

Til: Lillestrøm Kommune  
v/ Kjersti Mikalsen, Solveig Tveter Bratlie  
Kopi til:  
Dato: 2024-02-15  
Rev.nr. / Rev.dato: 1 / 2024-06-10  
Dokumentnr.: 20230480-02-TN  
Prosjekt: Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner)  
Prosjektleder: Laura Rødvand  
Utarbeidet av: Laura Rødvand  
Kontrollert av: Håkon Heyerdahl

## Utredning av skredfare for Tømmereggen (Frogner)

### Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Regelverk og krav</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Grunnlag</b>	<b>4</b>
3.1	Tidligere utførte grunnundersøkelser	4
3.2	Geologiske og topografiske kart	5
3.3	Tidligere kartlagte kvikkleirefasesoner	7
3.4	Vernede raviner	7
<b>4</b>	<b>Befaring</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Grunnundersøkelser</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Kritiske beregningsnitt og aktuelle skredmekanismer</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>Materialparametere</b>	<b>11</b>
7.1	Poretrykksforhold	11
7.2	Beregningsparametere	11
<b>8</b>	<b>Stabilitetsberegninger: dagens situasjon</b>	<b>14</b>
8.1	Utførte beregninger	14
8.2	Drenert sikkerhet	15
8.3	Udrenert sikkerhet	15
<b>9</b>	<b>Vurdering av dagens situasjon</b>	<b>16</b>
9.1	Drenerte brudd	16
9.2	Udrenerte brudd	16
9.3	Bakovergrepene (retrogressiv) bruddutvikling	16
9.4	Grunne glidninger	17
<b>10</b>	<b>Ny kvikkleirefasesone</b>	<b>17</b>
10.1	Avgrensning av løsneområdet	17
10.2	Avgrensning av utløpsområdet	17
10.3	Klassifisering av kvikkleirefasesone	18

<b>11</b>	<b>Mulige sikringstiltak</b>	<b>18</b>
11.1	Unngå forverring av skråningsstabiliteten	18
11.2	Forbedring av skråningsstabiliteten ved topografiske endringer	19
11.3	Forbedring av skråningsstabiliteten ved kontroll av grunnvannstand	21
11.4	Forbedring av datagrunnlaget	25
11.5	Andre sikringstiltak	26
<b>12</b>	<b>Sammendrag og konklusjoner</b>	<b>27</b>
<b>13</b>	<b>Referanser</b>	<b>29</b>

## Tegning

Tegning nr. 020	Plantegning, plassering profiler og borpunkt
Tegning nr. 021	Lagdeling Profil T1
Tegning nr. 022	Lagdeling Profil T1
Tegning nr. 023	Lagdeling Profil T3
Tegning nr. 024	Lagdeling Profil T4

## Vedlegg

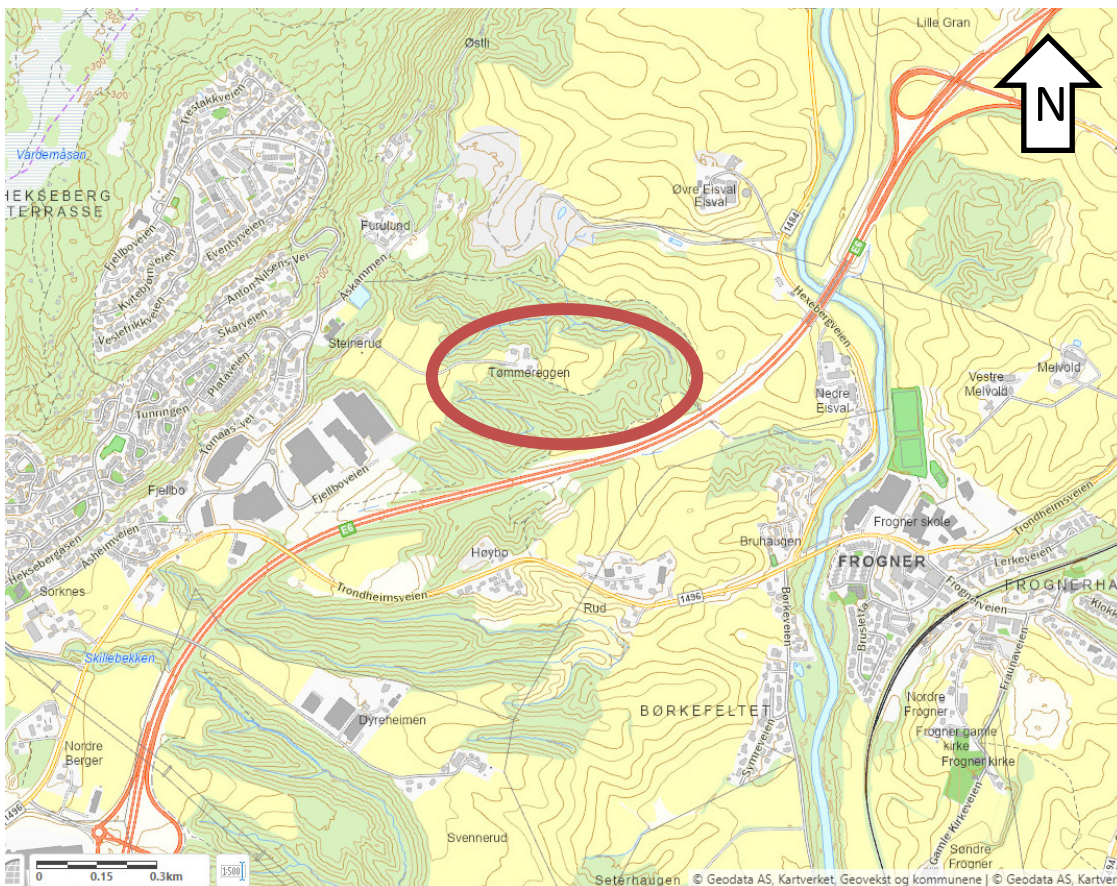
Vedlegg A	Oppsummering av feltbefaringen
Vedlegg B	Tolkede aktive udrenerte skjærfasthetsprofiler fra CPTu-sonderinger
Vedlegg C	Stabilitetsberegninger
Vedlegg D	Kart med løsneområdet og utløpsområdet
Vedlegg E	Klassifisering av faresone

## Kontroll- og referanseside

# 1 Innledning

Tømmereggen er en løsmasserygg omgitt av høye og til dels bratte leirskråninger. Det ligger en stor og dyp ravine med bekk nord for ryggen, og sør for løsmasseryggen finnes det også flere raviner. Ravinebunnen faller i østlig retning, mot E6. Beliggenhet av Tømmereggen er vist på Figur 1-1. Bebyggelsen på Tømmereggen består av to bolighus og en låve, pluss noen mindre gårdsbygg. Grunneierne har sendt bekymringsmelding til kommunen etter at en sprekk i grunnen på toppen av skråningen ble observert i skråningen mot nord.

NGI er engasjert av Lillestrøm kommune for å vurdere grunnforholdene ved Tømmereggen, regne på skråningsstabilitet og vurdere skredfaren for området, basert på nye geotekniske grunnundersøkelser. Det er også gitt en vurdering av behovet for sikring, samt hvilke (realistiske) muligheter det er for sikring av bygningene. I foreliggende rapport (rev. 1) er tolkning av bergoverflate fra ERT-målinger inkludert, og det er utført stabilitetsberegninger for stabiliserende tiltak. Det er også gitt en mer utfyllende beskrivelse av resultatene for dagens situasjon.



Figur 1-1. Beliggenhet av Tømmereggen

## 2 Regelverk og krav

Dette notatet gir en vurdering av skråningsstabilitet og skredfare for eksisterende bebyggelse på Tømmereggen. Sikkerhetskrav i lovverket som stilles ved bygging av nye bolighus er gitt som referanse, men disse kravene gjelder ikke for eldre, eksisterende bebyggelse.

- Krav om lokalstabilitet iht. Eurokode 7: Materialfaktor for stabilitet av løsmasseskråninger skal være minimum  $\gamma_m=1,25$  for effektivspenningsanalyser (drenert tilstand, dvs. langtidstilstand) og  $\gamma_m=1,4$  for totalspenningsanalyser (udrenert tilstand, dvs. korttidstilstand).
- Krav om områdestabilitet iht. TEK17 med veiledning, jfr. NVEs kvikkleireveileder 1/2019 (ref. /6): Bygging av inntil to nye boligenheter innenfor en kvikkleiresone faller under tiltakskategori K3, hvor det stilles følgende sikkerhetskrav:
  - «Hvis tiltaket forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor  $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$  og  $F_{c\phi} \geq 1,25$ , hvor  $f_s$  er sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekt (=1,15) i de udrenerte beregningene...».
  - «For tiltak som ikke forverrer stabiliteten er kravet til sikkerhet  $F_{cu} \geq 1,40$  og  $F_{c\phi} \geq 1,25$ . Ved lavere sikkerhet må  $F_{cu}$  og  $F_{c\phi}$  økes prosentvis...»

*«For skråninger i faresonen som ligger utenfor influensområdet til tiltaket, gjelder krav til sikkerhet  $F_{c\phi} \geq 1.25$ , samt krav til robusthet  $F_{cu} \geq 1.20$ . Ved lavere sikkerhet og/eller robusthet skal  $F_{c\phi}$  og  $F_{cu}$  økes prosentvis...»*

## 3 Grunnlag

### 3.1 Tidligere utførte grunnundersøkelser

Det er tidligere utført grunnundersøkelser i området ved to anledninger:

- Løvlien, 2008 ref. /1/: Disse grunnundersøkelsene består hovedsakelig av totalsonderinger pluss en prøveserie på Tømmereggen.
- Løvlien, 2015 ref. /2/: Grunnundersøkelser nordvest for Tømmereggen: Total- og CPTu-sonderinger, samt prøvetaking og poretrykksmålere.

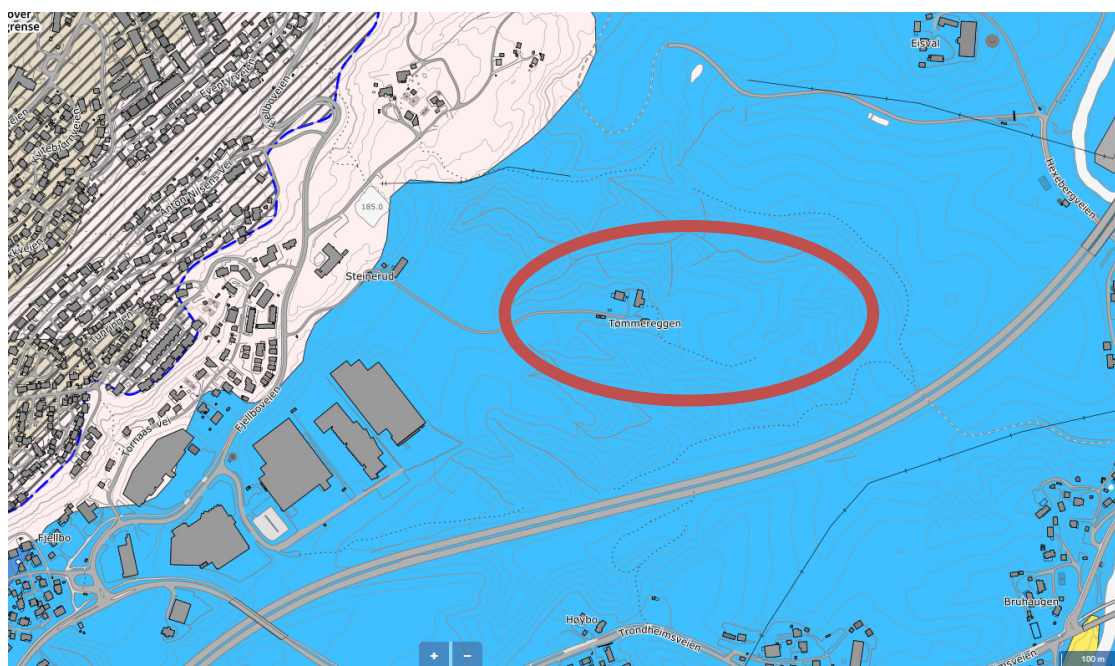
Løvlien har vurdert stabilitet ved Tømmereggen (ref. /3/ og /4/) ifm. planlagt utbygging av Frogner Næringspark. Stabiliteten for daværende situasjon (dvs. uten utbygging av næringsparken) var beregningsmessig lav, med sikkerhetsfaktor ned mot 1,0. Næringsparken er ikke realisert ennå, og stabilitetsforholdene antas uendret siden vurderingene ble utført. Løvlien (ref. /4/) har videre vurdert områdestabilitet, der det er konkludert:

*«Områdestabiliteten vurderes som tilfredsstillende for Vollen med nåværende grunnlag. Det må utføres supplerende grunnundersøkelser for å verifisere dette.»*

«Vollen» er navnet gitt til det planlagte næringsarealet sør for Tømmereggen (vest for E6).

## 3.2 Geologiske og topografiske kart

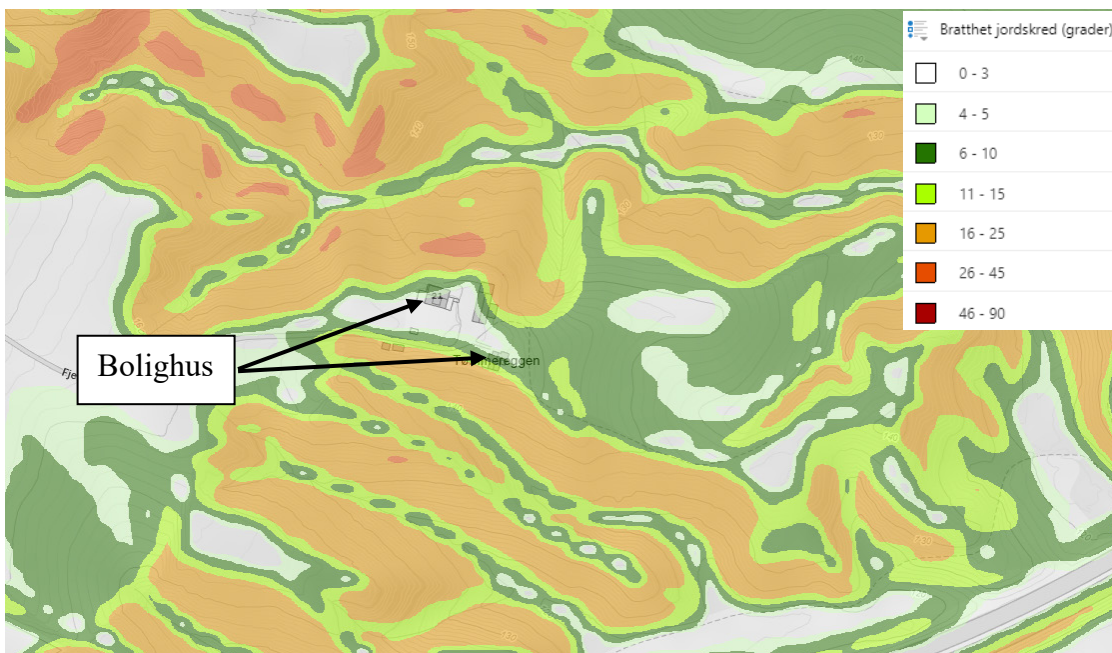
Løsmassekartet indikerer at hele Tømmereggen er dekket av hav- og fjordavsetninger (Figur 3-1), som normalt vil bestå av finkornige sedimenter (silt og leire). Basert på tidligere grunnundersøkelser (ref. /1/ og /2/), består løsmassene av et (eventuelt) topplag av tørrskorpe/planert materiale, med underliggende tykke avsetninger av uforvitret marin leire. Tykkelsen på tørrskorpelaget vil normalt øke mot toppen av skråningen, men det er ikke utført grunnundersøkelser nede i ravinene som kan bekrefte dette. Det er generelt dypt til berg, og ingen av totalsonderingene traff (antatt) berg under grunnundersøkelsene ved Tømmereggen (boringer er utført ned til 30 m dybde).



Figur 3-1. Løsmassekart fra [www.ngu.no](http://www.ngu.no). Blått indikerer «Hav- og fjordavsetninger», dvs. finkornige sedimenter som silt og leire, med antatt stor mektighet. Grå-rosa indikerer berg i dagen eller antatt liten løsmasseoverdekning. Blå stiplet linje viser marin grense (dvs. øverste nivå havoverflaten har stått under siste istid), mens grått skravert område ligger over marin grense.

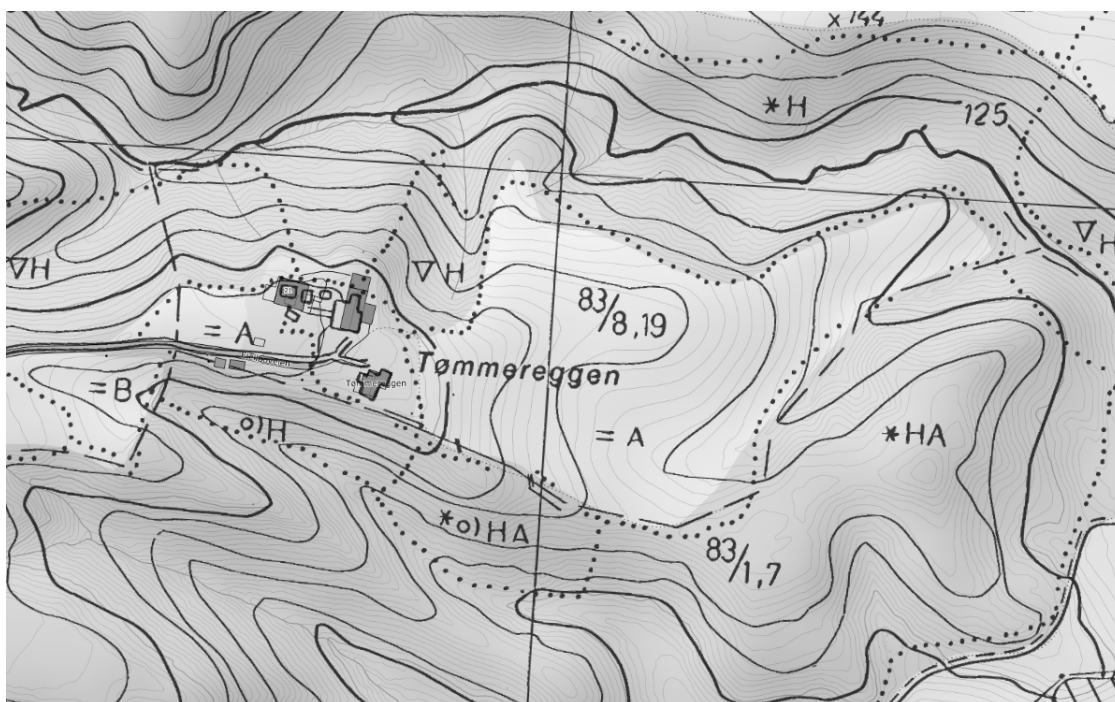
Hele Tømmereggen er omgitt av bratte skråninger som går ned i omliggende raviner. En terrenganalyse av skråningshelning er vist i Figur 3-2. Den antatt mest kritiske skråningen (kalt Profil T1 senere i rapporten) ligger rett nord for bolighuset. Her er skråningshøyden fra Tømmereggen og ned i ravinen ca. 30 m, og skråningshelningen opp mot 28° grader (ca. 1:2). Den øvre delen av skråningen, nærmest bebyggelsen, er

brattest. Øst for bolighusene er det en planert åker som heller svakt østover, slik at høyden av skråningen ned mot bekken i nord gradvis avtar mot øst. Bekken faller imidlertid også i østlig retning, slik at bunnen av ravinen gradvis ligger dypere østover i retning E6. Sør for bolighusene er terrenget mer kupert, med flere raviner (retning nordvest mot sørøst); skråningshøyden rett sør for boligbebyggelsen er ca. 18 m, med skråningshelning ca. 23°.



Figur 3-2. Skråningshelning i ravinene rundt Tømmereggen ([www.atlas.nve.no](http://www.atlas.nve.no))

Eldre økonomisk kart (Figur 3-3) indikerer at forskjellen på terrenget mellom år 1974 og dagens terreng ikke er veldig stor, men at det mest sannsynlig er fylt ut noe på toppen av skråningene på åkeren øst for husene. Slike fyllinger kan ha en negativ påvirkning på skråningsstabiliteten. Kartet er imidlertid ikke nøyaktig nok til å gjøre detaljerte vurderinger, og viser bare 5 m koter, som trolig er håndtegnet basert på luftfotografier.



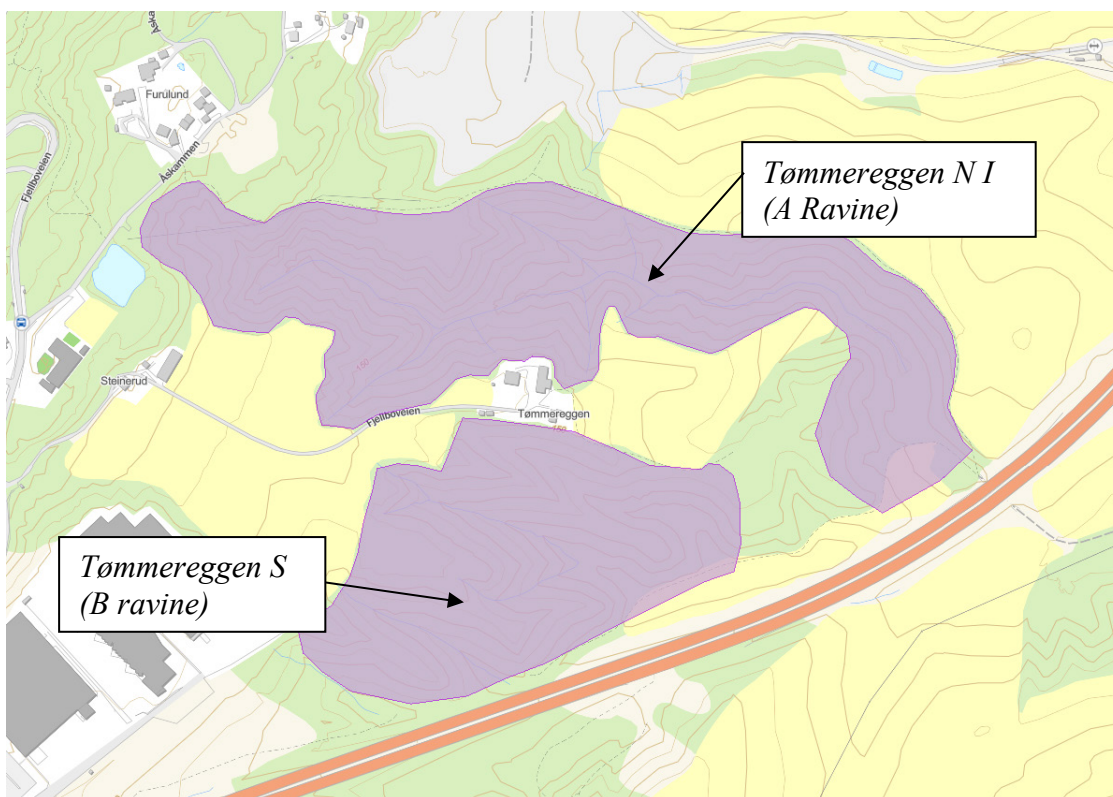
Figur 3-3. Økonomisk kart fra 1974 overlatt dagens topografiske kart ([www.kilden.nibio.no](http://www.kilden.nibio.no)). Det eldste kartet har 5 m ekvidistanse, mens dagens kart har 1 m ekvidistanse.

### 3.3 Tidligere kartlagte kvikkleirefaresoner

Tømmereggen er ikke tidligere kartlagt som kvikkleirefarezone, men i flere totalsonderinger utført av Løvlien (ref. /1/) kan det tolkes mulige lag med kvikkleire. Ca. 350 m sørøst for boligene på Tømmereggen ble det funnet sprøbruddmateriale i boringer utført ved E6 (ref. /4/). Nord for Tømmereggen, på nordre side av bekken, er det en eksisterende kvikkleirefarezone «74 Eidsvoll». Det er påvist kvikkleire og sprøbruddmateriale i et borhull innenfor denne kvikkleirefaresonen (punkt 22 mellom kote +120 og +108), jfr. ref. /1/. Videre mot nord fra denne sonen er det store, sammenhengende områder med kvikkleirefaresoner helt til Nannestad.

### 3.4 Vernede raviner

Lillestrøm kommune har kartlagt og verdsatt ravinedaler i kommunen (Figur 3-4). Skråningene nord og sør for Tømmereggen er klassifisert henholdsvis som A-ravine og B-ravine, se lokaliteter 56 Tømmereggen N I og 55 Tømmereggen S i rapport laget av BioFokus (ref. /5/).



Figur 3-4. Lilla område er vernede raviner (<https://lillestroem.kommunegis.no/>).

## 4 Befaring

En befaring på Tømmereggen ble utført 28. september 2023. Med på befaringen var Lillestrøm kommune v/Kjersti Mikalsen, Ketil Matvik Foldal og Solveig Tvetter Bratlie, og NGI v/Laura Rødvand. Grunneierne var også til stede. Detaljer fra befaringen, inkludert kart over det befarte området og befaringsbilder, finnes i Vedlegg A. Hovedfunn (med betydning for skredfare og geotekniske forhold) fra befaringen var observasjon av pågående erosjon langs bekken i ravinen nord for Tømmereggen.

Ny befaring ble utført 9. april 2024 for å vurdere adkomst til ravinene for boreriggene, og lokasjon av supplerende undersøkelser. Til stede var Lillestrøm kommune v/Solveig Tvetter Bratlie, NGI v/Laura Rødvand og Don Terje Christiansen, og grunneierne.

## 5 Grunnundersøkelser

Det er utført nye grunnundersøkelser i forbindelse med dette prosjektet, hovedsakelig for å kartlegge grunnens styrkeegenskaper og for å bekrefte/avkrefte forekomst av sprøbruddmateriale/kvikkleire. Borplan for de nye grunnundersøkelsene er utarbeidet av



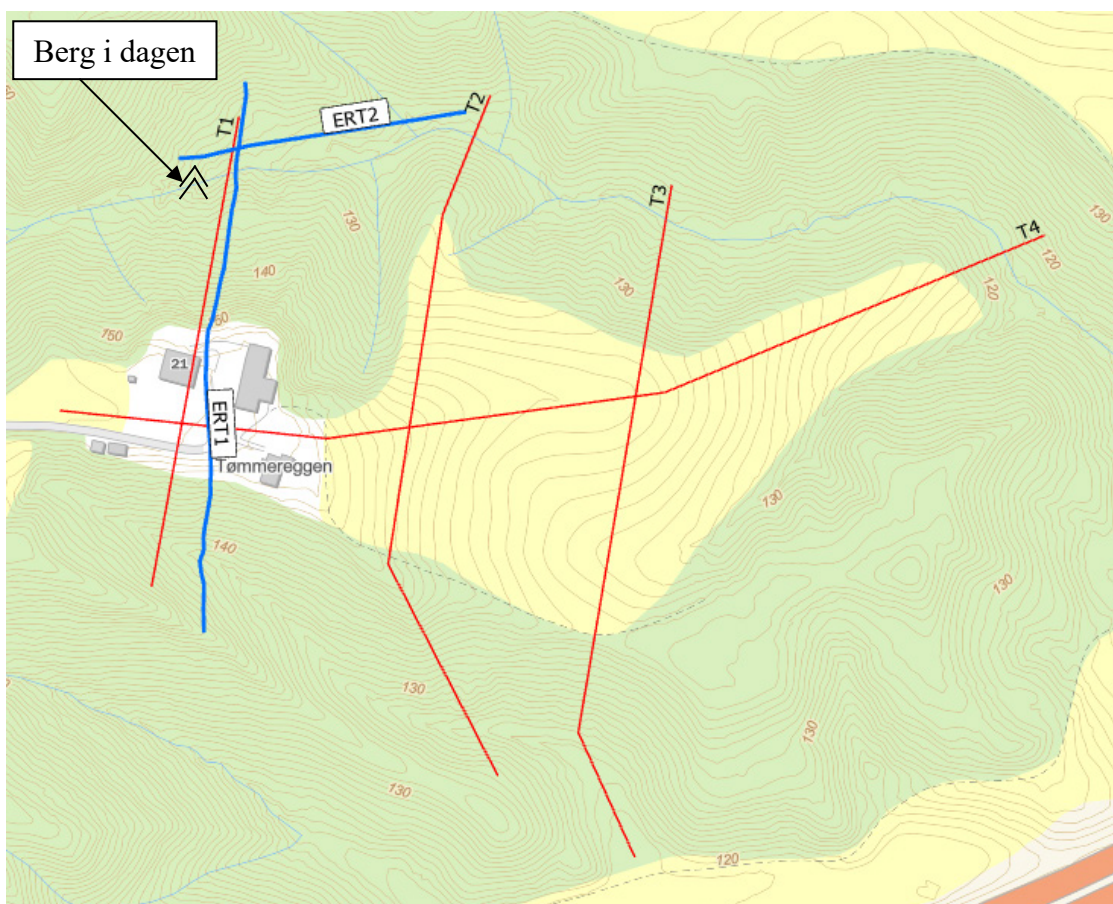
NGI i dialog med Lillestrøm kommune. Grunnundersøkelsene i felt og laboratorium ble utført av NGI. Resultatene er presentert i egen datarapport: ref. /7/.

For å optimalisere undersøkelsene, er det i hovedsak utført nye CPTu-sonderinger ved tidligere totalsonderinger utført av Løvlien (ref. /1/) samt prøvetaking på utvalgte steder. Borhullene oppført av Løvlien har prefix «LG08-». To nye borhuller er plassert i nærheten av bolighusene på Tømmereggen, da det er vurdert viktigst å kartlegge grunnforholdene der folk bor. Disse nye borhullene har prefix «NG23-».

Etter at rev. 0 av dette notatet ble ferdigstilt, ble det bestemt å utføre elektrisk resistivitets-tomografi (ERT) langs to utvalgte profiler. ERT er en geofysisk metode som injiserer strøm i bakken gjennom elektroder som måler den elektriske motstanden/resistivitet i bakken. Den elektriske resistiviteten brukes til å tolke dybde til berg og kan indikere om kvikkleire er til stede, basert på korrelasjoner mellom elektrisk resistivitet og salt innhold/omrørtskjærstyrke (ref. /9/). Beliggenhet av profilene er vist i Figur 6-1. Resultatene er presentert i egen datarapport fra ERT-undersøkelsene (ref. /8/).

## 6 Kritiske beregningsnitt og aktuelle skredmekanismer

Det er valgt ut fire terrengprofiler for å vurdere lagdelingen og stabilitetsforholdene av antatt kritiske skråninger ved Tømmereggen. Beliggenhet av profilene er vist på Figur 6-1 og Tegning 020. Profilene med lagdeling er presentert på tegningene 021-024. Merk at de fleste boreriger er utført på toppen av løsmasseryggen, fordi adkomst med borerigg til ravinene ikke var praktisk gjennomførbar uten betydelige tiltak (omfattende hogst osv.). Ved tolkning av lagdeling er det tatt utgangspunkt i tolkning av boreriger utført på høyere nivå, og basert på dette konservativt antatt et sammenhengende kvikkleirelag med horisontal utbredelse under hele løsmasseryggen og bort til bekken i ravinen nord for Tømmereggen.



Figur 6-1. Beliggenhet av terrengprofilene (røde linjer), ERT-profilene (blå linjer) og berg i dagen.

**Profil T1:** Dette profilet krysser Tømmereggen ved det vestligste bolighuset (Fjellboveien 21), og går i sør-nord-retning. Skråningen ned i ravinen mot nord fra bebyggelsen er den bratteste og høyeste skråningen på Tømmereggen, og sprekken som var meldt inn av grunneierne er observert i dette området. Lagdeling: Tynt lag tørrskorpe (< 2 m) over uforvitret leire til stor dybde, evt. noe fyllmasse på gårdsplass osv. Det er antatt at kvikkleire ligger ca. på nivå med bekken i bunnen av ravinen (basert på borhull LG08-13 og LG08-14), og at kvikkleirelaget fortsetter i samme kotenivå langs hele profilet. Berg i dagen er observert i ravinebunnen rett nord for bolighuset (Fjellboveien 21) og ERT profiler 1 og 2 indikerer at berg ligger grunnere enn 5 m dybde for skråningen nord for huset.

Et evt. skred som utløses kan gå ned i kvikkleire, men selv om retrogressivt skred antas å kunne skje i materiale med  $s_{ur} < 0,69$  kPa, vil størrelsen av løseområdet begrenses av at kvikkleirelaget ligger dypt i skråningen og at det er grunt til berg ved skråningsfoten. Aktuell skredmekanisme er derfor vurdert å være rotasjonsskred.

**Profil T2:** Profilet ligger ca. 100 m øst for Profil T1, og går på tvers av åkeren og ned i ravinene på både nord- og sørsiden. Dette profilet har mindre skråningshøyde mot

bekken i nord, og større skråningshøyde mot ravinen i sør. Lagdelingen består av tørrskorpe over leire og kvikkleire. Kvikkleire er påvist i prøver tatt opp ved borpunkt LG08-13, og kvikkleirelaget er antatt å fortsette lateralt gjennom hele profilet. Et evt. skred som utløses kan involvere kvikkleire, men selv om retrogressivt skred antas å kunne skje i materiale med  $s_{ur} < 0,69$  kPa, vil størrelsen av løseområdet begrenses av at kvikkleirelaget ligger dypt i skråningen. Aktuell skredmekanisme er vurdert å være rotasjonsskred.

**Profil T3:** Dette profilet ligger ca. 100 m øst for Profil T2, og går på tvers av åkeren. Prøvetaking ved LG08-11 viser at det ikke finnes kvikkleire i de øverste 17 m av løsmassene oppe på åkeren, men det kan ikke utelukkes dypere liggende lag med kvikkleire. Det er således antatt et lag av kvikkleire med overkant ca. på nivå med bekken. Aktuell skredmekanisme er vurdert å være rotasjonsskred.

**Profil T4:** Profilet følger midten av Tømmereggen, i retning vest-øst. Det er påvist sprøbruddmateriale i prøver tatt opp i borpunkt LG08-14, og det er antatt et sammenhengende lag kvikkleire under hele løsmasseryggen. Toppen av kvikkleirelaget antas å ligge ved kote +123 i nordre delen av profilet og +113 i østre delen av profilet. Et evt. skred som utløses ved bekken kan gå ned i sprøbruddmateriale, og aktuell skredmekanisme er vurdert å være rotasjonsskred eller flakskred.

## 7 Materialparametere

### 7.1 Poretrykksforhold

Grunnvannsnivå og poretrykksforhold har generelt stor betydning for stabilitetsforhold, men krever samtidig betydelige ressurser for en detaljert kartlegging. Det er så langt ikke installert nye poretrykksmålere i dette prosjektet, men resultatene fra tidligere installert poretrykksmåler LG15-204 (ref. /2/) er brukt. I dette punktet ble grunnvannstand målt til å ligge ca. 4,2 m under terreng (basert på måler med spiss ved 8 m dybde). Borhull LG15-204 ligger på en skråningstopp ca. 200 m vest for bolighusene. Grunnvannstanden tolkes her å ligge i underkant av tørrskorpelaget, og det er antatt en økning av poretrykk med dybden tilsvarende 7 kPa/m i skråningen over bekkenivå. Tilsvarende poretrykksforhold er brukt ved stabilitetsberegninger på Tømmereggen.

Poretrykksøkningen med dybde fra ravinebunn og videre nedover er antatt å være større, dvs. det er antatt. poreovertrykk, med poretrykksøkning med dybden på 12 kPa/m (ikke bekreftet ved målinger).

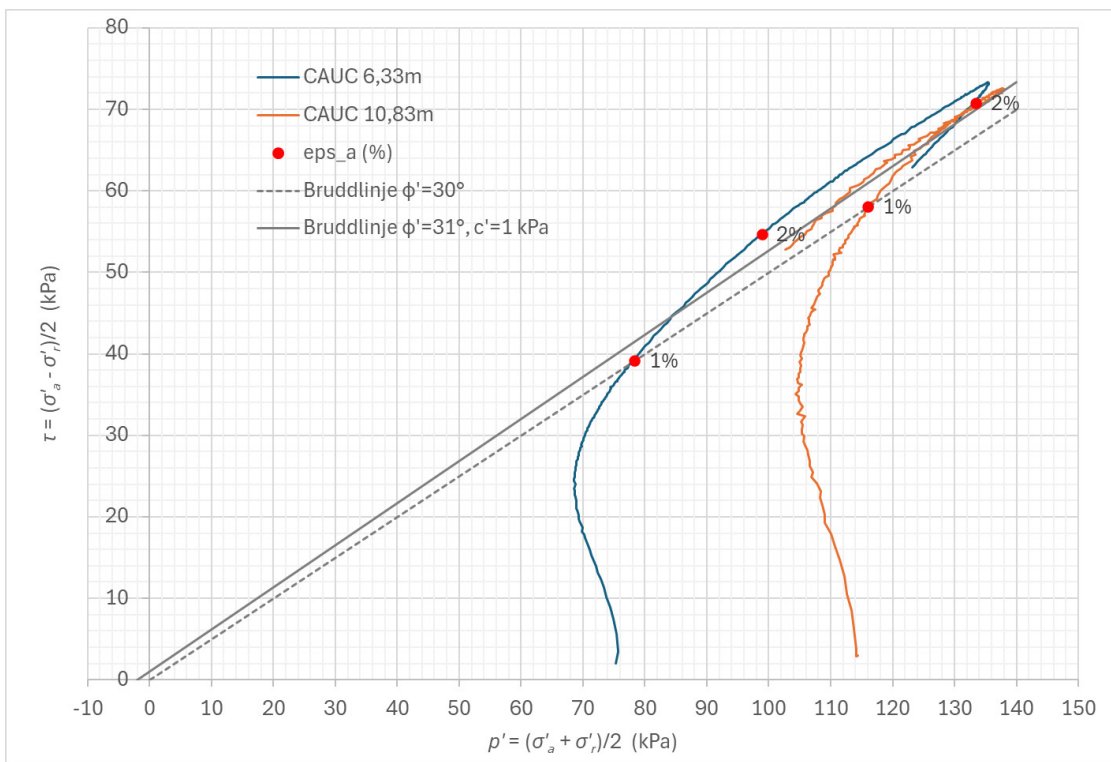
### 7.2 Beregningsparametere

Material- og styrkeparametere benyttet i stabilitetsberegninger er oppsummert i Tabell 7-1. Romvekt er bestemt ut fra laboratorieforsøk på opptatte prøver (leire og kvikkleire), eller basert på erfaring (tørrskorpeleire). Drenerte styrkeparametere for leire er basert på

treaksialforsøk, jfr. Figur 7-1. Kvaliteten på utførte treaksialforsøk er vurdert til å være hhv. *god* og *meget god* iht. ref. /14/.

Tabell 7-1. Oppsummering av materialparametere anvendt i stabilitetsberegningene

Materiale	Romvekt (kN/m <sup>3</sup> )	Friksjon-vinkel $\phi$ (°)	Kohesjon $c'$ (kPa)	Udrenert skjærfasthet $S_{u,A}$ (kPa)	Anisotropifaktorer		
					A	D	P
Tørrskorpe	19	32	0	-	-	-	-
Leire	19	31	1	Vedlegg B	1	0,67	0,38
Kvikkleire	18,5	31	1	Vedlegg B	1	0,63	0,35

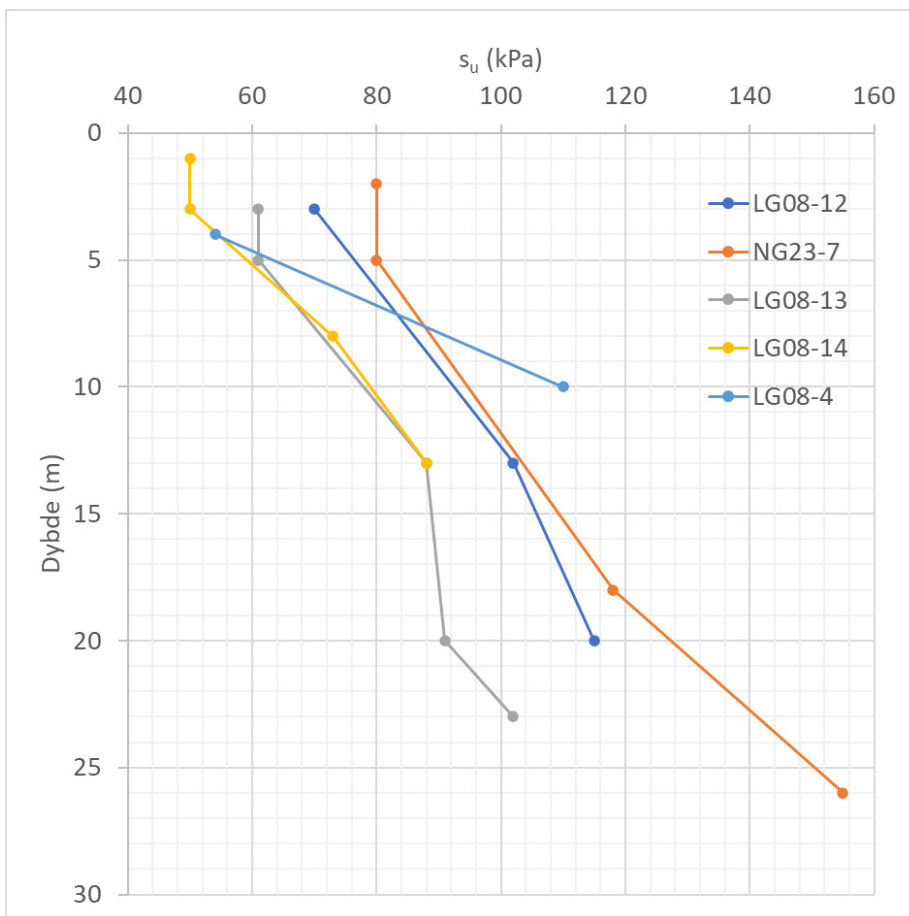


Figur 7-1. Tolkning av drenerte styrkeparametere i leire fra treaksialforsøk på prøver fra bopunkt NG23-7 på Tømmereggen (ref. /7/).

Udrenert skjærfasthet for leire/kvikkleire er tolket ut fra CPTu-sonderingene (korrelasjoner fra ref. /10/ og /11/), basert på laboratorieforsøk utført på opptatte prøver og antatt poretrykksfordeling som beskrevet i kapittel 7.1. Tolkede aktive skjærfasthetsprofiler er vist i Vedlegg B for alle CPTu-sonderinger. Figur 7-2 gir en sammenstilling av tolket aktiv udrenert skjærfasthet mot dybde for samtlige CPTu-sonderinger.

Merknader for tolking av CPTu-sonderingene:

- Høye nullpunktsavvik i flere sonderinger øker usikkerhet i tolkning av disse sonderingene:
  - LG08-12: poretrykk utenfor anvendelsesklasse 4
  - LG08-13: stort helningsavvik ( $20^\circ$  mot slutten av sonderingen)
- LG08-4 er sannsynligvis boret gjennom fylling, lagt ut i forbindelse med bygging av veien (dagens E6).



Figur 7-2. Sammenstilling av udrenert aktiv skjærstyrke,  $s_u^A$ , tolket fra CPTu-sonderinger utført på Tømmereggen. Sondringene er plottet mot dybde, men utført på forskjellig terrengnivå.

Det var ikke mulig å utføre CPTu-sonderinger nede i ravinen, på grunn av vanskelig adkomst for borerigg (dette ville krevet store inngrep med hogst osv.). Derfor er SHANSEP-prinsippet (ref. /12/) benyttet for å estimere udrenert skjærfasthet av antatt overkonsolidert leire ved skråningsfoten. Tolkningen er basert på udrenert skjærfasthet tolket fra CPTu-sonderinger på toppen av skråningen. Metoden tar hensyn til antatt overlaging fra tidligere terreng over dagens terrengnivå (spenningshistorie, overkonsolidering), poretrykksforhold i dagens situasjon og romvekt av leira.

Udrenert aktiv skjærfasthet anslås således som følger:

$$s_{u,A} = \alpha \cdot OCR^m \cdot \sigma'_{v0}$$

der:

$s_{u,A}$  = udrenert aktiv skjærfasthet (kPa)

$\alpha$  = normalisert styrke for OCR = 1 (valgt lik 0,3)

OCR = overkonsolideringsgrad, dvs. forholdet mellom tidligere og nåværende effektiv vertikalspenning i aktuell dybde

$m$  = eksponent (valgt lik 0,8)

$\sigma'_{v0}$  = vertikal effektivpenning i aktuell dybde

Leiras udrenerte skjærstyrke varierer med retning på skjærplanet. I stabilitetsanalysene er anisotropifaktorer benyttet (som vist i Tabell 7-1) ved udrenert analyse av skjærflater gjennom lag med leire/kvikkleire, iht. NIFS anbefalinger (ref. /13/).

## 8 Stabilitetsberegninger: dagens situasjon

### 8.1 Utførte beregninger

Stabilitetsberegninger for dagens situasjon er utført for to av profilene presentert foran, hhv. T1 og T2. Det geotekniske beregningsverktøyet GeoSuite Stability (Version 24.0.8.0) er brukt til stabilitetsberegningene.

Stabilitetsberegningene for dagens situasjon er presentert i Vedlegg C1-C4, og beregningsresultatene er oppsummert i Tabell 7-2. Sikkerhetsfaktorer er regnet for to tilstander, nemlig *udrenert* og *drenert*.

- Udrenert tilstand er representativ for korttidssituasjon (der grunnen består av finkornige jordarter, som silt og leire), dvs. for raske belastninger/spenningsendringer; for eksempel utlegging av fyllmateriale, graving i skråningståen, mindre utglidninger som følge av erosjon osv.
- Drenerte tilstand er representativ for langtidssituasjonen for alle typer grunn, og beskriver den permanente situasjonen hvor skråningen ikke utsettes for raske belastningsendringer. Den drenerte stabiliteten vil imidlertid påvirkes av endringer i grunnvannsnivå og poretrykkssendringer. Drenert sikkerhet vil påvirkes negativt av økninger i poretrykk, som eksempelvis kan forekomme etter mye/langvarig nedbør eller snøsmelting.

Det er ikke tatt hensyn til 3D-effekter i stabilitetsberegningene. Slike effekter er usikre av flere årsaker, og antas å ha liten betydning for skråninger med noenlunde konstant topografi over en stor bredde (langsetter toppen av skråningen). Også for fremstikkende løsmasserygger, som i liten grad tilsier sideveis innspenning, er det vanskelig å argumentere for vesentlig 3D-effekt på stabiliteten, selv om geometrieffekter kan ha betydning. Usikkerhetene i datagrunnlaget vurderes å være større enn disse effektene, og evt. stabiliserende 3D-effekter er derfor ikke inkludert i beregningene.

Tabell 7-1. Sikkerhetsfaktorer for stabilitetsanalyse av dagens situasjon (sikkerhetsfaktor representerer mest kritiske skjærsirkel funnet i hver stabilitetsberegning)

Profil	Beskrivelse av beregning	Sikkerhetsfaktor	
		Udrenert	Drenert
T1	Skråning mot nord	1.22	0.97
	Skråning mot sør	1.75	1.19
T2	Skråning mot nord	1.58	1.01
	Skråning mot sør	1.07	1.08

Laveste beregnede sikkerhetsfaktor er funnet for profilet T1, dvs. beregningsprofilen som går opp skråningen fra ravinen nord for bebyggelsen på Tømmereggen, men beregnet sikkerhet er også lav for profil T2.

## 8.2 Drenert sikkerhet

Analysene viser at den drenerte sikkerhetsfaktoren beregningsmessig er lavest. De kritiske drenerte glideflatene (dvs. glideflatene med lavest sikkerhetsfaktor) er for begge profilene T1 og T2 ca. 1.0, evt. litt over 1.0.

Dårlig drenert sikkerhet indikerer mulighet for brudd i skråningen for dagens situasjon, typisk i perioder med langvarig nedbør eller snøsmelting. Den drenerte glideflaten med lavest sikkerhet ligger i den bratte øvre delen av skråningen mot nord i profil T1, og kritisk glideflate skjærer ikke ned i kvikkleirelaget. Det er dermed lite sannsynlig at en glidning av denne typen vil kunne utløse et stort kvikkleireskred. Bakkanten av glideflaten vil gå inn på plataet på toppen av skråningen, i retning bebyggelsen, men ut fra beregningene, vil en slik utglidning ikke direkte berøre bebyggelsen.

En lang, drenert glideflate, som berører hele skråningen fra bekken og opp til bebyggelsen, har imidlertid også marginal sikkerhet mot brudd (drenert sikkerhetsfaktor = 1.02). Dersom beregningsforutsetningene stemmer noenlunde, skal det små endringer i negativ retning til for at en slik glideflate skal løsne. Det er usikkert om denne glideflaten vil gå ned i kvikkleirelaget, da grunnundersøkelser ikke er utført i ravinen.

Merk at drenert sikkerhetsfaktor er direkte avhengig av poretrykksforhold og grunnvannstand, som ikke er målt i dette profilet, og da spesielt ikke nede i ravinen (målinger i ravinen er som nevnt foran heller ikke utført i andre profiler).

## 8.3 Udrenert sikkerhet

Udrenert analyse gir noe sikkerhetsmargin for de analyserte skråningene (beregnet sikkerhetsfaktor 1.22 og 1.07 for hhv. profil T1 mot nord og profil T2 mot sør). Beregningene er noe usikre, som resultat av at grunnundersøkelser ikke er utført i ravinene, og bergnivå er basert kun på ERT-tolkninger.

Erosjon i bekken vil over tid forverre stabiliteten av skråningen. Dette vil kunne utløse udrenerte brudd, og i verste fall resultere i et brudd med en potensiell glideflate som starter ved bekken og når opp på plataået, med bakkant i nærheten av bolighuset.

Dybden til kvikkleirelaget i bunnen av ravinen er ukjent, men den kritiske glideflaten går dypt, og må antas å ville skjære ned i kvikkleirelaget, dersom kvikkleirelaget strekker seg fram til bunnen av ravinen.

## 9 Vurdering av dagens situasjon

### 9.1 Drenerte brudd

Beregningsmessig er drenerte glideflater kritiske, også for glideflater fra plataået og ned til ravinebunn. Den reelle sikkerheten er direkte avhengig av hydrogeologiske forhold, dvs. grunnvannsnivå og poretrykksforhold, som i hovedsak er ukjent. Før man konkluderer med at drenert stabilitet er kritisk, bør poretrykksforhold kartlegges bedre.

### 9.2 Udrenerte brudd

Udrenert analyse gir noe høyere beregnet sikkerhetsfaktor enn drenert analyse, men beregnede sikkerhetsfaktorer er fortsatt lave, og under sikkerhetskravene som stilles til nye boliger.

Siden det ikke er planlagt byggetiltak på Tømmereggen ifm. dette prosjektet (ingen endring i lastene eller tomtebruk), kan «robusthetskrav» på 1.20 i NVEs kvikkleireveiledning 1/2019 (ref. /6/) være en fornuftig referanse. I dette tilfellet vil udrenert sikkerhet ved bolighusene (profil T1) da tilfredsstiller krav til udrenert sikkerhetsfaktor, men ikke profil T2 som krysser åkeren øst for husene.

I profil T1 går den kritiske udrenerte glideflaten ned til antatt bergnivå og kommer opp ved bekken i bunnen av ravinen. Glideflaten skjærer ned i antatt kvikkleirelag. Et skred av denne typen kan i teorien utløses av plutselig (udrenert) belastning på toppen av skråningen (som oppfylling), eller som resultat av erosjon/initialskred langs bekken. Dette vil kunne skje uavhengig av om kvikkleire er involvert i bruddet.

I profil T2 er det skråningen mot sør som ut fra beregningene er mest kritisk stabilitetsmessig, og også her går kritisk udrenert glideflate ned i kvikkleirelaget. Merk at beregningsresultatene i stor grad avhenger av tolkninger basert på boringer utført oppe på plataået.

### 9.3 Bakovergripende (retrogressiv) bruddutvikling

Selv om de udrenerte glideflatene går ned i kvikkleire, er aktuell skredmekanisme vurdert å være «rotasjonsskred», fordi kvikkleira ligger dypt og et evt. skred antas å involvere forholdsvis lite kvikkleire (ref. NVEs kvikkleireveiledning 1/2019 (ref. /6/)).



Basert på foreliggende datagrunnlag, ligger kvikkleira under Tømmereggen dypt, og har dermed begrenset (liten) effekt på skredmekanismen og skråningsstabiliteten. Potensielle brudd forventes da å opptre som enkeltvise glideflater, uten retrogressiv bruddutvikling. De beregnede kritiske udrenerte glideflatene går likevel så langt innover platået at bebyggelsen er direkte truet dersom brudd i skråningen av denne typen skulle inntreffe, også uten retrogressiv bruddutvikling.

## 9.4 Grunne glidninger

I bratte skråninger som skråningene ved Tømmereggen, er sesongavhengige, naturlige prosesser nær overflaten viktige, og man kan typisk få grunne brudd som resultat av infiltrasjon ved nedbør og snøsmelting. Infiltrasjon av vann gir redusert skjærfasthet i øvre jordlag (umettet sone). Samtidig vil vegetasjon ha stabiliserende effekt (fuktopptak og forankring med røtter), mens belastning fra store trær også kan være destabiliserende. Grunne brudd av denne type er som regel lokale, og truer normalt ikke hele skråningens stabilitet. Samtidig som prosesser i overflaten kan gi grunne brudd, vil nedbør og snøsmelting over lengre tid også være koblet til poretrykksøkning i dybden, som har betydning for stabiliteten til større bruddflater.

# 10 Ny kvikkleirefaresone

## 10.1 Avgrensning av løsneområdet

Selv om det er påvist kvikkleire med omrørt udrenert skjærfasthet  $s_{ur} < 0,69$  kPa ved borhull LG08-13, ligger kvikkleirelaget lavt i skråningen, og dermed er størrelsen av løsneområdet begrenset: Skredmekanisme er vurdert til «rotasjonsskred» iht. NVEs kvikkleireveiledning 1/2019 (ref. /6/). Selv om det her er vurdert at aktuell bruddmekanisme er rotasjonsskred, vil løsneområdet likevel berøre hele løsmasse-ryggen. Løsneområdet er skissert på kart i Vedlegg D.

## 10.2 Avgrensning av utløpsområdet

Aktuell skredmekanisme ved Tømmereggen er vurdert å være rotasjonsskred som iht. NVE veileder 1/2019 (ref. /6/) setter maksimal størrelse av utløpsområdet til  $L_u = 0,5L$ , hvor  $L$  er løsneområdets lengde og  $L_u$  er lengden av utløpsområdet. Fordi kvikkleire/sprøbruddmateriale ligger lavt i skråningen, består mesteparten av skredmassene av lite sensitive materialer. Disse lite sensitive materialene vil sannsynligvis ligge igjen i skredgropa etter et evt. skred og demme seg opp i ravinene. Eventuelle kvikkleiremasser som blir mobilisert antas å bevege seg over noe lengre avstand (kan evt. skvises ut under fastere masser og strømme ned ravinene), men antas å ville stoppe opp i området nord for veifyllingen til E6. Antatt utløpsområdet vises på kart i Vedlegg D. Anslag for utløpsområder er alltid usikre, da hendelsesforløp (hvor starter et skred) vil ha stor betydning, og topografiske forhold og lagdeling (som delvis er ukjent) har innvirkning. Man kan derfor ikke se helt bort fra at større blokker av ikke-

sensitiv leire ved et skred kan transporteres nedover ravinen, oppå underliggende omrørte kvikkleiremasser. Dette vil i så fall ha betydning for videre utvikling av skredet.

### 10.3 Klassifisering av kvikkleirefaresone

Klassifisering av kvikkleirefaresonen, hhv. faregrad, konsekvens og risiko, er utført iht. NVE Ekstern rapport 9/2020 (ref. /15/). Vurderingene er vist i detalj i Vedlegg E. Resulterende klassifisering som følger:

- ↗ Faregradklasse: Lav
- ↗ Konsekvensklasse: Alvorlig
- ↗ Risikoklasse: 2

## 11 Mulige sikringstiltak

Nedenfor gis en innledende vurdering av mulige sikringstiltak som kan forbedre stabilitetsforholdene ved Tømmereggen. Hensikten ved slike tiltak vil være å forebygge utløsning av skred og/eller å forbedre skråningsstabiliteten.

For fysiske sikringstiltak, kan det skilles mellom to prinsipielt forskjellige sikringsstrategier:

1. Unngå (forhindre) forverring av skråningsstabiliteten.
2. Forbedring av skråningsstabiliteten.

Siden skråningene har liten, til dels ingen, beregningsmessig sikkerhetsmargin i dagens tilstand, har kommunen etterspurt beregninger for også å indikere mulig omfang av stabilitetsforbedrende tiltak (hvor beregnet sikkerhetsfaktor forbedres reelt).

### 11.1 Unngå forverring av skråningsstabiliteten

Mulige tiltak for å unngå, eller forhindre, forverring av skråningsstabiliteten:

- ↗ erosjonssikre bekken,
- ↗ unngå belastning på toppen av skråningene (dvs. ikke legge ut masser mot skråningskanter),
- ↗ unngå graving i ravinene og skråningsfot (derunder grøftegraving i forbindelse med rørlegging o.l.).

Under befaringen ble det observert erosjon langs bekken. Erosjon i skråningsfoten vil over tid forverre stabiliteten av skråningen, og kan forårsake utløsning av skred. Det er vanskelig å vite hastighet og omfanget av pågående erosjon. Kartlegging/overvåkning av erosjon/endringer i terrenget i ravinebunn for eksempel med Lidar kan gi bedre grunnlag for vurdering av erosjon, hvis ikke erosjonssikring utføres.

Erosjonssikring vil ikke gi forbedring av skråningsstabiliteten som slår vesentlig ut beregningsmessig, men vil, dersom utført riktig, forhindre at stabilitetsforholdene

gradvis blir verre. Erosjonssikring er det vanligste tiltaket i områder med eksisterende bebyggelse for å hindre naturlig utløsning av kvikkleireskred.

For eldre bebyggelse er det ikke eksplisitte krav til sikkerhet mot naturfarer, derunder krav til sikkerhet mot kvikkleireskred og skråningsstabilitet (se avsnitt 2). Hvis man tar utgangspunkt i NVE kvikkleireveileder 1/2019 (ref. /6/) med tiltakskategori *K3* og *lav faregrad*, er kravet til sikkerhetsfaktor «ikke forverring», dvs. at dagens stabilitetsforhold ikke må forringes. Forverrende faktorer vil her representeres ved gradvis erosjon langs bekker, som over tid vil gi økt skråningshøyde og brattere skråning. For å oppnå kravet om «ikke forverring» anbefaler NGI etablering av **erosjonssikring (steinplastring) i ravinen** nord for Tømmereggen. Erosjonssikring kan også etableres i ravinen sør for Tømmereggen, men behovet vurderes ikke å være like kritisk.

Tilleggsbelastninger på toppen av skråninger der stabilitetsforholdene allerede er beregningsmessig dårlige, frarådes sterkt. Graving langs skråningsfot, eller i ravinebunn, forverrer stabilitetsforholdene og vil kunne fremprovosere utglidninger. Lokale glidninger i nedre del av skråningen, kan i neste omgang være utløsende for større brudd i skråningen. Der kvikkleira ligger grunt, vil man også kunne forårsake omrøring av sensitive leirmasser.

For skråninger med pågående erosjon i et område med antatt grunt beliggende kvikkleire, vil det være hensiktsmessig med erosjonssikring av bekken som «konserverende tiltak», dvs. tiltak for å unngå forverring av stabilitetsforholdene.

## 11.2 Forbedring av skråningsstabiliteten ved topografiske endringer

Konvensjonelle tiltak for å forbedre stabilitetsforholdene, vil typiske innebære å endre topografien på terrenget, enten ved avlastning på toppen, eller oppfylling i bunn av skråningen. Størrelse/omfang av tiltakene vil være avhengig av ønsket forbedring av skråningsstabiliteten. Det er ikke eksplisitte lovpålagte krav til skråningssikkerhet for eldre eksisterende bebyggelse, og sikringsmål for en evt. stabilitetsforbedring må derfor fastsettes av kommunen.

Et teknisk sett enkelt tiltak ville være å forbedre stabilitetsforholdene ved en mindre oppfylling, inkludert erosjonssikring (som også forhindrer forverring av stabilitetsforholdene), i bunn av ravineskråningene. Stabilitetsforbedring ved avlastning på toppen av skråningen vil også være et effektivt tiltak (men forhindrer ikke erosjon langs skråningsfot). Skisse med plassering av mulige sikringstiltak vises i Figur 7-3. Avlastning og motfylling kan utføres hver for seg, eller i kombinasjon for størst mulig økning i sikkerhetsfaktor.

Det er utført stabilitetsberegninger for å sjekke effekt av avlastning på plataet. Senkning av terrenget med ca. 1 m på plataet med bolighusene og gårdsbygninger vil hovedsakelig forbedre den udrenerte tilstanden, jfr. beregningsresultater oppsummert i Tabell 7-3.

Beregningene med avlastning på toppen av skråningen er vist i Vedlegg C5. Større avlastning vil gi større forbedring av skråningsstabiliteten, men må tilpasses eksisterende bebyggelse.

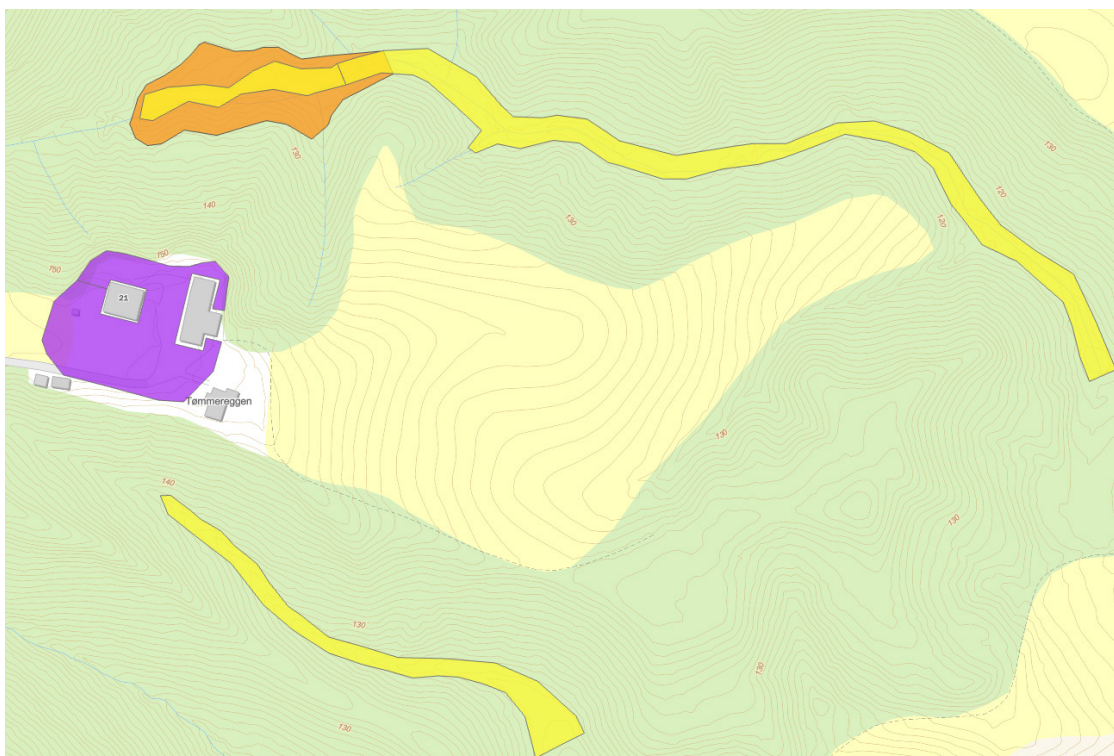
Tabell 7-1. Beregningsprofil T1. Sikkerhetsfaktor for kritiske glideflater før og etter 1 m avlastning oppe på platået.

Beskrivelse av beregning	Sikkerhetsfaktor				% forbedring	
	Dagens situasjon		Med avlastning (vedlegg C5)		Udrenert	Drenert
	Udrenert	Drenert	Udrenert	Drenert		
Skråning mot nord*	1.22	0.97	1.25	0.99	2.5 %	2.1 %
Skråning mot sør*	1.75	1.19	1.89	1.19	8.0 %	0 %
Merknader: * Kritisk glideflate for hver tilstand						

For å oppnå tilsvarende forbedring (som for 1 m avlastning) av udrenert stabilitet ved utlegging av motfylling i ravinebunnen, må motfyllingen være betydelig, se Vedlegg C6. Resultater fra stabilitetsanalyser for dette tiltaket er oppsummert i Tabell 7-4. Det er skissert en oppfylling av bekken kombinert med fylling et stykke oppover skråningen mot bebyggelsen (1,5 m tykk motfylling, total bredde av motfyllingen på tvers av ravinen er ca. 30 m). En større motfylling vil forbedre beregningsmessig sikkerhet ytterligere. Heving av bekken vil kreve nærmere vurdering av bl.a. strømningsforhold oppstrøms/nedstrøms.

Tabell 7-2. Beregningsprofil T1. Sikkerhetsfaktor for kritiske glideflater før og etter oppfylling i ravinen.

Beskrivelse av beregning	Sikkerhetsfaktor				% forbedring	
	Dagens situasjon		Med motfylling (vedlegg C6)		Udrenert	Drenert
	Udrenert	Drenert	Udrenert	Drenert		
Skråning mot nord *	1.22	0.97	1.25	0.97	2.5 %	0 %
Skråning mot nord-stor sirkel †	-	1.02	-	1,18	-	15.7 %
Merknader: * Kritisk glideflate for hver tilstand † Samme glideflate vurdert før og etter tiltak						



Figur 7-1. Skisse av mulige sikringstiltak-topografiske endringer. Lilla: avlastning av plataet ved bolighusene, oransje: motfylling i ravinebunn, gul: erosjonssikring av bekk. Eventuelle tiltak må detaljprosjekteres.

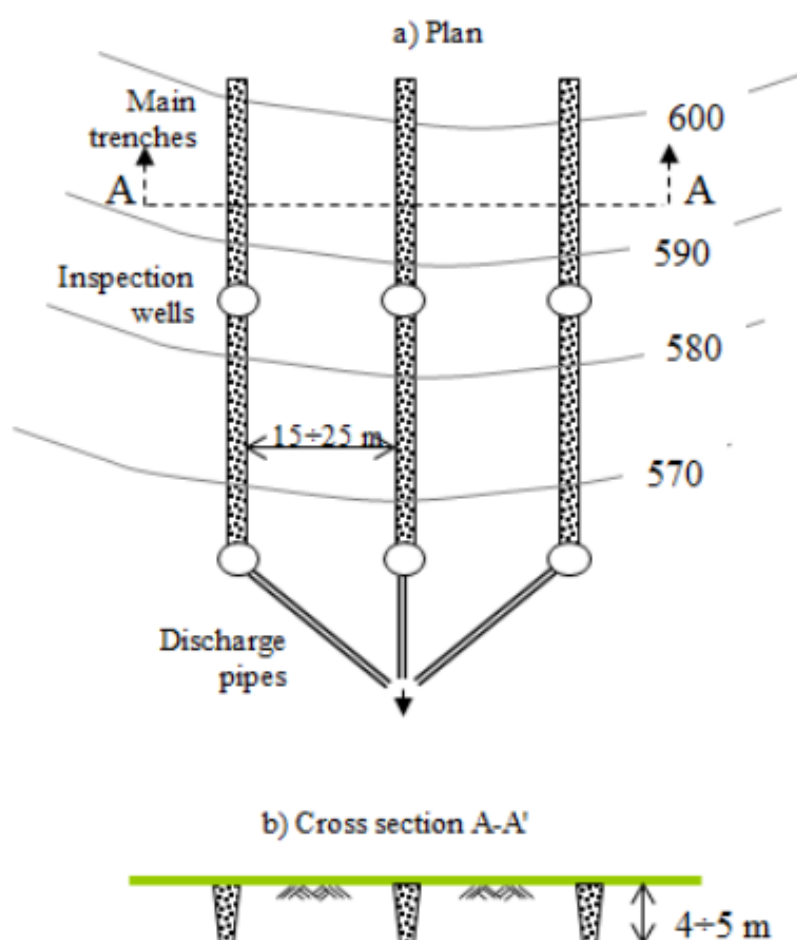
En alternativ måte å avlaste skråningen på, vil være å slake ut den bratte, øvre delen av skråningen, som diskutert nedenfor i forbindelse med grunne glidninger. Et slikt tiltak vil gi redusert fare for lokale utglidninger langs skråningskanten som følge av nedbør mv., selv om fjerning av vegetasjon vil fjerne den stabiliserende effekten av røtter og fuktopptak fra planter i en midlertidig fase. Tiltaket vil imidlertid også bidra til forbedret stabilitet for dypere glideflater (effekt avhengig av omfanget). Utslaking av skråningen kan kombineres med avlastning på plataet. En nærmere vurdering kan gjøres under detaljutforming/-prosjektering av tiltak, dersom stabiliserende tiltak blir aktuelt.

### 11.3 Forbedring av skråningsstabiliteten ved kontroll av grunnvannstand

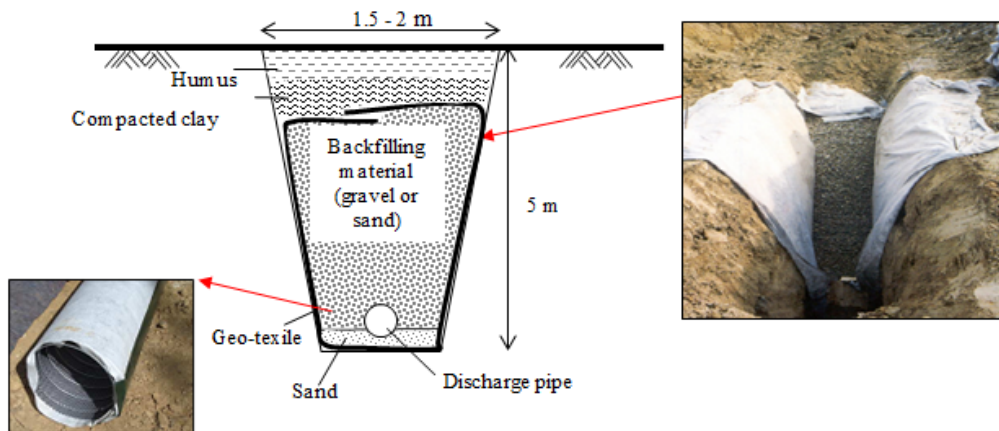
Beregningene for dagens situasjon indikerer at drenert stabilitet er mest kritisk. Dybden til grunnvannsnivået og poretrykkfordelingen i dybden er viktige faktorer for denne type bruddmekanisme. Etablering av dreneringsgrøfter i skråningen, vil kunne kontrollere grunnvannsnivået og forhindre grunne overflateskred. Slike skred utløses typisk av infiltrasjon fra nedbør og snøsmelting (merk: overflatedrenering antas ikke å ha noen stor effekt på udrenert sikkerhetsfaktor, da poretrykket i større dybder ikke antas å ville påvirkes).

Skråningene er høye og bratte, og det vil være et omfattende tiltak å drenere skråningene nord og sør for boligene på platået. Etablering av drensledninger vil kreve fjerning av en del eksisterende vegetasjon i ravinen, og graving av grøfter i til dels bratte skråninger. Erosjonssikring av bekken bør utføres samtidig, særlig der vann fra drensledninger slippes ut i bekken. Noen skisser av dreneringsløsninger er gitt i Figur 7-4 og Figur 7-5.

Tiltaket må detaljprosjekteres dersom det blir aktuelt.



Figur 7-2 Eksempel på grunne dreneringsgrøfter: a) plan, b) snitt A-A'. På Tømmereggen, er det vurdert å bruke 2 m dype grøfter for å oppnå ønsket forbedring av stabilitetsforholdene.



Figur 7-3 Skisse av en grunn dreneringsgrøft med perforert drensledning. På Tømmereggen er det vurdert å bruke 2 m dype grøfter for å oppnå ønsket forbedring av stabilitetsforholdene.

For profil T1, ved bolighuset på Tømmereggen, er det utført stabilitetsberegninger for sikringstiltak i form av senkning av grunnvannstanden i skråningene. Det er i tillegg antatt utslaking av skråningskanten mot nord og foreslått erosjonssikring av bekken i ravinene nord for Tømmereggen. Resultatene er presentert i Vedlegg C7-C8. «Krav» til sikkerhetsfaktor og beregningsresultater med og uten tiltak er oppsummert i Tabell 7-5. Plassering av tiltaket er skissert i Figur 7-7. Stabiliserende tiltak er dimensjonert slik at *drenerte* sikkerhetsfaktorer økes prosentvis i henhold til kravet om «forbedring» i NVE kvikkleireveileder 1/2019 (ref. /6/). Økning i udrenert sikkerhetsfaktor er ikke dimensjonerende, da dagens sikkerhetsfaktor for udrenert tilstand i profil T1 er høyere en «robusthetskravet» for områder uten byggetiltak. .

Beregningene indikerer at senkning av grunnvannstanden er et effektivt tiltak mot drenerte brudd. I tillegg er skråningskanten i nord avlastet/flatet ut noe for å fjerne den bratteste delen ved skråningstoppen. Erosjonssikring i bunnen av ravinene vil forhindre erosjon og forverring av situasjonen, og anbefales utført samtidig som skråningsdreneringen. Senkning av grunnvannstand til 2 m dybde er ut fra beregningene tilstrekkelig til å øke drenert stabilitet iht. NVEs krav til «forbedring».

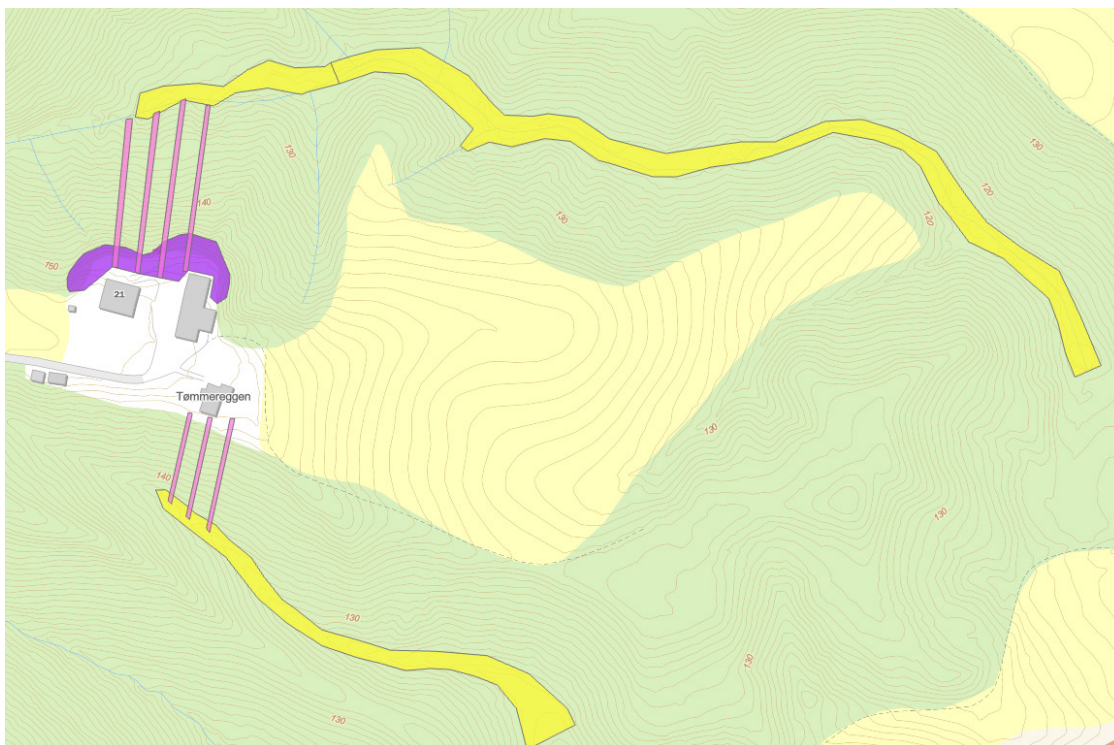
Drenering av skråningen nord for Tømmereggen prioriteres over drenering av skråningen mot sør av følgende årsaker:

- Skråningen mot nord har lavere beregnet sikkerhetsfaktor.
- Det renner vann i bekken nord for Tømmereggen hele året, men kun under snøsmelting i ravinene sør for Tømmereggen (ifølge grunneierne).
- I ravinene sør for Tømmereggen ligger kvikkleire godt under skråningståen (basert på tilgjengelige grunnundersøkelser), dvs. det eroderes ikke i kvikkleire. (merk: pågående erosjon er ikke vurdert i ravinene rett sør for bolighusene da ravinebunn var dekket av snø under befaring i april 2024. Det ble imidlertid registrert en flombekk under snødekket, og vannet i bekken lenger nedstrøms var grått).

Tabell 7-3. Beregningsprofil T1, tiltak: senkning av grunnvannstand. Dagens stabilitetsforhold, krav for å oppnå «forbedring» av sikkerhetsfaktor iht. NVE veileder 1/2019 og resulterende sikkerhet med tiltak.

Beskrivelse av beregning	Sikkerhetsfaktor					
	Dagens situasjon		Krav «forbedring» iht. NVE-veiledn.		Med tiltak (vedlegg C7/C8)	
	Udrenert	Drenert	Udrenert	Drenert	Udrenert	Drenert
Skråning mot nord-kritisk før tiltak	1.22*	0.97	$\geq 1.20$	1.07	1.23*	1.08
Skråning mot nord-stor sirkel	-	1.02	-	1.11	-	1.11
Skråning mot nord-kritisk sirkel etter tiltak					1.23*	1.07
Skråning mot sør-kritisk før tiltak	1.75*	1.19	$\geq 1.20$	1.25	1.76*	1.36*
Skråning mot sør-kritisk etter tiltak	-	-	-	-	1.76	1.29*
Merknader: * Krav om absolutt sikkerhet er oppfylt, dvs. $F_{c\phi} \geq 1.25$ (drenert) eller $F_{cu} \geq 1.20$ (udrenert)						





Figur 7-4. Skisse av mulige sikringstiltak-senking av grunnvannstand og erosjonssikring. Lilla: utslaking av skråningskanten, gul: erosjonssikring av bekk, rosa: drenggrøfter i skråningen. Eventuelle tiltak må detaljprosjekteres, og konfigurasjon av grøfter er kun ment for illustrasjon.

## 11.4 Forbedring av datagrunnlaget

Før detaljprosjektering og utførelse av stabiliserende tiltak, bør det utføres supplerende grunnundersøkelser, dvs. sonderinger og prøvetaking/laboratorieundersøkelser, denne gangen i ravinebunn, samt installasjon av poretrykksmålere.

Grunnundersøkelser på toppen av skråningen er uproblematisk, men utførelse av grunnundersøkelser i ravinene er krevende på flere måter. Bratte skråninger fører til at boreriggen enten må vinsjes ned. Mye vegetasjon og veltete trær vil også hindre adkomst, og må sannsynligvis sages/flyttes til side (noe som er tidskrevende). Under befaringen var markdekket veldig bløt og leirig: topplaget kan også bli skadet selv om boreriggen kjører på belter.

### 11.4.1 Ravinebunn/skråningsfot

Nye grunnundersøkelser anbefales for å undersøke lagdeling og styrkeegenskaper i ravinene / ved skråningsfoten.

Ideelt sett burde det utføres totalsonderinger, CPTu-sonderinger, installering av poretrykksmålere og prøvetaking i ravinene nord og sør for Tømmereggen. Adkomst til disse ravinene er imidlertid vanskelig og tidkrevende, og muligens i konflikt med ravinens klassifisering som A-ravine. Behov for ytterligere data kan evt. vurderes i detaljprosjekteringsfasen.

Boringer i ravinebunn nord for Fjellboveien 21 med håndholdt utstyr er også et alternativ, som krever mindre ressurser, men likevel kan gi en del viktig data. Boringer ved bekken kan ha følgende formål:

- Bestemme minimum løsmassemektighet (sikker bergkontroll kan ikke utføres).
- Bekrefte forekomst av og dybde til evt. kvikkleire ved å ta opp prøver (omrørt skjærstyrke kan måles i laboratoriet, selv om prøvene vil være forstyrret dersom håndholdt utstyr brukes til prøvetakingen).

Hvis det ikke blir påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale i bunn av ravinen, evt. at kvikkleire ligger så dypt at denne ikke utgjør noen fare, kan behovet for opprettelse av en kvikkleirefaresone på Tømmereggen revurderes.

Det bemerkes at nye data i ravinebunn ikke nødvendigvis vil føre til at beregnet sikkerhetsfaktor for skråningen øker. Det må antas at stabiliteten fra Tømmereggen og ned i ravinen (særlig mot nord) fortsatt vil vurderes relativt dårlig, også om det ikke påvises i kvikkleire i ravinen. Det kan gå skred også i ikke-kvikke masser, og bygningsmassen på toppen av skråningen ligger innenfor kritisk udrenert glideflate, basert på utførte stabilitetsanalyser.

## 11.4.2 Poretrykksmålinger

I leirskråninger er det vanligvis langsomme og relativt begrensede poretrykksendringer gjennom året, men forholdene styres av en rekke faktorer som det er vanskelig å gjøre gode antakelser for. Innmatning av vann i grunnen gjennom underliggende berg kan ha stor betydning for poretrykkfordelingen, og det samme gjelder lagdeling, korngradering og andre forhold. Uten målinger in situ (i grunnen), vil det knyttes usikkerhet til poretrykkforholdene. Installasjon av nye piezometere vil gi bedre oversikt over grunnvannsregimet i Tømmereggen, og muligens gjøre det mulig å bruke mindre konservative poretrykksantagelser, noe som igjen kan resultere i høyere sikkerhetsfaktorer.

Det er stor usikkerhet om dagens vannstand og poretrykksregime ved Tømmereggen, da det ikke er installert poretrykksmålere ved Tømmereggen. Det anbefales nærmere kartlegging av poretrykksregimet før stabiliserende tiltak utføres, da særlig i skråningen og nede ved ravinen.

## 11.5 Andre sikringstiltak

Det finnes andre typer sikringstiltak som kan benyttes for sikring av skråninger, også i kvikkleire. Slike tiltak omfatter veletablerte metoder som grunnforsterkning med KS-peler og vertikaldrenering med forbelastning, i tillegg til installasjon av saltkolonner (p.t.

på forsøksstadiet) osv.. Slike metoder er ikke vurdert nærmere for Tømmereggen, fordi disse vil være svært kostbare, kompliserte å utføre for de rådende forhold, og generelt mindre skånsomme for ravinen enn tiltakene diskutert foran (topografiske endringer, erosjonssikring og skråningsdrenering).

## 12 Sammendrag og konklusjoner

Basert på data fra nye geotekniske og geofysiske grunnundersøkelser (grunnboringer og ERT-målinger) er skråningsstabilitet og skredfare vurdert for bebyggelsen på Tømmereggen.

### Kvikkleiresone

Basert på grunnundersøkelsene, foreslås det å opprette en ny kvikkleiresone på Tømmereggen. Denne sonen er klassifisert til å ligge i faregradklasse *Lav*, konsekvensklasse *Alvorlig* og risikoklasse 2. Det er påvist kvikkleire i opptatte prøver. Basert på boringer på toppen av skråningene, er overkant av kvikkleirelaget antatt å ligge ca. på nivå med bekken i bunnen av ravinen nord for Tømmereggen.

Fordi kvikkleira ligger dypt, er aktuell skredmekanisme vurdert å være rotasjonsskred, dvs. at bruddmekanismen i liten grad antas å ville påvirkes av kvikkleira.

### Skråningsstabilitet

For dagens situasjon er stabiliteten av drenerte glideflater i skråningene ved bolighusene vurdert som beregningsmessig marginal (sikkerhetsfaktor rundt 1.0). De udrenerte sikkerhetsfaktorene i skråningene nedenfor bolighusene er noe høyere, og tilfredsstillende krav for områder der det ikke er planlagt utbygging. Merk at udrenerte sikkerhetsfaktorer ligger under krav til ny bebyggelse generelt. Det er i tillegg observert overflateglidninger på befaringen, og pågående erosjon i bekken i ravinen nord for Tømmereggen.

Hvis erosjonen i ravinen får fortsette, vil skråningsstabiliteten gradvis forverres, og kan til slutt utløse et skred som vil kunne ha en bruddflate som omfatter skråningen fra ravinen og opp til plataet med bebyggelsen. Merk at stabilitet av skråningene beregningsmessig er dårlig også uten grunt beliggende kvikkleire i ravinen.

### Sikringsiltak

Det er vurdert flere alternativer for sikring av Tømmereggen. Alternativene har forskjellige omfang, lokasjon og effekt på sikkerhetsfaktorer (drenerte og udrenerte). Tiltakene kan også kombineres, og skaleres i størrelsene avhengig av ønsket totaleffekt (økning i sikkerhetsfaktor).

1. Erosjonssikring av bekker.

For å forhindre gradvis forverring av skråningsstabiliteten, anbefales etablering av erosjonssikring for bekken i ravinen nord for Tømmereggen. Også i ravinen sør for

Tømmereggen bør erosjonssikring vurderes, hvis det installeres drengrofter i skråningene ovenfor.

## 2. Utslaking av skråningkanten.

Lokale bratte partier langs skråningskantene (der det tidligere kan være fylt ut masser) kan flates ut slik at maks. helning er f.eks. 1V:3H. Dette vil redusere faren for lokale utglidninger på skråningskantene.

## 3. Avlastning av plataået

Fjerning av jord fra et større område på plataået med bolighusene vil forbedre den udrenerte sikkerheten. Dette er et relativt omfattende tiltak, og må tilpasses eksisterende boliger/bygninger. Tiltaket har liten påvirkning på de vernede ravinene.

## 4. Motfylling i ravinen.

Motfylling i ravinen nord for Tømmereggen vil øke både udrenerte og drenerte sikkerhetsfaktorer, men er et stort inngrep i en vernet ravine.

## 5. Drenering av skråningene nedenfor bolighusene.

Drenering av skråningene med lukkede drengrofter vil kontrollere grunnvannstanden og gi bedre sikkerhet mot grunne glidninger og drenerte brudd i skråningene. Drenering av skråninger vil medføre store inngrep i de vernet ravinene.

Tiltak som erosjonssikring, motfylling og drenering i ravinene nord og sør for Tømmereggen vil i utgangspunktet forhindres av at ravinene er vernede. Muligheter for å utføre tiltak i ravinene må derfor undersøkes og avklares nærmere.

### **Supplerende data**

Nye grunnundersøkelser nede i ravinene, og poretrykksmålinger generelt, vil forbedre beregningsgrunnlaget for stabilitetsanalyser og vurderinger for øvrig. Det er usikkerhet knyttet til lagdeling og jordparameterne nede i ravinene, og generelt for poretryksregimet på Tømmereggen. Supplerende grunnundersøkelser bør utføres før detaljprosjektering av eventuelle tiltak.

### **Uavhengig kvalitetskontroll**

Dette notatet gir en vurdering av områdestabilitet, iht. prosedyre i NVE-veileder 1/2019. Det er foreløpig ikke utført uavhengig kvalitetssikring av dette notatet, men Lillestrøm kommune har planlagt at dette skal bli utført senere i 2024.

## 13 Referanser

- /1/ Løvlien Georåd (2008) Coop Norge, Sørum. Grunnundersøkelse. Geoteknisk rapport 08-214 nr. 1, datert 22/12/2008.
- /2/ Løvlien Georåd (2015) Frogner Næringspark. Stabilitet profil H-H. Notat RIG07. Datert 11.12.2015.
- /3/ Løvlien Georåd (2015) Frogner Næringspark. Geoteknisk rådgivningsrapport. 13241 rapport nr.1 rev01. Datert 03.06.2015
- /4/ Løvlien Georåd (2022) Frogner Næringspark. 13241 Notat RIG13, rev01, Vollen. Datert 13/06/2022.
- /5/ BioFokus (2016) *Ravinekartlegging i Sørum kommune 2014-2015*. Dokumentnr. 2016-1, datert 15.02.2016.
- /6/ NVE (2020) Veileder 1/2019 *Sikkerhet mot kvikkleireskred: vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper*.
- /7/ NGI (2023) *Geoteknisk datarapport, Tømmereggen, Frogner*. Doknr. 20230480-02-R, datert 19.12.2023.
- /8/ NGI (2024) *Datarapport ERT, Tømmereggen, Frogner*. Doknr. 20230480-03-R, datert 05.06.2024.
- /9/ Long *et al.* (2017) *Glacio-marine clay resistivity as a proxy for remoulded shear strength: correlations and limitations*. Quarterly J Eng Geol Hydrogeol, 51, p. 63–78.
- /10/ Karlsrud K. (2005). CPTU correlations for clays. International conference on soil mechanics and geotechnical engineering, 16. Osaka 2005. Proceedings, Vol. 2, pp. 693-702.
- /11/ Paniagua P. (2019). *CPTU correlations for Norwegian clays: an update*. AIMS Geosciences, 5(2): 82-103.
- /12/ Ladd, C. C., & Foott, R. (1974). *New design procedure for stability of soft clays*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 100(Proc Paper 10064).
- /13/ NVE, Jernbaneverket og Statens vegvesen . (2014). *NIFS 14/2014 En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktoreri prosjektering i norske leirer*.
- /14/ Lunne *et al.* (1997). *Sample disturbance effects in soft low plastic Norwegian clay*. Recent Developments in Soil and Pavement Mechanics. Balkema, Rotterdam. S. 81-102.
- /15/ NVE (2020) Ekstern rapport 9/2020: *Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred – Metodebeskrivelse*.

# Tegninger

<b>Tegning nr. 020</b>	<b>Plantegning, plassering profiler og borpunkt</b>
<b>Tegning nr. 021</b>	<b>Lagdeling Profil T1</b>
<b>Tegning nr. 022</b>	<b>Lagdeling Profil T1</b>
<b>Tegning nr. 023</b>	<b>Lagdeling Profil T3</b>
<b>Tegning nr. 024</b>	<b>Lagdeling Profil T4</b>

615800

616000

616200

616400

616600

6656600

6656600

6656400

6656400

6656200

6656200

615800

616000

616200

616400

616600


### FORKLARINGER:

- |                   |                       |                |                    |
|-------------------|-----------------------|----------------|--------------------|
| ● Dreiesondering  | ⚠ Fjellkontrollboring | ⊙ Prøveserie   | ⊖ Poretrykksmåling |
| ○ Enkel sondering | ⚠ Dreietrykksondering | □ Prøvegrop    | ⚠ Fjell i dagen    |
| ▽ Trykksondering  | ⊕ Totalsondering      | + Vingebooring |                    |

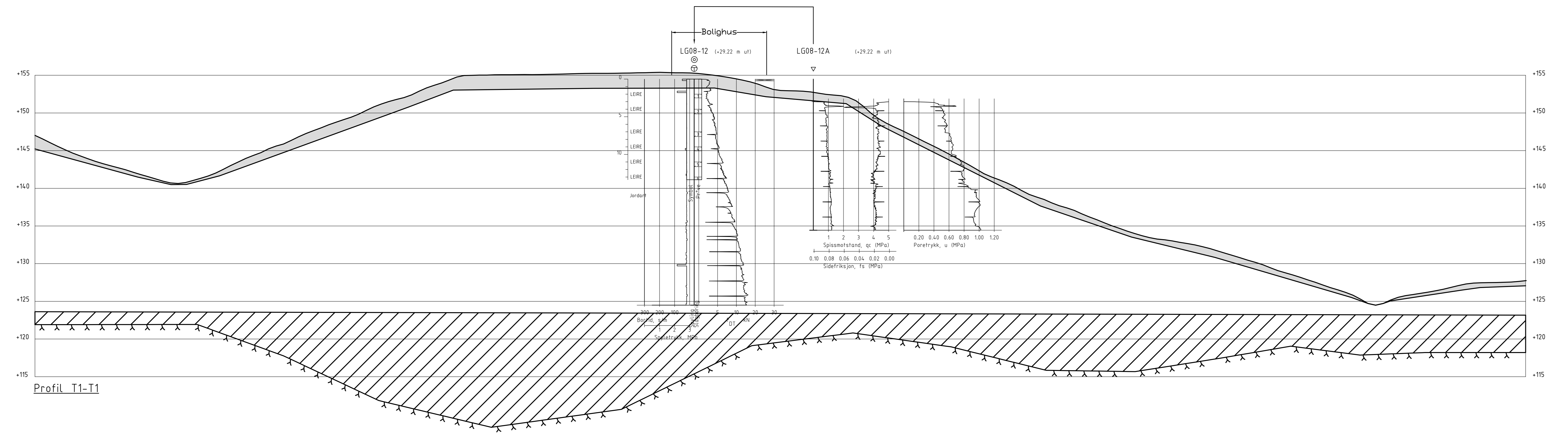
Borhull nr.  $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antatt fjellkote}}$  Boret dybde + (boret i fjell)

### HENVISNINGER:

- Datarapporter:
- Løvlien Georåd (2008) Coop Norge, Sørum. Grunnundersøkelse. Geoteknisk rapport 08-214 nr. 1, datert 22/12/2008.
  - Løvlien Georåd (2015) Frogner Næringspark. Stabilitet profil H-H. Notat RIG07. Datert 11.12.2015.
  - NGI (2023) Geoteknisk Datarapport, Tømmereggen, Frogner. Doknr. 20230480-02-R, datert 19-12-2023

-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
<b>Lillestrøm kommune</b>		Status			
		Original format A3			
Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner) Plantegning, plassering profiler og borpunkt		Tegningens filsti			
		<small>G:\georarkiv\20230480\AUTOGRAF_RIT\1.2 - Plantegninger\Borplan\20230480-02-R_1*mmereggen.dwg</small>			
<b>NGI</b> Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Målestokk			
		1:2500			
Dato 08.02.2024		Konstr./Tegnet HSk/LaH	Kontrollert HHe	Godkjent LaH	
Oppdragsnr. 20230480		Tegningsnr. 020		Rev. 00	

Koordinatsystem: UTM32  
Høydemodell: NN2000



Profil T1-T1

**FORKLARINGER:**

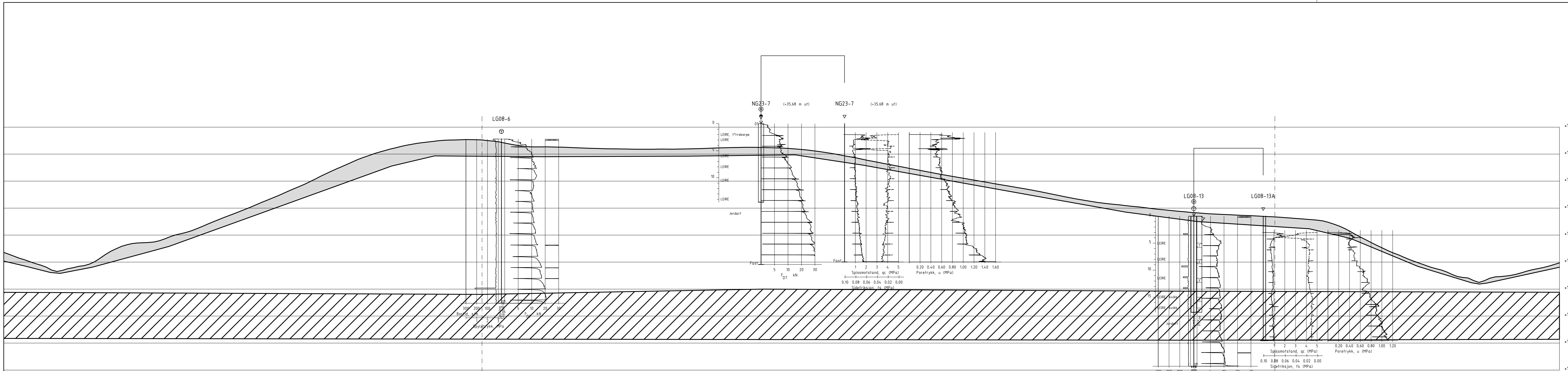
- Tørrskorpe
- Leire
- Kvikkleire

**HENVISNINGER:**

- Tegning 020 - Planfegning, plassering profiler og borpunkt
- Teknisk notat 20230480-02-TN: Utredning av skredfare for Tømmereggen (Frogner)

01	Endret bergoverflate etter ERT	03.06.2024	LaH	HHe	LaH
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
		Status			
		Original format			
		A30			
		Tegningens filnavn			
		Profil T1 med ERT.dwg			
Lillestrøm kommune		Målestokk			
Utredning av skredfare for		1:250			
Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner)					
Lagdeling Profil T1					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		03.06.2024	LaH	HHe	LaH
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20230480	021		01



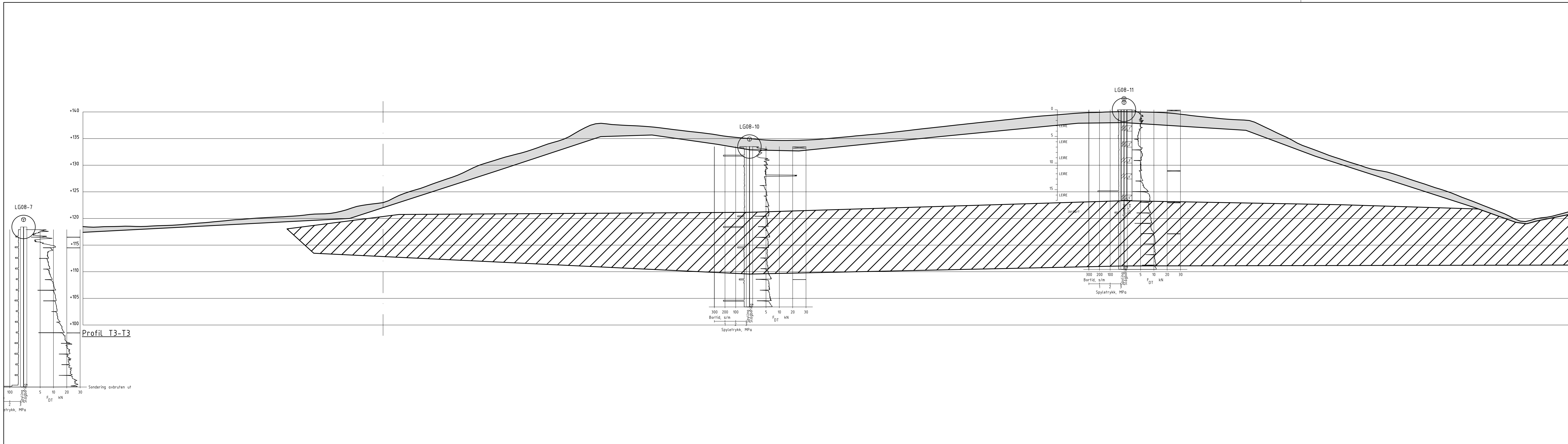


Profil T2-T2

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-

- FORKLARINGER:**
- Tørrskorpe
  - Leire
  - Kvikkleire
- HENVISNINGER:**
- Tegning 020 - Plantegning, plassering profiler og borpunkt
  - Teknisk notat 20230480-02-TN: Utfredning av skredfare for Tømmereggen (Frogner)

Lillestrøm kommune		Status	
Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner) Lagdeling Profil T2		Original format A30	
Tegningens filnavn Profil T2.ny.dwg		Målestokk 1:300	
NGI Sognsveien 72 · PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 08.02.2024	Konstr./Tegnet LaH
Oppdragsnr. 20230480		Kontr./Tegnet LaH	Godkjent LaH
Tegningsnr. 022		Rev.	00



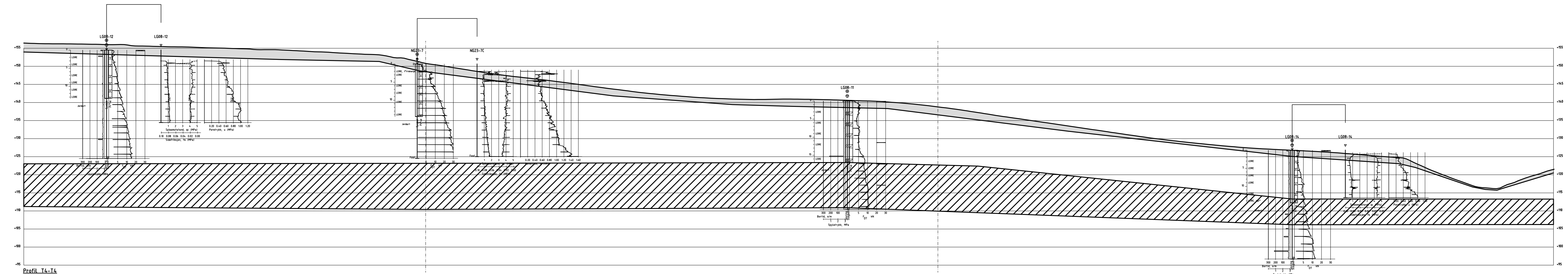
**FORKLARINGER:**

- Tørreskorpe
- Leire
- Kvikkleire

**HENVISNINGER:**

- Tegning 020 - Plantegning, plassering profiler og borpunkt
- Teknisk notat 20230480-02-TN: Utredning av skredfare for Tømmereggen (Frogner)

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.
-	-	-	-	-
Lillestrøm kommune		Status		
Utredning av skredfare for		Original format		
Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner)		A30		
Lagdeling Profil T3		Tegningens filnavn		
		Profil T3.dwg		
		Målestokk		
		1:300		
NGI		NGI		
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert
		08.02.2024	LaH	HHe
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
		20230480	023	00



Profil T4-T4

**FORKLARINGER:**

- Tørrskorpe
- Leire
- Kvikkleire

**HENVISNINGER:**

- Tegning 020 - Planfegning, plassering profiler og borpunkt
- Teknisk notat 20230480-02-TN: Utfredning av skredfare for Tømmereggen (Frogner)

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.
-	-	-	-	-
		Status		
		Original format		
		A30		
		Tegningens filnavn		
		Profil T4_ny.dwg		
		Målestokk		
		1:500		
<b>Lillestrøm kommune</b> Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner) Lagdeling Profil T4				
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 08.02.2024	Konstr./Tegner LaH	Kontrollert HHe
Oppdragsnr. 20230480		Tegningsnr. 024	Godkjent LaH	
				Rev. 00

# Vedlegg A

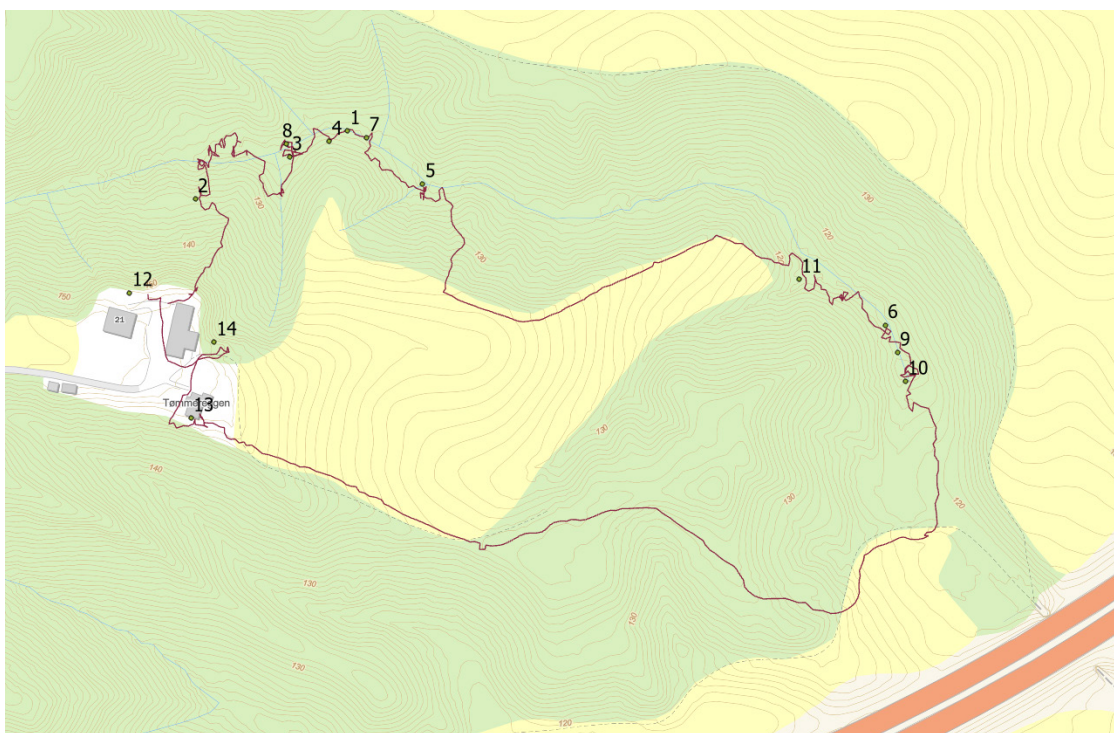
## OPPSUMMERING AV FELTBEFARINGEN

### Innhold

A1 Innledning	2
A2 Bilder og beskrivelser fra befaring	3

## A1 Innledning

Befaring av Tømmereggen ble utført 28. september 2023 for å kartlegge bl.a. grunnforholdet, tidligere skredaktivitet og pågående erosjon. Område som ble befart er vist i Figur 1. Utvalgte bilder er også presentert (Bilde 1 - Bilde 14). Generelt sett var ravine-terrenget vanskelig å gå i: bratt, bløtt overfalte, mange nedfalte trær. Bekken i ravinen nord for Tømmereggen var misfarget grått, og det var tegn på *noe erosjon* langs hele den befarte strekningen.



Figur 1. Kart som viser spring av befaring og lokasjon av utvalgte bilder.

## A2 Bilder og beskrivelser fra befaring



*Bilde 1. Typisk tilstand ved bekken. Erosjon i leire, vannet er misfarget grått.*



*Bilde 2. Veltete trær, eksponert leire. Nedre del av skrånningen.*



*Bilde 3. Litt erosjon i leire. Tegn på mye variasjon i vannstand i bekken*



*Bilde 4. Sig i bakken flere steder (bøyning i trær)*



Bilde 5. Mye rot i bekken-bekken er delvis oppdammet. Vannet eroderer og finner nye veier rundt



Bilde 6. Utglidning på begge sider av bekken (<10m)



Bilde 7. Eldre (og større) skredgropa



Bilde 8. Erosjon/nedgraving av bekken i leire



Bilde 9. Innløpet til kulverten er delvis plastret



Bilde 10. Bekkelukkingen er delvis blokkert av sedimenter og vegetasjon. Meldt inn til SVV.



*Bilde 11. (Side)Bekken graver seg ned i leire*



*Bilde 12. Huseieren melder at skråningskanten er noen meter nærmere huset (Fjellboveien 21) enn for noen tiår siden*



*Bilde 13. Eldre sprekker i grunnmuren (Fjellboveien 19)*



*Bilde 14. Fylling ved skråningskanten (bør unngås)*



# Vedlegg B

TOLKEDE AKTIVE UDRENERTE  
SKJÆRFATHETSPROFILER FRA CPTU-  
SONDERINGER

## Innhold

B1 Profiler for aktiv udrenert skjærfasthet	2
B2 Referanser	2

### Figur

Figur B1 – B28

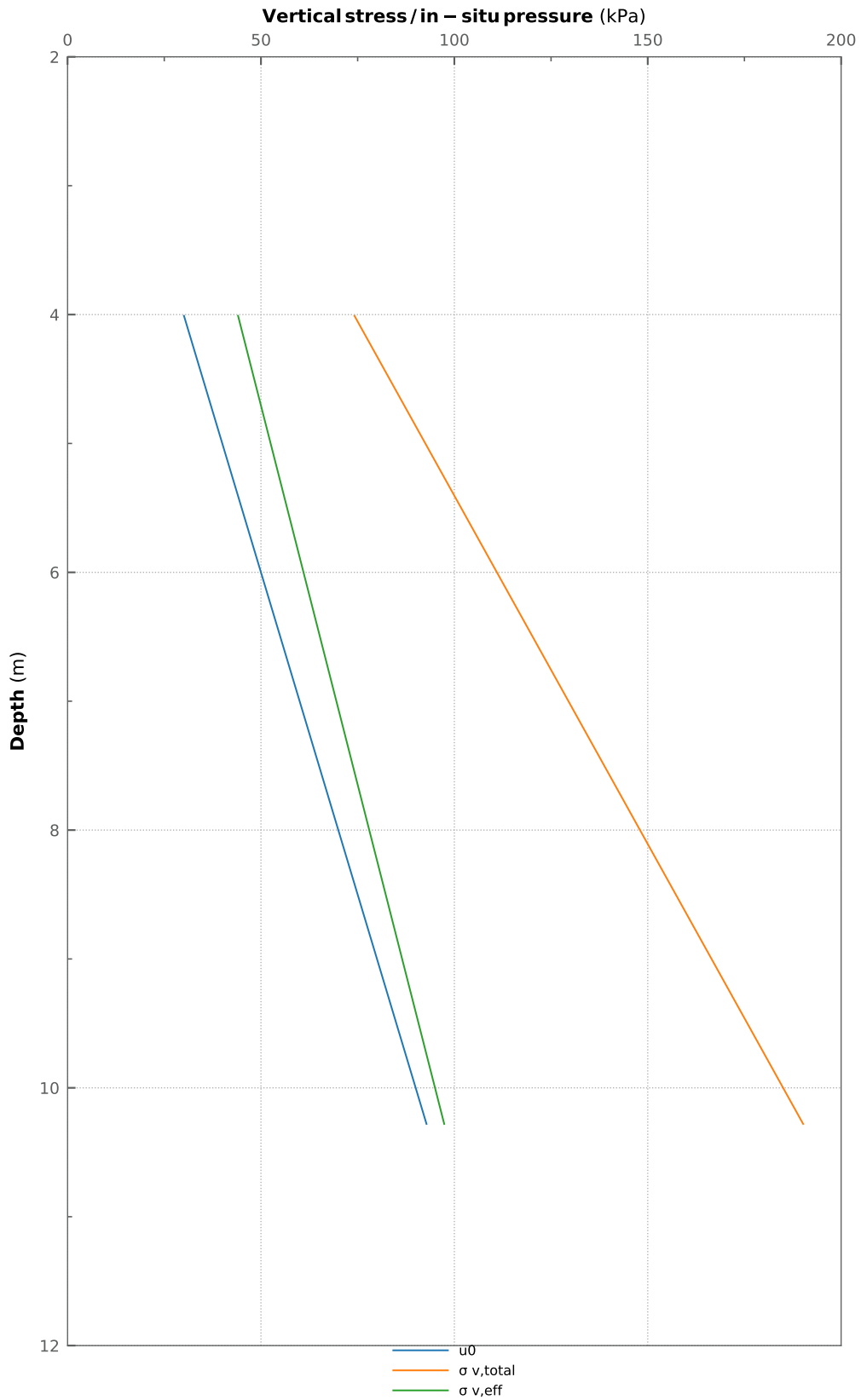
## B1 Profiler for aktiv udrenert skjærfasthet

Det er utført tolkning av skjærstyrkeprofiler ved trykksondering (CPTU) iht. korrelasjoner i ref. /B1/. Disse er sammenstilt med laboratorieundersøkelser der det er tilgjengelig, supplert av en linje som viser normalkonsolidert skjærfasthet ("NC"-linje) og tolkning basert på "SHANSEP"-metoden som tar hensyn til tidligere historisk belastning, ref. /B2/.

Med grunnlag i ovennevnte metoder er det valgt en foreslått designlinje for aktiv udrenert skjærstyrke. Resultater er vist i figur B1-B28.

## B2 Referanser

- /B1/ Karlstad, K., Lunne, K., Kort, D.A. and Strandvik, S. (2005): CPTU correlations for clays. Proc. 16th ICSMGE, Osaka, pp. 693-702.
- /B2/ Ladd, C. C. and Foott, R. (1974): New design procedure for stability of soft clays. Journal of the geotechnical engineering division, ASCE, Vol. 100, No. GT7, July, pp. 763-786.



20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG08-4

rapportnummer:  
20230480-02-TN

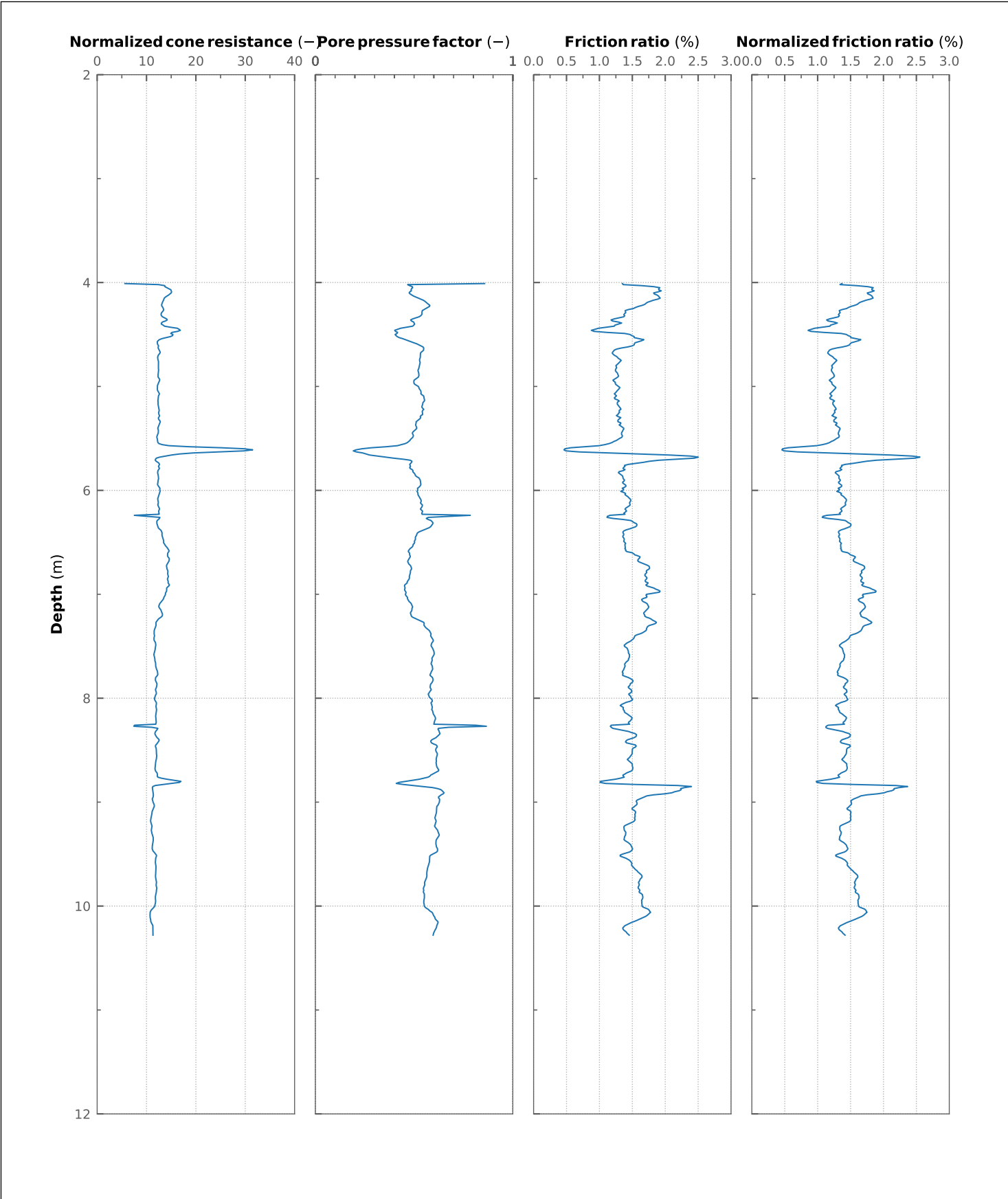
figurnummer:  
B1

dato:  
2024-02-08

tegnet av:  
LaH

Godkjent av::  
HHe





20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG08-4

rapportnummer:  
20230480-02-TN

figurnummer:  
B2

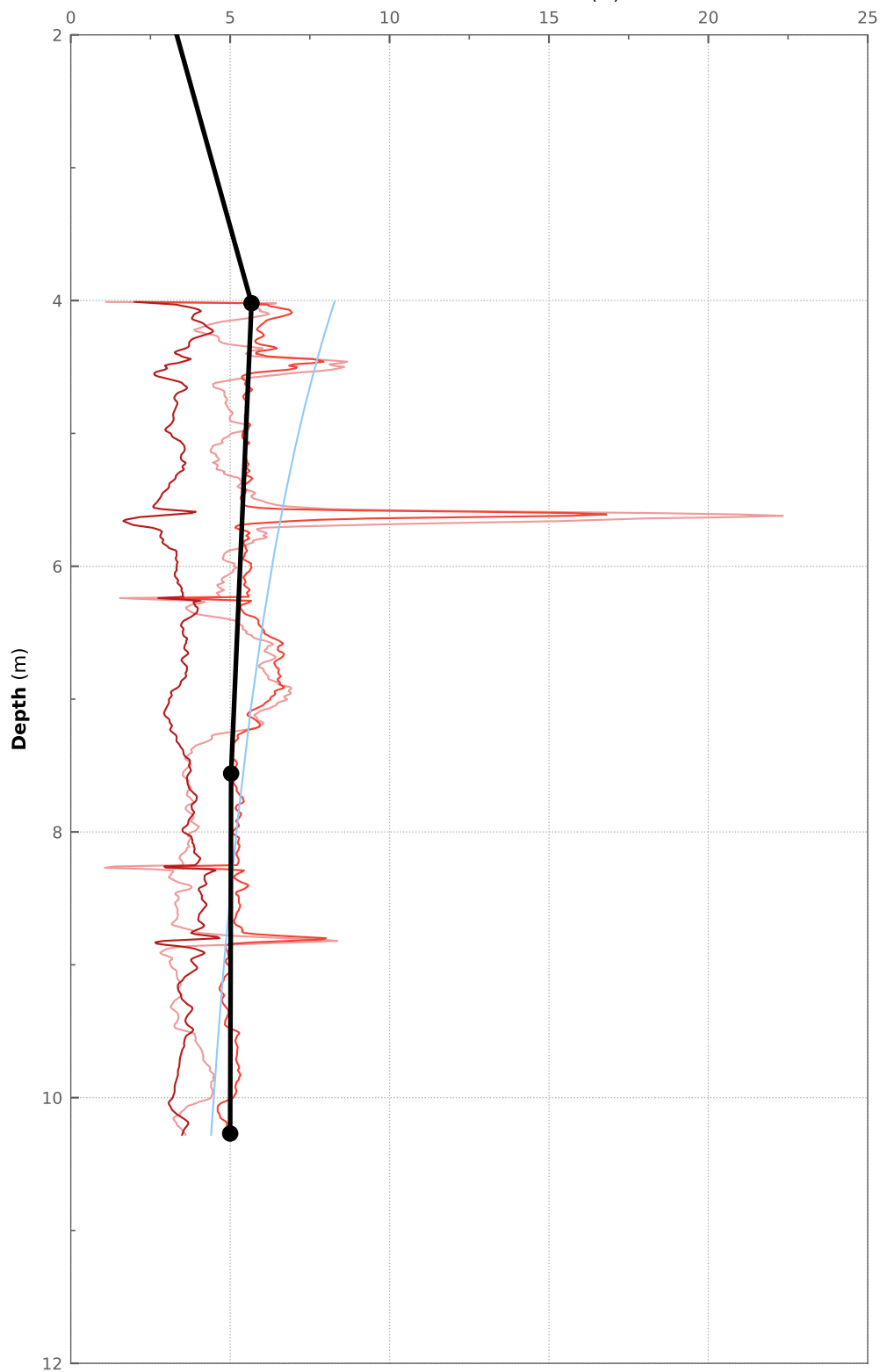
dato:  
2024-02-08

tegnet av:  
LaH

Godkjent av::  
HHe



Over – consolidation ratio (-)



- Profile
- KA\_Bq
- KA\_Qt
- KA\_Un
- PTL

20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG08-4

rapportnummer:  
20230480-02-TN

figurnummer:  
B3

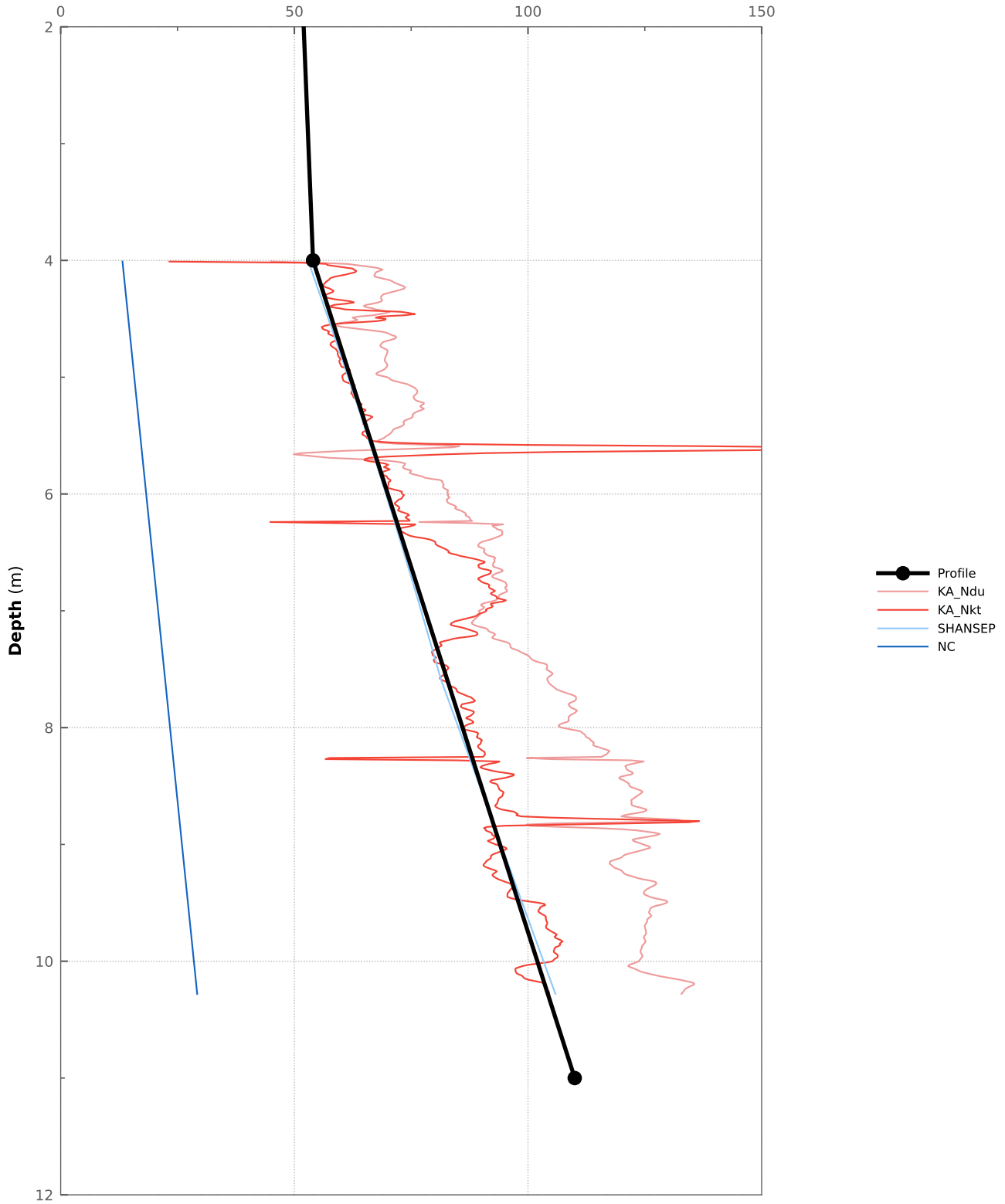
dato:  
2024-02-08

tegnet av:  
LaH

Godkjent av::  
HHe



Undrained shear strength (kPa)



20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG08-4

rapportnummer:  
20230480-02-TN

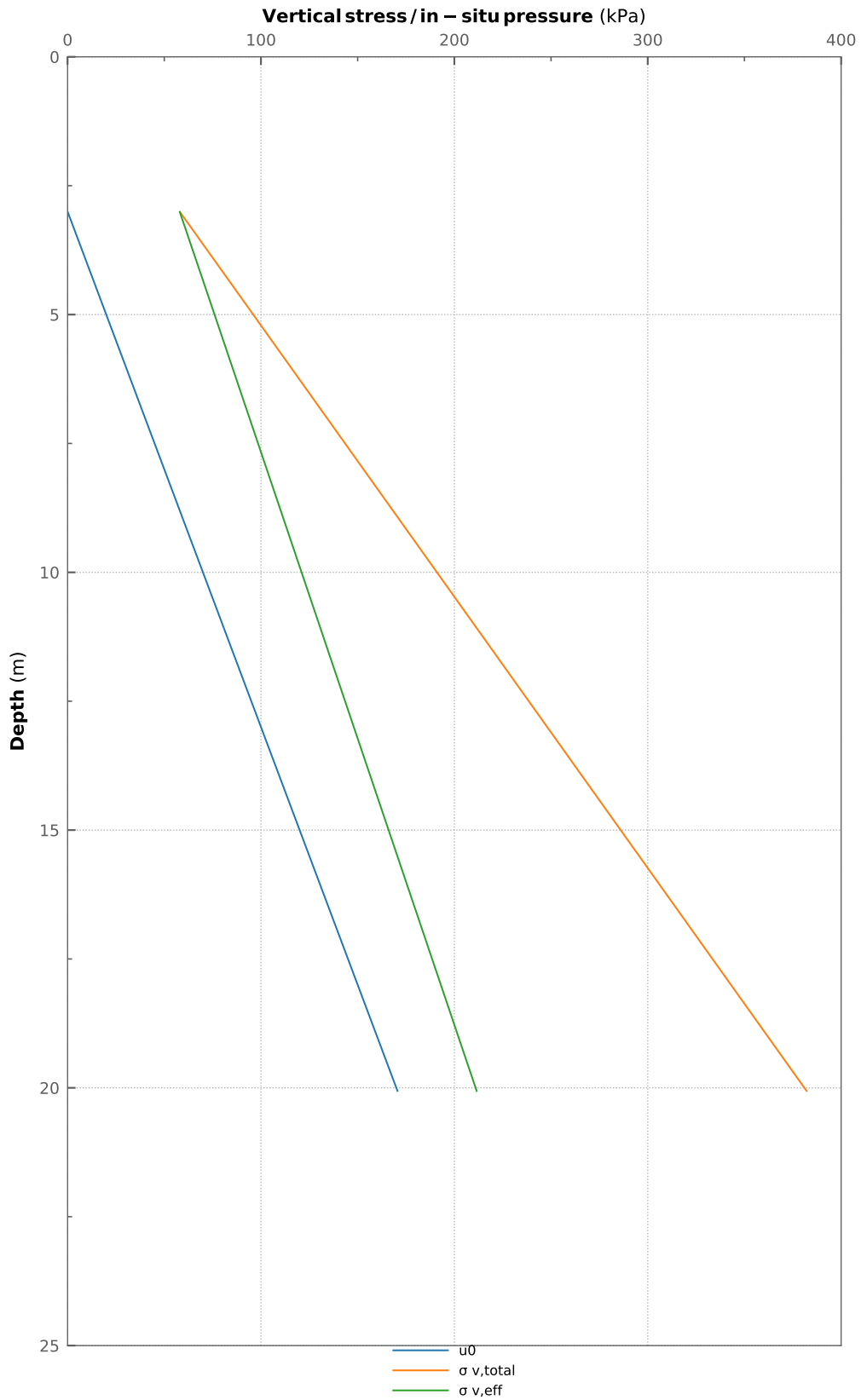
figurnummer:  
B4

dato:  
2024-02-08

tegnet av:  
LaH

Godkjent av::  
HHe





20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG08-12

rapportnummer:  
20230480-02-TN

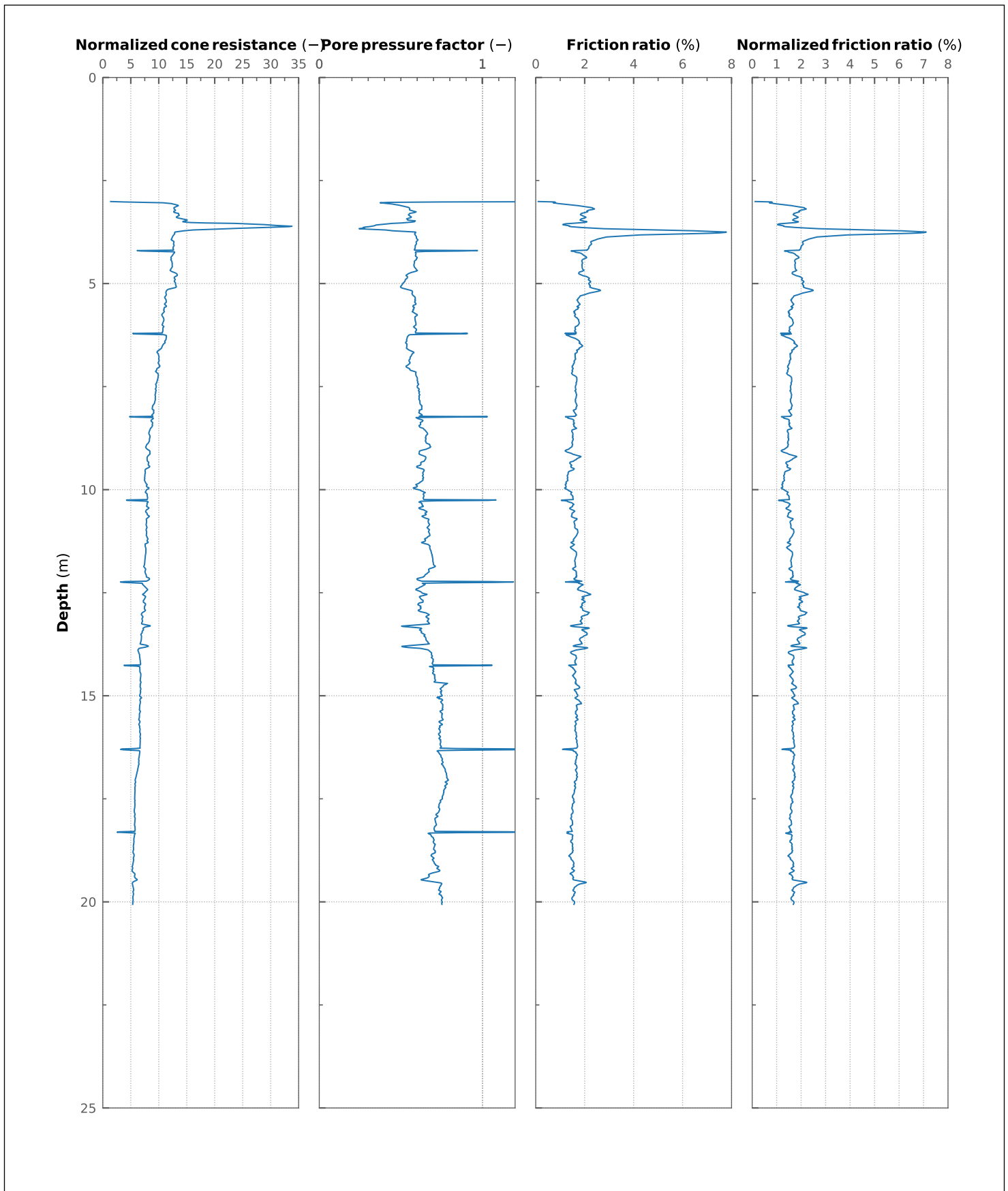
figurnummer:  
B5

dato:  
2024-02-08

tegnet av:  
LaH

Godkjent av::  
HHe





20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG08-12

rapportnummer:  
20230480-02-TN

figurnummer:  
B6

dato:  
2024-02-08

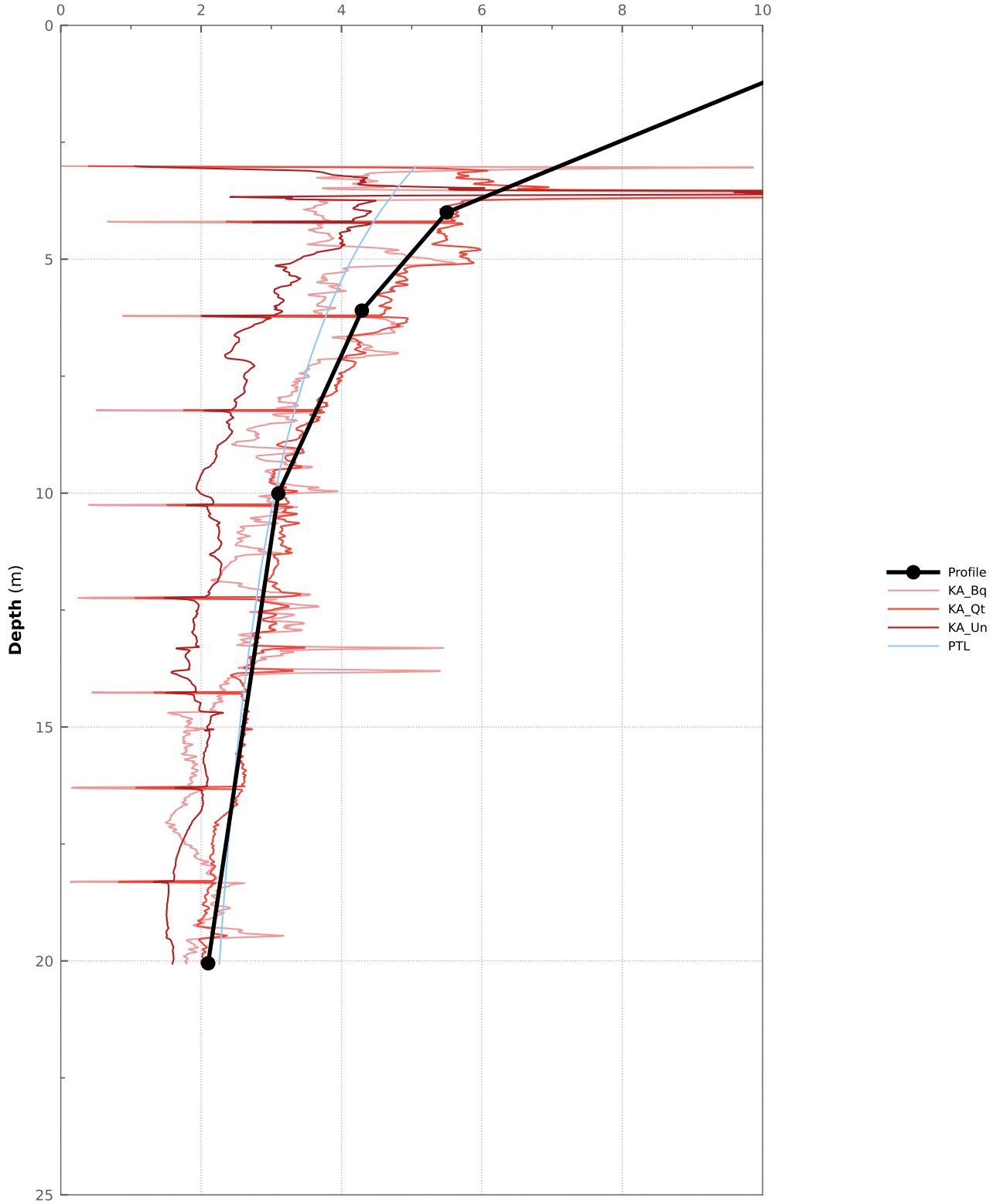
tegnet av:  
LaH

Godkjent av::  
HHe





Over – consolidation ratio (-)



20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG08-12

rapportnummer:  
20230480-02-TN

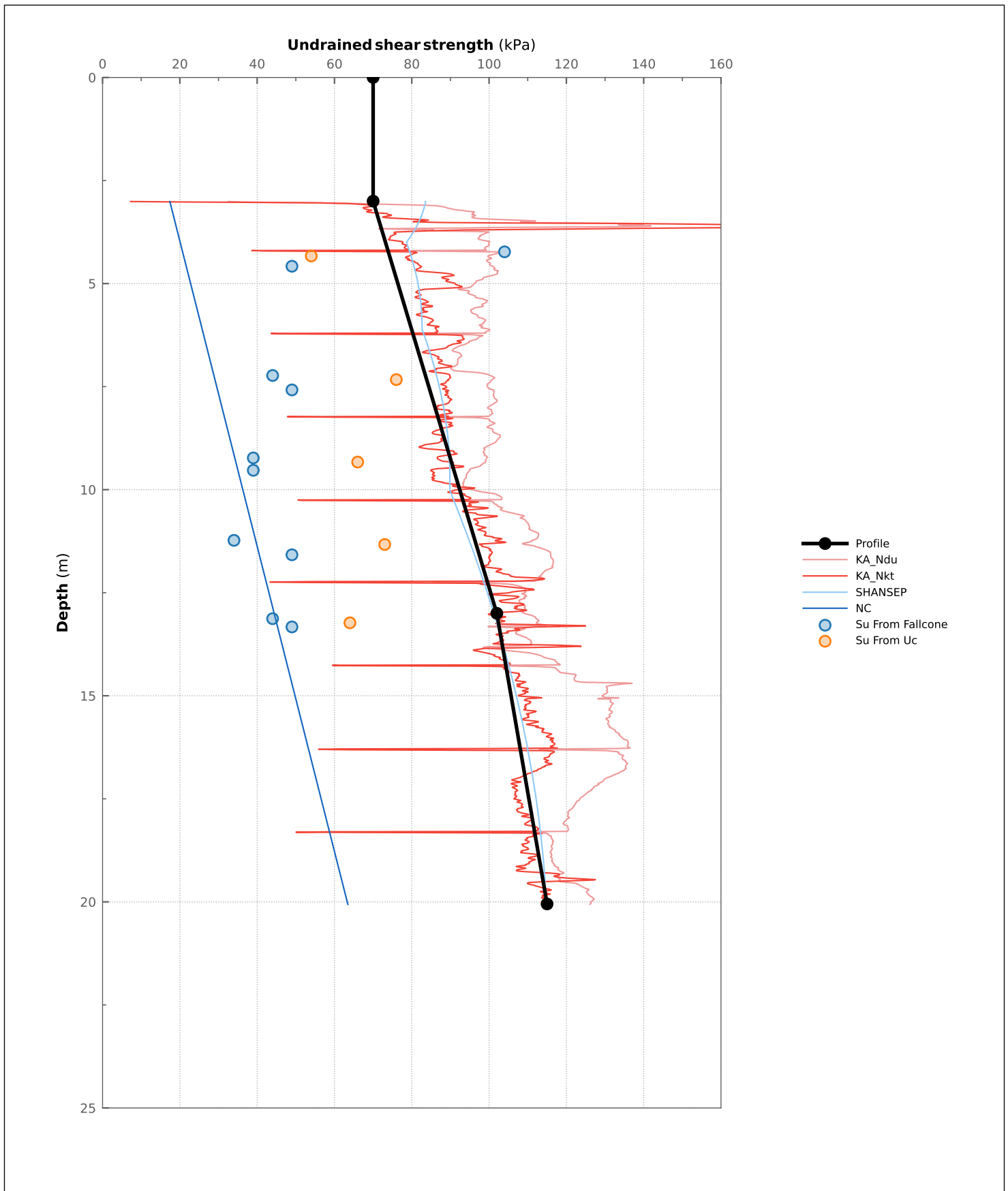
figurnummer:  
B7

dato:  
2024-02-08

tegnet av:  
LaH

Godkjent av::  
HHe





- Profile
- KA\_Ndu
- KA\_Nkt
- SHANSEP
- NC
- Su From Fallcone
- Su From Uc

20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG08-12

rapportnummer:  
20230480-02-TN

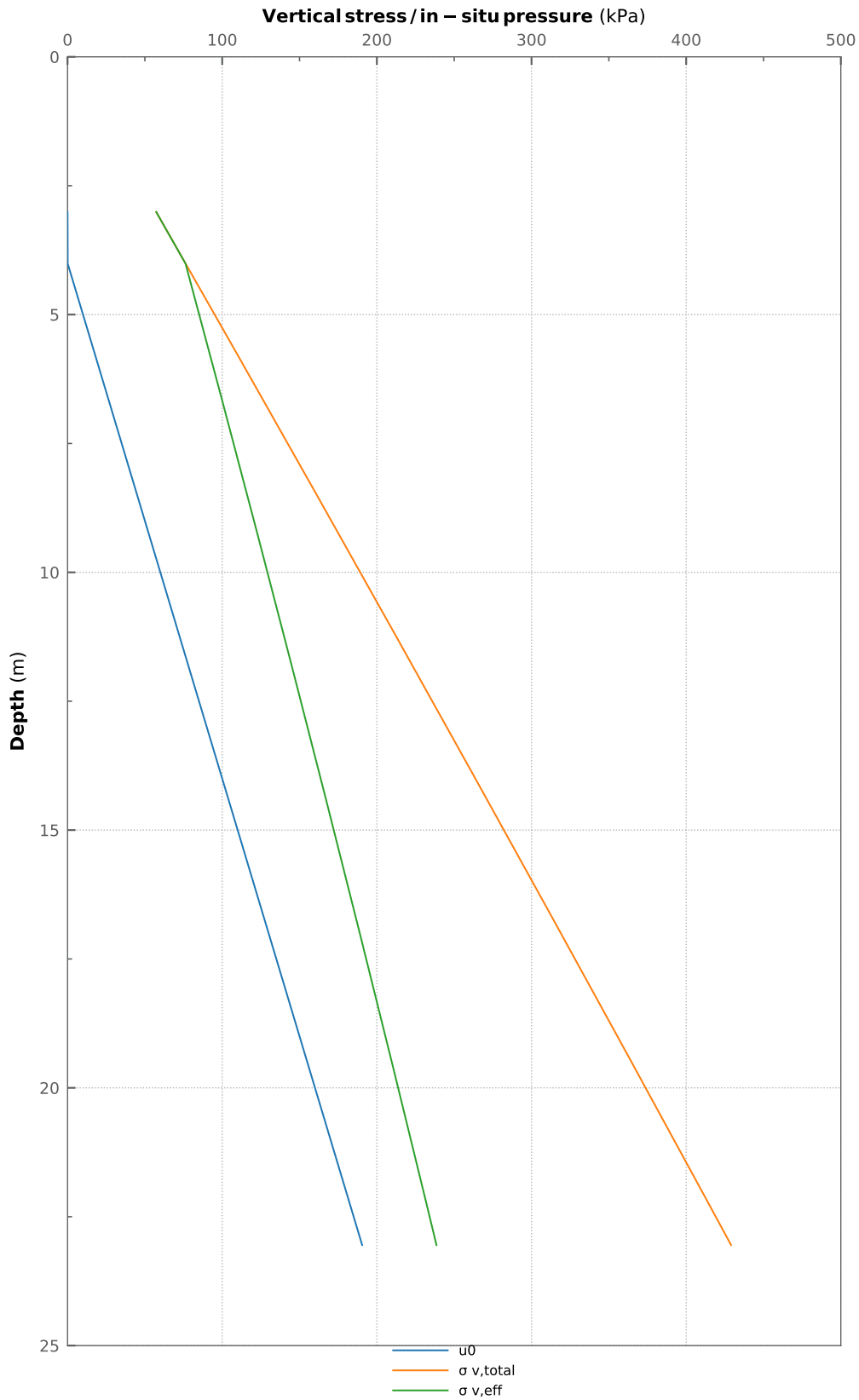
figurnummer:  
B8

dato:  
2024-02-08

tegnet av:  
LaH

Godkjent av: HHe





20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG08-13

rapportnummer:  
20230480-02-TN

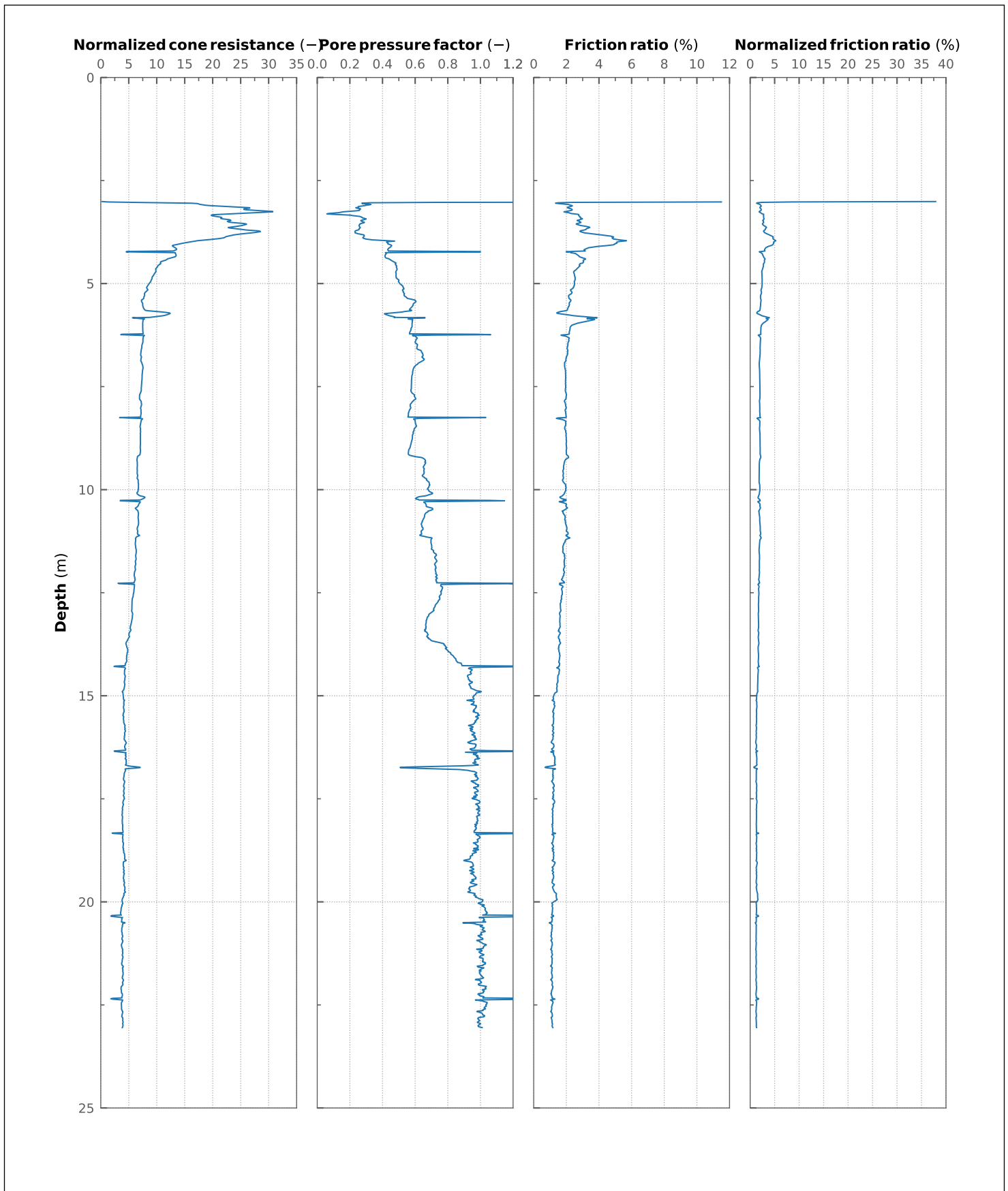
figurnummer:  
B9

dato:  
2024-02-08

tegnet av:  
LaH

Godkjent av::  
HHe





20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG08-13

rapportnummer:  
20230480-02-TN

figurnummer:  
B10

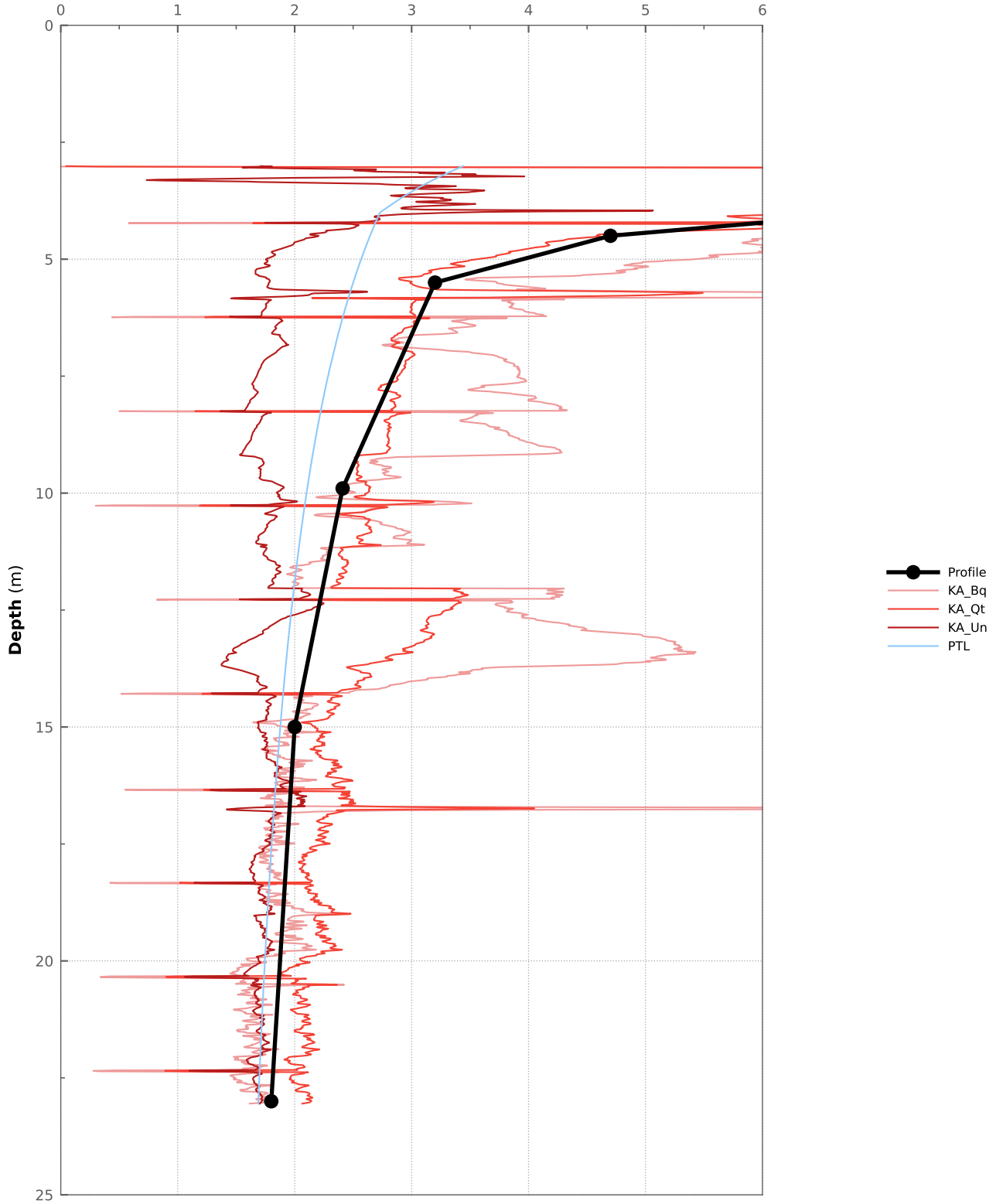
dato:  
2024-02-08

tegnet av:  
LaH

Godkjent av.:  
HHe



Over – consolidation ratio (-)



20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG08-13

rapportnummer:  
20230480-02-TN

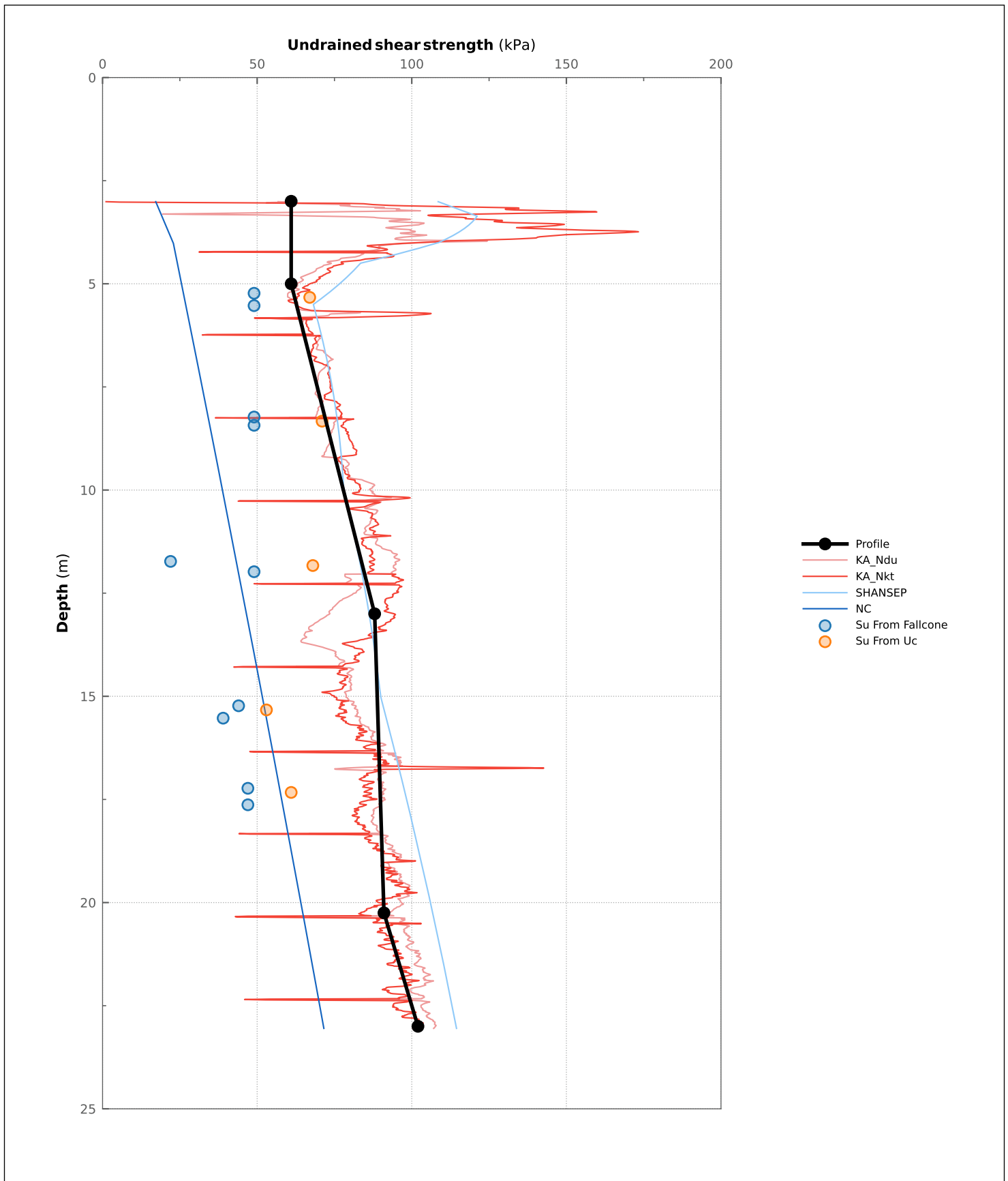
figurnummer:  
B11

dato:  
2024-02-08


tegnet av:  
LaH

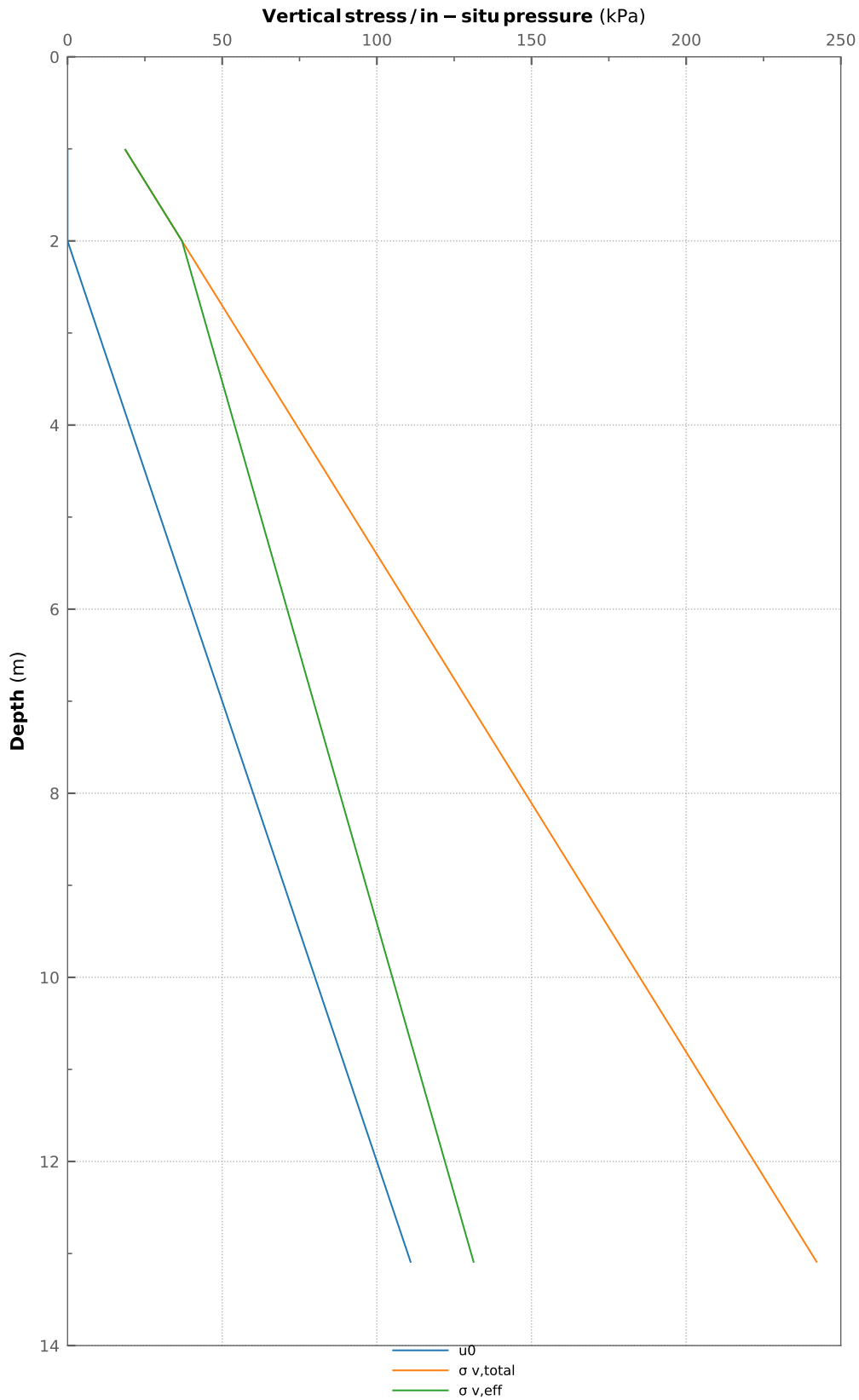
Godkjent av::  
HHe





- Profile
- KA\_Ndu
- KA\_Nkt
- SHANSEP
- NC
- Su From Fallcone
- Su From Uc

20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm   LG08-13		rapportnummer: 20230480-02-TN	
		figurnummer: B12	dato: 2024-02-08
		tegnet av: LaH	Godkjent av:: HHe
			



20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG08-14

rapportnummer:  
20230480-02-TN

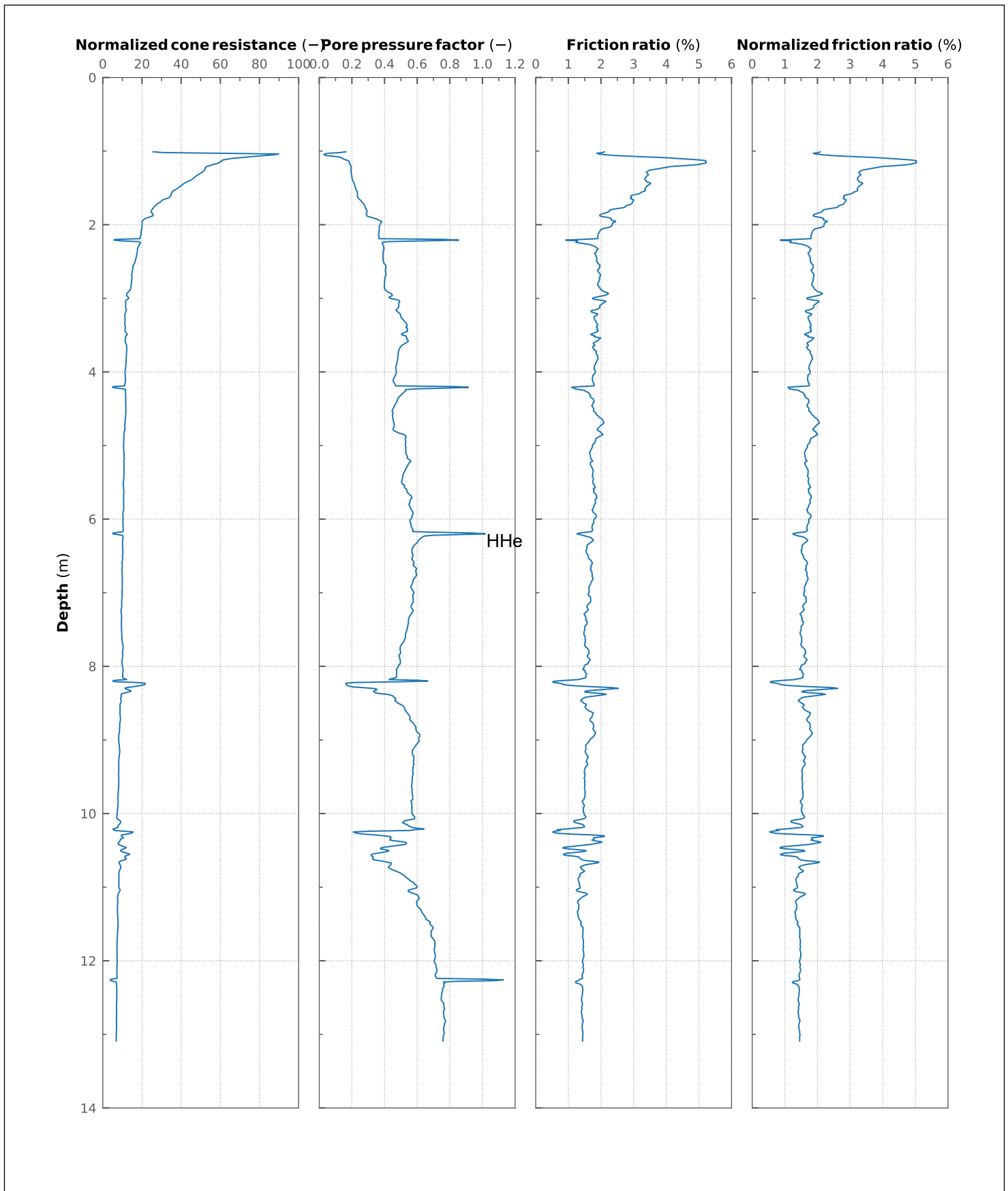
figurnummer:  
B13

dato:  
2024-02-08

tegnet av:  
LaH

Godkjent av::  
HHe





20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG08-14

rapportnummer:  
20230480-02-TN

figurnummer:  
B14

dato:  
2024-02-08

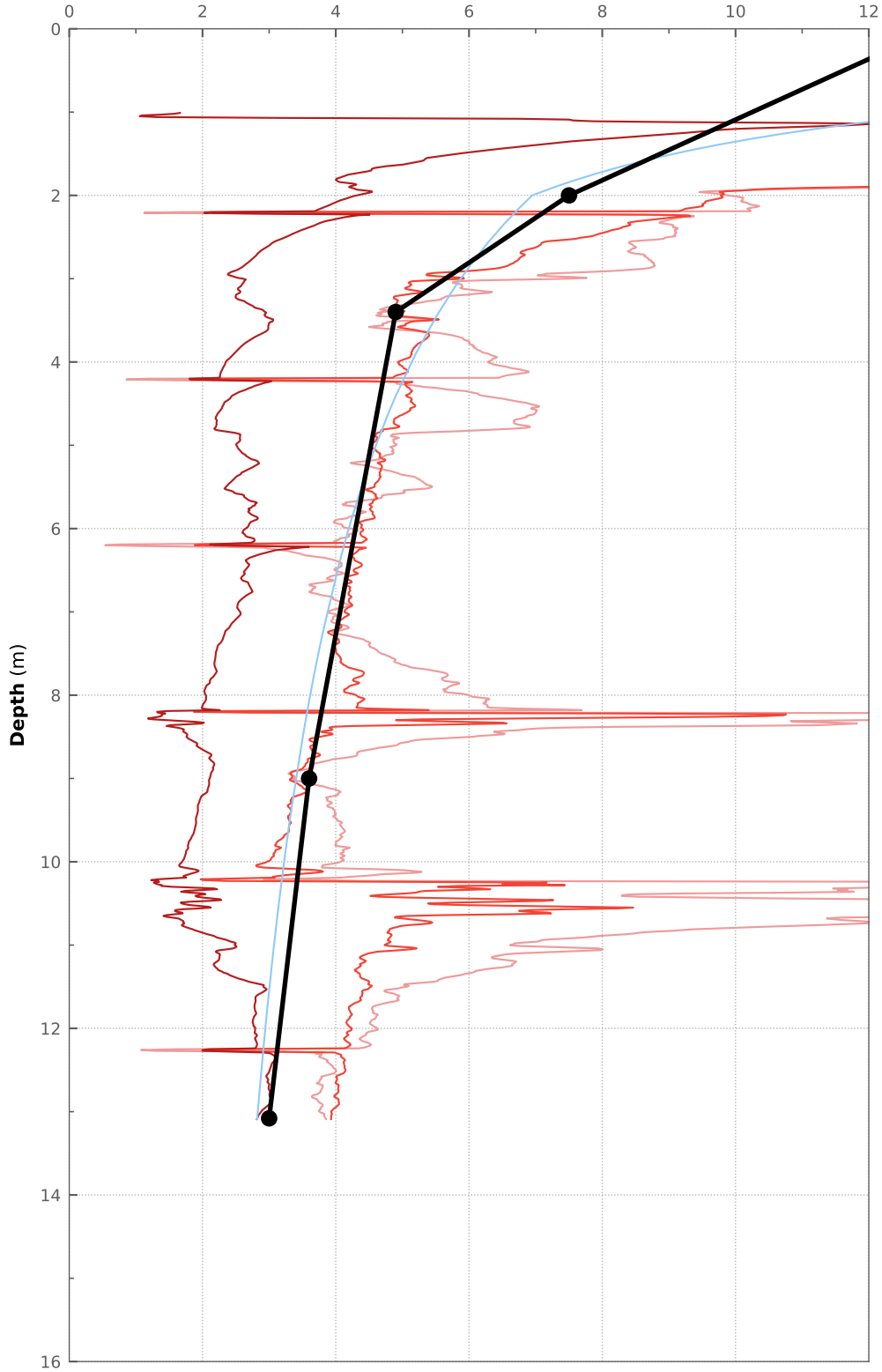
tegnet av:  
LaH

Godkjent av::  
HHe





Over – consolidation ratio (-)



- Profile
- KA\_Bq
- KA\_Qt
- KA\_Un
- PTL

20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG08-14

rapportnummer:  
20230480-02-TN

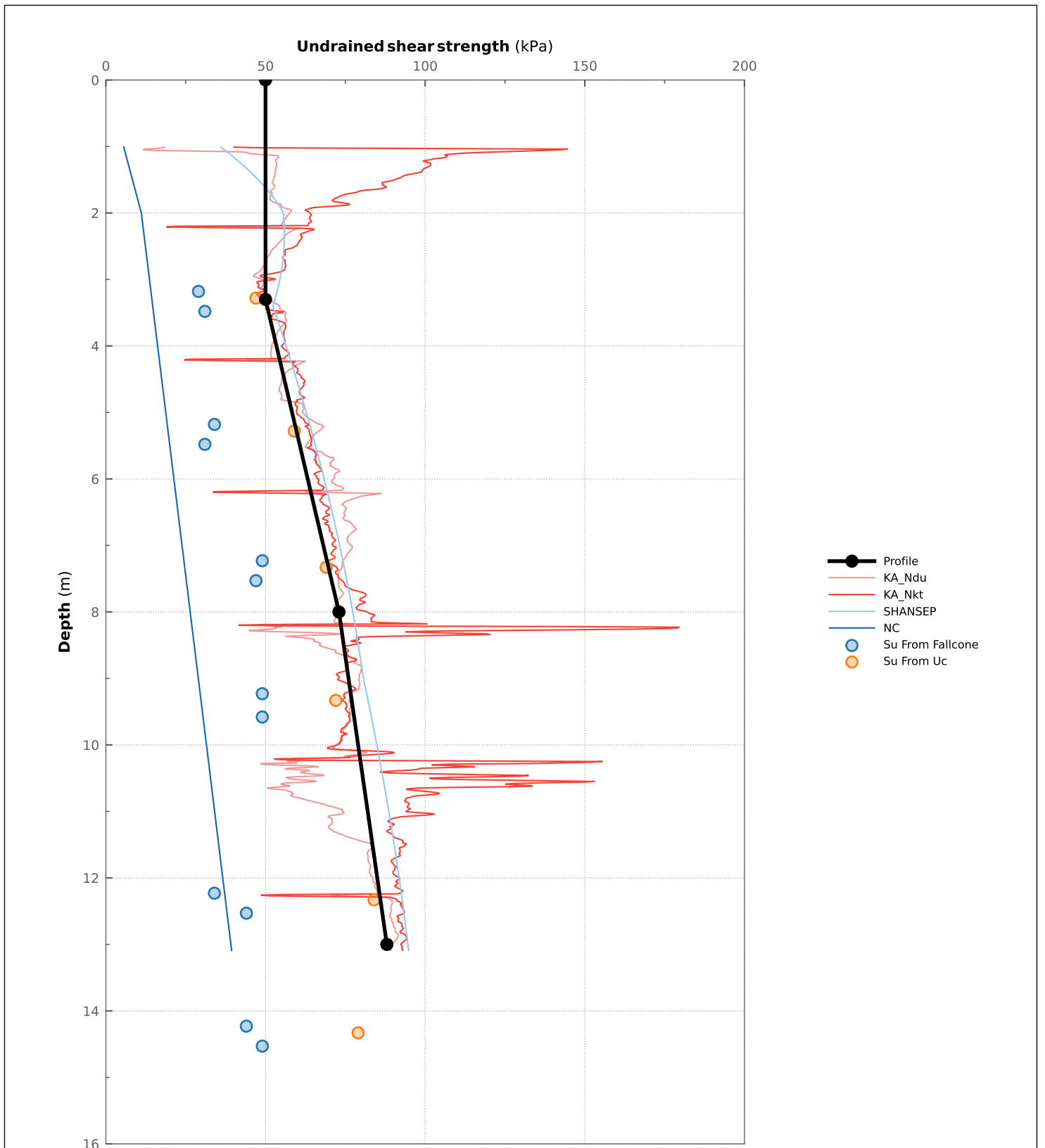
figurnummer:  
B15

dato:  
2024-02-08

tegnet av:  
LaH

Godkjent av::  
HHe





20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG08-14

rapportnummer:  
20230480-02-TN

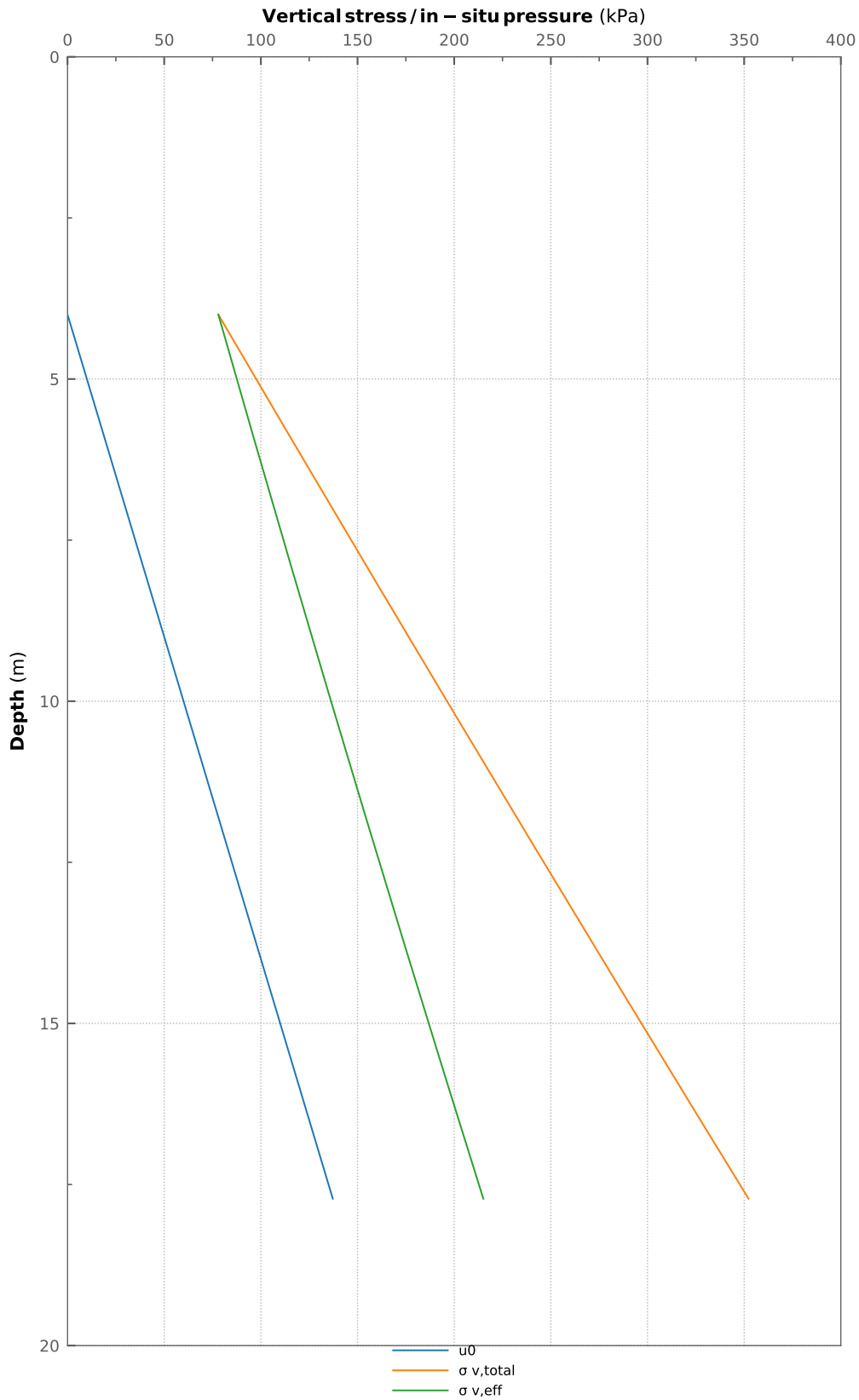
figurnummer:  
B16

dato:  
2024-02-08

tegnet av:  
LaH

Godkjent av.:  
HHe





20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG15-203

rapportnummer:  
20230480-02-TN

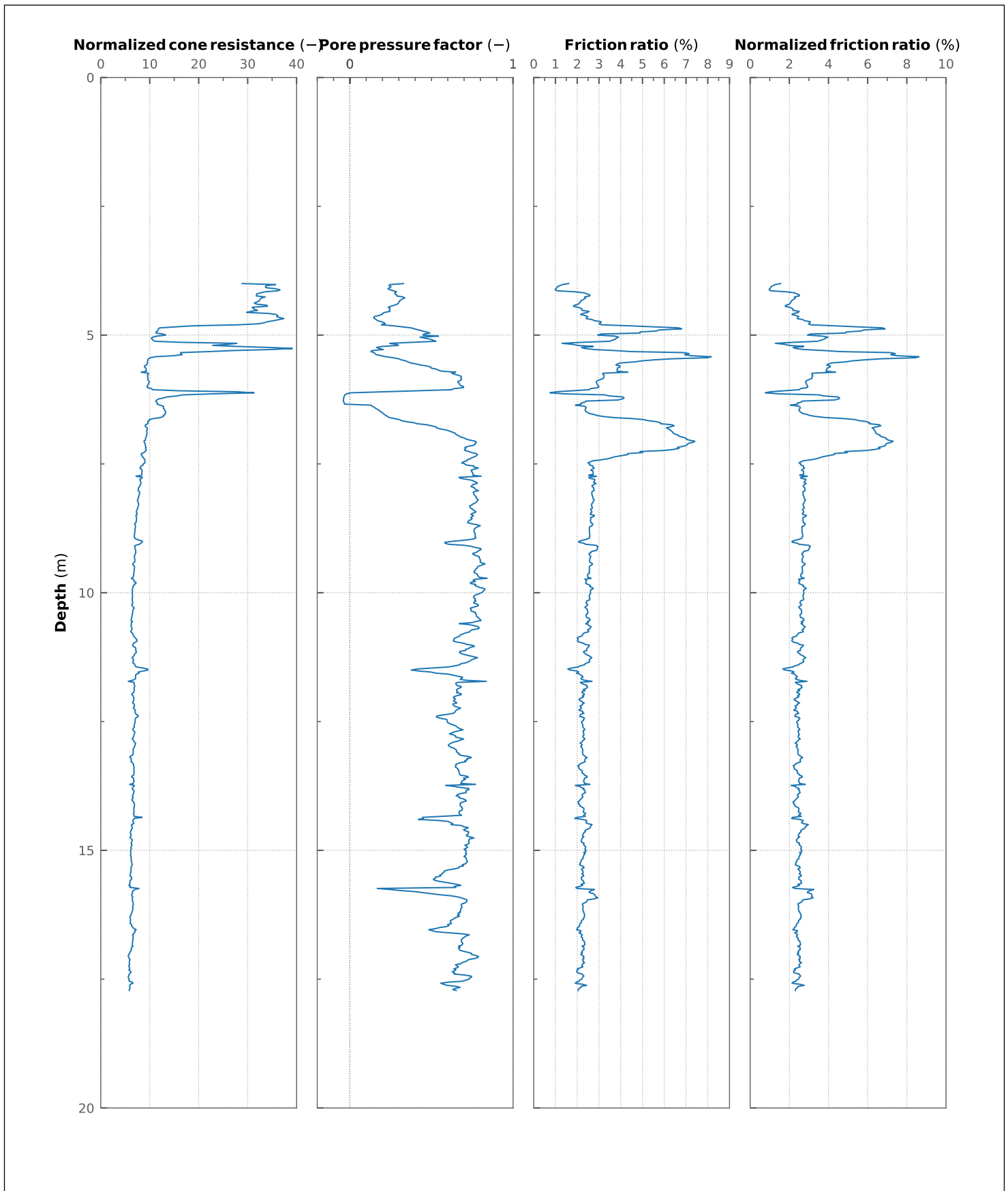
figurnummer:  
B17

dato:  
2024-02-08

tegnet av:  
LaH

Godkjent av::  
HHe





20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG15-203

rapportnummer:  
20230480-02-TN

figurnummer:  
B18

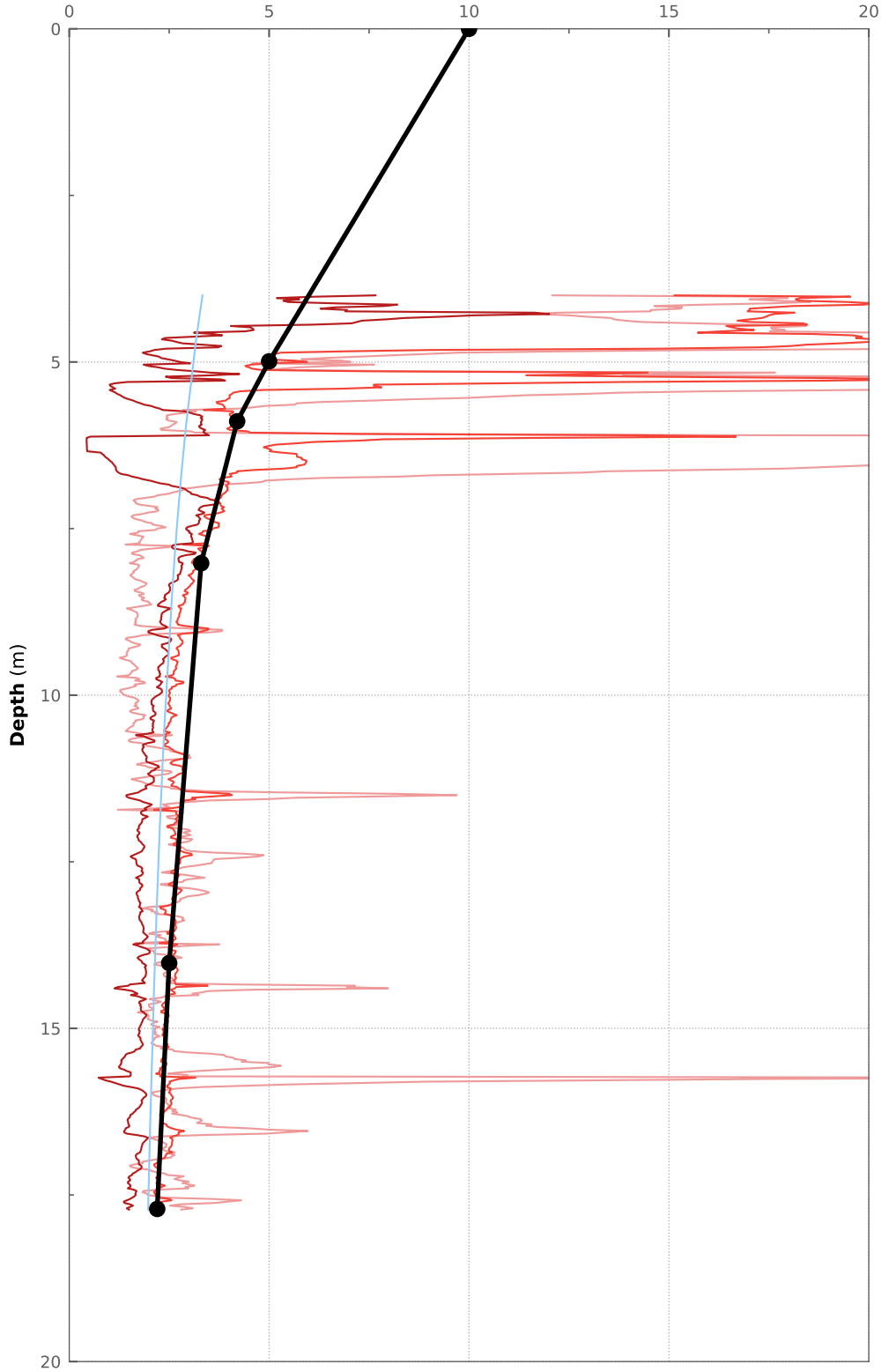
dato:  
2024-02-08

tegnet av:  
LaH

Godkjent av.:  
HHe



Over – consolidation ratio (-)



- Profile
- KA\_Bq
- KA\_Qt
- KA\_Un
- PTL

20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG15-203

rapportnummer:  
20230480-02-TN

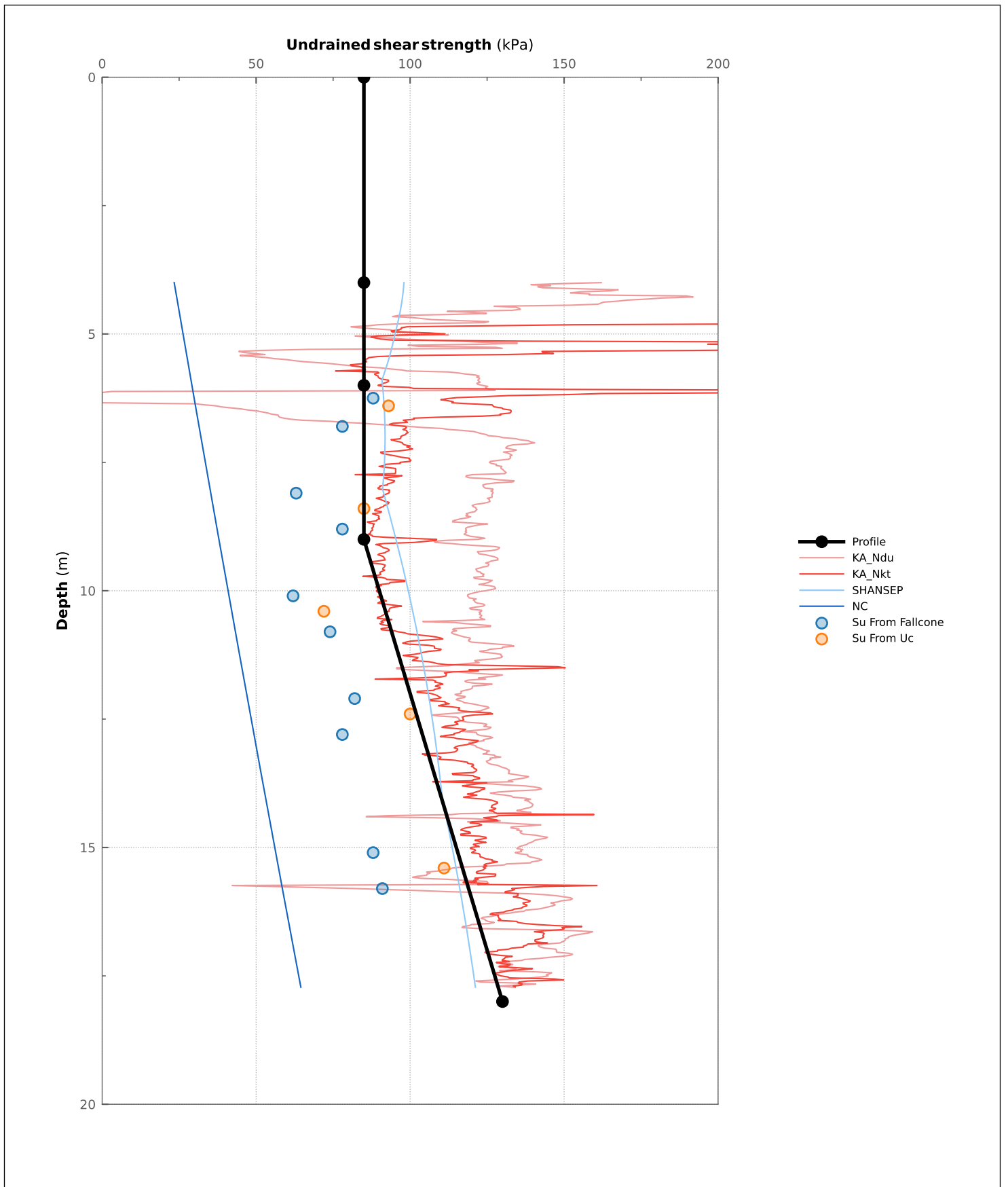
figurnummer:  
B19

dato:  
2024-02-08

tegnet av:  
LaH

Godkjent av::  
HHe





20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG15-203

rapporthnummer:  
20230480-02-TN

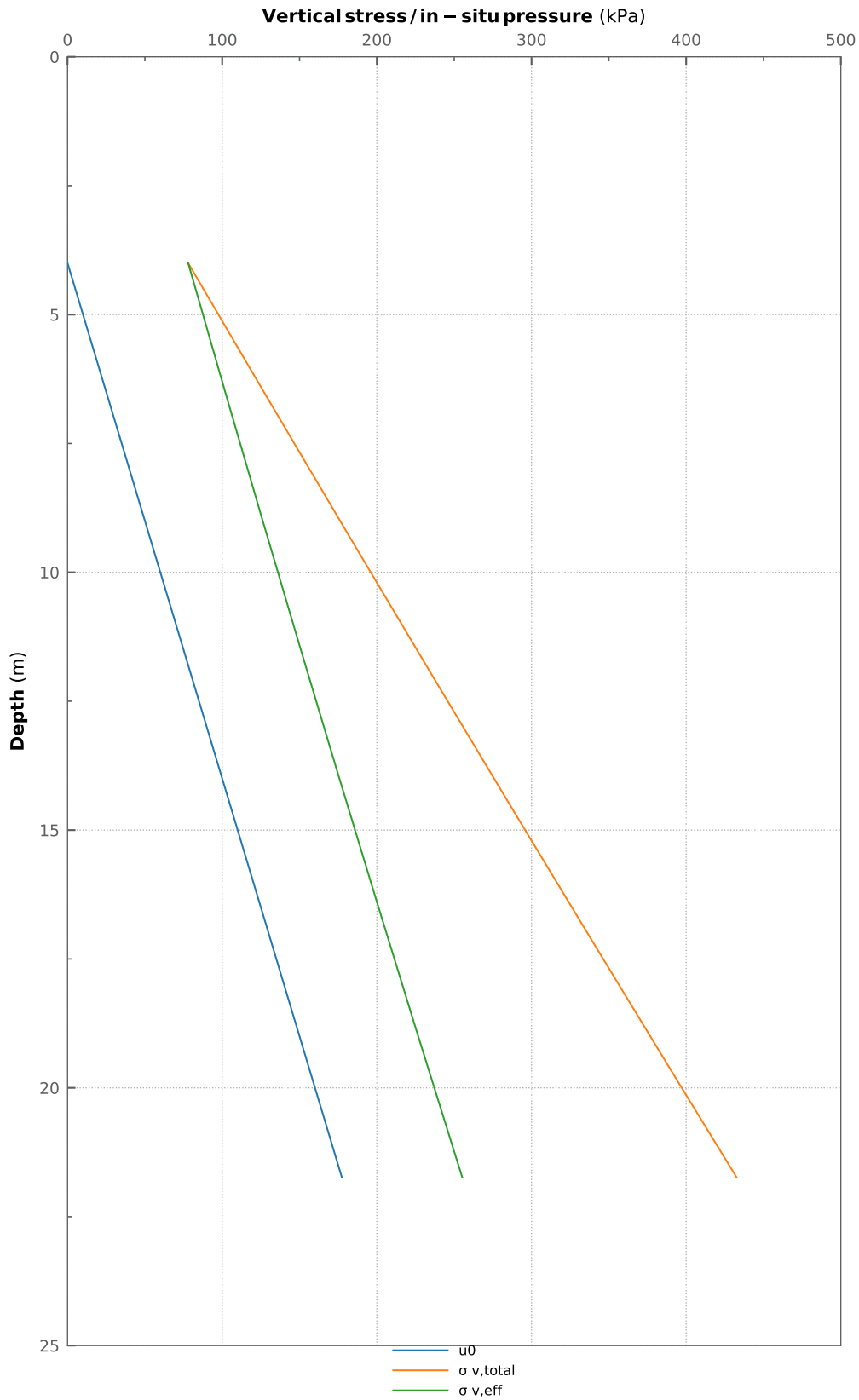
figurnummer:  
B20

dato:  
2024-02-08

tegnet av:  
LaH

Godkjent av::  
HHe





20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG15-205

rapportnummer:  
20230480-02-TN

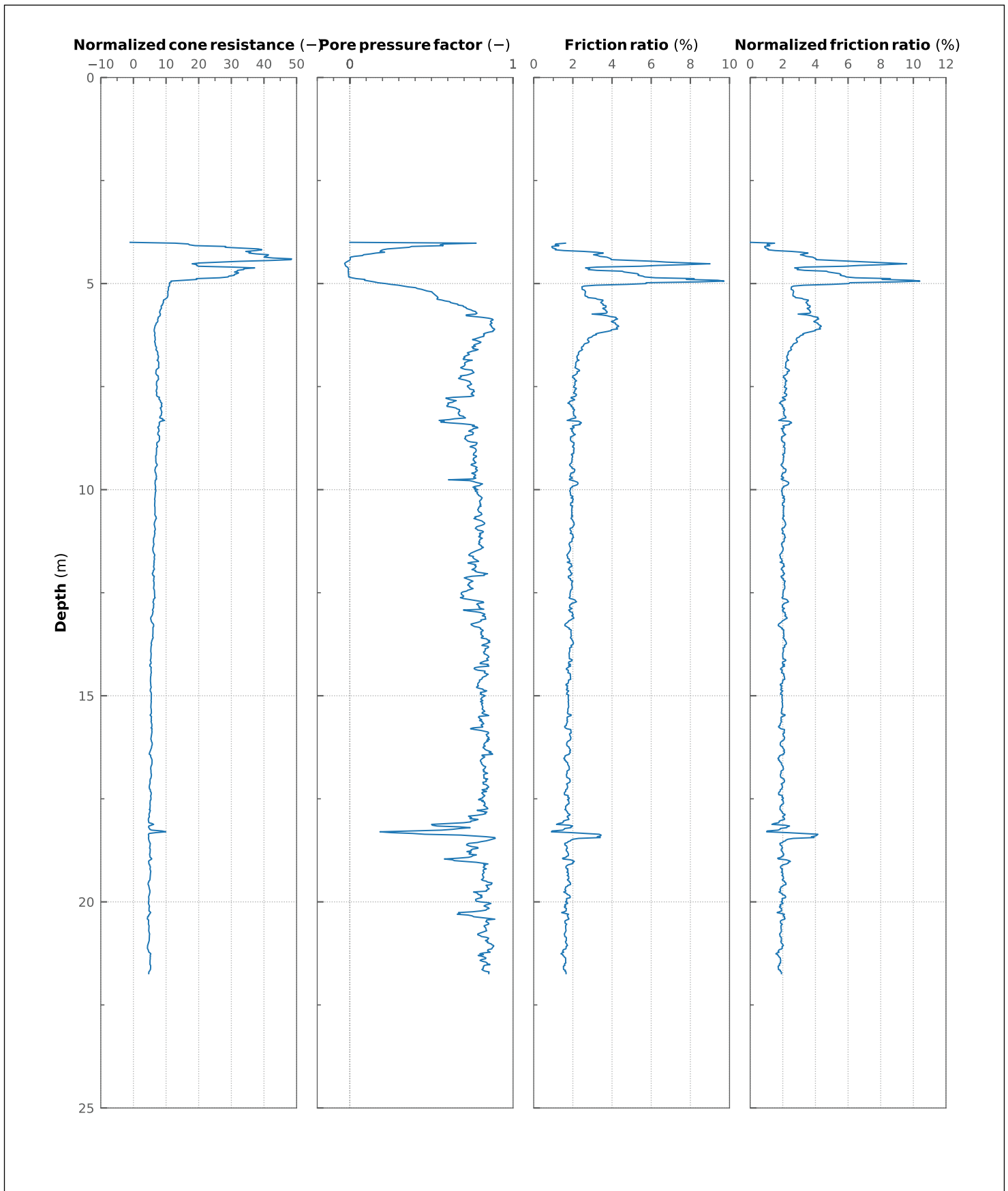
figurnummer:  
B21

dato:  
2024-02-08

tegnet av:  
LaH

Godkjent av::  
HHe





20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG15-205

rapportnummer:  
20230480-02-TN

figurnummer:  
B22

dato:  
2024-02-08

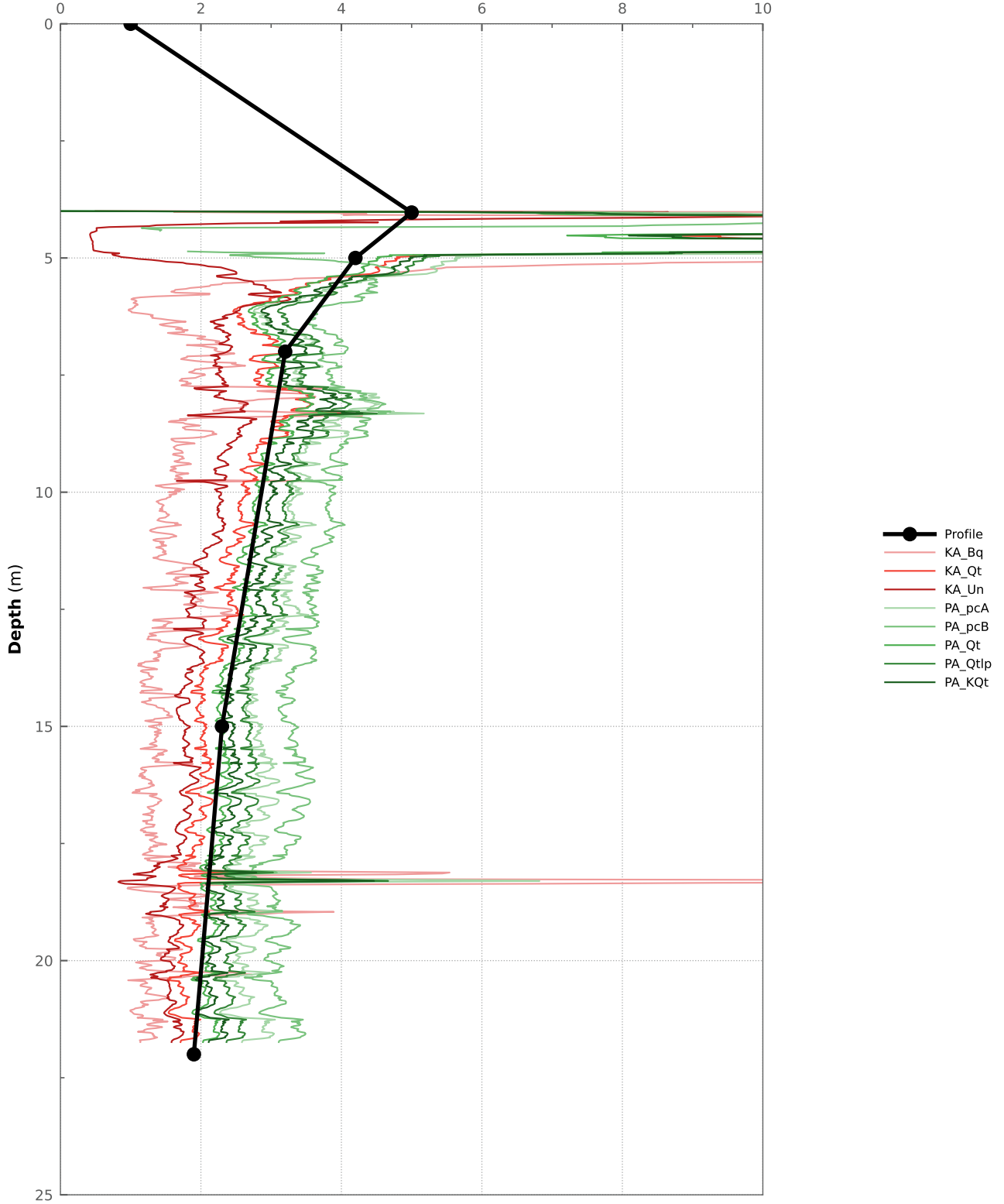
tegnet av:  
LaH

Godkjent av.:  
HHe





Over – consolidation ratio (-)



20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG15-205

rapportnummer:  
20230480-02-TN

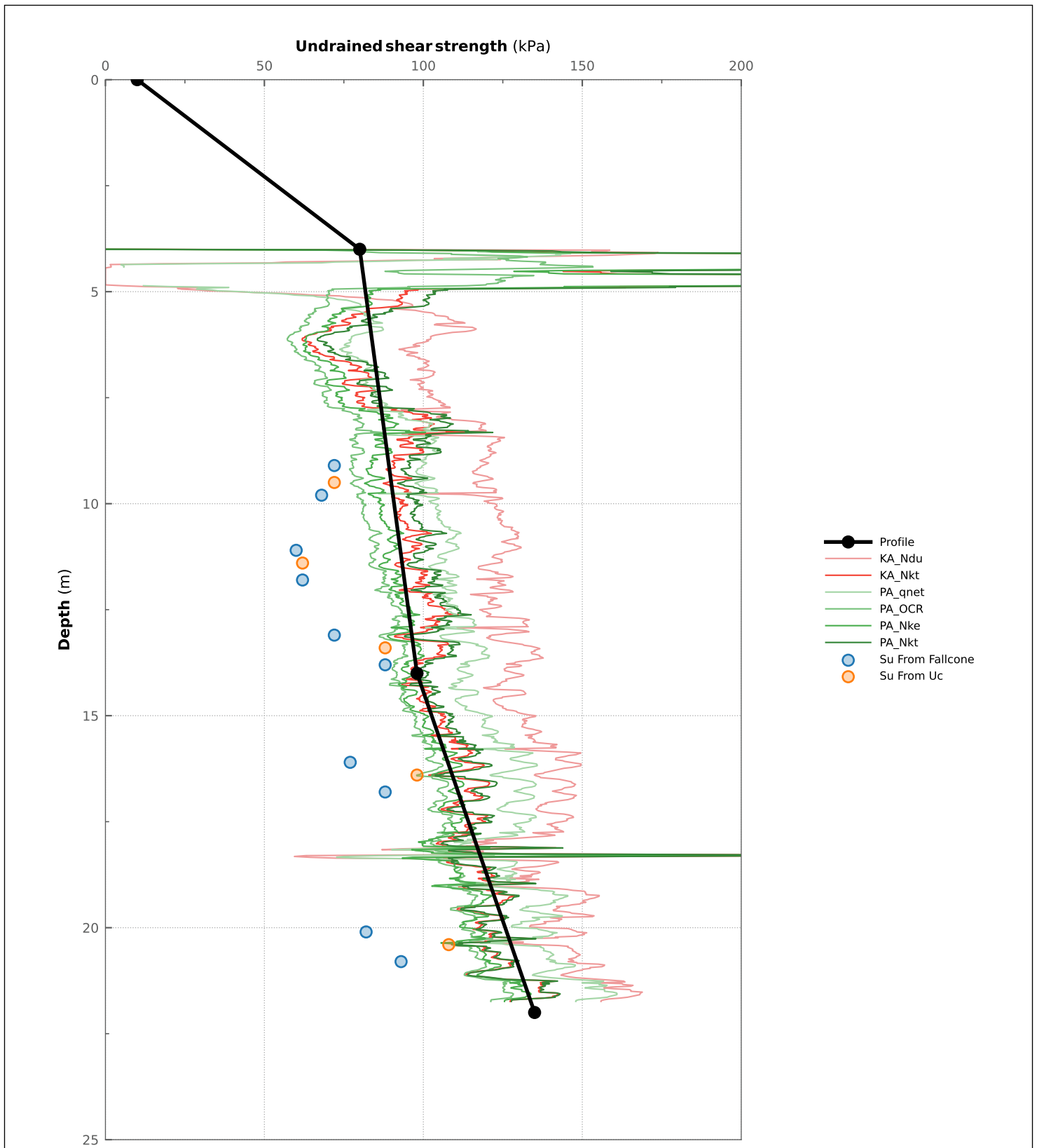
figurnummer:  
B23

dato:  
2024-02-08

tegnet av:  
LaH

Godkjent av: HHe





20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | LG15-205

rapporthnummer:  
20230480-02-TN

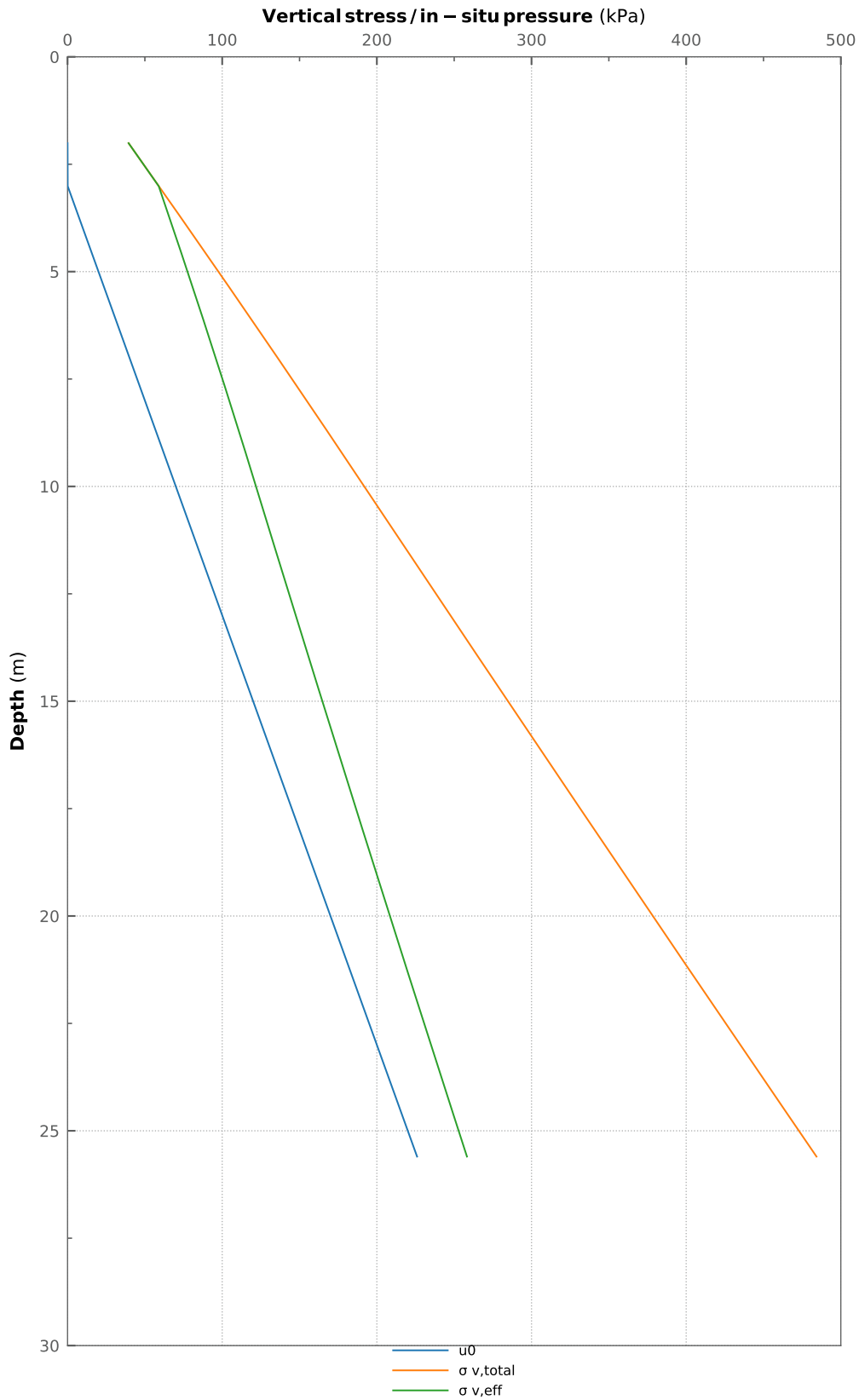
figurnummer:  
B24

dato:  
2024-02-08

tegnet av:  
LaH

Godkjent av: HHe





20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | NG23-7

rapportnummer:  
20230480-02-TN

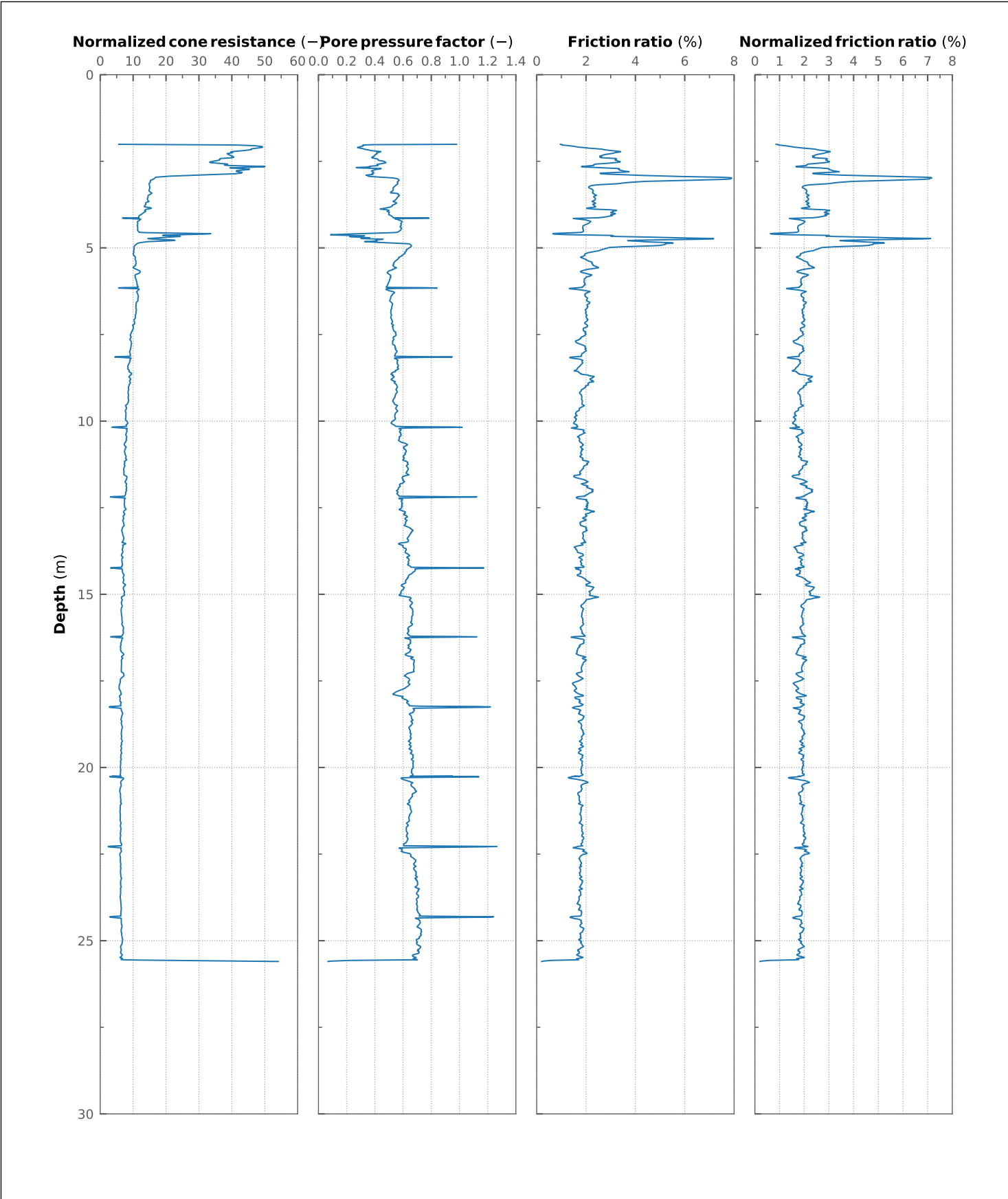
figurnummer:  
B25

dato:  
2024-02-08

tegnet av:  
LaH

Godkjent av::  
HHe





20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | NG23-7

rapportnummer:  
20230480-02-TN

figurnummer:  
B26

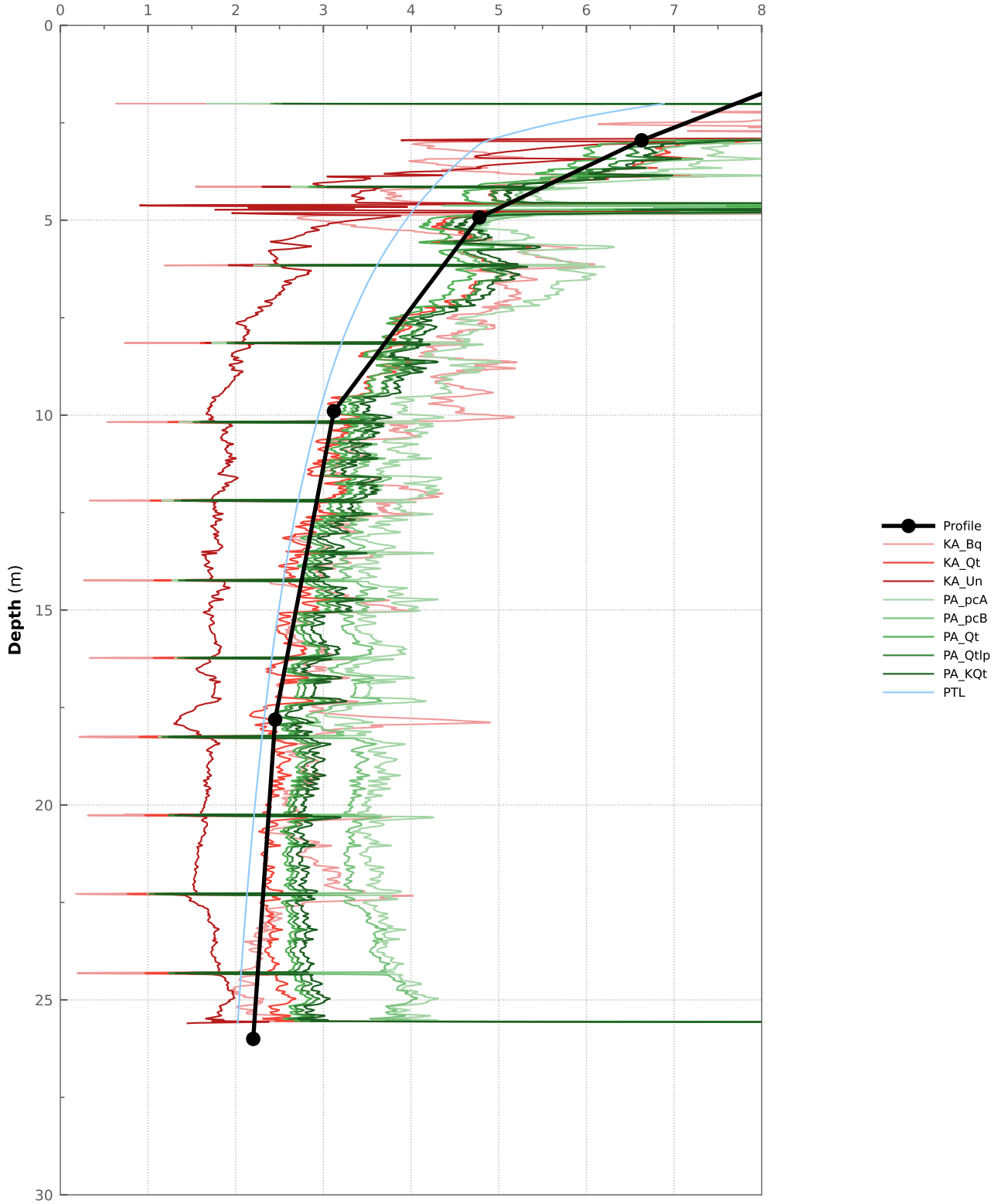
dato:  
2024-02-08

tegnet av:  
LaH

Godkjent av::  
HHe



Over – consolidation ratio (-)



20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | NG23-7

rapportnummer:  
20230480-02-TN

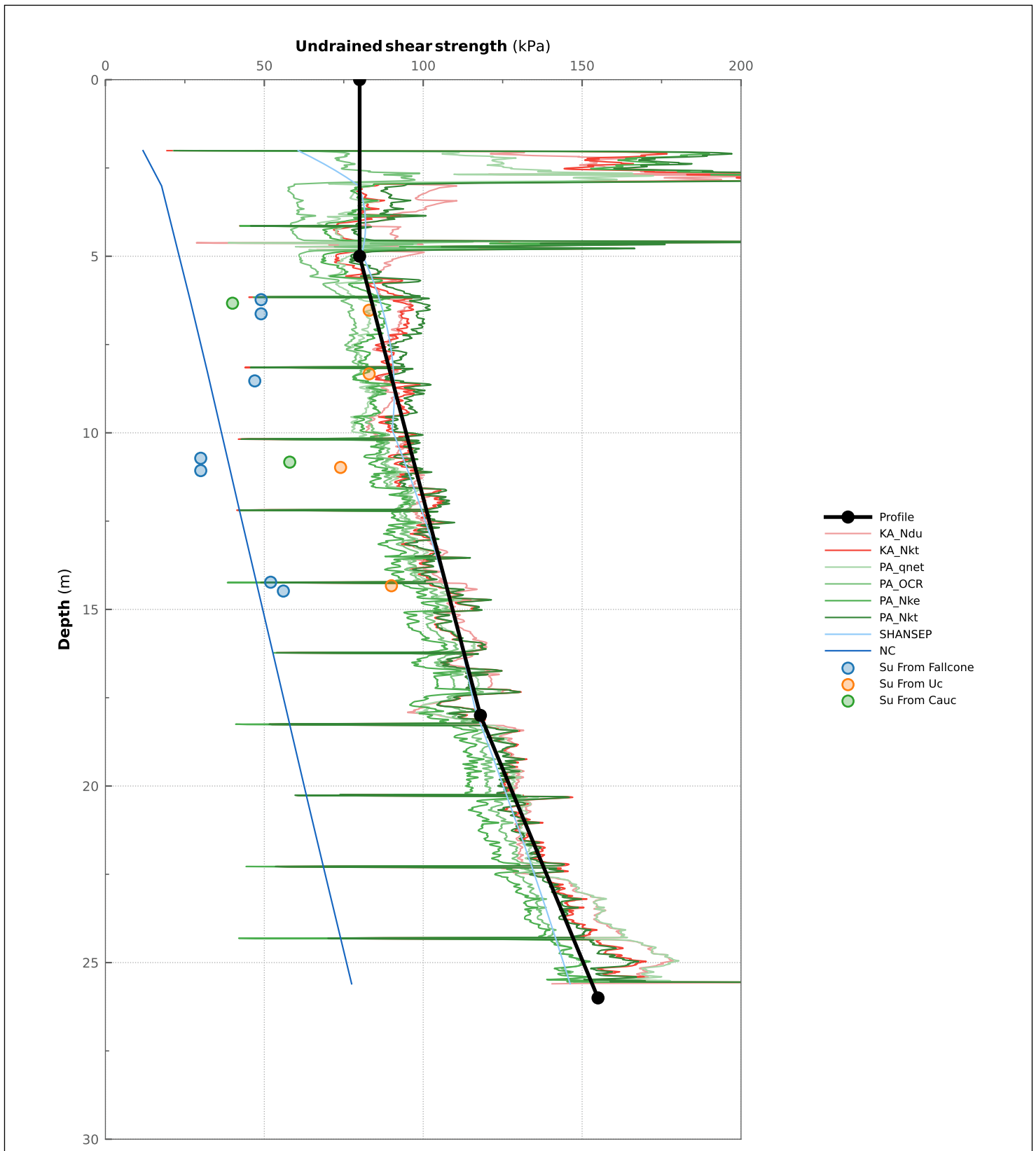
figurnummer:  
B27

dato:  
2024-02-08


tegnet av:  
LaH

Godkjent av: HHe





- Profile
- KA\_Ndu
- KA\_Nkt
- PA\_qnet
- PA\_OCR
- PA\_Nke
- PA\_Nkt
- SHANSEP
- NC
- Su From Fallcone
- Su From Uc
- Su From Cauc

20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm   NG23-7		rapportnummer: 20230480-02-TN	
		figurnummer: B28	dato: 2024-02-08
		tegnet av: LaH	Godkjent av:: HHe
			

# Vedlegg C

## STABILITETSBEREGNINGER

### Innhold

**C1: Profil T1, dagens situasjon, udrenert tilstand**

**C2: Profil T1, dagens situasjon, drenert tilstand**

**C3: Profil T2, dagens situasjon, udrenert tilstand**

**C4: Profil T2, dagens situasjon, drenert tilstand**

-----  
**C5: Profil T1, avlaste platå 1 m, udrenert og drenert tilstand**

**C6: Profil T1, motfylling, udrenert og drenert tilstand**

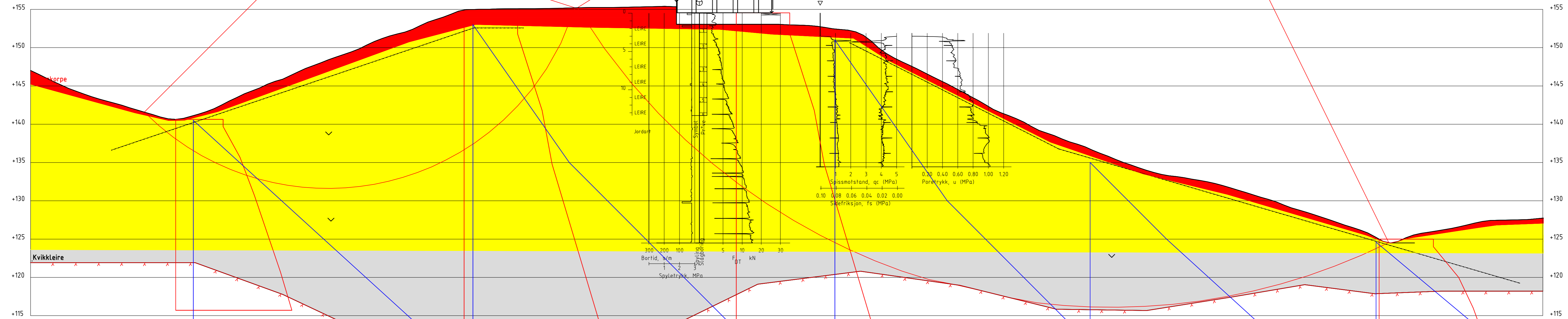
**C7: Profil T1, senking grunnvannstand, udrenert tilstand**

**C8: Profil T1, senking grunnvannstand, drenert tilstand**

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	FC	Ca	Ad	Ap	Fc=1.75
Tørreskorpe	19.00	9.00	32.0	0.0			
Leire	19.00	9.00	31.0	1.0			
Kvikkleire	18.50	8.50	31.0	1.0			

Fc=1.75  
 udrenert-kritisk  
 Resultat file : G:\geoarkiv\20230480\STABGRAF.RIT\PROFIL\_T1\_DAGENS-ETTER\_ERT\_R9

Fc=1.22  
 udrenert-kritisk  
 Resultat file : G:\geoarkiv\20230480\STABGRAF.RIT\PROFIL\_T1\_DAGENS-ETTER\_ERT\_R8



Profil T1-T1

su = SHANSEP (tidligere terreng 180 moh)  
 u: +11 kPa/m

su = CPTU LG08-12  
 under CPTu: +3 kPa/m

grunnvannstand: 2 m dybde  
 2-20m dybde: +7 kPa/m  
 20+ m dybde: +10 kPa/m

su = CPTU LG08-12  
 under CPTu: +3 kPa/m

grunnvannstand: 1.6 m dybde  
 1.4-22.5m dybde: +7 kPa/m  
 >22.5 m dybde: +10 kPa/m

grunnvannstand: 1.5 m dybde  
 1.5-11.5m dybde: +10 kPa/m  
 >11.5 m dybde: +11 kPa/m


su = SHANSEP (tidligere terreng 180 moh)  
 u: +12 kPa/m

**FORKLARINGER:**

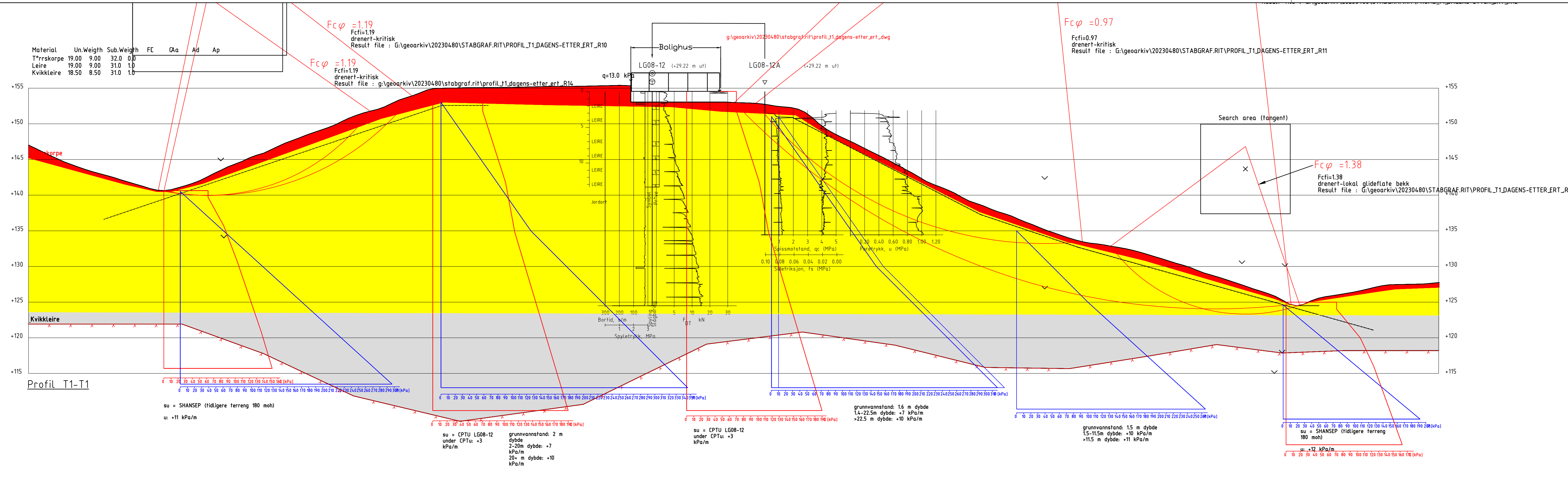
- Tørreskorpe
- Leire
- Kvikkleire

**HENVISNINGER:**

Tegning 020 - Plantegning, plasing profiler og borpunkt

01	Berg overflate basert på ERT målinger	29.05.2024	LaH	HHe	LaH
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
		Status			
		Original format			
		Tegningens filnavn			
		Målestokk			
Lillestrøm kommune		1:250			
Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner)					
Stabilitetsberegninger Profil T1 Udrenert					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		29.05.2024	LaH	HHe	LaH
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20230480	Vedlegg C1	01	





**FORKLARINGER:**

- Tørrskorpe
- Leire
- Kvikkleire

**HENVISNINGER:**

Tegning 020 - Plantegning, plassering profiler og borpunkt

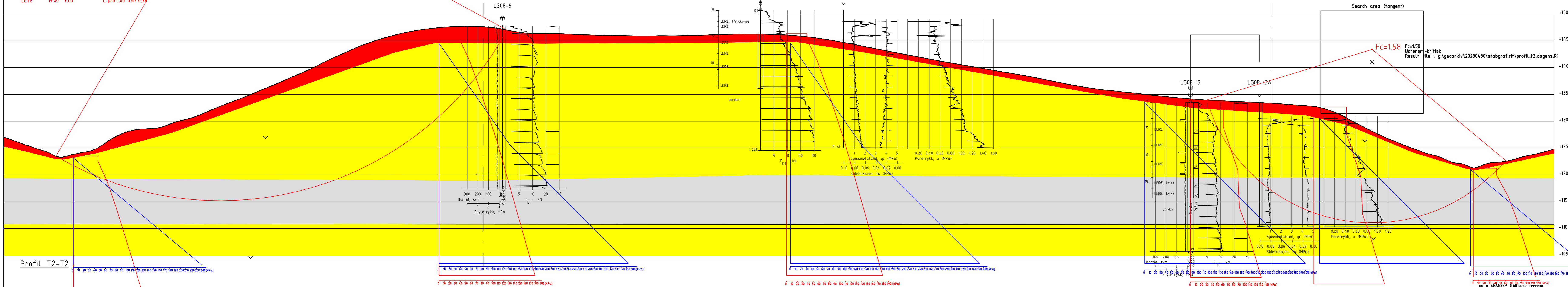
01	Berg overflate basert på ERT målinger	29.05.2024	LaH	HHe	LaH
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
		Lillestrøm kommune			
		Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner) Stabilitetsberegninger Profil T1 Drenert			
		1:250		NGI	
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 29.05.2024	Konstr./Tegnet LaH	Kontrollert HHe	Godkjent LaH
Oppdragsnr. 20230480		Tegningsnr. Vedlegg C2		Rev. 01	

Material	Un.Weight	Sub.Weight	FC	Ca	Ad	Ap
Tørreskorpe	19.00	9.00	32.0	0.0		
Leire	19.00	9.00	C-profil.00	0.67	0.38	
Kvikkleire	18.50	8.50	C-profil.00	0.63	0.35	
Leire	19.00	9.00	C-profil.00	0.67	0.39	

Fc=1.07

Udrenert-kritisk  
Result file : g:\gearkiv\20230480\stabgraf.rit\profil\_j2\_dagens.R2

g:\gearkiv\20230480\stabgraf.rit\profil\_j2\_dagens.dwg



Profil T2-T2

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 (kPa)

su = SHANSEP (tidligere terreng 150 moh)  
u: +12 kPa/m

su = SHANSEP (tidligere terreng 165 moh)

grunnvannstand: 3 m dybde  
3-22 m: +7 kPa/m  
>22 m: +10 kPa/m

su = SHANSEP (tidligere terreng 165 moh)

grunnvannstand: 1.5 m dybde  
3-22 m: +7 kPa/m  
>22 m: +10 kPa/m

su = CPTU tolk LG08-13  
under CPTU: +3 kPa/m

grunnvannstand: 1.5 m dybde  
>1.5 m: +10 kPa/m

su = CPTU tolk LG08-13  
under CPTU: +3 kPa/m

grunnvannstand: 2 m dybde  
>2 m: +10 kPa/m

u: +12 kPa/m

**FORKLARINGER:**

- Tørreskorpe
- Leire
- Kvikkleire

**HENVISNINGER:**

Tegning 020 - Plantegning, plasing profiler og borpunkt

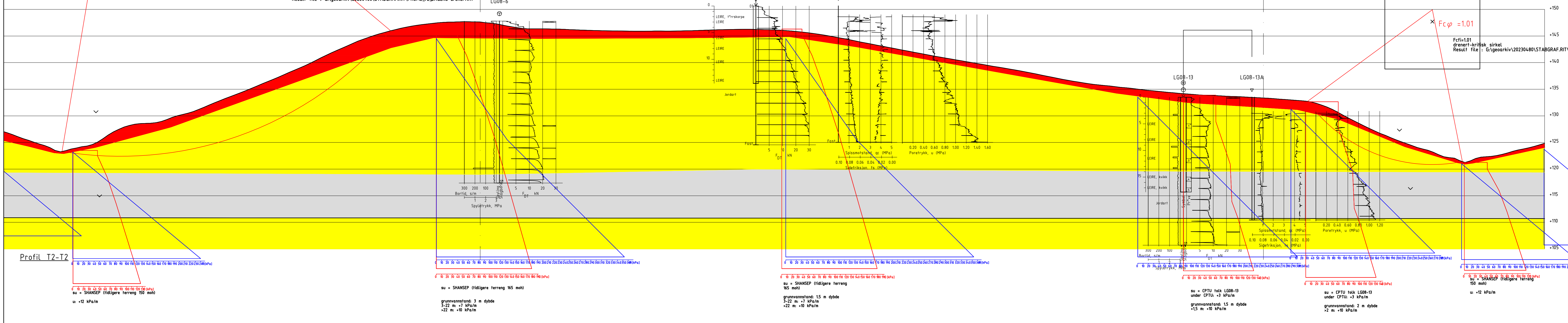
01	Fjernet løseområde	27.03.2024	LaH	HHe	LaH
Rev.	Beskrivelse	Date	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Lillestrøm kommune		Status	Original format		
Utredning av skredfare for		Format	A30		
Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner)		Tegningens filnavn	C3 Profil_T2_dagens_udrenert.dwg		
Stabilitetsberegninger Profil T2 Udrenert		Målestokk	1:250		
NGI		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		27.03.2024	LaH	HHe	LaH
Oppdragsnr.		Tegningsnr.	Rev.		
20230480		Vedlegg C3	01		

Material	Un.Weight	Sub.Weight	FC	Ca	Ad	Ap
Tørrskorpe	19.00	9.00	32.0	0.0		
Leire	19.00	9.00	31.0	1.0		
Kvikkleire	18.50	8.50	31.0	1.0		
Leire	19.00	9.00	31.0	1.0		

$F_c\phi = 1.08$

Fcfi=1.08  
drenert-kritisk  
Result file : G:\gearkiv\20230480\STABGRAF.RIT\PROFIL\_T2\_DAGENS-drenert.R7

g:\gearkiv\20230480\stabgraf.rit\profil\_t2\_dagens.dwg



Search area (tangent)

$F_c\phi = 1.01$

Fcfi=1.01  
drenert-kritisk sirkel  
Result file : G:\gearkiv\20230480\STABGRAF.RIT

Profil T2-T2

su = SHANSEP (tidligere terreng 150 moh)  
u: +12 kPa/m

su = SHANSEP (tidligere terreng 165 moh)  
grunnvannstand: 3 m dybde  
3-22 m: +7 kPa/m  
>22 m: +10 kPa/m

su = SHANSEP (tidligere terreng 165 moh)  
grunnvannstand: 1.5 m dybde  
3-22 m: +7 kPa/m  
>22 m: +10 kPa/m

su = CPTU tolk LG08-13  
under CPTU: +3 kPa/m  
grunnvannstand: 1.5 m dybde  
>1.5 m: +10 kPa/m

su = CPTU tolk LG08-13  
under CPTU: +3 kPa/m  
grunnvannstand: 2 m dybde  
>2 m: +10 kPa/m

u: +12 kPa/m

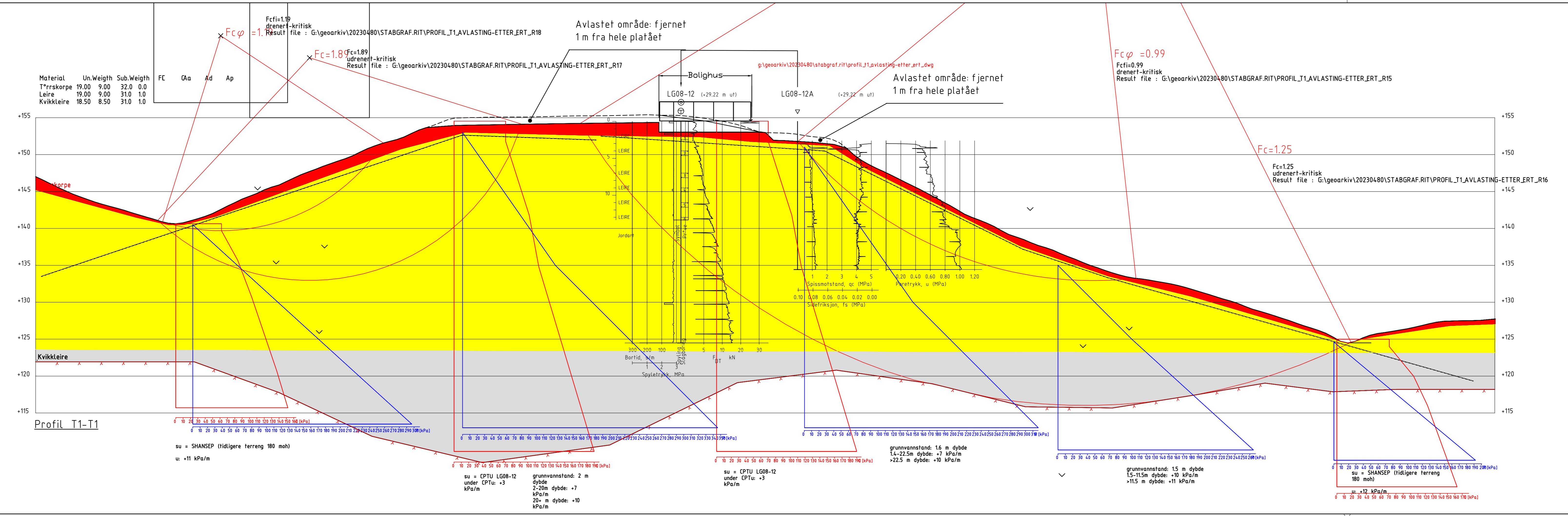
### FORKLARINGER:

- Tørrskorpe
- Leire
- Kvikkleire

### HENVISNINGER:

Tegning 020 - Plantegning, plasing profiler og borpunkt

01	Fjernet løseområde	27.03.2024	LaH	HHe	LaH
Rev.	Beskrivelse	Date	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Lillestrøm kommune		Status	Original format		
Utredning av skredfare for		—	A30		
Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner)		Tegningens filnavn	C4_Profil_T2_dagens_drenert.dwg		
Stabilitetsberegninger Profil T2 Drenert		Målestokk	1:250		
NGI		Date	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		27.03.2024	LaH	HHe	LaH
Oppdragsnr.		Tegningsnr.	Rev.		
20230480		Vedlegg C4	01		



**FORKLARINGER:**

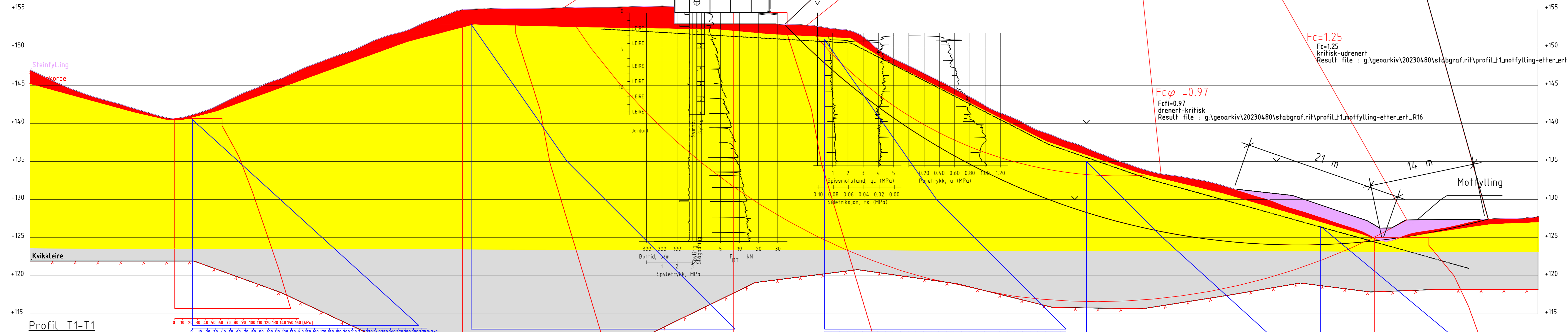
- Tørrskorpe
- Leire
- Kvikkleire

**HENVISNINGER:**

Tegning 020 - Plantegning, plassering profiler og borpunkt

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
Lillestrøm kommune		Original format A30		Tegningens filnavn C5_PROFIL_T1_UDRENERT-AVLASTING-ETTER_ERT	
Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner). Stabilitetsberegninger Profil T1 Udrenert og drenert. Avlaste platå 1 m.		Målestokk 1:250	NGI		
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 03.06.2024	Konstr./Tegnet LaH	Kontrollert HHe	Godkjent LaH
Oppdragsnr. 20230480		Tegningsnr. Vedlegg C5		Rev. 00	

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	FC	Ca	Ad	Ap
Steinfylling	19.00	9.00	35.0	0.0		
Tørreskorpe	19.00	9.00	32.0	0.0		
Leire	19.00	9.00		C-prof1.00	0.67	0.38
Kvikkleire	18.50	8.50		C-prof1.00	0.63	0.35



$F_c \phi = 1.18$   
 $F_{c\phi} = 1.18$   
 dreneret-stor glideflate (tidligere SF=1.02)  
 Result file : g:\geoarkiv\20230480\stabgraf.rit\profil\_t1\_motfylling-etter\_ert\_R17

$F_c = 1.25$   
 $F_{c\phi} = 1.25$   
 kritisk-udrenert  
 Result file : g:\geoarkiv\20230480\stabgraf.rit\profil\_t1\_motfylling-etter\_ert\_R15

$F_c \phi = 0.97$   
 $F_{c\phi} = 0.97$   
 dreneret-kritisk  
 Result file : g:\geoarkiv\20230480\stabgraf.rit\profil\_t1\_motfylling-etter\_ert\_R16

su = SHANSEP (tidligere terreng 180 moh)  
 u: +11 kPa/m

su = CPTU LG08-12  
 under CPTU: +3 kPa/m  
 grunnvannstand: 2 m dybde  
 2-20m dybde: +7 kPa/m  
 20+ m dybde: +10 kPa/m

su = CPTU LG08-12  
 under CPTU: +3 kPa/m

grunnvannstand: 1.6 m dybde  
 1.4-22.5m dybde: +7 kPa/m  
 >22.5 m dybde: +10 kPa/m

grunnvannstand: 1.5 m dybde  
 1.5-11.5m dybde: +10 kPa/m  
 >11.5 m dybde: +11 kPa/m

su = SHANSEP (tidligere terreng 180 moh)  
 u: +12 kPa/m (hevet grunnvannstand)

**FORKLARINGER:**

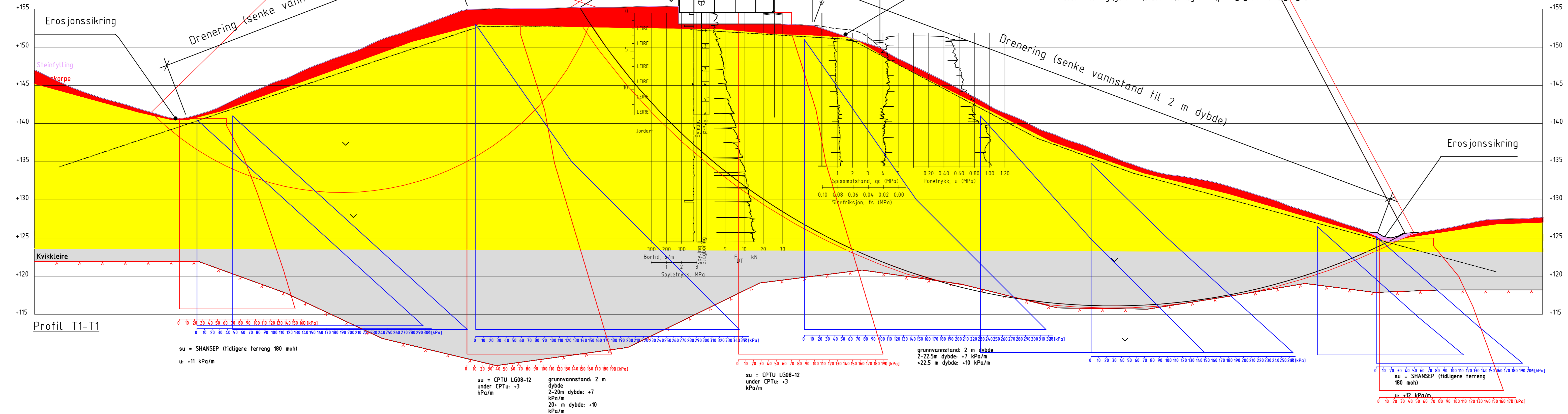
- Tørreskorpe
- Leire
- Kvikkleire
- Motfylling

**HENVISNINGER:**

Tegning 020 - Plantegning, plasing profiler og borpunkt

Lillestrøm kommune		Date		Tegn.		Kontr.		Godkj.	
Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner). Stabilitetsberegninger Profil T1 Udrenert og Drenert. Motfylling.		Status		Original format		Tegningens filnavn		Målestokk	
		=		A30		C6 PROFIL T1 MOTFYLLING-ETTER ERT		1:250	
NGI		Date		Konstr./Tegnet		Kontrollert		Godkjent	
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		03.06.2024		LaH		HHe		LaH	
Oppdragsnr.		20230480		Tegningsnr.		Vedlegg C6		Rev.	
								00	

Material	Un.Weighth	Sub.Weighth	FC	Ga	Ad	Ap
Steinfylling	19.00	9.00	35.0	0.0		
Tørrskorpe	19.00	9.00	32.0	0.0		
Leire	19.00	9.00				
Kvikkleire	18.50	8.50				
			C-profil.00	0.67	0.38	
			C-profil.00	0.63	0.35	



**FORKLARINGER:**

- Tørrskorpe
- Leire
- Kvikkleire
- Erosjonssikring

**HENVISNINGER:**

Tegning 020 - Plantegning, plassering profiler og borpunkt

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-

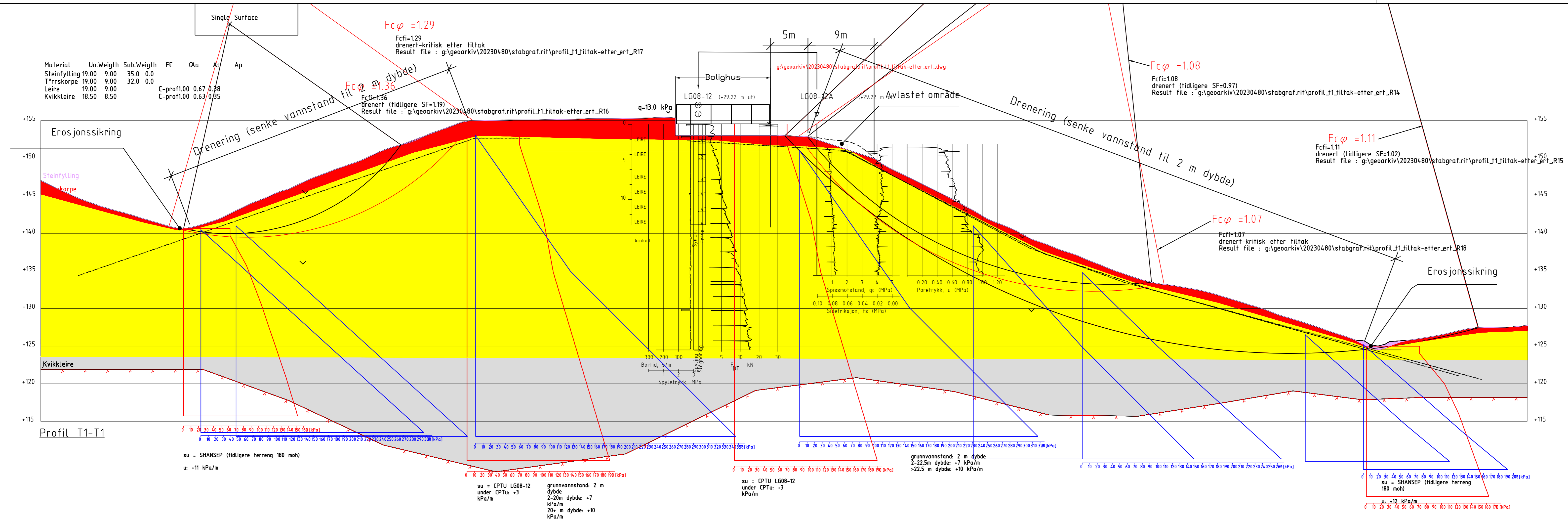
**Lillestrøm kommune**

Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner). Stabilitetsberegninger Profil T1 Udrenert. Senking grunnvannstand.

1:250

**NGI**

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 29.05.2024	Konstr./Tegnet LaH	Kontrollert HHe	Godkjent LaH
Oppdragsnr. 20230480	Tegningsnr. Vedlegg C5	Rev. 00		



- FORKLARINGER:**
- Tørrskorpe
  - Leire
  - Kvikkleire
  - Erosjonssikring

**HENVISNINGER:**  
Tegning 020 - Plantegning, plassering profiler og borpunkt

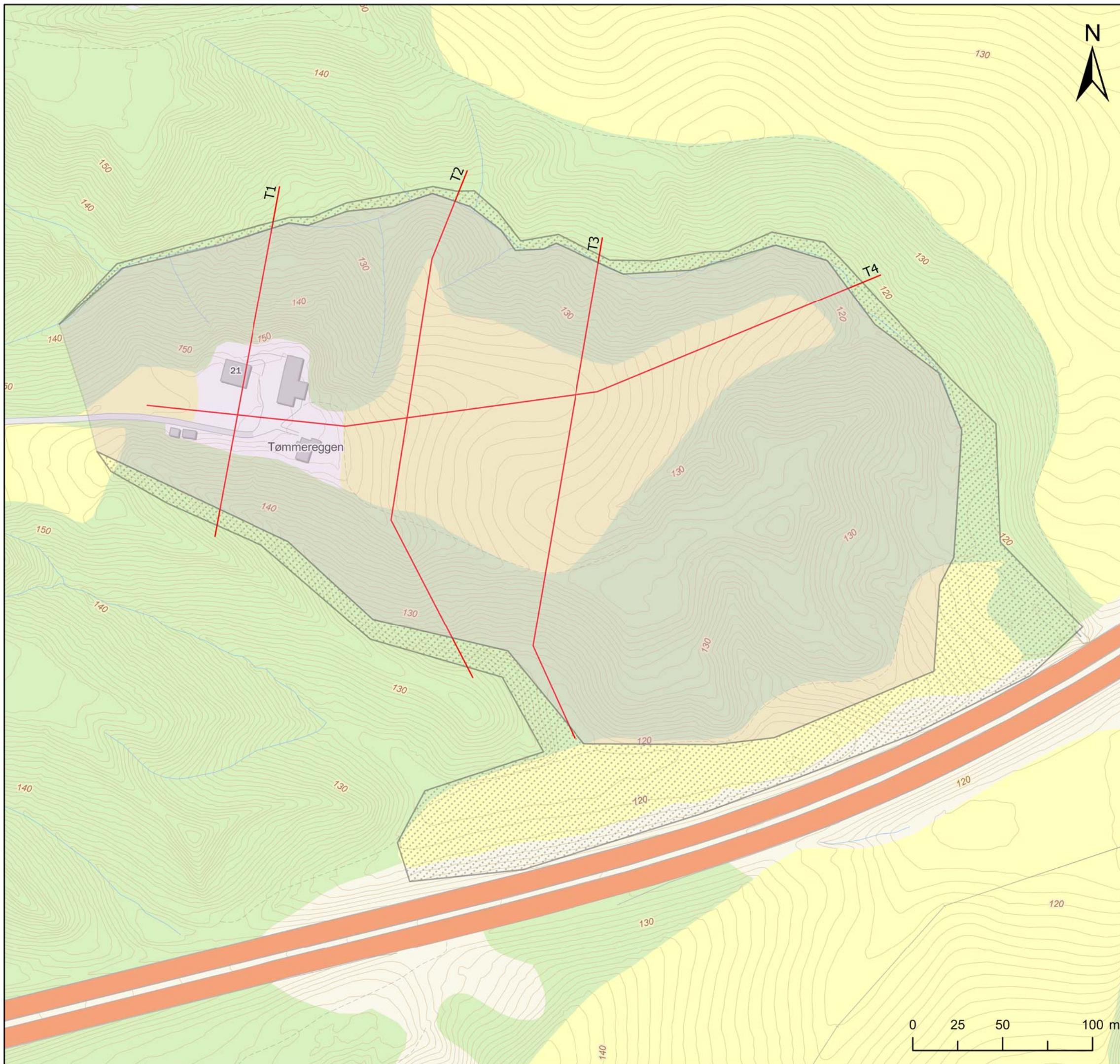
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Lillestrøm kommune</b>		Status			
		Original format			
		A3.0			
		Tegningens filnavn			
Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner). Stabilitetsberegninger Profil T1 Dreneret. Senking grunnvannstand.		Målestokk		1:250	
		NGI			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		29.05.2024	LaH	HHe	LaH
Oppdragsnr.		Tegningsnr.		Rev.	
20230480		Vedlegg C8		00	

# Vedlegg D

KART MED LØSNEOMRÅDET OG  
UTLØPSOMRÅDET







**Tegnforklaring**

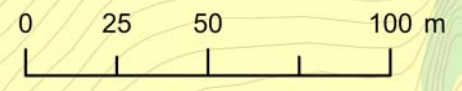
- Utløpsområde
- Løsneområde
- NGI profiler

**Lillestrøm kommune**  
**Utredning av skredfare for Skibakkveien og Tømmereggen**  
 Kart med løsneområde og utløpsområde

Dato	2024-02-09	Utført	LaH	Kontrollert	HHe	Godkjent	LaH
Original format og målestokk	A3 1:2 075		Kartprojeksjon				
		ETRS 1989 UTM Zone 33N					
Prosjektnr.	20230480	Dokumentnr.	20230480-02-TN	Kartnr.	Vedlegg D	Rev.	00

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

Tlf: 22 02 30 00  
www.ngi.no



# Vedlegg E

## KLASSIFISERING AV FARESONE

Utredning av skredfare for Skibakkveien og Tømmereggen

Dokumentnr. 20230480-02-TN

Vedlegg E

**FAREGRAD (profil T1)**

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score	Vektet faregrad	Kommentarer
Tidligere skredaktivitet	1	2	2	Flere store, gamle skred kartlagt i NGU's løsmassekart
Skråningshøyde, meter	2	3	6	H>30m ved gårdstunet
OCR	2	1	2	Ca. 25m overlaging på platået. CPTu indikerer OCR<2 under 20m dybde
Poretrykk overtrykk	3	0	0	Ingen målinger på Tømmereggen.
Poretrykk undertrykk	-3	2	-6	Antatt undertrykk på platået.
Kvikkleiremektighet	2	0	0	Kvikkleire ligger ca. på nivå med bekken (ravine nord for Tømmereggen)
Sensitivitet	1	3	3	St>100 ved borhull LG08-13
Erosjon	3	2	6	Noe erosjon langs hele bekken
Terrenginngrep: Forverring	3	1	3	Fylt ut noe ved skråningskanten. Mer overflatevann i bekken etter bygging av boligfelt nordvest for Tømmereggen (iht. grunneierne).
Terrenginngrep: Forbedring	-3	0	0	Ingen
Sum poeng			16	
% av maksimal poengverdi			31	

Faregradklasse: LAV

**SKADEKONSEKVENNS**

Faktorer	Vekttall	Konsekvens, score	Vektet konsekvens	Kommentarer
Boligheter	4	1	4	To bolighus
Næringsbygg	3	1	3	Driftsbygninger
Annen bebyggelse, verdi	1	0	0	Ingen
Veier	2	0	0	Antar at kvikkleira demmes opp mot veifylling.
Toglinje	2	0	0	Ingen
Kraftnett	1	0	0	Lokal
Oppdemning	2	1	2	Skredmasser kan fylle opp ravinen og kan blokkere kulverten under E6. Kan bli noe oppdemning.
Sum			9	
% av maksimal poengverdi			20	

Konsekvensklasse: ALVORLIG

**RISIKO**

	Score	Risikoklasse
skadekonsekvens x faregrad =	627	2

<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>		
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Utredning av skredfare for Tømmereggen (Frogner)		<b>Dokumentnr./Document no.</b> 20230480-02-TN
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Teknisk notat / Technical note	<b>Oppdragsgiver/Client</b> Lillestrøm Kommune	<b>Dato/Date</b> 2024-02-15
<b>Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/Proprietary rights to the document according to contract</b> NGI		<b>Rev.nr. &amp; dato/Rev.no. &amp; date</b> 1 / 2024-06-10
<b>Distribusjon/Distribution</b> BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
<b>Emneord/Keywords</b> skråningsstabilitet, utglidninger		

<b>Stedfesting/Geographical information</b>	
<b>Land, fylke/Country</b> Norge, Viken	<b>Havområde/Offshore area</b>
<b>Kommune/Municipality</b> Lillestrøm	<b>Felt navn/Field name</b>
<b>Sted/Location</b> Tømmereggen, Frogner	<b>Sted/Location</b>
<b>Kartblad/Map</b>	<b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>
<b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b> Sone: Øst: Nord:	<b>Koordinater/Coordinates</b> Projeksjon, datum: Øst: Nord:

<b>Dokumentkontroll/Document control</b> Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns- kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter- disciplinary review by:
0	Originaldokument	2024-02-14 Laura Rødvand	2024-02-14 Håkon Heyerdahl		
1	Stabilitetsberegninger: stabiliserende tiltak	2024-06-03 Laura Rødvand	2024-06-06 Håkon Heyerdahl		

<b>Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release</b>	<b>Dato/Date</b> 10. juni 2024	<b>Prosjektleder/Project Manager</b> Laura Rødvand
--	-----------------------------------	---

NGI – Norges Geotekniske Institutt - er et uavhengig forskningsinstitutt innen geoteknikk og andre ingeniørrettede geofag.

Vi kombinerer geokunnskap og teknologi for å utvikle smarte og bærekraftige løsninger innen infrastruktur på land og til havs, innen miljøteknologi, forurenset grunn og naturfarer som jord- og snøskred. Forskingen vår leverer kunnskap som bidrar til å løse noen av de viktigste utfordringene verden står overfor innenfor klima, miljø, energi og samfunnsikkerhet.

Samfunnsoppgaven vår er å utvikle geofagene og fremskaffe kunnskapsgrunnlaget for å bygge, bo og ferdes på sikker grunn. Dette løser vi ved å la forskning og rådgivning gå "hånd i hånd" og være brobygger mellom akademia, næringsliv og det offentlige.

Vi har kontorer i Norge, USA og Australia og vi har internasjonalt anerkjente laboratorier.

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

NGI – The Norwegian Geotechnical Institute – is an independent research centre in the field of geotechnical engineering and the engineering geosciences.

We combine geotechnical knowledge and technology to develop smart and sustainable solutions in infrastructure on land and at sea, in environmental technology, contaminated soil and natural hazards such as landslides and avalanches. Our research provides knowledge that contributes to solve some of the most important challenges the world faces with regards to climate, the environment, energy and societal security.

Our societal mission is to develop the geosciences and produce the knowledge basis to build, live and travel on safe ground. We solve this by combining research and consulting hand-in-hand and being a bridge-builder between academia, industry and the public sector.

We have offices in Norway, the US and Australia, including internationally recognised laboratories.

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

