $w = \sqrt{\frac{p}{q}} = \sqrt{\frac{6,362}{0,493}} = 3,596$

- $40 \cdot \emptyset = 40 \cdot 0,11 = 4,4 \text{ m}$

-

$w_{Skut} = 3,474 \text{ m}$ hodnota se pohybuje přibližně okolo hodnoty vypočtené dle de Vauban $w=3,596 \text{ m}$

Příklad

Dopočtení zbývajících geometrických parametrů

Rozteč vrtů v řadě

- $a = m \cdot w = 0,9 \cdot 3,477 = 3,129 \text{ m} \Rightarrow a = 3,2 \text{ m}$

Koeficient sblížení vrtů:

- $m = 0,9$

Hloubka podvrtání

- $h = k_1 \cdot w = 0,3 \cdot 3,477 = 1,043 \text{ m}$

- $k_1 = 0,3$

Délka ucpávky

- $l_u = k_2 \cdot w = 1,0 \cdot 3,477 = 3,477 \text{ m} \Rightarrow l_u = 3,5 \text{ m}$

- $k_2 = 1,0$

Celková kubatura

- $V_n = \frac{m_{rozp}}{\rho} = \frac{55000}{2,7} = 20370 \text{ m}^3$

Délka odstřelu

- $V_n = B \cdot H \cdot (x + 2 \cdot 0,87 \cdot a) \Rightarrow$

- $B = \frac{V_n}{H \cdot (x + 1,74 \cdot a)} = \frac{20370}{18(3,6 + 1,74 \cdot 3,2)} = 123,437 \text{ m} \Rightarrow B \approx 124 \text{ m}$

Příklad

Počet vrtů v řadách:

1.řada:

- $N_1 = \frac{B}{a} = \frac{124}{3,2} = 38,75 \approx 39 \text{ vrtů}$

2.řada:

- $N_2 = N_1 - 1 = 39 - 1 = 38 \text{ vrtů}$

3.řada:

- $N_3 = N_1 = 39 \text{ vrtů}$

Výpočet hmotnosti nálože v 1. řadě:

Objemová metoda

- $Q = V_n \cdot q$

- $Q_1 = H \cdot B \cdot x \cdot q_{OT} = 18 \cdot 124 \cdot 3,6 \cdot 0,492 = 3953,318 \text{ kg} \approx 3955 \text{ kg}$

- $Q_{1V} = \frac{Q_1}{N_1} = \frac{3955}{39} = 101,41 \text{ kg} \Rightarrow \frac{Q_{1V}}{m_n} = \frac{101,41}{3,4} = 29,826 \Rightarrow 30 \text{ náloží}$

Délka ucpávky

- $l_u = k_2 \cdot x \cdot \sin \alpha = 1,3 \cdot 6 \cdot \sin 75 = 3,477 \Rightarrow l_u = 3,5 \text{ m}$

- $n = k_1 \cdot w = 0,3 \cdot 3,5 = 1,05$

- $(L + h) - n \cdot l_n \geq l_u$

- $(18,654 + 1,043) - 30 \cdot 0,59 = 1,997 \text{ m} \geq 3,5 \text{ m}$ nevyhoví

Příklad

Navržené řešení rozříznout náložky a vyplnit tak celý profil vrtu:

Hmotnost trhaviny na jeden běžný metr

- $p = \frac{\pi \cdot d_n^2}{4} \rho_t = \frac{\pi \cdot 0,11^2}{4} 1000 = 9,503 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$

Délka vrtu

- $L = \frac{H}{\sin 75} = \frac{18}{\sin 75} = 18,635 \text{ m}$

Vzdálenost vrtu od hlavy etáže

- $$x = \frac{-0,7 \cdot p \cdot \sin \alpha + \sqrt{0,5 \cdot \sin^2 \alpha \cdot p^2 + 4 \cdot H \cdot m \cdot q_{OT} \cdot L \cdot p}}{2 \cdot H \cdot m \cdot q_{OT}} =$$
$$\frac{-0,7 \cdot 9,503 \cdot \sin 75 + \sqrt{0,5 \cdot \sin^2 75 \cdot 9,503^2 + 4 \cdot 18 \cdot 0,9 \cdot 0,493 \cdot 18,635 \cdot 9,503}}{2 \cdot 18 \cdot 0,9 \cdot 0,493} =$$
$$4,324 \text{ m} \Rightarrow \text{navrhuji } x = 4,4 \text{ m}$$

Velikost odporové úsečky

- $w_{Skut} = x \cdot \sin \alpha = 4,4 \cdot \sin 75 = 4,25 \text{ m}$

Příklad

Navržené řešení rozříznout náložky a vyplnit tak celý profil vrtu:

Kontrola

Dle de Vauban:

- $w = \sqrt{\frac{p}{q}} = \sqrt{\frac{9,503}{0,492}} = 4,395 \text{ m}$
- $40 \cdot \emptyset = 40 \cdot 0,11 = 4,4 \text{ m}$

$w_{Skut} = 4,25 \text{ m}$ hodnota se pohybuje přibližně okolo hodnoty vypočtené dle de Vauban

$w=4,395\text{m}$

Příklad

Navržené řešení rozříznout náložky a vyplnit tak celý profil vrtu:

Dopočtení zbývajících geometrických parametrů

Rozteč vrtů v řadě

- $a = m \cdot w = 0,9 \cdot 4,25 = 3,825 \text{ m} \Rightarrow a = 3,9 \text{ m}$

Koeficient sblížení vrtů:

- $m = 0,9$

Hloubka podvrtání

- $h = k_1 \cdot w = 0,3 \cdot 4,25 = 1,275 \text{ m}$

- $k_1 = 0,3$

Délka ucpávky

- $l_u = k_2 \cdot w = 1,0 \cdot 4,25 = 4,25 \text{ m} \Rightarrow l_u = 4,25 \text{ m}$

- $k_2 = 1,0$

Celková kubatura

- $V_n = \frac{m_{rozp}}{\rho} = \frac{55000}{2,7} = 20370 \text{ m}^3$

Délka odstřelu

- $V_n = B \cdot H \cdot (x + 2 \cdot 0,87 \cdot a) \Rightarrow$

- $B = \frac{V_n}{H \cdot (x + 1,74 \cdot a)} = \frac{20370}{18(4,4 + 1,74 \cdot 3,9)} = 101,168 \text{ m} \Rightarrow B \approx 102 \text{ m}$

Příklad

Navržené řešení rozříznout náložky a vyplnit tak celý profil vrtu:

Počet vrtů v řadách:

1.řada:

- $N_1 = \frac{B}{a} = \frac{102}{3,9} = 26,154 \approx 27 \text{ vrtů}$

2.řada:

- $N_2 = N_1 - 1 = 27 - 1 = 26 \text{ vrtů}$

3.řada:

- $N_3 = N_1 = 27 \text{ vrtů}$

Výpočet hmotnosti nálože v 1. řadě:

Objemová metoda

- $Q = V_n \cdot q$

- $Q_1 = H \cdot B \cdot x \cdot q_{OT} = 18 \cdot 102 \cdot 4,4 \cdot 0,492 = 3974,573 \text{ kg} \approx 3975 \text{ kg}$

- $Q_{1V} = \frac{Q_1}{N_1} = \frac{3975}{27} = 147,222 \text{ kg} \Rightarrow \frac{Q_{1V}}{m_n} = \frac{147,222}{3,4} = 43,3 \Rightarrow 44 \text{ náloží}$

Délka ucpávky

- $l_u = k_2 \cdot x \cdot \sin \alpha = 1,4 \cdot 4 \cdot \sin 75 = 4,25 \Rightarrow l_u = 4,25 \text{ m}$

- $n = k_1 \cdot w = 0,3 \cdot 3,5 = 1,05$

- $(L + h) - n \cdot l_n \geq l_u$

- $(18,654 + 1,043) - 44 \cdot 0,395 = 2,317 \text{ m} \geq 4,25 \text{ m}$ nevyhoví

Příklad

Další navrhované řešení je použít rozříznuté nálože v prvním navržené geometrii vývrtů:

Výpočet hmotnosti nálože v 1. řadě:

Objemová metoda

- $Q = V_n \cdot q$
- $Q_1 = H \cdot B \cdot x \cdot q_{OT} = 18.124.3,6.0,492 = 3953,318 \text{ kg} \approx 3955 \text{ kg}$
- $Q_{1V} = \frac{Q_1}{N_1} = \frac{3955}{39} = 101,41 \text{ kg} \Rightarrow \frac{Q_{1V}}{m_n} = \frac{101,41}{3,4} = 29,826 \Rightarrow$
30 náloží

Délka ucpávky

- $l_u = k_2 \cdot x \cdot \sin \alpha = 1.3,6 \cdot \sin 75 = 3,477 \Rightarrow l_u = 3,5 \text{ m}$
- $n = k_1 \cdot w = 0,3.3,5 = 1,05$
- $(L + h) - n \cdot l_n \geq l_u$
- $(18,654 + 1,043) - 30.0,395 = 7,847 \text{ m} \geq 3,5 \text{ m}$ vyhoví