
10213952-RIG-R01-A02

Geoteknisk vurdering av skråningsstabilitet på Kvenildstrøa



Foto: Helene A. Amundsen

Kunde: Kvenildstrøa 51 AS

Prosjekt: RIG Kvenildstrøa Tiller

Prosjektnummer: 10213952

Dokumentnummer: R01

Rev.: A02

Sammendrag:

Kvenildstrøa 51 AS, i samarbeid med Heimdal Granitt og Betong og Per Knudsen Arkitektkontor AS, planlegger å etablere bebyggelse og anlegg for industri og lager på eiendommen gnr./bnr. 312/2 på Kvenildstrøa. Det er planlagt to drifts- og lagerbygninger på inntil 9 000 m² samlet grunnflate.

Planområdet ligger innen kvikkleiresone 227 Kvenildstrøa som er klassifisert med faregrad høy og risikoklasse 3. Det er påvist kvikkleire under hele planområdet og i ravinedalene.

Foreliggende rapport omhandler utredning av områdestabilitet mot ravinedaler og vurdering av utbredelsen av løseområder. Innhold av foreliggende rapport underlegges uavhengig tredjepartskontroll i henhold til NVEs veileder 7/2014.

Det konkluderes med at et eventuelt skred i en av skåningene mot ravinedalene ikke kommer til å forplante seg bakover til den planlagte bebyggelsen. En begrenset del av planområdet i nord er innenfor løseområdet og kan derfor ikke utbygges før et stabiliserende tiltak er gjennomført.

Rapporteringsstatus:

- ☒ Endelig
☐ Oversendelse for kommentar
☐ Utkast

Utarbeidet av: Helene Alexandra Amundsen	Sign.:  Digitally signed by Helene Alexandra Amundsen Date: 2020.03.06 10:37:44 +01'00'
Kontrollert av: Åsmund Elgvasslien	Sign.:  Digitally signed by Åsmund Elgvasslien SN: C=NO OU=31715 O=Sweco Norge AS CN=Åsmund Elgvasslien E=asmund.elgvasslien@sweco.no Date: 2020.03.06 10:48:36 +01'00'
Prosjektleder: Helene Alexandra Amundsen	Prosjekteier: Åsmund Elgvasslien

Revisjonshistorikk:

Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av
A02	06.03.20	Endringer etter 3. parts kontroll	NOHEAL	NOASEL
A01	13.12.19	Original	NOHEAL	NOASEL

Innholdsfortegnelse

Vedlegg	4
1 Innledning	5
2 Grunnlag	5
3 Terreng- og grunnforhold	6
3.1 Topografi	6
3.2 Grunnundersøkelser	7
3.3 Grunnforhold	7
3.4 Grunnvann og poretrykk	8
4 Prosjekteringsforutsetninger og sikkerhetskrav	9
5 Utredning av områdestabilitet	9
5.1 Avgrensning av løснеområde	9
5.2 Faregradsklassifisering	9
6 Materialparametere	11
7 Stabilitetsberegninger	11
7.1 Beregningsforutsetninger	11
7.1.1 ADP-faktorer	11
7.1.2 CPTU-korrelasjoner	12
7.1.3 Sikkerhetskrav	12
7.2 Lagdeling	12
7.3 Resultater	13
8 Vurdering av stabilitet	13
8.1 Områdestabilitet	13
8.2 Avgrensning av utløpsområdet	13
9 Geoteknisk vurdering	14
10 Referanser	14

Vedlegg

Vedlegg 1 – Detaljerte prosjekteringsforutsetninger og valg av materialfaktorer

Vedlegg 2 – Borplan – tidligere og utførte grunnundersøkelser

Vedlegg 3 – Faresoneklassifisering

Vedlegg 4 – CPTU-resultater og aktiv udrenert skjærfasthet

Vedlegg 5 – Prøveserier

Vedlegg 6 – Tolket lagdeling

Vedlegg 7 – Stabilitetsberegninger

Vedlegg 8 – Løsne- og utløpsområder

Tegninger

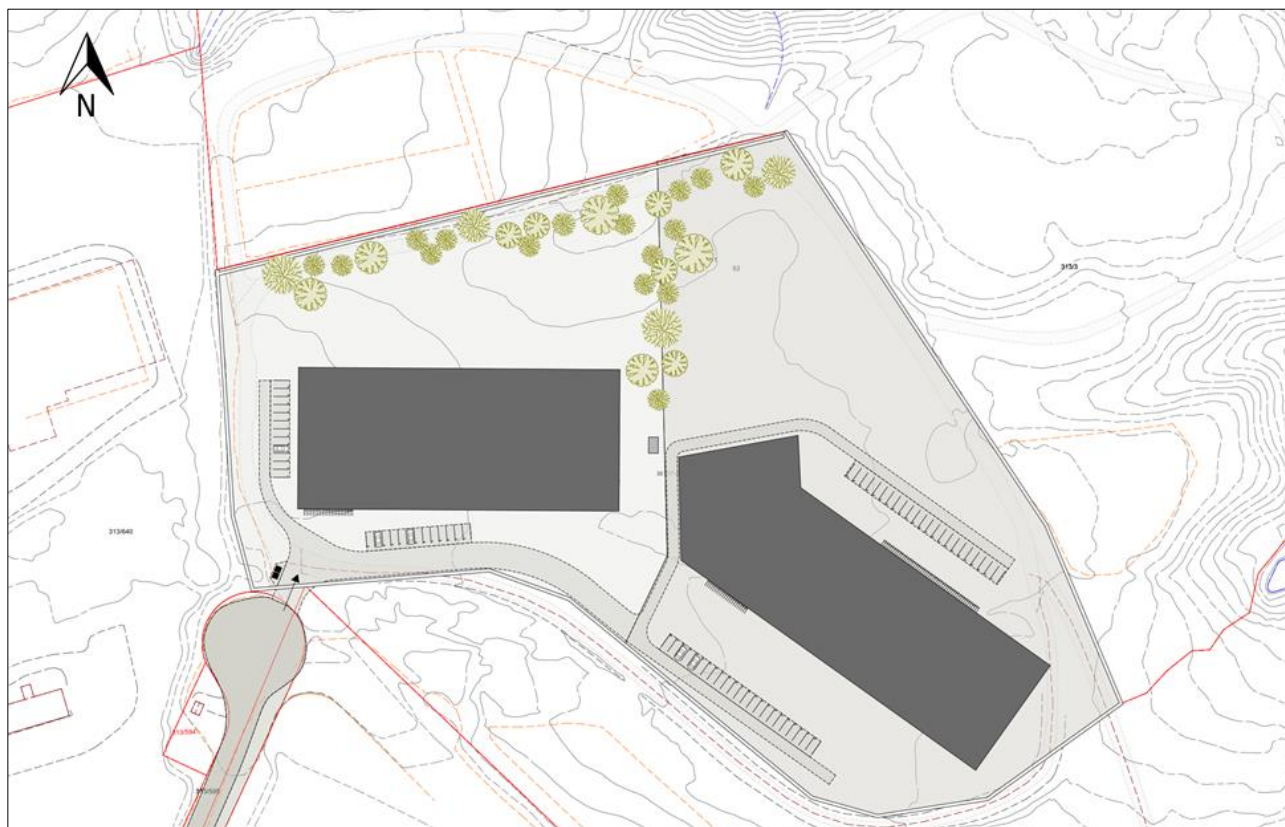
Tegning nr.	Rev. nr.	Tittel	Målestokk
G101	A01	Borplan	1:2 000
G102	A01	Tolket lagdeling, Profil A – A, Profil B – B og Profil C – C	1:400
G103	A01	Tolket lagdeling, Profil D – D, Profil E – E og Profil F – F	1:400
G104	A01	Stabilitetsberegninger i Profil A – A	1:400
G105	A01	Stabilitetsberegninger i Profil B – B	1:400
G106	A01	Stabilitetsberegninger i Profil C – C	1:400
G107	A01	Stabilitetsberegninger i Profil E – E	1:400
G108	A01	Løsne- og utløpsområder	1:2 000

1 Innledning

Kvenildstrøa 51 AS, i samarbeid med Heimdal Granitt og Betong og Per Knudsen Arkitektkontor AS, planlegger å etablere bebyggelse og anlegg for industri og lager på eiendommen gnr./bnr. 312/2 på Kvenildstrøa. Det er planlagt to drifts- og lagerbygninger på inntil 9 000 m² samlet grunnflate og maksimalt 12 m gesimshøyde, se Figur 1. Bebyggelsen planlegges i to byggetrinn der tomtens vestre del skal bebygges først.

Planområdet ligger innenfor Kvenildstrøa kvikkleiresone og er klassifisert i høy faregradsklasse. NVE-retningslinje 2-2011 [1] og bestemmelse § 4.5 i Kommuneplanens arealdel krever dokumentasjon som viser tilstrekkelig sikkerhet mot kvikkleireskred. NVE-veileder 7-2014 [2] angir hva som er minimumskrav for at retningslinjen skal være oppfylt.

Sweco Norge AS er engasjert for å utføre supplerende grunnundersøkelser og utredning av områdestabilitet i henhold til NVEs retningslinjer [2]. NVE definerer utredning av områdestabilitet som en utredning av hele faresonen, det vil si en stabilitetsvurdering av alle skråninger hvor skred kan utløses og utvikles til et områdeskred samt vurdering av utløpsområder som kan rammes av skredmassene.



Figur 1. Oversiktskart med den planlagte utbyggingen (pka arkitekter, 2019)

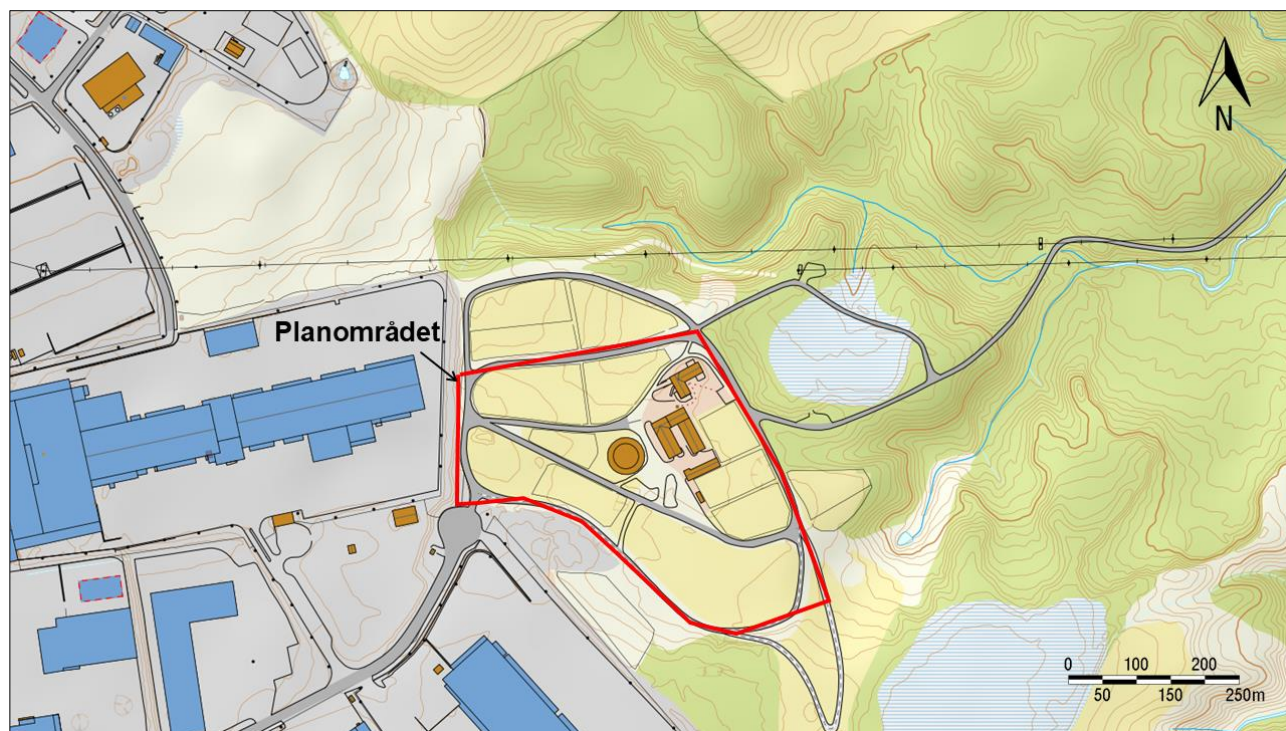
2 Grunnlag

Følgende geoteknisk rapporter ligger til grunn for geoteknisk vurdering:

- Sandven, R. Strength and deformation properties of fine grained soils obtained from piezocone tests. NTH (nå NTNU). (1990) [3]
- Trondheim kommune. *Grunnundersøkelser - datarapport. R872 Kvenildmarka*. (1992) [4]

- NTNU. *Datarapport fra grunnundersøkelse. Håbrubekken.* (2000) [5]
- Trondheim kommune. *Grunnundersøkelser - datarapport. R.1168 Kvetabekken.* (2002) [6]
- Rambøll Norge AS. *Datarapport fra grunnundersøkelse. Grunnundersøkelser Kvenild Torgård. 6061002-R02.* (2007) [7]
- Rambøll Norge AS. *Datarapport fra grunnundersøkelse. Grunnundersøkelser Kvenild Torgård. 6061002-R03.* (2008) [8]
- Trondheim kommune. *Grunnundersøkelser - datarapport. R. 1473 Tiller - Løvåsmyra.* (2010) [9]
- Rambøll Norge AS. *Grunnundersøkelser Datarapport. Utbygging Torgård. 6100648-R01.* (2010) [10]
- Gylland, A. S. Material and slope failure in sensitive clays. NTNU. (2012) [11]
- NTNU. *Datarapport fra grunnundersøkelse. Gnr./bnr. 313/2.* (2016) [12]
- Amundsen, H. A. Storage duration effects on Norwegian low-plasticity sensitive clay samples. PhD thesis. **2018:192**, NTNU. (2018) [13]
- Sweco Norge AS. *Datarapport fra grunnundersøkelser. Kvenildstrøa Tiller. Rapport 10214638-RIG-R01-A01.* (2019) [14]

Tidligere og utførte grunnundersøkelser er markert i tegning G101 i Vedlegg 1.



Figur 2. Oversiktskart med planområdet markert (kart: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>)

3 Terreng- og grunnforhold

3.1 Topografi

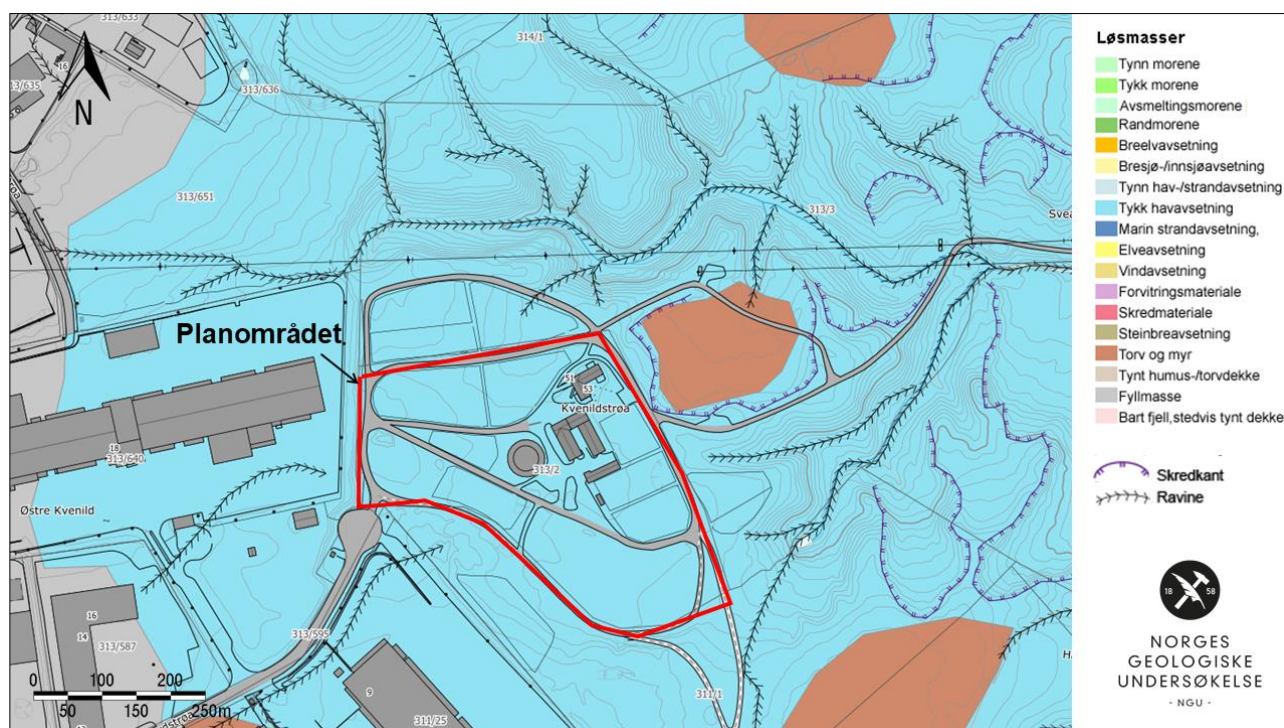
Planområdet ligger på et relativt flatt område, kotehøyde ca. + 132-135 m (høydesystem NN2000). Nord for området er det en bratt skråning, med helning på 1:3, mot en bekkedal (kotehøyde + 120 m), se oversiktskartet i Figur 2. Nordøst for planområdet har skråningen en helning på ca. 1:11 og 1:18. Terrengen bærer tydelige preg av å være dannet av erosjon og skred, se Figur 3 hvor raviner og skredkanter er markert. Terrengformasjoner tyder på gamle kvikkleireskred med relativt stort omfang [4].

3.2 Grunnundersøkelser

Det har blitt utført grunnundersøkelser på planområdet på 1980-tallet av Kummeneje, NTH og Trondheim kommune [3,4]. NTH/NTNU og SVV har brukt området øst for planområdet for diverse forskningsprosjekter [3,11–13] fram til 2018.

Rambøll Norge AS har utført grunnundersøkelser i nærheten av planområdet i perioden 2007 – 2010 [7,8,10] i forbindelse med utbygging av Torgård. I forbindelse med utbygging av Sandmoen bussdepot ble det utført grunnundersøkelser nordvest for tomten i 2016 – 2018 [15,16].

Sweco Norge AS har utført supplerende grunnundersøkelser på planområdet og i ravedalene nord og øst for planområdet [14] i forbindelse med utarbeidelse av foreliggende rapport.



Figur 3. Utsnitt fra NGUs kvartærgeologiske kart med planområdet markert (kart: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>)

3.3 Grunnforhold

Sør og sørvest for planområdet består grunnen generelt av et tørrskorpelag over bløt til middels fast leire [7,8]. Mektigheten av tørrskorpelaget er 3 – 6 m. Det er påvist kvikkleire 16 m under terrenget i punkt B16 [8].

Grunnen innenfor planområdet består av et tørrskorpelag, og stedvis fyllmasser, med mektighet på 3,5 – 5 m [4,10,12,14]. Under tørrskorpelaget er det middels fast leire. Det er påvist kvikkleire ca. 12 m under terrenget i punkt Y2, Y4 og Y5 [10]. Eldre undersøkelser på planområdet ble avsluttet ved 14 m dybde hvor sensitiviteten var 31 – 36 [4], det vi si meget sensitiv leire. De nyeste grunnundersøkelsene [17] tyder på lignende grunnforhold.

I østre del av planområdet består grunnen av ca. 4 m tørrskorpelag over en middels fast leire. Kvikkleire er påvist 7,5 – 8 m under terrenget [3,11,13]. Fra 13 m dybde inneholder kvikkleiren en del sand- og gruskorn.

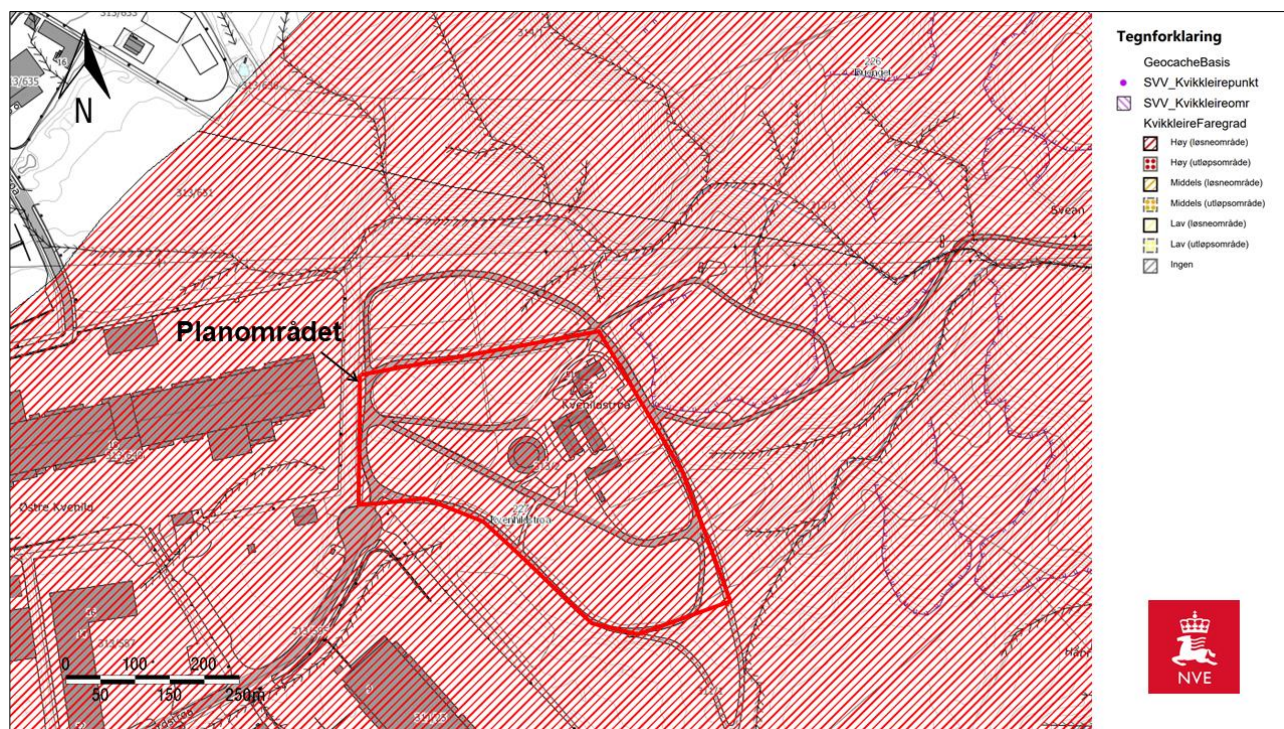
Nord for planområdet består grunnen av tilsvarende grunnforhold som på planområdet. Ravinedalen er ca. 10 – 14 m dyp og kvikkleirelaget ligger ca. 4 – 10 m under ravinebunnen.

Alle overfor nevnte grunnundersøkelser tyder på at det er et sammenhengende lag av kvikkleire i kotehøyde + 117 - 125 m. Lagets tykkelse er rundt 10 – 24 m og det ligger ca. 10 – 16 m under terreng. I ravinedalen ligger kvikkleire 4 – 10 m under terreng. Dybde til berggrunn er ikke kjent da alle boringene er avsluttet i leire eller antatt morene.

3.4 Grunnvann og poretrykk

Poretrykk ble målt i 6 m og 10 m dybde ved planområdets grenser (se punkt Y1 og Y4 i tegning G101) [10]. Målingene viste en hydrostatisk poretrykksfordeling med en grunnvannstand ca. 3.5 m (punkt Y1) og 4.5 m (punkt Y4) under terreng. En hydrostatisk poretrykksfordeling ble også målt øst for planområdet (se punkt HA-3 i tegning G101) med grunnvannstand ca. 1 m under terrenget.

Poretrykk ble målt i ravinedalene (se borpunkt SW_3 og SW_6 i tegning G101) nord og øst for planområdet, og målingene viste 10-20 kPa poreovertrykk med dybden [14].



Figur 4. Utsnitt fr NVEs kvikkleirefarekart med planområdet markert (kart: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>)

4 Prosjekteringsforutsetninger

Tabell 1 oppsummer valgte sikkerhetsprinsipper for planlagt utbygging. En utfyllende begrunnelse for klassifisering av prosjektet er gitt i Vedlegg 1.

Tabell 1. Oppsummering av valgte sikkerhetsprinsipper for tiltaket.

Sikkerhetsprinsipper	Tiltaket	Referanse til regelverk
Geoteknisk kategori	2	[18]
Konsekvens- og pålitelighetsklasse (CC/RC)	2	[19]
Prosjekterings- og utførelseskontroll (PKK/UKK)	2	[19]
Tiltakskategori	K4	[20]
Seismisk grunntype	S ₂	[21]
Seismisk klasse	III	[21]

5 Utredning av områdestabilitet

Figur 4 viser at planområdet er innenfor kvikkleiresone 227 Kvenildstrøa. Kvikkleiresonen er klassifisert med faregrad høy og risikoklasse 3. Planområdet ligger i nærheten av ravinedaler og skredgroper, se Figur 3. Det er påvist kvikkleire i punkter som omringer planområdet og de utførte undersøkelser på planområdet samsvarer tidligere funn.

5.1 Avgrensning av løsneområde

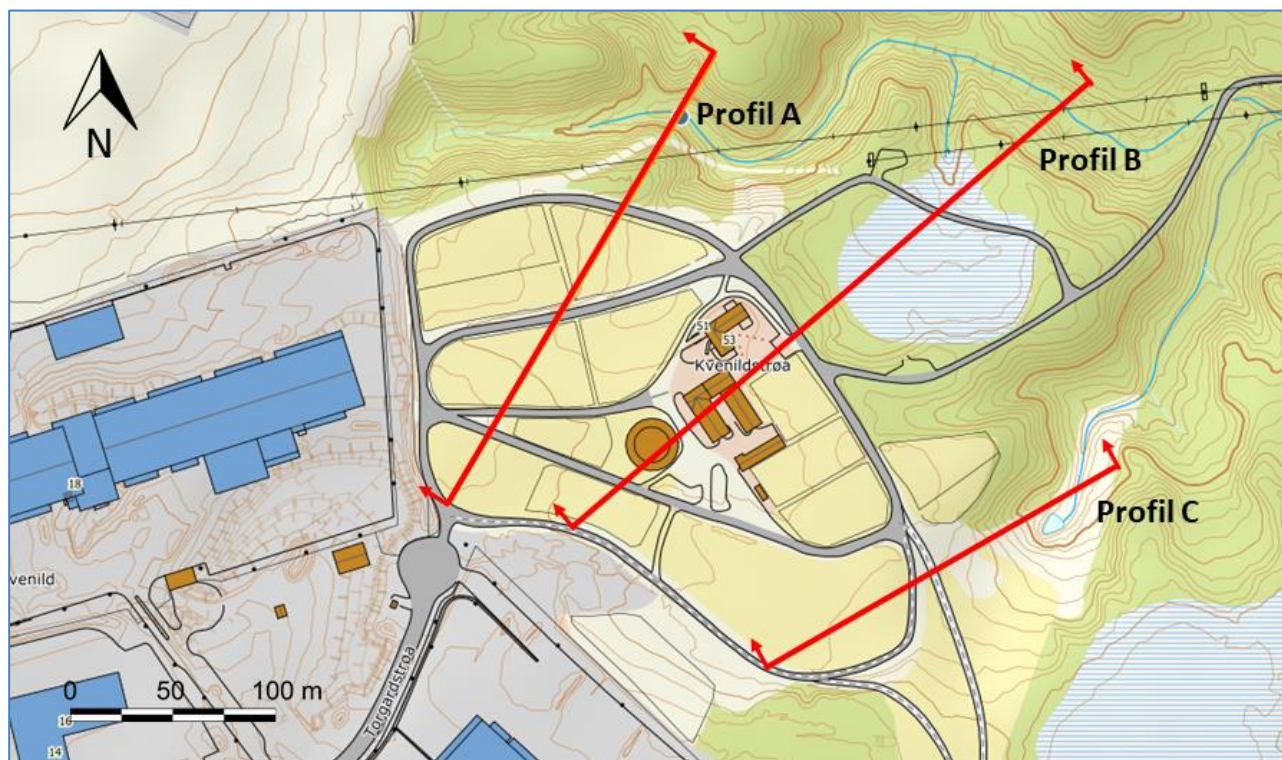
Den initielle avgrensningen av løsneområdet ble utført basert på topografiske vurderinger i henhold til NVEs veiledning 7/2014 [2] og resultater av grunnundersøkelser i nærområdet og på planområdet (se kapittel 2). Løsneområde for kvikkleireskred begrenser seg til en maksimal utstrekning lik 15 ganger skråningshøyde i ravinert terreng [2]. Skråningene som er vist i Figur 5 er 9 – 15 m høye og derfor ble løsneområde vurdert å ligge ca. 90 – 225 m bak skråningene. Noe som antyder at hele planområdet var innenfor løsneområdet.

For å vurdere utbyggelsen på planområdet er utbredelsen av løsneområdet for eventuell skred mot ravinedaler vurdert i henhold til NVEs rapport 14/2016 [2]. Denne vurderingen er gitt i kap. 8.2

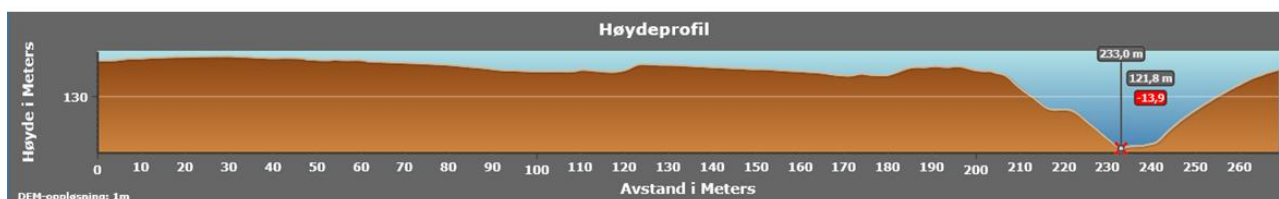
5.2 Faregradsklassifisering

Faresonen er klassifisert etter kriteriene presentert i NVEs veileder 7/2014 [2] og evalueringen er presentert i foreliggende rapport, se Vedlegg 3.

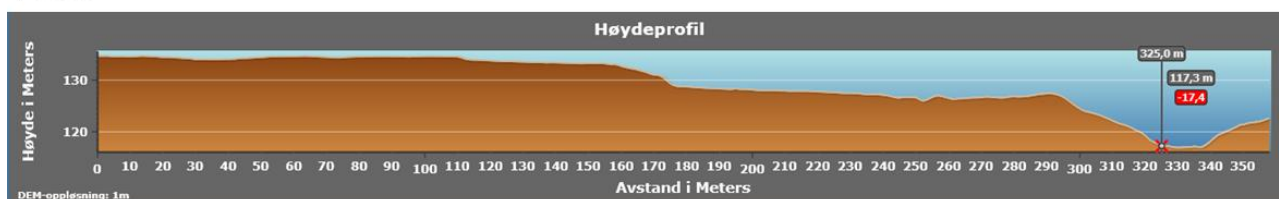
Området er plassert i **faregradsklasse middels** med en poengsum på 49.02% for eksisterende terreng. Utbyggingen bidrar verken positivt eller negativt på områdestabiliteten fordi bygningene er planlagt relativt langt fra skråningstoppen. Stabiliserende tiltak er nødvendig dersom området innenfor løsneområdet skal utbygges.



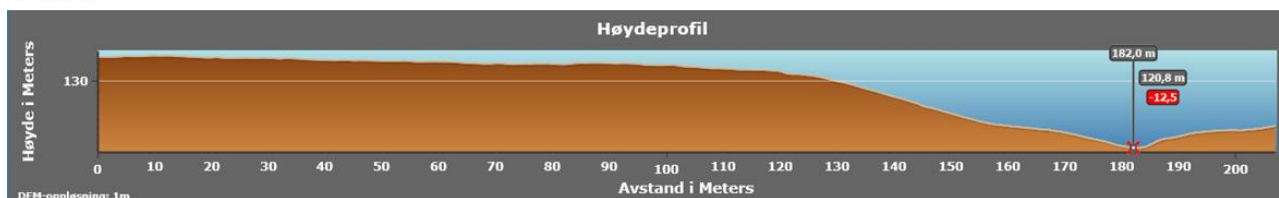
Profil A



Profil B



Profil C



Figur 5. Profil A, B og C. Kvenildstrøa (kart: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>)

6 Materialparametere

Tabell 2 oppsummerer materialparametrene som ble brukt i stabilitetsberegninger. Bestemmelse av materialparametrene baserer seg på resultater fra omfattende laboratorieundersøkelser utført av NTNU i 2014 – 2017 [13]. Enkelte eksempler er presentert i 6.

Kvaliteten av laboratorieundersøkelsene som ligger til grunn for valg av materialparametrene er hovedsakelig «Veldig god til utmerket» og «God til brukbar» [13], vurdert etter veiledende kriterier for evaluering av prøve kvalitet basert på endring i poretrykk [22].

Dokumentasjon av målenøyaktighet for CPTU-sonderingene utført av Sweco Norge AS er vist i rapport 10214638-RIG-R01-A01 [14]. Alle seks CPTU-sonderingene har anvendelsesklasse 1 for både friksjon og poretrykk. Anvendelsesklasse for spissmotstand er 3 for SW_3 og 2 for SW_6, resterende CPTU-sonderinger har anvendelsesklasse 1.

Tabell 2: Materialparametere for stabilitetsberegninger.

Materiale	Tyngdetetthet (kN/m ³)	OCR (-)	Udrenert skjærfasthet (kPa)	Friksjonsvinkel (°)	Attraksjon (kPa)
Tørrskorpeleire	20	>5	≤100	33	0
Leire	19	2,7 (ved 6 m)	30 – 40	30	10
Kvikkleire/ sprøbruddmateriale	19	1,7 (ved 10 m)	35 – 80	30	10
Morene	19	-	-	36	10

7 Stabilitetsberegninger

Tegning G101 viser plasseringen av seks profiler som strekker seg fra planområdet og ned til nærliggende ravinedalene. Fire representative profiler ble benyttet i stabilitetsberegninger, profil A – A, B – B, C – C og E – E.

Det forutsettes at bebyggelsen plasseres som illustrert i Figur 1, så langt fra skråningstoppene at byggenes vekt ikke kommer til å ha noe innvirkning på områdestabiliteten. Adkomstveien til bebyggelsen er sørvest for planområdet, det vil si en betydelig avstand fra skråningstoppene. Trafikklast er dermed ikke inkludert i stabilitetsberegninger.

Stabiliteten er beregnet for eksisterende terreng med totalspenningsanalyse for å vurdere utbredelsen til utløpsområdet for eventuelle skred i ravinedalene.

7.1 Beregningsforutsetninger

Stabilitetsberegningene ble utført ved hjelp av Stabilitetsberegningene ble utført ved hjelp av dataprogrammet «Novapoint GeoSuite Stability» versjon 16 No med beregningsmetode BEAST 2003. Programmet benytter grenselikevektprinsippet for beregning av stabilitet. Faktor som tar hensyn til 3D sidefriksjon er satt til null for alle beregningene, noe som anses å være konservativt.

7.1.1 ADP-faktorer

Anisotropifaktorer for stabilitetsberegninger (Aa, Ad og Ap) er valgt med bakgrunn i NIFS-rapport 14/2014 [23]. Plastisitetsindeks (I_p) for leiren er mellom 10% og 15%, for kvikkleiren er I_p mellom 5% og 10% og for kvikkleiren med silt/sand/grus er I_p mellom 3% og 5%. Ifølge Tabell 1 i NIFS-rapport 14/2014, beregnes anbefalte verdier for anisotropifaktorer for leire med $I_p > 10\%$ etter følgende formler:

$$c_{uD}/c_{uC} = 0,63 + 0,004225(I_p - 10)$$

$$c_{uE}/c_{uC} = 0,35 + 0,00375(I_p - 10)$$

Dersom $I_p < 10\%$ anbefales det å bruke $c_{uD}/c_{uC} = 0,63$ og $c_{uE}/c_{uC} = 0,35$. Tabell 3 viser ADP-faktorer for stabilitetsberegninger. De mest ugunstige verdiene (laveste verdier) har blitt brukt i beregningene.

Tabell 3: ADP-faktorer for stabilitetsberegninger. Aa – aktiv anisotropifaktor; Ad – direkte anisotropifaktor; Ap – passiv anisotropifaktor.

Plastisitetsindeks, I_p	Aa	Ad = c_{uD}/c_{uC}	Ap = c_{uE}/c_{uC}
Kvikkleire/sprøbruddmateriale, $I_p = 3 - 10\%$	0,850	0,630	0,350
Leire, $I_p = 15\%$	1,000	0,651	0,369

7.1.2 CPTU-korrelasjoner

For bestemmelse av udrenert skjærfasthet er CPTU-resultater korrelert med empiriske faktorer [24,25]. Aktiv udrenert skjærfasthet er definert som:

$$c_{uA} = (u_2 - u_0)/N_{\Delta u},$$

hvor $N_{\Delta u}$ er bæreevnefaktor definert som $N_{\Delta u} = 6,9 - 4 \log OCR + 0,07I_p$ for lavsensitiv leire ($S_t < 15$) og $N_{\Delta u} = 9,8 - 4,5 \log OCR$ for sensitiv leire ($S_t > 15$).

En annen metode for bestemmelse av aktiv udrenert skjærfasthet er som følgende [24,25]:

$$c_{uA} = (q_t - \sigma_{v0})/N_{kt},$$

hvor N_{kt} er bæreevnefaktor definert som $N_{kt} = 7,8 + 2,5 \log OCR + 0,082I_p$ for lavsensitiv leire ($S_t < 15$) og $N_{\Delta u} = 8,5 + 2,5 \log OCR$ for sensitiv leire ($S_t > 15$).

Profiler for aktiv udrenert skjærfasthet baserer seg på ovenfornevnte korrelasjoner og er vist i Vedlegg 4.

Aktiv udrenert skjærfasthet fra en CPTU-sondering i punkt HA-2 er satt sammen med resultater fra omfattende laboratorieundersøkelser utført i samme borpunkt [13]. Fire $N_{\Delta u}$ – verdier er valgt for å representere fire jordlag grunnen består av. Lagene er tørrskorpeleire, middels fast leire, kvikkleire og kvikkleire med sand- og gruskorn. Tilsvarende lagdeling er observert i alle CPTU-sonderingene, samt tidligere utførte laboratorieundersøkelser fra nærområdet. $N_{\Delta u}$ – verdiene er derfor brukt for tolkning av aktiv udrenert skjærfasthet i alle CPTU-sonderingene i nærheten. $N_{\Delta u}$ – verdiene resulterer i relativt konservative profiler for aktiv udrenert skjærfasthet og noe høyere verdier kan antas ved overgangen mellom kvikkleire og morene.

7.1.3 Sikkerhetskrav

Planlagt bebyggelse er plassert i tiltakskategori K4 og faresonen er klassifisert med middels risiko. Dette innebærer stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ ($\gamma_M \geq 1,4$) eller forbedring hvis $F < 1,4$ ($\gamma_M < 1,4$) etter figur 5. 1 i NVEs kvikkleireveileder 7/2014 [2].

7.2 Lagdeling

Tolkning av lagdelingen baserer seg på resultatene fra grunnundersøkelsene listet opp i kapittel 2. Lagdelingen i alle profilene (A – F) består av et topplag, leire, kvikkleire og kvikkleire med sand- og gruskorn, se tegninger G102 og G103 i Vedlegg 6. Plasseringen av profilene er vist i tegning G101.

Topplaget er opptil 5 m og består av tørrskorpeleire og stedvis fyllmasser. Topplaget har størst mektighet på planområdet og er bare 1 – 2 m i ravinedalene. Leirelaget er lavsensitivt og har en mektighet på 6 – 14 m. Laget som består av kvikkleire/sprøbruddmateriale ligger 10 – 16 m under terreng med en mektighet på opptil ca. 24 m. Det antas at det er sprøbruddmateriale helt ned til morenelaget.

Sonderingene som ble benyttet i tolkningen av lagdelingen er vist i profilene, både nye og tidligere utførte undersøkelser.

7.3 Resultater

Det er utført stabilitetsberegninger for eksisterende terreng i profil A – A, B – B, C – C og E – E, se tegninger G104 – G107 i Vedlegg 7. Resultater fra profil E – E antas å være representative for profil D – D og F – F som har tilsvarende terreng og lagdeling, se tegninger G102 og G103 i Vedlegg 6.

Tabell 4: Oppsummering av resultater fra stabilitetsberegninger.

Profil	Tegning nr.	Beregninger	Analyse	γ _m kritisk glideflate	Merknad
A – A	G104	Eksisterende terreng	ADP	1,00 – 1,01	Glideflate påtvunget i kvikkleire
B – B	G105	Eksisterende terreng	ADP	1,00	
C – C	G106	Eksisterende terreng	ADP	1,00	
E – E	G107	Eksisterende terreng	ADP	1,42	

8 Vurdering av stabilitet

8.1 Områdestabilitet

Stabilitetsberegningsprofiler er presentert i tegninger G104 – G107 (Vedlegg 7) og resultatene er oppsummert i Tabell 4. Resultatene viser en oppnådd sikkerhet på 1,00 – 1,02 i profil A – A, B – B og C – C, hvor den kritiske skjærflaten går i kvikkleire/sprøbruddmateriale. Sikkerhet mot skred er 1,42 i profil E – E. Det antas at profil D – D og F – F har tilsvarende sikkerhet. Det understrekes at de utførte beregningene er noe konservative, men det må påregnes at det er dårlig stabilitet i skråningene mot ravinedalene.

Årstidsvariasjoner og ekstrem nedbør kan påvirke skråningsstabiliteten negativt. Sikkerhetsfaktorene kan variere noe i profilene A – A, B – B og C – C, men kritisk skjærflate forblir tilnærmet det samme. Profil E – E har en tilfredsstillende sikkerhet mot skred og årstidsvariasjoner er vurdert å ha en minimal effekt fordi nivået til grunnvannstanden er allerede konservativt.

Resultatene tyder på at det må iverksettes stabiliserende tiltak før en eventuell utbygging av området nærmere ravinedalene. Det ble ikke observert noe pågående erosjon i ravinedalene under befaringen høsten 2019, men dersom bekkene eroderer ravinedalen kommer det til å forverre skråningsstabiliteten og utløse et skred. Det er også utført stedvis erosjonssikring av bekkene som ligger nord og øst for planområdet.

8.2 Avgrensning av løсне- og utløpsområdet

For å vurdere muligheten for å kunne utbygge planområdet uten å ta hensyn til den ikke tilfredsstillende stabiliteten mot ravinedalene, er det behov for å vurdere utbredelsen av løснеområdet for eventuell skred mot ravinedalene. Vurderinger er utført i henhold til fremgangsmåte beskrevet i NVEs rapport 14/2016 «Metode for vurdering av løсне- og utløpsområder for områdeskred» [26], også kalt L/H-metoden.

Det er registrert mange skredhendelser i området, både med løснеområde $L/H > 10$, $5 < L/H < 10$ og $L/H \leq 5$. Skredhendelsene som har en høydeforskjell (H) på 4 – 6 m hadde et relativt langt løснеområde på 70 – 100 m. Skredhendelsene som har en høydeforskjell (H) på ca. 10 m hadde et begrenset løснеområde på mindre enn 50 m. Det er vurdert at skredhendelser med løснеområde $L/H \leq 5$ er representative for profilene A – A og B – B på grunn av tilsvarende høydeforskjell og skråningsgeometri.

Vurderinger i henhold til tabellene i Vedlegg 8 gir en total poengsum på 9,0 for to beregningsprofilene (profil A – A og B – B), noe som klassifiserer skråningene som lav L/H klasse. Det innebærer maksimalt løснеområdet

kan begrenses til $L/H=5$. Skåning i Profil C – C har en poengsum på 11,0, noe som klassifiserer den som middels L/H klasse og løsneområdet kan begrenses til $L/H=10$. Det fremgår at eventuelle skred har et potensiale som begrenses til 54 – 124 m fra ravinebunnen.

I tillegg til L/H -metoden, ble NGI-metoden benyttet i vurderinger av løsneområde. Det ble observert at NGI-metoden gir noe større løsneområde enn $L/H=5$, men er mindre enn $L/H=10$. Det ble valgt å bruke noe mer konservativt løsneområde enn $L/H=5$ for profiler A – A og B – B, det vil si ved bruk av NGI-metoden. Eventuelle skred har dermed et potensiale som begrenses til 78 – 124 m fra ravinebunnen.

Løsneområdet er markert på profiltegninger G104 – G105 og på kartet G108. Dette er godt utenfor den planlagte bebyggelsen og at området ikke vurderes som skredutsatt. Tegning G108 viser at en mindre del av planområdet i nord er innenfor løsneområdet og kan derfor ikke utbygges før stabiliserende tiltak har blitt gjennomført i ravinedalene.

Området sørøst for planområdet har en tilfredsstillende stabilitet, i henhold til NVEs veileder 7/2014 [2], med sikkerhetsfaktor på 1,42.

Skredmassene er vurdert å være innenfor ravinedalene til de møtes nordøst for planområdet hvor terrenget er relativt flatt (tidligere skredgrop, se Figur 3) og massene kan spre seg over et større areal. Utløpsdistanse er antatt å være tre ganger løsnedistanse [26], ca. 372 m. Utløpsområdet er markert med blå skravur på tegning G108.

9 Geoteknisk vurdering

Sweco Norge AS vurderer at planlagt utbygging er gjennomførbar, forutsatt at bebyggelsen er plassert som vist i Figur 1 og at den nordre delen av planområdet (se tegning G108) ikke utbygges før stabiliserende tiltak i ravinedalen er gjennomført i forkant.

Utbyggingen planlegges uten kjeller og kan dermed fundamenteres direkte på grunnen. Videre planlegging og prosjektering må utføres i nært samarbeid med geotekniker (RIG). Valg av fundamenteringsmetoder, eventuelle terrenginngrep og etablering av byggegropen må detaljprosjekteres i samråd med RIG.

10 Referanser

- [1] NVE. *Flaum- og skredfare i arealplanar. NVEs retningslinjer 2/2011. Revidert 22. mai 2014.* (2014).
- [2] NVE. *Sikkerhet mot kvikkleireskred. NVEs veileder nr. 7/2014.* (2014).
- [3] Sandven, R. Strength and deformation properties of fine grained soils obtained from piezocone tests. (Norwegian Institute of Technology (now Norwegian University of Science and Technology), Trondheim, Norway, 1990).
- [4] Trondheim kommune. *Grunnundersøkelser - datarapport. R872 Kvenildmarka.* (1992).
- [5] NTNU. *Datarapport fra grunnundersøkelse. Håbrubekken.* (2000).
- [6] Trondheim kommune. *Grunnundersøkelser - datarapport. R.1168 Kvetabekken.* (2002).
- [7] Rambøll Norge AS. *Datarapport fra grunnundersøkelse. Grunnundersøkelser Kvenild Torgård. 6061002-R02.* (2007).
- [8] Rambøll Norge AS. *Datarapport fra grunnundersøkelse. Grunnundersøkelser Kvenild Torgård. 6061002-R03.* (2008).
- [9] Trondheim kommune. *Grunnundersøkelser - datarapport. R. 1473 Tiller - Løvåsmyra.* (2010).
- [10] Rambøll Norge AS. *Grunnundersøkelser Datarapport. Utbygging Torgård. 6100648-R01.* (2010).
- [11] Gylland, A. S. Material and slope failure in sensitive clays. (Geotechnical Division, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway, 2012).

- [12] NTNU. *Datarapport fra grunnundersøkelse. Gnr./bnr. 313/2.* (2016).
- [13] Amundsen, H. A. Storage duration effects on Norwegian low-plasticity sensitive clay samples. PhD thesis. **2018:192**, (Norwegian University of Science and Technology (NTNU), 2018).
- [14] Sweco Norge AS. *Datarapport fra grunnundersøkelser. Kvenildstrøa Tiller. Rapport 10214638-RIG-R01-A01.* (2019).
- [15] Multiconsult AS. *Datarapport geotekniske undersøkelser Sandmoen bussdepot. 418351-RIG-RAP-001.* (2016).
- [16] Multiconsult AS. *Datarapport geotekniske undersøkelser. 10202855-RIG-RAP-001.* (2018).
- [17] Sweco Norge AS. *Geoteknisk vurdering - Kvenildstrøa. Notat 10213950-RIG-N01.* (2019).
- [18] Standard Norge. *Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler. NS-EN 1997-1:2004+A1_2013+NA:2016.* (2004).
- [19] Standard Norge. *Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner. NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016.* (2016).
- [20] Direktoratet for byggkvalitet. Kapittel 9 Foretak og tiltaksklasser. in *Byggesaksforskriften (SAK10)* (2016).
- [21] Standard Norge. *Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del1: Allmenneregler, seismiske laster og regler for bygninger NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014.* (2004).
- [22] Lunne, T., Berre, T. & Strandvik, S. Sample disturbance effects in soft low plastic Norwegian clay. in *Proc. of the Symposium on Recent Developments in Soil and Pavement Mechanics* (ed. Almeida, M.) 81–102 (Rotterdam: Balkema, 1997).
- [23] NIFS. *En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer. Naturfareprosjekt Dp. 6 Kvikkleire. Rapport nr. 14/2014.* (2014).
- [24] Lunne, T., Robertson, P. K. & Powell, J. J. M. *Cone penetration testing in geotechnical practice.* (Spon Press, 1997).
- [25] Karlsrud, K., Lunne, T., Kort, D. A. & Strandvik, S. *CPTU correlations for clays. Proceedings of the 16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering* (Millpress Science Publishers/IOS Press, 2005). doi:10.3233/978-1-61499-656-9-693
- [26] NIFS. *Metode for vurdering av løсне- og utløpsområder for områdeskred. NATurfareprosjektet: Delprosjekt 6 Kvikkleire. Rapport nr. 14/2016.* (2016).
- [27] Kommunal- og moderniseringsdepartementet. Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven). Nettside: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>. (2019)
- [28] Direktoratet for byggkvalitet. Byggesaksforskriften (SAK10). (2016). Nettside: <https://dibk.no/byggeregler/sak/veiledning-om-byggesak/>.
- [29] Direktoratet for byggkvalitet. Byggteknisk forskrift (TEK17). (2019). Nettside: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/>.
- [30] Statens vegvesen. *Håndbok V220 - Geoteknikk i vegbygging.* (2018).
- [31] Statens vegvesen. *Håndbok V221 - Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger.* (2014).
- [32] NVE. Flomsonekart. (2019). Nettside: <https://temakart.nve.no/link/?link=flomsone>. (2019)
- [33] NVE. Aktomhestsområder, Faresonekart - skred i bratt terreng. (2019). Nettside: <https://gis3.nve.no/link/?link=faresoner>. (2019)
- [34] Bane NOR. Teknisk regelverk, Underbygging/Prosjektering og bygging/Stabilitet. (2014). Nettside: https://trv.opm.jbv.no/wiki/Underbygning/Prosjektering_og_bygging.

Vedlegg 1: Detaljerte prosjekteringsforutsetninger og valg av materialfaktorer

Myndighetskrav

TEK17 § 7-1 - § 7-3 stiller krav til sikkerhet mot flom, stormflo og skred. For skred skal følgende mekanismer undersøkes: skred i fast fjell (fjellskred og steinsprang), i løsmasser (jordskred, flomskred og kvikkleireskred) og i snø (løssnøskred, flakskred og sørpeskred).

Gjeldende regelverk skal legges til grunn for geotekniske prosjektering:

- Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner [19]
- Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler [18]
- Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger [21]
- Plan- og bygningsloven [27]
- Byggesaksforskriften (SAK10) [28]
- Byggteknisk forskrift (TEK17), §7 og §10 [29]
- NVEs retningslinjer nr. 2/2011 [1]
- NVEs kvikkleireveileder 7/2014 [2].

Følgende veiledninger anbefales å benytte:

- Statens vegvesen, Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging [30]
- Statens vegvesen, Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger [31].

Tabell 5. Oppsummering av valgte sikkerhetsprinsipper for tiltaket.

Sikkerhetsprinsipper	Tiltaket	Referanse til regelverk
Geoteknisk kategori	2	[18]
Konsekvens- og pålitelighetsklasse (CC/RC)	2	[19]
Prosjekterings- og utførelseskontroll (PKK/UKK)	2	[19]
Tiltakskategori	K4	[20]
Seismisk grunntype	S ₂	[21]
Seismisk klasse	III	[21]

Sikkerhet mot naturpåkjenninger

I henhold til TEK 17 §7.2 skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger (flom, storflom og skred).

Ifølge NVEs Flomsonekart [32], ligger ikke planområdet innenfor noen flomsoner. Planområdet ligger heller ikke i nærheten av noen bratte skråninger, dermed er det minimal risiko for snø, fjell- og løsmasseskred.

Planområdet ligger ikke innenfor utløpsområdet til høyreliggende fareområder for kvikkleireskred [33].

Konstruksjonssikkerhet

I henhold til TEK 17 §10.1 vil forskriftens minstekrav til personlig og materiell sikkerhet være oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard/Eurokoder.

Geoteknisk kategori

Eurokode 7 stiller krav til prosjektering av geotekniske konstruksjoner. Kravene til geoteknisk prosjektering deles i tre geotekniske kategorier, 1 - 3, og geoteknisk konstruksjon klassifiseres etter geoteknisk kategori (se kapittel 2.1 i Eurokode 7 [18]). Tiltaket er vurdert til å være i henhold til geoteknisk kategori 2 og samsvarer med en konvensjonell geoteknisk konstruksjon med «såle- og platefundamentering» [18].

Konsekvens- og pålitelighetsklasse (CC/RC)

Eurokode 0 stiller krav til pålitelighetsdifferensiering for å vurdere konsekvensene av brudd eller funksjonssvikt for konstruksjoner. Konstruksjoner klassifiseres etter tre konsekvensklasser, CC1 – CC3 (se Tillegg B1, Tabell B1 [19]). Pålitelighetsklasse er vurdert etter Tabell NA.A1(901) [19]. Det er valgt pålitelighetsklasse (CC/RC) 2 for tiltaket som samsvarer med et veiledende eksempel «Kontor- og forretningsbygg, skoler, institusjonsbygg, boligbygg osv.».

Prosjekterings- og utførelseskontroll

Eurokode 0 gir videre føringer til krav til omfang av prosjekteringskontroll og utførelseskontroll avhengig av pålitelighetsklasse. I henhold til tabell NA.A1(902) og NA.A1(903) i Eurokode 0 [19] settes prosjekteringskontroll og utførelseskontroll av geotekniske arbeider til kontrollklasse PKK2 og UKK2.

For prosjektering innebærer kontrollklasse PKK2 at det blir utført egenkontroll, intern systematisk kontroll (sidemannskontroll) og utvidet kontroll. Det sistnevnte skal utføres i byggherrens regi enten av byggherrens foretak eller av et uavhengig foretak.

For utførelse innebærer kontrollklasse UKK2 at det blir utført egenkontroll, intern systematisk kontroll (sidemannskontroll) og utvidet kontroll. Det sistnevnte skal utføres i byggherrens regi enten av byggherrens foretak eller av et uavhengig foretak.

Tiltakskategori

NVEs veileder 7/2014 [2] definerer fire tiltakskategorier, K1 – K4. Krav til sikkerhetsnivå, vurderinger, beregninger og kontroller avhenger av tiltakskategori og områdets faregradsklasse. Planlagt næringsbygg vil medføre økt aktivitet i området. Prosjektet plasseres dermed i tiltakskategori 4, etter veiledende eksempel «større næringsbygg, kontorbygg». Tiltaket vil medføre større tilflytting/personopphold av mennesker samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner.

For tiltakskategori K4 og middels faregrad før utbygging kreves det følgende vurderinger:

- Faregradsevaluering
- Stabilitetsanalyse som dokumenterer
 - Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller
 - Forbedring hvis $F < 1,4$ etter figur 5. 1 i NVEs kvikkleireveileder 7/2014 [2].

Bruddmekanisme

Det er påvist leire som har sprøbruddkarakter i 10 – 20 m under hele tomten, bruddmekanismen dermed vurderes å være sprø og kontraktant.

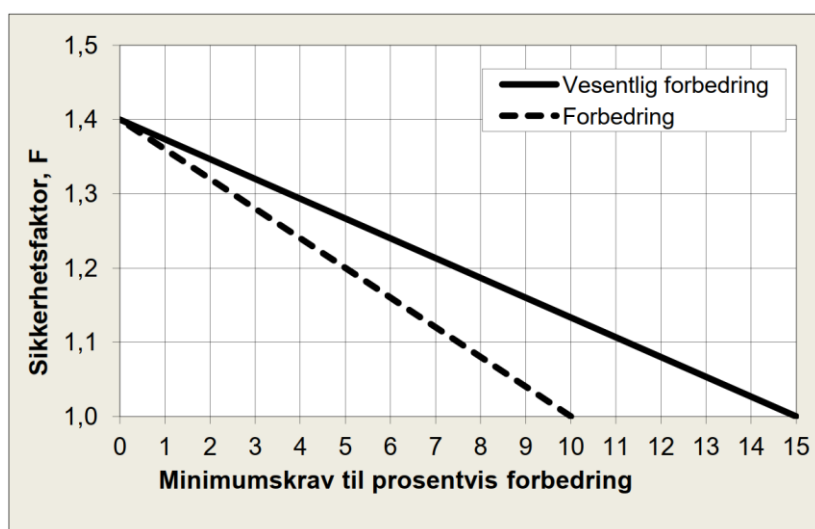
Krav til sikkerhetsnivå

Eurokode 7 (Tabell NA.A.4 [18]) stiller krav til partialfaktor (γ_M), se Tabell 6. Partialfaktorene gjelder for totalspenningsanalyse (ADP-metode) og effektivspenningsanalyse ($\alpha\phi$ -metode).

NVEs veileder 7/2014 [2] stiller krav om en beregningsmessig partialkoeffisient (γ_M) for både effektivspenningsanalyser og totalspenningsanalyser. NVEs veileder 7/2014 [2] stiller også krav til forbedring dersom partialkoeffisienten ikke tilfredsstiller kravet i Tabell 6, se Figur 6. Kravet avhenger av sikkerhetsnivået til dagens situasjon og følger Figur 6 som er hentet fra NVEs veileder 7/2014 [2].

Tabell 6: Partialfaktorer (γ_ϕ og γ_{cu}) og materialkoeffisienter (γ_M) for jordparametere (se Tabell NA.A.4 [18] og Tabell 2 [34]). Nøytral bruddmekanisme er antatt.

Jordparameter	Analyse	Eurokode 7 [18]		NVEs veileder 7/2014 [2]	
		Symbol	Verdi (-)	Symbol	Verdi (-)
Friksjonsvinkel (gjelder for $\tan\phi'$)	$\alpha\phi$	γ_M	1,25	γ_M	1,40
Udrenert skjærfasthet	ADP	γ_M	1,40	γ_M	1,40



Figur 6. Krav til prosentvis forbedring, ved topografisk endringer eller bruk av lette masser, av partialfaktor (også kalt sikkerhetsfaktor F) som funksjon av partialfaktor for dagens situasjon (figur fra NVEs veileder 7/2014 [2]).

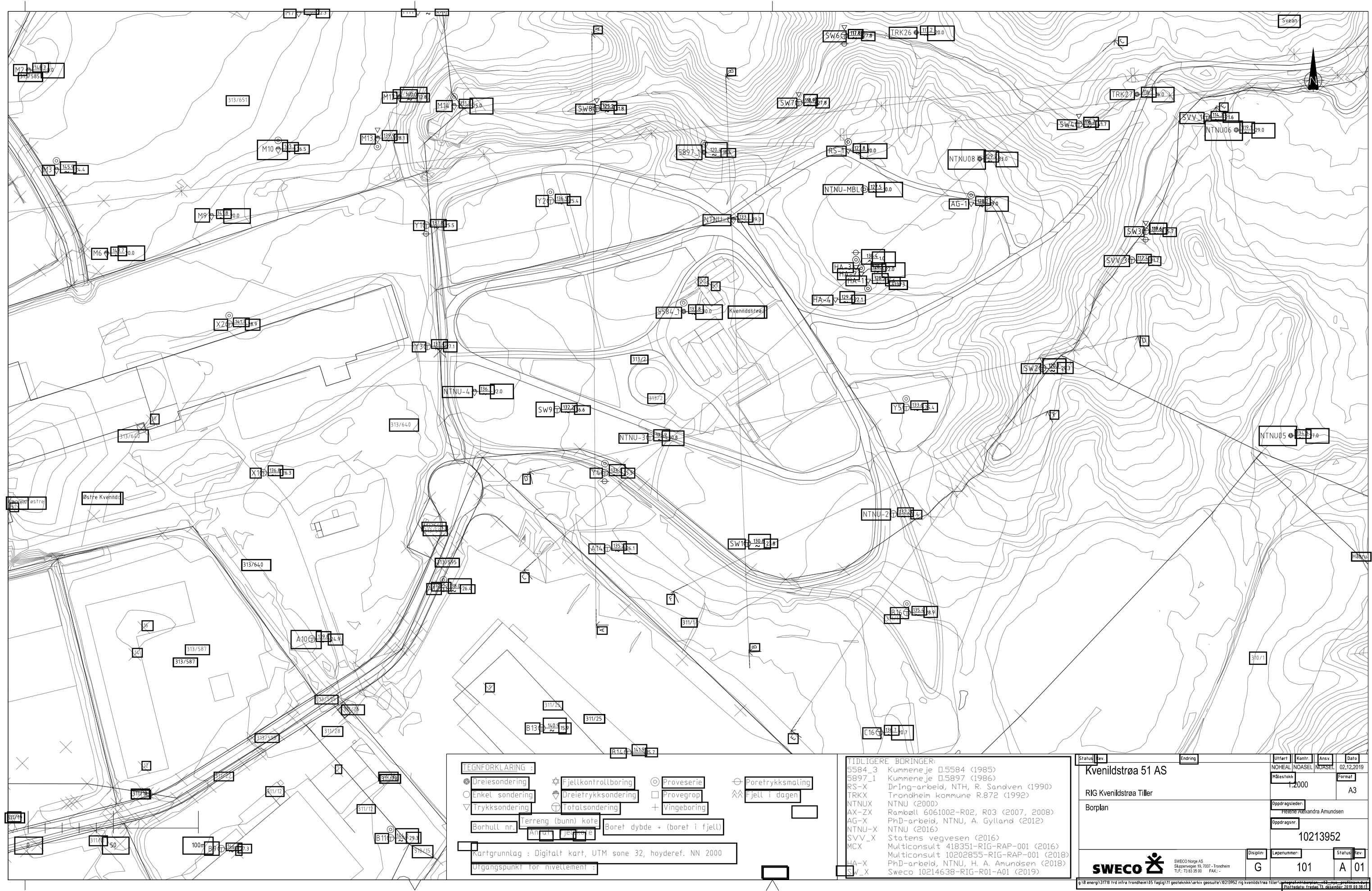
Seismisk dimensjonering

Bygninger blir klassifisert i fire seismiske klasser (I – IV) avhengig av konsekvensene et sammenbrudd har. Etter Eurokode 8 [21] vurderes planområdet å ligge i klasse Grunntype S_2 med følgende beskrivelse av stratigrafisk profil: «Avleiringer av jord som kan gå over i flytefase (liquifaction), sensitive leirer eller annen grunnprofil som ikke er med i typene A – E eller S_1 ».

Tiltaket er plassert i seismisk klasse III ifølge Eurokode 8 (Tabell NA.4(902)[21]), etter et veiledende eksempel «Kontor- og forretningsbygg, skoler, institusjonsbygg, boligbygg osv.».

VEDLEGG 2

Borplan - tidligere og utførte grunnundersøkelser



VEDLEGG 3

Faresoneklassifisering

Klassifisering av grunnforhold - Kvenildstrøa

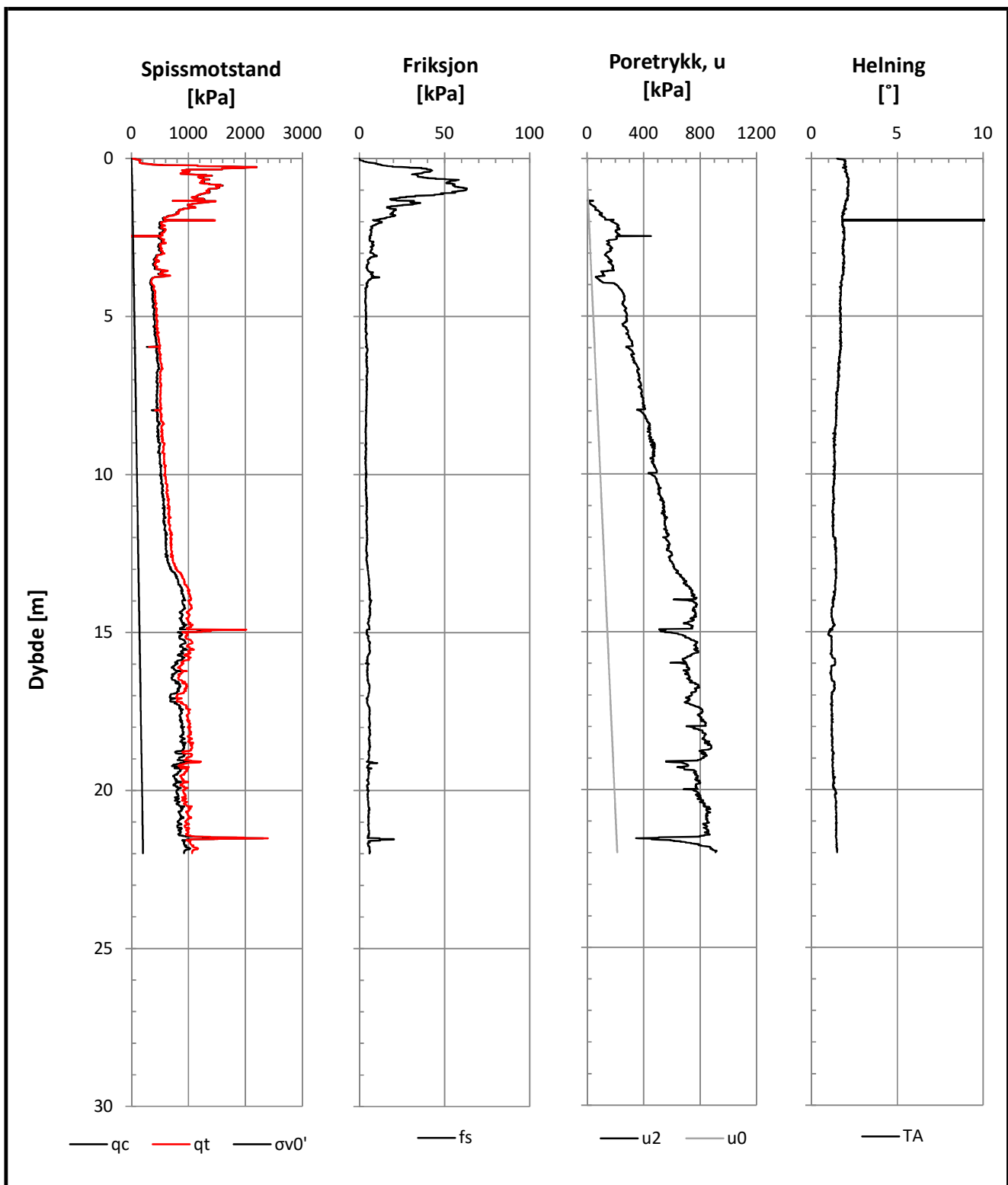


Klassifisering for dagens situasjon

Faregradsevaluering	Faktorer	Vekttall	Faregrad, score	Kommentar	Faregrad, score			
					3	2	1	0
	Tidligere skredaktivitet	1	3		Høy	Noe	Lav	Ingen
	Skråningshøyde	2	1	ca. 10-12 m	>30	20-30	15-20	<15
	Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1		1.0-1.2	1.2-1.5	1.5-2.0	>2.0
	Poretrykk, overtrykk	3	2	Registrert overtrykk	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk
	Poretrykk, undertrykk	-3	0	Ikke registrert undertrykk	>-50	-(20-50)	-(0-20)	Hydrostatisk
	Kvikkleiremektighet	2	3		>H/2	H/2 - H/4	<H/4	Tynt lag
	Sensitivitet	1	3		>100	30-100	20-30	<20
	Erosjon	3	1	Lite/ingen aktiv erosjon	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen
	Inngrep, forverring	3	0		Stor	Noe	Liten	Ingen
	Inngrep, forbedring	-3	0		Stor	Noe	Liten	Ingen
	Faregrad:		25	Middels faregrad % av max	49.02			

VEDLEGG 4

CPTU - resultater og aktiv udrenert skjærfasthet



Opptegning av CPTU:

Prosjekt:

Oppdragsgiver:

Borhull nr.:

Opptegnet av:

Dato tegnet:

Registrerte data

PhD-arbeid, H. A. Amundsen

NTNU

HA_CPTU2

NOHEAL

01.11.2019

Sonde type: NOVA

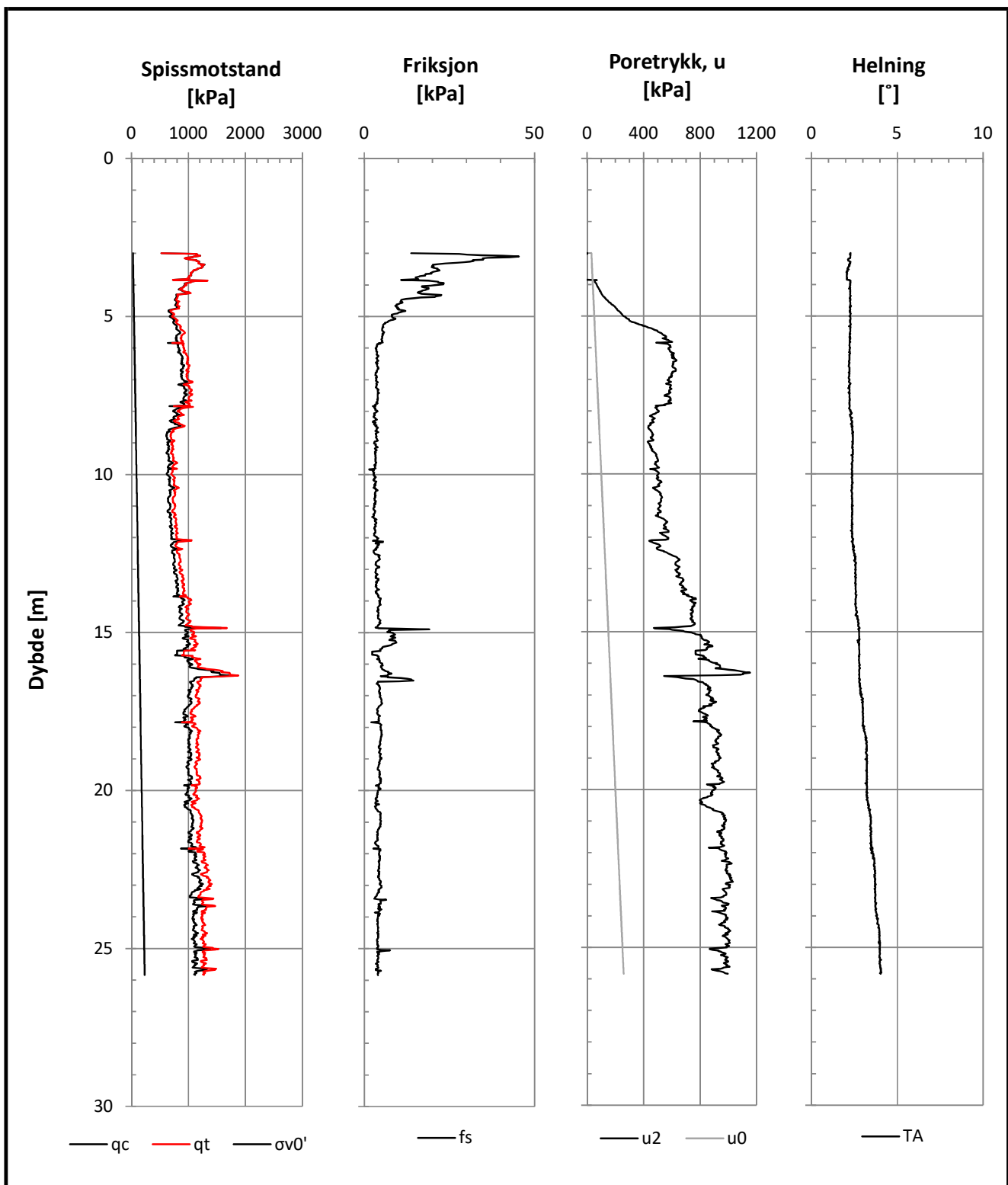
Kapasitet: 50 MPa - qc

0.5 MPa - fs

2 MPa - u

Utført av: NTNU

Dato utført: 10.10.2015



Opptegning av CPTU:

Prosjekt:

Oppdragsgiver:

Borhull nr.:

Opptegnet av:

Dato tegnet:

Registrerte data

RIG Kvenildstrøa Tiller

Kvenildstrøa 51 AS

SW_2

NOHEAL

01.11.2019

Sonde type: NOVA

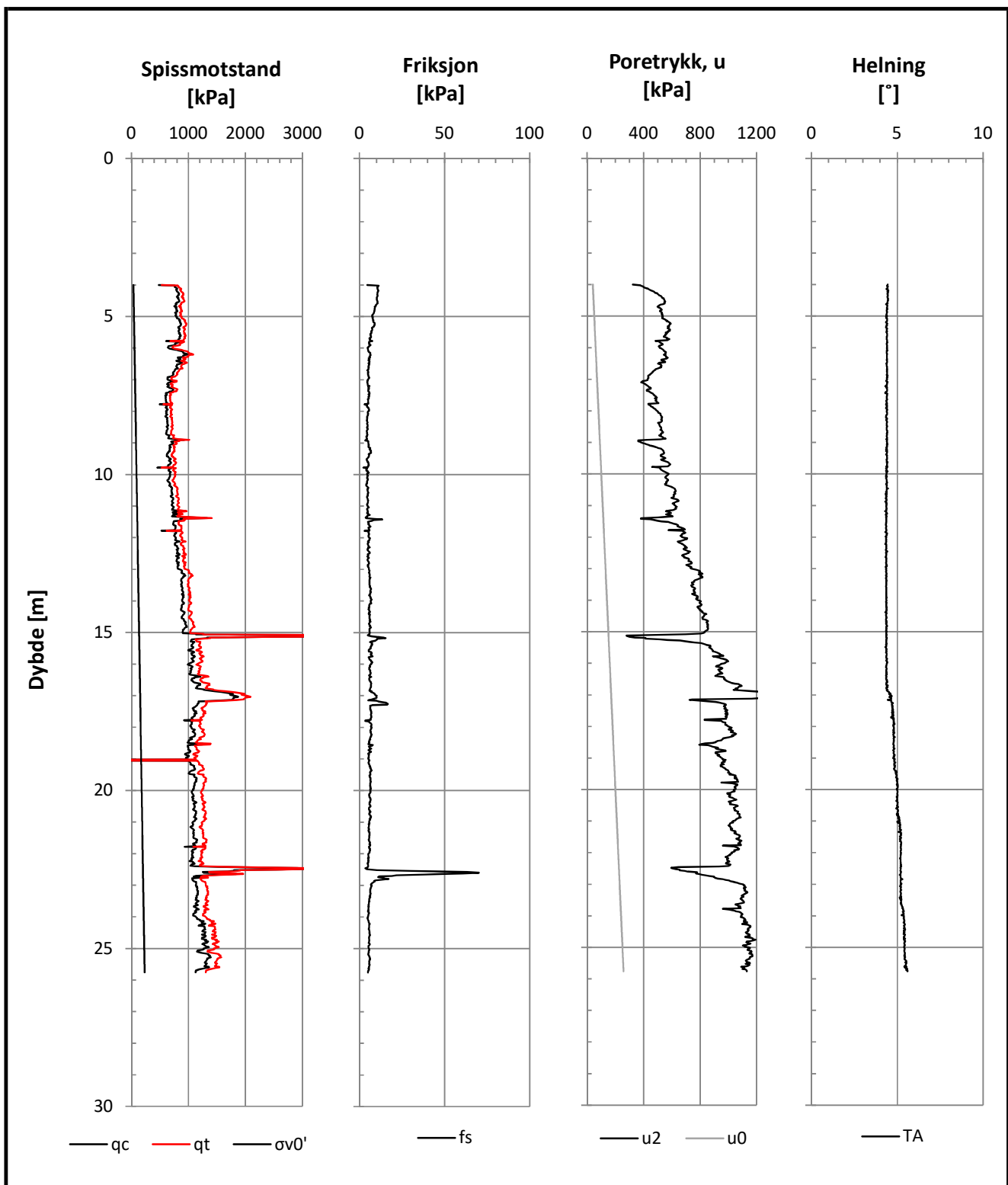
Kapasitet: 50 MPa - q_c

0.5 MPa - f_s

2 MPa - u

Utført av: NOTOTM

Dato utført: 08.10.2019



Opptegning av CPTU:

Prosjekt:

Oppdragsgiver:

Borhull nr.:

Opptegnet av:

Dato tegnet:

Registrerte data

RIG Kvenildstrøa Tiller

Kvenildstrøa 51 AS

SW_3

NOHEAL

01.11.2019

Sonde type: NOVA

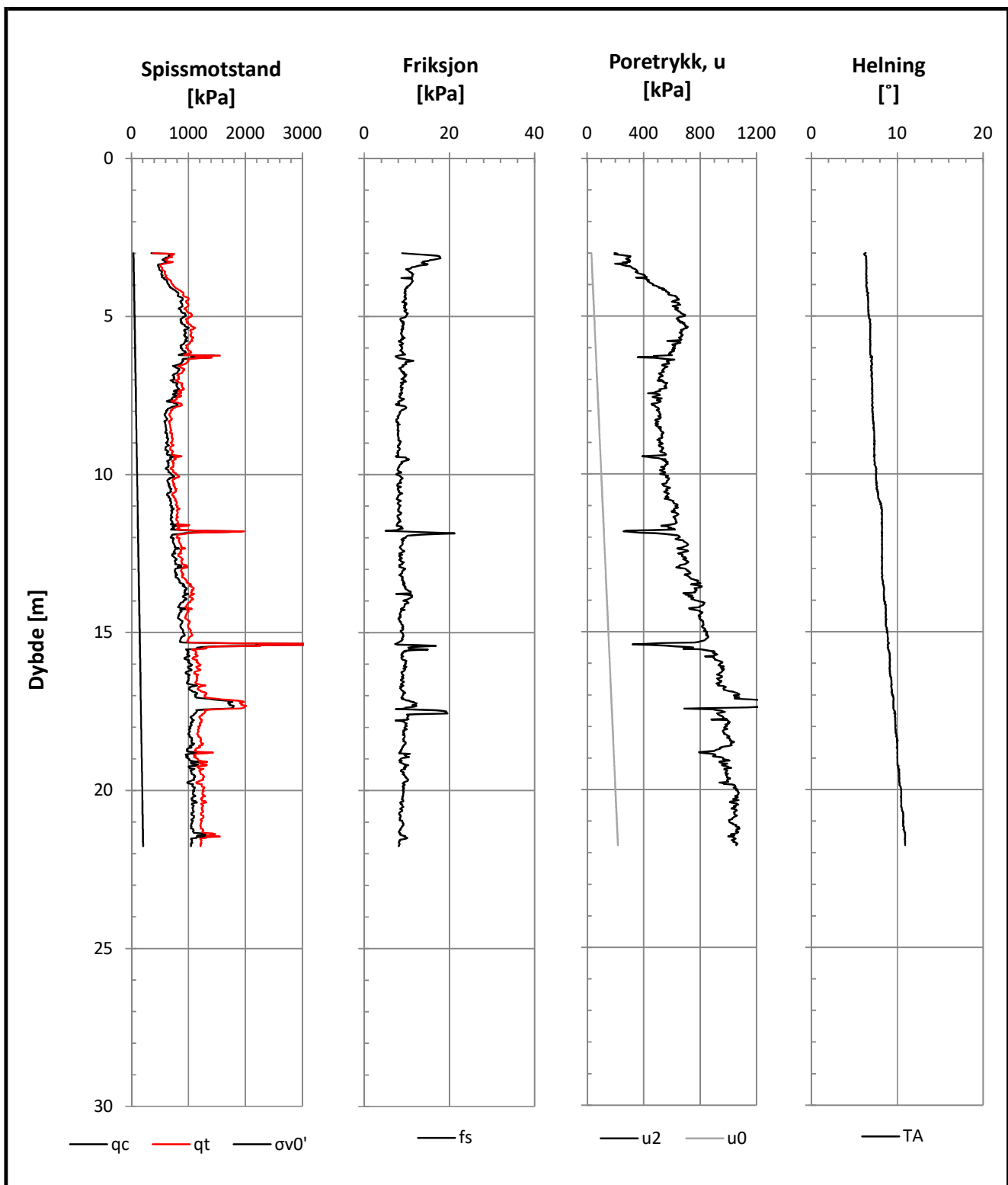
Kapasitet: 50 MPa - q_c

0.5 MPa - f_s

2 MPa - u

Utført av: NOTOTM

Dato utført: 08.10.2019



Opptegning av CPTU:

Prosjekt:

Oppdragsgiver:

Borhull nr.:

Opptegnet av:

Dato tegnet:

Registrerte data

RIG Kvenildstrøa Tiller

Kvenildstrøa 51 AS

SW_4

NOHEAL

01.11.2019

Sonde type: NOVA

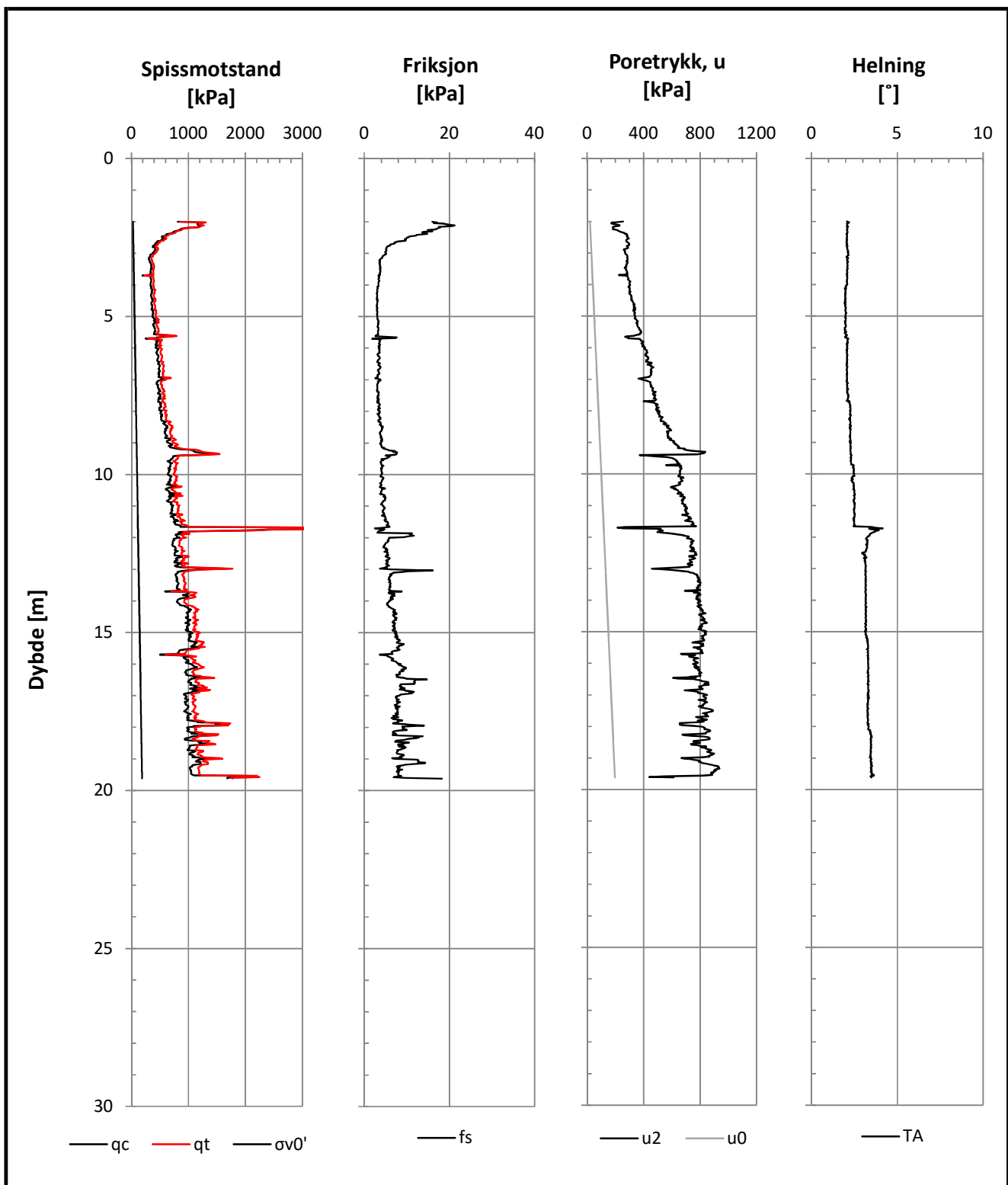
Kapasitet: 50 MPa - q_c

0.5 MPa - f_s

2 MPa - u

Utført av: NOTOTM

Dato utført: 08.10.2019



Opptegning av CPTU:

Prosjekt:

Oppdragsgiver:

Borhull nr.:

Opptegnet av:

Dato tegnet:

Registrerte data

RIG Kvenildstrøa Tiller

Kvenildstrøa 51 AS

SW_6

NOHEAL

01.11.2019

Sonde type: NOVA

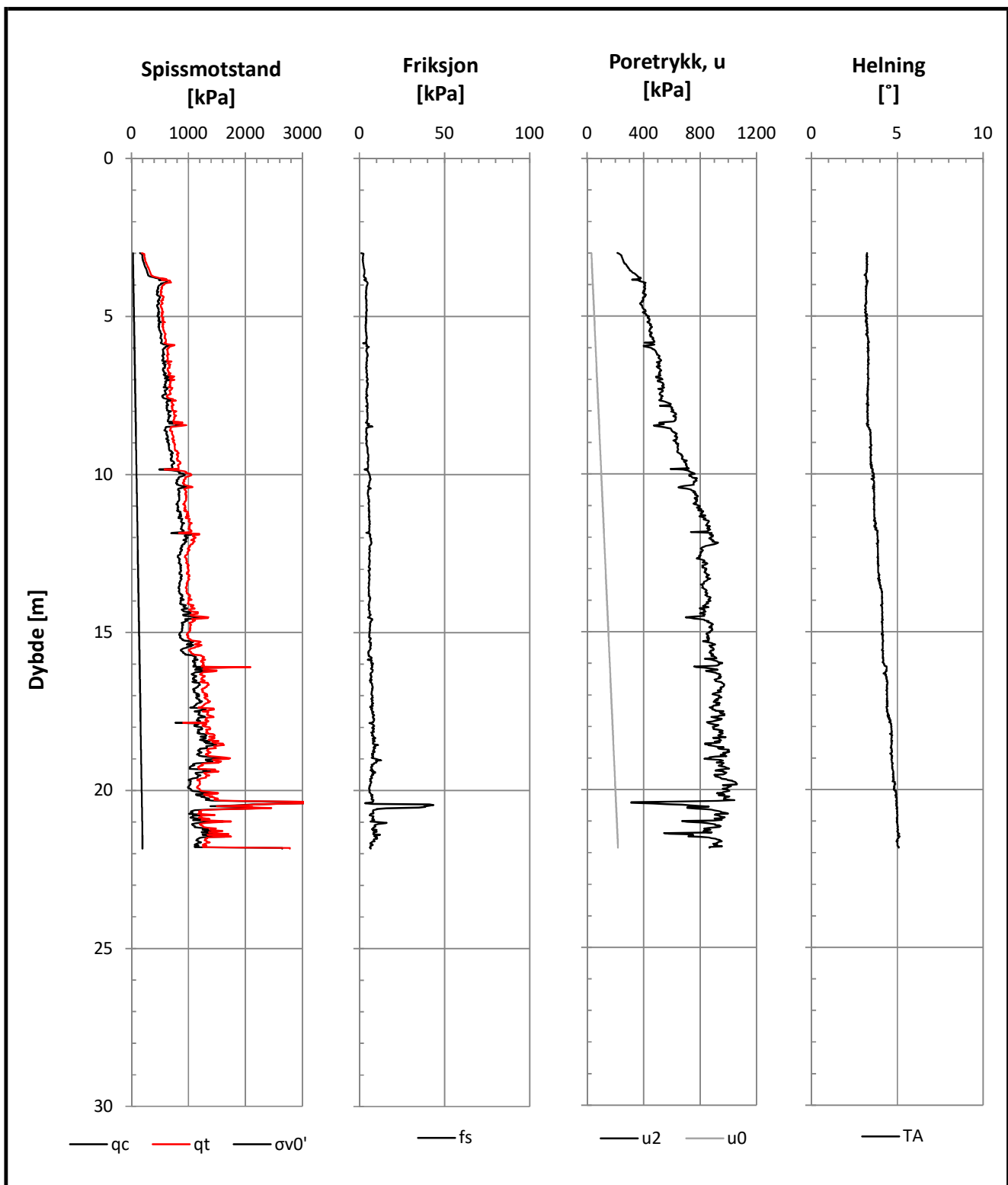
Kapasitet: 50 MPa - q_c

0.5 MPa - f_s

2 MPa - u

Utført av: NOTOTM

Dato utført: 08.10.2019



Opptegning av CPTU:

Prosjekt:

Oppdragsgiver:

Borhull nr.:

Opptegnet av:

Dato tegnet:

Registrerte data

RIG Kvenildstrøa Tiller

Kvenildstrøa 51 AS

SW_7

NOHEAL

01.11.2019

Sonde type: NOVA

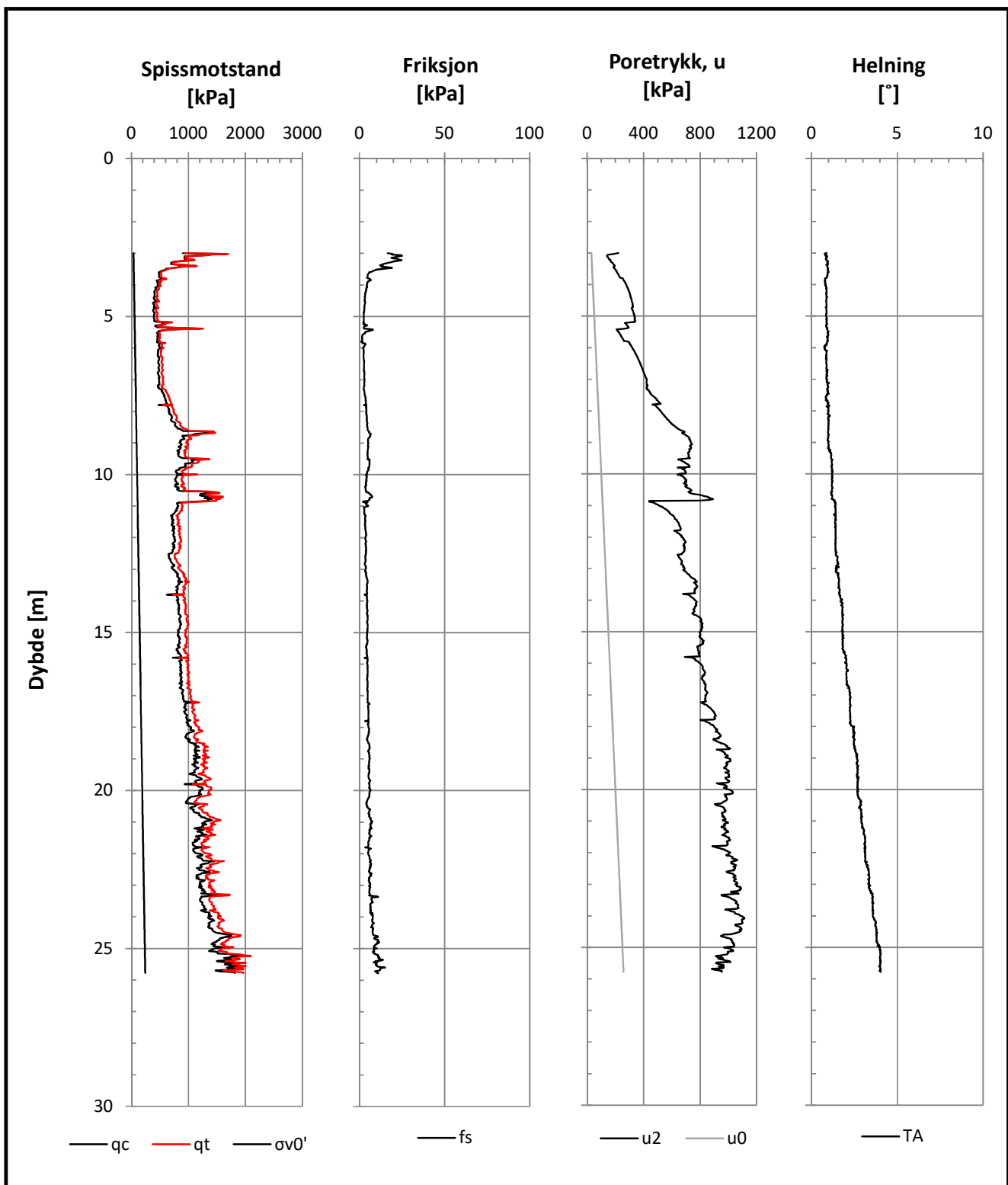
Kapasitet: 50 MPa - q_c

0.5 MPa - f_s

2 MPa - u

Utført av: NOTOTM

Dato utført: 08.10.2019



Opptegning av CPTU:

Prosjekt:

Oppdragsgiver:

Borhull nr.:

Opptegnet av:

Dato tegnet:

Registrerte data

RIG Kvenildstrøa Tiller

Kvenildstrøa 51 AS

SW_8

NOHEAL

01.11.2019

Sonde type: NOVA

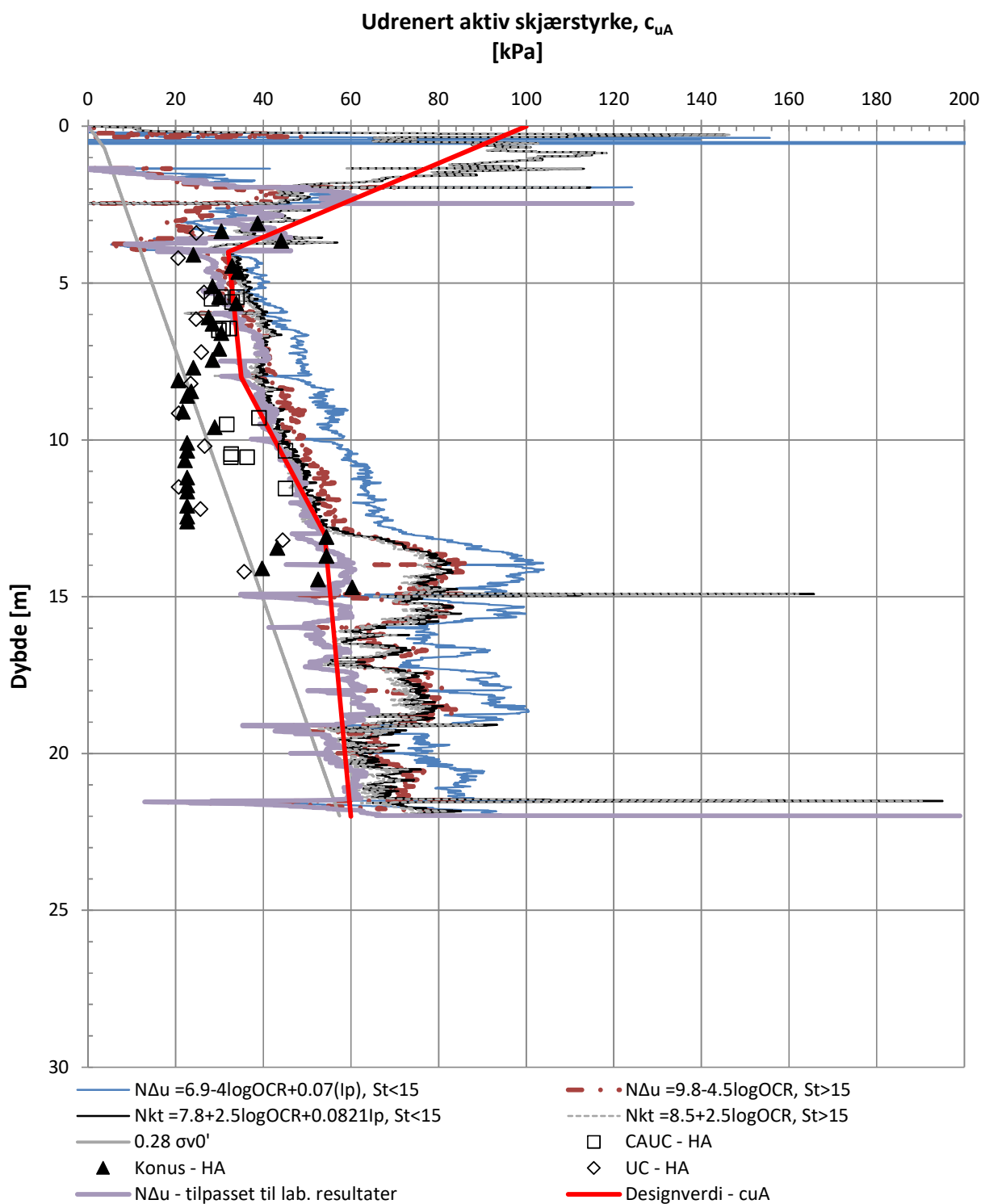
Kapasitet: 50 MPa - q_c

0.5 MPa - f_s

2 MPa - u

Utført av: NOTOTM

Dato utført: 08.10.2019



Opptegning av CPTU:

Prosjekt:

Oppdragsgiver:

Borhull nr.:

Opptegnet av:

Dato tegnet:

Tolket udrenert skjærstyrke

PhD-arbeid, H. A. Amundsen

NTNU

HA_CPTU2

NOHEAL

01.11.2019

Sonde type:

NOVA

Kapasitet:

50 MPa - qc

0.5 MPa - fs

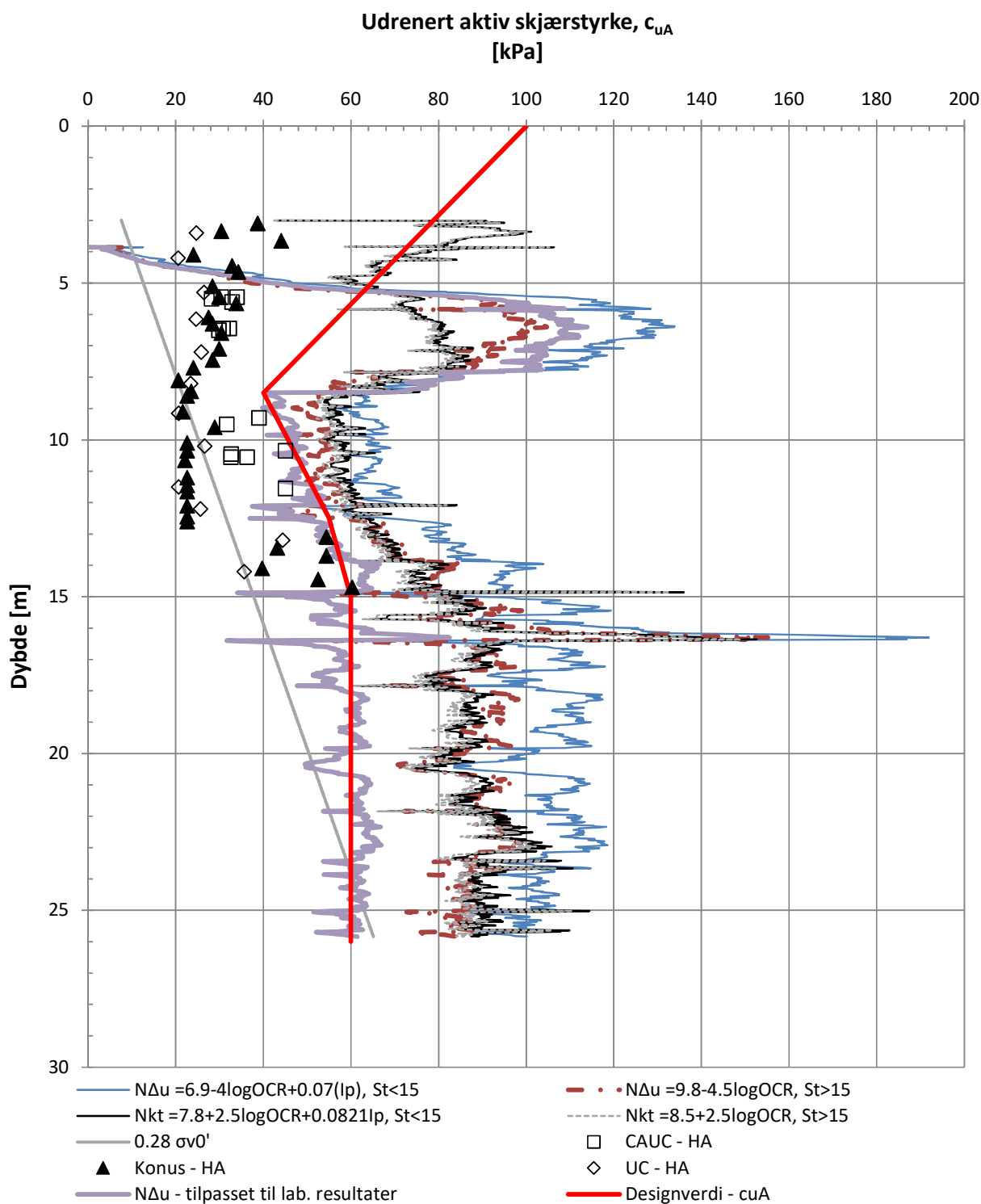
2 MPa - u

Utført av:

NTNU

Dato utført:

10.10.2015



Opptegning av CPTU:

Prosjekt:

Oppdragsgiver:

Borhull nr.:

Opptegnet av:

Dato tegnet:

Tolket udrenert skjærstyrke

RIG Kvenildstrøa Tiller

Kvenildstrøa 51 AS

SW_2

NOHEAL

01.11.2019

Sonde type:

NOVA

Kapasitet:

50 MPa - qc

0.5 MPa - fs

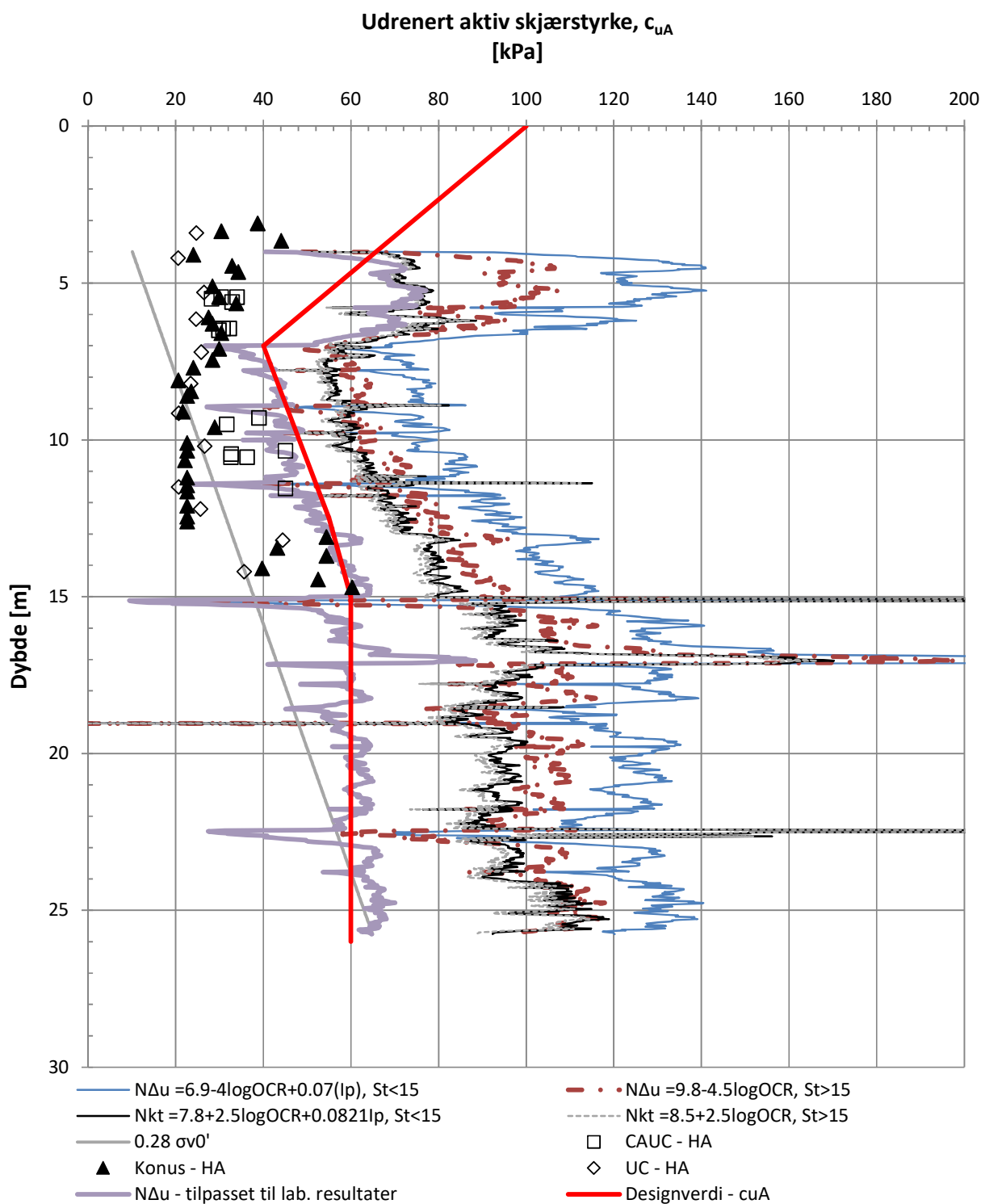
2 MPa - u

Utført av:

NOTOTM

Dato utført:

08.10.2019



Opptegning av CPTU:

Prosjekt:

Oppdragsgiver:

Borhull nr.:

Opptegnet av:

Dato tegnet:

Tolket udrenert skjærstyrke

RIG Kvenildstrøa Tiller

Kvenildstrøa 51 AS

SW_3

NOHEAL

01.11.2019

Sonde type: NOVA

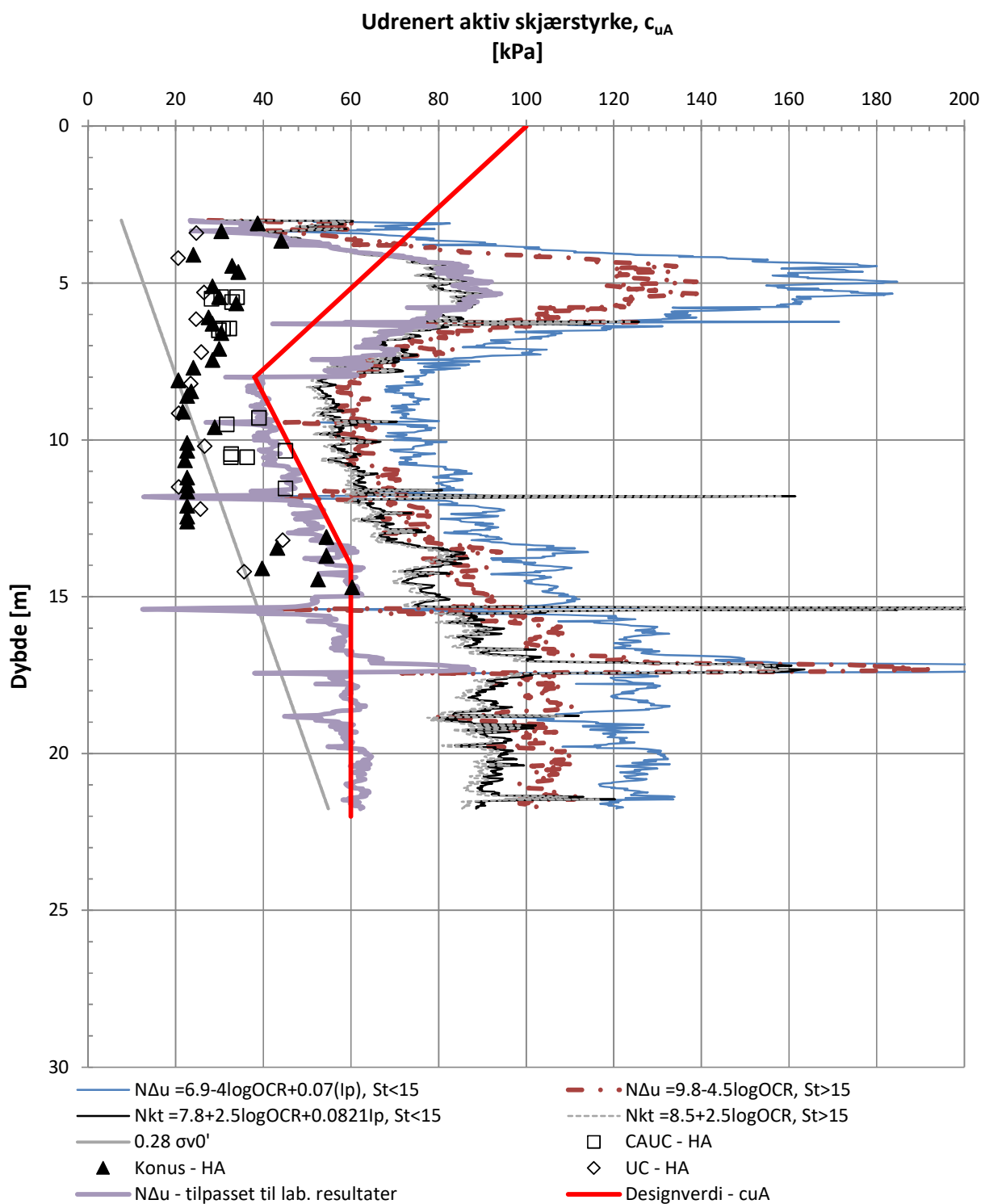
Kapasitet: 50 MPa - qc

0.5 MPa - fs

2 MPa - u

Utført av: NOTOTM

Dato utført: 08.10.2019



Opptegning av CPTU:

Prosjekt:

Oppdragsgiver:

Borhull nr.:

Opptegnet av:

Dato tegnet:

Tolket udrenert skjærstyrke

RIG Kvenildstrøa Tiller

Kvenildstrøa 51 AS

SW_4

NOHEAL

01.11.2019

Sonde type:

Kapasitet:

50 MPa - qc

0.5 MPa - fs

2 MPa - u

Utført av:

Dato utført:

NOVA

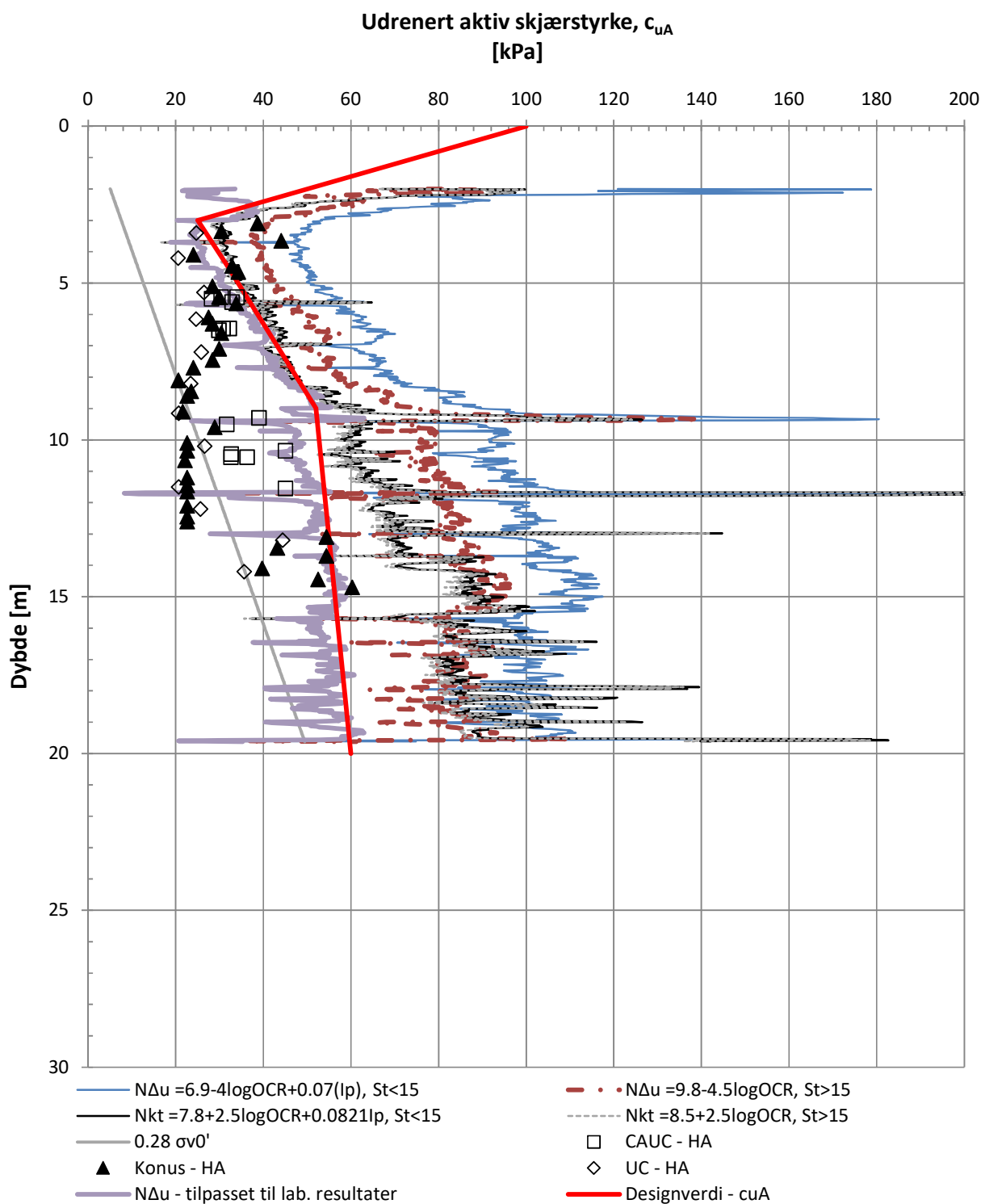
50 MPa - qc

0.5 MPa - fs

2 MPa - u

NOTOTM

08.10.2019



Opptegning av CPTU:

Prosjekt:

Oppdragsgiver:

Borhull nr.:

Opptegnet av:

Dato tegnet:

Tolket udrenert skjærstyrke

RIG Kvenildstrøa Tiller

Kvenildstrøa 51 AS

SW_6

NOHEAL

01.11.2019

Sonde type:

NOVA

Kapasitet:

50 MPa - qc

0.5 MPa - fs

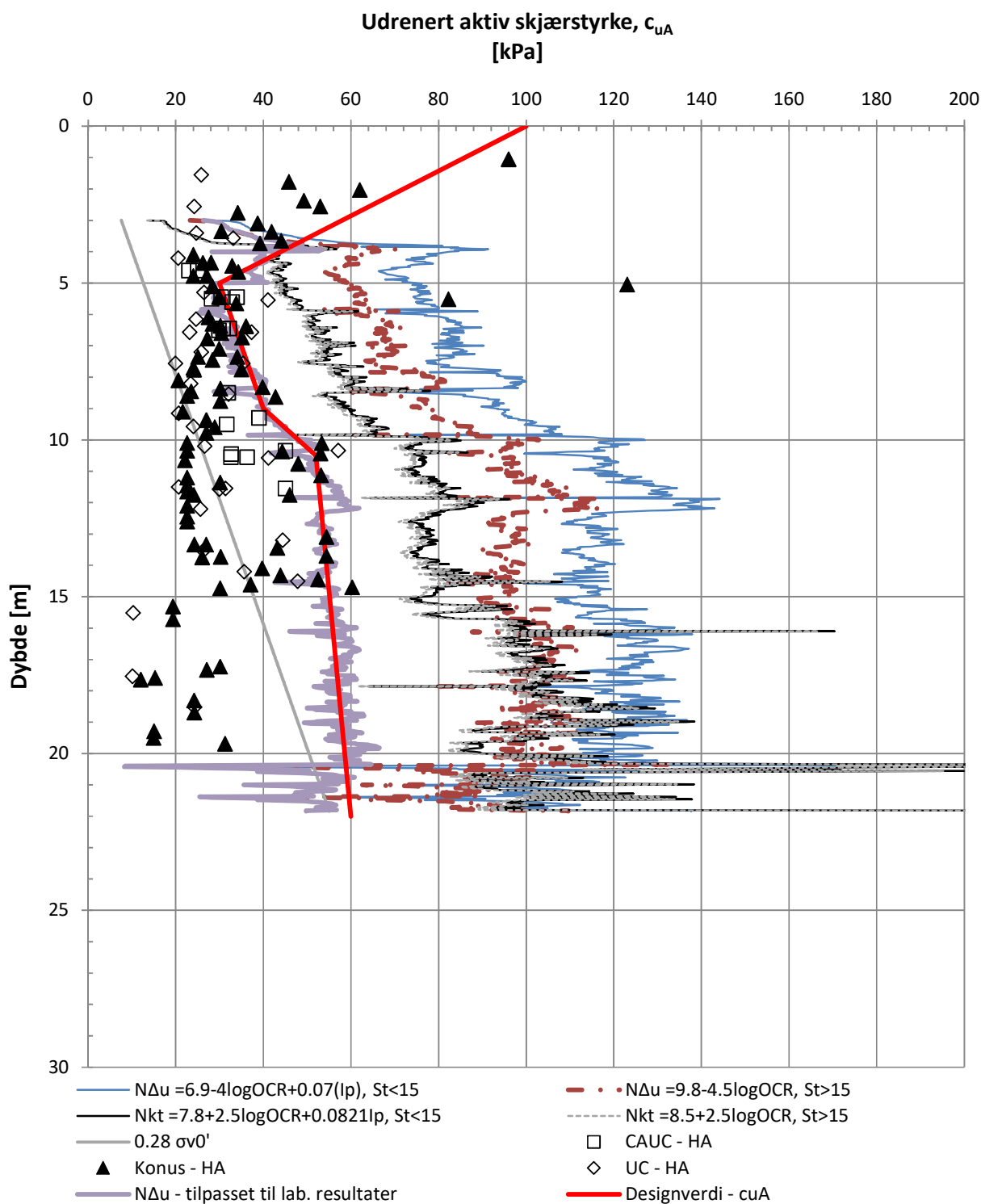
2 MPa - u

Utført av:

NOTOTM

Dato utført:

08.10.2019



Opptegning av CPTU:

Prosjekt:

Oppdragsgiver:

Borhull nr.:

Opptegnet av:

Dato tegnet:

Tolket udrenert skjærstyrke

RIG Kvenildstrøa Tiller

Kvenildstrøa 51 AS

SW_7

NOHEAL

01.11.2019

Sonde type:

NOVA

Kapasitet:

50 MPa - qc

0.5 MPa - fs

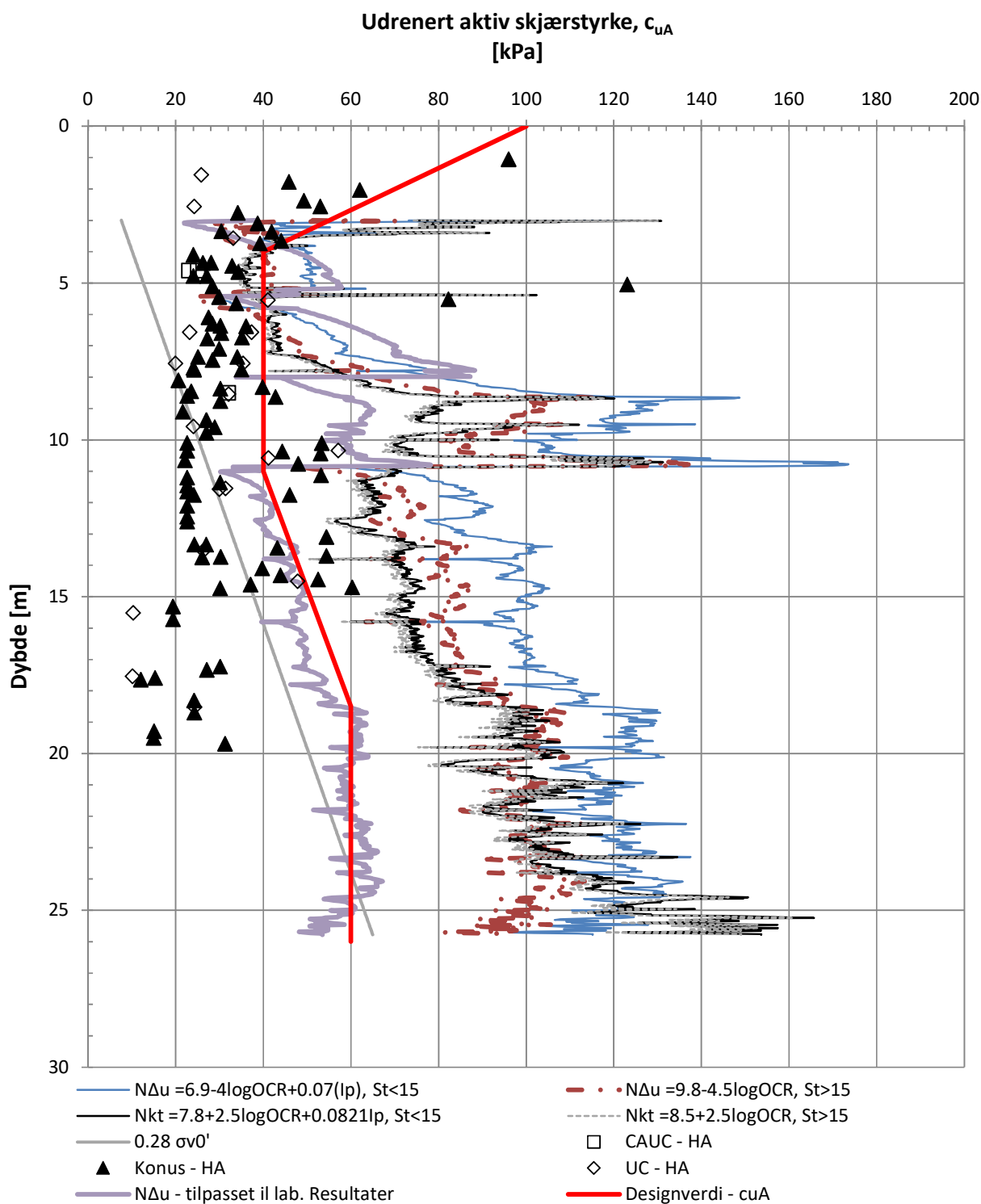
2 MPa - u

Utført av:

NOTOTM

Dato utført:

08.10.2019



Opptegning av CPTU:

Prosjekt:

Oppdragsgiver:

Borhull nr.:

Opptegnet av:

Dato tegnet:

Tolket udrenert skjærstyrke

RIG Kvenildstrøa Tiller

Kvenildstrøa 51 AS

SW_8

NOHEAL

01.11.2019

Sonde type:

NOVA

Kapasitet:

50 MPa - qc

0.5 MPa - fs

2 MPa - u

Utført av:

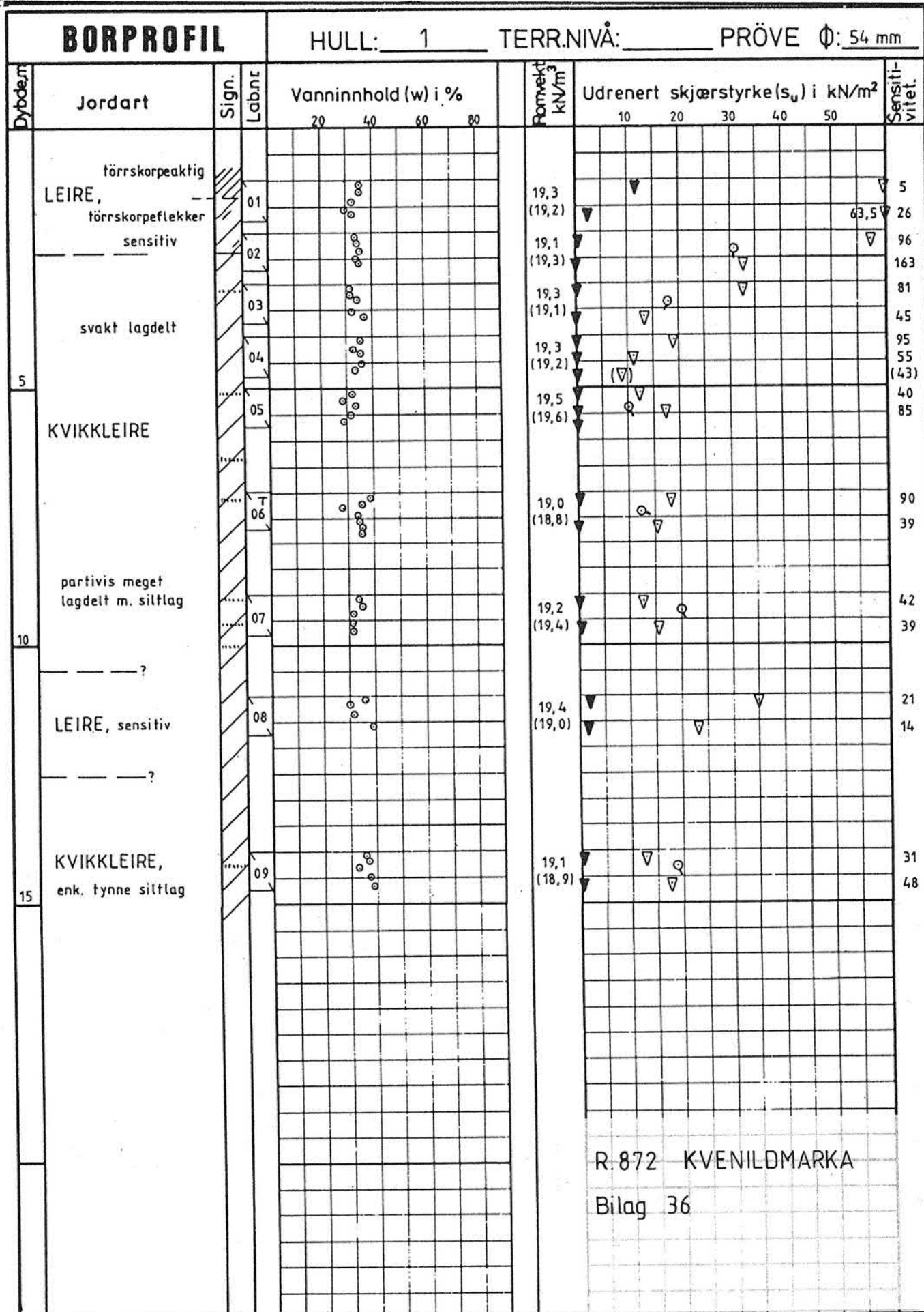
NOTOTM

Dato utført:

08.10.2019

VEDLEGG 5

Prøveserier



R.872 KVENILDMARKA
Bilag 36

Kummeneje

Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

Sted: KVENILDSTRÖA Mnd/år: 05 /86

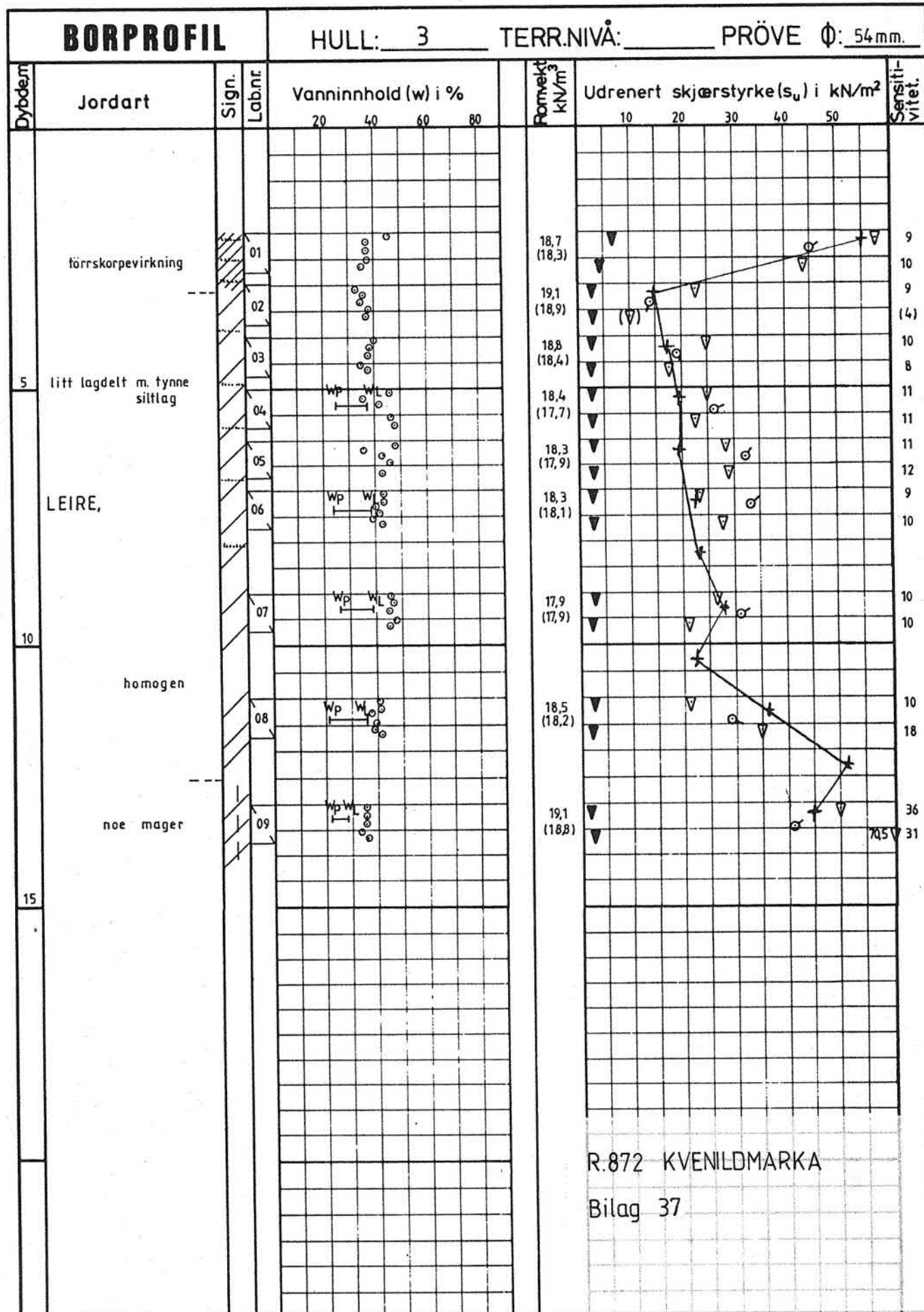
SYMBOLER:

Enkelt trykkforsøk: [Symbol] (strek angir def.% w/brudd)
Konusforsøk - Omrørt: ▽ Uforstyrret: ▽
Penetrometerforsøk: □
Konsistensgrenser: w_p ————— w_L

OPPDRAG:
5897

BILAG

TEGN.NR.:
05



Kummeneje

Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

Sted: KVENILDSTRÖA Mnd/år: 10 / 85

SYMBOLER:

Enkelt trykkforsøk: σ_0 (strek angir def. % w/brudd)

Konusforsøk - Omrørt: ∇ Uforstyrret: ∇

Penetrometerforsøk: $\square$

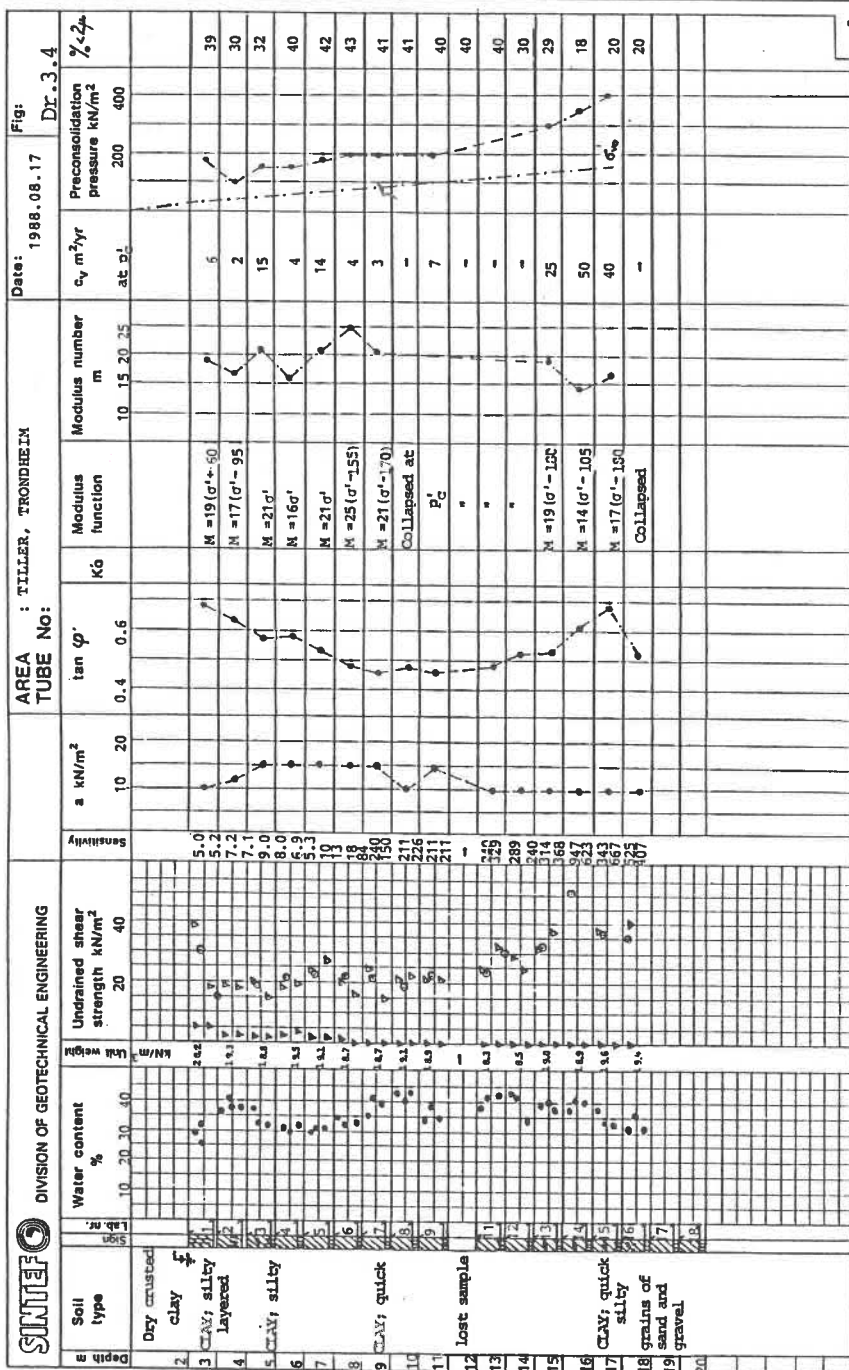
Konsistensgrenser: w_p $\longrightarrow$ w_L

OPPDRAG:
5584

BILAG:
7

TEGN.NR.:

07



Boring profile, Tiller clay, Trondheim

PROJECT

Dr.ing.

DATE

1989.02.15

Drawing 3.4



GEOTECHNICAL DIVISION
THE NORWEGIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr	Vanninnhold (w) i %				γ kN/m ³	Skjærstyrke (S_u) i kPa				S_t
				10	20	30	40		20	40	60	80	
	Fyllmasse LEIRE og TORV		18			.		->139.3 12.1					
5	TØRRSKORPELEIRE		19			.	.	18.0 17.9					7 11
	LEIRE		20			.	.	18.6 18.0					19 31
10	enk. gruskorn		21			.	.	19.5 19.4					4 3
	siltige lag		22			.	.	19.4 18.7					9 7
15	tynne siltlag					.	.						
20						.	.						

Enkelt trykkforsøk : (strek angir def.% v/ brudd) Konusforsøk - Omrørt/Uforstyrret : /
 Penetrometerforsøk : Konsistensgrense : W_p ——— W_L Andre forsøk :
 T = Treksialforsøk Ø = Ødometerforsøk K = Kornfordeling

RAMBOLL

Njord elendom AS
Grunnundersøkelser Kvenild

BORPROFIL HULL: A12

Terr.høyde: +138,0 Prøve ø: 54mm

DATO
16.01.07

TEGNET AV
Ehh/BKN

KONTR
18/10

OPPDRAG
6061002

BILAG

TEGN. NR.
307

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr	Vanninnhold (w) i %				γ kN/m ³	Skjærstyrke (S_u) i kPa				S_t
				10	20	30	40		20	40	60	80	
5													
	enk. små planterester		30			.	:	18.4 18.3	▼	○	▼		10 15
	LEIRE												
	sandig, grus Korn		31		.	:	.	19.8 18.7	▼	○	▼		14 >1400
10	siltfig		32		.	:	.	20.2 19.9					>1270 >1750
	enk. tynne silttag		33		.	:	.	19.5 19.1	▼		▼		>113.0 9
15													
20													

Enkelt trykkforsøk : (strek angir def.% v/ brudd) Konusforsøk - Omrørt/Uforstyrret : ▼ / ▽
 Penetrometerforsøk : Konsistensgrense : Wp | ——— | WL Andre forsøk :
 T = Treksialforsøk Ø = Ødometerforsøk K = Kornfordeling

RAMBOLL

Njord eiendom AS
Grunnundersøkelser Kvenild

BORPROFIL HULL: C6

Terr.høyde: +149,0 Prøve ø: 54mm

DATO
16.01.07

TEGNET AV
Ehh/BKN

KONTR
Bm

OPPDRAG
6061002

BILAG

TEGN. NR.
309

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr	Vanninnhold (w) i %				γ kN/m ³	Skjærstyrke (S_u) i kPa				S_t
				10	20	30	40		20	40	60	80	
5	TØRRSKORPELEIRE		34			•		19.3 18.9					->140.0 ->145.0 ->103.0
	enk. gruskorn		35			•		19.7 19.0		⊙			->127.0 ->160.0
	LEIRE, siltig		36			•		19.0 19.0	▼	⊙	▼		8 11
10													
15													
20													

Enkelt trykkforsøk :  (strek angir def.% v/ brudd) Konusforsøk - Omrørt/Uforstyrret : ▼ / ▽
 Penetrometerforsøk : ☐ Konsistensgrense : W_p ——— W_L Andre forsøk :
 T = Trekslutforsøk Ø = Ødometerforsøk K = Kornfordeling

RAMBOLL

Njord elendom AS
Grunnundersøkelser Kvenild

BORPROFIL HULL: X2

Terr.høyde: +141,4 Prøve ø: 54mm

DATO
16.01.07

TEGNET AV
Ehh/BKN

KONTR

bm

OPPDRAG
6061002

BILAG

TEGN. NR.
310

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr	Vanninnhold (w) i %				γ kN/m ³	Skjærstyrke (S_u) i kPa				S_t
				10	20	30	40		10	20	30	40	
	LEIRE, siltig, m. sand og gruskorn, humus Oppfylt masse		37					20.4					
5	TØRRSKORPELEIRE		38					18.5 18.2					4 6
	LEIRE		39					18.7 18.5					14 15
10			40					19.1 18.7					16 8
15	enk. tynne siltlag		41					19.5 19.0					9 8
	KVIKLEIRE enk. tynne siltlag		42					19.0 18.4					270 120
20													

Enkelt trykkforsøk :  (strek angir def.% v/ brudd) Konusforsøk - Omrørt/Uforstyrret : ▼ / ▽
 Penetrometerforsøk :  Konsistensgrense : Wp ———— WL Andre forsøk :
 T = Treksialforsøk Ø = Ødometerforsøk K = Kornfordeling

RAMBOLL

Njord Elendom AS
Grunnundersøkelser Kvenild

BORPROFIL HULL: B16

Terr.høyde: +135,4 Prøve øi 54mm

DATO
04.02.08

TEGNET AV
Ehh/BKN

KONTR
Ehh

OPPDRAG
6061002

BILAG

TEGN. NR.
311

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr	Vanninnhold (w) i %				γ kN/m ³	Skjærstyrke (S_u) i kPa				S_t
				10	20	30	40		10	20	30	40	
5	TØRRSKORPELEIRE, m.små planterester		01			•	•	19.1 18.6				→ 96.0	3 8
						•	•						
10	LEIRE		02				•	18.1 17.9					13 12
							•						
15	LEIRE		03			•	•	18.1 18.1					11 10
						•	•						
20	LEIRE		04			•	•	17.9 18.2					14 13
						•	•						
25	KVIKKLEIRE		05			•	•	18.3 18.4				→ 53.0	38 42
						•	•						
30	KVIKKLEIRE		06			•	•	19.2 19.3					300
						•	•						
35	KVIKKLEIRE		07			•	•	19.6					150
						•	•						
40	KVIKKLEIRE		08			•	•	19.4 19.4					150 310
						•	•						

Enkelt trykkforsøk :  (strek angir def. % v/brudd)

Konusforsøk - Omrørt/uforstyrret: ▼ / ▽

Penetrometerforsøk  Konsistensgrense w_p ——— w_L Andre forsøk:

T= Treksialforsøk

Ø= Ødometerforsøk

K= Kornfordeling

Rev.	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godkj
	15.11.10		BVN		

Oppdrag nr. 6100648 Målestokk: 1:100 Status:

Utbygging Torgård, Tiller
Njord Eiendom

BORPROFIL HULL NR.: Y2

TERRENHØYDE: +136.5 PRØVETYPE: 54mm

RAMBOLL

P.B. 7493 Mellomila 79
N-7018 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
www.ramboll.no

Tegning nr.

Rev.

105

Enkelt trykkforsøk :  (strek angir def.% v/brudd) Korusforsøk - Omrørt/uforstyrret: ▾ / ▿

Penetrometerforsøk ☐ Konsistensgrense w_p  w_L Andre forsøk:

T= Treaksialforsøk Ø= Ødometerforsøk K= Kornfordeling

[illegible]

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr	Vanninnhold (w) i %				γ kN/m ³	Skjærstyrke (S_u) i kPa				S_f
				10	20	30	40		10	20	30	40	
5 <													

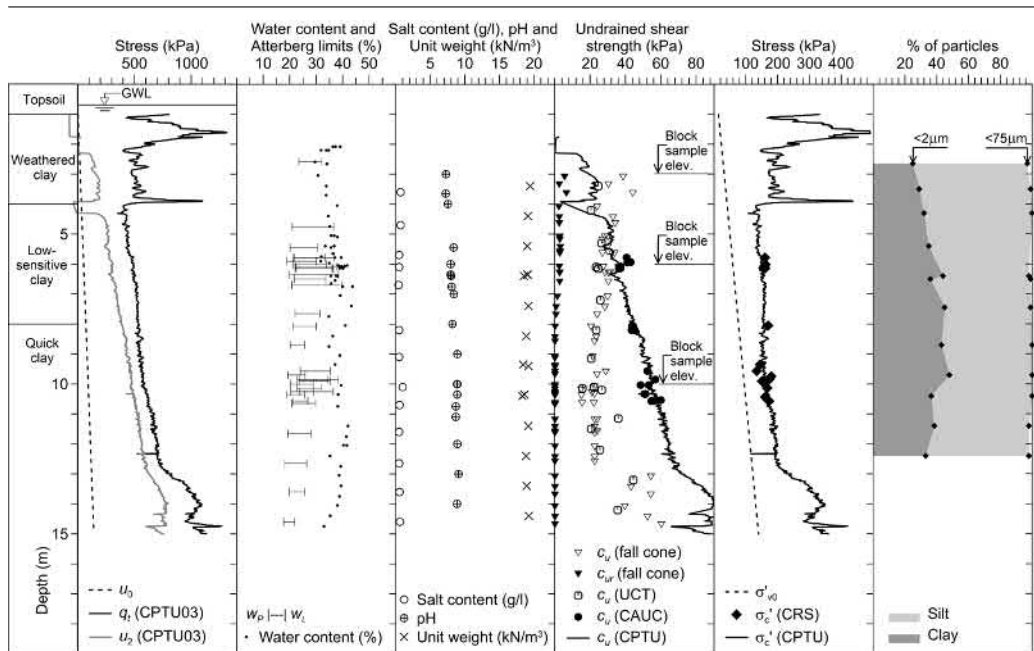


Fig. 4.6: Geotechnical profile of the Tiller test site. $c_u(\text{CPTU}) = (u_2 - u_0) / \Delta u$ (Lunne et al. 1997b), where $N_{\Delta u} = 7$; $\sigma'_c(\text{CPTU}) = (q_t - \sigma_{v0}) / (N_c \alpha) - a$ (Sandven 1990), where $N_c = 9.2$, $\alpha = 0.25$ and $a = 10 \text{ kPa}$.

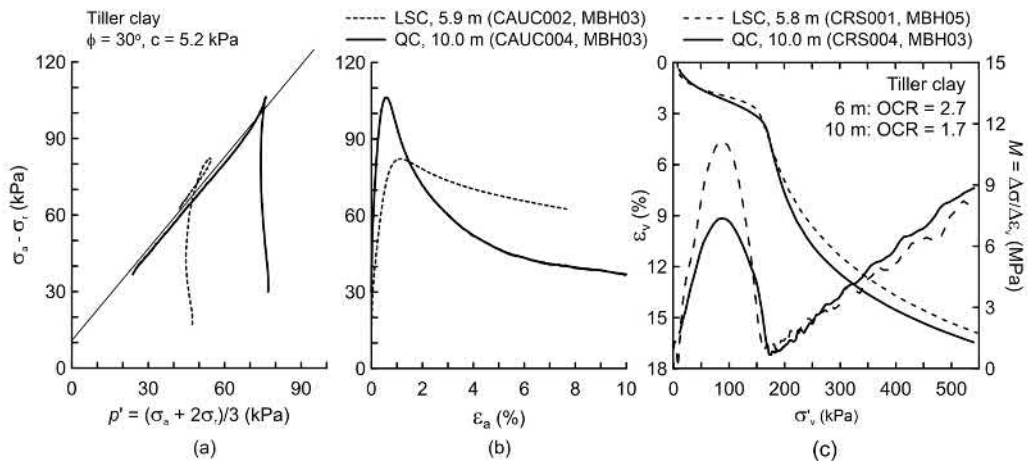


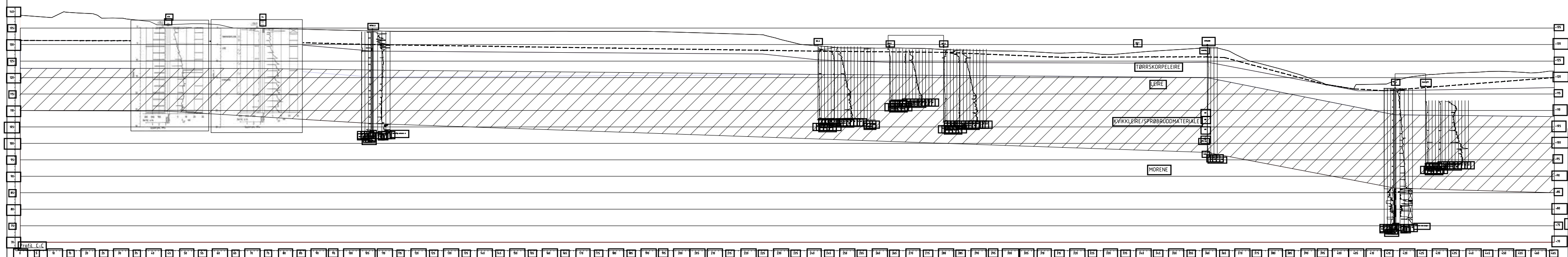
Fig. 4.8: Typical results from the (a)–(b) CAUC triaxial and (c) CRS oedometer tests conducted on the reference mini-block samples of the Tiller clay.

Utdrag fra:

Amundsen, H. A. Storage duration effects on Norwegian low-plasticity sensitive clay samples. PhD thesis. **2018:192**, (Norwegian University of Science and Technology (NTNU), (2018).

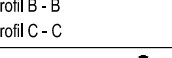
VEDLEGG 6

Tolket lagdeling

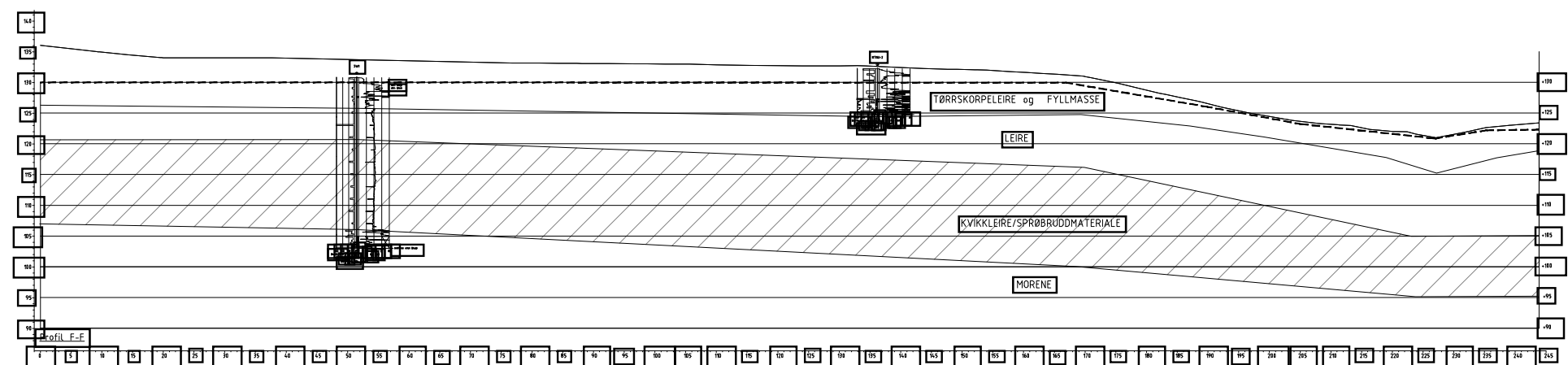


TEGNEFORKLARING		Fjellkontrollboring		Proveserie		Poretrykksmåling	
● Dreiesondering	★ Fjellkontrollboring	③ Proveserie	⊗ Poretrykksmåling				
● Enkel sondering	★ Dreiertrykksboring	③ Provegrøp	⊗ Fjell i dagen				
▽ Trykksondering	★ Totalsondering	+ Vingebering					
Borhull nr. 1 Terreng (bunn) kote Amratt jettekote Boret dybde + (boret i fjell)							
Kartgrunnlag :							
Utgangspunkt for nivåetelling :							

Start	Rev	Endring	Differ.	Kontroll	Ansv.	Dato
			NOHEA	NOASEL	NOASEL	05.03.2020
			Målestokk		Normal	
			1:000			A3L
Oppdragsledende						
Pålagt Alexandra Amundsen						
Oppdragsnr.						
10213952						
Disiplin		Legenummer		Status		Rev
G		102		A		02



SWECO Norge AS
 Skogvegen 19, 1027 - Trondheim
 Tlf.: 75 83 90 00 FAK



TEGNFORKLARING :	
☒ Dreiesondering	☒ Fjellkontrollboring
☒ Enkel sondering	☒ Dreietrykkssondering
☒ Trykksondering	☒ Totalsondering
	+ Vingeboring
Borhull nr. _____	Førreng (dunn) kote _____
Annratt fjeltekote _____	Boret dybde + (boret i fjell) _____
Kartgrunnlag _____	
Utgangspunkt for nivålemmet : _____	

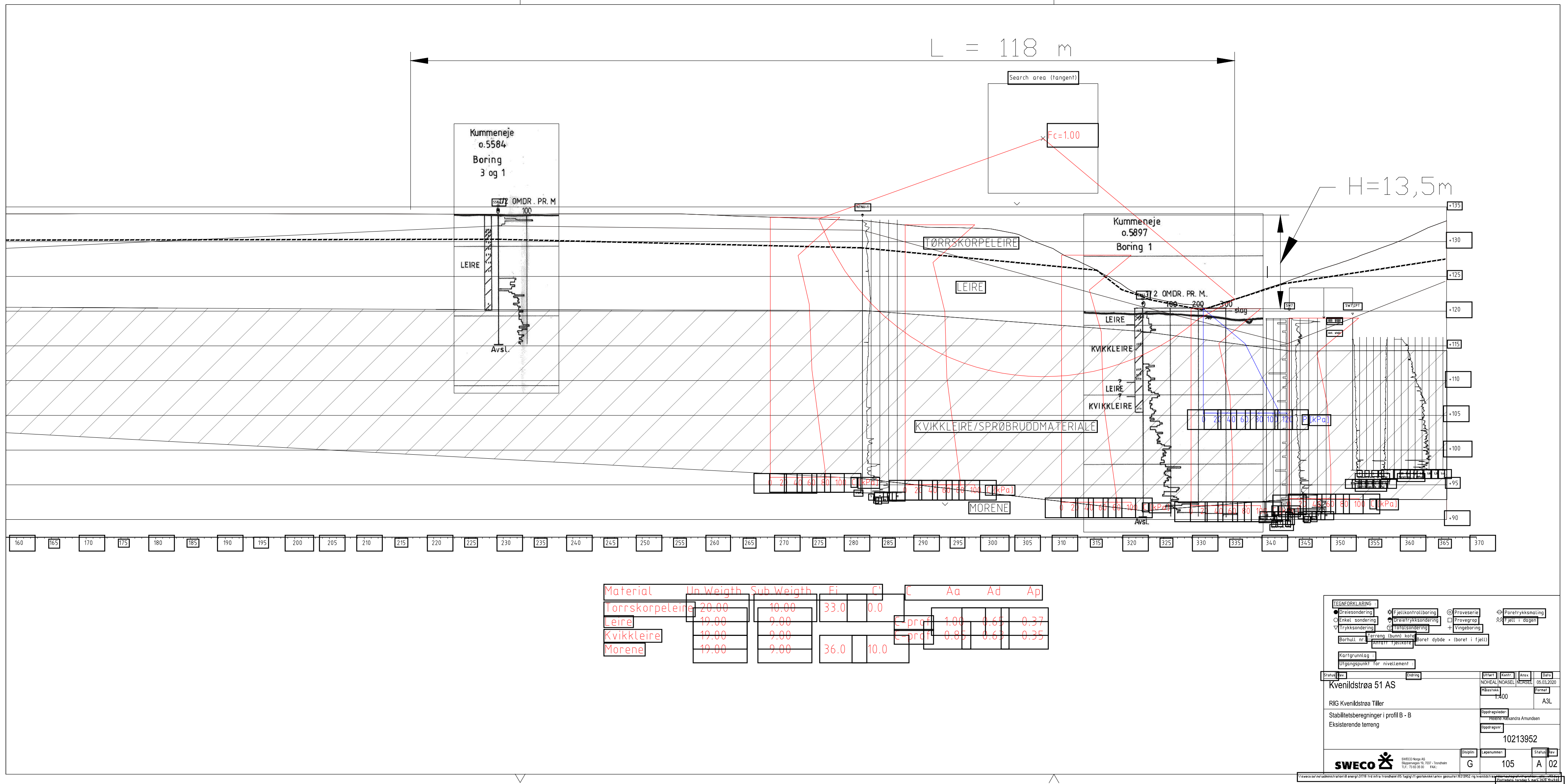
Status	Rev.	Endring	Utført	Kontroll	Ansv.	Dato
Kvenildstrøa 51 AS			NOHEL	NOASEL	NORSEL	05.12.2019
RIG Kvenildstrøa Tiller			Målestokk		Format	A3L
Tolket lagdeling			↑ 000			
Profil D - D			Oppdragsleder:			
Profil E - E			PROSJEKTANSVANDR AMUNDSEN			
Profil F - F			Oppdragsrør:			
					10213952	

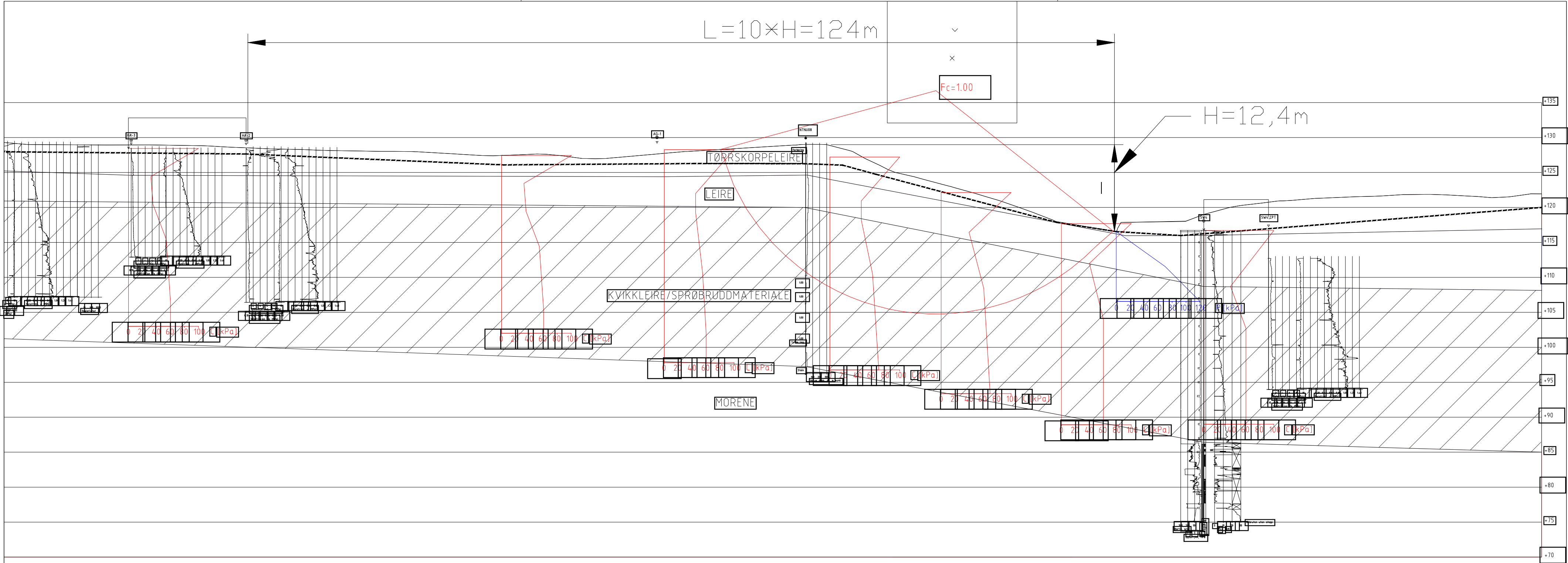
SWECO Norge AS	Disiplin	Lagenummer	Status	Rev.
Svaneveien 10, 1037 - Trondheim Tlf.: 72 43 30 00 / Fax: _____	G	103	A	01

s:\norge\33710 trf infra trondhem\51 tagging\11 geotekniske\arxiv\geotekni\10213952.rvt Kvenildstrøa Tiller RIG Kvenildstrøa Tiller

VEDLEGG 7

Stabilitetsberegninger





Material	Un Weight	Sub Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Torrskorpeleire	20.00	10.00	33.0	0.0				
Leire	19.00	9.00			C-prof	1.00	0.63	0.37
Kvikkleire	19.00	9.00			C-prof	0.85	0.63	0.35
Morene	19.00	9.00	36.0	10.0				

TEGNEFORKLARING :

Dreiesondering

Enkel sondering

Trykksondering

Torrang (bunn) kate

Borhull nr.

Kartgrunnlag

Utgangspunkt for nivellement

Fjellkontrollboring

Dreietrykksondering

Totalsondering

Torrang (bunn) kate

Boret dybde + (boret i fjell)

Provseserie

Provvegrup

Vingeboring

Poretrykksmåling

Fjell i dagen

Status

Rev

Endring

Offiser

NOHEAL

NOASEL

NOASEL

Contr

NOHEAL

NOASEL

NOASEL

Ansv

NOHEAL

NOASEL

NOASEL

Date

05.12.2019

Kvenildstrøa 51 AS

RIG Kvenildstrøa Tiller

Stabilitetsberegninger i profil C - C

Eksisterende terreng

Oppdragsleder

Prosjektleder

Oppdragsnr

10213952

SWECO Norge AS

SWECO Norge AS

SWECO Norge AS

SWECO Norge AS

Disiplin

G

Lagenummer

106

Status

A

Rev

01

SWECO Norge AS

SWECO Norge AS

SWECO Norge AS

SWECO Norge AS

Disiplin

G

Lagenummer

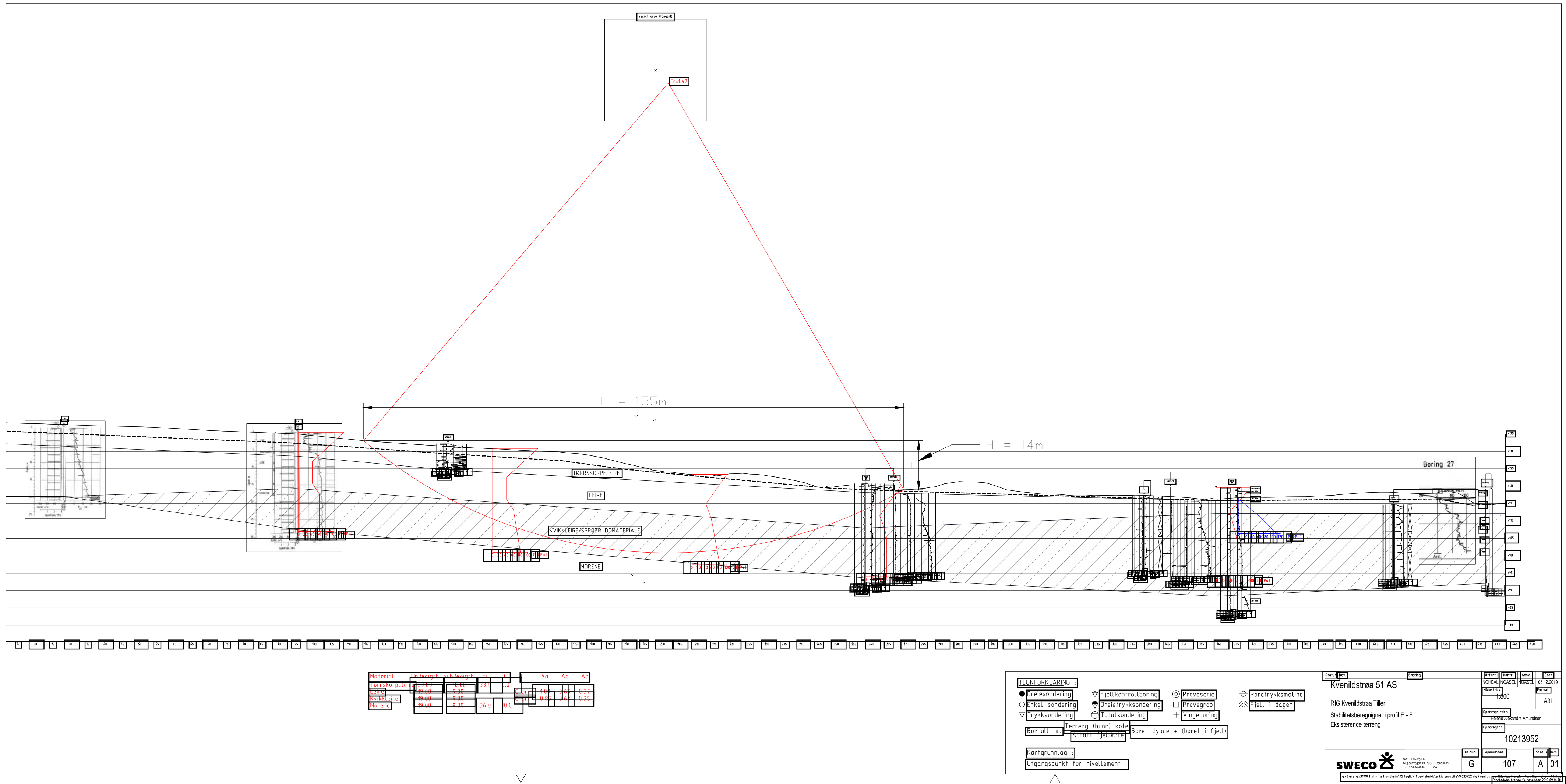
106

Status

A

Rev

01



VEDLEGG 8

Løsne - og utløpsområder

L/H-tabellen (Vurdering av løsneområde)

Parameter	Vekt	Stor L/H (15)	Middels L/H (10)	Lav L/H (5)		Score	Sum
		Poeng					
		3	2	1	0		
b/D ved L1	1	>0,5	0,25-0,5	opptil 0,25	0	0	0
b/D ved 3L1	2	>0,5	0,25-0,5	opptil 0,25	0	0	0
Avstand fra skråningsfot til kvikkleirelommen (l)	1	x1 < L1	x1 ~ L1	x1 > L1	-	3	3
Forhold ved skredporten	2	Stor elv eller dal	Bekkedal/ravine med bredde av samme størrelse som skredporten	Flere hindringer og/eller veldig trang ravine	-	2	4
Tidligere skredhendelser	1	L/H>10	5< L/H < 10	L/H < 5	-	1	1
Su/(γ*D)	1	Su/(γ*D) < 0,1	0,1 ≤ Su/(γ*D) ≤ 0,25	Su/(γ*D) > 0,25	-	1	1
Totalt							9

b ved L1	0
D ved L1	10
b ved 3*L1	0
D ved 3*L1	2.5
b/D ved L1	0.00
b/D ved 3L1	0.00

L/H-tabellen (Vurdering av løснеområde)

Parameter	Vekt	Stor L/H (15)	Middels L/H (10)	Lav L/H (5)		Score	Sum
		Poeng					
		3	2	1	0		
b/D ved L1	1	>0,5	0,25-0,5	opptil 0,25	0	0	0
b/D ved 3L1	2	>0,5	0,25-0,5	opptil 0,25	0	0	0
Avstand fra skråningsfot til kvikkleirelommen (l)	1	x1 < L1	x1 ~ L1	x1 > L1	-	3	3
Forhold ved skredporten	2	Stor elv eller dal	Bekkedal/ravine med bredde av samme størrelse som skredporten	Flere hindringer og/eller veldig trang ravine	-	2	4
Tidligere skredhendelser	1	L/H>10	5< L/H < 10	L/H < 5	-	1	1
Su/(γ*D)	1	Su/(γ*D) < 0,1	0,1 ≤ Su/(γ*D) ≤ 0,25	Su/(γ*D) > 0,25	-	1	1
Totalt							9

b ved L1	0
D ved L1	13.5
b ved 3*L1	0
D ved 3*L1	3.8
b/D ved L1	0.00
b/D ved 3L1	0.00

L/H-tabellen (Vurdering av løsneområde)

Parameter	Vekt	Stor L/H (15)	Middels L/H (10)	Lav L/H (5)		Score	Sum
		Poeng					
		3	2	1	0		
b/D ved L1	1	>0,5	0,25-0,5	opptil 0,25	0	2	2
b/D ved 3L1	2	>0,5	0,25-0,5	opptil 0,25	0	0	0
Avstand fra skråningsfot til kvikkleirelommen (l)	1	$x1 < L1$	$x1 \sim L1$	$x1 > L1$	-	3	3
Forhold ved skredporten	2	Stor elv eller dal	Bekkedal/ravine med bredde av samme størrelse som skredporten	Flere hindringer og/eller veldig trang ravine	-	2	4
Tidligere skredhendelser	1	L/H>10	$5 < L/H < 10$	L/H < 5	-	1	1
Su/($\gamma \cdot D$)	1	$Su/(\gamma \cdot D) < 0,1$	$0,1 \leq Su/(\gamma \cdot D) \leq 0,25$	$Su/(\gamma \cdot D) > 0,25$	-	1	1
Totalt							11

b ved L1	2.8
D ved L1	10.7
b ved 3*L1	0
D ved 3*L1	5.6
b/D ved L1	0.26
b/D ved 3L1	0.00

