

STAVANGER KOMMUNE

VA-GRØFTER VED ARKIVENES HUS, DETALJPROSJEKTERING

NOTAT INGENIØRGEOLOGI

INNHold

1	Innledning	2
2	Beskrivelse av tiltaket	2
3	Geoteknisk kategori	3
4	Grunnforhold	4
4.1	Topografi og naturfare	4
5	Bergarter og løsmasse	5
6	Brønner og grunnvann	5
7	Tidligere utførte grunnundersøkelser	6
8	Tolkning: Anbefalinger for uttak av VA-grøft	8
8.1	Bergskjæring	8
8.2	Beregning av vibrasjonsgrense	10
9	Oppsummering og konklusjon	11
10	Referanser	11

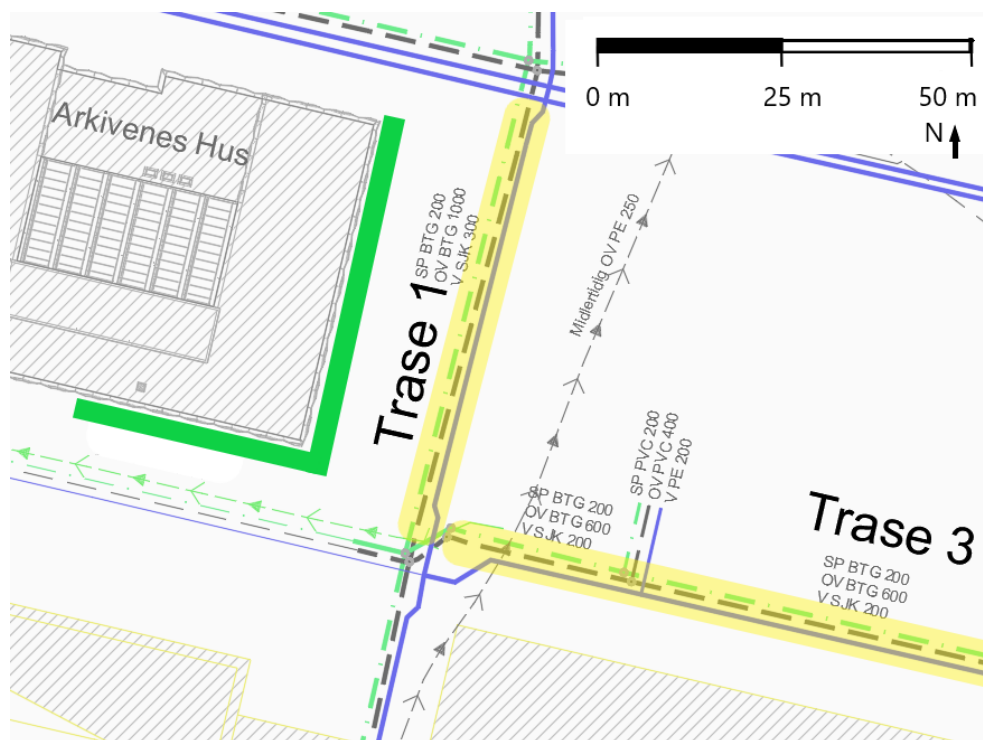
1 Innledning

I forbindelse med installering av VA-ledningsnett blir det aktuelt å sprengne ut to grøfter øst for Arkivenes hus i Stavanger kommune. Dette notatet omhandler en ingeniørgeologisk vurdering av hvordan grøftene bør tas ut. Rapporten beskriver utfordringer forbundet med uttaket, samt forslag til løsninger og hensyn. Dermed tilstreber notatet å minimere risikoen for sprengingsskader på bygninger, og/eller utfall av fjell i åpen grop rundt Arkivenes hus.

2 Beskrivelse av tiltaket

Det skal sprenges ut ca. 60 m med VA-grøft rett øst for Arkivenes hus (Trasé 1), og en omtrent 150 m lang grøft nord for Arkivenes Hus (Trasé 3). Begge grøftene vil ha en maksimal dybde på 4-5 m fra bakkenivå, inkludert et tynt løsmassedekke på toppen.

Rundt Arkivenes Hus eksisterer det en byggegrøft som ikke fylt igjen. Denne er omtrent 1-2 m bred, ca. 10 m dyp, og tatt ut fra fjell. For å skille byggegrøften tydelig fra VA-grøftene, refereres byggegrøften til som "åpent fjellrom" videre i notatet. Avstanden til det åpne fjellrommet fra Trasé 1 er omtrent 15 m. Det er ca. 8-9 m berg mellom Trasé 3 og det Nye SUS-bygget. Figur 1 illustrerer grøftenes og det åpne fjellrommets plassering, i forhold til allerede eksisterende bebyggelse.



Figur 1: Plassering av grøftene (gult) for ny VA-nettverk, samt det åpne fjellrommet (grønt). Arkivenes Hus er navngitt, mens Nye SUS ligger nedenfor Trasé 3. Vær oppmerksom på at grøftene og fjellrommet ikke er tegnet i skala.

Grøftenes bunnbredder varierer noe for Trasé 3 (2,1 m for en delstrekning og 2,4 m for den andre). For Trasé 1 er bunnbredde satt til 1,8 m. Etter VA-arbeidet er utført, skal grøftene bli fylt igjen med egnede masser. Dette blir sannsynligvis sprengstein fra prosjektområdet.

3 Geoteknisk kategori

I henhold til Eurokode 7 del 1 [1] skal prosjekter klassifiseres i geotekniske kategorier. Grunnet få direkte beskrivelser knyttet til anlegg i berg i Eurokode 7, har Norsk Bergmekanikkgruppe (NBG) utarbeidet en veileder for bergarbeider [2].

Ut fra kriterier gitt i Eurokode 0 [3] skal det velges konsekvensklasser (CC). Videre skal det basert på Nasjonalt tillegg i Eurokode 0 angis pålitelighetsklasse (RC). Veilederen fra NBG inkluderer også at vanskelighetsgrad skal oppgis [2]. Geoteknisk kategori avgjøres basert på pålitelighetsklasse (CC/RC) og vanskelighetsgrad.

Da de planlagte VA-grøftene vil bli plassert nær to bygninger, blir prosjektet vurdert til å ligge i CC/RC 2. Prosjektets vanskelighetsgrad er vurdert til "middels", da prosjektet er påvirket av grunnforholdene. Dermed benyttes geoteknisk kategori 2 for uttaket av VA-grøftene, som illustrert i Tabell 1.

Tabell 1: Definisjon av geoteknisk kategori [2].

Pålitelighetsklasse	Vanskelighetsgrad		
	Lav	Middels	Høy
CC/RC 1	1	1	2
CC/RC 2	1	2	2/3
CC/RC 3	2	2/3	3
CC/RC 4*	*	*	*

Pålitelighetsklasse RC2 medfører at prosjektet havner i prosjekteringskontrollklasse PKK2, se Tabell 2. Utførelseskontrollklasse blir da også UKK2, se Tabell 3.

Tabell 2: Tabell NA.A1(902) i Nasjonalt tillegg til Eurokode 0 [3], med beskrivelse og bestemmelse av prosjekteringskontrollklasse.

Valg av prosjekteringskontrollklasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighetsklasse	Minste prosjekteringskontrollklasse	Egenkontroll (DSL 1) ¹⁾	Intern systematisk kontroll (DSL 2) ¹⁾	Utvidet kontroll (DSL 3) ¹⁾
1	PKK1 ²⁾	kreves	kreves ikke	kreves ikke
2	PKK2 ²⁾	kreves	kreves	kreves
3	PKK3	kreves	kreves	kreves
4	Skal spesifiseres	kreves	kreves	kreves

¹⁾ Se punkt B4 (informativt tillegg B) for betegnelsen DSL.
²⁾ Det kan velges høyere prosjekteringskontrollklasse.

Tabell 3: Tabell NA.A1(903) i Nasjonalt tillegg til Eurokode 0 [3], med beskrivelse og bestemmelse av utførelseskontrollklasse.

Valg av utførelseskontrollklasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighetsklasse	Minste utførelseskontrollklasse	Egenkontroll (IL 1) ¹⁾	Intern systematisk kontroll (IL 2) ¹⁾	Utvidet kontroll (IL 3) ¹⁾
1	UKK1 ²⁾	kreves	kreves ikke	kreves ikke
2	UKK2 ²⁾	kreves	kreves	kreves
3	UKK3	kreves	kreves	kreves
4	UKK3, eventuelt med tilleggbestemmelser	kreves	kreves	kreves

¹⁾ Se punkt B5 (informativt tillegg B) for betegnelse IL.
²⁾ Det kan velges høyere utførelseskontrollklasse.

Eurokode 8 omhandler seismisk påvirkning [4]. Da planområdets seismiske egenskaper ikke har blitt kartlagt, avgjøres grunntypen til å tilsvare kategori A. Denne kategorien gjelder for berg, med relativt lav overdekning av svakere materiale på overflaten.

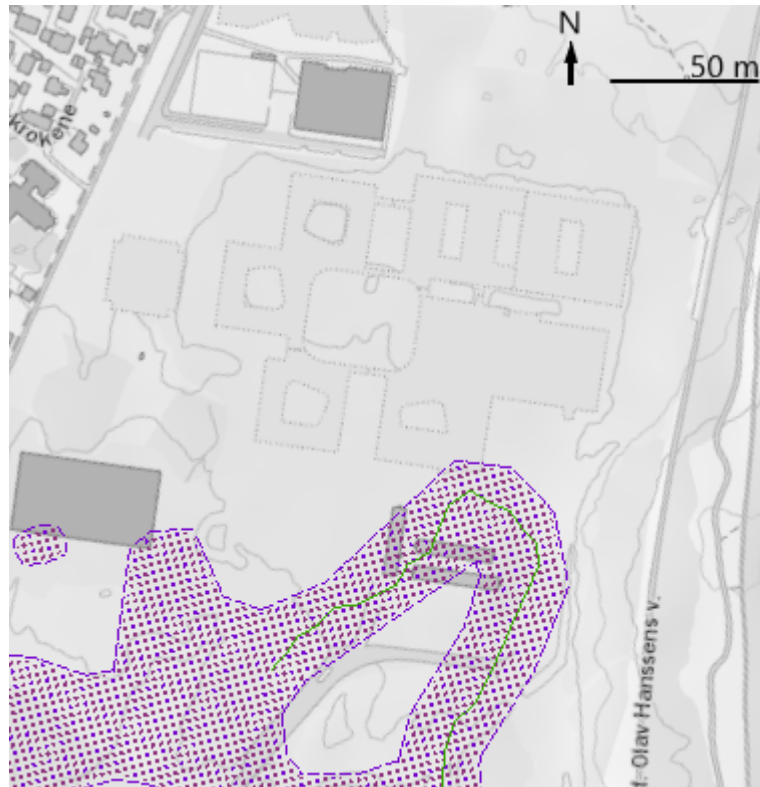
4 Grunnforhold

4.1 Topografi og naturfare

Terrenget i prosjektområdet er ganske flatt, med jorder og noen få trær. Det er også lave åser omkring området, men disse er relativt langt unna.

Figur 2 er hentet fra NVEs aktsomhetskart for kartlagte flomutsatte områder [5]. Som Figur 2 viser, ligger planområdet et stykke unna områder assosiert med et flompotensiale. Dermed vurderes flomrisikoen for grøftene til å være svært lav eller neglisjerbar.

Det observeres videre at planområdet ikke er forbundet med risiko for hverken steinsprang eller noen form for skred. Planområdet er lokalisert over marin grense, slik at "mulighet for sammenhengende forekomster av marin leire" anses som høyst usannsynlig [5].



Figur 2: NVEs aktsomhetskart over planområdet [5]. Grønn linje indikerer flompotensialet, med maksimal vannstandstigning > 2.5 m. Lilla representerer aktsomhetsområdet. Det er heller ikke avdekket forekomster av marin leire i planområdet.

5 Bergarter og løsmasse

Basert på NGUs nasjonale berggrunnsdatabase [6] er hovedbergarten i hele planområdet fyllitt, som også samsvarer med hva COWI har observert (se Kap. 7). Videre fra NGUs database over løsmasser [7] ligger planområdet i sin helhet på en tynn moreneavsetning. Det er også kartlagt enkelte forekomster av torv og myr i området.

6 Brønner og grunnvann

NGUs nasjonale grunnvannsdatabase viser flere energibrønner i planområdet [8]. Det er likevel lite sannsynlig at brønnene må tas ytterligere hensyn til ved uttak av VA-grøftene, da de befinner seg på nordre side av Arkivenes hus (se Figur 4).

Basert på grøftetraséenes nokså grunne dimensjoner (ca. 5 m under bakkenivå), er grunnvann vurdert til å ha liten effekt på grøftene. Dette støttes også av tidligere erfaringer under arbeidet med grunnundersøkelsene til Arkivenes hus, samt observasjoner i etterkant [9].



Figur 3: Energibrønner (blå) nord for Arkivenes hus. VA-grøftene er indikert med gul farge.

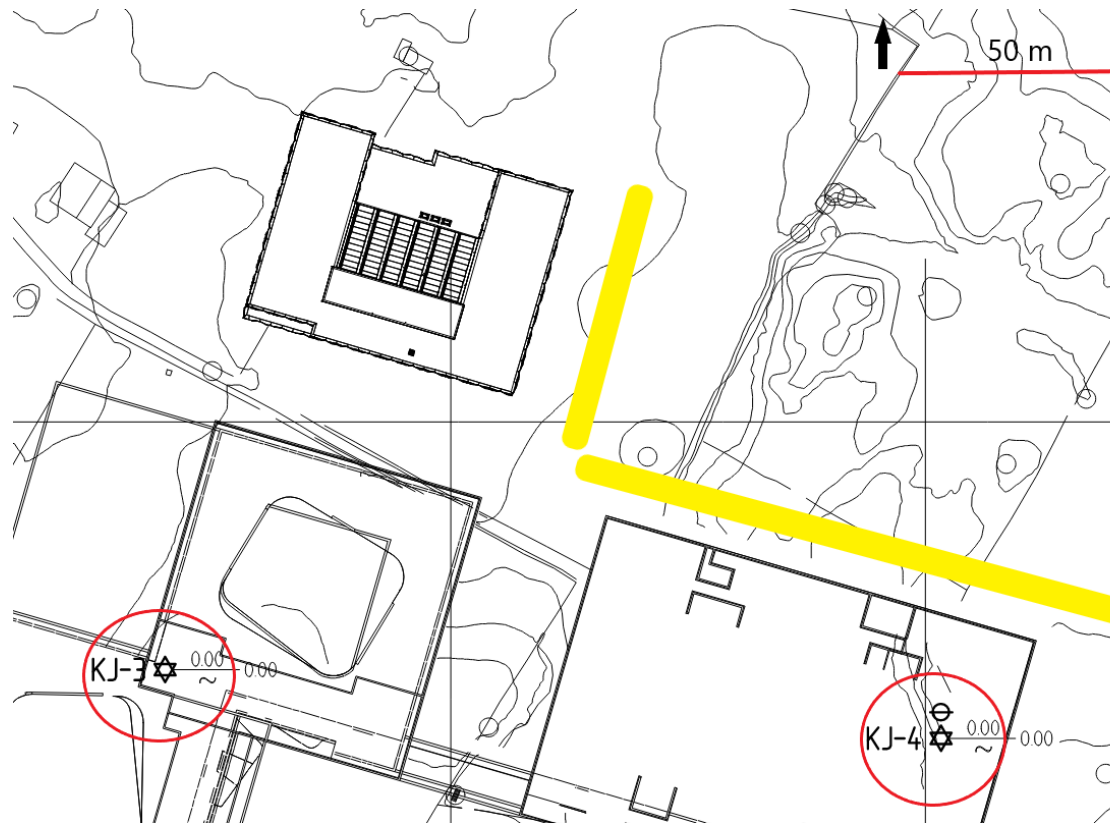
7 Tidligere utførte grunnundersøkelser

COWI har utført flere befaringer på lokaliteten, for eksempel:

- 19.05.2021: VA-team
- 28.01.2020: GEO-team
- 09.01.2020: GEO-team
- 2019: ca. 10 befaringer fra GEO-team

Hovedbergarten i planområdet er fyllitt, men det er også observert kvartsrik fyllitt med enkelte lag av arkose og kvartsitt. Basert på observasjoner tilknyttet sprengningsarbeidet med Arkivenes hus, er fyllitten overflateforvitret til omtrent 3-4 m dybde [9].

Entreprenørservice AS utførte boring av totalt 5 kjerneprøver i 2017. Kjerneprøvene ble deretter logget med ingeniørgeologiske prinsipper av COWI. COWI utarbeidet en rapport basert på denne loggingen [10].



Figur 4: Borelokalitetene KJ-3 og KJ-4 (markert med rød sirkel) relativt til VA-grøftene (plassering indikert med gul strek).

Borehullene KJ 3 og KJ 4 ligger nærmest prosjektområdet, så det er disse som er mest relevante med hensyn på uttak av VA-grøftene, se Figur 4. Begge kjernene beskrives som grå, forvitret, finkornet og metamorfisk fyllitt. Det bør også nevnes at det ikke har blitt avdekket store forskjeller mellom alle 5 borekjernene.

Fra Figur 5 og Figur 6 observeres det at for de første 5 meterne ned i undergrunnen, vil Q for begge kjernene tilsvare "middels" (4-10 = C) til "meget godt" (40-100 = A) [9]. Videre øker også Q-verdien etter 5 m.

BOREHULL KJ 3		Hullretning: N00/90			DYBDE: 0,0 – 13,0 m		
Dybde fra	Dybde til	Lengde	RQD	Jn	Jr	Ja	Q
0,0	5,0	5,0	63,0	2,0	2,2	1,5	46,1
5,0	10,0	5,0	87,0	2,0	1,5	1,1	58,2
10,0	13,0	3,0	95,0	2,0	1,2	1,0	57,7
Gjennomsnitt			81,7	2,0	1,6	1,2	54,0

Figur 5: Loggingsresultatene av KJ-3.

BOREHULL KJ 4		Hullretning: N00/90			DYBDE: 0,0 – 13,8 m		
Dybde fra	Dybde til	Lengde	RQD	Jn	Jr	Ja	Q
0,0	5,0	5,0	21,0	4,0	2,2	2,3	5,1
5,0	10,0	5,0	79,0	4,0	1,4	1,1	25,1
10,0	13,8	3,8	92,5	4,0	2,4	1,0	54,3
Gjennomsnitt			64,2	4,0	2,0	1,5	28,2

Figur 6: Loggingsresultatene av KJ-4.

Basert på geologiske befaringer [12], kartlegges et hoved-sprekkeplan for hele prosjektområdet, som følger foliasjonen til fyllitten med orientering 180-225°/40-55°. Kjernelogging [10] kartlegger 1-2 sprekkeseett. Sprekkene beskrives som glatte og bølgete, men med noe varierende sprekketylling. Typisk orientering hos sprekkene registrert i KJ-3 er et fall fra 34-81° mot nord. For sprekkene registrert i KJ-4 er fallet fra 25-65° mot nordøst.

Enaksial trykkstyrke (UCS) varierer noe hos fyllitt. Typisk varierer styrken mellom 20-80 MPa [13]. COWI har utført målinger med Smidthammer på fyllitten under byggingsarbeidet med Nye SUS. Målingene ble utført som såkalte "stikkprøver", og ingen UCS lavere enn 50 MPa ble avdekket (f.eks. [14]). Likevel estimeres UCS for VA-grøftenes prosjektområde til å være omkring 30 MPa, grunnet den kartlagte overflateforvitringen.

8 Tolkning: Anbefalinger for uttak av VA-grøft

8.1 Bergskjæring

VA-grøftene ligger nærme bygninger og åpent fjellrom. For å unngå skade på bygg, eller utfall av berg i det åpne fjellrommet, bør grøftene sprenges svært forsiktig. Dette påpekes også tydelig i COWIs notater etter tidligere sprengningsarbeid for Nye SUS, der det var beskrevet at bergstrukturen hadde blitt forstyrret i betydelig grad [12]. Dette ble tolket som at sprengingen hadde vært for voldsom, slik at justeringer i særlig salvemengde måtte innføres.

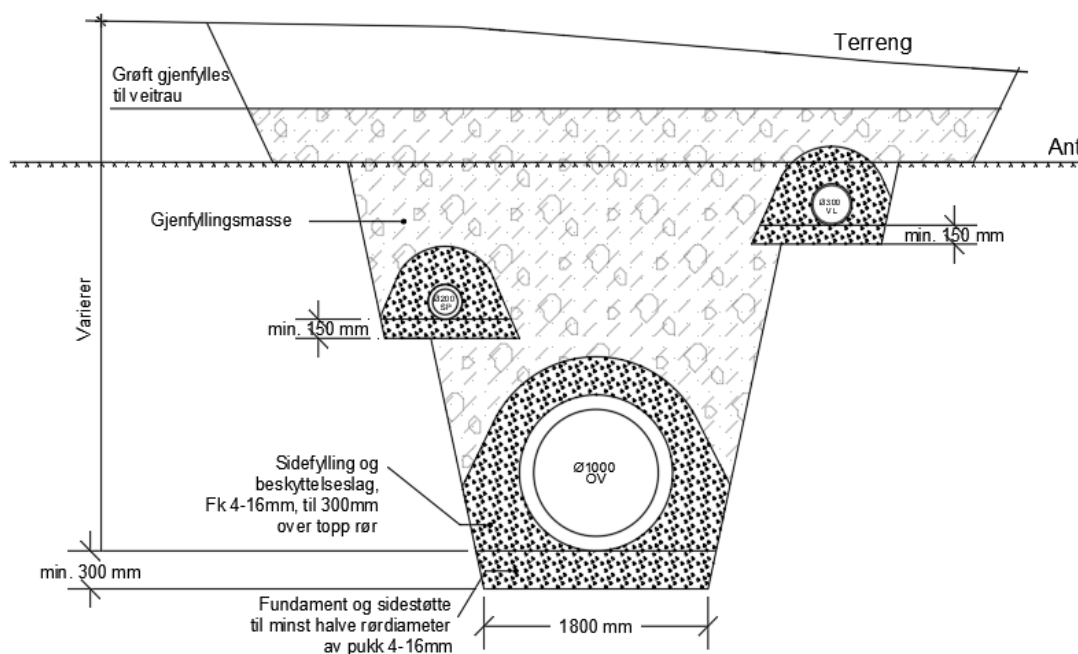
Kap. 7 introduserte sprekkeseett kartlagt ved befaringer og kjernelogging. Oppsprekkingsgraden for planområdet er moderat. Det forventes at særlig hoved-sprekkeplanet påvirker VA-grøftenes stabilitet. Dette støttes av det faktum at sprekkeseett følger fyllittens foliasjon. For at stabilitetsvurderingen skal forbli konservativ, antas det at sprekkeseettene kartlagt i kjerneloggingen også kan påvirke planområdet. Basert på oppsprekkingsgrad og orientering, antas det at "plan utgliding" og "kileutgliding" kan forekomme. Da sprekkeseettene også har relativt lav friksjonsevne, er dette en ekstra begrunnelse for å sprenges forsiktig, samt å overvåke resultatene under arbeidet. Det kan bli aktuelt å installere bolter eller annen sikring dersom grøftenes stabilitet ikke er tilstrekkelig.

For å sørge for at sprengingen blir så skånsom som mulig, skal sømboring benyttes. Det er vanlig med en kronediameter på maksimalt 64 mm, samt en $c/c = 180\text{--}200\text{ mm}$ [11]. Det er også viktig at sømmen blir boret med høy nøyaktighet.

I det åpne fjellrommet ved Arkivenes hus er det installert bolter; 4 m lange og Ø25 mm. Disse er plassert henholdsvis 1,5 og 3,5 m under skjæringstopp, med en c/c på 1,5 m. Boltene påvirker stabiliteten til fjellrommet i positiv forstand, men vibrasjonene fra sprengningen kan også føre til at boltene kan miste forspenningen dersom de er endeforankrede [12]. Derfor bør boltene undersøkes (observeres) før og etter sprengningsarbeidet for grøftene er ferdig, slik at eventuelle forandringer kan avdekkes. Hvis for eksempel en bolt stikker lengre ut fra fjellrommet enn før sprengningen begynte, indikerer dette at boltens sikringsevne kan ha endret seg. Dersom økt mengde steinfall eller større blokker oppdages, bør det åpne fjellrommet sikres ytterligere med nett og/eller flere bolter.

Da grøftene bør ha gjenstående kontur, må dette tas hensyn til i planleggingen. Dette gjelder spesielt for Trasé 1 der grøftens utforming er komplisert, og dermed svært vanskelig å oppnå ved sprengning. Figur 7 viser tverrsnittet av Trasé 1.

Ved uttaket av VA-grøftene anbefales det derfor at rørladninger eller patroner og avstandsstykker i pipeladningen, slik at ladningen fordeles jevnest mulig i selve hullengden. I tillegg må brytehullene midt i grøftene ha noe større ladningsmengde, samt noe kortere forsetning [13]. Pigging (særlig av blokker) kan også bli aktuelt.



Figur 7: Utforming av grøft i Trasé 1.

Generelt er det vanlig å bruke økt ladningsmengde dersom grøftens dybde blir stor i forhold til bredden. Basert på tidligere erfaringer fra området er dette likevel ikke anbefalt, det bør heller vurderes å ha lavere salvevolumer og eksplosiver. Dersom det av ulike årsaker blir aktuelt å øke ladningsmengden, bør dette ikke gjøres uten forsøk i mindre skala. Tett oppfølging fra kompetent personale er i tillegg sterkt anbefalt.

Etter sprengning av grøftene bør de renskes og inspiseres av kompetent personale. Sikring av grøftene kan bli aktuelt dersom sprengningen ikke har foregått optimalt [11]. Dette skal i så fall vurderes etter sprengningsarbeidet. Det anbefales også å dekke til grøftene når arbeid ikke utføres, spesielt dersom værforholdet blir ugunstig. Dette er for å øke stabiliteten.

8.2 Beregning av vibrasjonsgrense

NS 8141:2001 omhandler vibrasjoner og støt [14]. Fra denne standarden kan øvre vibrasjonsgrense for å redusere faren for skade på byggverk ved uttaket av grøftene estimeres. Kort beskrevet avhenger vibrasjonsgrensen av selve grunnen og byggverket, avstanden mellom byggverket og vibrasjonskilden, samt hva slags egenskaper kilden har. Disse parameterne estimeres og blir deretter multiplisert med hverandre. Det henvises til [14] for nærmere beskrivelser av de ulike parameterne.

Tabell 4: Beregning av øvre vibrasjonsgrense.

V_0	Ukorrigert toppverdi av vertikal svingehastighet	20 mm/s (konstant)
F_g	Grunnforholdsfaktor	2,5 (tynt avrenningslag over berg)
F_b	Byggverksfaktor	0,78 (spesielt følsomme bygninger, armert betong, fundamentert direkte på fjell)
F_d	Distansefaktor	1 (sprengning av berg med avstand 5-100 m til kilden)
F_k	Kildefaktor	1 (sprenging)
v	Øvre vibrasjonsgrense	35 mm/s

Som Tabell 4 viser, er øvre vibrasjonsgrense for sprengningsarbeidet av VA-grøftene beregnet til å være 35 mm/s. Dette vil gjelde for både Arkivenes Hus og Nye SUS, da parameterne ikke varierer for de to byggene. Likevel er det viktig å understreke at dette kun er et estimat, og at det kan eksistere faktorer som gjør at grensen må senkes. Et eksempel på dette kan være følsomme systemer installert i Arkivenes Hus eller Nye SUS. Som nevnt tidligere i rapporten, har også tidligere sprengningsarbeid ført til at berget rundt har blitt preget. Dette kan også føre til at en lavere vibrasjonsgrense blir nødvendig.

9 Oppsummering og konklusjon

Dette notatet introduserte et prosjekt tilknyttet Nye SUS, og prosjektet omfattet berguttak av to VA-grøfter. Grunnet nærhet til sårbare konstruksjoner og tidligere erfaringer med sprengningsarbeid måtte grøftene undersøkes fra et ingeniørgeologisk perspektiv.

Det har ikke blitt avdekket store utfordringer forbundet med grunnforholdene på prosjektområdet (Kap.4). Likevel plasseres dette prosjektet i geoteknisk kategori 2, da omstendighetene rundt er noe kompliserte. Som beskrevet i Kap.8, anbefales det å sprengre svært forsiktig, overvåke arbeidet, og installere sikring etter de faktiske forholdene. Dersom mulig, bør resultatene vurderes fortløpende slik at endringer kan gjøres om nødvendig. Øvre vibrasjonsgrense for uttak av grøftene er også satt til 35 mm/s for Arkivenes Hus og Nye SUS, med forbehold om elementer som gjør at denne grensen må senkes.

10 Referanser

- [1] Standard Norge, *NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 (Eurokode 7)*, 2008.
- [2] Norsk bergmekanikkgruppe, «Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering, versjon 1,» Norsk bergmekanikkgruppe, 2011.
- [3] Standard Norge, «NS-EN 1990:2002+NA:2008 (Eurokode 0),» 2008.
- [4] Standard Norge, «NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 (Eurokode 8),» 2008.
- [5] NVE, «Temakart,» [Internett]. Available: <https://temakart.nve.no/>. [Funnet 20. september 2022].
- [6] NGU, «B e r g g r u n n - Nasjonal berggrunnsdatabase,» [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/. [Funnet 20. august 2022].
- [7] NGU, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase,» [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/. [Funnet 21. september 2022].
- [8] NGU, «G R A N A D A - Nasjonal grunnvannsdatabase,» [Internett]. Available: https://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/. [Funnet 19. september 2022].
- [9] PROCON AS, «Bergteknisk rapport,» 2021.

- [10] COWI, «Borekjernelogging og bergmassekvalitet for Nytt Stavanger Universitetssykehus,» 2017.
- [11] N. Barton, R. Lien og J. Lunde, Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support, Rock Mechanics Felsmekanik Canique Des Roche, 1974.
- [12] COWI, «Befaringsrapport for den 03.07.2019,» 2019.
- [13] A. Palmstrøm, RMI - a rock mass characterization system for rock engineering purposes, Oslo: UiO, 1995.
- [14] COWI, «Befaringsrapport for den 11.09.2019,» 2019.
- [15] Statens vegvesen (SVV), «Bergskjæringer, håndbok 225,» 2020. [Internett]. Available: <https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/handboker/handboker-fullstendig-liste/>. [Funnet 20. september 2022].
- [16] Norsk forening for Fjellsprengeteknikk (NFF), «Bergbolting (Håndbok nr. 11),» 2020. [Internett]. Available: https://nff.no/wp-content/uploads/sites/2/2020/09/Ha%CC%8Andbok-om-Bergbolting_ha%CC%8Anbok_nr-11_high.pdf. [Funnet 16. september 2022].
- [17] Orica Norway, «Enkle beregningsmetoder - Tabeller og veiledende verdier for sprenging i dagen,» Orica Norway AS, juni 2013. [Internett]. Available: https://www.oricaminingservices.com/uploads/Norway/Enkle%20%20Beregninger_2013%20N.pdf.
- [18] Standard Norge, «NS 8141:2001 Vibrasjoner og støt - Måling av svingehastighet og beregning av veiledende grenseverdier for å unngå skade på byggverk,» 2001.