

VEDLEGG F

Beregning av sprengningsplan område 1 pallsprengning

Dette vedlegget viser nødvendige beregninger for utarbeiding av bor-, lade- og tennplan.

Beregningene er basert på metoden presentert av Olsen (2009) *Sprengning i dagen*.

Nødvendig boring basis, V_{nb}

Basis for nødvendig boring er avlest fra figur (1). Dioritt har god sprengbarhet (Olsen, 2009, s. 9) og borhulldiameteren er satt til 45 mm. Dette gir en nødvendig boring basis på:

$$V_{nb} = 0,425 \text{ l/sm}^3$$

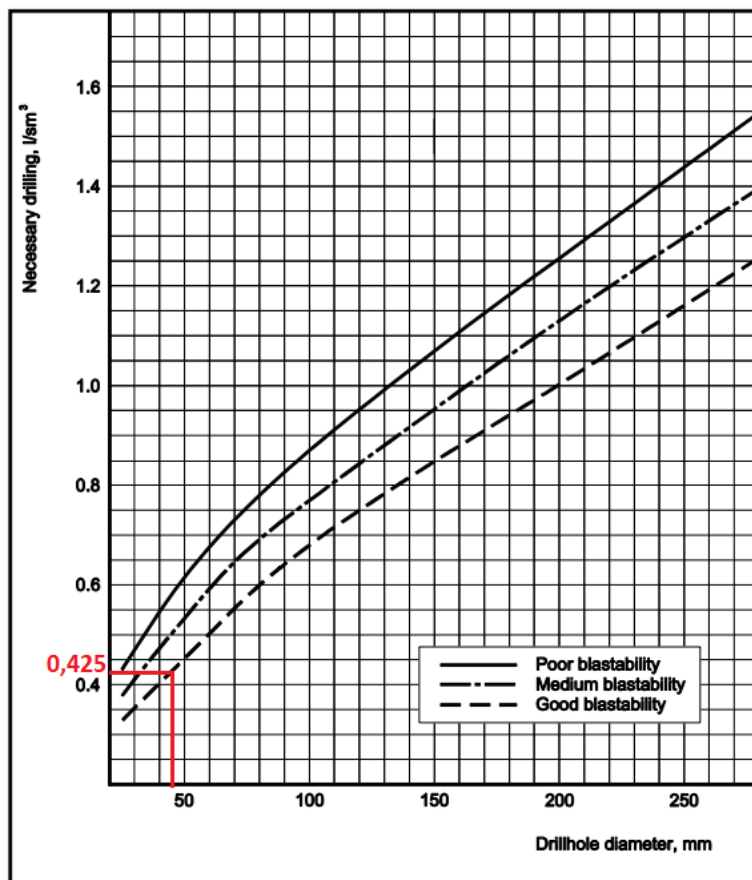


Figure 3.1 Necessary drilling basis V_{nb} as a function of drill hole diameter and blastability.

Figur 1: Nødvendig boringbasis (Olsen, 2009, s. 21).

For å finne korrekt nødvendig boring må det korrigeres for forhold som:

- Pallhøyde
- Gjennomsnittlig fraksjon sprengt stein
- Sprengstofftype

$$\text{Nødvendig boring: } V_n = V_{nb} \times kbh \times kmps \times ke$$

(Olsen, 2009, s. 22).

Korreksjon for pallhøyde

Optimal benkhøyde for borhulldiameter 45 mm.

$$H_{bopt} = 0,28 \times d^{0,81} = 0,28 \times 45^{0,81} = 6,11 \text{ m}$$

Fra NVDB er den gjennomsnittlige pallhøyden satt til 5 m (Statens vegvesen, 2022). Denne høyden vil derfor bli brukt i sprengningsplanen. Avlest fra figur 2 blir korreksjonen:

$$k_{bh} = 1,0$$

Ingen korreksjon.

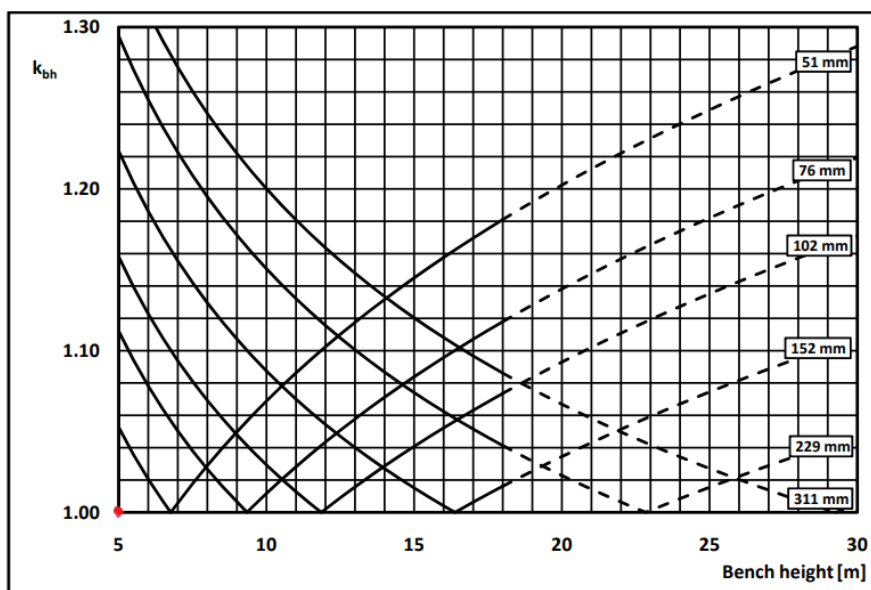


Figure 3.2 Correction factor as a function of bench height and drill hole diameter.
The broken lines are drawn for bench heights above 18 m due to safety.

Figur 2: Korreksjon for pallhøyde (Olsen, 2009, s. 24).

Korreksjon for gjennomsnittlig fraksjon sprengt stein, d50

Ønsket fraksjon er satt til 0-300 mm, da dette er fraksjonen som skal brukes i frostsikringslaget. Gjennomsnittlig fraksjon settes til 150 mm. Avlest fra figur 3 gir dette en korreksjon på:

$$K_{mps} = 1,49$$

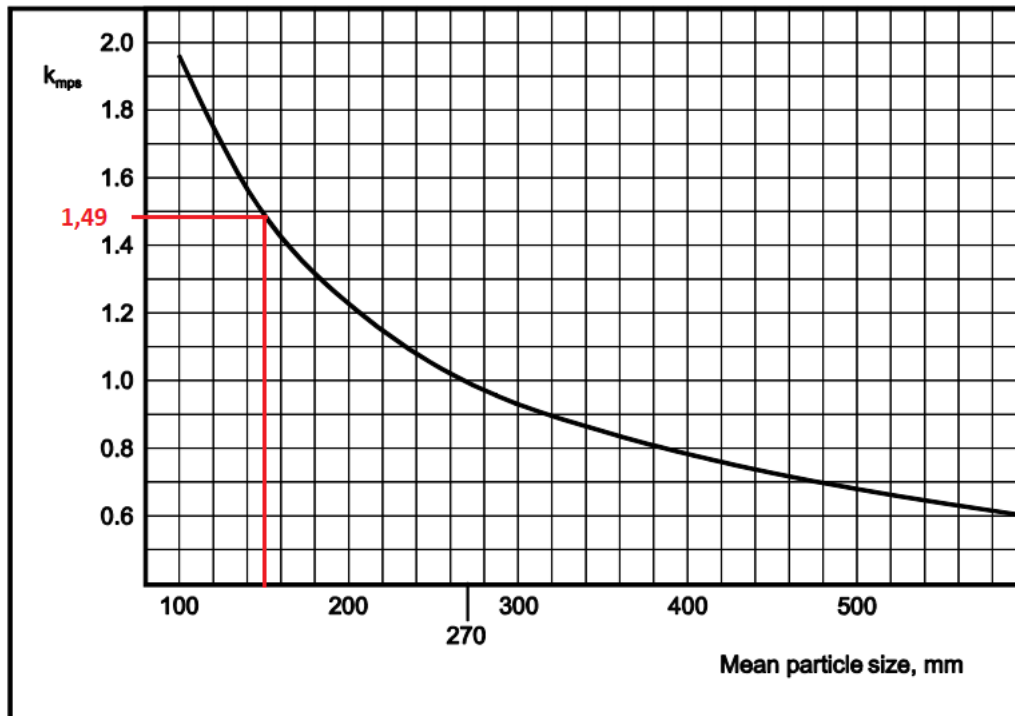


Figure 3.3 Correction factor as a function of mean particle size.

Figur 3: Korreksjon for fraksjon (Olsen, 2009, s. 25).

Korreksjon sprengstoff

Valgt sprengstofftype er ANFO, som gir en korreksjon på (figur 4):

$$k_e = 1,15$$

EXPLOSIVES	CHARGE DENSITY ρ_{ec}	DETONATION VELOCITY ¹⁾ c_d	EXPLOSION ENERGY, Q_e	k_e
Emulsion	1.15 kg/dm ³	4600 m/s	3.35 MJ/kg	1.0
Watergel	1.20 kg/dm ³	6700 m/s	3.4 MJ/kg	1.0
ANFO	0.85 kg/dm ³	2600 m/s	3.80 MJ/kg	1.15
Dynamite	1.00 kg/dm ³	3000 m/s	4.58 MJ/kg	1.1

Table 3.1 Correction factor for different types of explosives.

1) The detonation velocity depends upon the drill hole diameter and the charged length.

Figur 4: Korreksjon for sprengstofftype (Olsen, 2009, s. 26).

Nødvendig boring

Resulterende nødvendig boring blir:

$$V_n = 0,425 \frac{l}{\text{sm}^3} \times 1,00 \times 1,49 \times 1,15 = 0,774 \frac{l}{\text{sm}^3}$$

Grunnlag for design av bormønster

Nødvendig boring basis, V _{nb}		0,425 l/sm ³
Korreksjonsfaktor pallhøyde, k _{bh}		1,00
Korreksjonsfaktor gjennomsnittlig kornstørrelse, k _{mps}		1,49
Korreksjonsfaktor sprengstoff, k _e		1,15
Nødvendig boring, V _n	$V_n = 0,425 \text{ l/sm}^3 \times 1,00 \times 1,49 \times 1,15$	0,728 l/sm ³
Spesifikt sprengt volum, V _b	$V_b = 0,000785 \times \frac{d^2}{V_n}$ $V_b = 0,000785 \times \frac{45^2}{0,728 \text{ l/sm}^3}$	2,184 sm ³ /drm

Inndata:

Pallhøyde, h _b	5 m
Borhulldiameter, d	45 mm
Boret lengde, h _l	$\frac{h_b + l_{sub}}{\cos \beta}$
Underboring, l _{sub}	$\frac{B}{3}$
Hullhelning, β	10°
Forhold mellom forsetning og hullavstand første rast, S/B	1,25
Forhold mellom forsetning og hullavstand resterende raster, S/B	2,5
Oppsplittingsgrad, d ₅₀	150 mm
Pallbredde, L _w	50 m
Palldybde, L _d	Min. 4,3 m

Beregning først rast:

Forsetning, B1	$S \times B \times hb = Vb \times lh$ $1,25 \times B \times B \times hb = Vb \times lh$ $\frac{1,25 \times hb \times \cos\beta}{Vb} \times B^2 - \frac{1}{3}B - 5 = 0$ $\frac{1,25 \times 5 \times \cos 10}{2,184} \times B^2 - \frac{1}{3}B - 5 = 0$	1,40 m
Hullavstand, S1	$S1 = 1,25 \times B = 1,25 \times 1,40 \text{ m}$	1,75 m

Beregning rast 2-4:

Forsetning, B2	$S \times B \times hb = Vb \times lh$ $2,5 \times B^2 \times hb = Vb \times \frac{hb + l_{sub}}{\cos\beta}$ $B^2 = Vb \times \frac{hb + l_{sub}}{\cos\beta \times hb \times 2,5}$ $B^2 = 2,184 \times \frac{5 + 0,47}{\cos 10 \times 5 \times 2,5} = 0,97$ $B = \sqrt{0,97}$	0,99 m
Hullavstand, S2	$S2 = 2,5 \times B2 = 2,5 \times 0,99$	2,48 m

Design av bormønster

Underboring, l_{sub}	$l_{sub} = \frac{1}{3} \times B = \frac{1}{3} \times 1,40 \text{ m}$	0,47 m
Boret lengde, lh	$lh = \frac{hb + l_{sub}}{\cos\beta} = \frac{5 \text{ m} + 0,47 \text{ m}}{\cos 10}$	5,55 m
Antall hull første rast, $n1$	$n1 = \frac{Lw}{S1} + 1 = \frac{50}{1,75} + 1$	30 stk
Antall hull rast 2-4	$n2 - 4 = \frac{Lw}{S2} + 1 = \frac{50}{2,48} + 1$	21 stk (Rast nr. 3 vil ha 22 hull pga. forskjøvet bormønster)
Totalt antall borhull, $ntot$	$ntot = 30 + 21 + 22 + 21$	94 stk
Egentlig bredde på salven, Lw	$Lw = (n2 - 1) \times S2 = (21 - 1) \times 2,48 \text{ m}$	49,6 m
Dybde på salven, Ld	$Ld = B1 + 3 \times B2 = 1,40 + 3 \times 0,99$	4,37 m
Totalt sprengt volum, V_{tot}	$V_{tot} = Lw \times Ld \times hb = 49,6 \times 4,37 \times 5$	1083,76 sm^3
Totalt borede meter, $ldrm$	$ldrm = lh \times ntot = 5,55 \times 94$	521,7 drm
Egentlig spesifikk boring, V_s	$V_s = \frac{0,000785 \times d^2 \times ldrm}{V_{tot}} = \frac{0,000785 \times 45^2 \times 521,7}{1083,76}$	0,765 l/sm^3
Forhold teoretisk- og spesifikk boring	$\frac{V_s}{V_n} = \frac{0,765}{0,728}$	1,05 (Egentlig spesifikk boring er 5% større enn teoretisk spesifikk boring).

Ladeplan

Uladet lengde, lu	$lu = \frac{B}{\cos\beta}$ $lu = \frac{1,40}{\cos 10}$	1,42 m
Bunnladning, lcb	$lcb = \frac{\frac{4}{3} \times B}{\cos\beta}$ $lcb = \frac{\frac{4}{3} \times 1,40}{\cos 10}$	1,90 m
Pipeladning, lcc	$lcc = hb - \frac{2B}{\cos\beta}$ $lcc = 5 - \frac{2 \times 1,40}{\cos 10}$	2,23 m
Masse pr hull bunnladning, Qcb	$Qcb = lcb \times pcb \times 0,000785 \times d^2$ $Qcb = 1,90 \times 0,86 \times 0,000785 \times 45^2$	2,60 kg/hull
Masse pr hull pipelandning, Qcc	$Qcc = lcc \times pcc \times 0,000785 \times d^2$ $Qcc = 2,23 \times 0,83 \times 0,000785 \times 45^2$	2,94 kg/hull
Masse sprengstoff pr hull, Q_{hull}	$Q_{hull} = Qcb + Qcc$ $Q_{hull} = 2,60 + 2,94$	5,54 kg/hull
Ladning første rast, q_1	$q_1 = \frac{Q_{hull}}{S_1 \times B_1 \times hb}$ $q_1 = \frac{5,54}{1,75 \times 1,40 \times 5}$	0,452 kg/sm ³
Ladning rast 2-4, q_{2-4}	$q_{2-4} = \frac{Q_{hull}}{S_2 \times B_2 \times hb}$ $q_{2-4} = \frac{5,54}{0,99 \times 2,48 \times 5}$	0,451 kg/sm ³
Totalt forbruk av sprengstoff i salven, Q_{tot}	$Q_{tot} = Q_{hull} \times n$ $Q_{tot} = 5,54 \times 94$	520,76 kg ≈ 521 kg
Total ladning i salven, q_{tot}	$q_{tot} = \frac{Q_{tot}}{V_{tot}}$ $q_{tot} = \frac{520,76}{1083,76}$	0,48 kg/sm ³
Nødvendig ladning basert på nødvendig boring, q_n	$q_n = \frac{Q_{hull}}{V_b \times l_h}$ $q_n = \frac{5,54}{2,184 \times 5,5}$	0,457 kg/sm ³ ≈ 0,46 kg/sm ³
$q_1 \approx q_n \text{ ok!}$ $q_{2-4} \approx q_n \text{ ok!}$		

Tenneplan

Minste nødvendige forsinkelse mellom rast 1 og 2	$tr \min \geq 9,4 \times B^{0,67}$ $tr \min \geq 9,4 \times 1,40^{0,67}$	11,77 ms \approx 12 ms
Minste nødvendige forsinkelse mellom rast 2 og 3, 3 og 4	$tr \min \geq 9,4 \times B^{0,67}$ $tr \min \geq 9,4 \times 0,99^{0,67}$	9,33 ms \approx 10 ms

Tennersystem: NONEL Exel Unidet + Exel Connectadet + Primer Pentex (Orica mining services, 2010), (Orica mining services, 2021) & (Orica mining services, 2018).				
Beskrivelse	Forsinkelse	Lengde	Antall	Farge
Exel Unidet i borhull. Alle har samme forsinkelsestid. Initiering gjøres med Exel Connectadet.	500 ms	6,0 m	94 stk	Rød
Første rast Exel Connectadet	3 ms	15,0 m	$\frac{30 \text{ borhull}}{5 \text{ borhull/Connectadet}} = 6 \text{ stk}$	Grønn
Andre rast Exel Connectadet	17 ms	15,0 m	$\frac{21 \text{ borhull}}{3 \text{ borhull/Connectadet}} = 7 \text{ stk}$	Gul
Tredje rast Exel Connectadet	42 ms	15,0 m	$\frac{22 \text{ borhull}}{4 \text{ borhull/Connectadet}} \approx 5 \text{ stk}$ 1 stk på resterende 2 borhull Totalt 6 stk Exel Connectadet	Hvit
Fjerde rast Exel Connectadet	67 ms	15,0 m	$\frac{21 \text{ borhull}}{3 \text{ borhull/Connectadet}} = 7 \text{ stk}$	Blå
Primer i alle hull Pentex 250			94 stk	Rød
Total sprengningstid for salve: 500 ms + 67 ms = 567 ms				

Referanser

Olsen, V. (2009). *Rock Quarrying. Blast Design*. Doktoravhandling. Sted: NTNU, Trondheim.

Statens vegvesen (2022). *NVDB*. Tilgjengelig fra:

<https://vegkart.atlas.vegvesen.no/#kartlag:geodata/@600000,7225000,3> (Hentet 19. februar 2022).

Beregninger av sprengningsplan område 1 grøft

Sprengningsplanen er designet på bakgrunn av forsiktig grøftesprengning utarbeidet av Orica mining services (Orica mining services, 2010).

Inndata

Grøftedybde, H	1 m
Borhulldiameter, d	34 mm
Boret lengde, L	1,60 m
Hullhelning, β	18°
Oppsplittingsgrad, d50	150 mm
Grøftelengde, Lw	50 m
Grøftebredde, Ld	4,87 m

Design av bormønster

Forsetning, B		0,70 m
Antall hull pr. rast, n		7 stk
Hullavstand, V	$\frac{Ld}{7} = \frac{4,87}{7}$	0,695 m
Antall raster pr. salve		4 stk
Antall hull pr. salve, ntot	$ntot = n \times 4 = 7 \times 4$	28 stk
Senterhull, ns		20 stk
Konturhull, nk		8 stk
Lengde salve, Ls	$Ls = B \times 4 = 0,70 \times 4$	2,8 m
Totalt sprengt volum pr salve, Vsalve	$Vsalve = (B \times 4) \times Ld \times H$ $Vsalve = (0,70 \times 4) \times 4,87 \times 1$	13,64 m ³
Antall salver	$Antall\ salver = \frac{Lw}{Ls} = \frac{50\ m}{2,8m}$	17,86 stk \approx 18 stk
Totalt sprengt volum grøft, Vtot	$Vtot = Vsalve \times antall\ salver$ $Vtot = 13,64 \times 18$	245,5 m ³

Ladeplan

Bunnladning senterhull, Qcbs		0,35 kg
Pipeladning senterhull, Qccs		0,20 kg
Total ladning senterhull, Qshull	$Qshull = Qcbs + Qccs$ $Qshull = 0,35 + 0,20$	0,55 kg
Antall Dynamit patroner Ø25 i bunnladning senterhull, nbs	$nbs = \frac{0,35 \text{ kg}}{0,12 \text{ kg/patron}}$	≈ 2,916 patroner
Lengde bunnladning senterhull, lcbs	$lcbs = 2,916 \text{ patron}$ $\times 180 \text{ mm/patron}$	525 mm = 0,525 m
Antall Dynamit patroner Ø22 i pipeladning senterhull, ncs	$ncs = \frac{0,20 \text{ kg}}{0,09 \text{ kg/patron}}$	2,22 patroner
Lengde pipeladning senterhull, lccs	$lccs = 2,22 \text{ patron} \times 180 \text{ mm/patron}$	400 mm = 0,40 m
Uladet lengde senterhull, lus	$lus = 1,60 - 0,52 - 0,40$	0,68 m
Bunnladning konturhull, Qcbk		0,25 kg
Pipeladning konturhull, Qcck		0,15 kg
Total ladning konturhull, Qkhull	$Qkhull = Qcbk + Qcck$ $Qkhull = 0,25 + 0,15$	0,40 kg
Total forbruk av sprengstoff i salven, Qsalve	$Qsalve = ns \times Qshull + nk \times Qkhull$ $Qsalve = 20 \times 0,55 + 8 \times 0,40$	14,2 kg
Total ladning i salven, qsalve	$qsalve = \frac{Qsalve}{Vsalve}$ $qsalve = \frac{14,2}{13,64}$	1,04 kg/m ³
Totalt forbruk av sprengstoff for grøft, Qgrøft	$Qgrøft = Qsalve \times \text{antall salver}$ $Qgrøft = 14,2 \times 18$	255,6 kg
Antall Dynamit patroner Ø25 i bunnladning konturhull, nbk	$nbk = \frac{0,25 \text{ kg}}{0,12 \text{ kg/patron}}$	≈ 2,083 patroner
Lengde bunnladning konturhull, lcbk	$lcbk = 2,083 \text{ patron}$ $\times 180 \text{ mm/patron}$	375 mm = 0,375 m
Antall Dynamit patroner Ø22 i pipeladning konturhull, nck	$nck = \frac{0,15 \text{ kg}}{0,09 \text{ kg/patron}}$	≈ 1,667 patroner
Lengde pipeladning konturhull, lcck	$lcck = 1,667 \text{ patron}$ $\times 180 \text{ mm/patron}$	300 mm = 0,30 m
Uladet lengde konturhull, luk	$luk = 1,60 - 0,375 - 0,30$	0,925 m

Tennplan

Tennersystem: NONEL Exel Unidet + Exel Connectadet (Orica mining services, 2010) & (Orica mining services, 2021)				
Beskrivelse	Forsinkelse	Lengde	Antall	Farge
Exel Unidet i borhull. Alle har samme forsinkelsestid. Initiering gjøres med Exel Connectadet.	500 ms	2,4 m	28 stk	Rød
Første rast Exel Connectadet	3 ms	9,0 m	$\frac{7 \text{ borhull}}{5 \text{ borhull/Connectadet}} = 1,4 \text{ stk}$ 7 borhull fordeles på 2 Connectadet	Grønn
Andre rast Exel Connectadet	17 ms	9,0 m	$\frac{7 \text{ borhull}}{5 \text{ borhull/Connectadet}} = 1,4 \text{ stk}$ 7 borhull fordeles på 2 Connectadet	Gul
Tredje rast Exel Connectadet	42 ms	9,0 m	$\frac{7 \text{ borhull}}{5 \text{ borhull/Connectadet}} = 1,4 \text{ stk}$ 7 borhull fordeles på 2 Connectadet	Hvit
Fjerde rast Exel Connectadet	67 ms	9,0 m	$\frac{7 \text{ borhull}}{5 \text{ borhull/Connectadet}} = 1,4 \text{ stk}$ 7 borhull fordeles på 2 Connectadet	Blå
Primer	Dynamit papirpatroner er tennfølsomt. Ikke behov for primer			
Total sprengningstid for salve: 500 ms + 67 ms = 567 ms				

Referanser

Orica mining services (2010). *Enkel beregningsmetoder*. Tilgjengelig fra:

https://www.oger.is/static/files/Sprengiefni/Almennt/EnkleBeregn_2010.pdf (Hentet 17.mai 2022).

Pallsprenging område 2 nr.1

Nødvendig boring basis, V_{nb}

Basis for nødvendig boring er avlest fra figur 1. Granittisk gneis har god sprengbarhet (Olsen, 2009, s. 9) og borhulldiameteren er satt til 45 mm. Dette gir en nødvendig boring basis på:

$$V_{nb} = 0,425 \text{ l/sm}^3$$

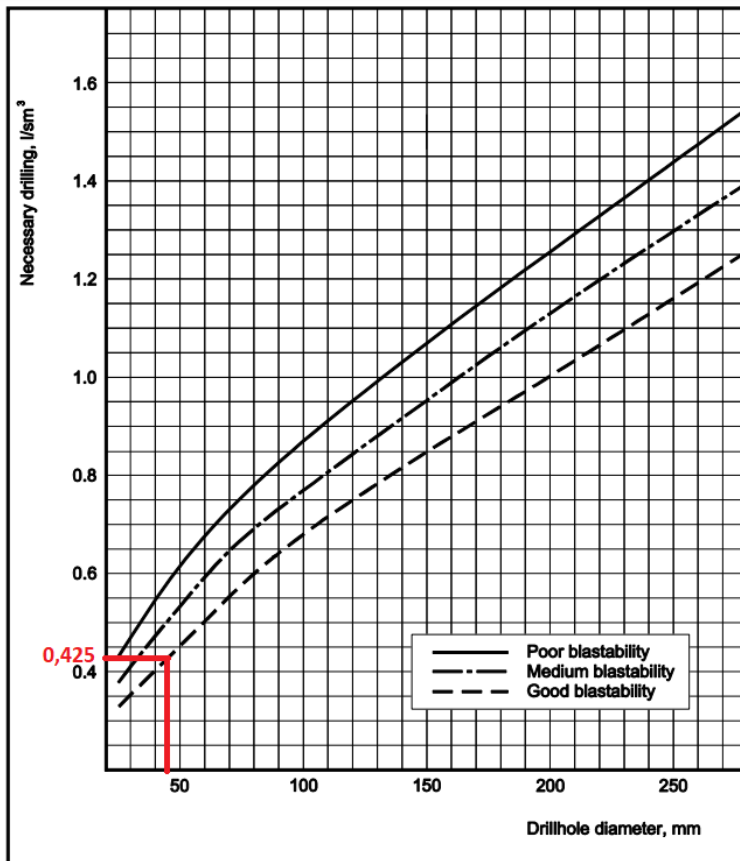


Figure 3.1 Necessary drilling basis V_{nb} as a function of drill hole diameter and blastability.

Figur 1: Nødvendig boringbasis (Olsen, 2009, s. 21).

For å finne korrekt nødvendig boring må det korrigeres for forhold som:

- Pallhøyde
- Gjennomsnittlig fraksjon sprengt stein
- Sprengstofftype

$$\text{Nødvendig boring: } V_n = V_{nb} \times k_{bh} \times k_{mps} \times k_e$$

(Olsen, 2009, s. 22).

Korreksjon for pallhøyde

Optimal benkhøyde for borhulldiameter 45 mm.

$$H_{bopt} = 0,28 \times d^{0,81} = 0,28 \times 45^{0,81} = 6,11 \text{ m}$$

Fra målinger på NovaPoint modell er den gjennomsnittlige pallhøyden satt til 3,0 m. Denne høyden vil derfor bli brukt i sprengningsplanen. Det er ikke behov for korreksjon pga. pallhøyde.

$$kbh = 1,00$$

Korreksjon for gjennomsnittlig fraksjon sprengt stein, d50

Ønsket fraksjon er satt til 0-300 mm, da dette er fraksjonen som skal brukes i frostsikringslaget. Gjennomsnittlig fraksjon settes til 150 mm. Avlest fra figur 2 gir dette en korreksjon på:

$$K_{mps} = 1,49$$

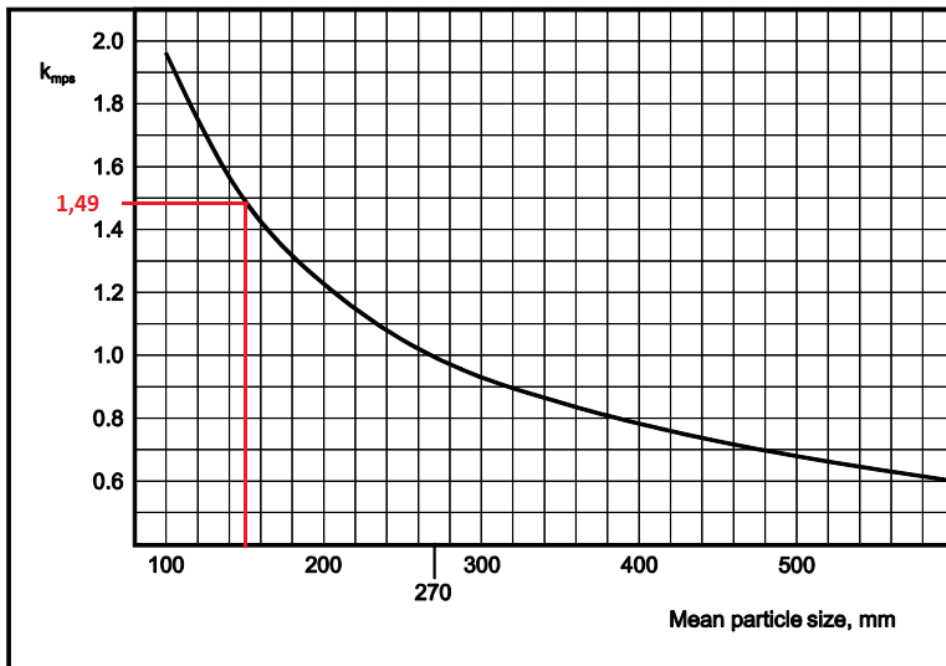


Figure 3.3 Correction factor as a function of mean particle size.

Figur 2: Korreksjon for fraksjon (Olsen, 2009, s. 24).

Korreksjon sprengstoff

Valgt sprengstofftype er ANFO, som gir en korreksjon på (figur 3):

$$ke = 1,15$$

Vedlegg F.3: Sprengningsplan 1 område 2 pall

EXPLOSIVES	CHARGE DENSITY ρ_{ec}	DETONATION VELOCITY ¹⁾ c_d	EXPLOSION ENERGY, Q_e	k_e
Emulsion	1.15 kg/dm ³	4600 m/s	3.35 MJ/kg	1.0
Watergel	1.20 kg/dm ³	6700 m/s	3.4 MJ/kg	1.0
ANFO	0.85 kg/dm ³	2600 m/s	3.80 MJ/kg	1.15
Dynamite	1.00 kg/dm ³	3000 m/s	4.58 MJ/kg	1.1

Table 3.1 Correction factor for different types of explosives.

1) The detonation velocity depends upon the drill hole diameter and the charged length.

Figur 3: Korreksjon for sprengsstoff (Olsen, 2009, s. 25).

Nødvendig boring

Resulterende nødvendig boring blir:

$$Vn = 0,425 \frac{l}{sm^3} \times 1,00 \times 1,49 \times 1,15 = 0,728 \frac{l}{sm^3}$$

Grunnlag for design av bormønster

Nødvendig boring basis, Vnb		0,425 l/sm ³
Korreksjonsfaktor pallhøyde,kbh		1,00
Korreksjonsfaktor gjennomsnittlig kornstørrelse, kmps		1,49
Korreksjonsfaktor sprengstoff, ke		1,15
Nødvendig boring, Vn	$Vn = 0,425 \text{ l/sm}^3 \times 1,04 \times 1,49 \times 1,15$	0,728 l/sm ³
Spesifikt sprengt volum, Vb	$Vb = 0,000785 \times \frac{d^2}{Vn}$ $Vb = 0,000785 \times \frac{45^2}{0,728 \text{ l/sm}^3}$	2,184 sm ³ /drm

Inndata:

Pallhøyde, hb	3,0 m
Borhulldiameter, d	45 mm
Boret lengde, hl	$\frac{hb + l_{sub}}{\cos\beta}$
Underboring, l_{sub}	$\frac{B}{3}$
Hullhelning, β	10°
Forhold mellom forsetning og hullavstand første rast, S/B	1,25
Forhold mellom forsetning og hullavstand resterende raster, S/B	2,5
Oppsplittingsgrad, $d50$	150 mm
Pallbredde, L_w	50 m
Palldybde, L_{dtot}	Min. 35 m

Beregning først rast:

Forsetning, B1	$S \times B \times hb = Vb \times lh$ $1,25 \times B \times B \times hb = Vb \times lh$ $\frac{1,25 \times hb \times \cos\beta}{Vb} \times B^2 - \frac{1}{3}B - 3,0 = 0$ $\frac{1,25 \times 3,0 \times \cos 10}{2,184} \times B^2 - \frac{1}{3}B - 3,0 = 0$	1,44 m
Hullavstand, S1	$S1 = 1,25 \times B = 1,25 \times 1,44 \text{ m}$	1,80 m

Beregning rast 2-4:

Forsetning, B2	$S \times B \times hb = Vb \times lh$ $2,5 \times B^2 \times hb = Vb \times \frac{hb + l_{sub}}{\cos\beta}$ $B^2 = Vb \times \frac{hb + l_{sub}}{\cos\beta \times hb \times 2,5}$ $B^2 = 2,184 \times \frac{3,0+0,48}{\cos 10^\circ \times 3,0 \times 2,5} = 0,91$ $B = \sqrt{0,91}$	1,03 m
Hullavstand, S2	$S2 = 2,5 \times B2 = 2,5 \times 1,03$	2,58 m

Design av bormønster

Underboring, lsub	$l_{sub} = \frac{1}{3} \times B = \frac{1}{3} \times 1,43 \text{ m}$	0,48 m
Boret lengde, lh	$lh = \frac{hb + l_{sub}}{\cos\beta} = \frac{3,0 \text{ m} + 0,48 \text{ m}}{\cos 10^\circ}$	3.53 m
Antall hull første rast, n1	$n1 = \frac{Lw}{S1} + 1 = \frac{50}{1,80} + 1$	29 stk
Antall hull rast 2-4	$n2 - 4 = \frac{Lw}{S2} + 1 = \frac{50}{2,58} + 1$	21 stk (Rast nr. 3 vil ha 22 hull pga. forskjøvet bormønster)
Totalt antall borhull pr. salve, ntot	$ntot = 29 + 21 + 22 + 21$	93 stk
Egentlig bredde på salven, Lw	$Lw = (n2 - 1) \times S2 = (21 - 1) \times 2,58 \text{ m}$	51,6 m
Dybde på salven, Ld	$Ld = B1 + 3 \times B2 = 1,44 + 3 \times 1,03$	4,54 m
Totalt sprengt volum pr. salve, Vtot	$Vtot = Lw \times Ld \times hb = 51,6 \times 4,54 \times 3,0$	702,79 sm ³
Totalt borede meter, ldrn	$ldrm = lh \times ntot = 3,53 \times 93$	328,29 drn

Vedlegg F.3: Sprengningsplan 1 område 2 pall

Egentlig spesifikk boring, V_s	$V_s = \frac{0,000785 \times d^2 \times l_{drm}}{V_{tot}} =$ $\frac{0,000785 \times 45^2 \times 328,29}{702,79}$	$0,743 \text{ l/sm}^3$
Forhold teoretisk- og spesifikk boring	$\frac{V_s}{V_n} = \frac{0,743}{0,728}$	1,02 (Egentlig spesifikk boring er 2% større enn teoretisk spesifikk boring).
Antall salver	$\frac{L_{dtot}}{L_d} = \frac{35 \text{ m}}{4,54 \text{ m}}$	$7,7 \text{ stk} \approx 8 \text{ stk}$
Totalt sprengt volum	$V_{tot} \times \text{antall salver} = 702,79 \times 8$	$5622,32 \text{ sm}^3$

Ladeplan

Bunnladning, lcb	$lcb = \frac{\frac{4}{3} \times B}{\cos \beta}$ $lcb = \frac{\frac{4}{3} \times 1,44}{\cos 10}$	1,95 m
Uladet lengde, lu	$lu = hb - lcb$ $lcc = 3,0 - 1,95$	1,05 m
Masse pr hull bunnladning, Qcb	$Qcb = lcb \times pcb \times 0,000785 \times d^2$ $Qcb = 1,95 \times 0,86 \times 0,000785 \times 45^2$	2,67 kg/hull
Masse sprengstoff pr hull, Qhull	$Qhull = Qcb$	2,67 kg/hull
Ladning første rast, q1	$q1 = \frac{Qhull}{S1 \times B1 \times hb}$ $q1 = \frac{2,67}{1,80 \times 1,44 \times 3,0}$	0,343 kg/sm ³
Ladning rast 2-4, q2-4	$q2 - 4 = \frac{Qhull}{S2 \times B2 \times hb}$ $q2 - 4 = \frac{2,67}{1,03 \times 2,58 \times 3,0}$	0,335 kg/sm ³
Totalt forbruk av sprengstoff i salven, Qtot	$Qtot = Qhull \times n$ $Qtot = 2,67 \times 93$	248,31 kg ≈ 248 kg
Total ladning i salven, qtot	$qtot = \frac{Qtot}{Vtot}$ $qtot = \frac{248,31}{702,79}$	0,353 kg/sm ³
Nødvendig ladning basert på nødvendig boring, qn	$qn = \frac{Qhull}{Vb \times lh}$ $qn = \frac{2,67}{2,184 \times 3,53}$	0,346 kg/sm ³
Totalt forbruk sprengstoff	$Qtot \times \text{antall salver}$ 248×8	1984 kg
$q1 \approx qn \text{ ok!}$ $q2 - 4 \approx qn \text{ ok!}$		

Tennplan

Minste nødvendige forsinkelse mellom rast 1 og 2	$tr \min \geq 9,4 \times B^{0,67}$ $tr \min \geq 9,4 \times 1,44^{0,67}$	12 ms
Minste nødvendige forsinkelse mellom rast 2 og 3, 3 og 4	$tr \min \geq 9,4 \times B^{0,67}$ $tr \min \geq 9,4 \times 1.03^{0,67}$	9,58 ms \approx 10 ms

Tennersystem: NONEL Exel Unidet + Exel Connectadet + Primer Pentex (Orica mining services, 2010), (Orica mining services, 2021) & (Orica mining services, 2018).				
Beskrivelse	Forsinkelse	Lengde	Antall	Farge
Exel Unidet i borhull. Alle har samme forsinkelsestid. Initiering gjøres med Exel Connectadet.	500 ms	4,8 m	93 stk.	Rød
Første rast Exel Connectadet	3 ms	15,0 m	$\frac{29 \text{ borhull}}{5 \text{ borhull/connectadet}} \approx 5 \text{ stk}$ 1 stk på resterende 4 borhull Totalt 6 stk. Exel Connectadet	Grønn
Andre rast Exel Connectadet	17 ms	15,0 m	$\frac{21 \text{ borhull}}{5 \text{ borhull/connectadet}} \approx 4 \text{ stk}$ 1 stk på resterende 1 borhull Totalt 5 stk. Exel Connectadet	Gul
Tredje rast Exel Connectadet	42 ms	15,0 m	$\frac{22 \text{ borhull}}{5 \text{ borhull/connectadet}} \approx 4 \text{ stk}$ 1 stk på resterende 2 borhull Totalt 5 stk. Exel Connectadet	Hvit
Fjerde rast Exel Connectadet	67 ms	15,0 m	$\frac{21 \text{ borhull}}{5 \text{ borhull/connectadet}} \approx 4 \text{ stk}$ 1 stk på resterende 1 borhull Totalt 5 stk. Exel Connectadet	Blå
Primer i alle hull Pentex 250			93 stk.	Rød
Total sprengningstid pr. salve: 500 ms + 67 ms = 567 ms				

Referanser

Olsen, V. (2009). *Rock Quarrying. Blast Design*. Doktoravhandling. Sted: NTNU, Trondheim.

Pallsprenging område 2 nr. 2

Dette vedlegget tar for seg korreksjoner for nødvendig boring for å beregne spesifikt sprengt volum. Spesifikt sprengt volum benyttes videre for å beregne boremønsteret i pallsprengningen for område 1.

Nødvendig boring basis, V_{nb}

Basis for nødvendig boring er avlest fra figur (1). Granittisk gneis har god sprengbarhet (Olsen, 2009, s. 9) og borhulldiameteren er satt til 45 mm. Dette gir en nødvendig boring basis på:

$$V_{nb} = 0,425 \text{ l/sm}^3$$

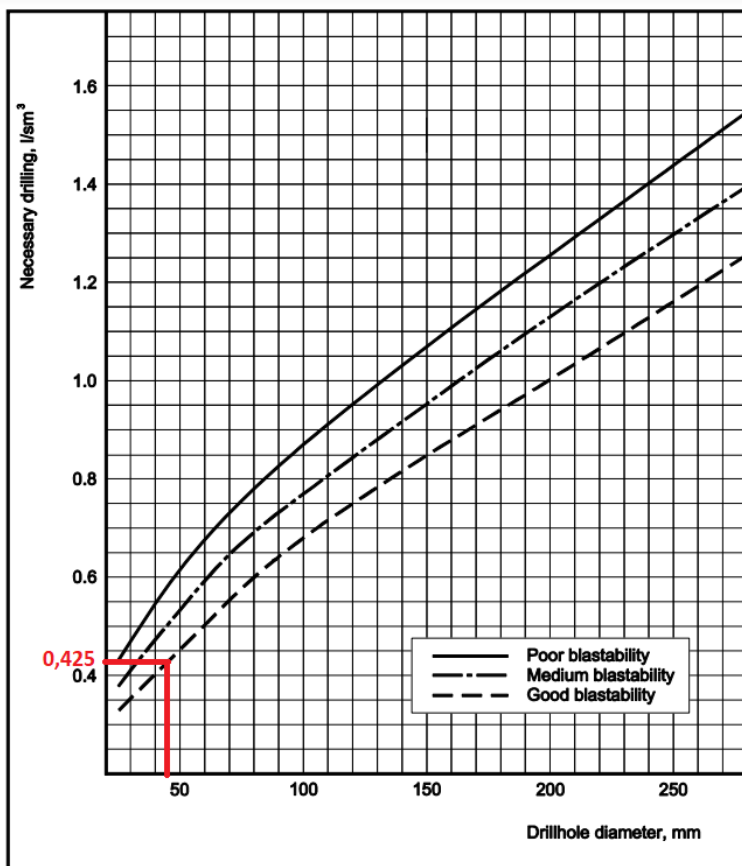


Figure 3.1 Necessary drilling basis V_{nb} as a function of drill hole diameter and blastability.

Figur 1: Nødvendig boringbasis (Olsen, 2009, s. 21).

For å finne korrekt nødvendig boring må det korrigeres for forhold som:

- Pallhøyde
- Gjennomsnittlig fraksjon sprengt stein
- Sprengstofftype

$$\text{Nødvendig boring: } V_n = V_{nb} \times kbh \times kmps \times ke$$

(Olsen, 2009, s. 22).

Korreksjon for pallhøyde

Optimal benkhøyde for borhulldiameter 45 mm.

$$H_{bopt} = 0,28 \times d^{0,81} = 0,28 \times 45^{0,81} = 6,11 \text{ m}$$

Fra målinger på NovaPoint modell er den gjennomsnittlige pallhøyden satt til 6,5 m. Denne høyden vil derfor bli brukt i sprengningsplanen. Avlest fra figur 2 blir korreksjonen:

$$kbh = 1,04$$

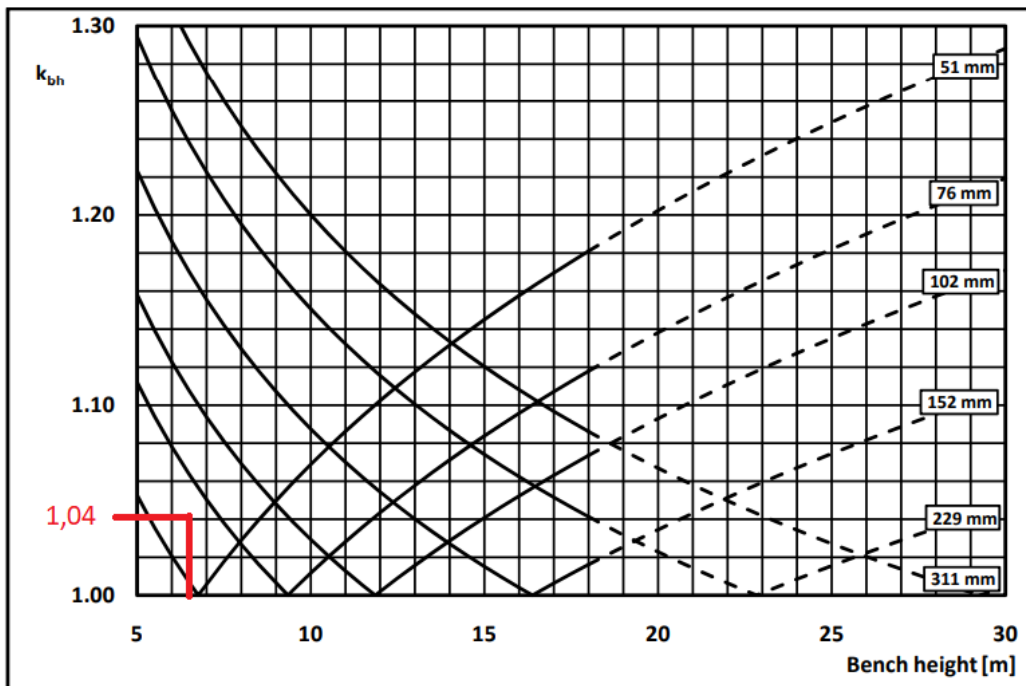


Figure 3.2 Correction factor as a function of bench height and drill hole diameter.

The broken lines are drawn for bench heights above 18 m due to safety.

Figur 2: Korreksjon for pallhøyde (Olsen, 2009, s. 24).

Korreksjon for gjennomsnittlig fraksjon sprengt stein, d50

Ønsket fraksjon er satt til 0-300 mm, da dette er fraksjonen som skal brukes i frostsikringslaget. Gjennomsnittlig fraksjon settes til 150 mm. Avlest fra figur 3 gir dette en korreksjon på:

$$K_{mps} = 1,49$$

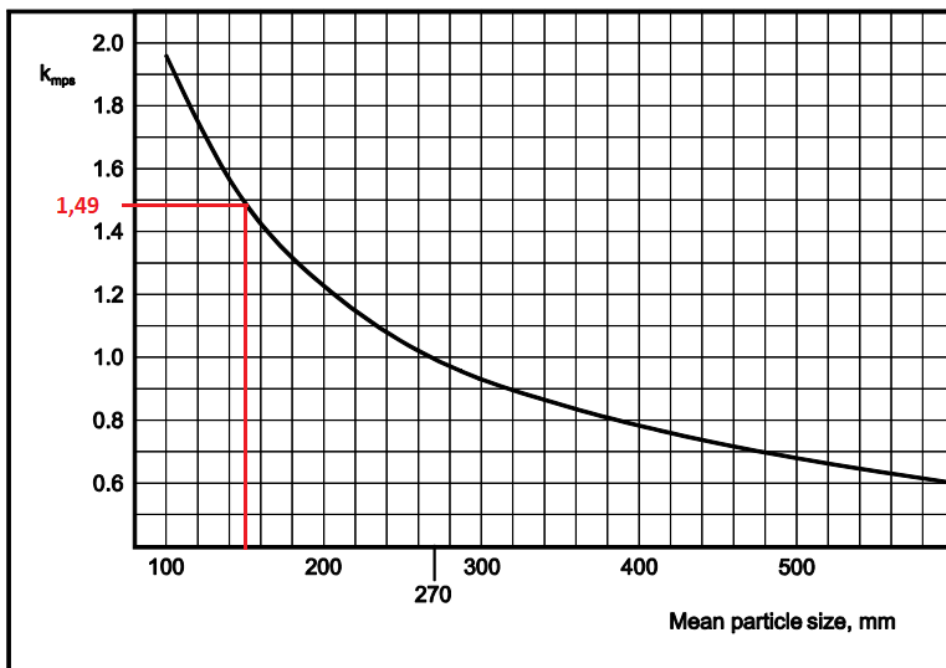


Figure 3.3 Correction factor as a function of mean particle size.

Figur 3: Korreksjon for fraksjon (Olsen, 2009, s. 25).

Korreksjon sprengstoff

Valgt sprengstofftype er ANFO, som gir en korreksjon på (figur 4):

$$k_e = 1,15$$

EXPLOSIVES	CHARGE DENSITY ρ_{ec}	DETONATION VELOCITY ¹⁾ c_d	EXPLOSION ENERGY, Q_e	k_e
Emulsion	1.15 kg/dm ³	4600 m/s	3.35 MJ/kg	1.0
Watergel	1.20 kg/dm ³	6700 m/s	3.4 MJ/kg	1.0
ANFO	0.85 kg/dm ³	2600 m/s	3.80 MJ/kg	1.15
Dynamite	1.00 kg/dm ³	3000 m/s	4.58 MJ/kg	1.1

Table 3.1 Correction factor for different types of explosives.

1) The detonation velocity depends upon the drill hole diameter and the charged length.

Figur 4: Korreksjon for sprengstofftype (Olsen, 2009, s. 26).

Nødvendig boring

Resulterende nødvendig boring blir:

$$V_n = 0,425 \frac{l}{\text{sm}^3} \times 1,04 \times 1,49 \times 1,15 = 0,757 \frac{l}{\text{sm}^3}$$

Grunnlag for design av bormønster

Nødvendig boring basis, V_{nb}		0,425 l/sm ³
Korreksjonsfaktor pallhøyde, k_{bh}		1,04
Korreksjonsfaktor gjennomsnittlig kornstørrelse, k_{mps}		1,49
Korreksjonsfaktor sprengstoff, k_e		1,15
Nødvendig boring, V_n	$V_n = 0,425 \text{ l/sm}^3 \times 1,04 \times 1,49 \times 1,15$	0,757 l/sm ³
Spesifikt sprengt volum, V_b	$V_b = 0,000785 \times \frac{d^2}{V_n}$ $V_b = 0,000785 \times \frac{45^2}{0,757 \text{ l/sm}^3}$	2,099 sm ³ /drm

Inndata:

Pallhøyde, h_b	6,5 m
Borhulldiameter, d	45 mm
Boret lengde, h_l	$\frac{h_b + l_{sub}}{\cos \beta}$
Underboring, l_{sub}	$\frac{B}{3}$
Hullhelning, β	10°
Forhold mellom forsetning og hullavstand første rast, S/B	1,25
Forhold mellom forsetning og hullavstand resterende raster, S/B	2,5
Oppsplittingsgrad, d_{50}	150 mm
Pallbredde, L_w	90 m
Palldybde, L_{dtot}	Min. 50 m

Beregning først rast:

Forsetning, B1	$S \times B \times hb = Vb \times lh$ $1,25 \times B \times B \times hb = Vb \times lh$ $\frac{1,25 \times hb \times \cos\beta}{Vb} \times B^2 - \frac{1}{3}B - 6,5 = 0$ $\frac{1,25 \times 6,5 \times \cos 10}{2,099} \times B^2 - \frac{1}{3}B - 6,5 = 0$	1,35 m
Hullavstand, S1	$S1 = 1,25 \times B = 1,25 \times 1,35 \text{ m}$	1,687 m \approx 1,69 m

Beregning rast 2-4:

Forsetning, B2	$S \times B \times hb = Vb \times lh$ $2,5 \times B^2 \times hb = Vb \times \frac{hb + l_{sub}}{\cos\beta}$ $B^2 = Vb \times \frac{hb + l_{sub}}{\cos\beta \times hb \times 2,5}$ $B^2 = 2,099 \times \frac{6,5+0,45}{\cos 10 \times 6,5 \times 2,5} = 0,91$ $B = \sqrt{0,91}$	0,95 m
Hullavstand, S2	$S2 = 2,5 \times B2 = 2,5 \times 0,95$	2,375 m \approx 2,38 m

Design av bormønster

Underboring, l_{sub}	$l_{sub} = \frac{1}{3} \times B = \frac{1}{3} \times 1,35 \text{ m}$	0,45 m
Boret lengde, lh	$lh = \frac{hb + l_{sub}}{\cos\beta} = \frac{6,5 \text{ m} + 0,45 \text{ m}}{\cos 10}$	7,06 m
Antall hull første rast, $n1$	$n1 = \frac{Lw}{S1} + 1 = \frac{90}{1,69} + 1$	54 stk
Antall hull rast 2-4	$n2 - 4 = \frac{Lw}{S2} + 1 = \frac{90}{2,38} + 1$	39 stk (Rast nr. 3 vil ha 40 hull pga. forskjøvet bormønster)
Totalt antall borhull pr. salve, $ntot$	$ntot = 54 + 39 + 40 + 39$	172 stk
Egentlig bredde på salven, Lw	$Lw = (n2 - 1) \times S2 = (39 - 1) \times 2,38 \text{ m}$	90,44 m
Dybde på salven, Ld	$Ld = B1 + 3 \times B2 = 1,35 + 3 \times 0,95$	4,20 m
Totalt sprengt volum pr. salve, V_{tot}	$V_{tot} = Lw \times Ld \times hb = 90,44 \times 4,20 \times 6,5$	2469,01 sm^3
Totalt borede meter, $ldrm$	$ldrm = lh \times ntot = 7,06 \times 172$	1214,32 drm
Egentlig spesifikk boring, V_s	$V_s = \frac{0,000785 \times d^2 \times ldrm}{V_{tot}} = \frac{0,000785 \times 45^2 \times 1214,32}{2469,01}$	0,782 l/sm^3
Forhold teoretisk- og spesifikk boring	$\frac{V_s}{V_n} = \frac{0,782}{0,757}$	1,03 (Egentlig spesifikk boring er 3% større enn teoretisk spesifikk boring).
Antall salver	$\frac{L_{dtot}}{Ld} = \frac{50 \text{ m}}{4,20 \text{ m}}$	11,9 stk \approx 12 stk
Totalt sprengt volum	$V_{tot} \times \text{antall salver} = 2469,01 \times 12$	29628,12 sm^3

Vedlegg F.4: Sprengningsplan 2 område 2 pall

Ladeplan Uladet lengde, lu	$lu = \frac{B}{\cos\beta}$ $lu = \frac{1,35}{\cos 10}$	1,37 m
Bunnladning, lcb	$lcb = \frac{\frac{4}{3} \times B}{\cos\beta}$ $lcb = \frac{\frac{4}{3} \times 1,35}{\cos 10}$	1,83 m
Pipeladning, lcc	$lcc = hb - \frac{2B}{\cos\beta}$ $lcc = 6,5 - \frac{2 \times 1,35}{\cos 10}$	2,76 m
Masse pr hull bunnladning, Qcb	$Qcb = lcb \times pcb \times 0,000785 \times d^2$ $Qcb = 1,83 \times 0,86 \times 0,000785 \times 45^2$	2,50 kg/hull
Masse pr hull pipelandning, Qcc	$Qcc = lcc \times pcc \times 0,000785 \times d^2$ $Qcc = 2,76 \times 0,83 \times 0,000785 \times 45^2$	3,64 kg/hull
Masse sprengstoff pr hull, Qhull	$Qhull = Qcb + Qcc$ $Qhull = 2,50 + 3,64$	6,14 kg/hull
Ladning første rast, q1	$q1 = \frac{Qhull}{S1 \times B1 \times hb}$ $q1 = \frac{6,14}{1,69 \times 1,35 \times 6,5}$	0,414 kg/sm ³
Ladning rast 2-4, q2-4	$q2 - 4 = \frac{Qhull}{S2 \times B2 \times hb}$ $q2 - 4 = \frac{6,14}{0,95 \times 2,38 \times 6,5}$	0,417 kg/sm ³
Totalt forbruk av sprengstoff i salven, Qtot	$Qtot = Qhull \times n$ $Qtot = 6,14 \times 172$	1056,08 kg ≈ 1056 kg
Total ladning i salven, qtot	$qtot = \frac{Qtot}{Vtot}$ $qtot = \frac{1056,08}{2469,01}$	0,427 kg/sm ³
Nødvendig ladning basert på nødvendig boring, qn	$qn = \frac{Qhull}{Vb \times lh}$ $qn = \frac{6,14}{2,099 \times 7,06}$	0,414 kg/sm ³

Tennplan

Minste nødvendige forsinkelse mellom rast 1 og 2	$tr \min \geq 9,4 \times B^{0,67}$ $tr \min \geq 9,4 \times 1,35^{0,67}$	11,49 ms \approx 12 ms
Minste nødvendige forsinkelse mellom rast 2 og 3, 3 og 4	$tr \min \geq 9,4 \times B^{0,67}$ $tr \min \geq 9,4 \times 0,95^{0,67}$	9,08 ms \approx 9,0 ms

Tennersystem: NONEL Exel Unidet + Exel Connectadet + Primer Pentex (Orica mining services, 2010), (Orica mining services, 2021) & (Orica mining services, 2018).				
Beskrivelse	Forsinkelse	Lengde	Antall	Farge
Exel Unidet i borhull. Alle har samme forsinkelsestid. Initierting gjøres med Exel Connectadet.	500 ms	7,8 m	172 stk	Rød
Første rast Exel Connectadet	3 ms	15,0 m	$\frac{54 \text{ borhull}}{5 \text{ borhull/connectadet}} \approx 10 \text{ stk}$ 1 stk på resterende 4 borhull Totalt 11 stk. Exel Connectadet	Grønn
Andre rast Exel Connectadet	17 ms	15,0 m	$\frac{39 \text{ borhull}}{5 \text{ borhull/connectadet}} \approx 7 \text{ stk}$ 1 stk på resterende 4 borhull Totalt 8 stk. Exel Connectadet	Gul
Tredje rast Exel Connectadet	42 ms	15,0 m	$\frac{40 \text{ borhull}}{5 \text{ borhull/Connectadet}} = 8 \text{ stk}$	Hvit
Fjerde rast Exel Connectadet	67 ms	15,0 m	$\frac{39 \text{ borhull}}{5 \text{ borhull/connectadet}} \approx 7 \text{ stk}$ 1 stk på resterende 4 borhull Totalt 8 stk. Exel Connectadet	Blå
Primer i alle hull Pentex 250			172 stk	Rød
Total sprengningstid pr. salve: 500 ms + 67 ms = 567 ms				

Referanser

Olsen, V. (2009). *Rock Quarrying. Blast Design*. Doktoravhandling. Sted: NTNU, Trondheim.

Pallsprenging område 2 nr. 3

Dette vedlegget viser nødvendige beregninger for utarbeiding av bor-, lade- og tennplan.

Beregningene er basert på metoden presentert av Olsen (2009) *Sprengning i dagen*.

Nødvendig boring basis, V_{nb}

Basis for nødvendig boring er avlest fra figur 1. Granittisk gneis har god sprengbarhet (Olsen, 2009, s. 9) og borhulldiameteren er satt til 45 mm. Dette gir en nødvendig boring basis på:

$$V_{nb} = 0,425 \text{ l/sm}^3$$

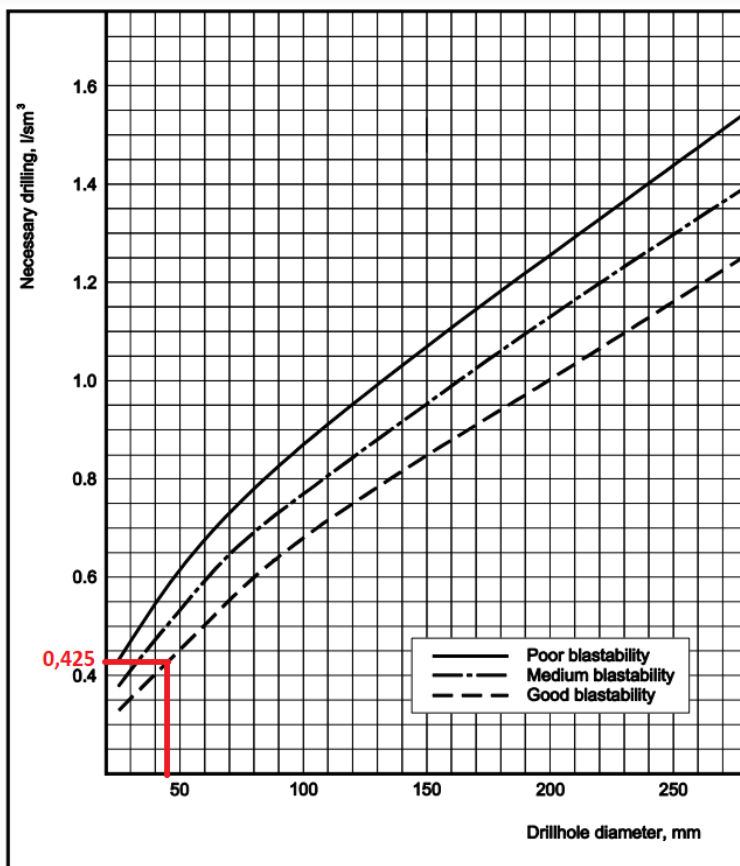


Figure 3.1 Necessary drilling basis V_{nb} as a function of drill hole diameter and blastability.

Figur 1: Nødvendig boringbasis (Olsen, 2009, s. 21).

For å finne korrekt nødvendig boring må det korrigeres for forhold som:

- Pallhøyde
- Gjennomsnittlig fraksjon sprengt stein
- Sprengstofftype

$$\text{Nødvendig boring: } V_n = V_{nb} \times k_{bh} \times k_{mps} \times k_e$$

(Olsen, 2009, s. 22).

Korreksjon for pallhøyde

Optimal benkhøyde for borhulldiameter 45 mm.

$$H_{bopt} = 0,28 \times d^{0,81} = 0,28 \times 45^{0,81} = 6,11 \text{ m}$$

Fra målinger på NovaPoint modell er den gjennomsnittlige pallhøyden satt til 2,0 m. Denne høyden vil derfor bli brukt i sprengningsplanen. Det er ikke behov for korreksjon pga. pallhøyde.

$$kbh = 1,00$$

Korreksjon for gjennomsnittlig fraksjon sprengt stein, d50

Ønsket fraksjon er satt til 0-300 mm, da dette er fraksjonen som skal brukes i frostsikringslaget.

Gjennomsnittlig fraksjon settes til 150 mm. Avlest fra figur 2 gir dette en korreksjon på:

$$K_{mps} = 1,49$$

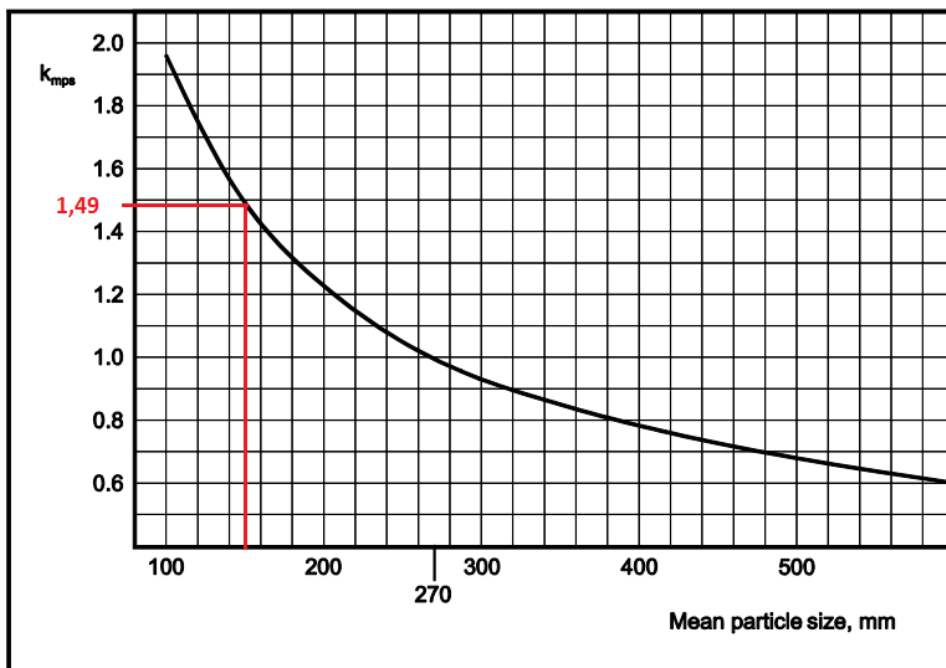


Figure 3.3 Correction factor as a function of mean particle size.

Figur 2: Korreksjon for fraksjon (Olsen, 2009, s. 24).

Korreksjon sprengstoff

Valgt sprengstofftype er ANFO, som gir en korreksjon på (figur 3):

$$ke = 1,15$$

EXPLOSIVES	CHARGE DENSITY ρ_{ec}	DETONATION VELOCITY ¹⁾ c_d	EXPLOSION ENERGY, Q_e	k_e
Emulsion	1.15 kg/dm ³	4600 m/s	3.35 MJ/kg	1.0
Watergel	1.20 kg/dm ³	6700 m/s	3.4 MJ/kg	1.0
ANFO	0.85 kg/dm ³	2600 m/s	3.80 MJ/kg	1.15
Dynamite	1.00 kg/dm ³	3000 m/s	4.58 MJ/kg	1.1

Table 3.1 Correction factor for different types of explosives.

1) The detonation velocity depends upon the drill hole diameter and the charged length.

Figur 3: Korreksjon for sprengstoff (Olsen, 2009, s. 25).

Nødvendig boring

Resulterende nødvendig boring blir:

$$Vn = 0,425 \frac{l}{sm^3} \times 1,00 \times 1,49 \times 1,15 = 0,728 \frac{l}{sm^3}$$

Grunnlag for design av bormønster

Nødvendig boring basis, Vnb		0,425 l/sm ³
Korreksjonsfaktor pallhøyde, kbh		1,00
Korreksjonsfaktor gjennomsnittlig kornstørrelse, kmfs		1,49
Korreksjonsfaktor sprengstoff, ke		1,15
Nødvendig boring, Vn	$Vn = 0,425 \frac{l}{sm^3} \times 1,04 \times 1,49 \times 1,15$	0,728 l/sm ³
Spesifikt sprengt volum, Vb	$Vb = 0,000785 \times \frac{d^2}{Vn}$ $Vb = 0,000785 \times \frac{45^2}{0,728 \frac{l}{sm^3}}$	2,184 sm ³ /drm

Inndata:

Pallhøyde, hb	2,0 m
Borhulldiameter, d	45 mm
Boret lengde, hl	$\frac{hb + l_{sub}}{\cos\beta}$
Underboring, l_{sub}	$\frac{B}{3}$
Hullhelning, β	10°
Forhold mellom forsetning og hullavstand første rast, S/B	1,25
Forhold mellom forsetning og hullavstand resterende raster, S/B	2,5
Oppsplittingsgrad, $d50$	150 mm
Pallbredde, L_w	45 m
Palldybde, L_{dtot}	Min. 20 m

Beregning først rast:

Forsetning, B1	$S \times B \times hb = Vb \times lh$ $1,25 \times B \times B \times hb = Vb \times lh$ $\frac{1,25 \times hb \times \cos\beta}{Vb} \times B^2 - \frac{1}{3}B - 3,0 = 0$ $\frac{1,25 \times 2,0 \times \cos 10}{2,184} \times B^2 - \frac{1}{3}B - 2,0 = 0$	1,48 m
Hullavstand, S1	$S1 = 1,25 \times B = 1,25 \times 1,48 \text{ m}$	1,85 m

Beregning rast 2-4:

Forsetning, B2	$S \times B \times hb = Vb \times lh$ $2,5 \times B^2 \times hb = Vb \times \frac{hb + l_{sub}}{\cos\beta}$ $B^2 = Vb \times \frac{hb + l_{sub}}{\cos\beta \times hb \times 2,5}$ $B^2 = 2,184 \times \frac{2,0+0,49}{\cos 10^\circ \times 2,0 \times 2,5} = 1,10$ $B = \sqrt{1,10}$	1,05m
Hullavstand, S2	$S2 = 2,5 \times B2 = 2,5 \times 1,05$	2,63 m

Design av bormønster

Underboring, lsub	$l_{sub} = \frac{1}{3} \times B = \frac{1}{3} \times 1,48 \text{ m}$	0,49 m
Boret lengde, lh	$lh = \frac{hb + l_{sub}}{\cos\beta} = \frac{2,0 \text{ m} + 0,49 \text{ m}}{\cos 10^\circ}$	2,53 m
Antall hull første rast, n1	$n1 = \frac{Lw}{S1} + 1 = \frac{45}{1,85} + 1$	25 stk
Antall hull rast 2-4	$n2 - 4 = \frac{Lw}{S2} + 1 = \frac{45}{2,63} + 1$	18 stk (Rast nr. 3 vil ha 19 hull pga. forskjøvet bormønster)
Totalt antall borhull pr. salve, ntot	$ntot = 25 + 18 + 19 + 18$	80 stk
Egentlig bredde på salven, Lw	$Lw = (n2 - 1) \times S2 = (18 - 1) \times 2,63 \text{ m}$	44,71 m
Dybde på salven, Ld	$Ld = B1 + 3 \times B2 = 1,48 + 3 \times 1,05$	4,63 m
Totalt sprengt volum pr. salve, Vtot	$Vtot = Lw \times Ld \times hb = 44,71 \times 4,63 \times 2,0$	414 sm ³
Totalt borede meter, ldrn	$ldrn = lh \times ntot = 2,53 \times 80$	202,4 drn

Vedlegg F.5: Sprengningsplan 3 område 2 pall

Egentlig spesifikk boring, V_s	$V_s = \frac{0,000785 \times d^2 \times l_{drm}}{V_{tot}} =$ $\frac{0,000785 \times 45^2 \times 202,4}{414}$	$0,777 \text{ l/sm}^3$
Forhold teoretisk- og spesifikk boring	$\frac{V_s}{V_n} = \frac{0,777}{0,728}$	1,06 (Egentlig spesifikk boring er 6% større enn teoretisk spesifikk boring).
Antall salver	$\frac{L_{dtot}}{L_d} = \frac{45 \text{ m}}{4,63 \text{ m}}$	$9,7 \text{ stk} \approx 10 \text{ stk}$
Totalt sprengt volum	$V_{tot} \times \text{antall salver} = 414 \times 10$	4140 sm^3

Ladeplan

Bunnladning, lcb	$Q_{cb} = lcb \times pcb \times 0,000785 \times d^2$ $2,0 = lcb \times 0,86 \times 0,000785 \times 45^2$ $lcb = \frac{2,0}{0,86 \times 0,000786 \times 45^2}$	1,46 m
Uladet lengde, lu	$lu = hb - lcb$ $lu = 2,0 - 1,46$	0,54 m
Masse pr hull bunnladning, Qcb		2,00 kg/hull
Masse sprengstoff pr hull, Qhull	$Q_{hull} = Q_{cb}$ $Q_{hull} = 2,0$	2,00 kg/hull
Ladning første rast, q1	$q1 = \frac{Q_{hull}}{S1 \times B1 \times hb}$ $q1 = \frac{2,0}{1,85 \times 1,48 \times 2,0}$	0,365 kg/sm ³
Ladning rast 2-4, q2-4	$q2 - 4 = \frac{Q_{hull}}{S2 \times B2 \times hb}$ $q2 - 4 = \frac{2,0}{2,63 \times 1,05 \times 2,0}$	0,362 kg/sm ³
Totalt forbruk av sprengstoff i salven, Qtot	$Q_{tot} = Q_{hull} \times n$ $Q_{tot} = 2,0 \times 80$	160 kg
Total ladning i salven, qtot	$q_{tot} = \frac{Q_{tot}}{V_{tot}}$ $q_{tot} = \frac{160}{414}$	0,386 kg/sm ³
Nødvendig ladning basert på nødvendig boring, qn	$qn = \frac{Q_{hull}}{Vb \times lh}$ $qn = \frac{2,0}{2,184 \times 2,53}$	0,362 kg/sm ³
Totalt forbruk sprengstoff	$Q_{tot} \times \text{antall salver}$ 160×10	1600 kg
$q1 \approx qn \text{ ok!}$ $q2 - 4 \approx qn \text{ ok!}$		

Tennplan

Minste nødvendige forsinkelse mellom rast 1 og 2	$tr \min \geq 9,4 \times B^{0,67}$ $tr \min \geq 9,4 \times 1,48^{0,67}$	$12,22 \text{ ms} \approx 12 \text{ ms}$
Minste nødvendige forsinkelse mellom rast 2 og 3, 3 og 4	$tr \min \geq 9,4 \times B^{0,67}$ $tr \min \geq 9,4 \times 1,05^{0,67}$	$9,71 \text{ ms} \approx 10 \text{ ms}$

Tennersystem: NONEL Exel Unidet + Exel Connectadet + Primer Pentex (Orica mining services, 2010), (Orica mining services, 2021) & (Orica mining services, 2018).				
Beskrivelse	Forsinkelse	Lengde	Antall	Farge
Exel Unidet i borhull. Alle har samme forsinkelsestid. Initiering gjøres med Exel Connectadet.	500 ms	3,0 m	80 stk.	Rød
Første rast Exel Connectadet	3 ms	15,0 m	$\frac{25 \text{ borhull}}{5 \text{ borhull/connectadet}} = 5 \text{ stk}$	Grønn
Andre rast Exel Connectadet	17 ms	15,0 m	$\frac{18 \text{ borhull}}{5 \text{ borhull/connectadet}} \approx 3 \text{ stk}$ 1 stk på resterende 3 borhull Totalt 4 stk. Exel Connectadet	Gul
Tredje rast Exel Connectadet	42 ms	15,0 m	$\frac{19 \text{ borhull}}{5 \text{ borhull/connectadet}} \approx 3 \text{ stk}$ 1 stk på resterende 4 borhull Totalt 4 stk. Exel Connectadet	Hvit
Fjerde rast Exel Connectadet	67 ms	15,0 m	$\frac{18 \text{ borhull}}{5 \text{ borhull/connectadet}} \approx 3 \text{ stk}$ 1 stk på resterende 3 borhull Totalt 4 stk. Exel Connectadet	Blå
Primer i alle hull Pentex 250			80 stk.	Rød
Total sprengningstid pr. salve: 500 ms + 67 ms = 567 ms				

Referanser

Olsen, V. (2009). *Rock Quarrying. Blast Design*. Doktoravhandling. Sted: NTNU, Trondheim.