

Detaljprosjektering av grøfter (Trase 1 og Trase 2)

Eilert Sundts gate, Skien kommune


Geoteknisk Rapport



RAPPORT TITTEL: GEOTEKNISK RAPPORT – DETALJPROSJEKTERING AV GRØFTER (KALK-SEMENT STABILISERING) EILERT SUNDTS GATE, SKIEN KOMMUNE		DISTRIBUSJON:	
		<input type="checkbox"/>	ÅPENT
PROSJEKT: 2024-051		<input type="checkbox"/>	LUKKET
RAPPORT NR. 1 Rev NR. 01	PRODUKT 2024-051 ID-:	<input checked="" type="checkbox"/>	GODKJENNINGSPLIKTIG FRA OPPDRAGSGIVER

KONTROLL OG REVISJONSHISTORIE:					
VER. NR	DATO	ANSVARLIG	KONTROLL	GODKJENT	PUBLIKASJONSSTATUS
00	2024-11-21	AAR	RD	AAR	
01	2024-12-05	AAR	RD	AAR	Revidert og oppdatert rapport

ANSVARLIG: Aryana Aryanfar	SIDEMANNSKONTROLL: Rémy Delpéuch
-------------------------------	-------------------------------------

UTARBEIDET FOR:  SKIEN KOMMUNE	SAMARBEIDSPARTNERE:
---	---------------------

SAMMENDRAG:

OPV Consulting har blitt engasjert av Skien kommune til å utføre geoteknisk detaljprosjektering av grøfter ved bruk av kalk-sement masseforsterkning i forbindelse med VA prosjekt i Eilert Sundts gate og tilhørende gater sør for det.

Vurdering av terreng- og grunnforhold er basert på offentlig tilgjengelige data, utførte grunnundersøkelser på tiltaksområdet, samt tidligere gjennomførte grunnundersøkelser. De utførte grunnundersøkelsene på tiltaksområdet viser at grunnen hovedsakelig består av leirige materialer under et topplag av fyllmasser. Borehullene er stoppet på 10 meters dyp uten å treffe fjell. Det er registrert kvikkleire fra 4- 9m dybde i tiltaksområdet.

Foreliggende notat beskriver stabiliseringstiltak for å grave ut grøftene trygt og sikkert.

Det er påvist kvikkleire i Eilert Sundts gate og områdene under den, men siden terrenget er flatt virker områdestabiliteten god bortsett fra vestre del av Eilert Sundts gate, ved Falkumelva, der terrenget skråner bratt ned mot elva. Det forutsettes at denne skråningen er sikret under bygging av Jonassenbrua.

Prosjektet omfatter oppføring av VA ledninger. For å etablere VA-grøfter er det nødvendig å grave ca. 3-4 m. Siden området er tettbygd og grunnen består av leire og kvikkleire i dypet, foreslås det å bruke grøftekasser for å sikre grøftene i Eilert Sundts gate og sørlige deler av området.

Foreløpig kan følgende klassifisering av prosjektet legges til grunn:

- Geoteknisk kategori 2
- Pålitelighets- og konsekvensklasse CC/RC 2
- Tiltaksklasse 2 iht. Plan- og bygningsloven

Prosjekterings- og utførelseskontrollklasse PKK/UKK 2

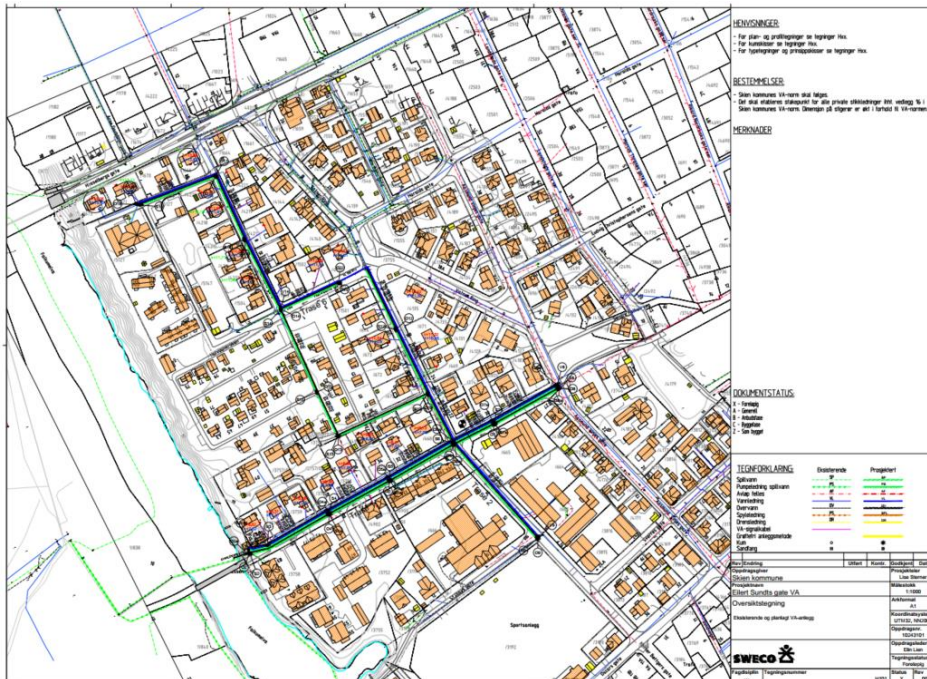
© Innhold fra rapporten kan kopieres delvis, men kilden skal nevnes

Innhold

1	Innledning	4
2	Grunnforhold	4
3	Kvalitetssikring og prosjekteringsforutsetninger	5
3.1	Generelt	5
3.2	Geoteknisk kategori, konsekvensklasse og pålitelighetsklasse	6
3.3	Kontroll av prosjektering iht. eurokoder	6
3.4	Tiltaksklasse	6
3.5	Partialfaktor	6
4	Geotekniske Vurdering VA-trase	7
4.1	Trase 1	7
4.1.1	Profil 0-25	7
4.1.1.1	Stabilitetsanalyser	8
4.1.1.2	Plassering av Graverigg	12
4.1.2	Profil 25-250	12
4.2	Trase 2	13
5	Kontroll for utførelse	14
5.1	Graving	14
5.2	Grøftkasser	15
5.3	Grunnvannsproblematikk	15
6	Referanser	16

1 Innledning

OPV Consulting har blitt engasjert av Skien kommune til å utføre geoteknisk detaljprosjektering av grøfter i forbindelse med VA prosjekt i Eilert Sundts gate og tilhørende gater sør for det (trase 1 og trase 2, Figur 1).



Figur 1. Oversiktstegning

2 Grunnforhold

Tomten ligger under marin grense og grunnen består hovedsakelig av siltig sandig leire etterfulgt av leirige masser inkludert kvikkleire/sprøbruddmateriale [1].

Grunnundersøkelser viser sandig silt de øverste 5m over bløtt leire med en skjærstyrke på ca. 25 kPa langs Eilert Sundts gate (borpunkter 2 og 3 i Figur 2), og det endrer seg til et topplag av siltig og sandig leire til 1,5m over leire mot sørøst langs Hother Bottgers gate (borpunkt 4 i Figur 2) [1].



Figur 2. Boreplan og resultater av grunnundersøkelser [1]

Resultatene fra laboratoriumsundersøkelser i punkt 2 viser sandig silt til 5m dybde etterfulgt av leire med omrørt skjærstyrke på ca. 0,57-0,81 kPa og uomrørt skjærstyrke på ca. 18-23 kPa, som vurderes som sprøbruddmateriale. Vanninnhold er på 45% som indikerer at massene er meget kompressible. Sensitivitet er ca. 29-33 som indikerer middels til høy sensitivitet.

I punkt 3 består massene av siltig sandig leire til 5m etterfulgt av leire med omrørt skjærstyrke på ca. 2,1-2,15 kPa og uomrørt skjærstyrke på ca. 16-25 kPa. Vanninnhold er på 45,7% som indikerer at massene er meget kompressible. Sensitivitet er ca. 8-10 som indikerer middels sensitivitet.

Punkt 4 viser et lag av siltig sandig leire til 1,5m etterfulgt av leire med omrørt skjærstyrke på ca. 1,03-1,16 kPa og uomrørt skjærstyrke på ca. 21-25 kPa. Massene har vanninnhold på 47,4-51,1% (meget kompressible masser) og sensitivitet på ca. 22-28 (middels sensitivitet), og endres til kvikkleire ved dybde på ca. 6,0m. Her er omrørt skjærstyrke på ca. 0,19-0,26 kPa og uomrørt skjærstyrke på ca. 18,5-26 kPa. Kvikkleiren har vanninnhold på 44,1-48,8% (meget kompressible masser) og sensitivitet på ca. 82-99 (høy sensitivitet).

Terrenget er flatt, og områdestabiliteten er tilfredsstillende bortsett fra vestre del av Eilert Sundts gate ved Falkumelva der terrenget skråner bratt ned mot elva. Det forutsettes at denne skråningen er sikret under bygging av Jonasenbrua.

I den vestre delen av Eilert Sundts gate, ved Falkumelva, ligger en SVV-registrert kvikkleiresone (Figur 3).



Figur 3. NVE kvikkleiresoner [2]

3 Kvalitetssikring og prosjekteringsforutsetninger

3.1 Generelt

Prosjekteringen skal følge krav i TEK-10, NS-EN 1997 og NS-EN 1990 samt Statens Vegvesens håndbøker (veiledninger og retningslinjer).

Gjeldende regelverk og standarder som legges til grunn for er oppsummert nedenfor:

- NS-EN 1990:2002+NA:2008 (Eurokode 0)
- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 (Eurokode 7 – del 1)
- NS-EN 1997-2:2007+NA:2008 (Eurokode 7 – del 2)
- Byggeteknisk forskrift: TEK 17
- Byggesaksforskriften: SAK 10
- Statens vegvesen (SVV), Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging
- Statens vegvesen (SVV), Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger

3.2 Geoteknisk kategori, konsekvensklasse og pålitelighetsklasse

NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 stiller krav til prosjektering ut fra geoteknisk kategori. Tiltaket settes i **Geoteknisk kategori 2** med grunnlag i at utbyggingen omfatter «konvensjonelle type konstruksjoner uten unormale risikoer eller vanskelige grunn- eller belastningsforhold». Tabell NA. A1 (901) i nasjonalt tillegg til Eurokode 0 (NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 [3]) gir eksempler på byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler i Pålitelighetsklasser (CC/RC) fra 1 til 4. Arbeidene vurderes å tilhøre **CC/RC 2**.

3.3 Kontroll av prosjektering iht. eurokoder

Eurokode 0 [3] gir krav til omfang av prosjekteringskontroll og utførelseskontroll avhengig av pålitelighetsklasse. CC/RC 2 gir krav om prosjekteringskontrollklasse **PKK2** og utførelseskontrollklasse **UKK2**. CC/RC3 gir krav om PKK3 og UKK3.

3.4 Tiltaksklasse

Geoteknisk prosjektering anbefales plassert i **Tiltaksklasse 2**.

3.5 Partialfaktor

Materialkoeffisienter skal velges på grunnlag av skadekonsekvensklasse (iflg. NS-EN 1990 [3]) og mekanisme som kan forventes avhengig av jordart.

For trafikkerte arealer benyttes det ikke lavere laster enn hva som fremgår i NS-EN-1991-1, tabell 6.8.

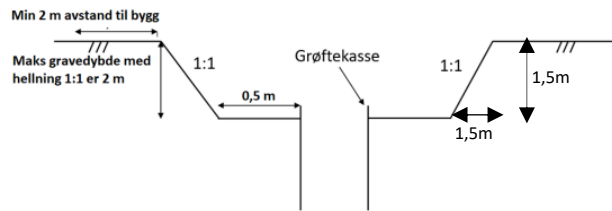
For geotekniske laster benyttes lastfaktor 1,0 for permanente laster og 1,3 for variable laster. (EC0: Tabell NA.A1.2(C)). For gunstige lastvirkninger, og for beregninger i ulykkesgrensetilstand, regnes det med partialfaktor 1,0 på lasta.

Det skal benyttes en partialfaktor for trafikklast på $\gamma_Q = 1,3$ (eller 0 hvis lasten har gunstig virkning) i henhold til Eurokode 7 [4].

Setninger skal vurderes for bruksgrensetilstanden med partialfaktor $\gamma_M = 1,0$ [4].

Følgende gjelder for partialfaktor på effektiv friksjon ($\tan \phi'$) og kohesjon, udrenert skjærfasthet og tyngdetetthet etter dimensjoneringsmetode 3 (NA.A.3.2, ref. [5]):

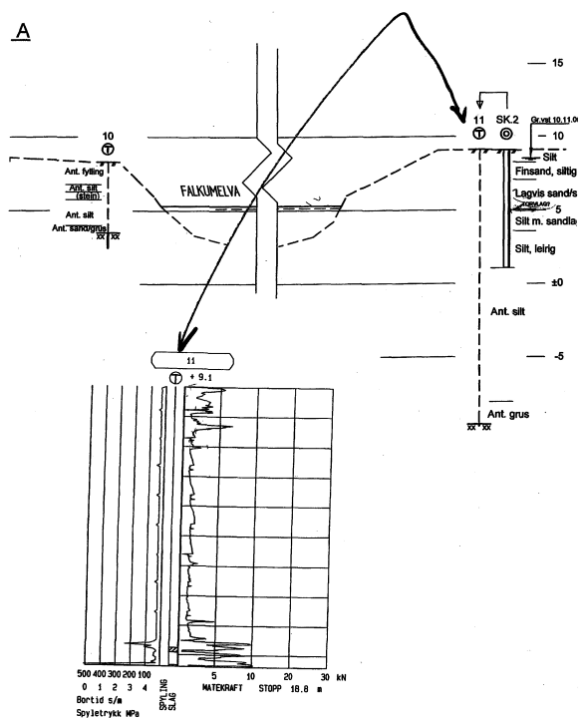
$$\gamma_{\phi'}(M2) = 1,25 / \gamma_{c'}(M2) = 1,25 / \gamma_{cu}(M2) = 1,4 / \gamma_{\gamma}(M2) = 1,0$$



Figur 5. Graveprinsipp med grøftekasser

Siden grunnvannet ligger 2,4 meter under terrenget, og grøften skal graves til 4 meter, vil det måtte graves 1,6 meter under grunnvannsnivå. For å kunne grave trygt og stabilt i disse forholdene må grunnvannshåndtering vurderes nøye.

4.1.1.1 Stabilitetsanalyser

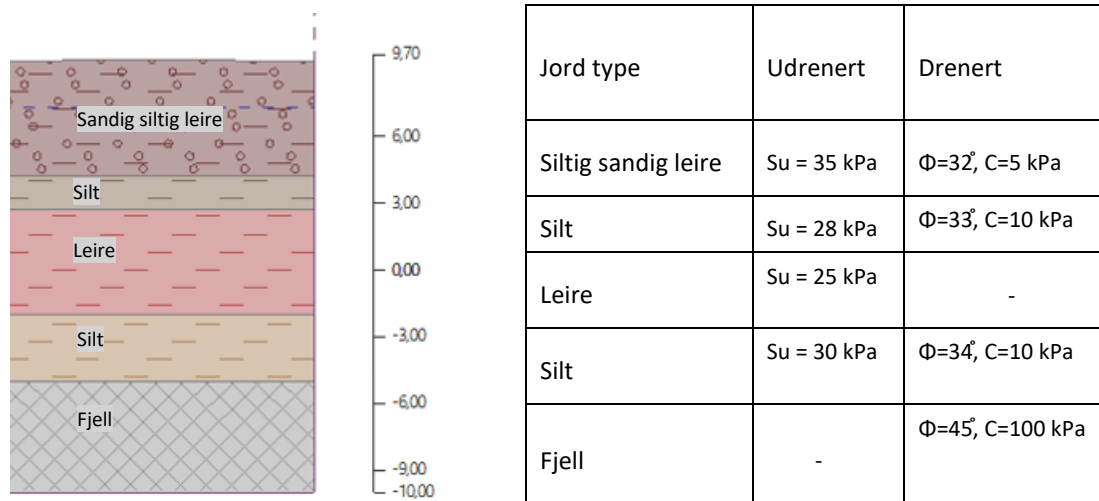


Figur 6. Plassering av ny kum ved Jonasbrua (merkt i rød, til høyre) og jordprofil fra tidligere grunnundersøkelser i 2007 [6] (til venstre)

Stabiliteten er analysert ved bruk av «Geo5 – Slope Stability» i drenert og udrenert tilstand før tiltak og etter graving for ny kum. Det skal brukes grøftekasser for å sikre utgravingen.

Jordprofil og jordparametre som er brukt i beregninger er som Figur 7 nedenfor:

Jordparametre er valgt ihht. utførte grunnundersøkelser, håndbok V220 [7], og er også basert på erfaringstall.



Figur 7. jordprofil ved Falkumelva (borehull 1) og jord parametre [1]

Analysene er utført ifølge EN 1997.

Verification methodology : according to EN 1997

Earthquake analysis : Standard

Design approach : 3 - reduction of actions (GEO, STR) and soil parameters

Partialfaktorer som er brukt i beregninger er vist i Tabell 1

Tabell 1. Partialfaktorer brukte i beregninger

— Partial factors on actions (A) —					
	State STR		State GEO		
	Unfavourable	Favourable	Unfavourable	Favourable	
Permanent actions :	$\gamma_G = 1,35$ [-]	$1,00$ [-]	$1,00$ [-]	$1,00$ [-]	
Variable actions :	$\gamma_Q = 1,50$ [-]	$0,00$ [-]	$1,30$ [-]	$0,00$ [-]	
Water load :	$\gamma_w =$		$1,00$ [-]		
— Partial factors for soil parameters (M) —					
Partial factor on internal friction :	$\gamma_\phi = 1,25$ [-]				
Partial factor on effective cohesion :	$\gamma_c = 1,25$ [-]				
Partial factor on undrained shear strength :	$\gamma_{cu} = 1,40$ [-]				

Grøfttekassen er vurdert som standard vegg med en lengde på ca. 3m og dimensjoner 4m × 0,3m med en kapasitet på ca. 60 kN. Veggene er koblet sammen med to innvendige avstivninger med en strekkstyrke på ca. 50 kN/m. Den første avstivningen ligger ca. 2,0m under terreng og den andre ligger ca. 3,5m under terreng (Tabell 2).

Tabell 2. Innvendige avstivninger

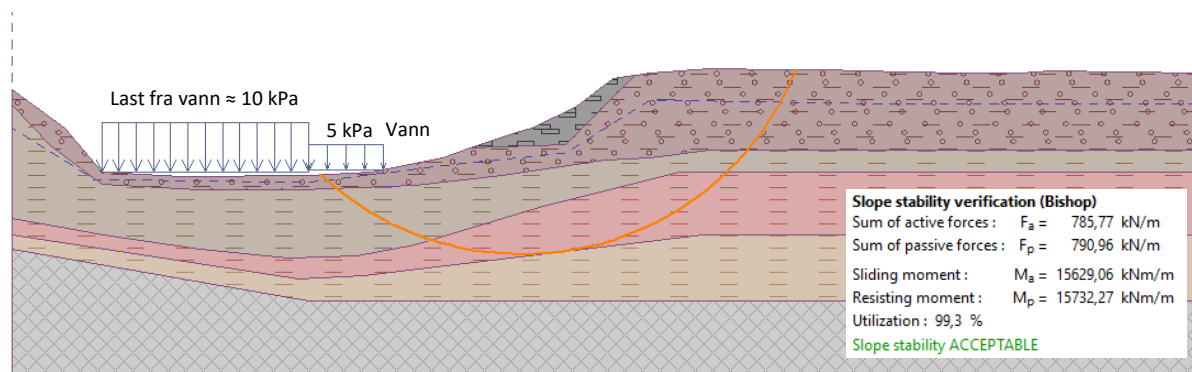
No. ^	Reinforcement new	Point to the left		Point to the right		Length L [m]	Tensile strength R_t [kN/m]	Pull out resistance $C = 0,80$	End of reinf.
		x [m]	z [m]	x [m]	z [m]				
1	Yes	23,00	7,50	26,00	7,50	3,00	50,00		Fixed
2	Yes	23,00	6,00	26,00	6,00	3,00	50,00		Fixed

- Det vurderes at gravemaskin skal stå på Eilert Sundts gate, og vi antar at denne gaten er prosjektert for en last på ca. 20 kPa. og skråning mot elva har blitt stabilisert ved brukonstruksjon. Dette påvirker ikke områdestabiliteten negativt, men effekt av gravemaskinens belastning på lokal stabilitet vurderes videre.

Områdestabilitet:

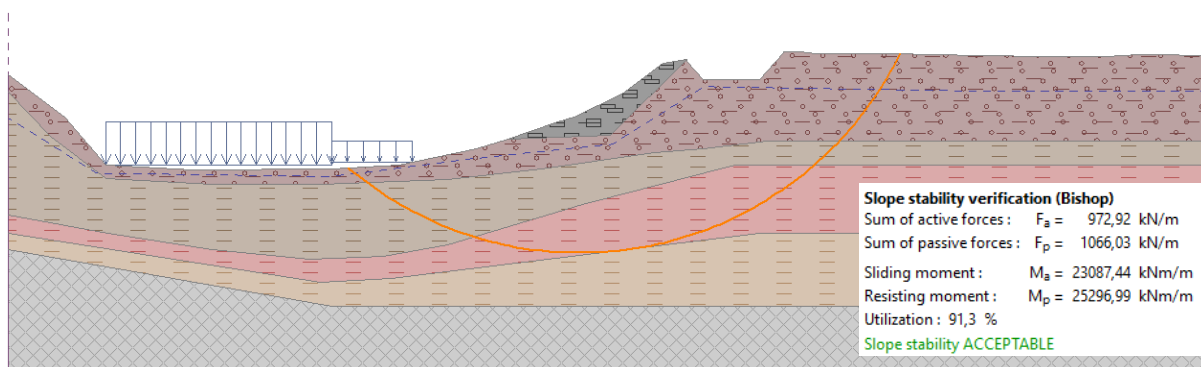
Analyser viser at tiltaket ikke har en negativ innvirkning på områdestabiliteten, som følge av massefjerning fra toppen av skråningen (avlastning), se Figur 8, Figur 9 og Figur 10.

- Fase 1: Dagens situasjon



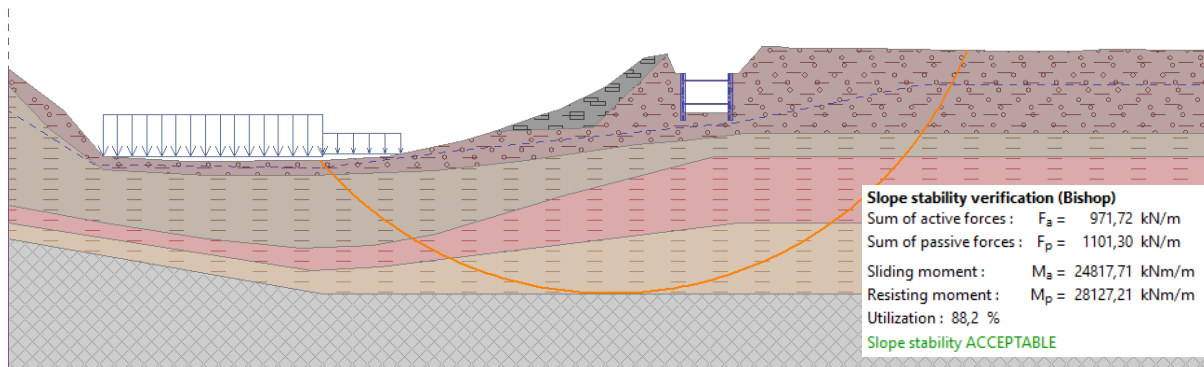
Figur 8. Områdestabilitet før tiltak

- Fase 2: Etter først utgraving til 1,5m dybde



Figur 9. Områdestabilitet etter utgraving til 1,5m dybde (udrenert).

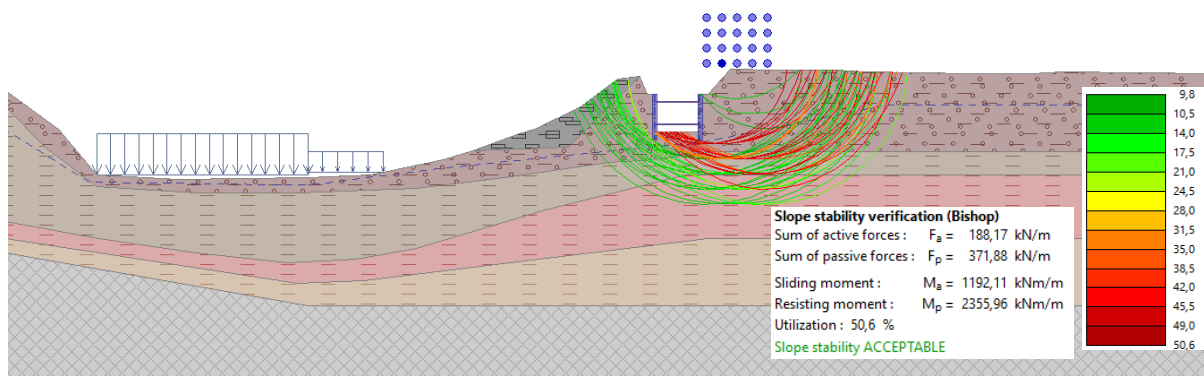
- Fase 3: Etter installering grøftekasser og utgraving til 4m dybde



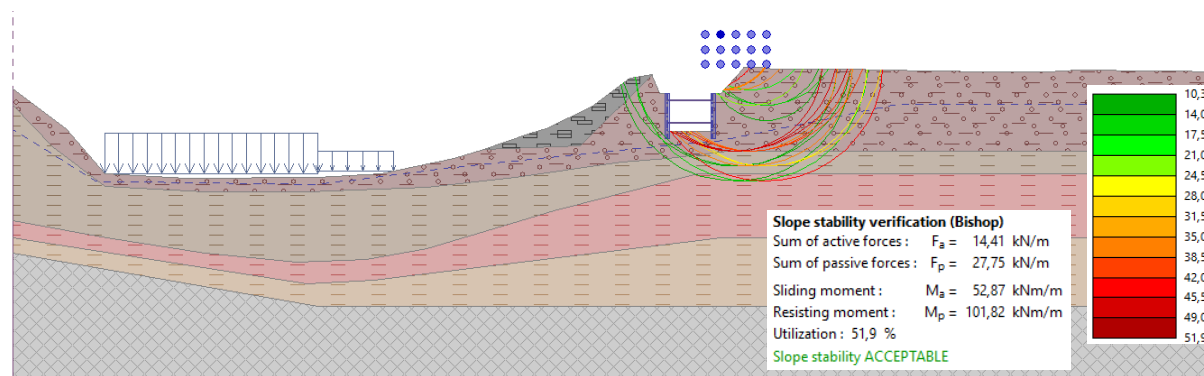
Figur 10. Områdestabilitet etter installering av grøftekasser og utgraving til 4m dybde (udrenert)

Lokalstabilitet:

Resultater av stabilitetsberegninger er vist nedenfor på Figur 11 og Figur 12.



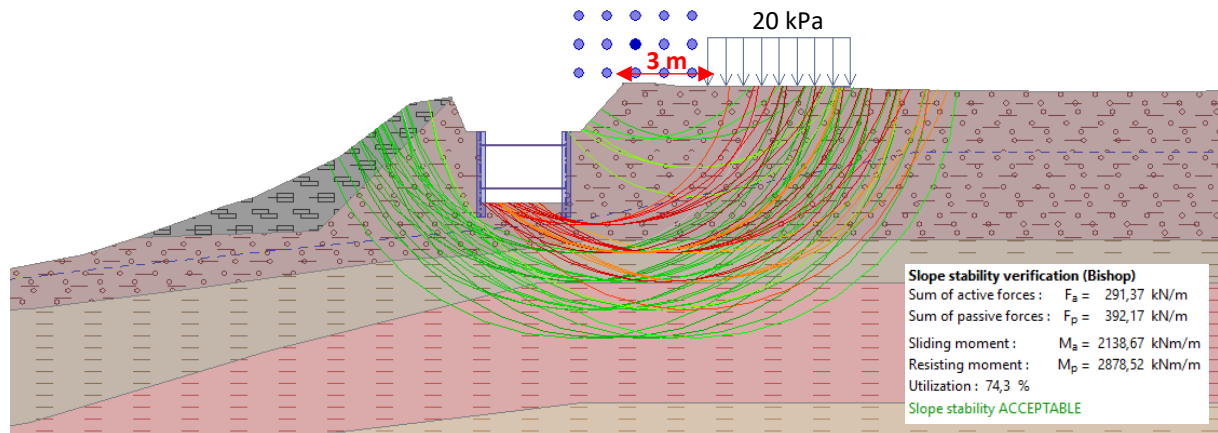
Figur 11. Stabilitetsanalyse etter graving ved bruk av grøftekasser (udrenert tilstand)



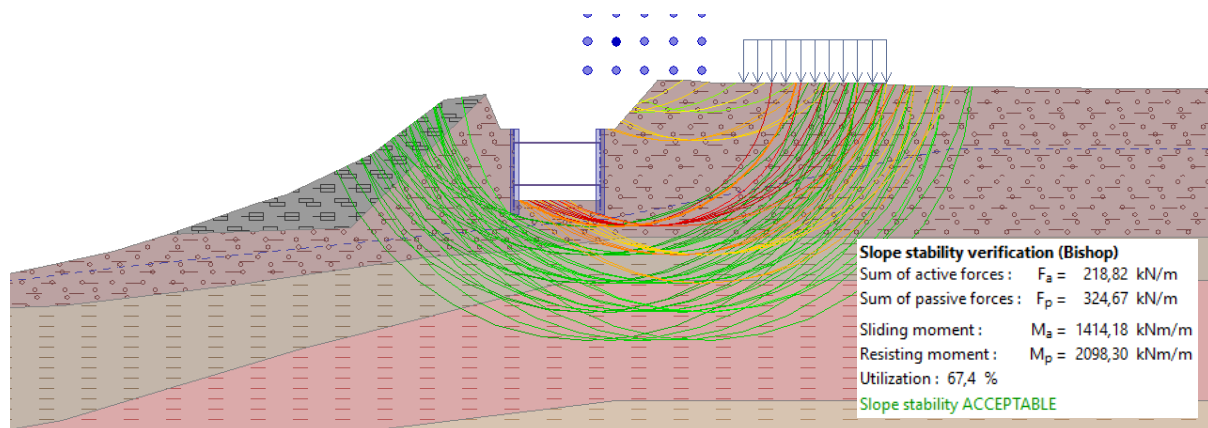
Figur 12. Stabilitetsanalyse etter graving ved bruk av grøftekasser (drenert tilstand)

4.1.1.2 Plassering av Graverigg

Graverigg kan legges på Eilert Sundts gate. Den minste avstand fra grøften for en liten gravemaskin med lengde ca. 5m og last ca. 20 kPa vurderes ca. 3m unna grøften (se Figur 13 og Figur 14).



Figur 13. Plassering av graverigg (udrenert tilstand)



Figur 14. Plassering av graverigg (drenert tilstand)

4.1.2 Profil 25-250

I dette profilet består grunnen av et lag av sandig silt til 5m dybde etterfulgt av leire/sprøbruddmateriale til enden av boringen i 10m dybde. Grunnvannstand ligger ca. 2,4 m under terreng. Området er flatt langs dette profilet og det skal graves ned til 3,6m.

I dette området anbefales bruk av hydrauliske grøftkasser eller skyveskjold-grøftkasser med vanntette skjøter, som gir den nødvendige fleksibiliteten for å håndtere de løse massene (sand, silt og leire), samt stabiliteten når det graves under grunnvannsnivå.

For å oppnå tilstrekkelig sikkerhet for utgravninger i tettebebygde områder foreslås det å bruke grøftkasser. Dette prinsippet kan deles opp i følgende trinn (Figur 15):

- 1) Graving 1:1 ned til 1,5-meters dybde i sandig silt lag over grunnvannstand.
- 2) Etablere en 0,5-meters bredd hylle på begge sider av planlagt VA-ledning.
- 3) Videre utgraving utført med grøftkasser ned til nødvendig dybde

Ved O6 består grunnen av et lag av siltig sandig leire til 5m dybde etterfulgt av siltig leire. Tykkelsen på siltig sandig leire reduseres til 1,5m ved O9 og leire går over til kvikkleire fra 4m dybde ved O9. Grunnvannstand antas ca. 2,4 m under terreng.

I dette området anbefales bruk av hydrauliske grøftekasser eller skyveskjold-grøftekasser med vanntette skjøter, som gir den nødvendige fleksibiliteten for å håndtere de løse massene (sand, silt og leire), samt stabiliteten når det graves under grunnvannsnivå.

Det er nødvendig med ekstra sikring, som jordspyd eller ankerbolter, for å holde grøftekassen stabilt på plass.

Prinsippet kan brukes i trinnene vist i Figur 15 for Trase 1 profil 50-100.

Det skal bemerkes at gravedybden langs denne traseen i profil 60 - 100, spesielt ved O9, ikke skal være mer enn 2,5 meter.

5 Kontroll for utførelse

Følgende kontrollpunkt er foreslått i forbindelse med utførelse, overvåkning og/eller fremtidig vedlikehold. Entreprenøren er ansvarlig for å overvåke alle forhold under gravearbeidene og iverksette nødvendige tiltak og forholdsregler. Entreprenør skal umiddelbart kontakte ansvarlig prosjekterende geotekniker dersom grunnforholdene avviker fra beskrivelsen i prosjekteringsrapporten, eller ved uvanlige måledata registrert av overvåkingsutstyret.

Det bør, før start av anleggsarbeid, gjennomføres besiktigelse av tilstøtende boliger/bygninger for hus som er plassert innenfor ca. 3 ganger utgravingsdybden.

Tilstanden av bygninger rundt grøfter bør vurderes innen graving. Observeres det begynnende skader på bygg i forbindelse med graving må grøften fylles opp og geotekniker kontaktes.

Det skal installeres inklinometre og setningsmålere for å overvåke bevegelser i grunnen. Dette kan hjelpe med å oppdage tidlige tegn på deformasjon eller setning.

5.1 Graving

Ifølge Direktoratet for arbeidstilsynet Forskrift [8], best.nr. 151: Graving og avstiving av grøfter, kan graving over grunnvannsstand kan settes til helning 1:1.

- Graving dypere en 3.0 m skal utføres med gravskråning 1:3.
- Gravearbeider må utføres skånsomt, spesielt mot eksisterende bygg.
- Gravemassene bør plasseres i så stor avstand som mulig fra grøftevegger. Minst 5 meter.
- Kjøretøy bør unngå å kjøre nær kanten av skråningen da dette kan føre til et ekstra moment og skjærkrefter som kan påvirke stabiliteten. Å holde en avstand på minst 3 meter fra skråningskanten kan redusere risikoen for utglidning.
- Entreprenør må utarbeide en kontrollplan for gravearbeider og oversende denne til ansvarlig geotekniker.

5.2 Grøftekasser

- Det anbefales bruk av hydrauliske grøftekasser eller skyveskjold-grøftekasser med vanntette skjøter, som gir den nødvendige fleksibiliteten for å håndtere de løse massene (sand, silt og leire), samt stabiliteten når du graver under grunnvannsnivå.
- Grøftekassen skal korrekt sikres for å unngå bevegelser i det sandig-siltige laget. Feil avstivning og sikring kan føre til at grøftekassen sklir eller kollapser, spesielt i ustabile grunnforhold.
- Tett igjen lekkasjepunkter, og sørg for at grøftekassen er godt forseglet. I områder med sand og silt over kvikkleire kan lekkasjer føre til erosjon som påvirker stabiliteten.
- Fjern løsmasser som kan føre til uønsket trykk mot grøftekassen. Sørg for å avlaste og forberede grunnen rundt grøften, spesielt i topplaget.
- Begrens bruken av tunge maskiner og last i nærheten av grøftekassen, da ekstra belastning kan påvirke stabiliteten, spesielt i nærheten av skråning mot Falkumelva.

5.3 Grunnvannsproblematikk

Grunnvannssenkingarbeidene skal utføres i henhold til Eurocode 7: Geoteknisk prosjektering. Grunnvannssenkingen skal være slik at sidene i utgravingen forblir stabile hele tiden. Ansvar pålegges entreprenør.

Siden grunnvannet ligger ca. 2,4 meter under terrenget, vil det måtte graves noe under grunnvannstanden. For å kunne grave trygt og stabilt i disse forholdene må grunnvannshåndtering vurderes nøye:

- **Bruk av vanntette grøftekasser:**

Ved å bruke grøftekasser som er utstyrt med vanntettende elementer, kan man redusere mengden vann som siver inn. Tetningsmembraner er også særlig nyttige i områder med høyt vanntrykk fra grunnvann eller nærliggende vannkilder som elver.

- **Lensepumper inne i Grøftekassen:**

Lensepumper plassert i bunnen av grøftekassen kan kontinuerlig pumpe ut vann som trenger inn i kassen. Dette er særlig nyttig hvis det er vanskelig å unngå grunnvannsinntrengning helt. Det skal brukes pumper med tilstrekkelig kapasitet til å holde vannstanden nede, spesielt under perioder med mye vanninntrengning.

- **Dreneringssystemer:**

Et annet alternativ er å lage midlertidige dreneringssystemer rundt grøften for å lede bort vannet. Dette kan være et effektivt tiltak hvis vanninnslaget er moderat.

- **Overvåking av Vannstand med Piezometre:**

Installering av piezometre (poretrykksmålere) i nærheten av grøften kan overvåke endringer i grunnvannsnivået utenfor grøftekassen.

For å sikre effektiv drenering etter ferdigstilling av grøftekasser og VA-anlegg, må grøftene fylles med drenerende materiale som grus eller pukk for å sikre god vannavledning, og perforerte drenerør bør installeres i grøftene. Disse rørene vil samle opp vann og lede det bort fra området. Rørene må ha tilstrekkelig fall for å sikre god avrenning. Det skal brukes filterduk rundt drenerørene for å hindre at finmateriale tetter rørene. Dette vil forlenge levetiden til dreneringssystemet.

Hvis grunnvannstanden er høy, kan det være nødvendig å installere pumpebrønner for å pumpe ut vann som samler seg i grøftene. Dette kan være spesielt viktig i områder med sensitiv leire. Overflatevann må ledes bort fra anlegget ved hjelp av skråninger og avskjæringsgrøfter. Dette vil redusere belastningen på dreneringssystemet.

Inspeksjon og vedlikehold av dreneringssystemet er viktig for å sikre at det fungerer optimalt over tid. Eventuelle blokkeringer må fjernes og det må sørges for at drenerørene ikke er skadet.

6 Referanser

- [1] Verkis, «22084010 Geoteknisk datarapport - Eilert Sundts gate _ REV00,» 2024.
- [2] NVE, «NVE Atlas,» [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no/>.
- [3] «Standard Norge, «NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering».
- [4] StandardNorge, *Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering*, NS-EN 1997-1:2004+NA:2020.
- [5] *NA.3.1.2 i Eurokode 8 (NS EN 1998:1 2004 + NA 2014)*.
- [6] Multiconsult, «Møtereferat G-1, Grunnarbeider for gangbrua,» 2007.
- [7] SVV, *Geoteknikk i vegbygging - Håndbok V220*, 2022.
- [8] Arbeidstilsynet, *Forskrift om graving og avstivning av grøfter*, 1985.
- [9] Kartverket, «Høydedata,» [Internett]. Available: www.hoydedata.no.
- [10] SVV, *Håndbok V221 - Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger*, 2014.