

# SKI KOMMUNE



Overføringsledning Ski – Haugbro  
Parsell 2.1 Hebekk skole - Roås  
Geoteknisk rapport  
Vurdering av områdestabilitet  
Juli 2016

# RAPPORT

Ski kommune, Overføringsledning Ski - Haugbro

<b>Rapport nr.:</b> 859750-07 rev.01	<b>Oppdrag nr.:</b> 859750	<b>Dato:</b> 21.07.2016
<b>Kunde:</b> Ski kommune		
<b>OVERFØRINGSLEDNING SKI - HAUGBRO</b> <b>GEOTEKNISK RAPPORT, VURDERING AV OMRÅDESTABILITET</b> <b>PARSELL 2.1 HEBEKK - ROÅS</b> <b>JULI 2016</b>		
<b>Sammendrag:</b>		
<p>Sweco er engasjert av Ski kommune i forbindelse med prosjektering av ny overføringsledning mellom Ski og Haugbro. I den forbindelse må områdestabiliteten vurderes i henhold til NVE veilederen «Kartlegging og vurdering av skredfare i arealplaner» og stabiliteten dokumenteres.</p> <p>Denne rapporten beskriver vurderingene som er gjort med tanke på områdestabiliteten for parsellen 2.1 Hebekk - Roås. For oversiktskart se figur 1.</p>		
01	16.08.2016	Revidert i henhold til kommentarer fra uavhengig kontroll
<b>Rev.</b>	<b>Dato</b>	<b>Revisjonen gjelder</b>
<b>Utarbeidet av:</b> Vegard Søderholm		<b>Sign.:</b> <i>Vegard Søderholm</i>
<b>Kontrollert av:</b> Hans Jonny Kvalsvik		<b>Sign.:</b> <i>Hans Jonny Kvalsvik</i>
<b>Oppdragsansvarlig / avd.:</b> Ole Einar Garder/ 221 Ski Infrastruktur		<b>Oppdragsleder / avd.:</b> Pål Jacobsen / 125 Ski Prosjektadministrasjon

## Innhold

<b>1</b>	<b>INNLEDNING</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>GRUNNLAG</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>TERRENG OG GRUNNFORHOLD</b> .....	<b>1</b>
<b>4</b>	<b>Soneavgrensning og klassifisering</b> .....	<b>3</b>
4.1	Skadekonsekvensvurdering .....	4
4.2	Faregradvurdering.....	4
4.2.1	Tidligere skredhendelser .....	5
4.2.2	Tidligere /nåværende terrengnivå – overkonsolidering .....	5
4.2.3	Poretrykk .....	5
4.2.4	Kvikkleiremektighet.....	5
4.2.5	Erosjon .....	5
4.2.6	Inngrep .....	5
4.3	Risikoklasse .....	5
<b>5</b>	<b>Krav til stabilitet</b> .....	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>Stabilitetsberegninger</b> .....	<b>7</b>
6.1	Beregningsprofiler .....	7
6.2	Grunnlag for styrkeparametere.....	8
6.3	Anisotropi .....	8
6.4	Skredmekanismer .....	8
6.5	Beregningsparametere.....	9
6.6	Beregningsresultater i ulike profiler .....	9
6.6.1	Profil 1-1 .....	9
6.6.2	Profil 2-2.....	10
6.6.3	Profil 3-3.....	10
6.7	Vurdering av beregningsresultater .....	11
<b>7</b>	<b>Avgrensning av utløpsområde</b> .....	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>Konklusjon</b> .....	<b>12</b>
<b>9</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>13</b>

## VEDLEGGSLISTE

VEDLEGG 1	OVERSIKT OVER GRUNNUNDERSØKELSER
VEDLEGG 2	BEREGNINGSSNITT
VEDLEGG 3	C <sub>uD</sub> -PROFILER
VEDLEGG 4	STABILITETSBEREGNINGER

# 1 INNLEDNING

Sweco er engasjert av Ski kommune i forbindelse med prosjektering av ny overføringsledning mellom Ski og Haugbro. I den forbindelse må områdestabiliteten vurderes i henhold til NVE veilederen «Kartlegging og vurdering av skredfare i arealplaner» og stabiliteten dokumenteres.

Denne rapporten beskriver vurderingene som er gjort med tanke på områdestabiliteten for parsellene 2.1 Hebekk - Roås. Dette utgjør en strekning på ca. 1250 m (se figur 1). Til sammen utgjør alle parsellene en strekning på 4,6 km.

# 2 GRUNNLAG

Det er ingen tidligere kartlagte kvikkleiresoner i området. Grunnlagsdata som har vært tilgjengelig for vurderingene av området er vist i vedlegg 1.

# 3 TERRENG OG GRUNNFORHOLD

## *Parsell 2.1 Hebekk - Roås*

Fra Hebekk skole heller terrenget relativt slakt fra kote 120 og ned til ca. kote 110 ved Roås. Løsmassekartet til NGU viser tykk hav- og fjordavsetninger med sammenhengende dekke, ofte med stor mektighet. Ved Roås og ved Hebekk skole er det markert randmorene og marin strandavsetning. Mot vest avgrenses området av Oppedgårdsveien som ligger på morene og berg. Mot vest slaker terrenget ut mot Langhusveien. Det er også tynne forekomster av leire over morene.

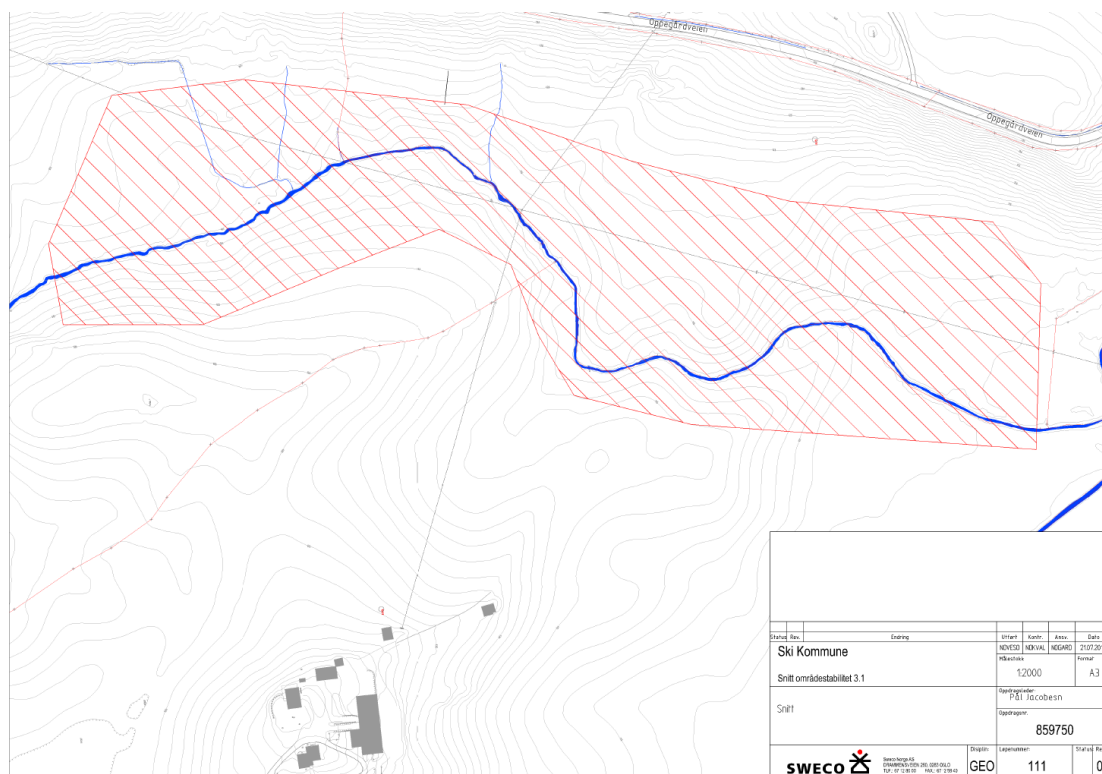
Dalsbekken renner tvers over jordene og terrenget heller slakt ned mot Dalsbekken med en høydeforskjell på opptil 25 m mot øst og 15 m mot vest. Totalsonderingene på jordene viser bløt leire og leire/silt over morene. De dypeste forekomstene av kvikkleire er i umiddelbar nærhet til Dalsbekken. CPTU-sonderingene viser sensitiv/kvikk leire i opptil 10 m mektighet[1,2].



Figur 1 Oversiktskart over parsell 2.1, Oransje stiplet linje viser ledningstrasé. [NGUs Løsmassekart]

## 4 Soneavgrensning og klassifisering

På området på jordene ved Hebekk er det funnet en kombinasjon av sprøbruddsmaterialer og terreng med helning brattere en 1:15. Området avgrenses av berg/morene i øst og morene mot vest. Kart med avgrensning av sonen er vist i figur 2.



Figur 2 Avgrensning av mulig løseområde.

Klassifiseringen av kvikkleiresoner gjøres etter metode beskrevet i rapporten «Program for økt sikkerhet mot leirskred – Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire» utarbeidet av NGI i 2001, revidert 2008 [3]. Det er i henhold til denne brukt en kvalitativ metode som er basert på poengverdier. Faregraden er vurdert med utgangspunkt i grunnforhold, topografi og hydrologi i området. Konsekvens er evaluert med utgangspunkt i bebyggelse, konstruksjoner og infrastruktur innenfor sonen. Risikoklassen er en funksjon av faregrad og konsekvens. Det er fem risikoklasser, der 5 er høyeste nivå. Tabellene som brukes for bestemmelse av konsekvens og faregrad er presentert i figurene Figur 3 og Figur 4. Ved tiltak i områder med kvikk eller sensitiv leire må NVE sin veileder: «Sikkerhet mot kvikkleireskred», veileder nr. 7-2014 [4] legges til grunn. For reguleringsplan, senest byggesak hvis ingen utredning er gjort på reguleringsplannivå, tilsier dette en fullstendig utredning som innebærer både identifisering og avgrensning av kvikkleireområder med potensiell skredfare (punkt 1-5) og avgrensning og faregradsevaluering av faresoner (punkt 6-9) basert på foreliggende grunnlagsdata.

## 4.1 Skadekonsekvensvurdering

I forbindelse med faresondeevalueringen er det gjort en egen vurdering av skadekonsekvens for sonen. Denne fremkommer av Figur 3.

Faktorer	Vekttall	Konsekvens, score				Score	Poeng	Kommentar
		3	2	1	0			
Boligenheter, antall	4	Tett>5	Spredt>5	Spredt<5	Ingen	0	0	
Næringsbygg, personer	3	>50	10 - 50	<10	Ingen	0	0	
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	0	0	
Vei, ÅDT	2	>5000	1001 - 5000	100-1000	<100	1	2	Oppegårdsveien ligger på berg/morene.
Toglinje, baneprioritert	2	1- 2	3 - 4	5	Ingen	0	0	Nei
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	0	0	Lokal, mulig distribusjon
Oppdemning/flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	1	2	godt med fall til kryssningen av Oppegårdsveien
Sum poeng		45	30	15	0		4	
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %			
		Skadekonsekvensklasse						
		Meget alvorlig	Alvorlig	Mindre alvorlig				
		23 - 45	7 - 22	0 - 6				

Figur 3 Skadekonsekvensvurdering

En poengsum på 4 av 45 tilsvarer konsekvensklasse 1, mindre alvorlig, og 8,9 % av maksimal poengsum.

## 4.2 Faregradvurdering

Faktorer	Vekttall	Vurdering faregrad	Poeng	Kommentar	Faregrad, score			
					3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	0	0	Tidligere skredaktivitet er ikke påvist.	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde	2	2	4	Total skråningshøyde opptil 25 m mot vest og 15 m mot øst	>30	20-30	15-20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå	2	3	6	Ingen kjente inngrep, men er ikke undersøkt i detalj.	1.0-1.2	1.2-1.5	1.5-2.0	>2.0
Poretrykk, overtrykk	3	2	6	Piezometer ikke avlest, men oppkom av vann i enkelte borhull.	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk
Poretrykk, undertrykk	-3	0	0	Piezometer ikke avlest	>-50	-(20-50)	-(0-20)	Hydrostatisk
Kvikkleiremektighet	2	2	4	Kvikkleire mulig 10 m mektighet.	>H/2	H/2 - H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	3	3	Registrert sensitivitet opp til 105	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	1	3	Bekk i bunn av skråningene.	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen
Inngrep, forverring	3	0	0	Tiltaket vil ikke innebære forverring.	Stor	Noe	Liten	Ingen
Inngrep, forbedring	-3	0	0	Tiltaket vil ikke innebære forbedring.	Stor	Noe	Liten	Ingen
<b>Poeng</b>		<b>26</b>	<b>26</b>					
<b>Faregradsklasse</b>		<b>Høy</b>			<b>Faregradsklasse</b>			
					<b>Lav</b>	<b>Middels</b>	<b>Høy</b>	
					0-17	18-25	26-51	

Figur 4 Faregradevaluering for kvikkleiresone

Figur 4 viser faregradvalueringen for sonen. Den gir en poengsum på 26 som tilsvarer faregrad høy og en prosentandel på 51.0 % av maksimal poengsum.

#### 4.2.1 Tidligere skredhendelser

Det er ingen tidligere kjente skredhendelser. Det renner en bekk i bunn av skråningene som kan erodere, denne vil permanent sikres i forbindelse med byggearbeidene.

#### 4.2.2 Tidligere /nåværende terrengnivå – overkonsolidering

Området er benyttet til jordbruk og det er ingen kjente uttak av leire. Det er mulig terrenget har erodert over tid på grunn av bekkeløpet, men det tas utgangspunkt i at leiren er normalkonsolidert.

#### 4.2.3 Poretrykk

Det er ikke registrert poretrykk langs traseen men bormannskapet rapporterte om oppkom av vann på noen borpunkter i umiddelbar nærhet av bekken opptil ca. 1 m over bekkenivå. Dette kan tyde på poreovertrykk i underliggende morenelag.

#### 4.2.4 Kvikkleiremektighet

Kvikkleiremektighet i området er målt opp til 10 m. Med en total skråningshøyde på 25 m gir dette en kvikkleiremektighet på litt mindre en H/2.

#### 4.2.5 Erosjon

Dalsbekken renner gjennom området. Bekken vil bli permanent erosjonssikret i forbindelse med byggearbeidene.

#### 4.2.6 Inngrep

Det skal anlegges VA-anlegg og terrengnivå vil bli tilbakeført til opprinnelig nivå etter byggearbeidene så det vil hverken bli forbedring eller forverring i forbindelse med inngrepet. Stedvis vil det bli stående igjen spunt.

### 4.3 Risikoklasse

Risikoklasse defineres av produktet av skadekonsekvens og faregrad med utgangspunkt i % av maksimal poengverdi [3].

- Risikoklasse 1 omfatter soner med tallverdi fra 0 til 170
- Risikoklasse 2 omfatter soner med tallverdi fra 171 til 630
- Risikoklasse 3 omfatter soner med tallverdi fra 631 til 1 900
- Risikoklasse 4 omfatter soner med tallverdi fra 1 901 til 3 200
- Risikoklasse 5 omfatter soner med tallverdi fra 3 201 til 10 000

Kvikkleiresonen får poengsummen  $8,9 \times 51,0 = 453,9$ . Sonen må derfor plasseres i risikoklasse 2.



## 5 Krav til stabilitet

Hvilke krav til sikkerhet som stilles i NVE-veilederen vil avhenge av tiltaket som er tenkt utført. De ulike tiltakskategoriene er vist i tabell 5.2 i veilederen, og er gjengitt i Figur 5.

Reguleringen omfatter utbygging av Overføringsledning mellom Ski og Haugbro som er et større VA-anlegg. Dette tilsier tiltakskategori K3.

Tiltakskategori. Type tiltak som inngår i tiltakskategorien	Hvordan oppnå tilfredsstillende sikkerhet for ulik faregrad		
	Faregrad før utbygging: Lav	Faregrad før utbygging: Middels	Faregrad før utbygging: Høy
<p><b>K2:</b> Tiltak som er nevnt under kategori K1 når tiltaket vil påvirke stabiliteten negativt dersom det ikke gjennomføres stabiliserende tiltak utenom selve tiltaket.</p> <p>Dersom tiltaket medfører tilflytting av personer skal tiltaket plasseres i tiltakskategori K3 eller K4.</p>	<p>a) Stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet <math>F \geq 1,4</math> eller</p> <p>b) Ikke forverring **</p> <p>Kvalitetssikres av kollega.*</p>		<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet <math>F \geq 1,4</math> eller</p> <p>b) Ikke forverring hvis <math>F &gt; 1,2</math>, eller</p> <p>c) Forbedring hvis <math>F \leq 1,2</math>, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>
<p><b>K3:</b> Tiltak som medfører tilflytting av personer med inntil to boenheter, begrenset personopphold eller tiltak med stor verdi (utover tiltak i K0-K2). Ved planlagt større tilflytting/ personopphold gjelder K4.</p> <p>Eksempler er bolighus og fritidsbolig med inntil to boenheter, større driftsbygninger i landbruket, mindre utendørs publikumsanlegg, mindre næringsbygg, større VA-anlegg.</p>	<p>a) Stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet <math>F \geq 1,4</math> eller</p> <p>b) Ikke forverring**</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet <math>F \geq 1,4</math> eller</p> <p>b) Ikke forverring hvis <math>F \geq 1,2</math>, eller</p> <p>c) Forbedring hvis <math>F &lt; 1,2</math>, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet <math>F \geq 1,4</math> eller</p> <p>b) Forbedring hvis <math>F &lt; 1,4</math>, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>
<p><b>K4:</b> Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold enn tiltak i K3 samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner.</p> <p>Eksempler er mer enn to eneboliger /fritidsboliger, rekkehus/boligblokk, bolig- og hyttefelt, skole og barnehage, sykehjem, større næringsbygg, kontorbygg, idretts- og industrianlegg, større utendørs publikumsanlegg, lokale beredskapsinstitusjoner.</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet <math>F \geq 1,4</math> eller</p> <p>b) Forbedring hvis <math>F &lt; 1,4</math>, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>		<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet <math>F \geq 1,4</math> eller</p> <p>b) Vesentlig forbedring hvis <math>F &lt; 1,4</math>, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>

Figur 5 Tabell 5.2 i NVEs kvikkleireveileder

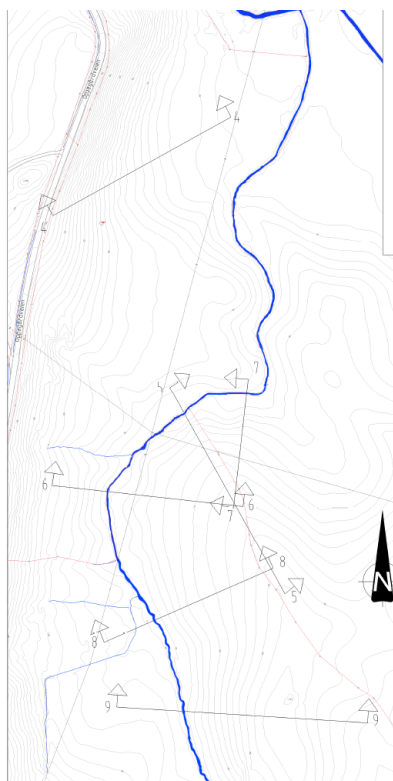
## 6 Stabilitetsberegninger

### 6.1 Beregningsprofiler

Det er gjort stabilitetsberegninger, både totalspenningsanalyser (ADP) og effektivspenningsanalyser ( $a-\phi$ -basis) i ulike snitt på området. Hensikten med stabilitetsberegningene er å vurdere om skråningsstabiliteten tilfredsstillende NVE sine krav til sikkerhet. For tiltak i tiltakskategori K3 i soner med høy faregrad stilles det krav om: a) en sikkerhetsfaktor  $F \geq 1,4$ , b) Forbedring hvis  $F < 1,4$  etter figur 5.1 i veilederen [4]. Dersom det ikke er tilstrekkelig sikkerhet for opprinnelig terreng, vil det være nødvendig med en forbedring.

For området nord for Hebekk og vest for Ense er det utført beregninger i 6 snitt. Profilene er vist i Figur 6 og vedlegg 2. Profil 4-4 strekker seg gjennom nordre del av jordet fra Tallaksrud ned mot Dalsbekken. Profil 5-5 går nordvest-sørøst fra Ense ned mot Dalsbekken langs ryggen på åskammen. Profil 6-6 går fra øst mot vest over Dalsbekken. Profil 7-7 går fra sør mot nord opp åskammen mot Ense. Profil 8-8 går sør på jordet fra åskammen ved Ense ned mot og over Dalsbekken. Profil 9-9 nærmer seg Hebekk og går vest mot øst over Dalsbekken. Deler av profilene går utenfor det som er definert som kvikkleireområde.

Stabilitetsvurderingene er gjort for dagens situasjon, som vil være lik situasjonen etter at VA-anlegget er bygget. For tiltak i K3 med faregrad høy vil det ved sikkerhetsfaktor under 1,4 utløses krav til stabilisering.



Figur 6 Beregningsprofiler

## 6.2 Grunnlag for styrkeparametere

Styrkeparametere og lagdeling er valgt med utgangspunkt i utførte grunnundersøkelser. Det er utført grunnundersøkelser som innbefatter totalsonderinger og CPTU-sonderinger. Det er også benyttet empiriske formler som  $0,2p_0'$  som sammenfalt godt med CPTU-sonderinger for et punkt langs traseen. Tolkning av effektivspenningsparametere er basert på triaxial test utført på parsell 3.2 [6].

## 6.3 Anisotropi

I følge NVEs retningslinjer anbefales det ved utledning av udrenert skjærfasthet fra CPTU-sonderinger og blokkprøver at  $c_{uA}$  reduseres med 15% for sprøbruddsmaterialer.

Beregningene på totalspenningsbasis er utført som en ADP-analyse med en anisotropisk jordmodell med følgende forhold mellom aktiv,  $c_{uC}$ , passiv,  $c_{uE}$ , og direkte,  $c_{uD}$ , skjærstyrke:

$$c_{uE}=0,35 c_{uC}$$

$$c_{uD}=0,63 c_{uC}$$

Disse verdiene kommer fra NIFS rapport 14/2014, En omforent anbefaling for bruk av anbefaling i prosjektering i norske leirer, ref [5].

Både konusforsøk og enaks gir resultater som tilsvarer  $c_{uD}$ .

## 6.4 Skredmekanismer

Rotasjonsskred med glidesirkler ned i sensitiv leire vurderes å være aktuell bruddmekanisme. Beregningene viser økt sikkerhet ved lengere glideflater. Beregningsparameterne er valgt konservativt ut fra de utførte undersøkelsene på og i nærheten av området og fra erfaringsparametere.

Sannsynligheten for initialskred som følge av erosjon er vurdert til liten da Dalbekken vil bli erosjonssikret.

## 6.5 Beregningsparametere

Styrkeparametere som er benyttet i beregningen på effektivspenningsbases er vist i Figur 7.

Materiale	Romvekt kN/m <sup>3</sup>	tan $\varphi$	Attraksjon a kN/m <sup>2</sup>	$\varphi$ °	Grunnlag
Tørrskorpeleire	19	0,58	0	30	Antatt (SSV HB V220)
Kvikkleire	19	0,47	5	25	Antatt (Triax parsell 3.2 [6])
Leire/silt	19	0,52	5	27,5	Antatt (Triax parsell 3.2 [6])
Morene	19	0,84	1	40	Antatt (erfaringsverdi)

Figur 7 Parametervalg i utførte stabilitetsberegninger

De benyttede skjærstyrkeprofilene,  $c_{uD}$ -profilene, er vist i vedlegg 3. Profilene er basert på undersøkelser i og i nærheten av beregningsprofilene. Der det ikke er utført undersøkelser videre oppover eller nedover i skråningen, er siste resultat lagt til grunn for resten av profilet. C-profilene er tolket fra CPTU-sonderinger tolket i  $c_{uD}$ . Der er derfor ikke nødvendig å redusere aktiv skjærfasthet med 15 % som beskrevet i NVE veilederen [4].

Det er ikke tatt hensyn til 3D-effekter i stabilitetsberegningene i profilene. Regnemetoden Beast i GeoSuite Stability antar plan tøyning.

## 6.6 Beregningsresultater i ulike profiler

Beregnete skjærflater for profilene er vist i vedlegg 4. Plassering av sonderingene som bestemmer bergoverflaten og  $c_{uD}$ -profilene er angitt på profilene/skjærflatene.

### 6.6.1 Profil 4-4

Profil 4-4 strekker seg gjennom nordre del av jorden fra Tallaksrud ned mot Dalsbekken. Det er utført beregninger for dagens situasjonen; som også vil være lik situasjonen etter anleggsarbeidene, med totalspenningsanalyse og effektivspenningsanalyse. Det er også utført en totalspenningsanalyse for anleggsperioden.

Stabilitetsberegningene gir lavest sikkerhet i forbindelse med skråningen opp mot

Oppegårdsveien med en sikkerhetsfaktor på 1,46 for effektivspenningsanalyse. Beregningen av lengre glideflater gir økt sikkerhet. Disse glideflatene vil ikke påvirke kvikkleirelagene i bunnene avskråningen.

Totalspenninganalysene gir høyere sikkerhet for profilet med en sikkerhet på 1,55.

For anleggsperioden er det beregnet en sikkerhet på 1,47 i totalspenningsanalyse, deler av strekningen vil bli spuntet og spuntet vil stå igjen etter prosjektets avslutning.

## 6.6.2 Profil 5-5

Profil 5-5 går nordvest –sørøst fra Ense ned mot Dalsbekken langs ryggen på åskammen.

Stabilitetsberegningene gir en laveste sikkerhet mot utglidning ved beregning på effektivspenningsbasis på 1,42. Dette er for dagens og fremtidig situasjon. Beregning av lengre glideflater gir høyere sikkerhet. Denne glideflaten går ikke gjennom kvikkleirelaget.

Totalspenningsanalyse gir høyere sikkerhet for profilet med sikkerhet på 1,58.

Beregningen for anleggsperioden viser en sikkerhet på 1,88 i totalspenningsanalyse.

## 6.6.3 Profil 6-6

Profil 6-6 går fra øst mot vest over Dalsbekken.

Stabilitetsberegningene gir en laveste sikkerhet mot utglidning ved beregning på effektivspenningsbasis på 1,57 på vestsiden av bekken opp mot Oppegårdsveien. På totalspenningsbasis blir beregnet sikkerhet 1,62. Sikkerhet i anleggsperioden viser 1,41.

På østsiden av Dalsbekken viser analysene sikkerhetsfaktor 3,86 for totalspenningsanalyse og 3,65 for effektivspenningsanalyse.

## 6.6.4 Profil 7-7

Profil 7-7 går fra nord mot sør opp på åskammen mot Ense. Terrenget er heller med skråningshelning ca. 1:10 og gir sikkerhetsfaktor på 1,46 for totalspenningsanalyse og 1,77 for effektivspenningsanalyse. Det er benyttet C-profil i beregningen for å øke  $c_{uD}$  med dybden. Designprofil er vist i vedlegg 3.

## 6.6.5 Profil 8-8

Profil 8-8 går sør på jordet fra åskammen ved Ense ned mot og over Dalsbekken.

Totalspenningsanalysen gir den laveste sikkerhetsfaktoren med 1,42 og effektivspenningsanalysen gir sikkerhetsfaktor på 1,96. I anleggsfasen er sikkerhetsfaktoren 1,57.

## 6.6.6 Profil 9-9

Profil 9-9 nærmer seg Hebekk og går vest mot øst over Dalsbekken. effektivspenningsanalysen gir den laveste sikkerhetsfaktoren med 1,82 og totalspenningsanalysen gir sikkerhetsfaktor på 2,16. I anleggsfasen er sikkerhetsfaktoren 1,40.

## 6.7 Vurdering av beregningsresultater

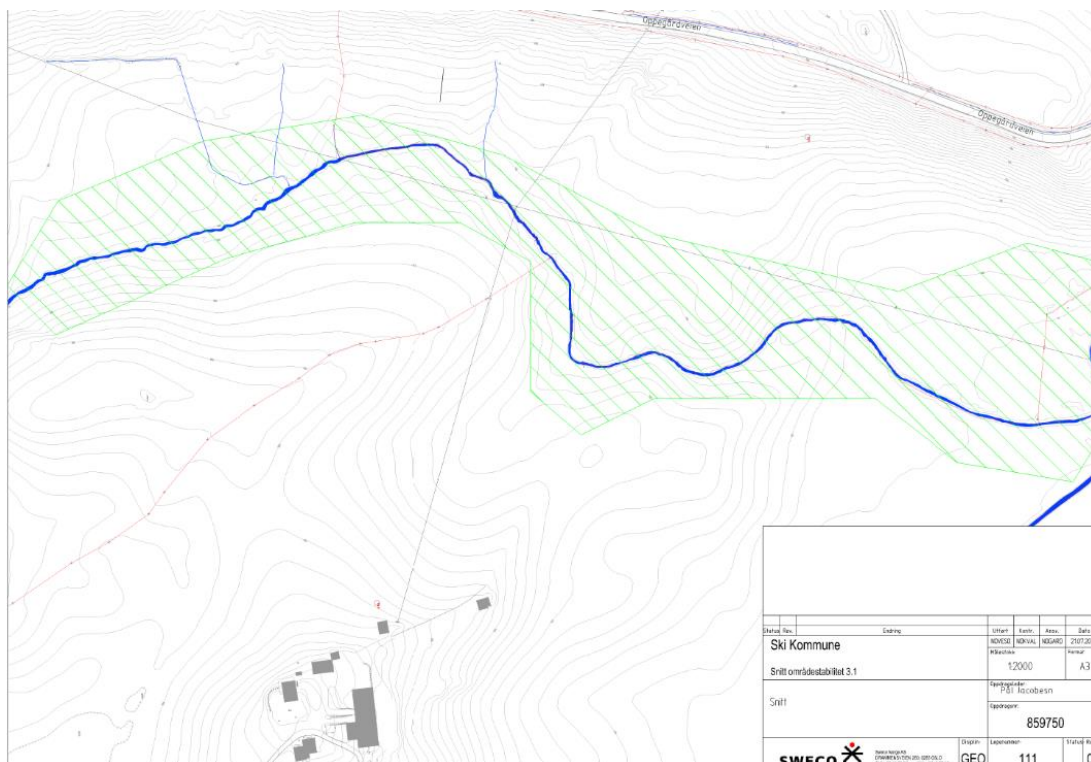
Samlede resultater fra stabilitetsberegningene er vist i Figur 8.

Profil	Situasjon	Før tiltak	Anleggsperiode
4-4	Totalsp. analyse (ADP)	1,55	1,47
4-4	Effektivsp. analyse	1,46	
5-5	Totalsp. Analyse (ADP)	1,58	1,88
5-5	Effektivsp. Analyse	1,42	
6-6 (vestsiden)	Totalsp. analyse (ADP)	1,62	1,41
6-6	Effektivsp. analyse	1,58	
6-6 (østsiden)	Totalsp. analyse (ADP)	3,86	
6-6	Effektivsp. analyse	3,65	
7-7	Totalsp. analyse (ADP)	1,46	
7-7	Effektivsp. analyse	1,77	
8-8	Totalsp. analyse (ADP)	1,42	1,57
8-8	Effektivsp. analyse	1,96	
9-9	Totalsp. analyse (ADP)	2,16	1,40
9-9	Effektivsp. analyse	1,82	

Figur 8 Sammendrag av utførte stabilitetsberegninger

Stabilitetsberegningene viser sikkerhet over 1,4 i alle profilene. For tiltak i konsekvensklasse K3 i soner med høy faregrad er det krav til sikkerhet på 1,4 eller forbedring hvis sikkerheten er under 1,4.

## 7 Avgrensning av utløpsområde



Figur 9 Avgrensning av utløpsområde

Skråningen som er vurdert er en plan skråning som ender i dalbunnen. Mektigheten av kvikkleire er betydelig i bunnen av skråningen og en del av leiren er veldig sensitiv. Ved et eventuelt skred vil en del av massene bli tilnærmet flytende og kunne spre seg over store avstander. Ved et ras vil det være dalbunnen og Dalsbekken som blir påvirket. Avgrensningen er markert i Figur 9.

## 8 Konklusjon

Basert på grunnundersøkelsene som har vært tilgjengelige, er det gjort vurderinger av områdestabiliteten langs utbyggingen av parsell 2.1 Hebekk - Roås i forbindelse med legging av overføringsledning mellom Ski og Haugbro. Det er identifisert et område nord for Hebekk og vest for Ense der det er lokalisert kvikkleire i kombinasjon med skråninger brattere enn 1:15. For resterende deler av strekningen er det enten ikke identifisert kvikkleire eller terrenget har helninger slakere enn 1:15. Det er derfor vurdert at det ikke er fare for områdeskred her.

I området som er identifisert som kritisk på jordene nord for Hebekk og øst for Oppegårdsveien er det utført en faresoneevaluering av en ny sone. Utbredelse av sonen er bestemt ut fra tilgjengelig grunnlag. Beregning av konsekvensklasse gir en poengsum på 4 som tilsvarer konsekvensklasse 1 mindre alvorlig.

Området i sonen er planlagt utbygd med større VA-anlegg, noe som tilsier tiltakskategori K3. Gitt faregrad høy tilsier dette en sikkerhetsfaktor høyere en 1,4, eller forbedring dersom

sikkerhetsfaktoren er lavere enn 1,4. Dette gjelder alle skråninger.

Stabilitetsberegningene viser sikkerhetsfaktor over 1,4 i alle profilene. Dette tilfredsstiller kravene om tilstrekkelig stabilitet i NVEs kvikkleireveileder. Ved utbygging i sonen må det sørges for at tiltakene ikke forverrer stabiliteten i skråningene.

## 9 Referanser

[1] Sweco Norge AS, Rapport 859750-03, Ski kommune, overføringsledning Ski – Haugbro, Grunnundersøkelser parsell 2.1 Hebekk skole - Roås, Datarapport, September 2015 (datert 17.09.2015).

[2] Sweco Norge AS, Rapport 859750-05, Ski kommune, overføringsledning Ski – Haugbro, Supplerende grunnundersøkelser områdestabilitet, Datarapport, Juni 2016 (datert 27.06.2016).

[3] NGI, «Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire,» 31. august 2001, rev. 3; 8. oktober, 2008.

[4] NVE, Veileder: Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddsegenskaper, 2014.

[5] NIFS, Rapport 14/2014 «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer», 30.01.2014

[6] Multiconsult AS, Rapport 810905 – 1, Kongslia Langhus, Grunnundersøkelser for nytt boligfelt, datert 5.03.2007



## VEDLEGG

VEDLEGG 1  
VEDLEGG 2  
VEDLEGG 3  
VEDLEGG 4

OVERSIKT OVER GRUNNUNDERSØKELSER  
BEREGNINGSSNITT  
C<sub>uD</sub>-PROFILER  
STABILITETSBEREGNINGER

## VEDLEGG 1:

### OVERSIKT OVER GRUNNUNDERSØKELSER

Sweco Norge AS, Rapport 859750-01, Ski kommune, Ski – Haugbro, Oppegårdsveien, Ski Grunnundersøkelser, Datarapport, Februar 2015 (datert 10.02.2015).

Sweco Norge AS, Rapport 859750-02, Ski kommune, overføringsledning Ski – Haugbro, Grunnundersøkelser parsell 3.1 Roås - Oppegårdsveien, Datarapport, September 2015 (datert 07.09.2015).

Sweco Norge AS, Rapport 859750-03, Ski kommune, overføringsledning Ski – Haugbro, Grunnundersøkelser parsell 2.1 Hebekk skole - Roås, Datarapport, September 2015 (datert 17.09.2015).

Sweco Norge AS, Rapport 859750-04, Ski kommune, overføringsledning Ski – Haugbro, Grunnundersøkelser parsell 3.2 Oppegårdsveien - Haugbro, Datarapport, September 2015 (datert 18.09.2015).

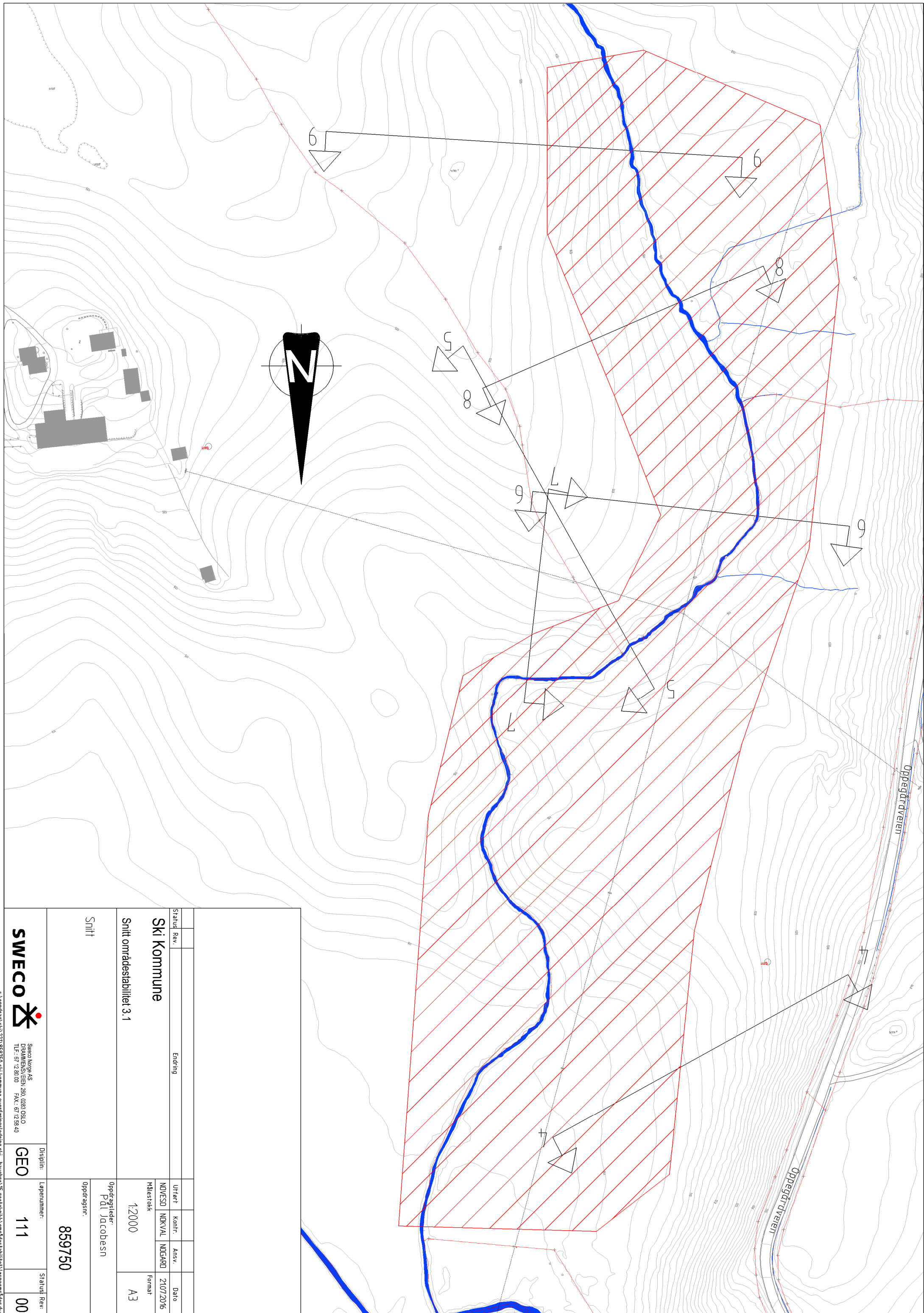
Sweco Norge AS, Rapport 859750-05, Ski kommune, overføringsledning Ski – Haugbro, Supplerende grunnundersøkelser områdestabilitet, Datarapport, Juni 2016 (datert 27.06.2016).

Løvlien Georåd, Rapport 14-18 rapport nr. 1, Ski kommune, VA-Hebekk, Datert 12.03.2014.

Multiconsult AS, Rapport 810905 – 1, Kongslia Langhus, Grunnundersøkelser for nytt boligfelt, datert 5.03.2007

Multiconsult AS, Rapport 810905/1-r1, Kongslia Langhus, Grunnundersøkelser for nytt boligfelt, supplerende boringer høst 2007, datert 06.03.2008

VEDLEGG 2:  
BEREGNINGSSNITT

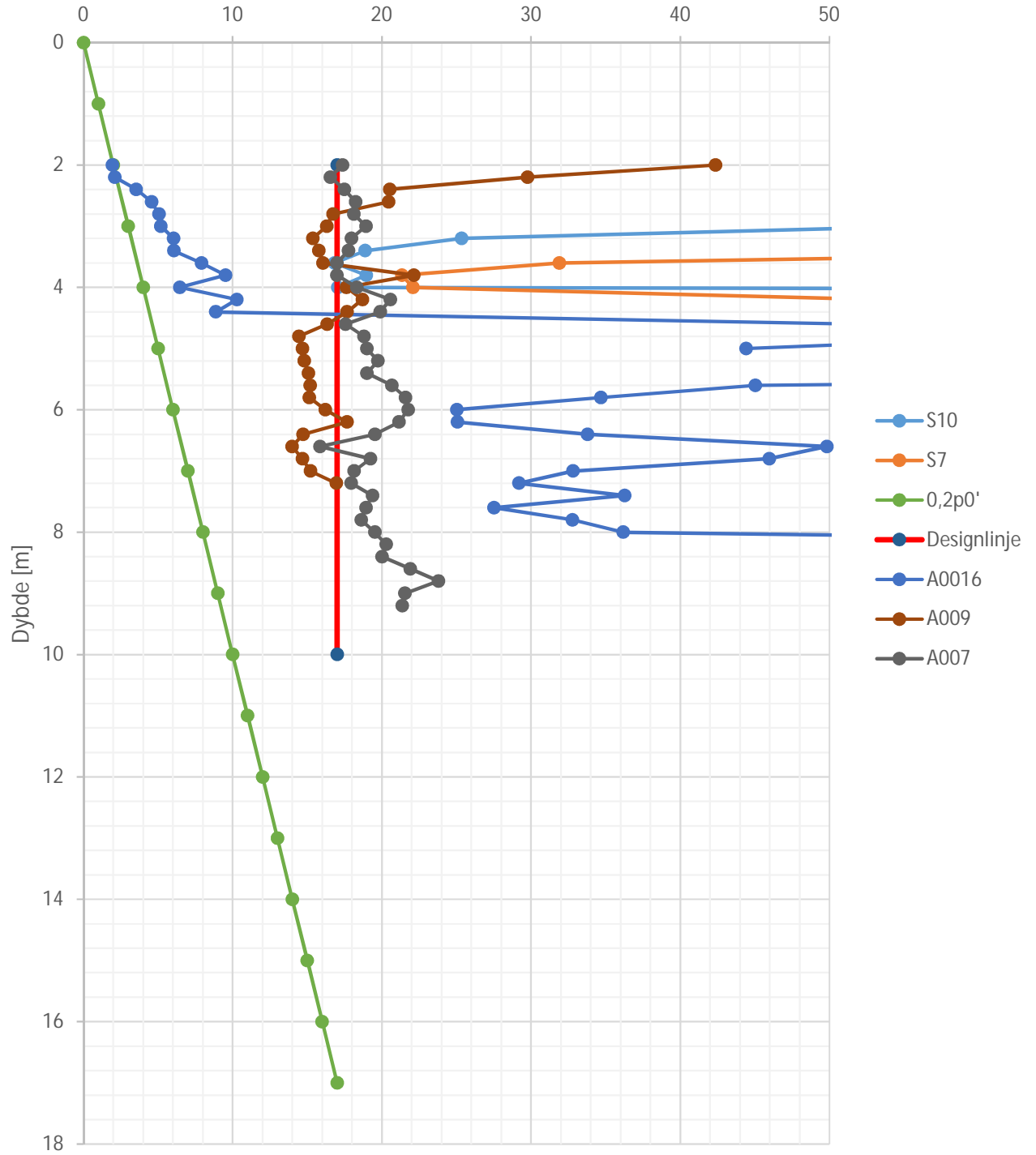


Statustabell	Rev.	Endring	Utført	Konfr.	Ansv.	Dato
<b>Ski Kommune</b>			NOVESD	NOKVAL	NOGARD	21072016
Snitt områdestabilitet 3.1			Målestokk	Format		
1:2000			A3			
Snitt			Oppdragsleder Pål Jacobsen			
Oppdragsnr.			859750			
SWECO			Disiplin:	Løpenummer:	Status Rev.	
			GEO	111	00	
<small>Sveco Norge AS ORHAMNENVEIEN 260, 0283 OSLO Tlf.: 67 28 00 00 Fax: 67 28 94 40</small>			<small>s:\oppdrag\skt\211\859750 Ski kommune overføringsledning ski - haugdalen\te\geoteknikk\områdestabilitet\1\ansvar\aler.dwg</small>			

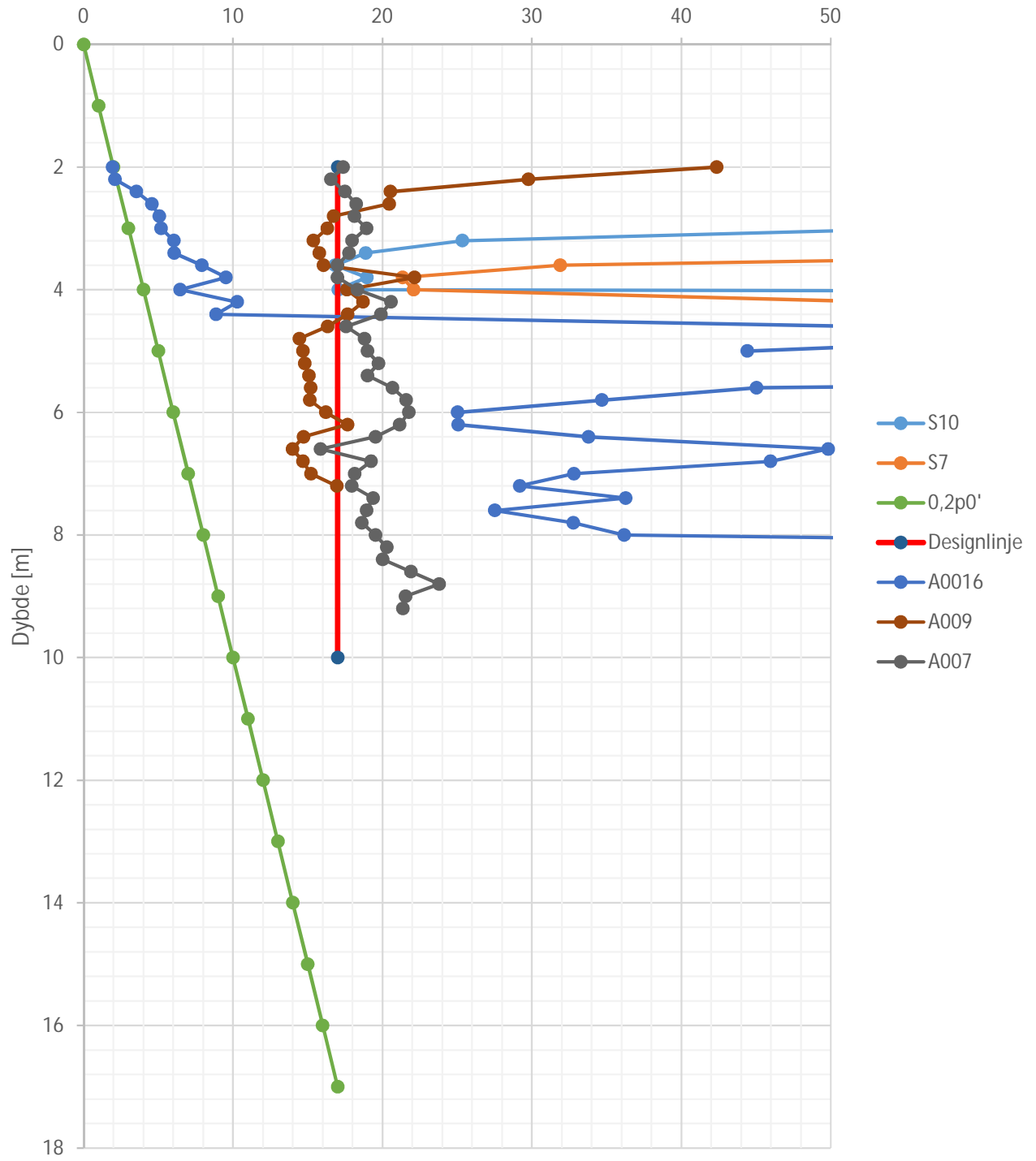
VEDLEGG 3:

C<sub>u</sub>D-PROFILER

Snitt 4-4  
CuD [kPa]

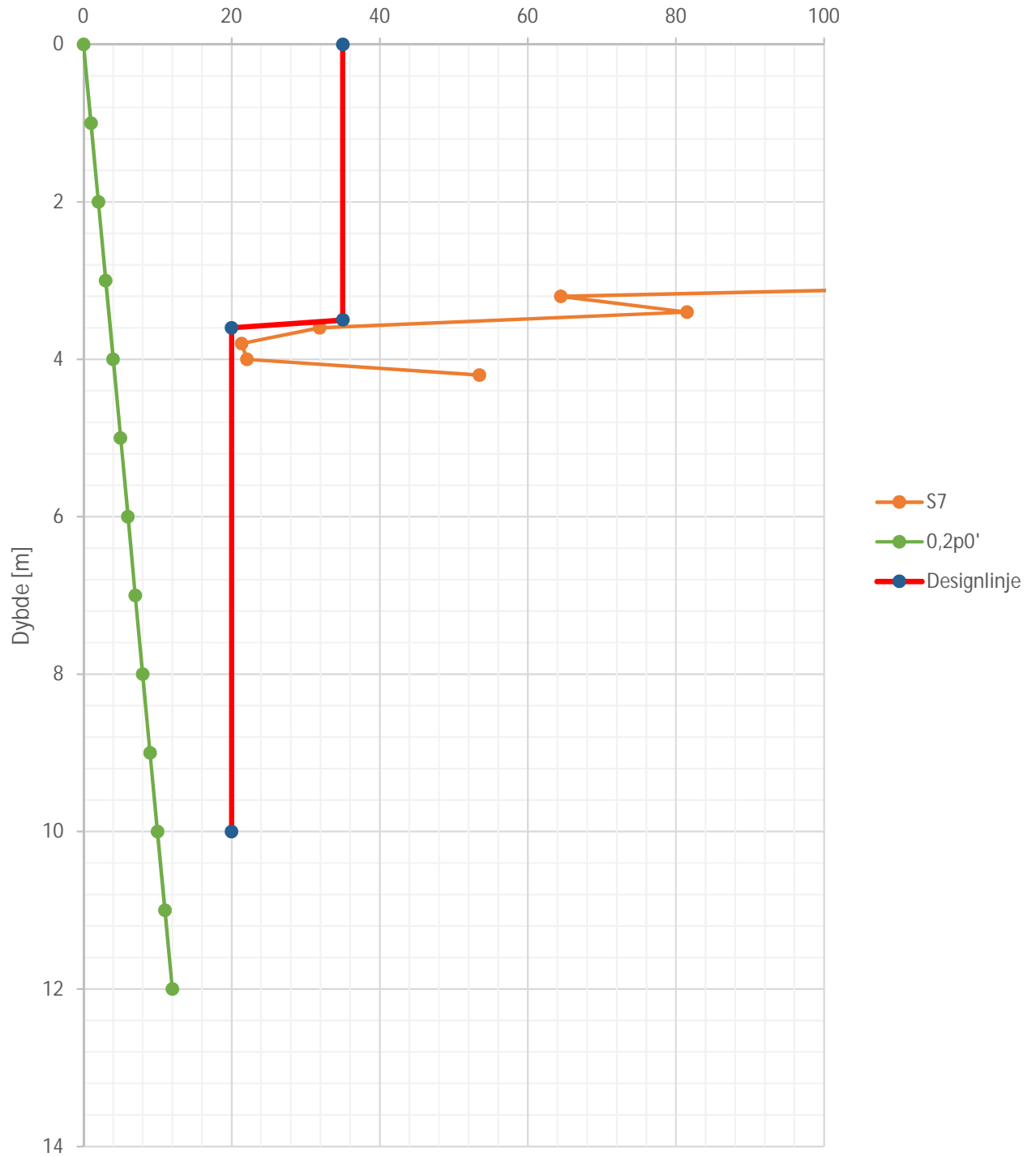


Snitt 5-5  
CuD [kPa]

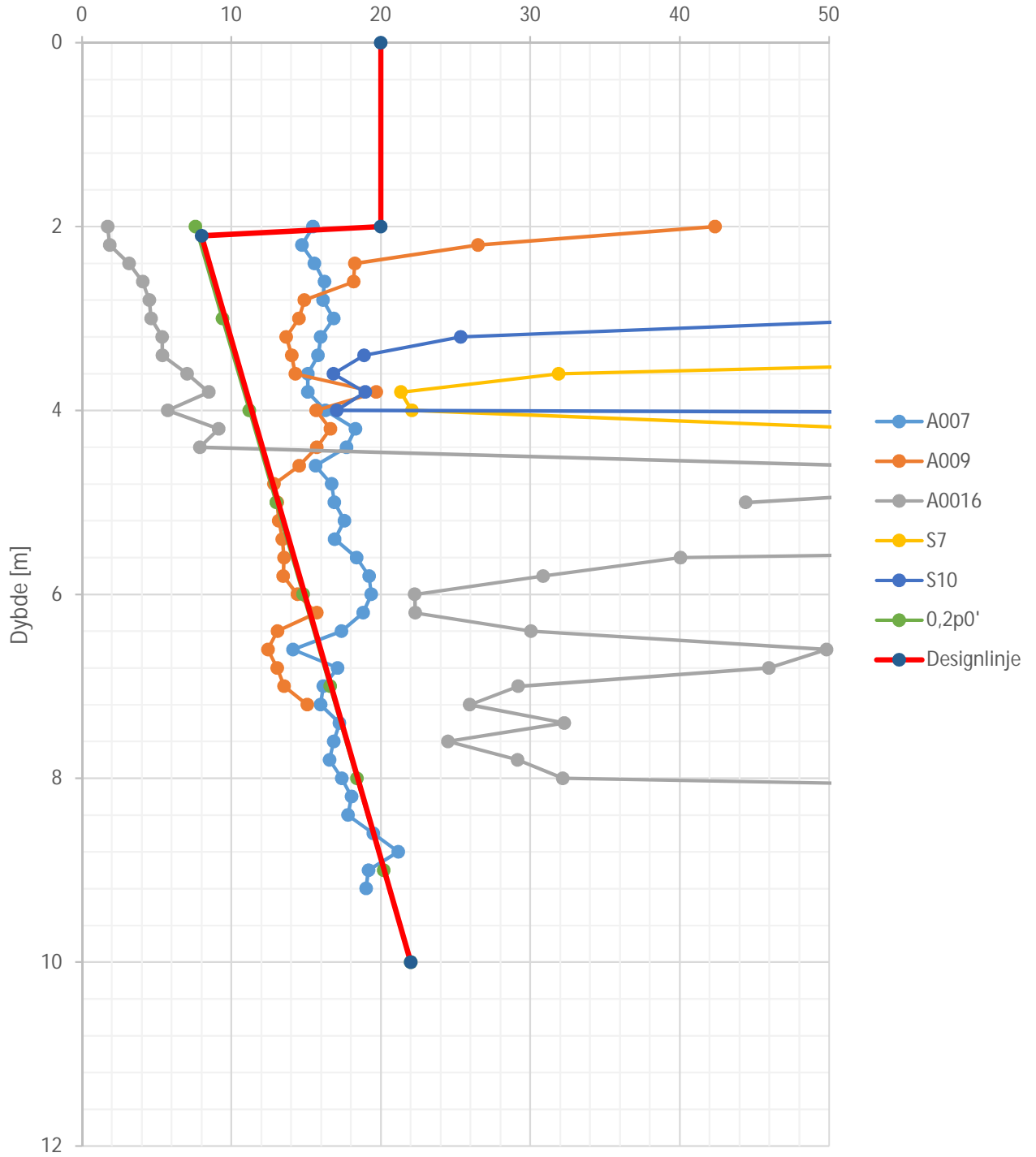




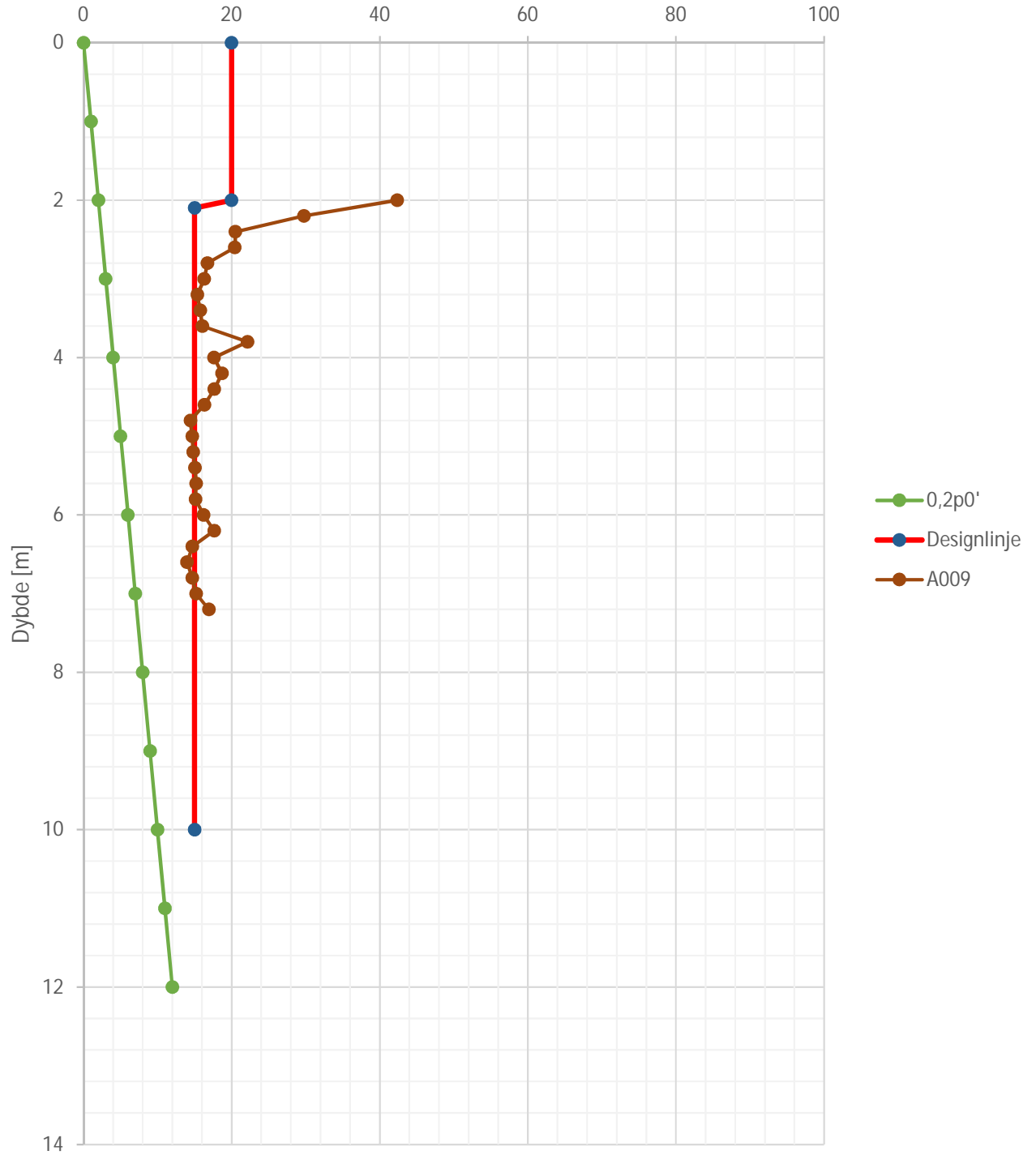
Snitt 6-6  
CuD [kPa]



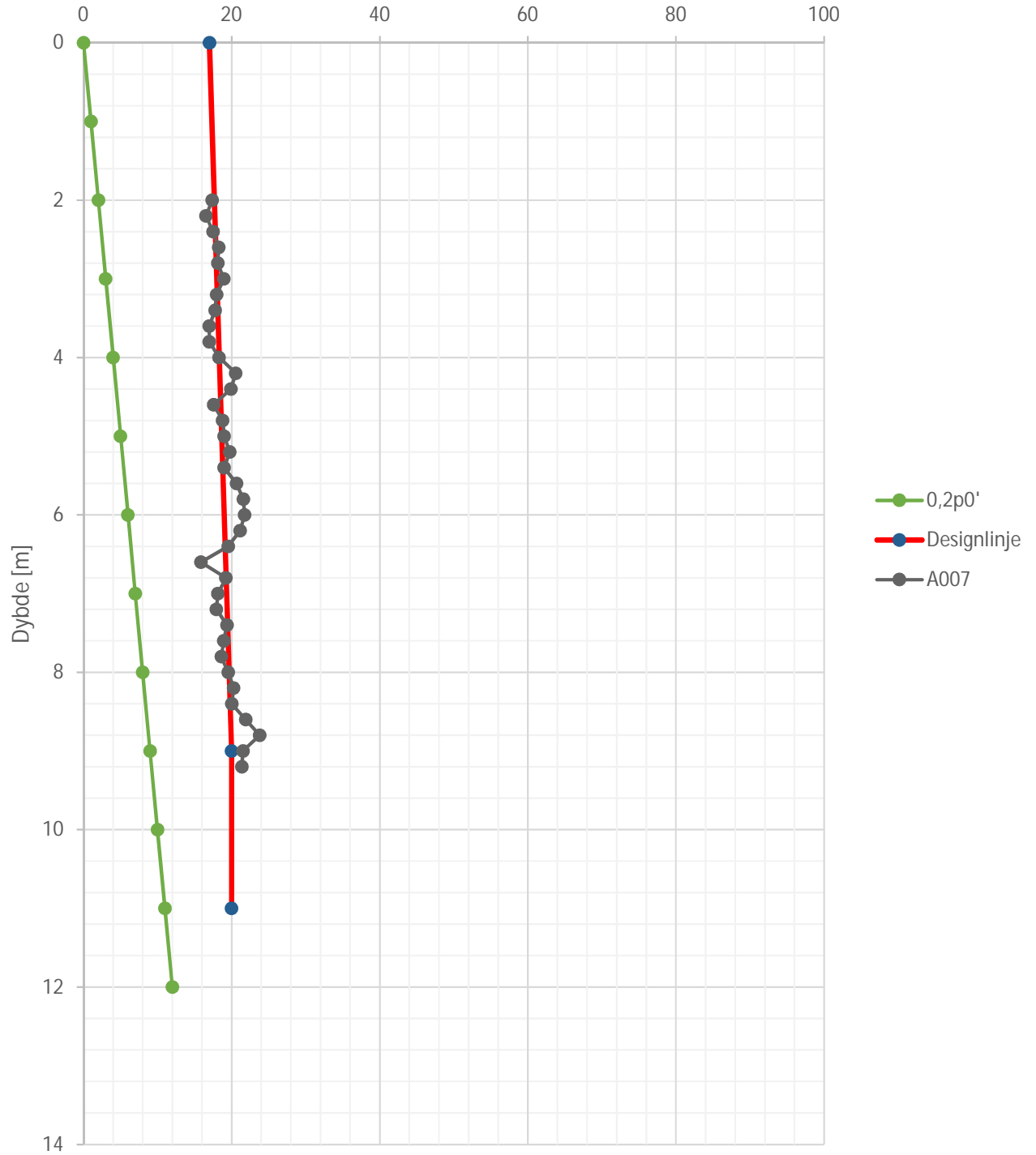
Snitt 7-7  
CuD [kPa]



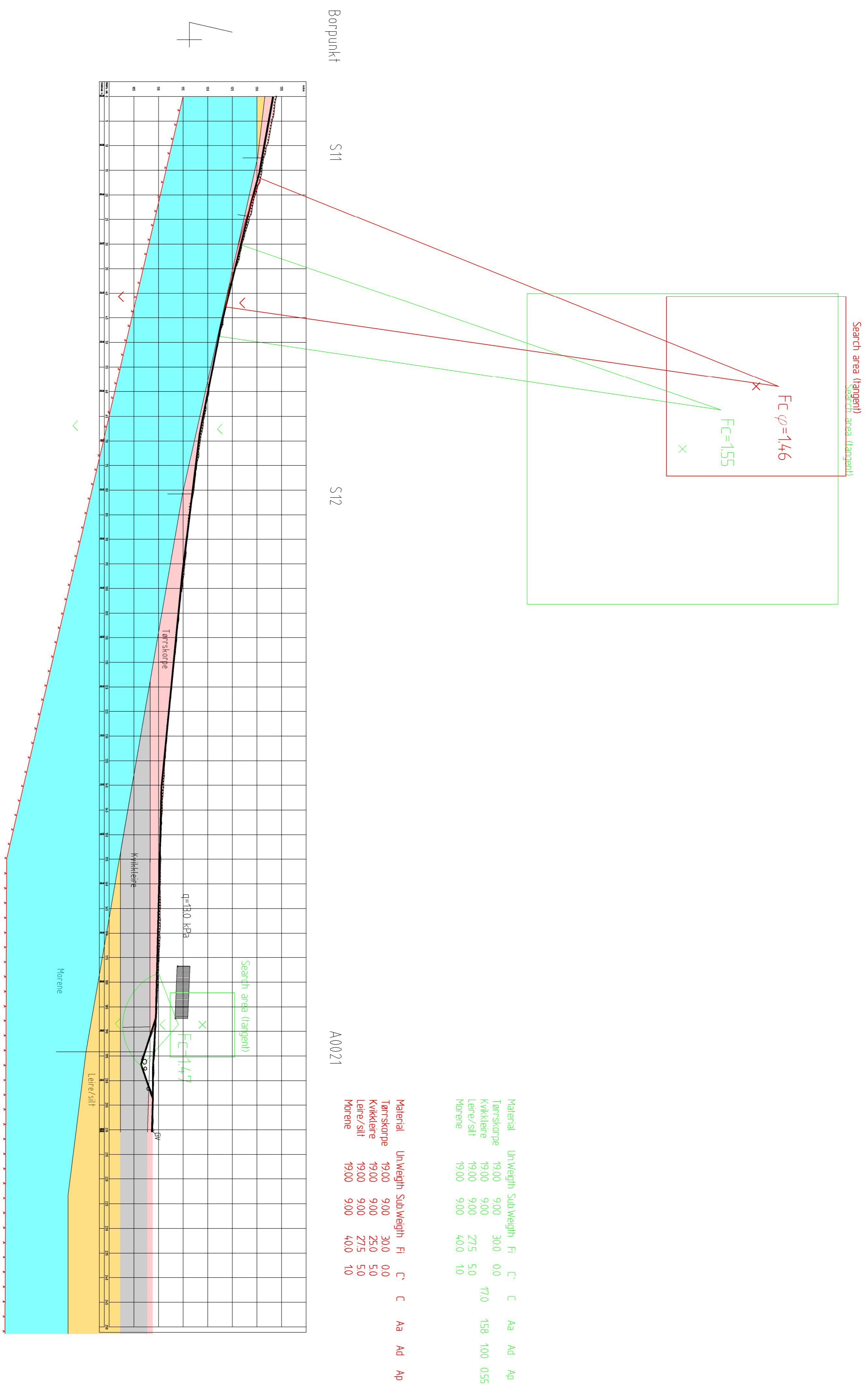
Snitt 8-8  
CuD [kPa]




Snitt 9-9  
CuD [kPa]



VEDLEGG 4:  
STABILITETSBEREGNINGER



01	Høyrelet GVS, Tørrskorpe P1=30° a=0 og Lerre/Silt P1=27.5 c=5	INDVISO	INDVIAL	INDGARD	13.08.2016
Statust Rev	Endring				
<b>Ski Kommune</b>					
Ski - Haugbro		INDVISO	INDVIAL	INDGARD	22.07.2016
Skilt 4		Målestokk	1 : 500	Format	A1
		Oppdragsleder:	Pål Jacobsen		
		Oppdragsnr.	859751		

**SWECO**  Sweco Norge AS  
 Svanegata 10, 0134 Oslo  
 Tlf: 02710010 Fax: 02719140

Driftplan: **GEO** Lagernummer: **G104** Statust Rev: **01**

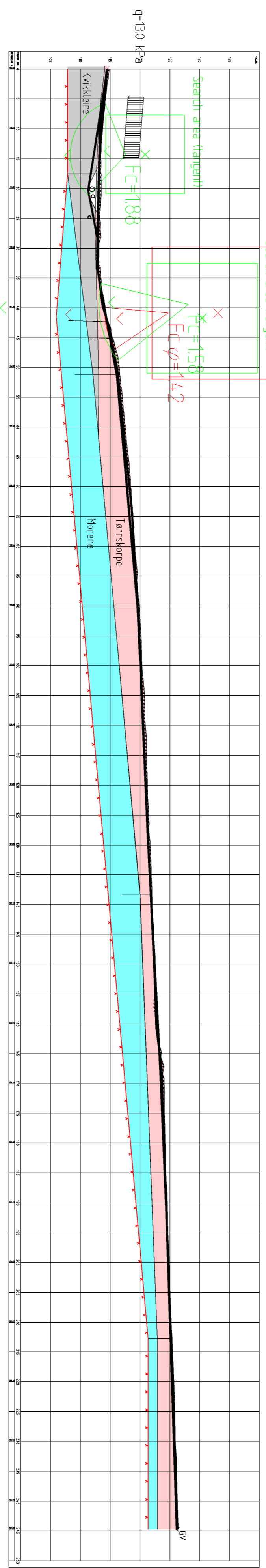
s:\opdr\8154\1211591531\30 sk kommun over planlegging sk - haugbro\05\geoteknisk\statust\skilt 4.dwg  
 Opprisset er laget av: 20.08.2016 12:44

Borpunkt

A0014 Search area (tangenti) S10

S8

S6



Material	Unveighth	Subveighth	F <sub>i</sub>	C'	C	A <sub>a</sub>	A <sub>d</sub>	A <sub>p</sub>
Torrskorpe	1900	900	300	0.0				
Kvikkleire	1900	900	250	5.0	17.0	15.8	100	0.55
Morene	1900	900	400	10				

Material	Unveighth	Subveighth	F <sub>i</sub>	C'	C	A <sub>a</sub>	A <sub>d</sub>	A <sub>p</sub>
Torrskorpe	1900	900	300	0.0				
Kvikkleire	1900	900	250	5.0				
Morene	1900	900	400	10				

01	Høyneri GVS, Torrskorpe-Plu-30" 2=0	NOVESJ NOXYAL NOGBARD	13082016
Strand Rev	Endring		
<b>SKI Kommune</b>			
<b>SKI - Haugbro</b>			
Skilt 5			
Oppdragsnr: Pål Jacobsen			
859751			
01		NOVESJ NOXYAL NOGBARD	13082016
Strand Rev	Endring		
<b>SKI Kommune</b>			
<b>SKI - Haugbro</b>			
Skilt 5			
Oppdragsnr: Pål Jacobsen			
859751			

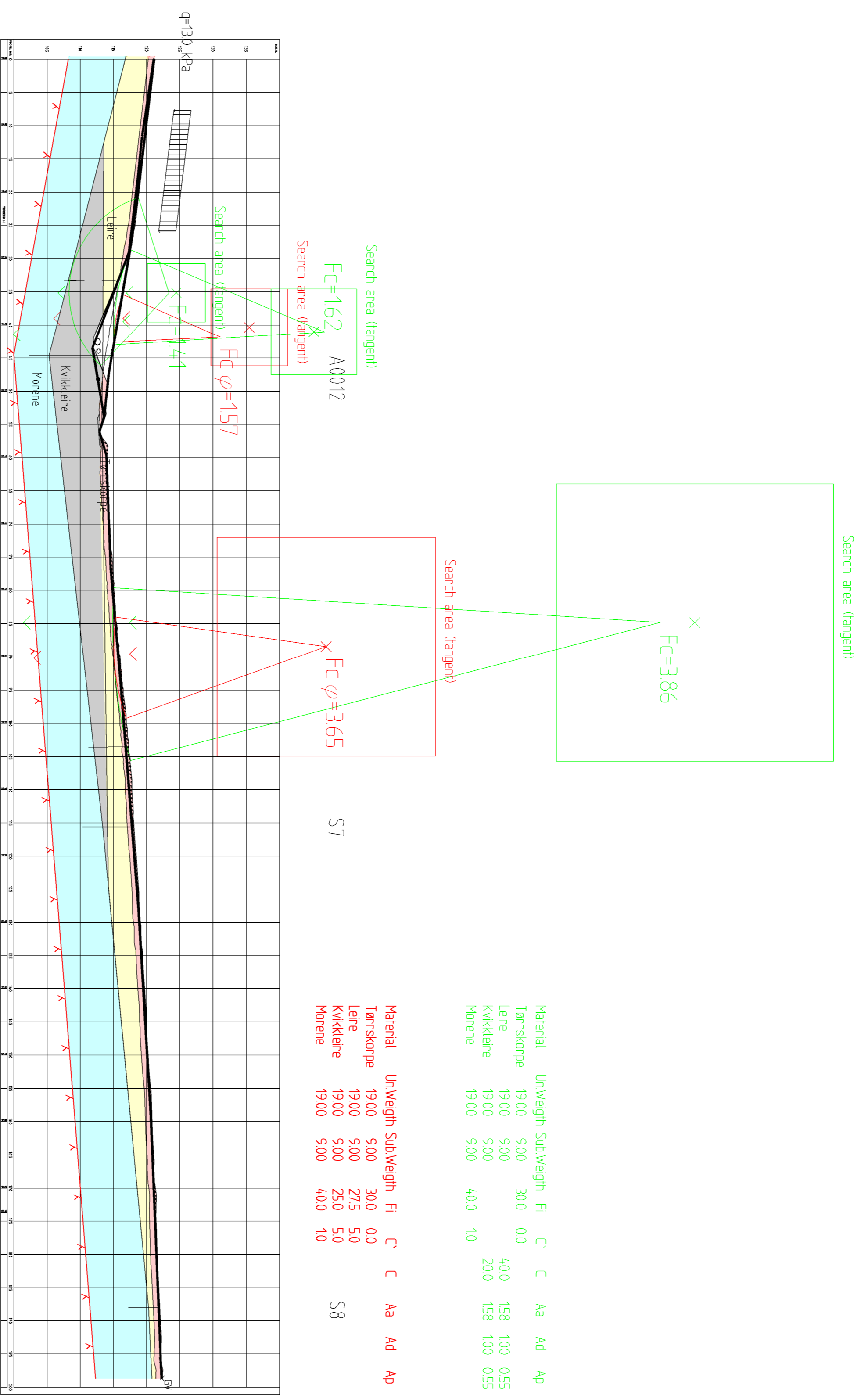
Sweco Norge AS  
Tlf: 47 71 00 00 Fax: 47 12 98 40

Dirigert  
**GEO**

Løpnummer  
**G105**

Status  
**01**

Borpunkt



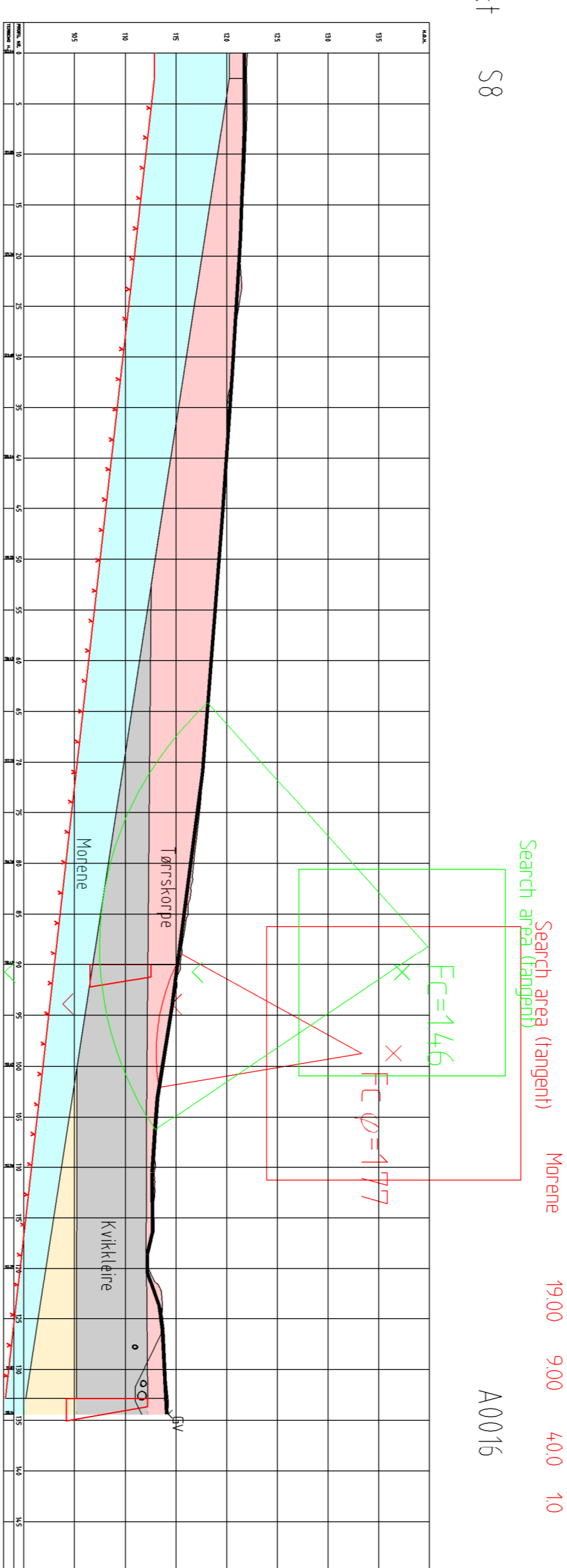
01	Høyneri GVS, Tørrskorpe Phi=30° a=0, Leire Phi=27,5 c=5	NOVECO	NOXVAL	NOGBARD	13082016
Statust Rev	Endring	utvret	kant:	Asst:	date
<b>Ski Kommune</b>					
Målestokk 1 : 500					
Skil - Haugbro 1 : 1000 (A3)					
Oppdragsleder: Pål Jacobsen					
Oppdragsnr: 859751					
Smitt 6					
SWECO		GEO		01	



Materiel	Unveight	Sjåveight	F <sub>i</sub>	C	C	Aa	Ad	Ap
Torrskorpe	1900	900	300	00				
Kvikkløire	1900	900			C-profil	158	100	055
Løp/Silt	1900	900	275	50				
Mortel	1900	900	400	10				

Materiel	Unveight	Sjåveight	F <sub>i</sub>	C	C	Aa	Ad	Ap
Torrskorpe	1900	900	300	00				
Kvikkløire	1900	900	250	50				
Løp/Silt	1900	900	275	50				
Mortel	1900	900	400	10				

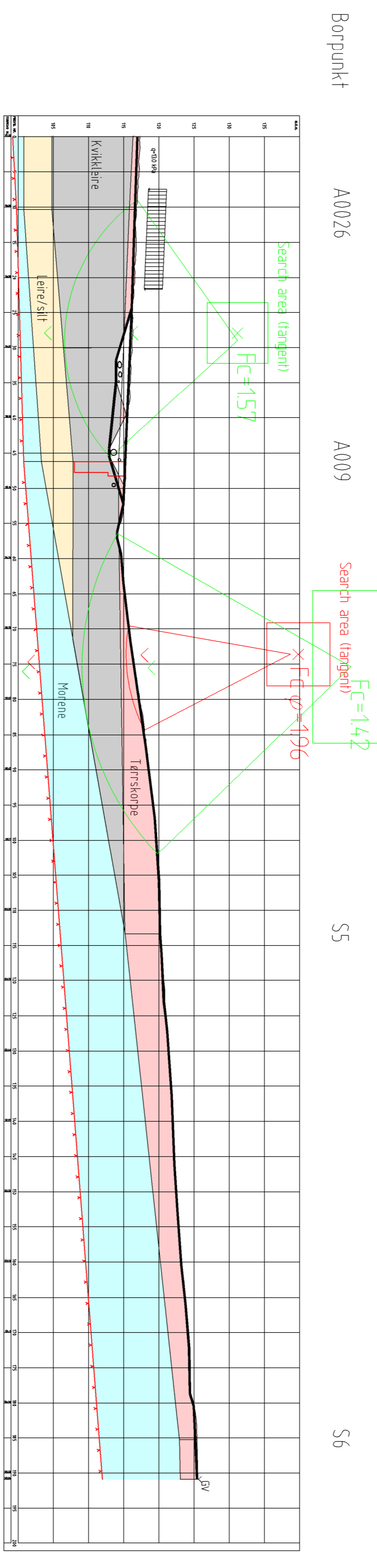
Borpunkt S8



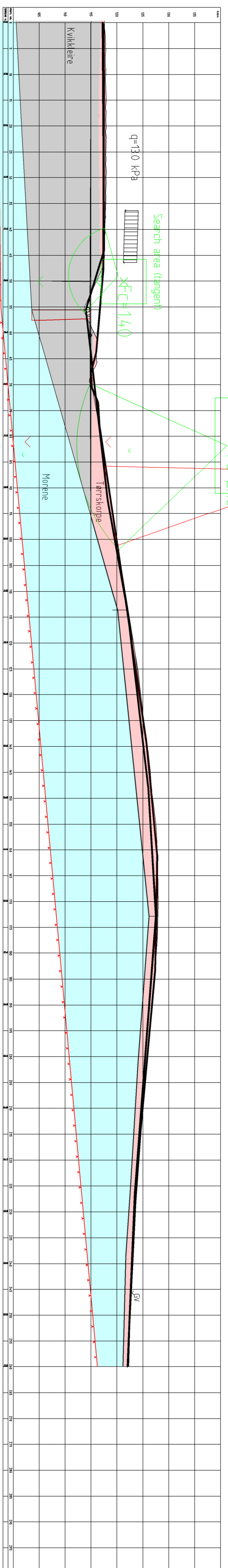
01	Høyre GVS, Torrskorpe, P1=30°, a=0, Løp/Silt, P1=27,5, C=5	INDVISO   INDVIAL   INDGARD   13082016
Struktur Rev	Endring	utvret   kontr.   Anst.   dato
<b>Ski Kommune</b>		
INDVISO   INDVIAL   INDGARD   21072016		
Målestokk		
1 : 500		
1 : 1000 (A3)		
Formål		
A1		
Snitt 7		
Oppdragsleder:		
Pål Jacobsen		
Oppdragsnr.		
859751		
Driftplan		
Løpnummer		
GEO		
G107		
Status Rev		
01		

Material	UnWeight	SubWeight	F1	C	C	Aa	Ad	Ap
Tørreskorpe	7900	900	300	0,0				
Kvikkløire	7900	900	250	50				
Løse/silt	7900	900	275	50				C-prøve 158 100 055
Morøne	7900	900	400	10				

Material	UnWeight	SubWeight	F1	C	C	Aa	Ad	Ap
Tørreskorpe	7900	900	300	0,0				
Kvikkløire	7900	900	250	50				
Løse/silt	7900	900	275	50				
Morøne	7900	900	400	10				



01	Høyret GVS, Tørreskorpe, P1=30", a=0, Løse/silt, P1=27,5 c=5	NOVESCO   NOVYAL   NOGBAD   13082016	13082016
Struktur Rev	Endring	utvret   kontr.   asst.	dato
<b>Ski Kommune</b>		NOVESCO   NOVYAL   NOGBAD	22072016
<b>Ski - Haugbro</b>		Målestokk	Format
Snitt 8		1 : 500	A1
Oppdragsnr. P11 Jacobsen		Oppdragsleder:	
859751			
Draping		Løpnummer	Status Rev
SWECO		G108	01



Material	UnWeight	SubWeight	F	C	C	Aa	Ad	Ap
Torrskorpe	1900	900	300	0.0				
Kvikklire	1900	900	250	5.0				
Morene	1900	900	400	10				

Borpunkt

A007

S3

S4

Material	UnWeight	SubWeight	F	C	C	Aa	Ad	Ap
Torrskorpe	1900	900	300	0.0				
Kvikklire	1900	900	250	5.0				
Morene	1900	900	400	10				

01	Høyret GVS, Torrskorpe, Phi=30°, a=0	01	13082016
Statust Rev	Endring		
<b>Ski Kommune</b>			
Ski - Høybro			
Skilt 9			
Oppdragsnr. PÅ Jacobsen			
859751			
Driftplan		Løpnummer	
SWECO		G109	
01		01	