

Tor Wigum

Anders Tverreggens veg 9

23116 Rapport nr. 2 Vurdering av områdestabilitet, rev02



*Dronefoto av tomten med det planlagte tiltaket*

Prosjektnr: 23116	Dato: 04.10.23	Saksbehandler: Audun Egeland Sanda
Kundenr: 13015	Dato: 10.10.23	Kollegakontroll: Sindre Schanke

Fylke: Trøndelag	Kommune: Trondheim	Sted: Stubban
Adresse: Anders Tvereggens veg 9	Gnr/Bnr: 72/64	

Oppdragsgiver: Tor Wigum  
Rapport: 23116 Rapport nr. 2 Vurdering av områdestabilitet  
Rapporttype: Geoteknisk rådgivning  
Stikkord: Områdestabilitet  
Euref UTM: Sone 32V – Ø0570226, N7030266

Revisjon	Grunnlag	Dato
00	Første utgave	10.10.2023
01	Oppdatert etter uavhengig kvalitetssikring	09.11.2023
02	Oppdatert etter kommentarer fra Byplankontoret	08.04.2024

### **Sammendrag**

Det planlegges utbygging av eiendommen ved Anders Tvereggens veg 9 i Trondheim. Det skal bygges 6-7 boenheter fordelt på to bygg. Tomten ligger i en eksisterende faresone, «Stubban» faregrad middels. Tiltaket klassifiseres som K4.

Det er påvist forekomster av kvikkleire på Anders Tvereggens veg 9 og i skråningen mot vest gjennom grunnundersøkelser. Faren for områdeskred er utredet iht. NVEs veileder nr. 1/2019.

Det er vurdert stabilitet av skråninger som ligger i og utenfor influensområdet til tiltaket. Skråninger utenfor influensområdet har god nok sikkerhet. Stabiliteten for kritisk profil gjennom tomten er for lav og det kreves forbedring av stabilitet for at tiltaket kan gjennomføres. For kritisk skråning vil et ev. områdeskred arte seg som rotasjonsskred.

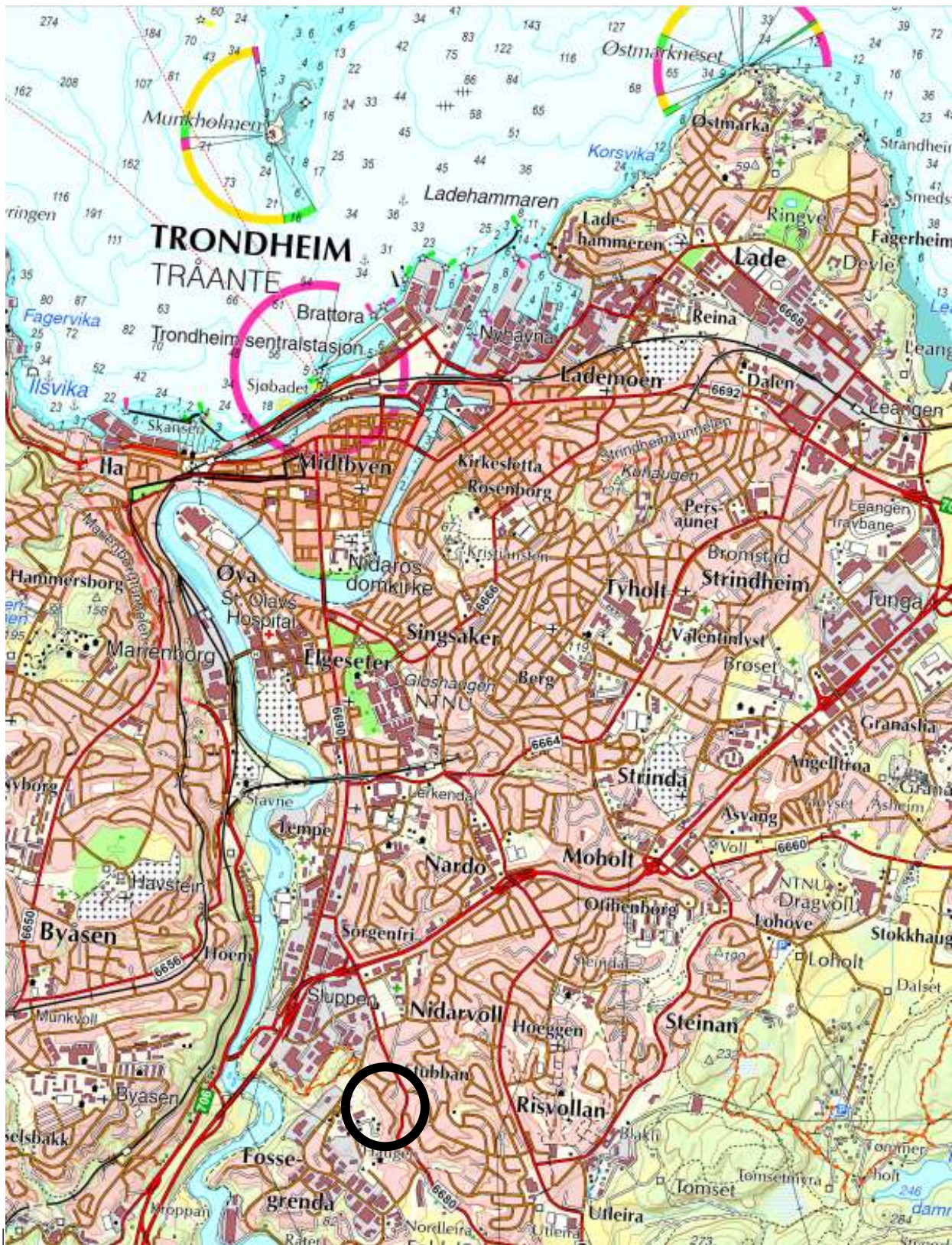
Tilfredsstillende sikkerhet kan oppnås ved avlastning i vestre del av tomten. Det er behov for utgraving til ca. 2,5 m i forhold til dagens nivå og en total avlastning på ca. 360 m<sup>3</sup>. Eventuelt må det gjennomføres masseutskifting med lette masser for å oppnå en tilsvarende avlastning.

Det anbefales at RIG samarbeider med arkitekt for å lande på en endelig plan og høyde på planlagt bygg slik at det er sikkert at det oppfyller kravet til forbedring.

Vi vurderer at det er behov for at RIG ansvarsbelegges til detaljprosjektering.

Det er utført uavhengig kvalitetssikring av foreliggende rapport av Watn Consult.

## Oversiktskart



Figur 0.1: Oversiktskart [1]

## Tegninger og tillegg

<b>Beskrivelse</b>	<b>Tegn. nr.</b>
Situasjonsplan med boringer og beregningsprofiler	R02A01
Situasjonsplan med løsne- og utløpsområder	R02A02
Profil 1 Stabilitetsberegning dagens situasjon ADP og AFI	R02E01
Profil 1 Stabilitetsberegning fremtidig situasjon ADP og AFI	R02E02
Profil 2 Stabilitetsberegning dagens situasjon ADP og AFI	R02E03
Profil 3 Stabilitetsberegning dagens situasjon ADP og AFI	R02E04
Profil 5 Stabilitetsberegning dagens situasjon ADP og AFI	R02E05

### Tillegg

- 1.1 Tolkning av udrenert skjærfasthet fra CPTU, inkl. anvendelsesklasse
- 1.2 Tolkning av treaksialforsøk
- 1.3 Tolkning av ødometerforsøk
- 1.4 Bilder fra befarings
- 1.5 Skjema for faregradsklassifisering
- 1.6 Google Streetview bilder 2010-2019 ATV13B

## Innholdsfortegnelse

Oversiktskart .....	3
1 Innledning .....	6
1.1 Bakgrunn .....	6
1.2 Rapportens innhold.....	6
2 Eksisterende faresoner .....	6
3 Avgrens områder under marin grense.....	6
4 Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred .....	7
5 Tiltakskategori .....	8
6 Identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løsneområde.....	9
7 Befaring .....	9
8 Gjennomfør grunnundersøkelser .....	12
8.1 Grunnforhold.....	12
8.2 Metoder for kartlegging av kvikkleire.....	13
9 Geotekniske dimensjoneringsparametere .....	13
9.1 Tørrskorpe og fyllmasser.....	13
9.2 Leire.....	14
9.3 Poretrykksforhold.....	17
10 Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder.....	19
10.1 Skredmekanisme .....	19
10.2 Løsneområde .....	19
10.3 Utløpsområde .....	19
11 Klassifiser faresoner .....	19
12 Dokumenter tilfredsstillende sikkerhet.....	19
12.1 Sikkerhetskrav .....	19
12.2 Beregningsprofil.....	20
12.3 Vurdering av tidligere utførte beregninger (Profil 3 og 4).....	20
12.4 Stabilitetsberegninger.....	22
12.5 Skredmekanisme – Profil 1 .....	25
12.6 Stabilitet mot øst.....	26
13 Konklusjoner og videre arbeid.....	29
14 Referanser .....	30

## 1 Innledning

### 1.1 Bakgrunn

Det planlegges utbygging av eiendommen ved Anders Tvereggens veg 9 i Trondheim. Det skal bygges 6-7 boenheter fordelt på to bygg. Kommunen har satt krav til at utredning av områdestabilitet iht. NVEs kvikkleireveileder 1/2019 utføres i planfasen. Prosjektets beliggenhet er vist på oversiktskart i figur 0.1.

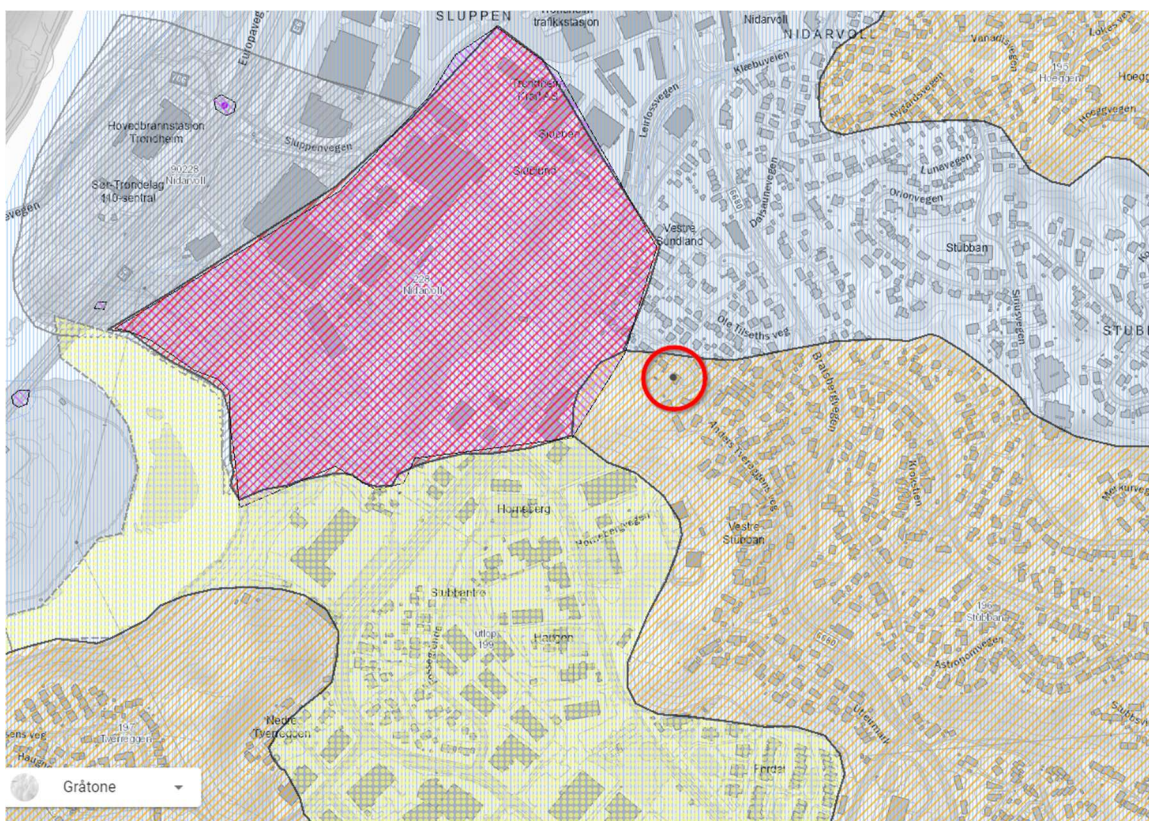
Løvlien Georåd AS har fått i oppdrag å bistå med geotekniske grunnundersøkelser og vurdering av områdestabilitet i forbindelse med reguleringsarbeidene for prosjektet.

### 1.2 Rapportens innhold

Foreliggende rapport omhandler utredning av områdestabilitet iht. TEK17 §7-3 og NVEs veileder nr. 1/2019- *Sikkerhet mot kvikkleireskred*, se ref. [2]. Rapporten bruker geotekniske definisjoner som krever faglig geoteknisk kompetanse. Kapittelinnholdet i rapporten følger den stegvise prosedyren for utredning av områdeskredfare iht. NVEs veiledning.

## 2 Eksisterende faresoner

Tomten ligger i en eksisterende faresone for kvikkleireskred med faregrad middels («196 Stubban»), se figur 2.1.



Figur 2.1 NVEs temakart Kvikkleire [3]. Tomten er markert med rød sirkel.

## 3 Avgrens områder under marin grense

Hele området ligger under aktsomhetsområde for mulig marin grense. Marin grense ligger rundt ca. kote 175 i Trondheim. Tomten ligger på ca. kote 60-70.

#### 4 Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred

I området på østsiden av Nidelven er typisk preget av ravinelandskap og eldre skredgroper. Tomten i dette tilfellet ligger på en frittstående terrengrygg avgrenses av en gammel skredkant ned mot Horneberg/Nidelva i sørvest og ravedalen langs Bratsbergvegen i nordøst. Terrengryggen varierer fra rundt kote 60 -70, mens terrenget ved Hornebergvegen og Bratsbergvegen varierer rundt kote 40-43. Skråningene ned mot Hornebergvegen har snitthelling på rundt 1:3.



Figur 4.1 Kvartærgeologisk kart med markering av tidligere skredkanter og raviner. tomten er vist med rød markør.

Tomten var tidligere brukt til landbruk. Huset som står på tomten i dag, ble bygd rundt 1957. Området på nedsiden av tomten mot sørvest (Hornbergvegen/Leirfossvegen) består hovedsakelig av næringsbygg som ble bygd rundt 1980. I den forbindelse ble det sannsynligvis gjort en del planering/oppfylling i området.

Langs Nidelva sin yttersving på østbredden, nedenfor Leirfossvegen, har det blitt gjort store tiltak med erosjonssikring rundt 2014.

Med utgangspunkt i 1:20 terrengkriteriet så er hele terrengryggen som tomten ligger på innenfor et mulig løsneområde, både for skråningen ned mot Horneberg og for skråningen helt ned til Nidelva.

Siden tomten ligger på en terrengrygg er det ikke sannsynlig at tomten kan ligge i et mulig utløpsområde for skred fra overliggende terreng.

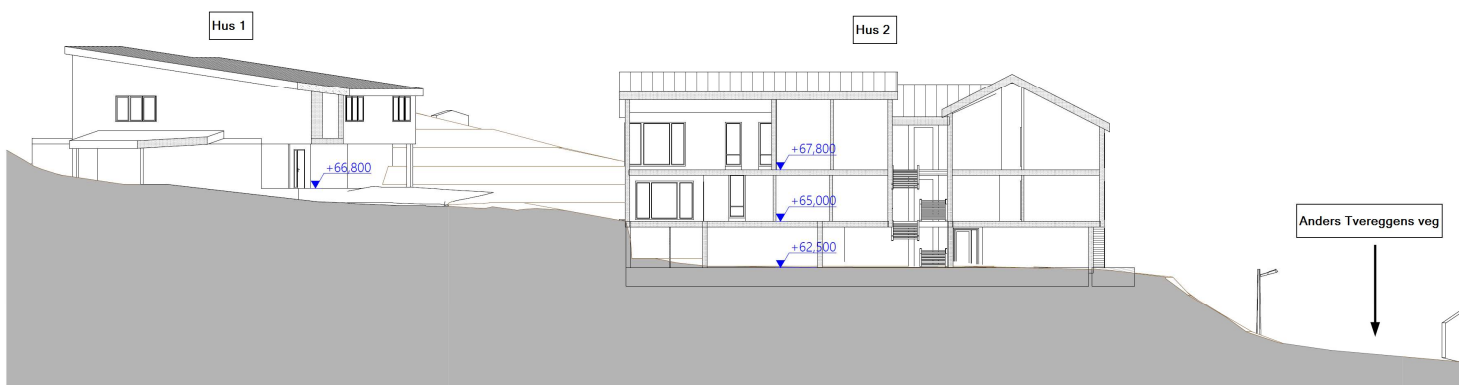
## 5 Tiltakskategori

Eksisterende enebolig på tomten planlegges revet og det skal oppføres inntil to bygg. Det planlegges for mellom 6-7 boenheter ifølge tiltakshaver. Ifølge arkitekten kan det forutsettes at sokkeletasje/kjeller utføres med betong og øvrige etasjer utføres med reisverk av tre.

På bakgrunn av dette er tiltakskategori K4 lagt til grunn.



Figur 5.1 Plantegning fra ARK, datert 03.10.23



Figur 5.2 Snitt fra ARK, datert 03.10.23



## 6 Identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løsneområde

Ut fra kart, terrengprofiler og utførte grunnundersøkelser vurderes det at tomten kan ligge innenfor et mulig løsnesområde for områdeskred. Avgrensning av løsne- og utløpsområde er beskrevet i kapittel 10.

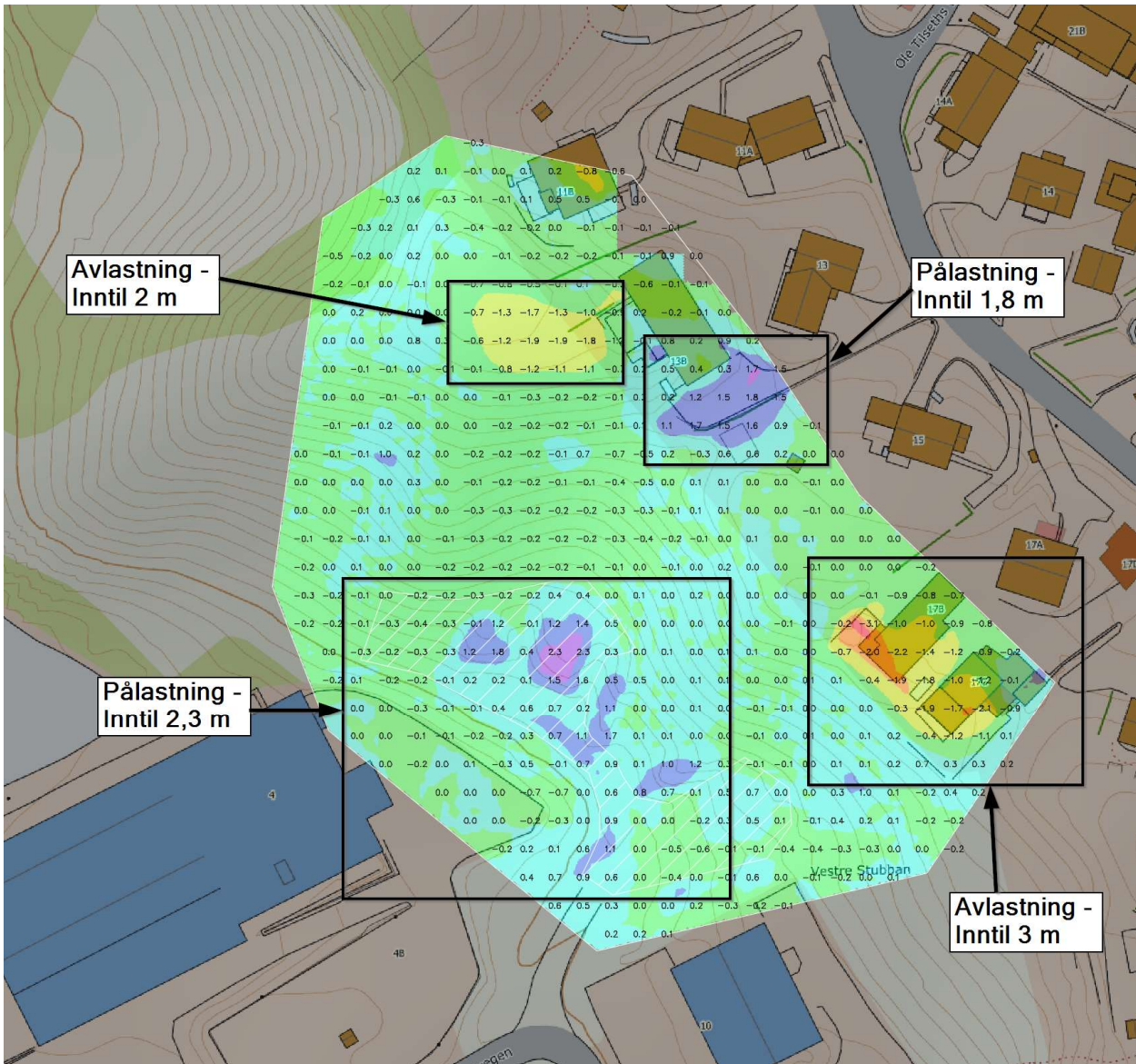
## 7 Befaring

Det ble utført befaring av geotekniker Audun Egeland Sanda 27.04.23 og i juni 23. Fra befaring kan det ikke utelukkes fare for områdeskred. Det ble ikke observert noen tegn på overflateerosjon eller utglidninger i skråningen ved tomten. Området er forholdsvis tettbygd med en god del tette dekker (asfalt e.l.), i hvert fall på nedsiden av tomten ved Horneberg- og Leirfossvegen. Det var ingen tegn til at erosjons skal kunne initiere et skred i skråningen siden det ikke er registret noen bekkedrag eller lignende.

Lengre sør langs skråningen var det en steinfylling som sannsynligvis har blitt etablert for å bedre sikkerhet mot områdeskred i forbindelse med bygging av Anders Tverreggens veg 17B og C. Plasseringen av denne er vist på figuren under, denne virker å ha blitt etablert rundt 2017. I tillegg ser det ut til at det har blitt gjort avlastning av en terrengtopp rett sør for tomten i forbindelse med bygging av Anders Tverreggens veg 13B, rundt 2014. Fra sammenligning av laserskanninger mellom 2010-2022 virker det å være avlastet inntil ca. 2 m på topp av skråningen og at motfyllingen i foten er inntil 2,3 m tykk. I tillegg ser vi at det er fylt opp inntil 2 m på toppen av ryggen i forbindelse med bygging av ATV 13B. Fra streetview bilder (se tillegg 1.6) ser vi at det er et lite søkk som ble fylt opp, men at det også har blitt avlastet for sokkeletasjen til bygget. Det virker sannsynlig at disse to tiltakene kan ha utlignet hverandre.



Figur 7.1 Oversikt over stabilitetsforbedrende tiltak i området fra 2014 og 2017



Figur 7.2 Sammenligning av terreng mellom 2010 til 2022. Grønt er ingen/liten endring, blått/lilla er pålåstning og gult/rødt er avlastning.

Ved yttersvingen ved Nidelva er det potensiale for erosjon, men i dette området har det blitt store tiltak med erosjonssikring/motfylling rundt 2013-2014. Dette inkluderer også bekken som går fra Nidelva og opp til Leirfossvegen. Basert på terrengkriteriene for mulige løснеområder i veilederen så kan det ikke utelukkes at tiltaket ligger innenfor et løśnieområde med utgangspunkt i elvekanten ved Nidelva. Dette gjelder både for kriteriet med jevnt hellende terreng 1:20 og skråningshøyde > 5 m, og for kriteriet med løśnieområdet = 15xh fra skråningsfot. Det vurderes uansett som lite sannsynlig som følge av de stabilitetsforbedrende tiltakene som er gjort langs elva.



*Figur 7.3 Yttersving ved Nidelva, flyfoto fra 2013*



*Figur 7.4 Yttersving ved Nidelva etter erosjonssikring av elv og bekk, flyfoto fra 2015*

## 8 Gjennomfør grunnundersøkelser

Det har blitt utført grunnundersøkelser på tomten og i skråningen ned mot Hornebergvegen. Disse undersøkelsene er dokumentert i vår rapport nr. 1 [4]. Det ble foretatt total- og CPT-sonderinger, samt prøvetakning og poretrykkmålinger. Utforming av boreprogram ble gjort i samråd med uavhengig kvalitetssikrer.

Det har også tidligere blitt foretatt grunnundersøkelser i området av både Trondheim kommune og private aktører. Vi har satt sammen en oversikt over de mest relevante rapportene hvor vi har tilgang på sonderingene samt borplan:

- 1 - **Trondheim kommune** [5]  
R.1233 Anders Tvereggens veg, 29.10.2004  
Borpunkter 1-1 til 1-12
- 2 - **Trondheim kommune** [6]  
R.250 Fossegrenda, 17.3.1972  
Borpunkter 2-1 til 2-3
- 3 - **Multiconsult AS** [7]  
414681-1 Næringsutvikling Fossegrenda, 15.12.2011  
Borpunkter 3-1 til 3-16
- 4 - **Multiconsult AS** [8]  
413210-1 Hornebergvegen 4B, 10.12.2008  
Borpunkter 4-1 til 4-8
- 5 - **Rambøll** [9]  
11916 Hornebergvegen 6B, 03.09.1997
- 6 - **Multiconsult AS** [10]  
300520 Hornebergvegen 12, 21.12.2000
- 7 - **Rambøll** [11]  
3074 Trafo Fossegrenda, 20.08.1979

Generelt viser utførte grunnundersøkelser at området består av leire. Det er påvist kvikkleire i hovedsak i skråningen ned mot Hornebergvegen, men ikke nede på flata. På tegning R02A01 er det vist en oversikt over utførte borpunkt med markering av hvor det påvist- eller indikasjon på kvikkleire/sprøbruddmateriale (røde og gule sirkler), samt hvilke borpunkt hvor det ikke er påvist eller ikke indikasjon på kvikkleire eller sprøbruddmateriale (grønne og blå sirkler).

### 8.1 Grunnforhold

Utførte undersøkelser på tomten viser at grunnen består av et topplag av humusholdig tørrskorpeleire ned til ca. 2 – 3 meter under terreng. Videre påtreffes leire/kvikkleire ned til endt sonderingsdybde. Det er boret til inntil 40 m dybde. Det er påtruffet et fastere lag med antatt friksjonsmasser rundt 5 og 20 m dybde i borpunkt 3. I borpunkt 2 ble det først forsøkt en dreitrykksondering, men denne stoppet ved 8 m i faste masser. Hullet ble boret på nytt med totalsondering. Denne indikerer at det er faste masser fra ca. 8 m dybde hvor det er har vært nødvendig 20 kN trykk og økt rotasjon for å komme ned. Det er ikke tydelig tegn på at det er kvikkleire/sprøbrudd i dette punktet, men vi har konservativt antatt det i opptegning av lagdeling. I borpunkt 1 indikerer trykksondering enkelte tynne lag med friksjonsmasser ved 11, 20, 22 og 26 m dybde.

Leiren karakteriseres som *bløt* til *fast* og *lite* til *meget sensitiv*. Det er påvist forekomster av sprøbruddmateriale/kvikkleire i følgende dybdeintervallet:

- Borpunkt 1
  - 12-13 m (kvikkleire)
  - 21-22 m (kvikkleire)
  - 25-26 m (kvikkleire)
- Borpunkt 3
  - 7-8 m (kvikkleire)
  - 12-13 m (sprøbrudd)
  - 16-17 m (sprøbrudd)

Sprøbruddmateriale =  $S_r \leq 1,27 \text{ kN/m}^2$ , *kvikkleire*  $S_r \leq 0,33 \text{ kN/m}^2$  etter ny konusstandard (ISO 17892-6:2017 [12]).

Sprøbruddmateriale =  $S_r \leq 2,0 \text{ kN/m}^2$ , *kvikkleire*  $S_r \leq 0,5 \text{ kN/m}^2$  etter gammel konusstandard (NS8015, tilbaketrukket i 2017).

Laboratorieundersøkelsene som er gjort i forbindelse med prosjektet [4] er utført etter ny standard som ble innført i 2017. Vi forutsetter at laboratorieanalyser fra tidligere rapporter, som er listet opp i starten av kapittel 0, er utført etter gammel standard.

## 8.2 Metoder for kartlegging av kvikkleire

Kartlegging av forekomster av kvikkleire og sprøbruddmateriale er basert på opptatte prøver og sonderingsresultat fra CPTU-sonderinger, totalsonderinger og dreietrykksonderinger. Opptatte prøve og sonderingene tyder på at leiren og kvikkleiren i området har høy fasthet. Det kan gjøre det utfordrende å tolke tilstedeværelse av kvikkleire der det kun er sonderinger. Under har vi listet opp hvordan vi tolker om det er sprøbruddmateriale fra de ulike sonderingsmetodene:

### **CPTU-sonderinger**

Fra CPTU-sonderingene er poretrykksforholdet,  $B_q$ , benyttet som en indikasjon på kvikkleire/sprøbruddmateriale.

### **Totalsonderinger og dreietrykksonderinger**

Fra totalsonderinger og dreietrykksonderinger er det antatt forekomster av kvikkleire/sprøbruddmateriale i dybdeintervall der sonderingene viser konstant eller avtakende sonderingsmotstand mot dybden.

## **9 Geotekniske dimensjoneringsparametere**

Følgende avsnitt beskriver geotekniske dimensjoneringsparametere som er lagt til grunn for stabilitetsberegningene.

### 9.1 Tørreskorpe og fyllmasser

Materialparametere for lag med drenert oppførsel er gitt i tabell 9-1. Forekomstene av disse lagene er hovedsakelig basert på sonderingsresultat fra totalsonderinger og CPTU-sonderinger. Materialparametere for tørreskorpeleire er basert på treaksialforsøk Multiconsult har gjort i MC2 og som de også har brukt i sin utredningsrapport [7]. Resultatene fra treaksforsøkene deres er vist i kapittel 9.2.6.

Materialparametere for fyllmasser er basert på erfaringsverdier fra Statens vegvesen *Håndbok V220* [13].

*Tabell 9-1 Materialparametere for lag med antatt drenert oppførsel*

<b>Materiale</b>	<b>Friksjonsvinkel Tan <math>\phi</math> / <math>\phi</math> (-/<math>^{\circ}</math>)</b>	<b>Attraksjon <math>a'</math> (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Kohesjon <math>c'</math> (kN/m<sup>2</sup>)</b>
Tørskorpeleire	0,65 / 33 $^{\circ}$	30	19,5
Fyllmasser	0,70 / 35 $^{\circ}$	14,3	10

## 9.2 Leire

Leiren er i stabilitetsberegningene modellert med både udrenert og drenert materialoppførsel.

### 9.2.1 Tyngdetetthet

Målt tyngdetetthet( $\gamma$ ) i leiren varierer fra ca. 19,3 til 21 kN/m<sup>3</sup> på toppen av ryggen og rundt 20 kN/m<sup>3</sup> i foten av skråningen. I stabilitetsberegningene er det lagt til grunn  $\gamma = 20$  kN/m<sup>3</sup> for hele profilet.

### 9.2.2 Prekonsolidering (OCR)

Det er utført 2 ødometerforsøk i borpunkt 1 for vurdering av leirens kompressibilitet og prekonsolideringsspenning. Tolkning av ødometerforsøkene er vist i tillegg 1.3.

Begge forsøkene har en forholdsvis tydelig  $P'_c$ , men det er også unormal respons på kurvene rundt 600 kPa belastning. De viser OCR rundt 2,2 ved 5,3 m dybde og 0,70 $\Rightarrow$ 1,0 ved 21,3 m dybde. Verdier ned mot 1,0 tyder på at denne prøven er forstyrret. Tolket OCR fra ødometerforsøkene er brukt som grunnlag for bestemmelse av OCR-profil for tolkning av udrenert skjærfasthet fra CPTU.

### 9.2.3 Udrenert skjærfasthet

Vurdering av aktiv udrenert skjærfasthet ( $s_u^A$ ) er utført med støtte fra treaksialforsøk og rutineforsøk fra borpunkt 1 og 3 samt tolkning av CPTU-sonderinger som er utført i området.

Tolkning av CPTU-sonderinger er basert på korrelasjoner for norske leirer som er utarbeidet av Karlsrud m.fl. [14] samt Paniagua m.fl [15]. Korrelasjonsfaktorene  $N_{kt}$  og  $N_{\Delta u}$  er gitt som funksjon av sensitivitet ( $S_t$ ), plastisitetsindeks ( $I_p$ ) og grad av overkonsolidering (OCR). Verdier for sensitivitet og plastisitetsindeks er valgt på bakgrunn av målinger fra laboratorieforsøk. OCR-profil som inngår i korrelasjonsfaktorene velges på bakgrunn av følgende i prioritert rekkefølge:

1. Ødometerforsøk
2. OCR-profil beregnet ut fra antatt opprinnelig terrengnivå for de marine avsetningene
3. Beregnet OCR-profil basert på CPTU-sondering ( $Q_b$ ,  $B_q$  og  $u$ )  
(beregnet etter prosedyrer foreslått av Karlsrud m.fl. [14])

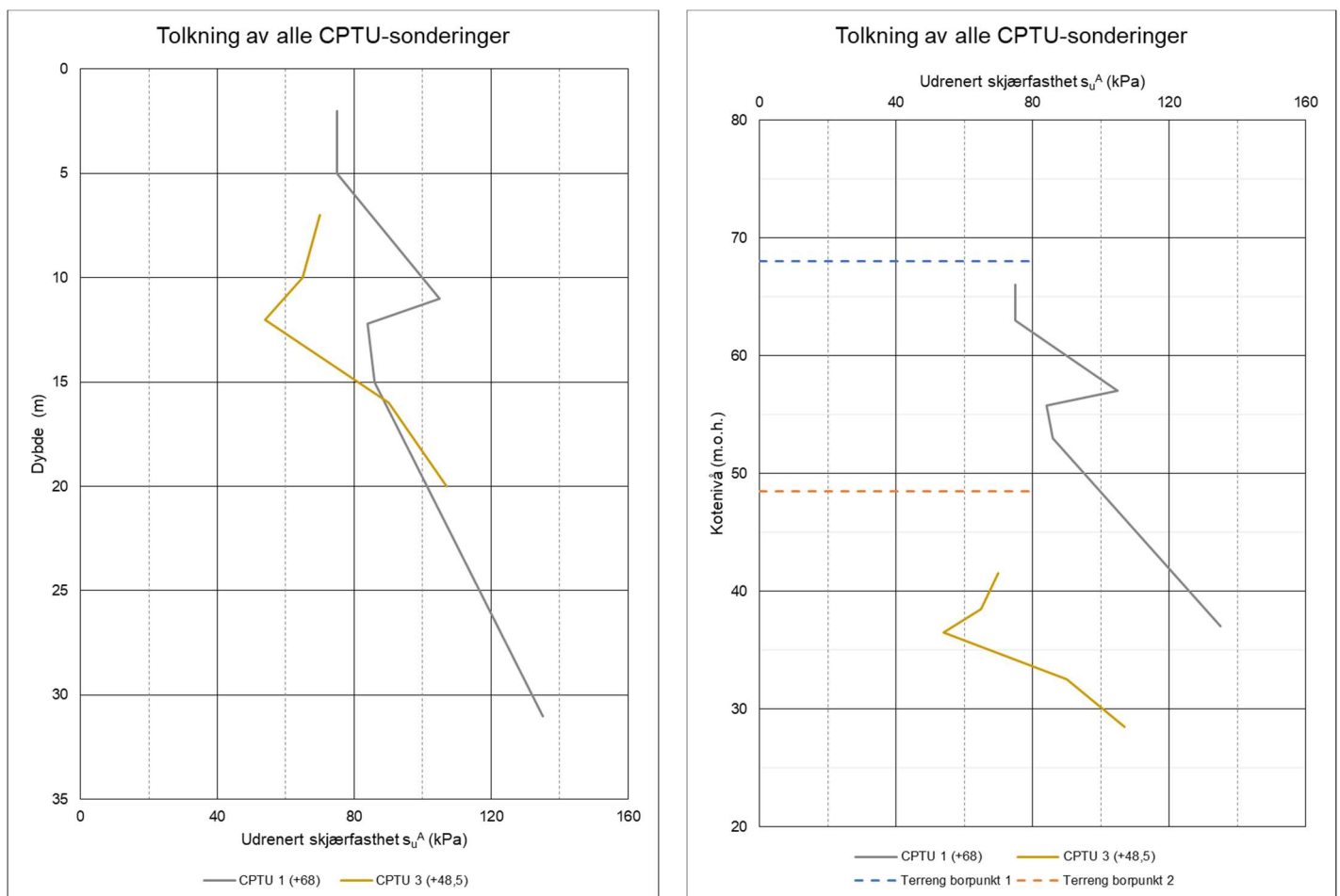
OCR-verdi fra ødometerforsøk og CPTU-sonderingene viser at grunnen er overkonsolidert. På toppen av skråningen er det mest sannsynlig at overkonsolideringen skyldes «modning»/aldring av leira siden leira sannsynligvis er avsatt etter at isen har trukket seg tilbake. Ved foten av skråningen, borpunkt 3, er dette i bunn av det tidligere skredgropen. Her er det sannsynlig å anta at terrenget opprinnelig har ligget opp mot samme høyde som borpunkt 1 ( $\Delta H \approx 20$  m). Det er derfor grunn til å anta at det er større overkonsolidering i de øvre laget med leire her enn ved toppen av skråningen.

Det er utført to treaksforsøk i forbindelse med prosjektet, se tabell under for oppsummeringer av forsøkene:

**Tabell 9-2 Resultater fra treksforsøk**

Borpunkt	Dybde	$S_u^A$	Tolkning effektive parametere		Prøvekvalitet		Antatt OCR	Material
			$\phi$	Attraksjon	$\Delta V/V_0$	$\Delta e/e_0$		
1	12,2 m	83 kPa	32°	4,6 kPa	Akseptabelt	Akseptabelt	1,5 (CPTU)	Kvikkleire
3	7,5 m	48 kPa	28°	11,6 kPa	Akseptabelt	Akseptabelt	>2 (CPTU)	Kvikkleire

Tolkning av udrenerte skjærfasthetsprofiler som er lagt til grunn i stabilitetsberegningene er vist i tillegg 1.1 og en sammenstilling av profiler for aktiv udrenert skjærfasthet er vist i figur 9.1.



Figur 9.1 Sammenstilling aktiv udrenert skjærfasthet benyttet i stabilitetsberegninger (Plotet mot dybde til venstre og mot kote til høyre)

I beregningene med avlastning for fremtidig bygg har vi valgt å ikke justere fasthetsprofilen som følge av avlastningen. Inngrepet på toppen av skråningen forventes å være lite og vi anser det som ikke sannsynlig at fastheten i leira under laget med tørrskorpe skal ha reduksjon av betydning som følge av avlastningen.

### 9.2.4 SHANSEP

SHANSEP-prosedyren (Stress History and Normalized Soil Engineering Properties) relaterer udrenert skjærstyrke mot overkonsolideringsgraden, OCR. Generelt uttrykkes udrenert skjærstyrke etter SHANSEP-prosedyren med følgende formel:

$$s_u = \sigma'_{v0} \cdot S \cdot OCR^m$$

Hvor:  $s_u$  er udrenert skjærstyrke

$\sigma'_{v0}$  er effektiv vertikalspenning

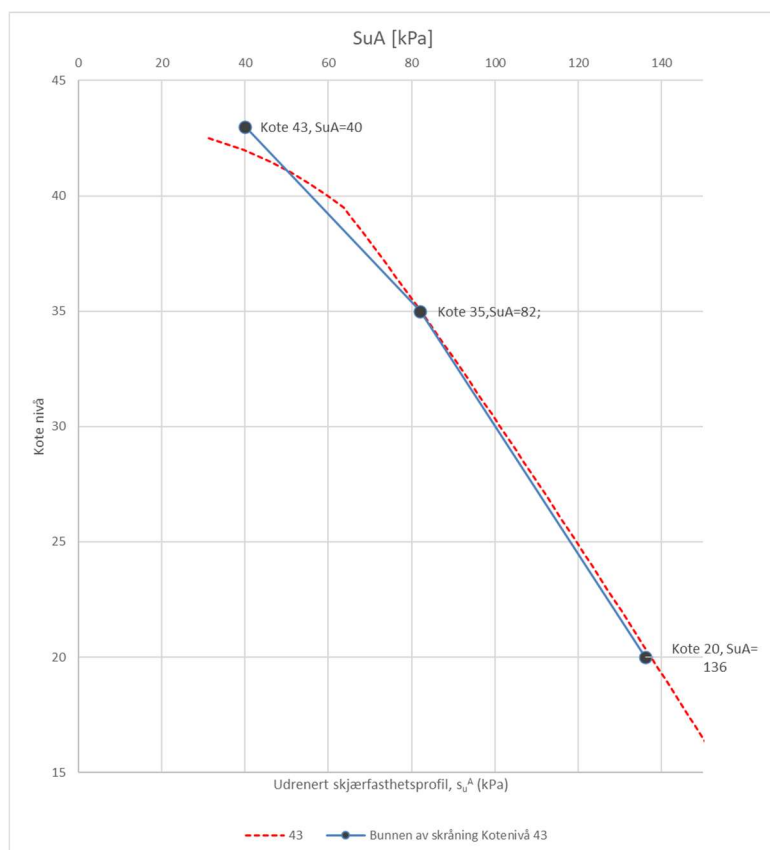
S er SHANSEP-normaliseringsparameter

m er SHANSEP-potensparameter

OCR er overkonsolideringsgrad, her samlet verdi for geologisk overlaging og overkonsolidering som skyldes kryp

For vurdering av skjærfasthetsprofil ved foten av skråningen ved profil 2 har vi benyttet SHANSEP med følgende input:

- $m = 0,67$
- $S = 0,30$
- Tidligere terrengnivå +70
- Grunnvannstand 3,5 m under terreng, poretrykksutvikling mot dybden: 10 kPa/m



Shansep		
Dagens terr.	43	kote
Tidligere terr.	70	kote
$\gamma_{tot, tidligere}$	20	kN/m <sup>3</sup>
S	0,3	-
m	0,67	-
aeging	1,2	-

Designlinje		
Bunnen av skråning Kotenivå 43		
Kotenivå	SuA[kPa]	[kPa/m]
43	40	5,25
35	82	3,6
20	136	-6,8

Figur 9.2 SHANSEP vurdering, kote 34. Rød stiplet linje er viser SHANSEP profilet, blå linje er designlinje



### 9.2.5 ADP-faktorer

Forholdet mellom aktiv, direkte, og passiv skjærstyrke velges på bakgrunn av NIFS-rapport om dette tema [16].

Det er ikke gjort målinger av  $I_p$ . Det legges derfor til grunn laveste verdi av ADP-faktorer::

- $s_u^D / s_u^A = 0,63$
- $s_u^P / s_u^A = 0,35$

### 9.2.6 Effektivspenningsparametere i leire

Effektivspenningsparametere i leiren er basert på treaksialforsøkene ved borpunkt 1 og 3. Tolkning av treaksialforsøkene er vist i tillegg 1.2. Vi har tolket verdier for friksjonsvinkel ( $\phi$ ) og attraksjon ( $a'$ ) ved ca. 1-1,5 % aksial tøyning i forsøket, altså noe under peak bruddtøyning, som har vært rundt 2 % tøyning. Effektivspenningsparametere i leiren som er lagt til grunn i stabilitetsberegningene er vist i tabell 9-3.

Tabell 9-3 Effektivspenningsparametere i leire

Materiale	Friksjonsvinkel Tan $\phi$ / $\phi$ (-/ $^\circ$ )	Attraksjon $a'$ (kN/m <sup>2</sup> )	Kohesjon $c'$ (kN/m <sup>2</sup> )
Leire	0,55 / 29 $^\circ$	10	5,5
Kvikkleire	0,53 / 28 $^\circ$	11,5	6,1

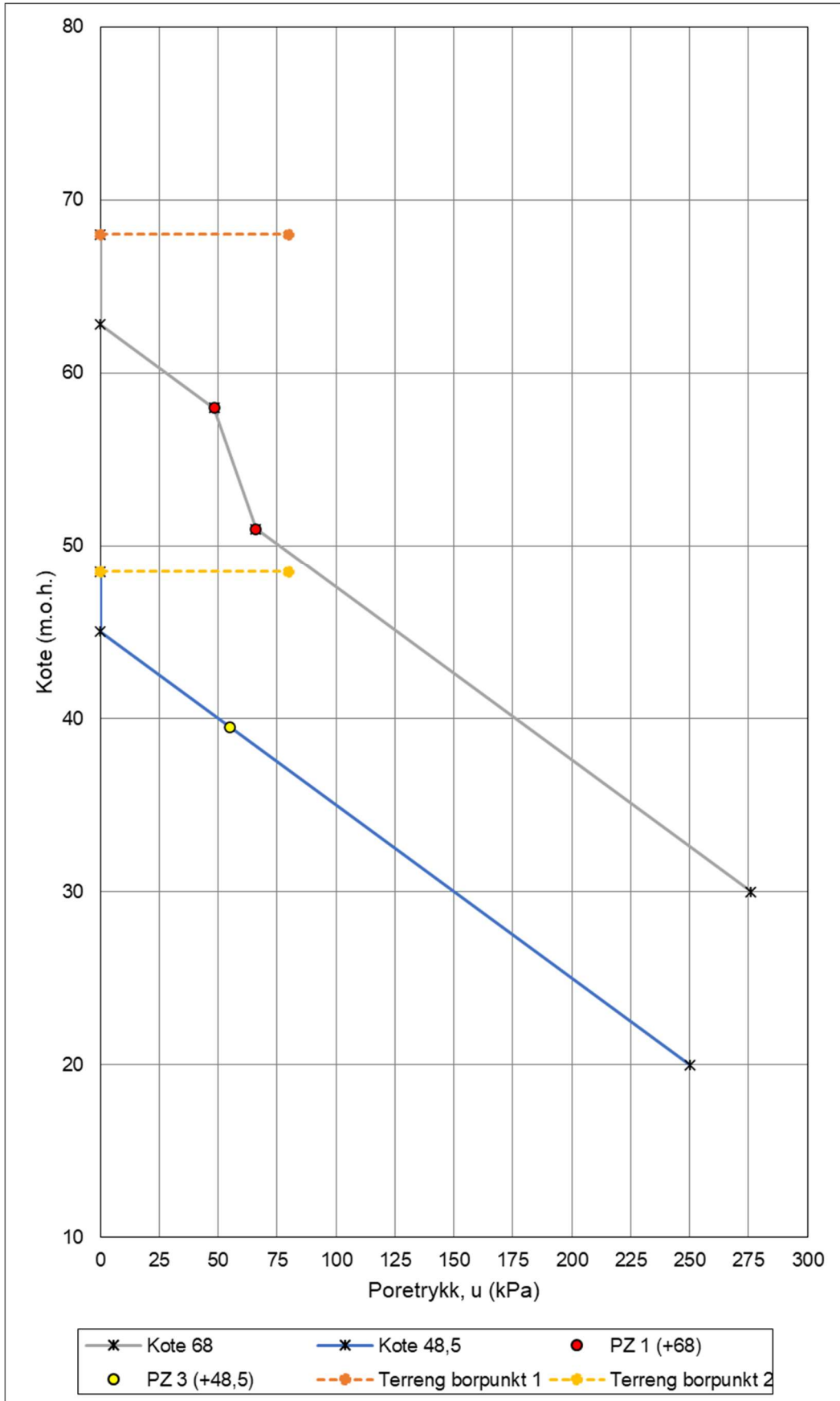
Fra Multiconsult sin utredning i området fra 2011 [7] ble det foretatt 7 treaksialforsøk av leiren i området, se sammenstilling av tolkede resultatene i tabellen under. Borpunkt 2 er lokalisert på toppen av terrengryggen, borpunkt 6 er i foten av skråningen. Vi kan se at tolkede verdier er i samme størrelsesorden som vi har avdekket i våre forsøk.

BP	Dybde	Antatt materiale	tan $\phi_k$	a	$Su_A$ , treaks	$Su_D$ , enaks/konus
2	2,5	Tørskorpeleire	0,66	40	(83)	(188)
	5,4	Leire, mulige siltlag	0,69	10	60	60
	16,4	Sensitiv leire	0,55	10	77	45
6	3,5	Leire, siltig	0,67	10	45	75
	8,5	Leire	0,56	10	45	30
8	4,5	Tørskorpeleire	0,67	15	55	180
	11,4	Leire	0,57	10	55	75

Figur 9.3 Tolkede treaksialforsøk fra MC 2011 [7]

### 9.3 Poretrykksforhold

Det er installert 2 poretrykksmålere på toppen av skråningen ved borpunkt 1 og 1 poretrykksmåler i bunnen ved borpunkt 3. Alle målerne er hydrauliske. I borpunkt 1 indikerer nedre målepunkt at det er poreundertrykk i grunnen. I stabilitetsberegninger er det lagt inn poretrykksprofil som vist i Figur 9.4



Figur 9.4 Poretrykksprofil brukt i stabilitetsberegningene og i CPTu-tolkning

## 10 Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder

### 10.1 Skredmekanisme

Det er påvist kvikkleire med omrørt skjærfasthet lavere enn 0,69 kPa ved prøvetakning på topp og bunn av skråningen. Vi har utført en innledende sjekk av b/D med bruk av 1:15 linje fra 0,25xH i foten av skråningen, som vist i tegning R02E01. Dette gir b/D rundt 38 %, som tilsier rotasjonsskred. Dybden til laget med kvikkleire usikkert ved skråningstoppen siden vi ikke har boring akkurat her. Om vi hadde trukket laget med kvikkleire horisontalt fra borpunkt 1 hadde b/D forholdet sannsynligvis tilsagt at det er retrogressiv skredutvikling. Løsneområdet vil da blitt større, men det vil fremdeles være innenfor eksisterende faresone «Stubban» så det vil hatt lite praktisk betydning. I videre vurderinger benyttes rotasjonsskred som mekanisme.

### 10.2 Løsneområde

For rotasjonsskred er løsneområdet typisk rundt 5xH, hvor H er høydeforskjellen til skråningen (kap. 4.5.3 i [2]). I dette tilfelle faller terrenget kraftig rett bak skråningstopp. Dette tilsier at løsneområdet sannsynligvis vil bli begrenset i forhold til 5xH. I opptegning av løsneområdet har vi uansett tatt utgangspunkt i 5xH fra skråningsfoten, som blir ca. 130 m. Vi har tatt med at et løsneområde som også dekker terrenget ved profil 2 og 3. Se tegning R02A02 for løsneområdet.

### 10.3 Utløpsområde

Rotasjonsskred vil typisk kun ha et løsneområde tilsvarende 0,5xløsneområdet. Se tegning R02A02 for utløpsområdet.

## 11 Klassifiser faresoner

Tiltaket ligger i en allerede kartlagt faresone, «Stubban», med faregrad middel. I henhold til krav i NVE 1/19 har vi vurdert klassifiseringen på nytt. Klassifisering av faresonen basert på profil 1 er vist i tillegg 1.5 med følgende resultat:

### Profil 1

- Konsekvensklasse = Alvorlig
- Faregrad = Middels

## 12 Dokumenter tilfredsstillende sikkerhet

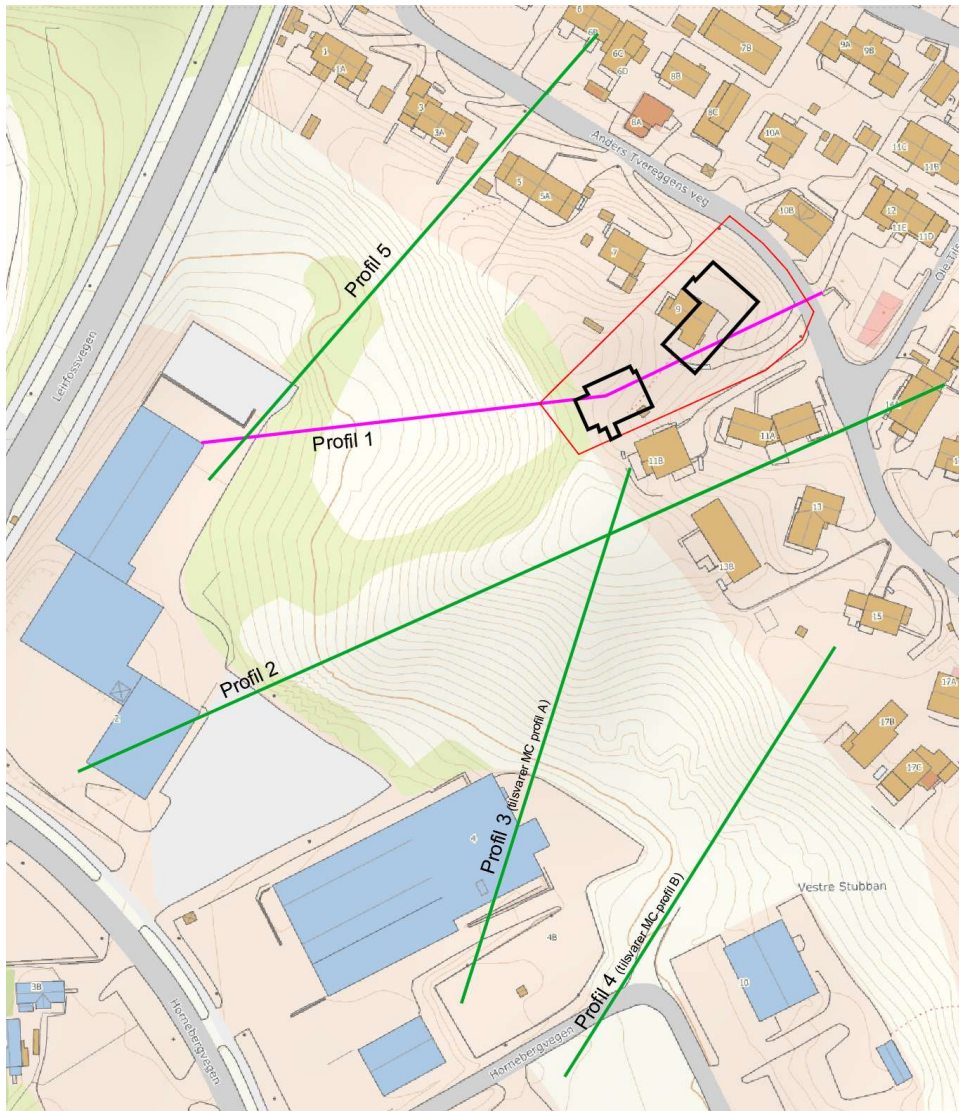
### 12.1 Sikkerhetskrav

For tiltakskategori K4 og middels faregrad gjelder følgende krav iht. NVEs veiledning nr. 1/2019:

- Hvis tiltaket forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor  $F_{cu} \geq 1,61$  og  $F_{c\phi} = 1,25$ . For tiltak som ikke forverrer stabiliteten er kravet til sikkerhet sikkerhetsfaktor  $F_{cu} \geq 1,40$  og  $F_{c\phi} = 1,25$ . Ved lavere sikkerhet må  $F_{cu}$  og  $F_{c\phi}$  økes prosentvis.
- Utenfor influensområdet gjelder krav til sikkerhet  $F_{cu} \geq 1,20$  og  $F_{c\phi} = 1,25$ , ved lavere sikkerhet skal sikkerheten økes prosentvis (robusthet).

## 12.2 Beregningsprofil

For vurdering av hvordan det planlagte tiltaket påvirker stabiliteten av skråningen har vi sett på et profil (1) gjennom tomten og ned mot næringseiendommen i sørvest. I tillegg har vi sett på fire profil (2, 3, 4 og 5) for å vurdere stabilitet utenfor influensområdet til tiltaket. Se plassering av profil på Figur 12.1 og tegning R02A01.



Figur 12.1 Plassering av stabilitetsprofil. Rosa = kritisk profil, grønn = sjekk robusthet profil

## 12.3 Vurdering av tidligere utførte beregninger (Profil 3 og 4)

I profil 3 og 4 er det tidligere gjort stabilitetsvurdering av Multiconsult i 2011 [7] og stabiliserendetiltak i skråningen, som er beskrevet i kapittel 7. I rapporten til Multiconsult er det regnet på to profil (A og B, se Figur 12.2). Beregninger er utført iht. NVE sine retningslinjer 1/2008. Metoden har endret seg noe siden den gang, men det er benyttet sammenlignbare materialparametere, ADP-forhold (0,7/0,4 for leire og 0,6/0,3 for kvikkleire) og minst 15 % reduksjons av  $Su_A$  i laget med kvikkleire. Etter gjeldende veileder er det ikke lengre anbefaling om reduksjon av  $Su_A$ , slik at oppnådd sikkerhet på udrenert basis i de gamle beregningene er konservative. Oppnådd sikkerhet fra beregningen i 2011 var:

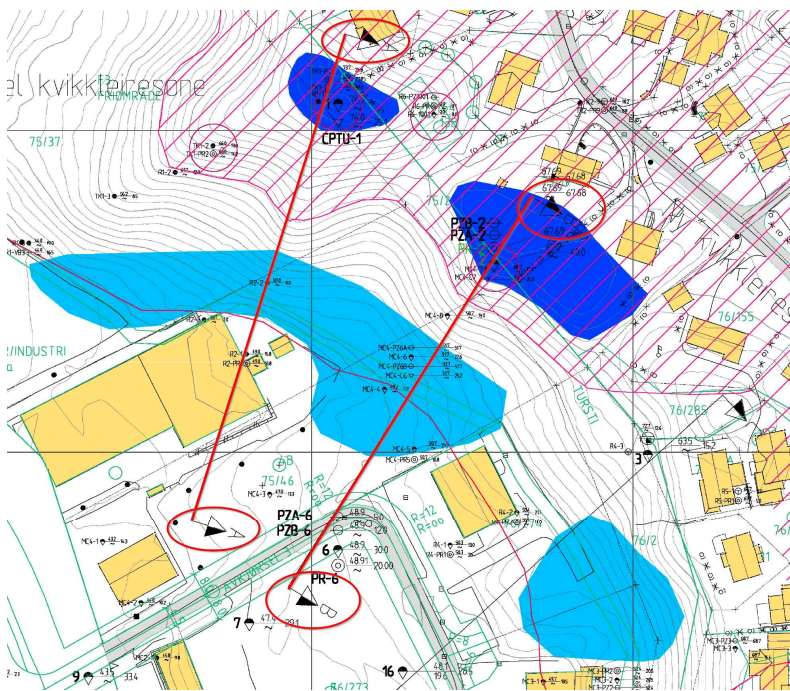
- Profil A (tilsvarer vårt profil 3)
  - ADP = 1,18
  - $A\phi$  = 1,19
- Profil B (tilsvarer vårt profil 4)
  - ADP = 1,60
  - $A\phi$  = 1,27

Begge disse profilene er relevante med tanke på kontroll av robusthet siden begge ligger utenfor influensområdet til tiltaket.

For profil A er både udrenert og drenert beregning i utgangspunktet lavere enn kravet for robusthet ( $F_{cu} \geq 1,20$  og  $F_{c\phi} = 1,25$ ). For den udrenerte beregningen anser vi kravet å være oppfylt fordi det er brukt aktiv reduksjon på 15 % i laget med kvikkleire. Iht. dagens regelverk er dette ikke nødvendig å regne med og vi anser derfor kravet på  $F_{cu} \geq 1,20$  som oppfylt.

For den drenerte beregningen man lengre unna kravet på  $F_{c\phi} \geq 1,25$ . Vi kjenner til at det er gjort stabiliserende tiltak i skråningen siden 2011, se kapittel 7, og vi har også dokumentert at det er poreundertrykk i topp skråning fra våre grunnundersøkelser. Profil 3 går gjennom det høyeste punktet på terrenngryggen. I Multiconsult sine beregninger er det antatt hydrostatisk grunnvannstand fra overgangen mellom tørrskorpeleire og leire. Vi mener det er rimelig å forutsette at det er poreundertrykk i topp skråning også i dette profilet. Vi har gjort en oppdatert beregning av profilet med samme materialparametere som Multiconsult. Når vi tegner opp profilet med terrenngmodell fra 2011 og 2022 kan vi se at det har vært ca. 1,3 m avlastning i topp. Dette, kombinert med at vi legger inn poreundertrykk på topp skråning og hydrostatisk fra ca. i midten og bunnen av skråningen gir  $F_{c\phi} = 1,32$ , se beregning i R02E06.

Basert på at det er utførte stabiliserende tiltak i foten og på toppen av skråningen, samt at det er brukt høyt poretrykk og reduksjon av aktiv skjærfasthet, mener vi at kravet til robusthet ( $F_{cu} \geq 1,20$  og  $F_{c\phi} \geq 1,25$ ) er oppfylt.



Figur 12.2 Utsnitt fra situasjonsplan med plassering av beregningsprofiler fra MC sine vurderinger i 2011 [7].

## 12.4 Stabilitetsberegninger

Det er utført stabilitetsberegninger for dagens situasjon i tre beregningsprofiler (Profil 1, 2 og 3) med beliggenhet som vist på situasjonsplan i tegning R02A01 og Figur 12.1.

Stabilitetsberegningene er utført i GeoSuite Stability og BEAST som beregningsverktøy [17]. Det er utført beregninger for totalspenningsbasis (udrenert tilstand i leiren) og effektivspenningsbasis (drenert langtidstilstand i leiren).

Stabilitetsberegningene er vist i tegning R02E01 til R02E05. Lagdeling, materialparametere og andel kvikkleire/ sprøbruddmateriale over kritisk glideflate er vist i beregningene. Beregningsmessig sikkerhet for dagens situasjon er oppsummert i tabell 12-1.

Kravet til sikkerhet for Profil 1 er strengere siden tiltaket ligger innenfor influensområdet til tiltaket, se kapittel 12.1. Dagens sikkerhet er under kravet og prinsippet om prosentvis forbedring benyttes for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet. Krav til forbedring settes med utgangspunkt i beregnet sikkerhet i dagens situasjon.

Fremtidig bebyggelse på tomten vil kreve utgraving som skissert i tegning R02E02, hvis ikke er det ikke mulig å oppnå krav til sikkerhet.

Fremtidig bebyggelse på tomten er forutsatt å utføres som trebygg med unntak av kjeller-/sokkeletasje som antas å ha betongvegger og bunnplate. Beregninger utføres følgende bygningslaster:

- Kjelleretasje 10 kPa/etasje
- Øvrige etasjer 5 kPa/etasje

Tabell 12-1 Beregnet sikkerhetsfaktor for dagens situasjon

Tegningsnr.	Profil	Beregningsmetode	Situasjon	Krav til sikkerhet	Beregnet F (krav til %-for.)	3d-effekt*
R02E01	1	ADP / AFI	Dagens	-	1,19 og 1,38 / 1,70	Nei
					1,30 /	Ja (0,008)
R02E02	1	ADP / AFI	Med tiltak	%-vis forbedring	1,34 (2,5% => 1,33) / 1,70 1,22 (økning 2,5 %)	Ja (0,008) Nei
R02E03	2	ADP / AFI	Dagens	1,20 / 1,25	1,01 / 1,49	Nei
R02E04	2 +20 m	ADP	Dagens	1,20**	1,27	Nei
R02E05	2-20 m	ADP	Dagens	1,20**	1,22	Nei
R02E06	3	AFI	Dagens	1,25***	1,32	Nei
-	4	Sikkerhet dokumenter i MC 2011, se kap. 12.3.				
R02E07	5	ADP / AFI	Dagens	1,20 / 1,25	1,32 / 1,62	Nei

\*Se begrunnelse 3d-effekt i etterfølgende kapittel

\*\*Kravet til sikkerhet AFI er oppfylt i Profil 2

\*\*\*Kravet til ADP er oppfylt i MC 2011

### 12.4.1 Profil 1 – Dagens situasjon (R02E01)

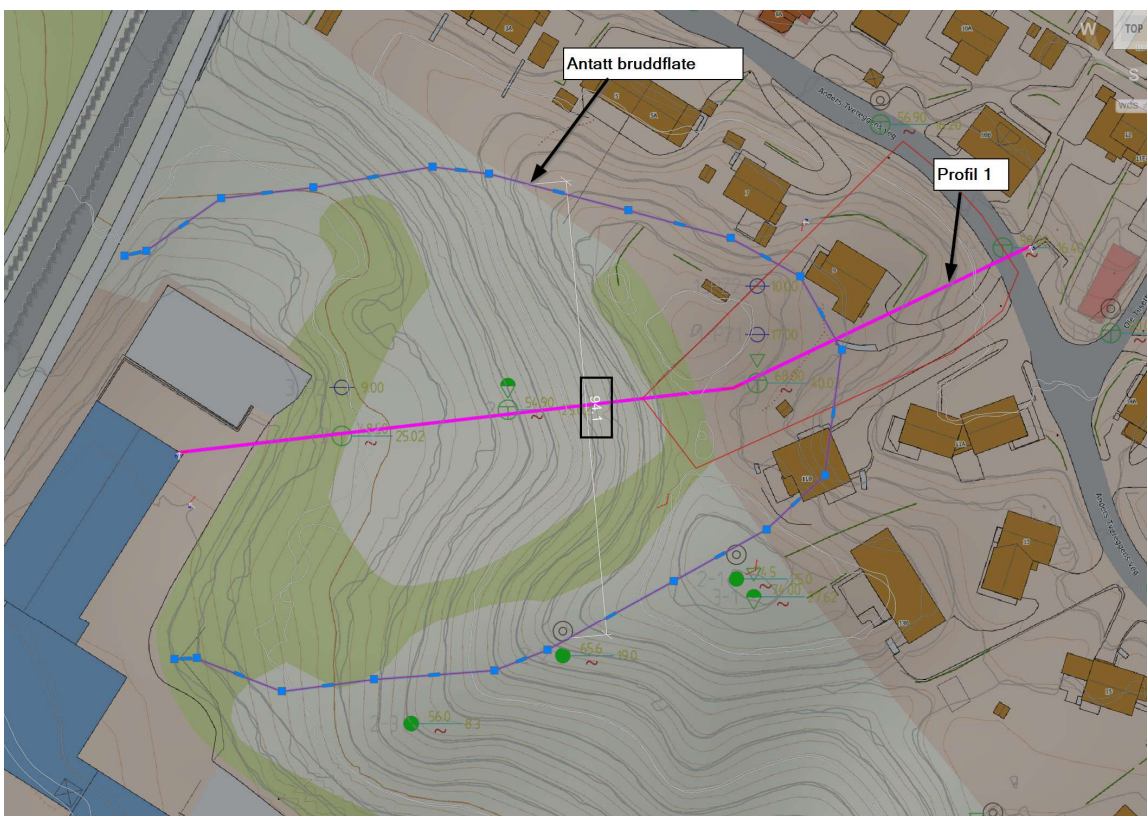
Profilen ligger innerst i en terrengskål. I foten av profilet ligger parkering/uteområdet til Witro Bil. Skråningen består av gress og skog. Det er ingen tegn til erosjon eller utglidninger fra befaring.

Dagens stabilitet er god på drenert basis. Dette skyldes at det er målt poreundertrykk og at leira har forholdsvis høye verdier for parametere på drenert basis.

På udrenert basis er sikkerheten lav for de største og dypeste skjærflatene. Dette skyldes den store høydeforskjellen til skråningen og at det er målt noe lavere skjærfasthet i et lag ved foten av skråningen. Det er lite sannsynlig at det er en udrenert spenningstilstand til så stor dybde som kritisk skjærflate viser. For å se hva en grunnere skjærflate gir har vi lagt inn en med samme geometri som kritisk skjærflate fra AFI beregningen. Denne gir  $F_{cu} = 1,38$ .

Siden vi får svært dyp kritiske skjærflate er det ikke urimelig å legge inn noe 3d effekter for å fremprovosere en mer realistisk skjærflate. I utgangspunktet anbefaler Geosuite at 3d effekt legges inn som  $2/\text{systemlengden}$ , der systembredden er bredden på en sannsynlig bruddflate. Videre anbefales at systembredden dobles for å ikke overestimere 3d-effekten [13, pp. 4-12]. Det er også en forutsetning at man har økt stabilitet i hver ende av den sannsynlige bruddflaten. Dette er vurdert gjennom beregning av profil 2 og 5. Systembredden har vi estimert til ca. 90 m, se figur under. Dette gir  $3d\text{-effekt} = 2/(90 \cdot 2) = 0,011$ . I kontroll av stabiliteten for sideliggende terreng har vi god sikkerhet ved profil 5, men oppfyller kun robushet ved profil 2. Vi har derfor skjønnsmessig redusert 3d-effekten vi legger inn i beregningene til 0,008 (28 % reduksjon).

Beregninger av udrenert sikkerhet med 3d-effekt gir sikkerhet  $F_{cu} = 1,30$ , dvs. en økning på 9,2 % i forhold om vi ikke har med 3d. Dette benyttes videre når krav til forbedring vurderes.



Figur 12.3 Estimering av systembredde profil 1

### 12.4.2 Profil 1 – Fremtidig situasjon (R02E02)

Beregningene tar utgangspunkt i samme parametere og lagdeling som for dagens situasjon, men det er lagt inn nødvendig utgraving på skråningstopp for å oppnå tilstrekkelig forbedring.

Drenert sikkerhet er dokumentert tilfredsstillende i dagens situasjon. For ordens skyld har vi også utført en beregning med bygningslast og utgraving som viser  $F_{c\phi} = 1,70$ . Dette oppfyller krav til sikkerhet.

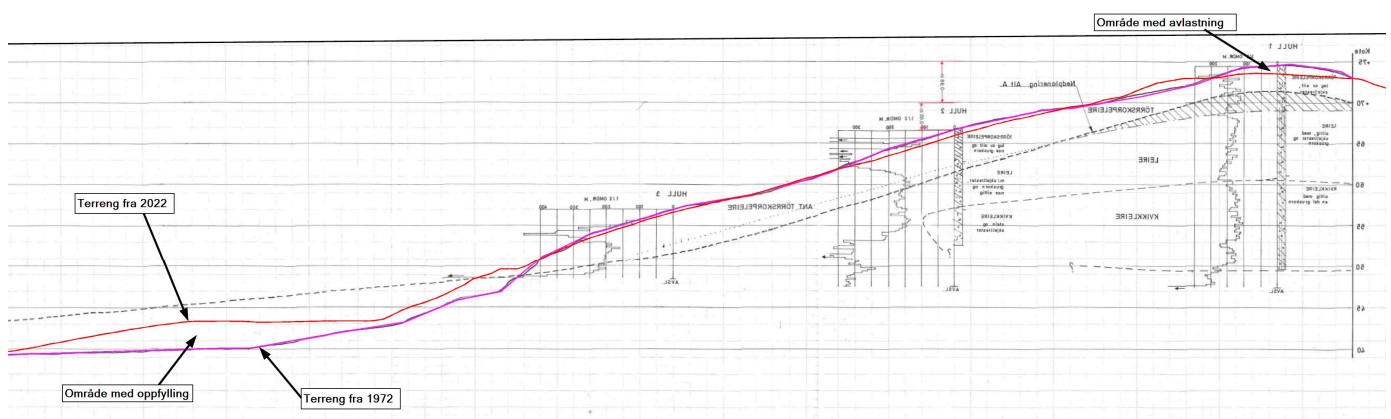
For udrenert beregninger benyttes prosentvisforbedring for å oppnå krav til sikkerhet. Kritisk beregning i dagens situasjon (med 3d) viser  $F_{cu} = 1,30$ . Krav til forbedring hentes fra figur 3.3 i NVE veilederen [2, p. 28] og settes til 2,5 %  $\Rightarrow F_{cu} \geq 1,33$ . I beregningen oppnås sikkerhet på  $F_{cu} = 1,34$  med utgraving til ca. kote 66,7 under fotavtrykket til huset lengst vest på tomten. Dette tilsvarer ca. 2,5 m utgraving på det meste. Det er lagt inn bygningslast. Det er også lagt inn last fra bygget lengst øst på tomten, men dette ligger tilstrekkelig langt fra kritiske skjærflater til at det ikke påvirker stabiliteten mot vest. Dette bygget er også tenkte med kjeller med OK gulv på ca. kote 62,5. Denne utgraving er ikke tatt med i beregningen.

Vi har også tatt en sjekk av udrenert stabilitet uten 3d effekt. Det oppnås 1,22, som er en forbedring på ca. 2,5 % i forhold til opprinnelig stabilitet uten 3d effekt.

Tilfredsstillende sikkerhet mot skred oppnås om huset som ligger nærmest kanten fundamenteres ca. 2,5 m under dagens terreng (ca. kote 66,7) og at det oppnås en avlastning på ca. 360 m<sup>3</sup>. Det er da forutsatt kjeller i betong og trekonstruksjon ellers. Ev. må det utføres masseutskifting for å oppnå tilsvarende avlastning av terrenget. Det må gjennomføres geoteknisk detaljprosjektering for å sikre at tilstrekkelig forbedring oppnås.

### 12.4.3 Profil 2 (R02E03)

Profilen følger en utstikkende rygg i skråningen fra det høyeste punkt i området og ned mot Hornebergveien. Lagdeling er basert på tidligere boringer i skråningen utført av kommunen i 1972 [6]. En sammenligning av terrenget fra den tid viser at det er blitt fylt opp noe i foten av skråningen, sannsynligvis i forbindelse med utbygging parkering for næringsbygg, se sammenligning av terreng fra 1972 og 2022 i Figur 12.4. Det er også lastet av noe i toppen av skråningen. Su profiler er basert på det som ble tolket fra grunnundersøkelsen i profil 1. På toppen av skråningen er i tillegg lagt inn Su profil fra MC1 [7]. Grunnvannstand er antatt hydrostatisk i overgang mellom tørrskorpeleire og leire. Det ble ikke observert tegn til erosjon eller utglidninger fra befaring.



Figur 12.4 Sammenligning av terrenget fra 1972 mot 2022 i profil 2 fra Trondheim kommune sin rapport R250



På drenert basis oppnås god sikkerhet, godt over kravet til robusthet.

På udrenert basis er beregnet sikkerhet rundt 1,0 for store og dype skjærflater. Sånn som for profil 1 anser vi det som lite sannsynlig at det skal oppstå udrenert spenningstilstand i hele denne skjærflaten. Spesielt ikke siden vi anser profilet å være lite representativt for terrenget siden det følger den utstikkende ryggen. Vi har derfor sett også på parallelle profiler, 20 m inn og ut av planet, for å bedre bilde på stabiliteten. Vi har benyttet samme materialparametere og tolket kvikkleirelaget høyere i terrenget. Høydeforskjellen i skråningen faller, og helning blir også noe slakere for de parallelle profilene. Det oppnås sikkerhet på hhv. 1,27 og 1,22 på udrenert basis, dvs. over kravet til robusthet. I sum anser vi at kravet til sikkerhet er oppfylt, spesielt siden oppnådd sikkerhet på drenert basis er svært god i dette profilet, og at de kritisk udrenerte skjærflatene er svært store og derfor lite sannsynlige.

#### 12.4.4 Profil 3 (R02E04)

Profilet er det samme som Multiconsult sitt profil A [7] og beregnes for å dokumentere oppnådd sikkerhet på drenert basis. Se utfyllende begrunnelse i kapittel 12.3. Vi har satt opp profilet med samme lagdeling og materialparametere som Multiconsult.

#### 12.4.5 Profil 5 (R02E05)

Profilet er satt opp for å undersøke robusthet i nordvestre enden av terrengryggen som går langs Anders Tvereggens veg, samt å undersøke om det er tilstrekkelig stabilitet i dette området til at vi kan benytte 3d-effekter i profil 1.

Lagdeling og materialparametere er konservativt basert på hva som ble avdekket i profil 1. Høydeforskjellen og brattheten er en del mildere i dette profilet som gjør at oppnådd sikkerhet på drenert og udrenert basis er god.

### 12.5 Skredmekanisme – Profil 1

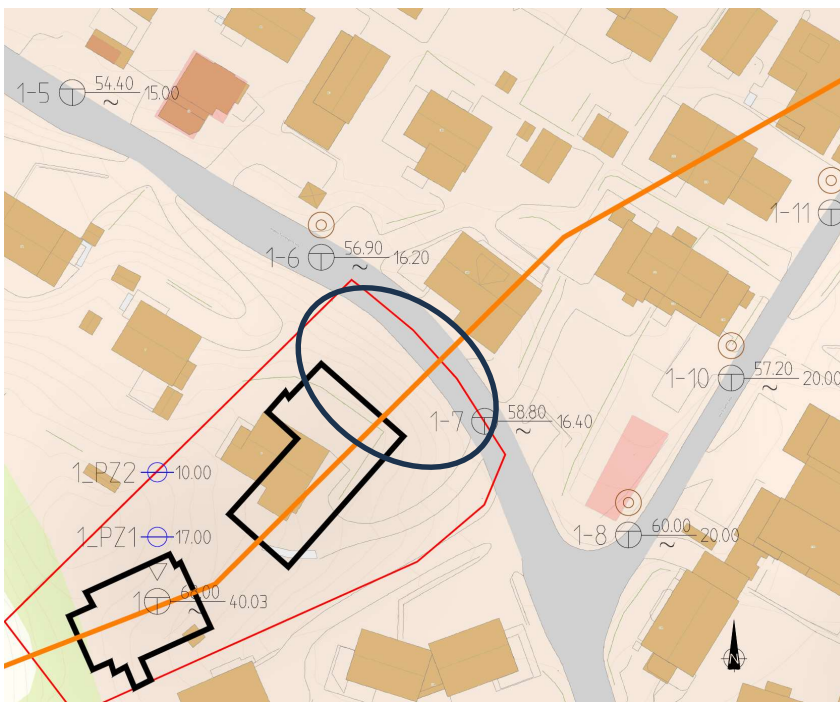
Kritisk skjærflate for profil 1 er dypere enn 1:15 linjen til 0,25H. Dvs. at b/D forholdet ikke vil endre seg i forhold til det som innledende ble vurdert i kapittel 10.1 ( $b/D = 0,38$ ).

Skredmekanismen er rotasjonsskred. Maksimal løsnedistanse for rotasjonsskred vil være 5 ganger høydeforskjellen (H) fra bunn til topp skråning iht. NVE 1/2019. Opptegning av løsne- og utløpsområde er vist på tegning R02A02.

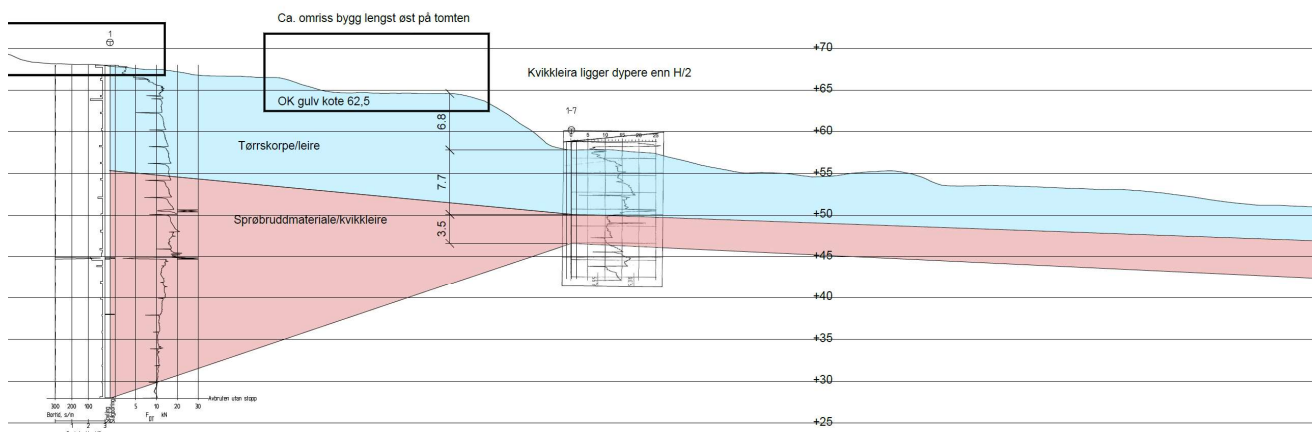
## 12.6 Stabilitet mot øst

### 12.6.1 Innenfor influensområdet til tiltaket

Terrenget mot øst er generelt slakere og tettbebyggt. Lokalt på tomten er det en skråning 5-7 m ned mot Anders Tvereggens veg. Det er tegnet et opp et profil gjennom tomten hvor lagdeling er vurdert basert på boringer fra Løvlien og kommunene sine boringer [4] [5], se Figur 12.5 og Figur 12.6. Boringer indikerer at kvikkleire/sprøbruddmateriale ligger dypere enn halve skråningshøyden. Vi vurderer derfor at stabilitet av skråningen ikke en områdestabilitetsproblemstilling, men lokalstabilitet. Det er planlagt kjeller på huset som kommer lengst øst på tomten og det bør derfor være mulig å få til avlastning og øk lokal stabilitet av skråningen mot vegen, men dette er en problemstilling som må inngå i detaljprosjekteringen. Basert på nåværende underlag er OK gulv lagt på kote 62,5, dette tilsvarer mellom 0,7-3,8 m utgraving i forhold til dagens terreng.



Figur 12.5 Situasjonsplan med plassering av profil (oransje) gjennom planlagte bygg og skråningen mot øst på tomten. Blå sirkel viser plassering av skråning hvor lokalstabilitet må vurderes i detaljprosjektering.



Figur 12.6 Profil gjennom planlagt bygg mot øst

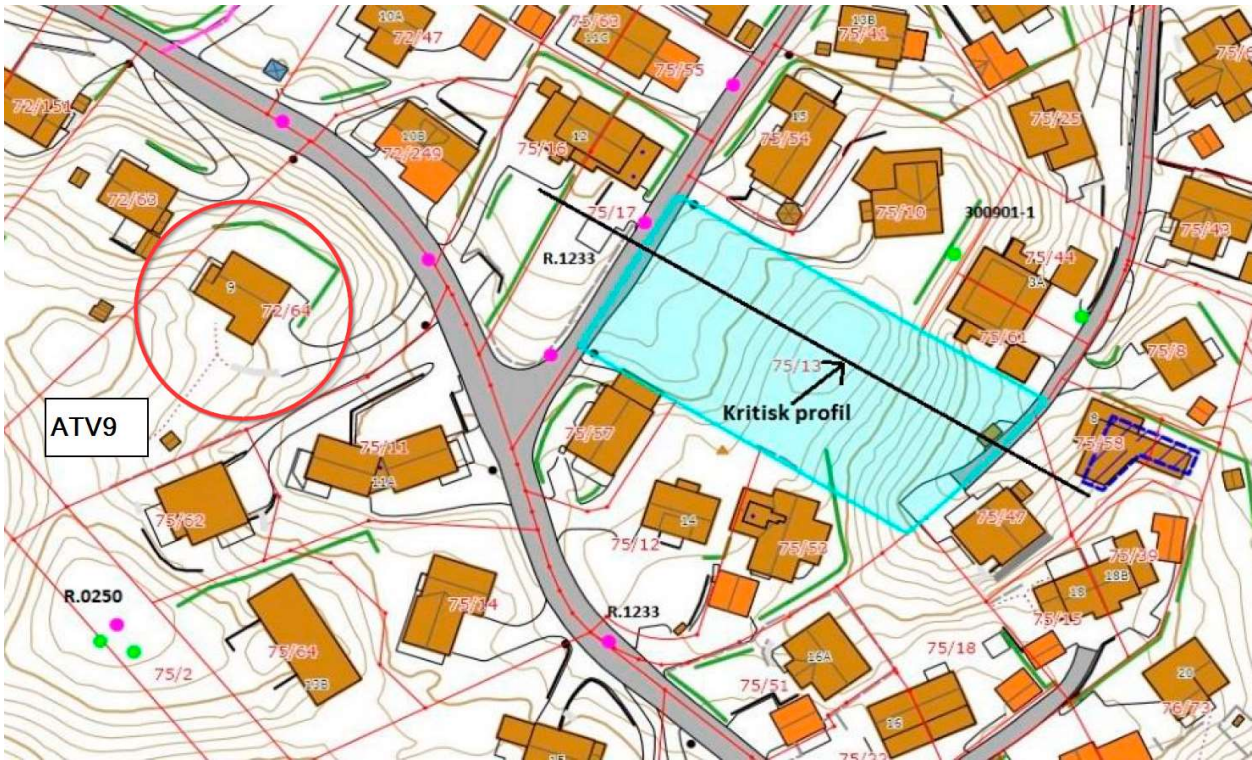
### 12.6.2 Utenfor influensområdet til tiltaket

Mot øst er det generelt slakt terreng med unntak av skråningen mellom Ole Tilseths veg og Karen Blekkans veg ca. 100 m øst for det planlagte tiltaket. Her er skråningshøyden ca. 10 m. Et skred i skråningen kan ramme tiltaket hvis det er retrogressiv utvikling, se Figur 12.7.

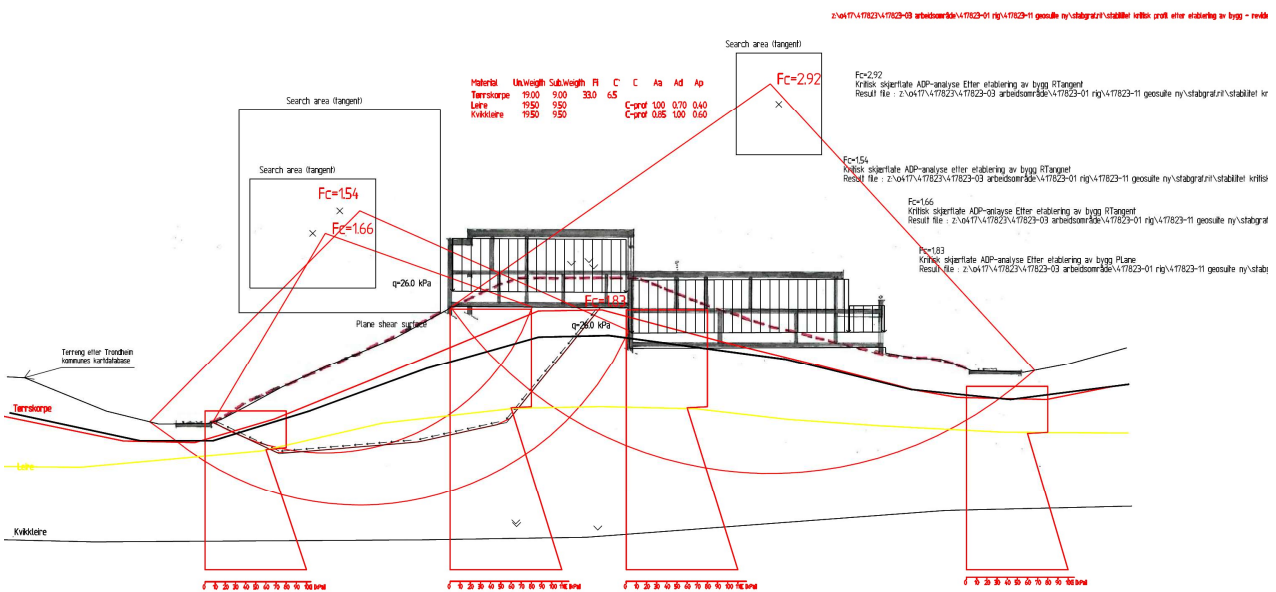


Figur 12.7 Plassering av ATV9 og skråning som er relevant å sjekk for robusthet

I forbindelse med bygging av Ole Tilseths veg 21 (OTV21) utførte Multiconsult en vurdering av sikkerhet mot skred i 2016 [18]. Utredningen ble utført etter den forrige kvikkleireveilederen (NVE 7/14). Det ble vurdert et profil i skråningen, hvor det ble dokumentert  $F_{cu} = 1,54$  og  $F_{c\phi} = 1,43$ , se plassering av profil på Figur 12.8. Dette tilfredsstiller krav til robusthet. For øvrig er beregninger utført etter gamle retningslinjer hvor aktiv skjærfasthet til kvikkleira er redusert. Dette utføres ikke for robushetskontroll iht. gjeldende regelverk.



Figur 12.8 Plassering av MC sitt beregningsprofil ved OTV21 [18].



Figur 12.9 Utsnitt fra udrenert beregninger av skråning ved OTV21 [18].

### 13 Konklusjoner og videre arbeid

Utførte grunnundersøkelser viser at det er forekomster av kvikkleire på Anders Tvereggens veg 9 og i skråningen mot vest. Faren for områdeskred er utredet iht. NVEs veileder nr. 1/2019. Utredningen viser at et eventuelt områdeskred vil arte seg som rotasjonsskred som følge at begrenset mektighet av kvikkleire.

Det er vurdert stabilitet av skråninger som ligger i og utenfor influensområdet til tiltaket. Skråninger utenfor influensområdet har god nok sikkerhet. Stabiliteten for kritisk profil gjennom tomten er for lav og det kreves forbedring av stabilitet for at tiltaket kan gjennomføres.

Beregninger viser at det er behov for at det utføres avlastning av terrenget ved huset på toppen av skråningen for å ivareta sikkerhet mot skred. Det er behov for utgraving til ca. 2,5 m i forhold til dagens nivå og en total avlastning på ca. 360 m<sup>3</sup>. Om bygget på fundamenteres høyere kan samme avlastende effekt oppnås ved at det gjennomføres masseutskifting med lette masser. Det anbefales at RIG samarbeider med arkitekt for å lande på en endelig plan og høyde på planlagt bygg slik at det er sikkert at det oppfyller kravet til forbedring.

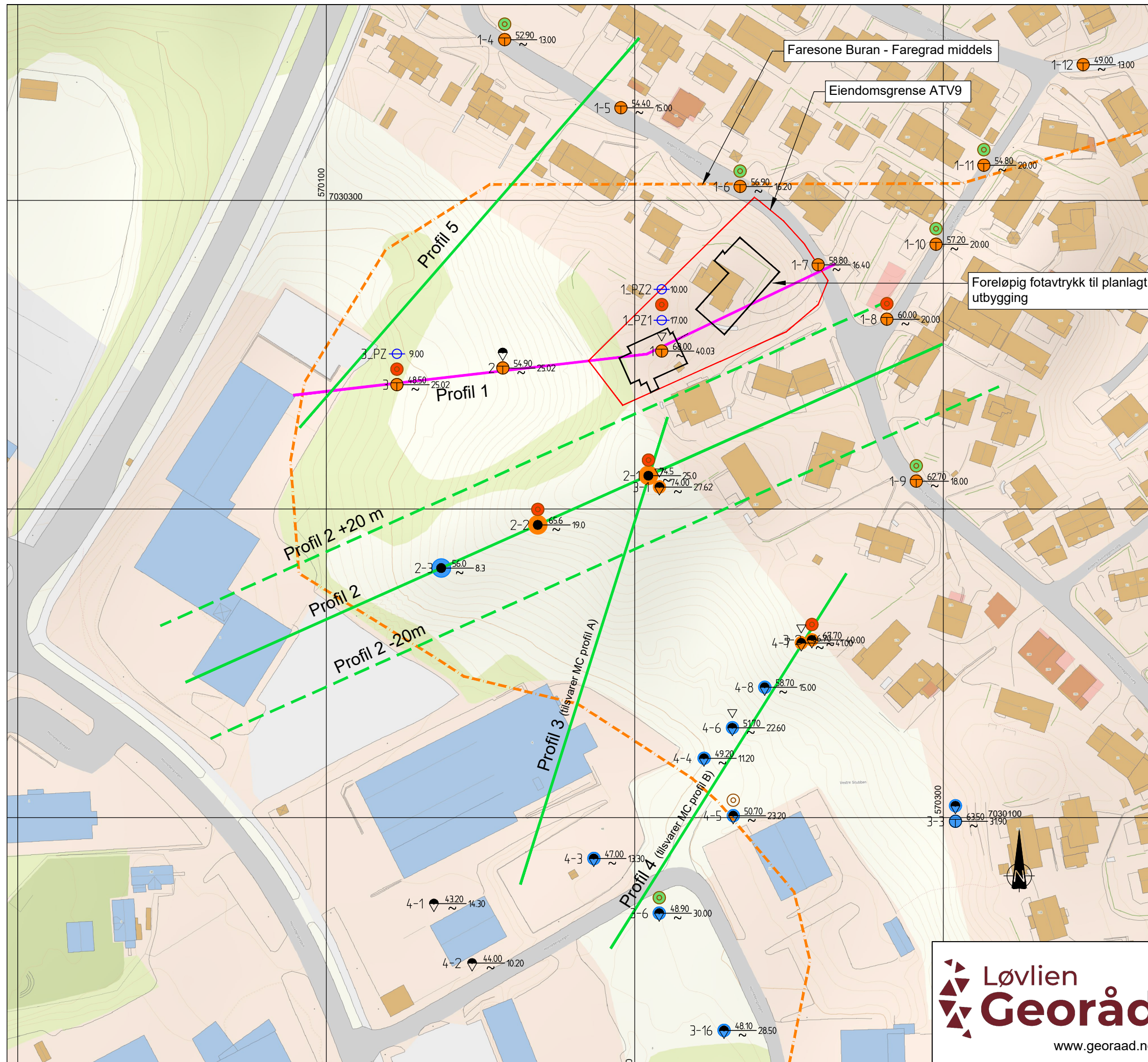
Vi vurderer at det er behov for at RIG ansvarsbelegges til detaljprosjektering. Problemstillinger som må løses er:

- Sikre at områdestabilitet ivaretas
- Fundamentering av bygg
- Lokalstabilitet av skråningen mot Andres Tvereggens veg

Det er utført uavhengig kvalitetssikring av foreliggende rapport av Watn Consult.

## 14 Referanser

- [1] Kartverket, Geovekst og kommuner, «Norgeskart,» [Internett]. Available: <https://norgeskart.no/>.
- [2] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Veileder nr.1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper,» 2020.
- [3] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Temakart kvikkleire,» [Internett]. Available: <https://temakart.nve.no/tema/kvikkleire>. [Funnet 2021].
- [4] Løvlien Georåd AS, «23116 Rapport nr. 1 Geoteknisk datarapport Anders Tvereggens veg 9,» 25.08.2023.
- [5] Trondheim kommune, «R.1233 Anders Tvereggens veg,» 29.10.2004.
- [6] Trondheim kommune, «R.250 Fossegrenda,» 17.3.1972.
- [7] Multiconsult AS, «414681-1 Næringsutvikling Fossegrenda,» 15.12.2011.
- [8] Multiconsult AS, «413210-1 Hornebergvegen 4B,» 10.12.2008.
- [9] Rambøll, «11916 Hornebergvegen 6B,» 03.09.1997.
- [10] Multiconsult AS, «300520 Hornebergvegen 12,» 21.12.2000.
- [11] Rambøll, «3074 Trafo Fossegrenda,» 20.08.1979.
- [12] Standard Norge, «NS-EN ISO 17892-6:2017 Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser. Laboratorieprøving av jord. Del 6: Konusprøving».
- [13] Statens vegvesen, Vegdirektoratet, «Håndbok V220 - Geoteknikk i vegbygging,» 2014.
- [14] K. Karlsrud, T. Lunne, D. A. Kort og S. Strandvik, «CPTU correlations for clays,» *International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 16. Osaka*, pp. 693-702, 2005.
- [15] M. D. J.-S. L. T. L. a. K. K. Priscilla Paniagua, «CPTU correlations for Norwegian clays: an update,» AIMS Geosciences, 26.04.2019.
- [16] Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire, «Rapport 14-2014 En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer,» 2014.
- [17] Trimble - Novapoint , «BEAST. A Computer Program for Limit Equilibrium Analysis by the Method of Slices. Documentation.,» Report 8302-2, rev. 3. 10. aug. 2000.
- [18] Multiconsult ASA, «417823-RIG-NOT-001 Ole Tilseths veg 21 - Geoteknisk vurdering av sikkerhet mot skred,» 31.03.2016.



**MERKNADER:**  
 Koordinatsystem: UTM 32V. Høydereferanse: NN2000

**Grunundersøkelser i området:**

- Løvlien Georåd [4]** - 23116 Rapport nr. 1 Geoteknisk datarapport Anders Tvereggens veg 9, 25.08.2023. Børpunkter 1-3
- Trondheim kommune [5]** - R.1233 Anders Tvereggens veg, 29.10.2004, Børpunkter 1-1 til 1-12
- Trondheim kommune [6]** -R.250 Fossegrenda, 17.3.1972, Børpunkter 2-1 til 2-3
- Multiconsult AS [7]** - 414681-1 Næringsutvikling Fossegrenda, 15.12.2011, Børpunkter 3-1 til 3-16
- Multiconsult AS [8]** - 413210-1 Hornebergvegen 4B, 10.12.2008, Børpunkter 4-1 til 4-8

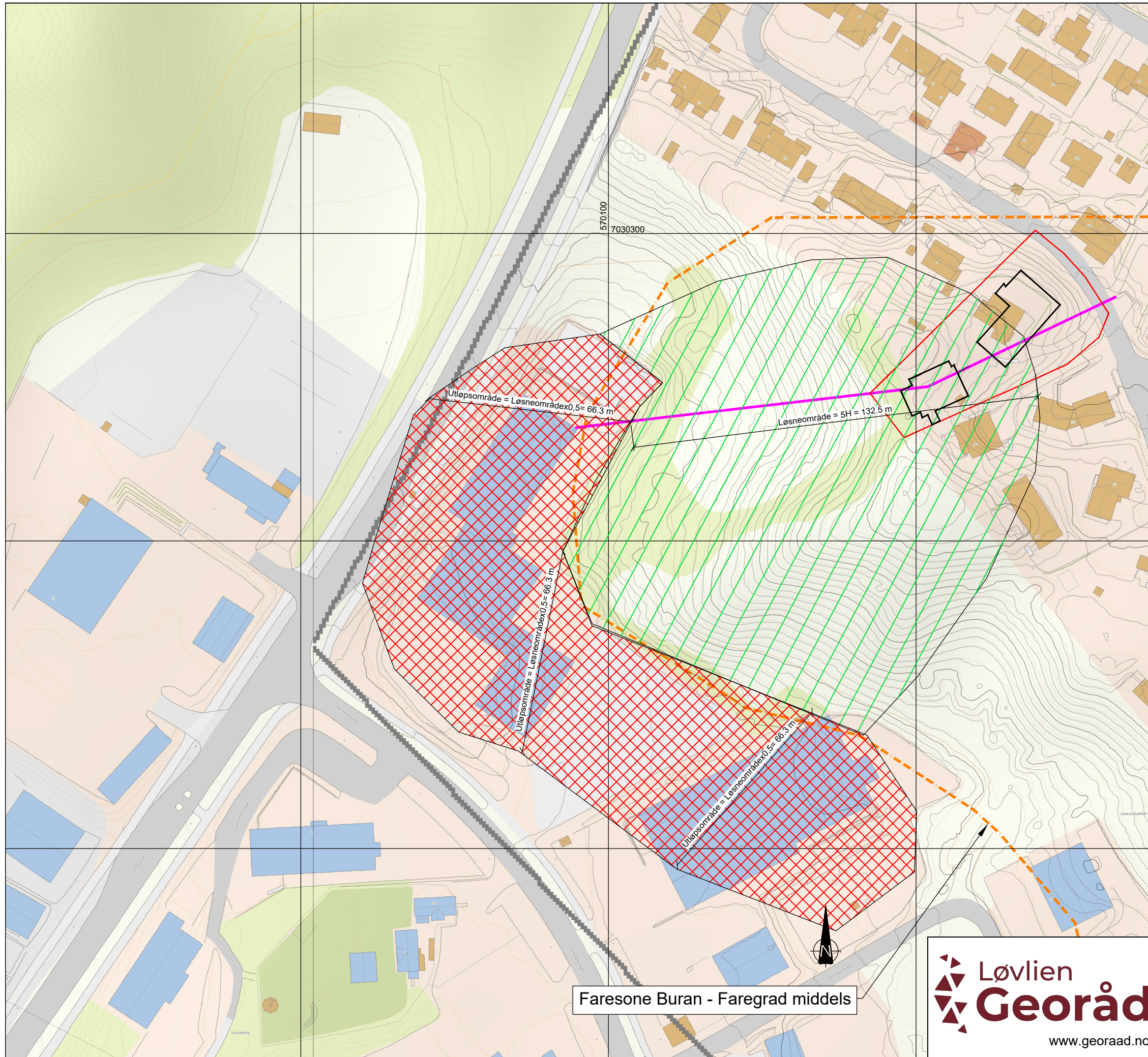
**Tegnforklaring:**

- Kritisk profil
- Robustprofil, dvs. skråning utenfor influensområdet til tiltaket
- Ikke påvist kvikkleire eller sprøbruddmateriale ned til angitt prøvedybde
- Påvist kvikkleire eller sprøbruddmateriale fra prøveserie
- Sondring gir ikke indikasjon på kvikkleire eller sprøbruddmateriale
- Sondring indikerer forekomst av kvikkleire eller sprøbruddmateriale

PKT.NR.  
 TOTALSONDERING  $\bigcirc$  TERRENGNIVA / BERGNIVA BORDYBDE+BORET I BERG  
 CPTU  $\nabla$  BORDYBDE  
 PRØVESERIE  $\bigcirc$  PRØVEDYBDE  
 PIEZOMETER  $\bigcirc$  DYBDE SPISS  
 DREIESONDERING  $\bullet$  BORDYBDE

00	Original	10.10.23	AES	SAS
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver Tor Wigum			Tegning nr. R02A01	
Oppdragsgiver Tor Wigum			Prosjekt nr. 23116	
Prosjekt Anders Tvereggens veg 9			Format / Målestokk A3 / 1:1250	
Tegningstittel Situasjonsplan med borer og beregningsprofiler			Status -	





Faresone Buran - Faregrad middels

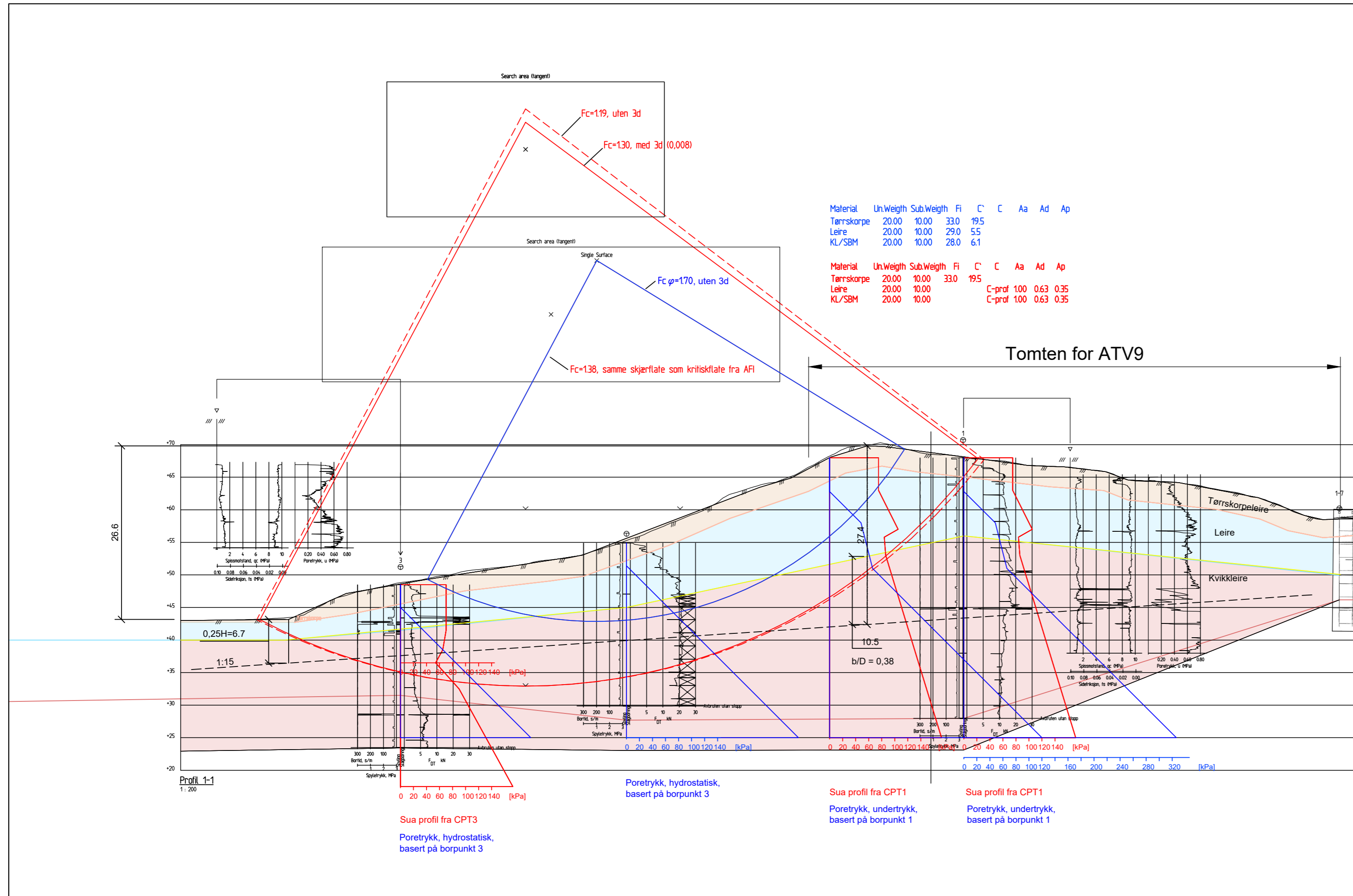


**MERKNADER:**

Koordinatsystem: UTM 32V. Høydereferanse: NN2000

Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
00	Original	10.10.23	AES	SAS
Tiltakshaver		Tor Wigum		Tegning nr. R02A02
Oppdragsgiver		Tor Wigum		Prosjekt nr. 23116
Prosjekt		Anders Tvereggen veg 9		Format / Målestokk A3 / 1:1250
Tegningstittel		Situasjonsplan med løсне- og utløpsområde		Status -





**FORKLARINGER:**

Røde glideflater: Udrenert analyser  
 Blå glideflater: Drenerte analyser

Tørrskorpeleire  
 Leire  
 Kvikkleire

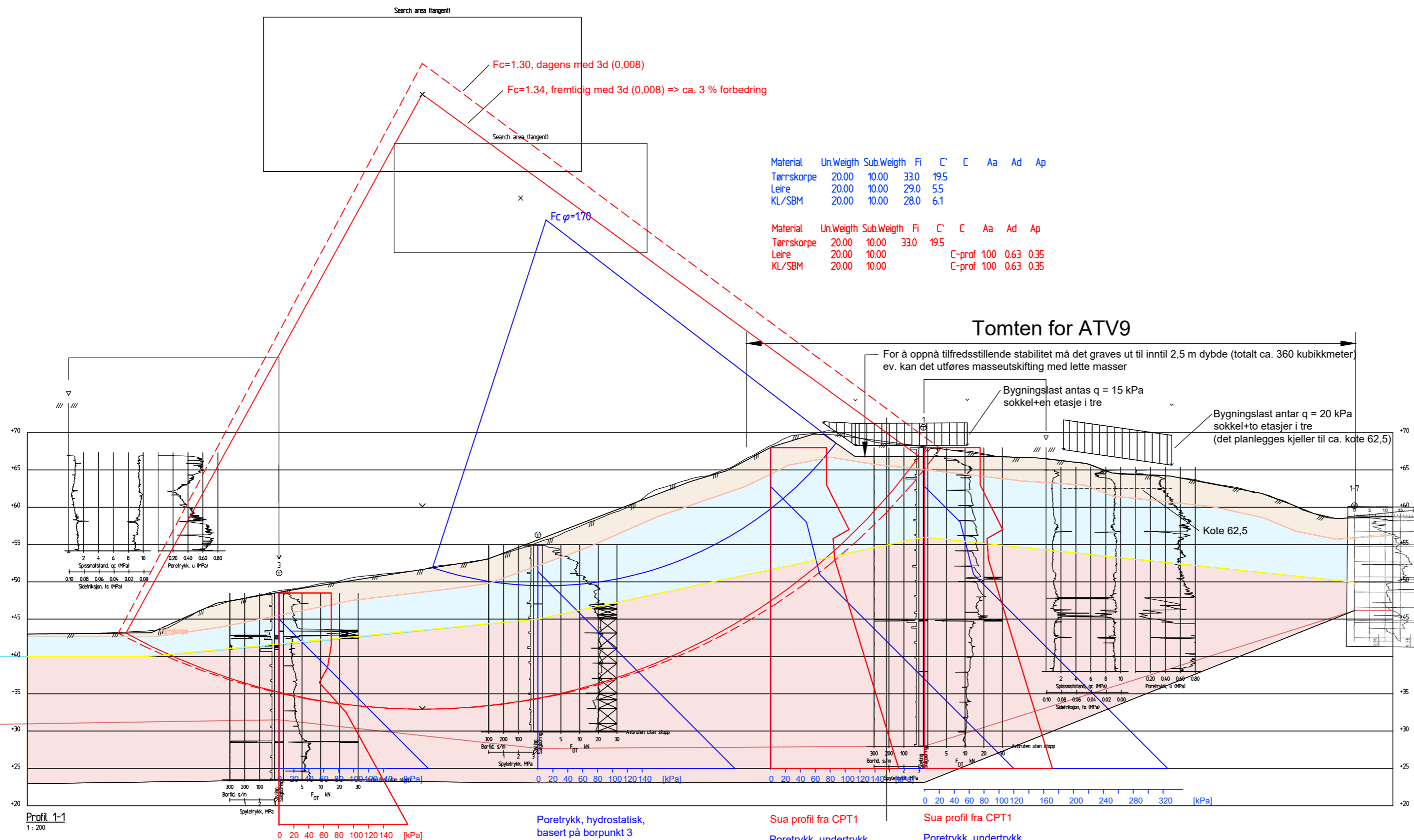
00	Original	03.10.23	AES	SAS
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver Tor Wigum			Tegning nr. R02E01	
Oppdragsgiver Tor Wigum			Prosjekt nr. 23116	
Prosjekt Anders Tverreggens veg 9			Format / Målestokk A3-L / 1:500	
Tegningstittel Profil 1 - Dagens situasjon (ADP og AFI)			Status -	



**FORKLARINGER:**

Røde glideflater: Udrenert analyser  
 Blå glideflater: Drenerte analyser

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Kvikkleire



Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	20.00	10.00	33.0	19.5				
Leire	20.00	10.00	29.0	5.5				
KL/SBM	20.00	10.00	28.0	6.1				

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	20.00	10.00	33.0	19.5				
Leire	20.00	10.00			C-prof	100	0.63	0.35
KL/SBM	20.00	10.00			C-prof	100	0.63	0.35

**Tomten for ATV9**

For å oppnå tilfredsstillende stabilitet må det graves ut til inntil 2,5 m dybde (totalt ca. 360 kubikkmeter) ev. kan det utføres masseutskifting med lette masser

Bygningslast antas q = 15 kPa sokkel+en etasje i tre

Bygningslast antas q = 20 kPa sokkel+to etasjer i tre (det planlegges kjeller til ca. kote 62,5)

Borpunkt 1-7 fra Trondheim kommune R.1233

Kote 62,5

Profil 1-1  
1: 200

Sua profil fra CPT3  
Poretrykk, hydrostatisk, basert på borpunkt 3

Poretrykk, hydrostatisk, basert på borpunkt 3

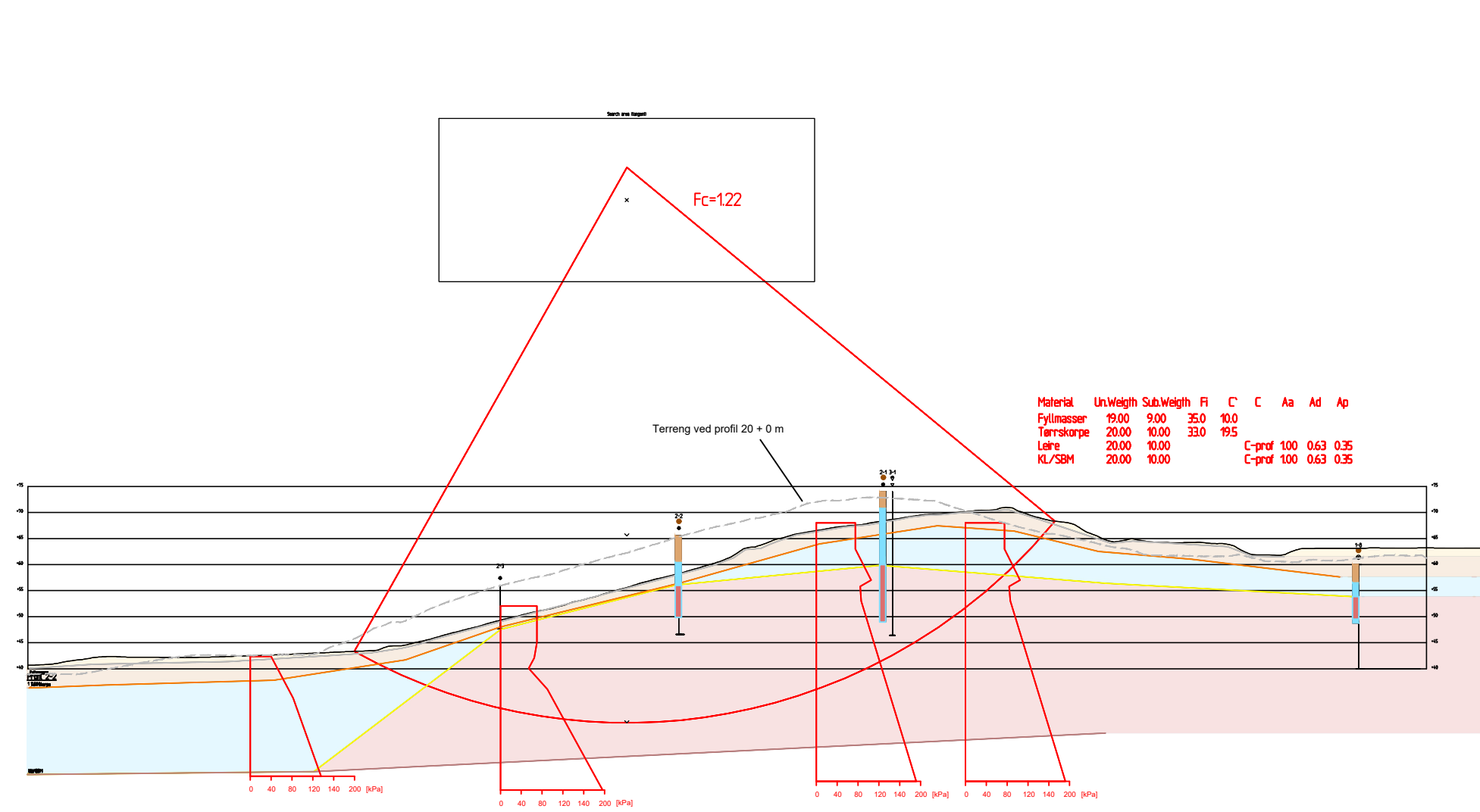
Sua profil fra CPT1  
Poretrykk, undertrykk, basert på borpunkt 1

Sua profil fra CPT1  
Poretrykk, undertrykk, basert på borpunkt 1

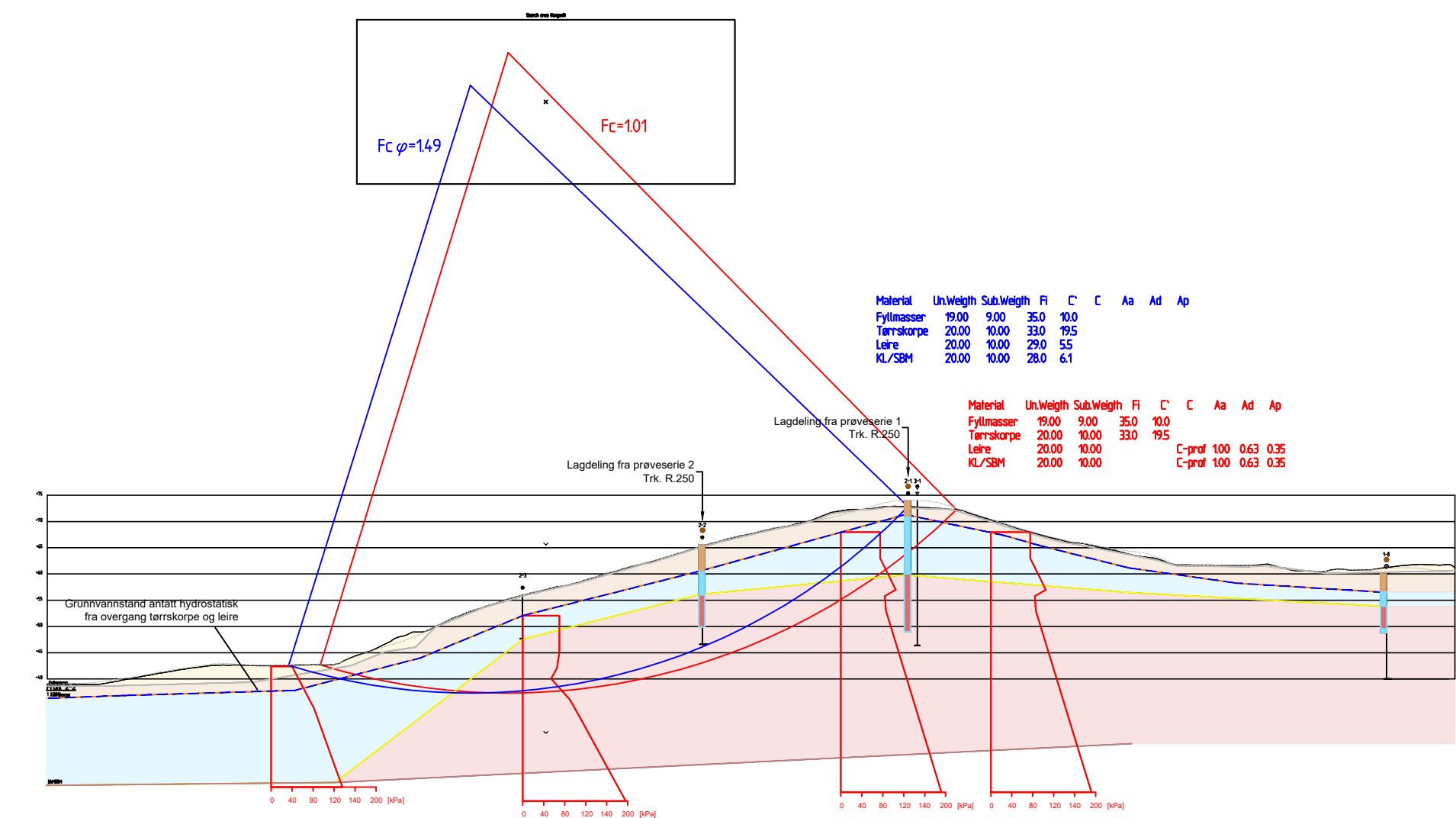
Løvlien Georåd  
www.georaad.no

Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
01	Revidert etter kommentarer fra Byplankontoret	09.04.24	AES	SKA
00	Original	03.10.23	AES	SAS

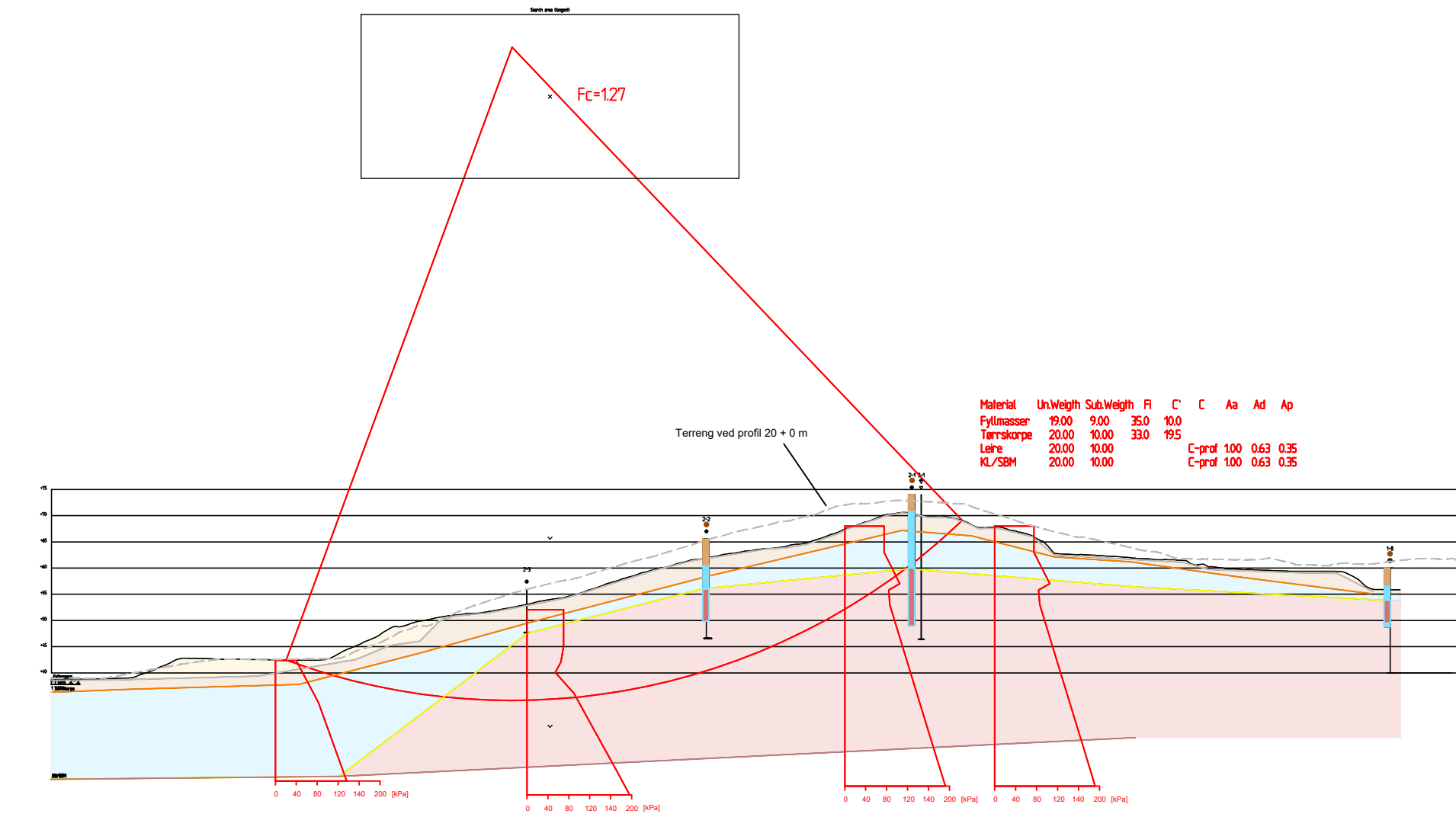
Tiltakshaver Tor Wigum	Tegning nr. R02E02
Oppdragsgiver Tor Wigum	Prosjekt nr. 23116
Prosjekt Anders Tvereggens veg 9	Format / Målestokk A3-L / 1:500
Tegningstittel Profil 1 - Fremtidig situasjon (ADP og AFI)	Status -



Profil 2: -20 m



Profil 2



Profil 2: +20 m

**FORKLARINGER:**

Røde glideflater: Udrenert analyser  
 Blå glideflater: Drenerte analyser

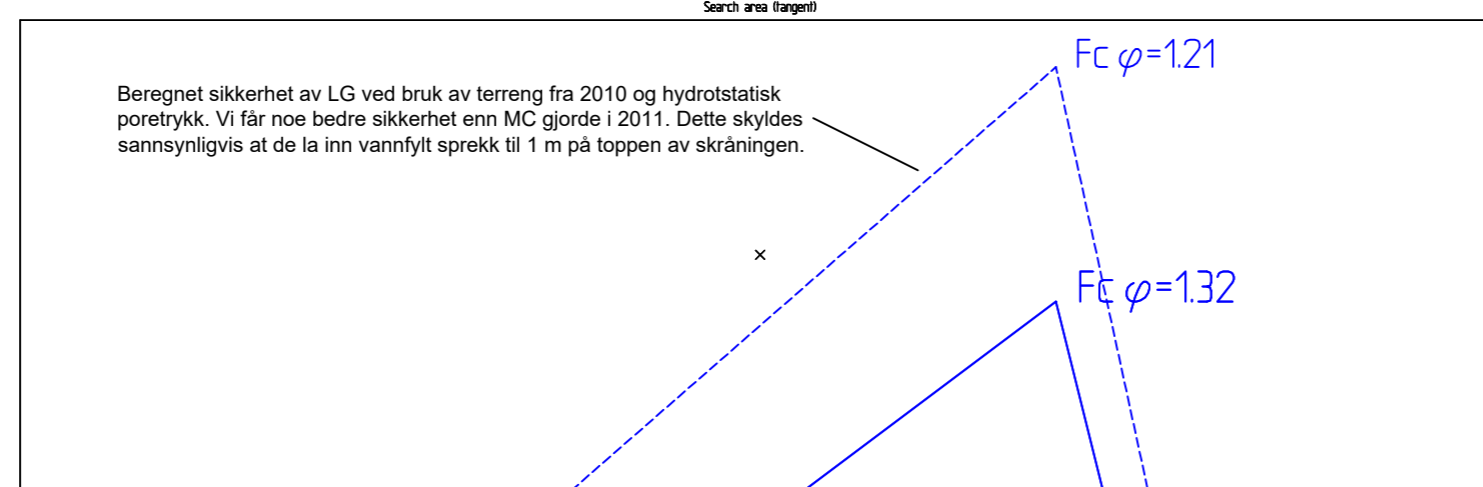
- Tørrskorpeleire
- Leire
- Kvikkleire
- Steinfylling

Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
00	Original	10.10.23	AES	SAS
	Tiltakshaver		Tor Wigum	Tegning nr. R02E03
	Oppdragsgiver		Tor Wigum	Prosjekt nr. 23116
	Prosjekt		Anders Tvereggs veg 9	Format / Målestokk A3-L / 1:500
	Tegningstittel		Profil 2 - Dagen situasjon (ADP og AFI)	Status -



**FORKLARINGER:**

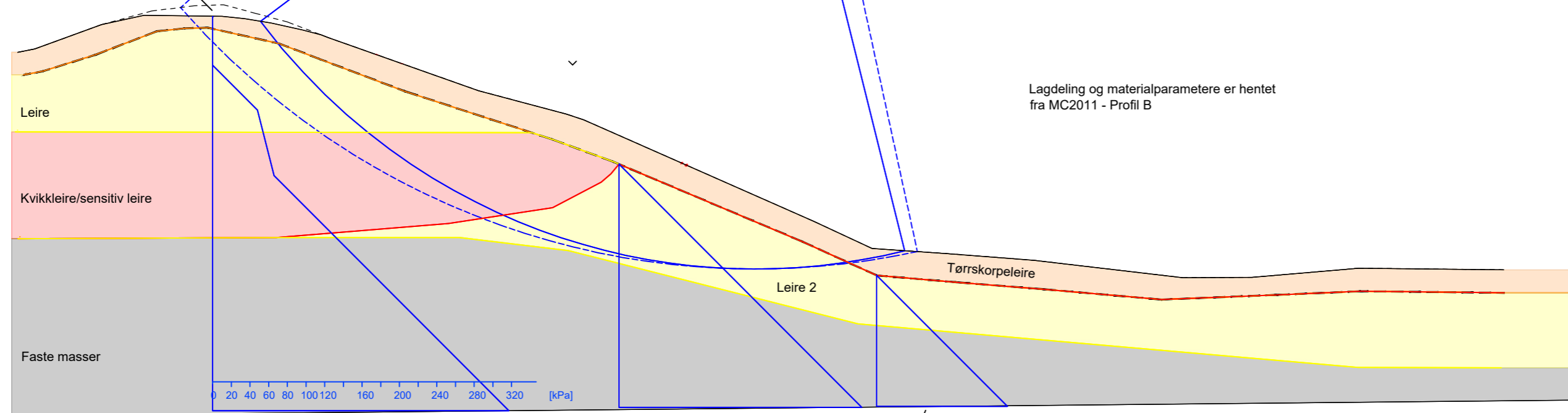
Blå glideflater: Drenerte analyser



Beregnet sikkerhet av LG ved bruk av dagens terreng og poretrykk etter målinger fra LG sitt borpunkt 1.

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Tørskorpeleire	9.00	10.00	33.0	19.5				
Leire	20.00	10.00	29.0	5.5				
Kvikkleire	20.00	10.00	28.0	5.3				
Leire 2	20.00	10.00	29.0	5.5				
faste masser	20.00	10.00	35.0	7.0				

Terreng på toppen av skråningen ble senket ca. 1-1,5 m rundt 2014



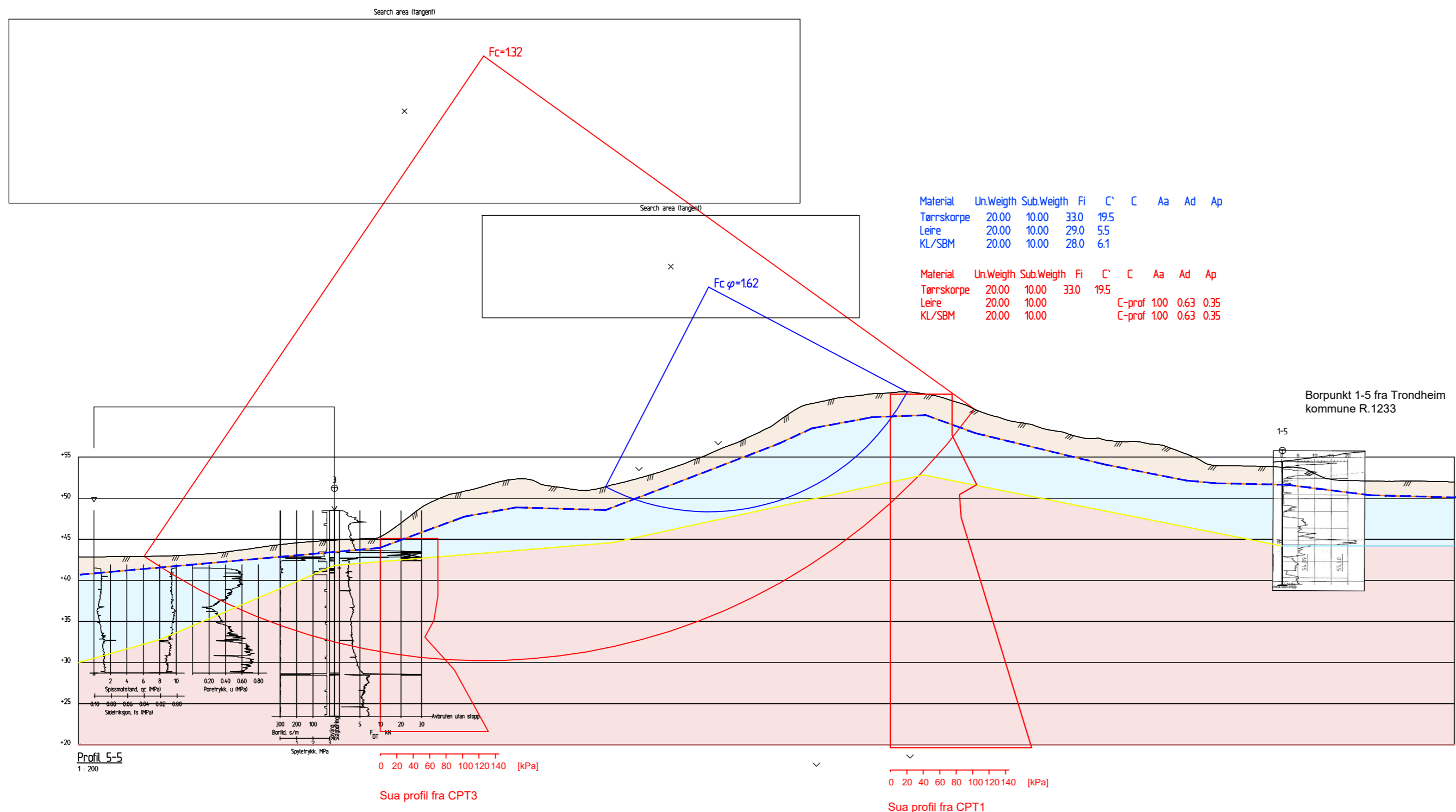
Beregnet sikkerhet av LG ved bruk av dagens terreng og poretrykk etter målinger fra LG sitt borpunkt 1.

0 20 40 60 80 100 120 160 200 240 [kPa]

Hydrostatisk poretrykk fra overgang tørskorpe og leire

www.georaad.no

Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
00	Original	03.10.23	AES	SAS
Tiltakshaver Tor Wigum				Tegning nr. R02E04
Oppdragsgiver Tor Wigum				Prosjekt nr. 23116
Prosjekt Anders Tvereggens veg 9				Format / Målestokk A3-L / 1:500
Tegningstittel Profil 3 - Dagens situasjon (AFI)				Status -



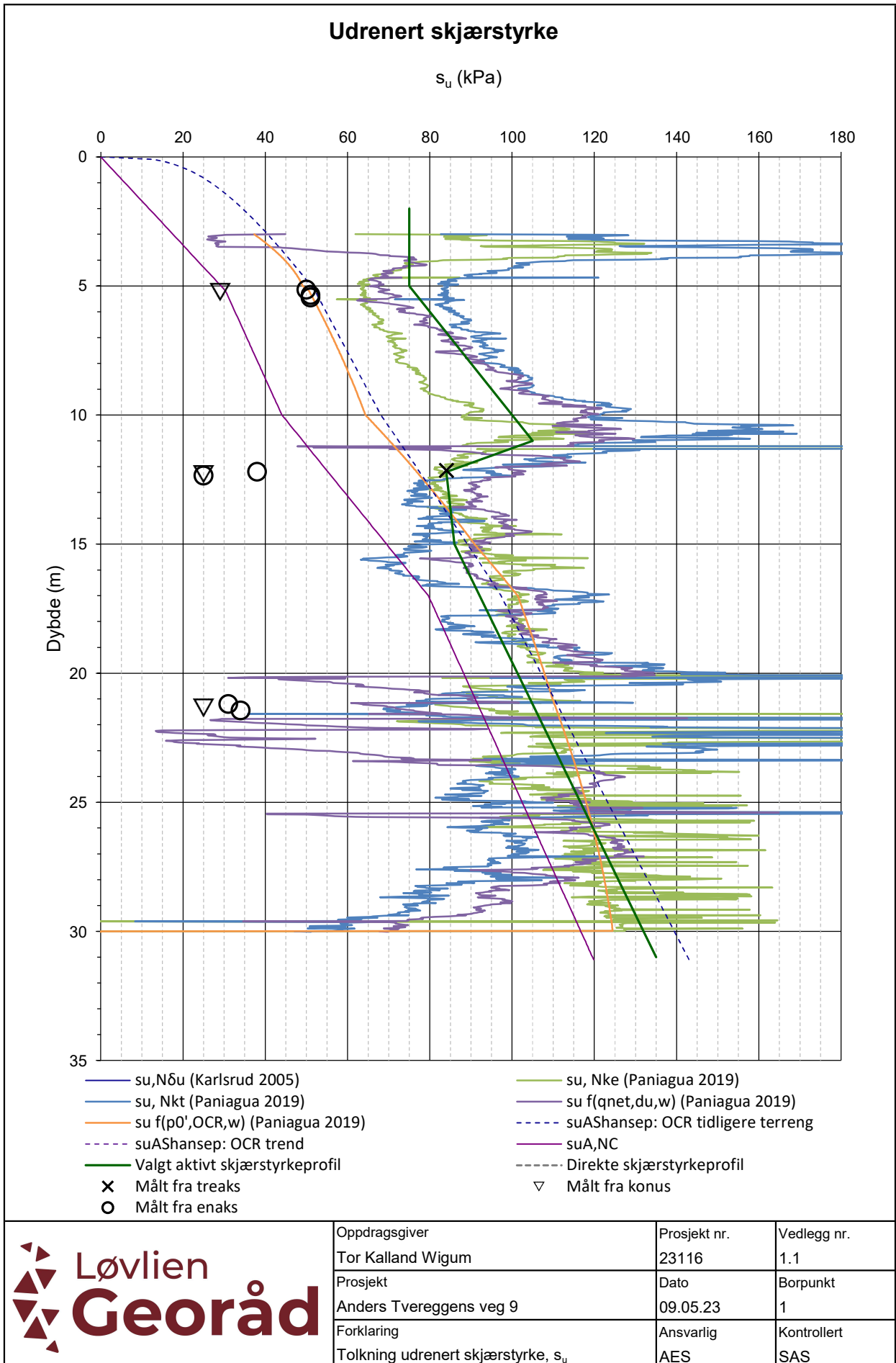
- FORKLARINGER:**
- Røde glideflater: Udrenert analyser  
 Blå glideflater: Drenerte analyser
- Tørrskorpeleire  
 Leire  
 Kvikkleire

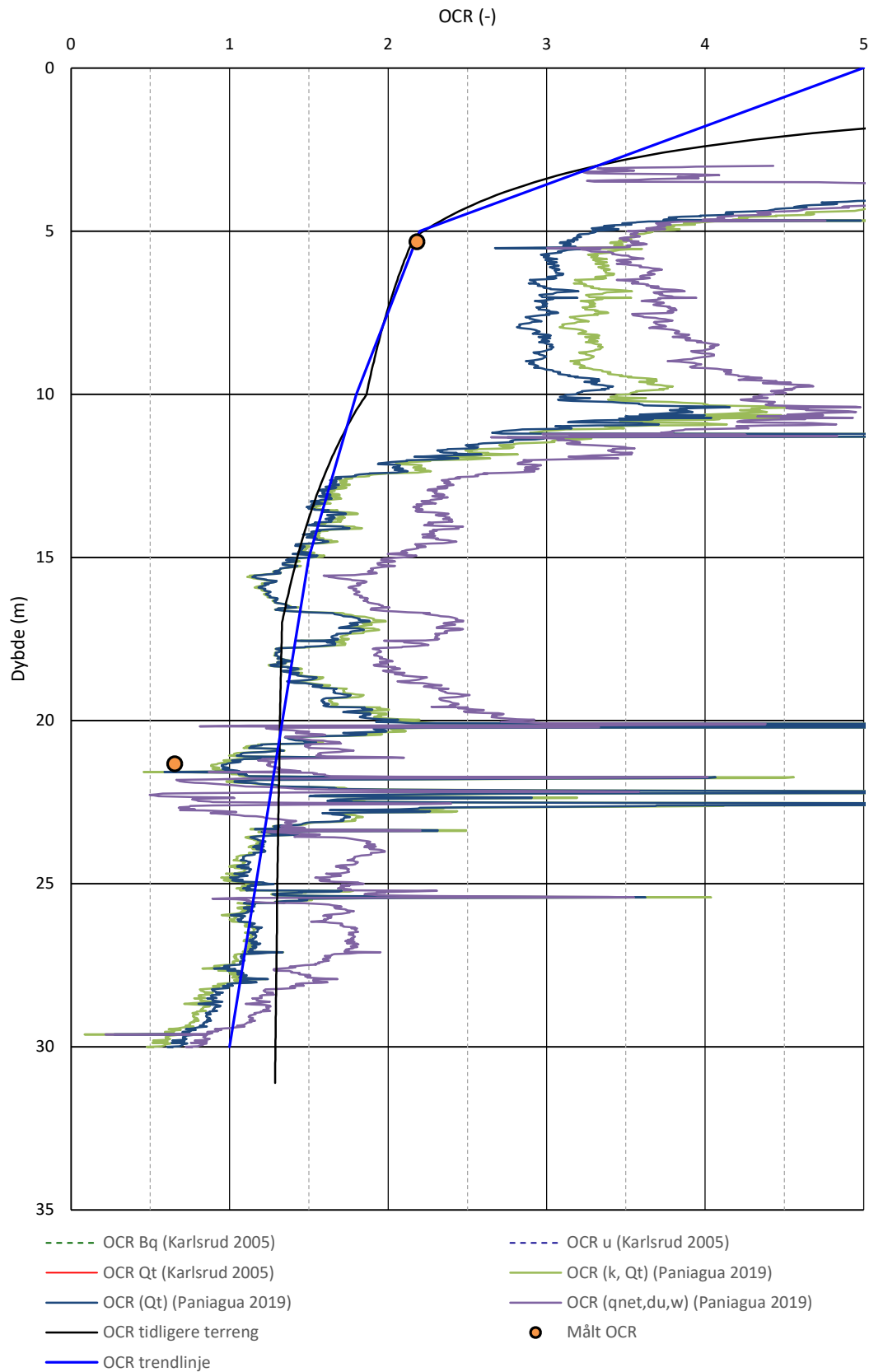
00	Original	03.10.23	AES	SAS
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver Tor Wigum			Tegning nr. R02E05	
Oppdragsgiver Tor Wigum			Prosjekt nr. 23116	
Prosjekt Anders Tvereggens veg 9			Format / Målestokk A3-L / 1:500	
Tegningstittel Profil 5 - Dagens situasjon (ADP og AFI)			Status -	



Tillegg 1.1  
Tolkning av udrenert  
skjærfasthet fra CPTU, inkl.  
anvendelsesklasse

# CPT 1





Oppdragsgiver  
Tor Kalland Wigum  
Prosjekt  
Anders Tvereggens veg 9  
Forklaring  
OCR-profiler

Prosjekt nr.  
23116  
Dato:  
09.05.23  
Ansvarlig  
AES

Vedlegg nr.  
1.1  
Borpunkt  
1  
Kontrollert  
SAS



## Klassifisering av anvendelsesklasse iht. NGF melding 5

Tabell 5.2. Anvendelsesklasser for CPT og CPTU.

Anvendelsesklasse	Forsøks-type	Målestørrelse	Tillatt minimumsnøyaktighet <sup>a</sup>	Maksimum avstand mellom målinger	Bruk	
					Profil <sup>b</sup>	Tolkning <sup>c</sup>
1	TE2	Spissmotstand Sidefriksjon Poretrykk Helning Nedtrengingslengde <sup>d</sup>	35 kPa eller 5% 5 kPa eller 10% 10 kPa eller 2% 2° 0.1 m eller 1%	20 mm	A	GH
2	TE1 TE2	Spissmotstand Sidefriksjon Poretrykk <sup>d</sup> Helning Nedtrengingslengde	100 kPa eller 5% 15 kPa eller 15% 25 kPa eller 3% 2° 0.1 m eller 1%	20 mm	A B C D	GH* GH GH GH
3	TE1 TE2	Spissmotstand Sidefriksjon Poretrykk <sup>d</sup> Helning Nedtrengingslengde	200 kPa eller 5% 25 kPa eller 15% 50 kPa eller 5% 5° 0.2 m eller 2%	50 mm	A B C D	G GH* GH GH
4	TE1	Spissmotstand Sidefriksjon Nedtrengingslengde	500 kPa eller 5% 50 kPa eller 20% 0.2 m eller 2%	50 mm	A B C D	G* G* G* G*

Tillatt nullpunktsforskyvning for spissmotstand, sidefriksjon og poretrykk innenfor de ulike anvendelsesklassene bestemmes som største verdi av tillatt absoluttverdi og tillatt prosent av gjennomsnittlig måleverdi.

Anvendelsesklasse	Tillatt nullpunktsforskyvning		
	Spissmotstand (kPa)	Sidefriksjon (kPa)	Poretrykk (kPa)
1	58,58	5,00	13,71
2	100,00	15,00	25,00
3	200,00	25,00	50,00
4	500	50,00	

Nullpunktsverdier	Spissmotstand (kPa)	Sidefriksjon (kPa)	Poretrykk (kPa)
Før			
Etter			
Nullpunktsforskyvning	-54,2	1,1	1,8

Det er benyttet sonde som tilfredsstillende krav til målenøyaktighet for helning. Nyere utstyr tilfredsstillende normalt ca. +/- 1 grad.


Ved målt helning over 15 grader bør sondering vurderes kjørt på nytt.

Utstyret tilfredsstillende krav til temperaturfølsomhet for anvendelsesklasse 1.

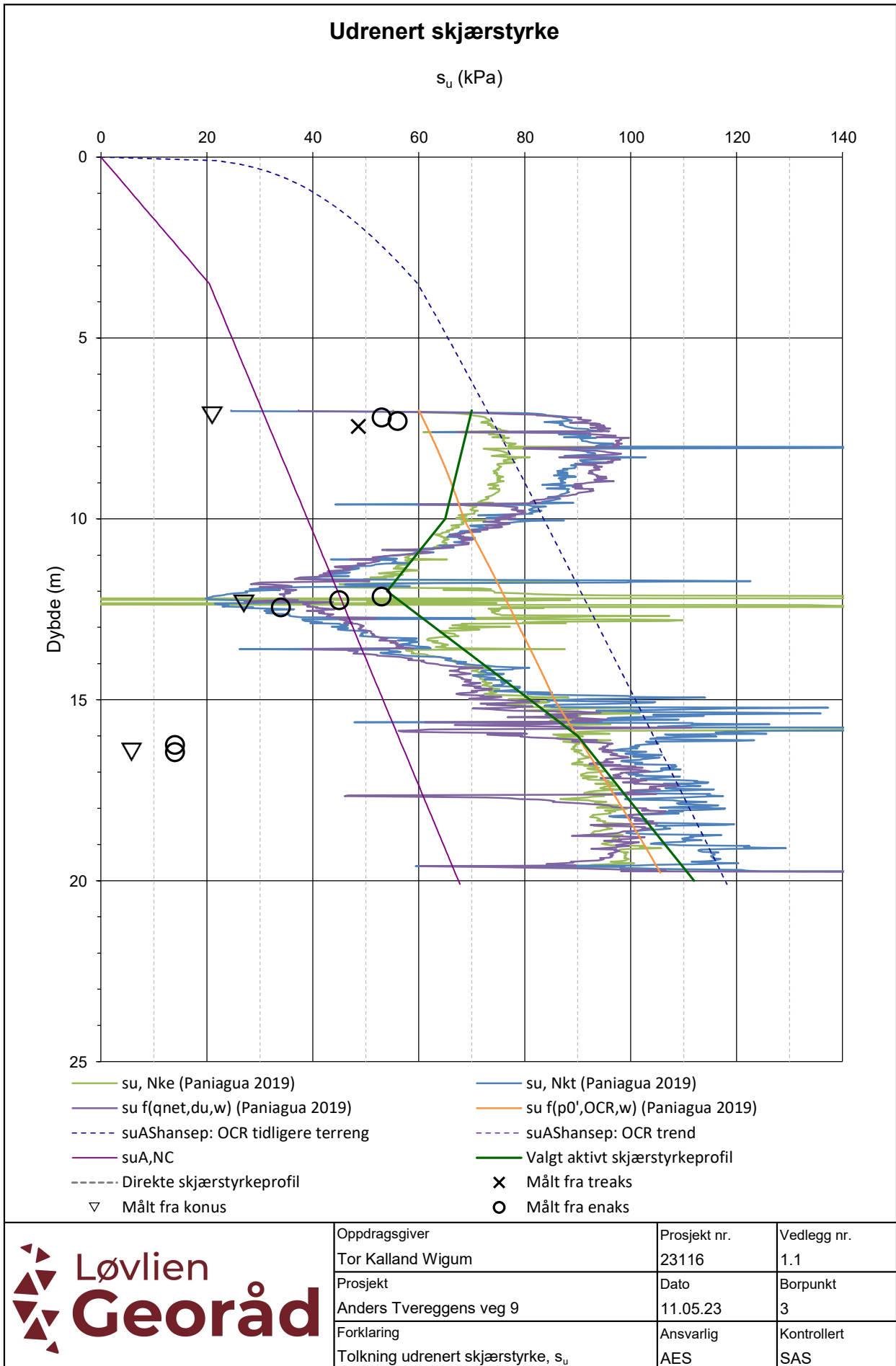
### Konklusjon:

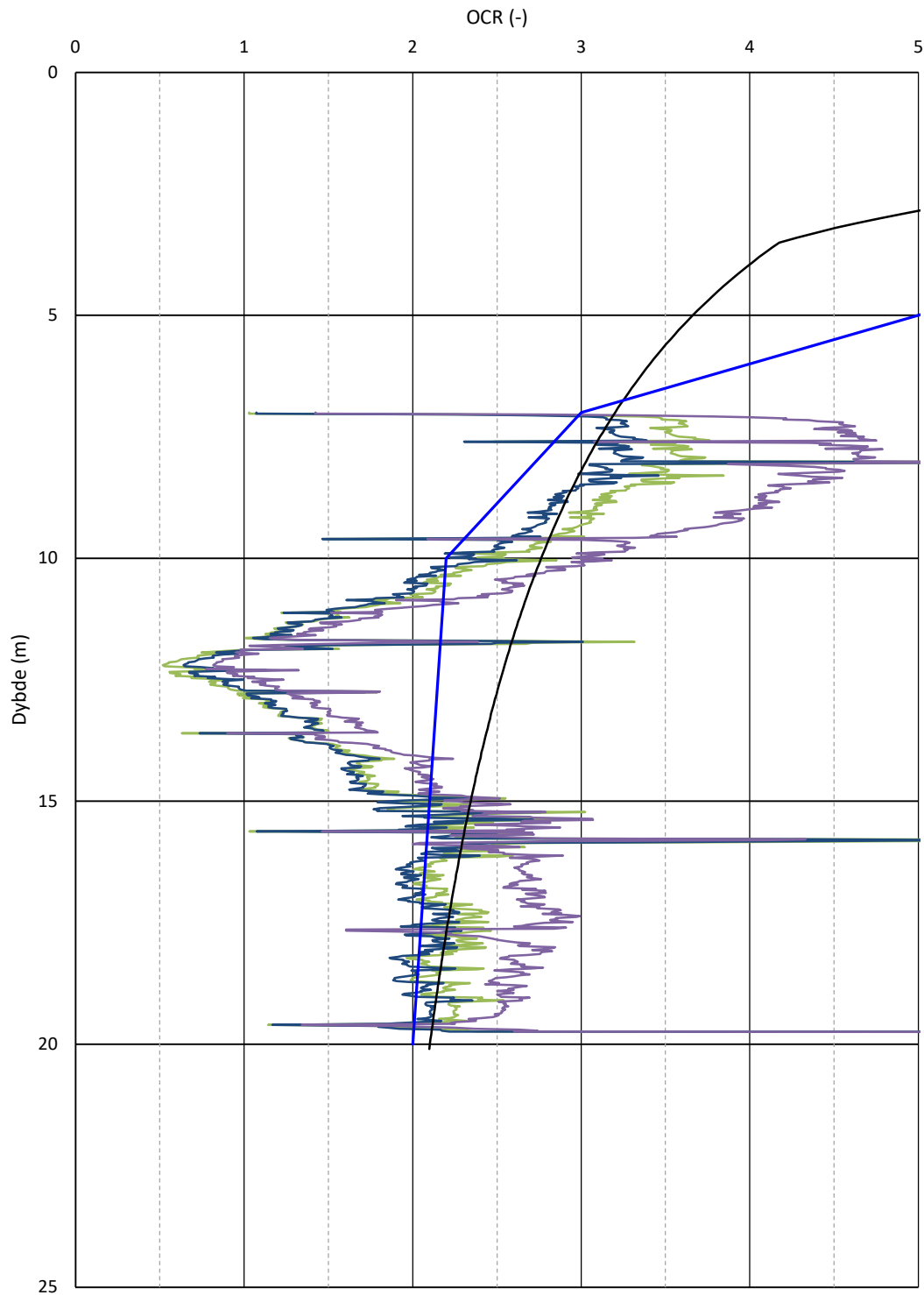
Borpunkt 1	Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk
Anvendelsesklasse	1	1	1
Nullpunktsavvik	-54,2 kPa	1,1 kPa	1,8 kPa

Største helningsavvik: 7,38 °

	Oppdragsgiver	Prosjekt nr.	Vedlegg nr.
	Tor Kalland Wigum	23116	1.1
	Prosjekt	Dato	Borpunkt
	Anders Tvereggens veg 9	09.05.23	1
	Forklaring	Ansvarlig	Kontrollert
	Klassifisering av anvendelsesklasse	AES	SAS

# CPT 3





## Klassifisering av anvendelsesklasse iht. NGF melding 5

Tabell 5.2. Anvendelsesklasser for CPT og CPTU.

Anvendelsesklasse	Forsøks-type	Målestørrelse	Tillatt minimumsnøyaktighet <sup>a</sup>	Maksimum avstand mellom målinger	Bruk	
					Profil <sup>b</sup>	Tolkning <sup>c</sup>
1	TE2	Spissmotstand Sidefriksjon Poretrykk Helning Nedtrengingslengde <sup>a</sup>	35 kPa eller 5% 5 kPa eller 10% 10 kPa eller 2% 2° 0.1 m eller 1%	20 mm	A	GH
2	TE1 TE2	Spissmotstand Sidefriksjon Poretrykk <sup>d</sup> Helning Nedtrengingslengde	100 kPa eller 5% 15 kPa eller 15% 25 kPa eller 3% 2° 0.1 m eller 1%	20 mm	A B C D	GH* GH GH GH
3	TE1 TE2	Spissmotstand Sidefriksjon Poretrykk <sup>d</sup> Helning Nedtrengingslengde	200 kPa eller 5% 25 kPa eller 15% 50 kPa eller 5% 5° 0.2 m eller 2%	50 mm	A B C D	G GH* GH GH
4	TE1	Spissmotstand Sidefriksjon Nedtrengingslengde	500 kPa eller 5% 50 kPa eller 20% 0.2 m eller 2%	50 mm	A B C D	G* G* G* G*

Tillatt nullpunktsforskyvning for spissmotstand, sidefriksjon og poretrykk innenfor de ulike anvendelsesklassene bestemmes som største verdi av tillatt absoluttverdi og tillatt prosent av gjennomsnittlig måleverdi.

Anvendelsesklasse	Tillatt nullpunktsforskyvning		
	Spissmotstand (kPa)	Sidefriksjon (kPa)	Poretrykk (kPa)
1	47,99	5,00	11,91
2	100,00	15,00	25,00
3	200,00	25,00	50,00
4	500	50,00	

Nullpunktsverdier	Spissmotstand (kPa)	Sidefriksjon (kPa)	Poretrykk (kPa)
Før			
Etter			
Nullpunktsforskyvning	-33	0,1	0,5

Det er benyttet sonde som tilfredsstillt krav til målenøyaktighet for helning. Nyere utstyr tilfredsstillt normalt ca. +/- 1 grad.


Ved målt helning over 15 grader bør sondering vurderes kjørt på nytt.

Utstyret tilfredsstillt krav til temperaturfølsomhet for anvendelsesklasse 1.

### Konklusjon:

Borpunkt 3	Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk
Anvendelsesklasse	1	1	1
Nullpunktsavvik	-33 kPa	0,1 kPa	0,5 kPa

Største helningsavvik: 9,34 °

	Oppdragsgiver	Prosjekt nr.	Vedlegg nr.
	Tor Kalland Wigum	23116	1.1
	Prosjekt	Dato	Borpunkt
	Anders Tvereggens veg 9	11.05.23	3
Forklaring	Ansvarlig	Kontrollert	
Klassifisering av anvendelsesklasse	AES	SAS	

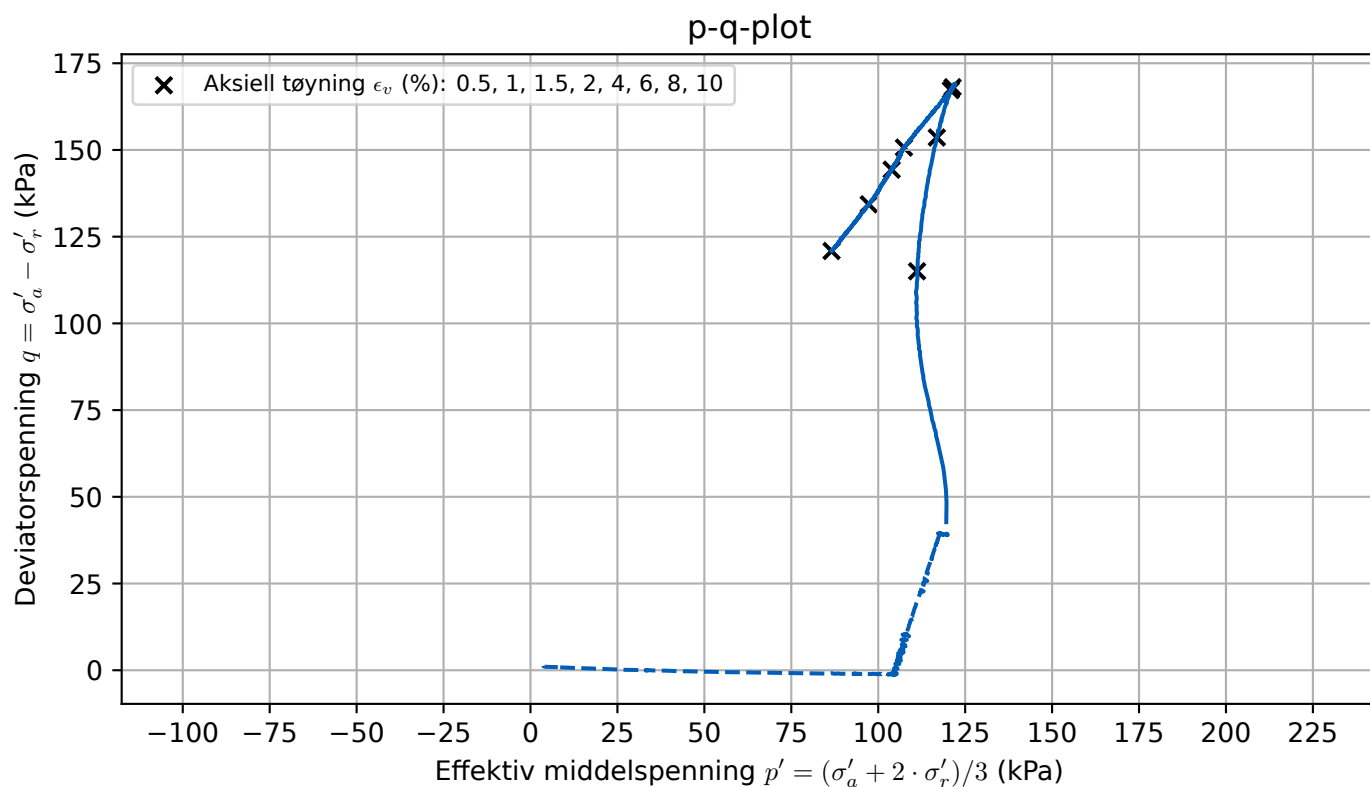
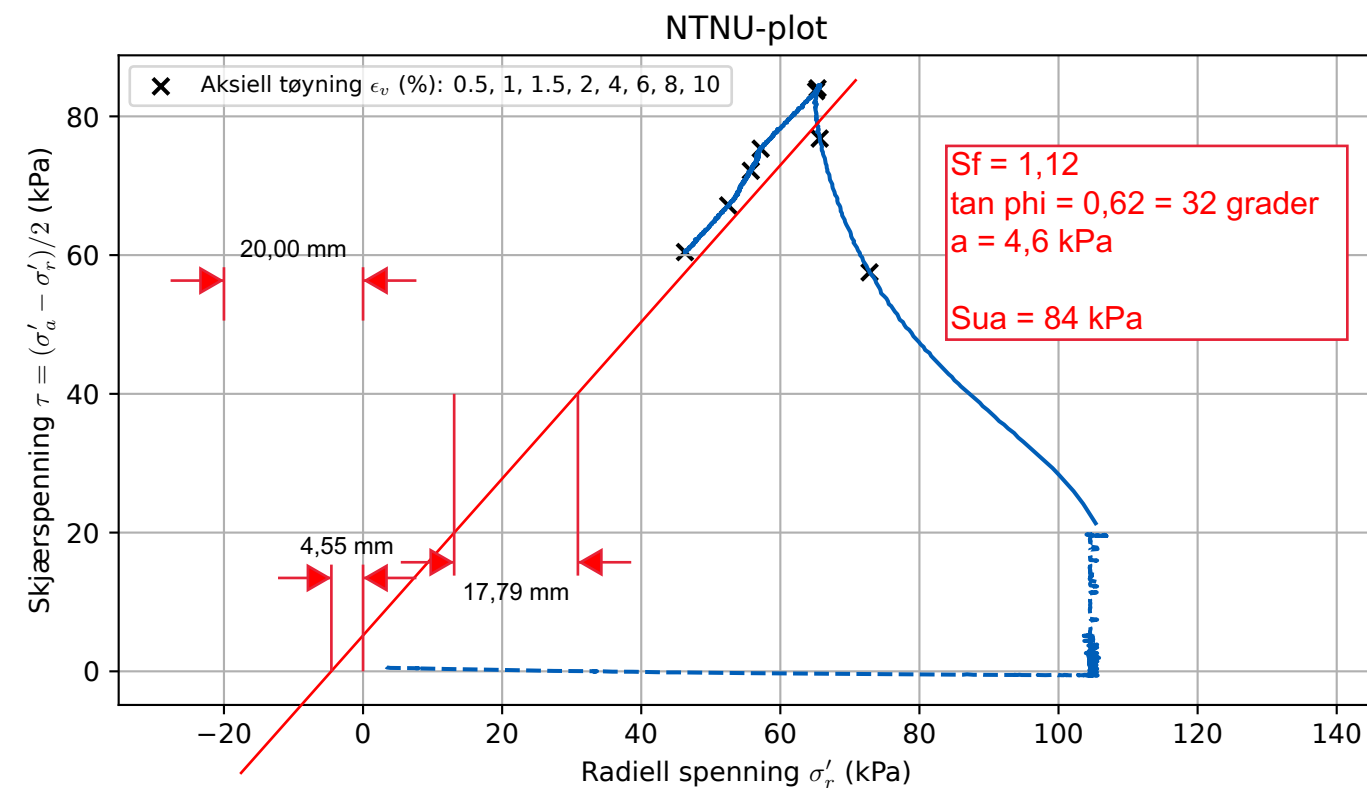
# Tillegg 1.2

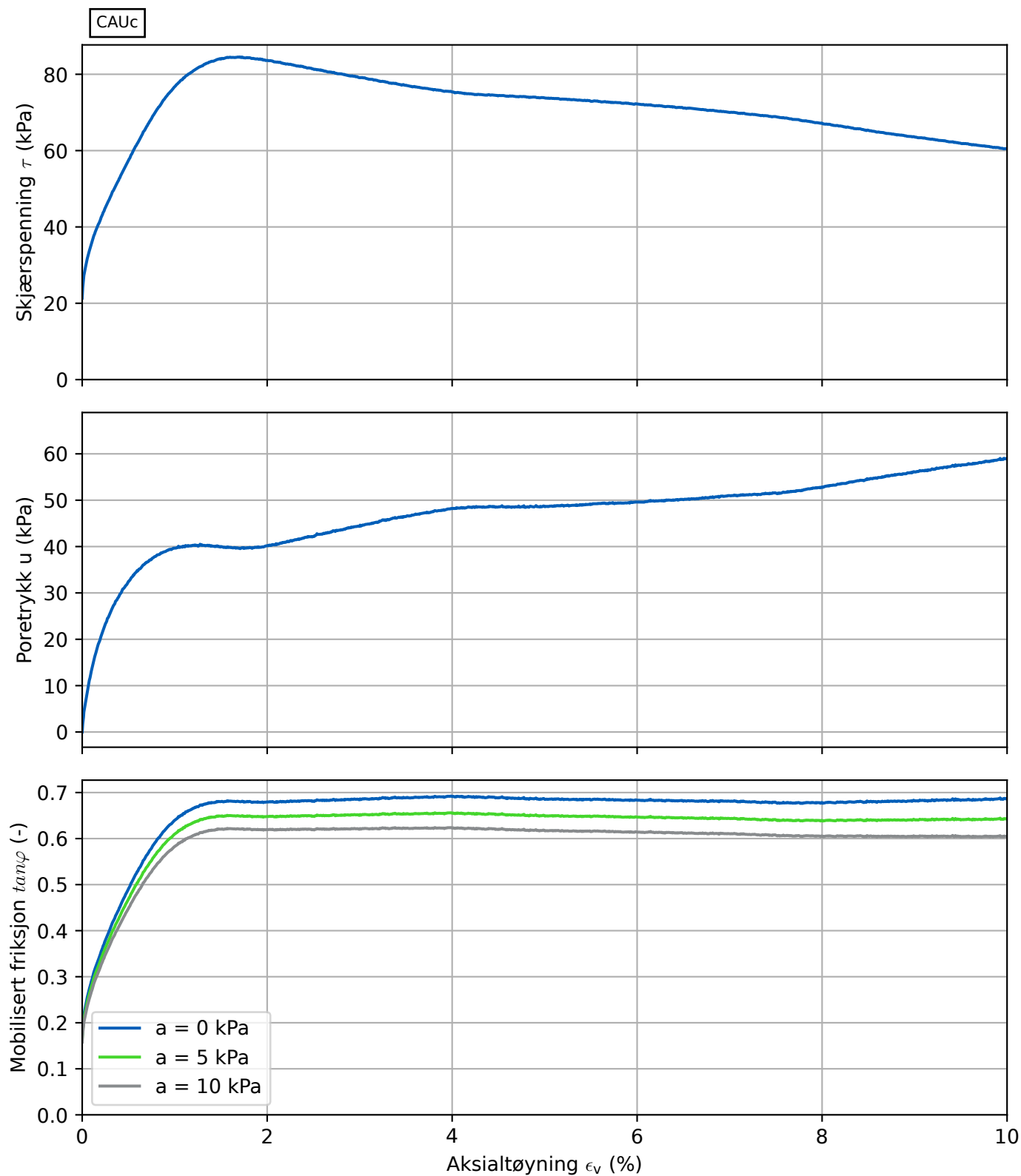
## Tolkning av treaksforsøk

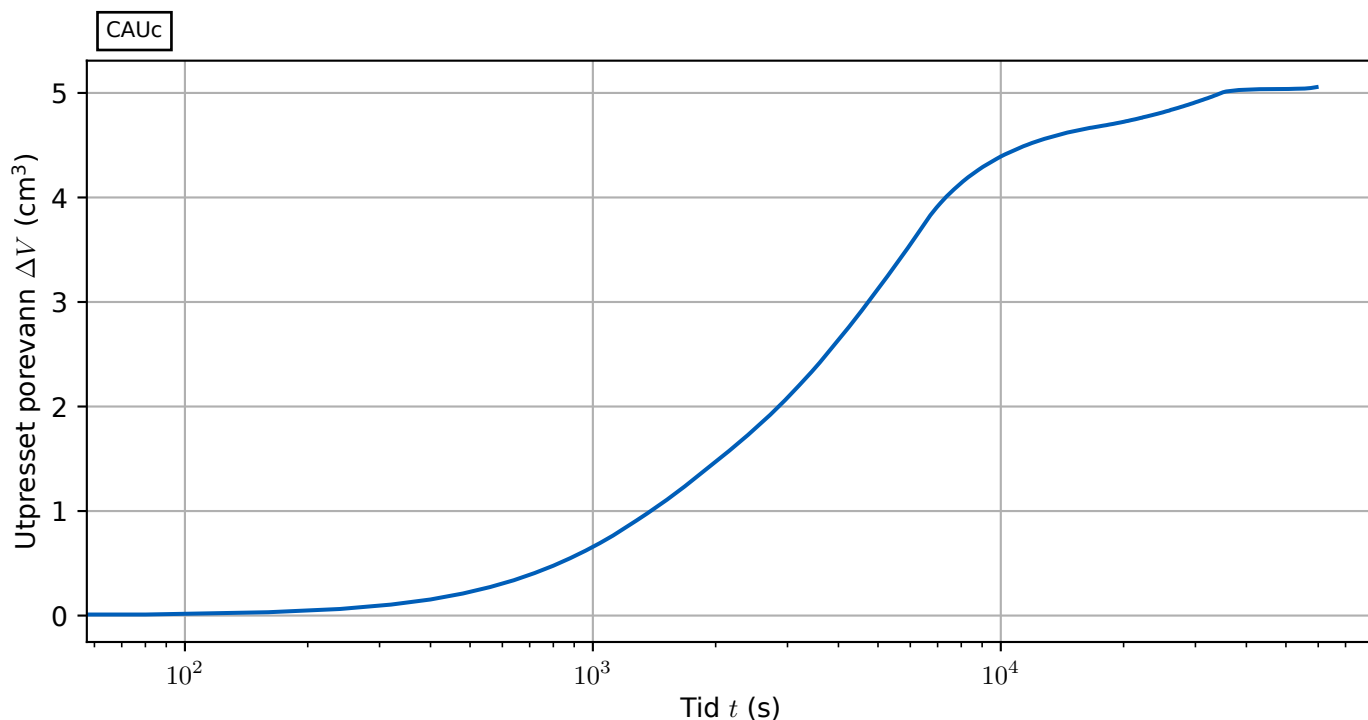
## 2.3 Treksialforsøk

### 2.3.1 Posisjon 1: Delprøve L4DG-2 (Dybde 12,100 til 12,200 m)

#### Treksialforsøk







Spenningsplottene er glattet for bedre lesbarhet.

Visuell beskrivelse: Noe siltig KVIKKLEIRE (Grå. Myk konsistens. Middels plastisk oppførsel. Forstyrret overflate ved utskyving.) (hovedprøve)

Gjennomsnittlig prøvehøyde før forsøket: 100,0 mm  
Gjennomsnittlig prøvehøyde etter konsolidering: 98,2 mm  
Gjennomsnittlig prøvediameter før forsøket: 54,00 mm

Vanninnhold før forsøket (etterregnet): 29,9 %  
Vanninnhold etter forsøket: 28,4 %  
Densitet før forsøket: 2,01 Mg/m<sup>3</sup> (tilsvarende romvekt på 19,7 kN/m<sup>3</sup>)  
Tørredensitet før forsøket: 1,54 Mg/m<sup>3</sup> (tilsvarende romvekt på 15,2 kN/m<sup>3</sup>)  
Gjennomsnittlig omgivelsestemperatur under forsøket: 25,8 °C (logget minst hvert 10. minutt)  
Min./Maks. omgivelsestemperatur under forsøket: 24,5 °C/27,1 °C

Modus: CAUc  
Dreneringstype under konsolidering: Radiell

Ved slutt konsolidering:  
Effektiv vertikalspenning: 145,5 kPa  
Effektiv horisontalspenning: 106,4 kPa  
Baktrykk: 500,2 kPa  
Vertikaltøyning: 2,1 %  
Volumtøyning: 2,2 %  
Volumtøyningshastighet rett før skjærfasen: 0,00278 %/t

Final B-verdi: 0,99 (etter 1 minutt)

Tøyningshastighet i skjærfasen: 0,35 %/t

Korreksjon for membran i slutten av skjærfasen (vertikal-/horisontalspenning): 5,3 kPa/0,2 kPa  
Korreksjon for filterpapir i slutten av skjærfasen (vertikalspenning): 5,8 kPa

Utpresset porevann/volumtøyning i slutten av konsolidering: 5,1 cm<sup>3</sup> / 2,21 % - Akseptabelt forsøk iht. R210

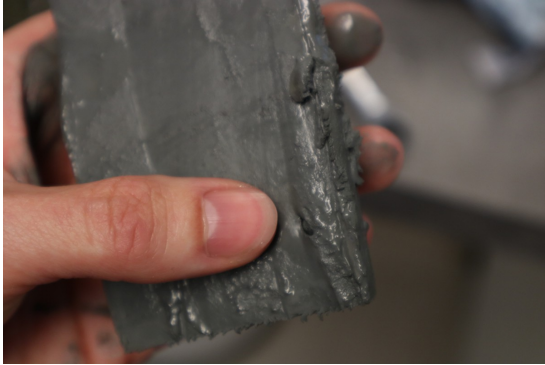


Kvalitetsvurdering etter Statens vegvesen R210/modifisert fra NGF melding 11:

	$\Delta V/V_0$ (%)	$\Delta e/e_0$ (-)
Aktuell verdi	2,2 %	0,053
Ved OCR 1-2	Akseptabelt	Akseptabelt
Ved OCR 2-3	Akseptabelt	Veldig forstyrret
Ved OCR 3-6	Veldig forstyrret	Veldig forstyrret

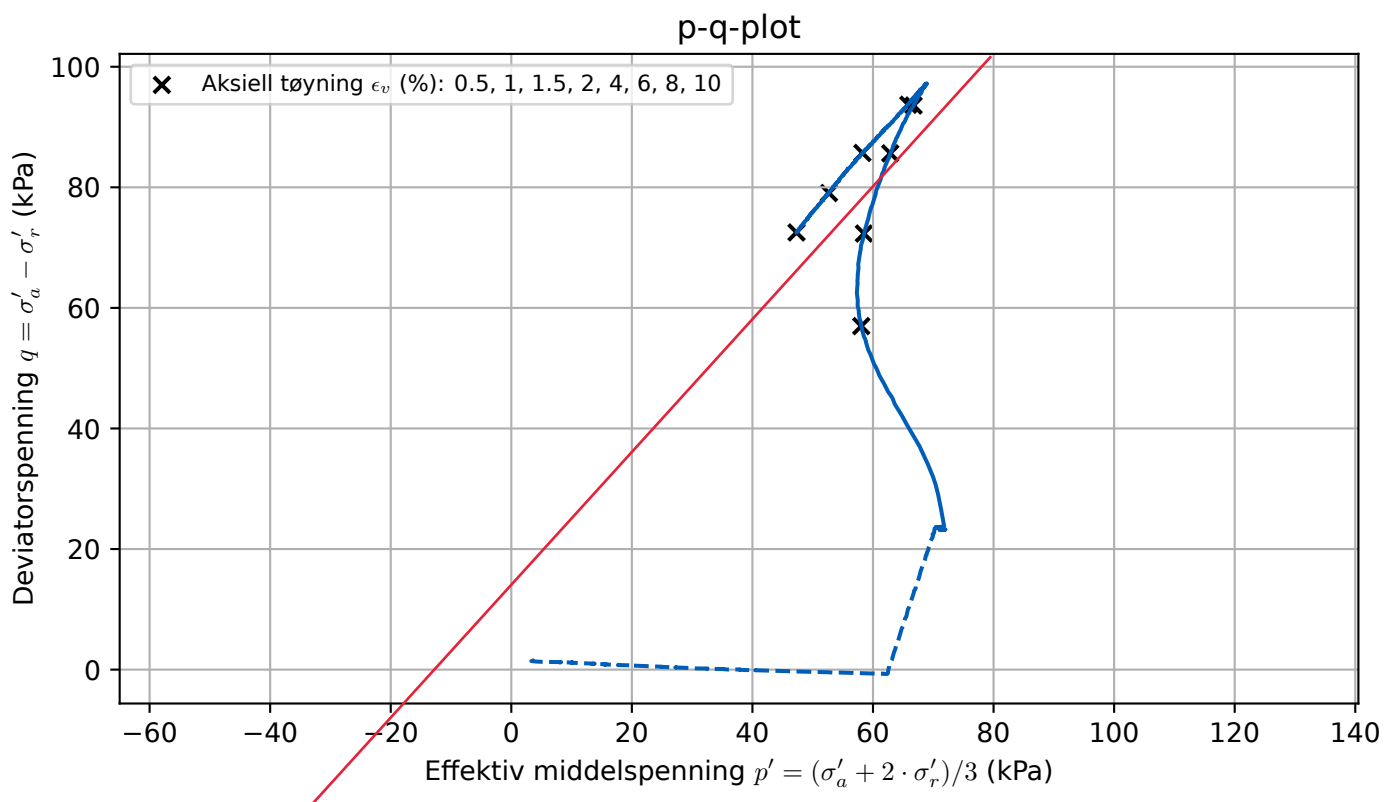
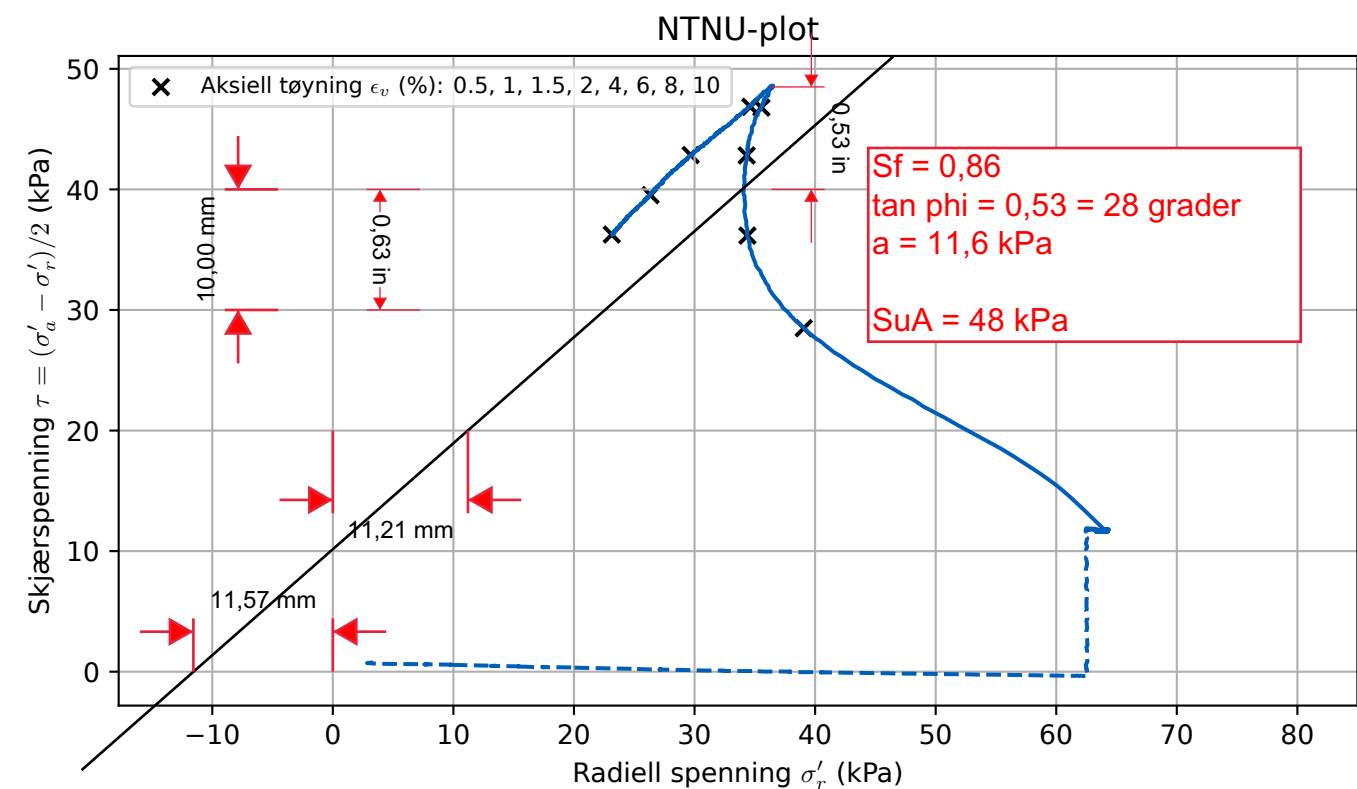
**Avvik fra rutine:**

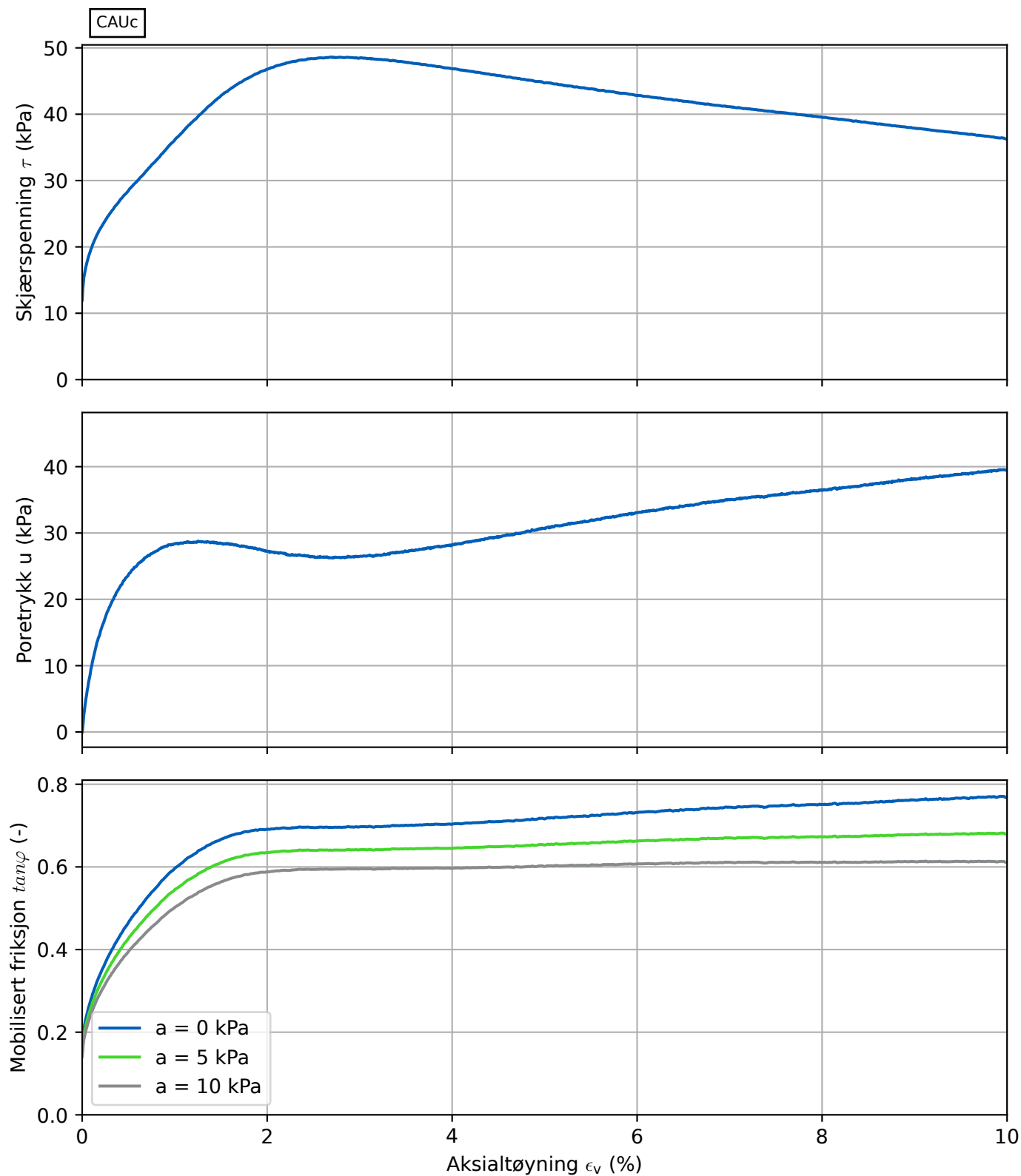
Delprøve noe nært topp av sylinder mtp mulig prøvforstyrrelse. Dette er avklart med ansvarlig geotekniker.

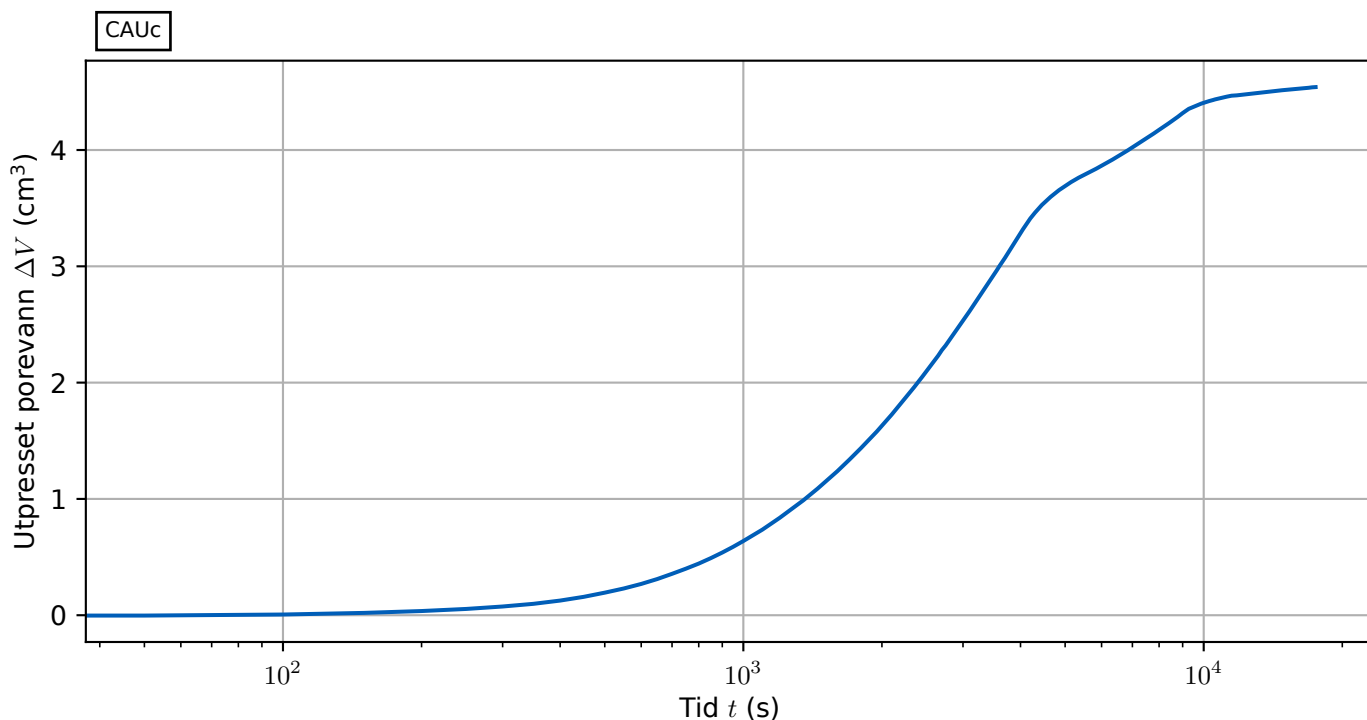


## Treksialforsek

### 2.3.2 Posisjon 3: Delprøve L4DN-5 (Dybde 7,400 til 7,500 m)







Spenningsplottene er glattet for bedre lesbarhet.

Visuell beskrivelse: Siltig KVIKKLEIRE (Grå. Veldig myk konsistens. Middels plastisk oppførsel. Noen små gruskorn.) (hov-edprøve)

Gjennomsnittlig prøvehøyde før forsøket: 100,0 mm

Gjennomsnittlig prøvehøyde etter konsolidering: 98,8 mm

Gjennomsnittlig prøvediameter før forsøket: 54,00 mm

Vanninnhold før forsøket (etterregnet): 28,4 %

Vanninnhold etter forsøket: 26,9 %

Densitet før forsøket: 2,04 Mg/m<sup>3</sup> (tilsvarende romvekt på 20,0 kN/m<sup>3</sup>)

Tørredensitet før forsøket: 1,59 Mg/m<sup>3</sup> (tilsvarende romvekt på 15,6 kN/m<sup>3</sup>)

Gjennomsnittlig omgivelsestemperatur under forsøket: 23,5 °C (logget minst hvert 10. minutt)

Min./Maks. omgivelsestemperatur under forsøket: 22,3 °C/25,1 °C

Modus: CAUc

Dreneringstype under konsolidering: Radiell

Ved slutt konsolidering:

Effektiv vertikalspenning: 86,8 kPa

Effektiv horisontalspenning: 63,5 kPa

Baktrykk: 500,4 kPa

Vertikaltøyning: 1,4 %

Volumtøyning: 2,0 %

Volumtøyningshastighet rett før skjærfasen: 0,02799 %/t

Final B-verdi: 0,99 (etter 1 minutt)

Tøyningshastighet i skjærfasen: 0,50 %/t

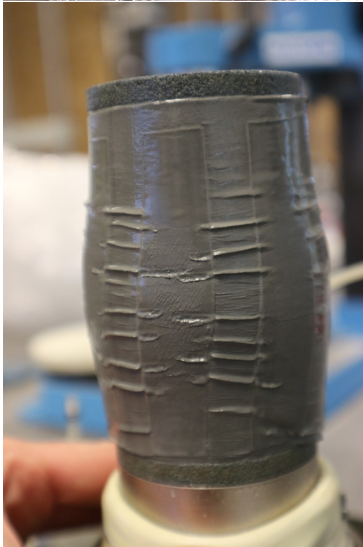
Korreksjon for membran i slutten av skjærfasen (vertikal-/horisontalspenning): 5,8 kPa/0,2 kPa

Korreksjon for filterpapir i slutten av skjærfasen (vertikalspenning): 5,8 kPa

Utpresset porevann/volumtøyning i slutten av konsolidering: 4,5 cm<sup>3</sup> / 1,98 % - Godt forsøk iht. R210

Kvalitetsvurdering etter Statens vegvesen R210/modifisert fra NGF melding 11:

	$\Delta V/V_0$ (%)	$\Delta e/e_0$ (-)
Aktuell verdi	2,0 %	0,049
Ved OCR 1-2	Perfekt	Akseptabelt
Ved OCR 2-3	Akseptabelt	Akseptabelt
Ved OCR 3-6	Veldig forstyrret	Veldig forstyrret



# Tillegg 1.3

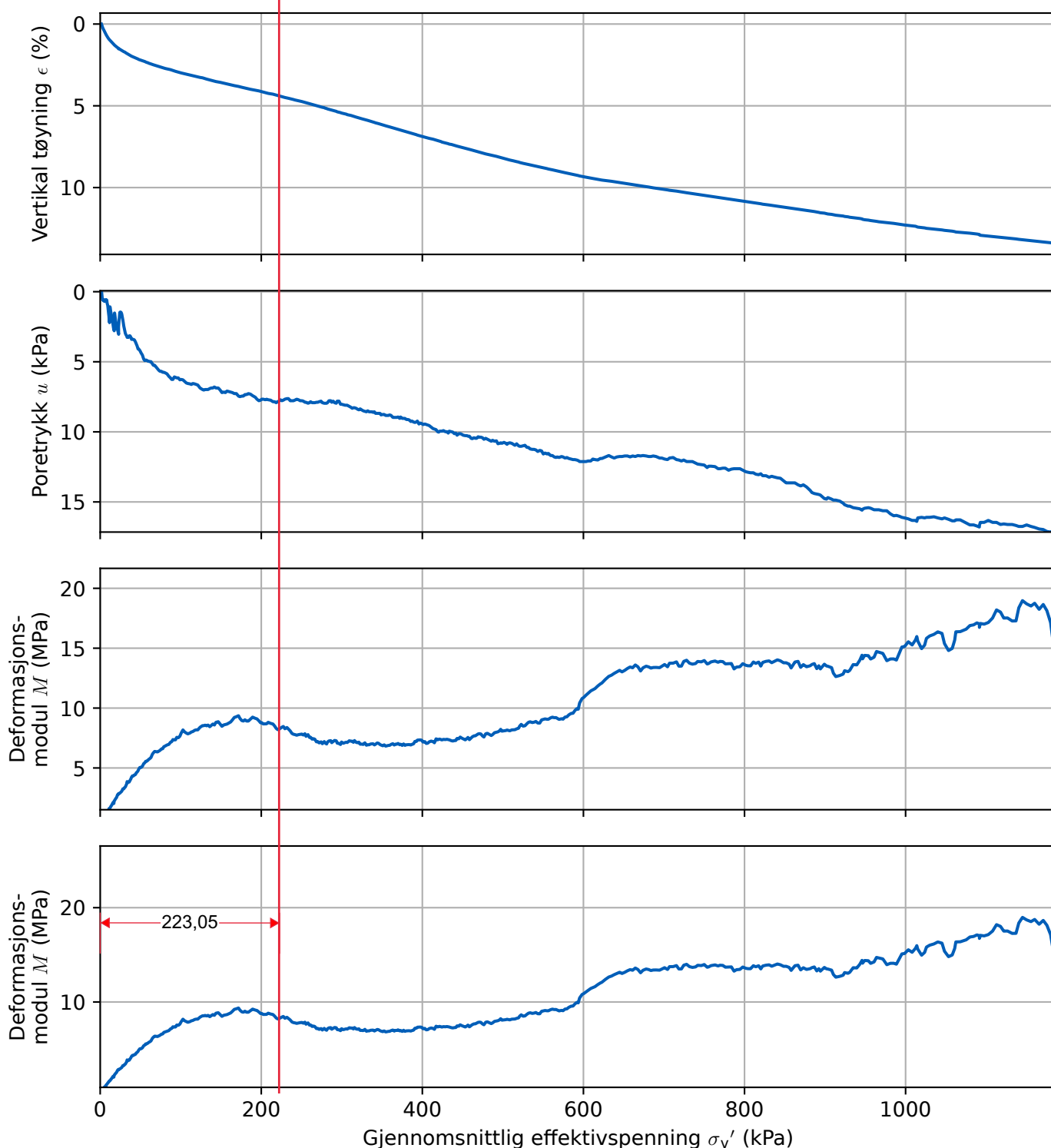
## Tolkning av ødometerforsøk

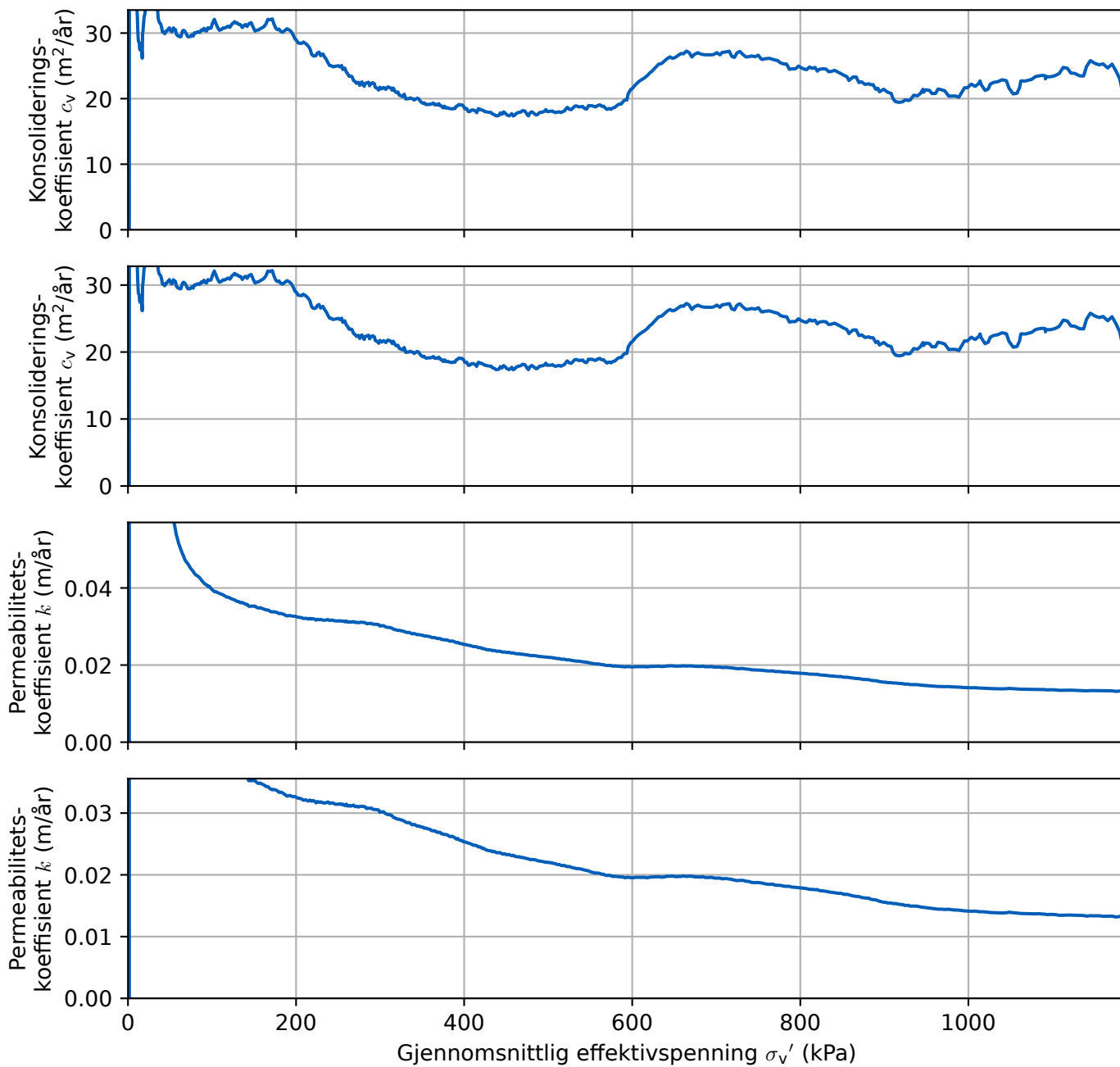
## 2.2 Ødometerforsøk

### 2.2.1 Posisjon 1: Delprøve L4DF-4 (Dybde 5,300 til 5,350 m)

#### Ødometerforsøk

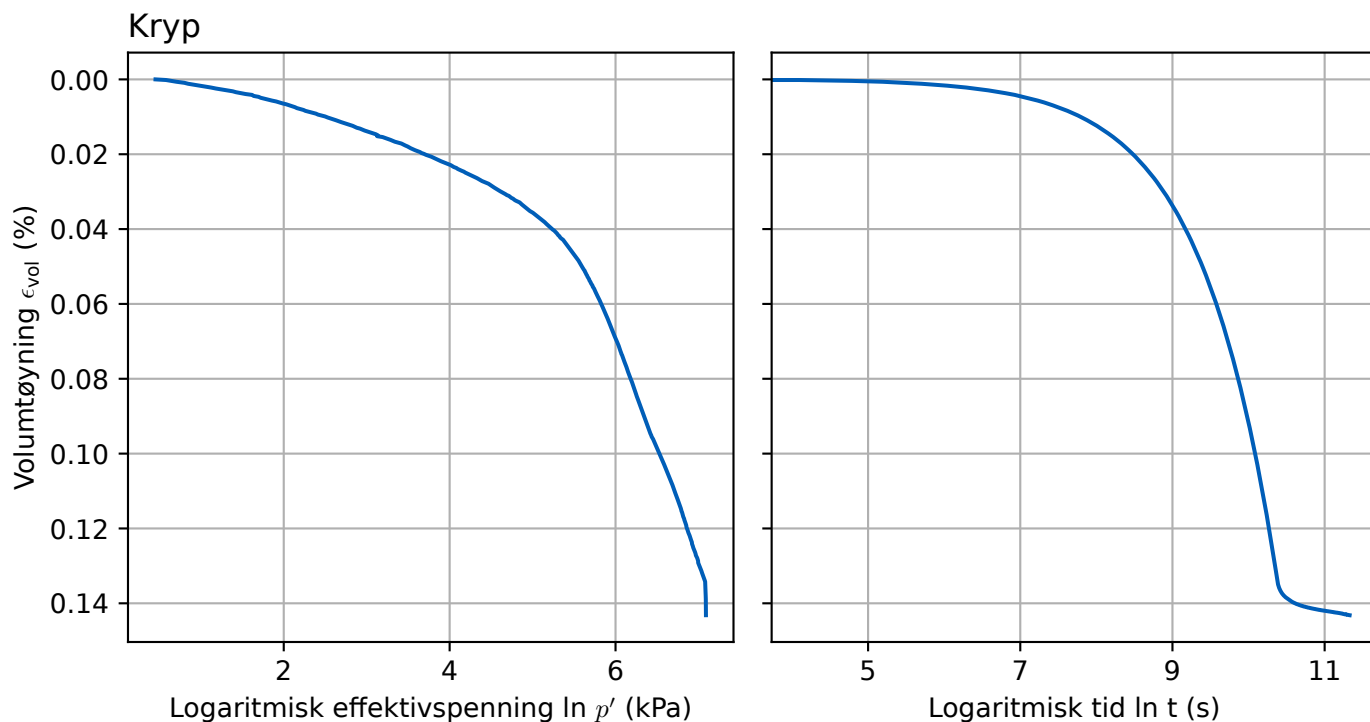
$P'_c = 223 \text{ kPa} \Rightarrow \text{OCR ca. } 2,2$





Plott av deformasjonsmodul er glattet for bedre lesbarhet.





Gjennomsnittlig prøvehøyde før forsøket: 20,0 mm  
Gjennomsnittlig prøvediameter før forsøket: 50,00 mm

Vanninnhold før forsøket (etterregnet): 31,3 %

Vanninnhold etter forsøket: 25,5 %

Densitet før forsøket: 1,94 Mg/m<sup>3</sup> (tilsvarer romvekt på 19,1 kN/m<sup>3</sup>)

Tørredensitet før forsøket: 1,48 Mg/m<sup>3</sup> (tilsvarer romvekt på 14,5 kN/m<sup>3</sup>)

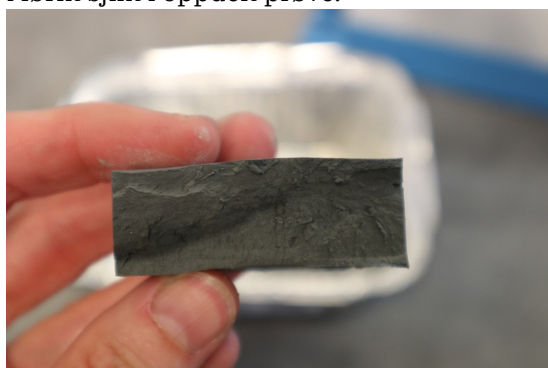
Tøyningshastighet(er) per fase: 1,5 %/t

Gjennomsnittlig omgivelsestemperatur under forsøket: 26,3 °C (logget minst hvert 10. minutt)

Min./Maks. omgivelsestemperatur under forsøket: 25,9 °C/27,0 °C

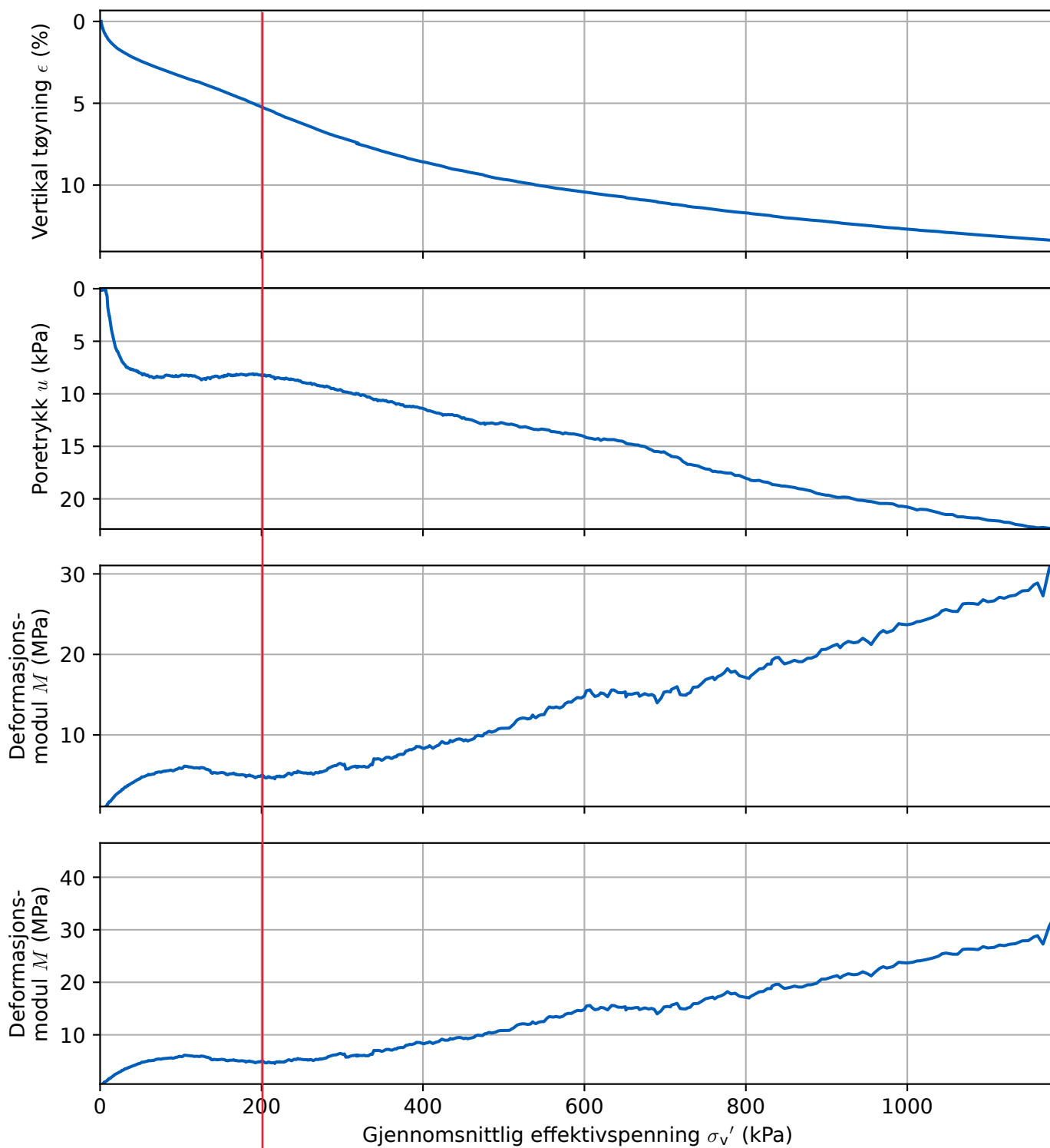
#### Observasjoner:

Mørkt sjikt i oppdelt prøve.

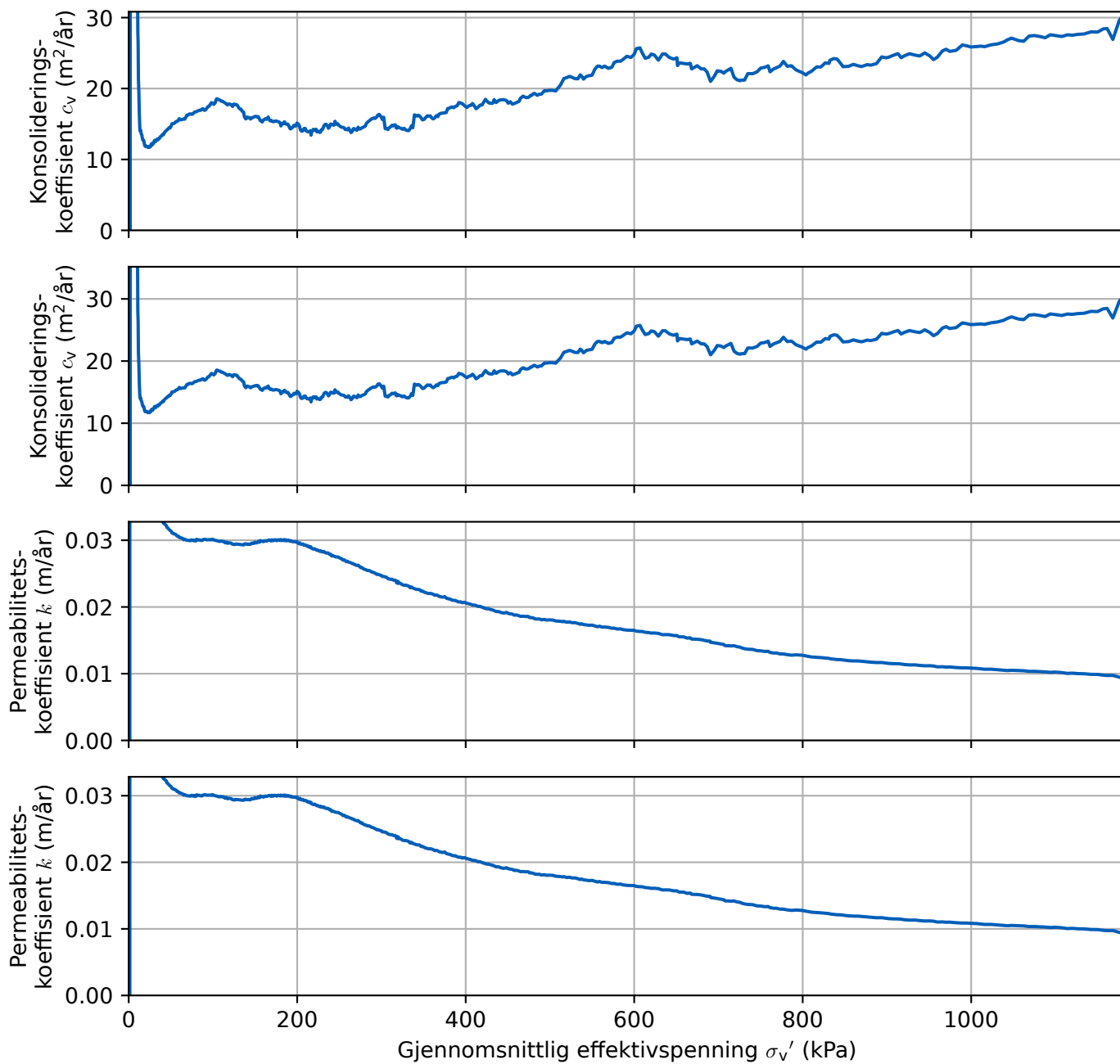


## Ødometerforsøk

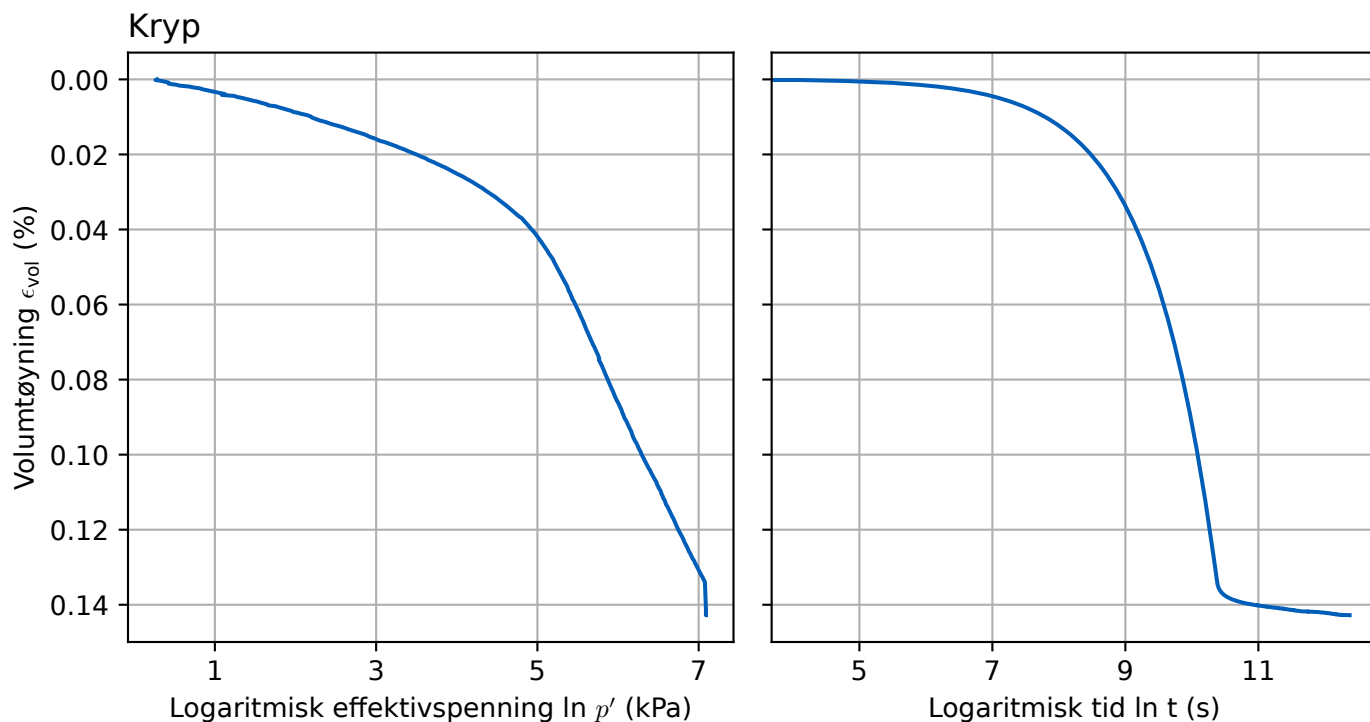
### 2.2.2 Posisjon 1: Delprøve L4DH-4 (Dybde 21,300 til 21,350 m)



$P'_c = 200 \text{ kPa} \Rightarrow \text{OCR ca. } 0,7$



Plott av deformasjonsmodul er glattet for bedre lesbarhet.



Gjennomsnittlig prøvehøyde før forsøket: 20,0 mm  
Gjennomsnittlig prøvediameter før forsøket: 50,00 mm

Vanninnhold før forsøket (etterregnet): 27,1 %

Vanninnhold etter forsøket: 19,5 %

Densitet før forsøket: 2,05 Mg/m<sup>3</sup> (tilsvarer romvekt på 20,2 kN/m<sup>3</sup>)

Tørredensitet før forsøket: 1,61 Mg/m<sup>3</sup> (tilsvarer romvekt på 15,9 kN/m<sup>3</sup>)

Tøyningshastighet(er) per fase: 1,5 %/t

Gjennomsnittlig omgivelsestemperatur under forsøket: 25,0 °C (logget minst hvert 10. minutt)

Min./Maks. omgivelsestemperatur under forsøket: 24,3 °C/25,8 °C



Tillegg 1.4  
Bilder fra befaring  
27.04.23



*Figur 1 Bilde fra skråningsfot sør for tiltaket, ser opp mot topp av høyeste punkt for profil 2 og 3*



*Figur 2 Bilde fra skråningsfot sør for tiltaket, ser opp mot topp av høyeste punkt for profil 4*



*Figur 3 Bilde mot tomten, tatt i Anders Tverreggens veg*



*Figur 4 Bilde tatt på tomten i retning mot eksisterende bygg mot nordøst*



*Figur 5 Bilde tatt i foten av kritisk skråning (profil 1). Anders Tvereggens veg 9 ligger bak furutrærne i bildet*





*Figur 6 Bilde viser skråningen som representeres ved profil 2. Profilet følger ryggen ned mot vest. Anders Tvereggens veg 9 ligger bak furutrærne lengst bak i bildet*

# Tillegg 1.5

## Skjema for konsekvens - og faregradsklassifisering

Evaluering av skadekonsekvens				Konsekvens, score			
Faktorer	Valgt verdi	Vekttall	Vektet verdi	3	2	1	0
Boligheter, antall	3	4	12	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen
Næringsbygg, personer	2	3	6	>50	10 - 50	< 10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	1	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	1	2	2	>5000	1001 - 5000	100 - 1000	Ingen
Toglinje, baneprioritet	0	2	0	1 - 2	3 - 4	5	Ingen
Kraftnett	0	1	0	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning, flom	0	2	0	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
<b>Sum</b>			<b>21</b>	45	30	15	0
% av maksimal poengsum:			47 %				
<b>Konsekvensklasse:</b>			<b>Alvorlig</b>				

Evaluering av faregrad				Faregrad, score			
Faktorer	Valgt verdi	Vekttall	Vektet verdi	3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	2	1	2	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, meter	2	2	4	> 30	20 - 30	15 - 20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	2	4	1,0 - 1,2	1,2 - 1,5	1,5 - 2,0	>2,0
Poretrykk	-1	3	-3	> +30 > -50	10 - 30 -(20 - 50)	0 - 10 -(0 - 20)	Hydrostatisk
Kvikkleiremektighet	3	2	6	>H/2	H/2 - H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	3	1	3	>100	30 - 100	20 - 30	<20
Erosjon	0	3	0	Aktiv/glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep	2	3	6	Stor Stor	Noe Noe	Liten Liten	Ingen
<b>Sum</b>			<b>22</b>	51	34	16	0
% av maksimal poengsum:			43 %				
<b>Faregrad:</b>			<b>Middels faregrad</b>				

Risikoverdi (skadekons. x faregrad):				2 013	Risikoklasse:	4
Risikoklasse	1	0	170			
Risikoklasse	2	171	630			
Risikoklasse	3	631	1900			
Risikoklasse	4	1901	3200	<b>X</b>		
Risikoklasse	5	3201	10000			

### Evaluering av skadekonsekvens

Faktorer	Valgt verdi	Kommentar:
Boligheter, antall	3	Tett bebyggt område
Næringsbygg, personer	2	Bilforhandler i foten av skråningen som ligger i utløpsområdet, antar at det er under 50 arbeidsplasser
Annen bebyggelse, verdi	1	Veier og annen infrastruktur
Vei, ÅDT	1	Antar liten ÅDT i Hornebergvegen
Toglinje, baneprioritet	0	
Kraftnett	0	
Oppdemning, flom	0	Antar at et skred ikke når Nidelva

### Evaluering av faregrad

Faktorer	Valgt verdi	Kommentar:
Tidligere skredaktivitet	2	Kvartærgeologisk kart antyder at området er en gammel skredgrop, antar at det er eldre tid
Skråningshøyde, meter	2	Profil A er ca. 26 m
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	Antagelig høy OCR i foten av skråningen som følge av terrengbelastningen før det historiske skredet. Ødometer og CPTU tyder på høy OCR i de øvre laget med masser, antar forsiktig verdi 2
Poretrykk	-1	Poretrykksmålere på toppen av skråningen indikerer poreundertrykk
Kvikkleiremektighet	3	Basert på andel kvikkleire over 0,5xH fra skråningsfoten
Sensitivitet	3	Dokumentert 208 i labforsøk
Erosjon	0	ingen bekkedrag i skråningen
Inngrep	2	Det er gravd ut noe i foten av skråningen i forbindelse med parkeringen til bilforhandleren, men det er også gjort avlastninger i toppen av skråningen. Setter forsiktig 2 som verdi

Tillegg 1.6  
Bilder fra Google Streetview av  
Anders Tvereggens veg 13B,  
fra 2010 og 2019

**Perspektiv 1**



Fra 2010



2019

Fra

## Perspektiv 2



Fra 2010



Fra 2019