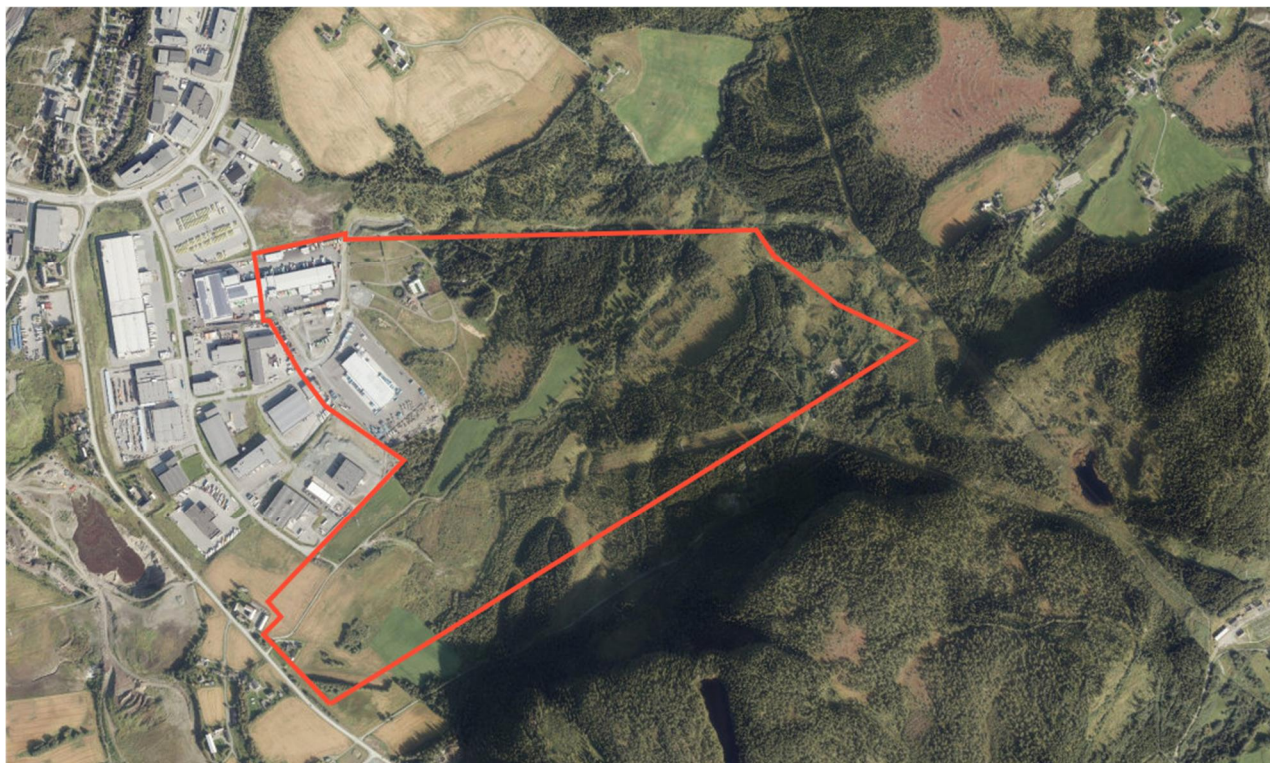


Beregnet til
Trondheim kommune v/John Leirvik

Dokument type
Rapport

Dato
26-11-2021

TORGÅRD OMRÅDESTABILITET VURDERINGSRAPPORT



TORGÅRD OMRÅDESTABILITET VURDERINGSRAPPORT

Oppdragsnavn **Torgård område stabilitet - Vurderingsrapport**
Prosjekt nr. **1350037896**
Mottaker **Trondheim kommune**
Dokument type **Rapport**
Versjon **01**
Dato **26-11-2021**
Utført av **Bård Arvid Gjengstø**
Kontrollert av **Erlend Engesvold**
Godkjent av **Inger J. M. Søreide**
Beskrivelse **Stabilitetsberegninger for område stabilitet**

Rambøll
Kobbegate 2
PB 9420 Torgarden
N-7493 Trondheim

T +47 73 84 10 00
<https://no.ramboll.com>

Revisjon	00	01
Dato	22.10.2021	26.11.2021
Utarbeidet av	BAGJ	BAGJ
Kontrollert av	EHU	EHU
Godkjent av	IJM	IJM
Beskrivelse		Revisjon etter uavhengig kvalitetssikring og lagt til kostnadsestimat sikringstiltak Revidert tekst fremgår av revisjonsstrek i venstre marg

INNHALDSFORTEGNELSE

1.	Innledning	3
2.	Grunnlag for stabilitetsberegninger	5
2.1	Sikkerhetskrav for områdestabilisering	5
2.2	Kritiske snitt og skredmekanismer	5
2.3	Løsne- og utløpsområde	6
2.4	Beregningsgrunnlag for stabilitetsanalyse av kantraviner	6
2.5	Beregningsprogram	6
2.6	Poretrykksforhold	6
2.7	Materialparametere	7
2.7.1	Romvekt	7
2.7.2	Udrenert skjærfasthet	7
2.7.3	Effektivspenningsparametere	8
2.7.4	Oppsummering av materialparametere	8
2.8	Prinsipp sikringstiltak	11
3.	Beregningsresultater	12
3.1	Justering av materialparametere	12
3.2	Geometrieffekter	12
3.3	Resultater	12
4.	Stabiliserende tiltak	15
4.1	Nødvendig omfang av sikringstiltak	15
4.2	Volum av sikringstiltak	15
4.3	Kostnadsestimat	15
5.	Videre arbeid	17
6.	Oppsummering/konklusjon	18
7.	Referanser	19

TEGNINGER

Tegn. nr.	Rev.	Tittel	Målestokk	Format
201	00	Situasjonsplan – Oversiktskart	1 : 2 500	A1
202	00	Situasjonsplan – Profil A og B	1 : 2 000	A4
203	00	Situasjonsplan – Profil C og D	1 : 2 000	A4
204	00	Situasjonsplan – Profil E og F	1 : 2 000	A4
205	00	Situasjonsplan – Profil G og H	1 : 2 000	A4
206	00	Profil A – Dagens situasjon	1 : 400	A3LLLL
207	00	Profil A – Dagens situasjon – Oppjusterte materialparametere	1 : 400	A3LLLL
208	00	Profil A – Sikringstiltak	1 : 400	A3LLLL
209	00	Profil B – Dagens situasjon	1 : 400	A3LLL
210	00	Profil B – Dagens situasjon – Oppjusterte materialparametere	1 : 400	A3LLL
211	00	Profil B – Sikringstiltak	1 : 400	A3LLL
212	00	Profil C – Dagens situasjon	1 : 400	A3LL
213	00	Profil C – Sikringstiltak	1 : 400	A3LL

214	00	Profil D – Dagens situasjon	1 : 400	A3LL
215	00	Profil D – Dagens situasjon – Oppjusterte materialparametere	1 : 400	A3LL
216	00	Profil D – Sikringstiltak	1 : 400	A3LL
217	00	Profil E – Dagens situasjon	1 : 400	A3L
218	00	Profil E – Dagens situasjon – Oppjusterte materialparametere	1 : 400	A3L
219	00	Profil E – Sikringstiltak	1 : 400	A3L
220	00	Profil F – Dagens situasjon	1 : 400	A3LL
221	00	Profil F – Dagens situasjon – Oppjusterte materialparametere	1 : 400	A3LL
222	00	Profil F – Sikringstiltak	1 : 400	A3LL
223	00	Profil G – Dagens situasjon	1 : 400	A3L
224	00	Profil G – Dagens situasjon – Oppjusterte materialparametere	1 : 400	A3L
225	00	Profil G – Sikringstiltak	1 : 400	A3L
226	00	Profil H – Dagens situasjon	1 : 400	A3LL
227	00	Profil H – Dagens situasjon – Oppjusterte materialparametere	1 : 400	A3LL
228	00	Profil H – Sikringstiltak	1 : 400	A3LL
229	00	Situasjonsplan – Oversiktskart – Lengdeprofil raviner	1 : 2 500	A1
230	00	Lengdeprofil – KR1, KR2 og Rønningsbekken	1 : 500	A3L
231	00	Lengdeprofil – KR1	1 : 400 / 1 : 2 000	A3L
232	00	Lengdeprofil – KR2	1 : 400 / 1 : 2 000	A3L
233	00	Situasjonsplan – Oversiktskart – Motfylling i raviner	1 : 2 500	A1

VEDLEGG

Vedlegg. nr.	Tittel
1	Tolkning av CPTU borpunkt W3
2	Tolkning av CPTU borpunkt Y5

1. INNLEDNING

Planområdene N7 og N8 er deler av kommuneplan Tiller i Trondheim kommune. Prosjektet søker å avklare de geoteknisk stabilitetsmessige mulighetene for å utvikle planområdene N7 og N8 til næringstomter på Torgård. Dette er prosjektets mål.

Prosjektet er inndelt i flere faser fram mot endelig avklaring. I forprosjektet - fase 1, er det pekt på behovet for å først avklare stabiliteten ut mot de avgrensende kantravinene som omgir planområdet, se tabell 1 som viser faseinndelingen.

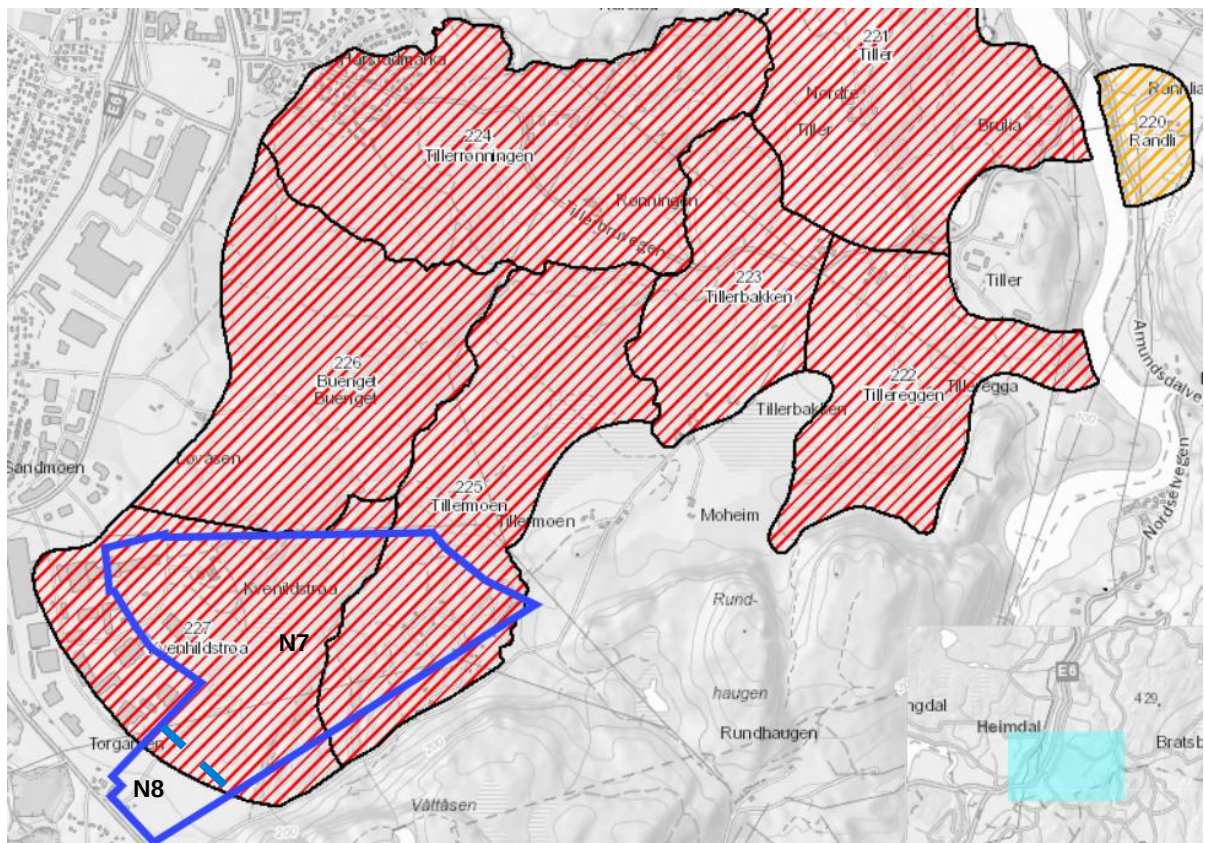
Tabell 1: Prosjektets faser

Prosjektfaser	
1	Forprosjekt - Prosjektbeskrivelse med kostnadsoverslag
2	Følge opp grunnundersøkelser og lage beregningsgrunnlag for stabilitetsanalyser av kantraviner - Lage detaljert borplan for grunnundersøkelsene - Fortløpende oppfølging av feltarbeid, med justering/tilpassing av borplan basert på fortløpende resultater/rådata fra sonderinger. - Sette opp prøvetakingsplan basert på sonderingsresultater - Supplering med plan for måling av poretrykk og CPTU. - Supplering med plan for prøvetaking, med angivelse av prøvetyper- og nivåer. - Tolkning av laboratorieforsøk og CPTU - Opptegning av beregningsprofiler - Sammenstille beregningsgrunnlag i rapport for uavhengig kvalitetssikring.
3	Grunnundersøkelser med datarapport Trondheim kommune utfører grunnundersøkelser (felt + lab.) iht. borplan fra Rambøll. Kostnadsberegnes av Trondheim kommune.
4	Uavhengig kvalitetssikring av beregningsgrunnlaget for kantraviner Beregningsgrunnlaget kvalitetssikres av uavhengig foretak.
5	Stabilitetsberegninger og vurderinger for kantraviner (Gjeldende rapport) - Stabilitetsberegninger i 8 beregningsprofil av dagens stabilitet - Vurdering av behov for og utførelse av stabiliserende tiltak. - Kostnadsoverslag stabiliserende tiltak - Delta i diskusjoner og orienteringer for myndigheter - Utarbeidelse av vurderingsrapport
6	Uavhengig kvalitetssikring av vurderingsrapport for kantraviner Vurderingsrapport kvalitetssikres av uavhengig foretak.

Forprosjektrapporten fra fase 1, ref. /1/, peker på at det vil være skredsikkerhet og sikringstiltak mot kantravinene som er primært viktig for å sikre planområdene N7 og N8 mot påvirkning som kan være negativ med hensyn til områdeskredfare. Med dette på plass kan den etterfølgende arrondering av planområdet innenfor plangrensene, utformes med løsninger for infrastruktur og planering av tomter som sikrer tilfredsstillende intern stabilitet i planområdet.

I rapporten fra forprosjektet (fase 1) er det laget en prosjektbeskrivelse, med vurdering av strategi for videre skredfareavklaring og sikringstiltak langs kantravinene, inkl. forslag til grunnundersøkelser for dette formålet. Utførte grunnundersøkelser er utført av Trondheim kommune og er oppsummert i egen datarapport /2/.

Siden planområdet er lokalisert innenfor et større område definert som faresone for potensielle kvikkleireskred, se figur 1, er det et særlig fokus på å ivareta krav til områdestabilitet. Dette arbeidet følger NVEs veileder 1/2019: «Sikkerhet mot kvikkleireskred», ref. /3/. Den geotekniske utredningen skal utføres for kommuneplannivå. Likevel er det utført vurderinger og undersøkelser utover hva som er beskrevet som anbefalt detaljeringsnivå for kommuneplan.



Figur 1: Planområde og omgivende potensielle faresoner for kvikkleireskred

Denne rapporten utgjør fase 5 av prosjektet for utredning av skredsikkerhet på Torgård-området. Her utføres stabilitetsberegninger og vurdering av behov for stabiliserende tiltak. Rapporten bygger på rapportene fra forprosjektet i fase 1 og beregningsgrunnlag i fase 2, ref. /4/, og må sees i sammenheng med disse for å gi fullstendig bakgrunn.

Basert på de 8 profilene som er undersøkt presenterer rapporten beregningsresultater for de utførte stabilitetsanalyser, samt beskrivelse av nødvendig tiltak for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet for planområdet.

Denne rapporten med stabilitetsberegninger skal kvalitetssikres av uavhengig foretak (prosjektets fase 6) i henhold til i NVEs veileder 1/2019.

2. GRUNNLAG FOR STABILITETSBEREGNINGER

2.1 Sikkerhetskrav for områdestabilisering

Planområdet ligger innenfor kvikkleiresonene 225 «Tillermoen» og 227 «Kvenhildstrøa» hvor begge er klassifisert med faregradsklasse høy. Det aktuelle tiltaket gjelder sikring av områdestabiliteten for næringsutbygging innenfor områdene N7 og N8. Iht. NVEs veileder 1/2019 defineres *nærings- og industribygg* som K4-tiltak, og følgelig må områdestabiliseringen tilfreds- stille krav til K4-tiltak. Veilederen stiller følgende krav til områdestabiliseringen ved høy faregrad:

Dersom tiltaket forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ og $F_{cp} \geq 1,25$, hvor f_s er sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene.

Eller

For tiltak som ikke forverrer stabiliteten er kravet til sikkerhet $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{cp} \geq 1,25$. Ved lavere sikkerhet må F_{cu} og F_{cp} økes prosentvis.

Med bakgrunn i at sonene har høy faregrad og planlagt tiltak tilhører tiltakskategori K4, stilles det krav til *vesentlig* forbedring iht. tabell 3.3 og figur 3.3 i NVEs veileder 1/2019 i de profiler hvor det ikke oppnås krav til absolutt sikkerhet.

Kravet til prosentvis forbedring gjelder alle skredmekanismer som kan berøre tiltaket, og gjelder for alle potensielle glideflater som før tiltak har lavere sikkerhet enn kravet. For prosjektet begrenses dette til potensielle glideflater som vil kunne utløse et områdeskred.

2.2 Kritiske snitt og skredmekanismer

Det er utført stabilitetsberegninger i 8 profiler som i beregningsgrunnlaget er vurdert som representative/kritiske for planområdet i kvikkleiresonen. Profilenes plassering er vist på tegning 201-205. Terrenget i profilene er generert fra digitalt kartgrunnlag mottatt fra Trondheim kommune. Høydereferanse er i NN2000.

Det er utført beregninger for både sirkulære og sammensatte glideflater ut mot kantravinene fra planområdet.

De sammensatte glideflatene er for 7 av profilene kun beregnet for dagens situasjon da det oppnås tilfredsstillende sikkerhetsfaktor uten stabiliseringstiltak. For det siste profilet oppnås tilfredsstillende sikkerhet ved oppjustering av materialparametere. Med bakgrunn i oppnådd sikkerhetsfaktor vurderes det at flaskred ikke er en aktuell skredmekanisme for planområdet. Sirkulærsylindriske bruddflater ut mot ravinekantene anses som dimensjonerende skredmekanisme.

Det er ikke utført beregninger for tilfeller med retrogressiv skredutvikling, men satt fokus på sikkerhet mot mulige initialskred.

Der hvor stabilitetsberegningene for dagens situasjon viser for lav beregningsmessig sikkerhet iht. krav i kapittel 2.1 er det også utført beregninger for en situasjon med foreslått sikringstiltak i form av topografiske endringer.

Det er ikke utført stabilitetsvurderinger av skråninger på motsatt side av kantravinene da det ikke anses som sannsynlig at skred som oppstår på denne siden vil kunne utløse skred mot

planområdet. Foreslått sikringstiltak vil også bidra til forbedring av stabiliteten i skråningene på motsatt side av ravinene.

2.3 Løsne- og utløpsområde

Løsne- og utløpsområdet er kun vurdert overordnet. Løsneområdet kan hovedsakelig begrenses til de plane glideflatene som er beregnet for dagens situasjon, men i flere av profilene ligger kvikkleira under ravinebunn eller så er mektigheten av lagene så liten at en stor andel av løsmassene er ikke-sensitive og dermed vil løsneområdet i realiteten kunne være noe mindre.

Utløpsområdet er begrenset av bekkedalene langs kantravinene, og evt. skredmasser vil følge bekkedalene ned mot Rønningsbekken. Skredmassene vil så kunne følge Rønningsbekken videre nordover. Iht. NVEs veileder 1/2019 vil utløpsdistansen i kanalisert terreng tilsvare 3 ganger lengden av løsneområdet, men erfaringsmessig vil utløpsdistansen kunne bli lengre. For de profilene hvor kritisk bruddsirkel ikke berører kvikkleirelaget vil et rotasjonsskred normalt ha en utløpsdistanse tilsvarende ca. halve lengden av løsneområdet.

Løsne- og utløpsområdet må defineres under utredning for reguleringsplan.

2.4 Beregningsgrunnlag for stabilitetsanalyse av kantraviner

Grunnlaget for stabilitetsberegningene er tidligere vurdert i rapport for beregningsgrunnlag. Dette gjelder valg av beregningsprofiler langs kantravinene, tolkning av lagdeling, effektivspenningsparametere fra treaksialforsøk og skjærfasthet fra utførte trykksonderinger, samt vurdering av anisotropiforhold for totalspenningsanalysene.

Lagdeling i beregningsprofilene er vist opptegnet på tegning 106-113 i rapport for beregningsgrunnlag og på tegning 206-228 i foreliggende rapport.

Det er ikke benyttet terrenglaster i beregningene da det ikke er kjent størrelse eller lokasjon på utbygging. Det forutsettes at laster vurderes i detaljreguleringen.

I videre kapitler oppsummeres tolkede poretrykksforhold og materialparametere.

2.5 Beregningsprogram

Det er for de utførte stabilitetsanalyser benyttet GeoSuite Stabilitet, versjon 16.1.5. GeoSuite Stabilitet baserer seg på en likevektsbetraktning av potensielle bruddflater.

2.6 Poretrykksforhold

Basert på de 4 borpunktene med poretrykksmåling er det for samtlige profiler vurdert at poretrykket har en hydrostatisk fordeling fra 1,9 meter under terreng på skråningstoppene i profilene. Ved bunn av skråning er det hovedsakelig registrert poreovertrykk med dybden. Da det i begge ravinene renner bekker er grunnvannstanden antatt å ligge i terrengoverflaten ved bunnen av skråningene. Videre er det gitt en beskrivelse for hvordan poretrykket fordeles i bunn av skråningene for hvert beregningsprofil.

I profil A og B ligger poretrykket hydrostatisk ned til 3 meter under terreng. Videre er det en økning på 30 kPa/4 m over hydrostatisk.

Profil C har en skråningshøyde som er ca. 2/3 av skråningshøyden i profil D. Det er dermed lagt til grunn et poreovertrykk som er ca. 2/3 av overtrykket i profil D. Dette gir et poreovertrykk på 108 % av hydrostatisk ned til 4 meter under terreng for deretter å øke til 138 % av hydrostatisk.

I profil D ligger poretrykket på 111 % av hydrostatisk ned til 6 meter under terreng for så å økte til 157 % av hydrostatisk.

I profil E ligger poretrykket på 120 % av hydrostatisk i bunnen av skråningen. Da profilet er langt er det lagt inn et ekstra poretrykksprofil med 110 % av hydrostatisk fra 1,5 meter under terreng midt i skråningen. Det er antatt at poreovertrykket er halvert her.

I profil F er det som for profil E lagt inn et poretrykksprofil i bunn på 120 % av hydrostatisk. I borpunkt 19 er det målt undertrykk midt i skråningen. Det er her konservativt lagt inn et poretrykksprofil med hydrostatisk fordeling midt i skråningen fra kote +114,9.

I profil G ligger poretrykket på 138 % av hydrostatisk, tilsvarende poretrykket i dybden for profil C.

I profil H er det vurdert at poretrykket er noe mindre enn i profil G på grunn av lavere skråningshøyde. Poretrykket ligger her på 135 % av hydrostatisk.

Det vises for øvrig til de tegning 206-228 for visuell fordeling av poretrykket med dybden.

2.7 Materialparametere

Materialparametere som er benyttet i stabilitetsberegningene er tidligere vurdert og oppsummert i rapport for beregningsgrunnlag. Videre i dette kapitlet oppsummeres de materialparametere som er benyttet i beregningene.

2.7.1 Romvekt

Løsmassenes romvekt er i stabilitetsberegningene vurdert ut fra utførte laboratorieundersøkelser og erfaringsverdier. Benyttet romvekt er oppsummert i tabeller i kapittel 2.7.4 og på tegning 206-228. Erfaringsverdier er benyttet for antatte fyllingsmasser, topplag/tørreskorpeleire og grus-/fast lag i dybden.

2.7.2 Udrenert skjærfasthet

Udrenert skjærfasthet er i rapport for beregningsgrunnlag tolket ut fra utførte trykksonderinger (CPTU) og undersøkelser i laboratoriet. Det er også tolket udrenert skjærfasthet fra to tidligere utførte CPTU, borpunkt W3 og Y5 /5/, som er vist i vedlegg 1 og 2. I tillegg er det vist til hvilket anisotropiforhold som legges til grunn for beregningene.

For deler av beregningsprofilene hvor leiravsetninger ikke er dekt opp av CPTU eller prøvetaking for bestemmelse av skjærfasthet, er det benyttet SHANSEP-normalisering for bestemmelse av skjærfasthetsprofiler etter følgende sammenheng:

$$c_{uA} = \alpha \cdot p'_0 \cdot OCR^m$$

SHANSEP-normalisering er vist på tegning 206-228 som skjærfasthetsprofiler. Hvilke α - og m -verdier og OCR-forhold som er benyttet framkommer i rapport for beregningsgrunnlag. I toppen er det lagt til en konstant skjærfasthet med dybden basert på utførte konus- og enaksialforsøk til SHANSEP-normaliseringen nås.

Det er under hvert skjærfasthetsprofil angitt om profilet er tolket fra CPTU eller SHANSEP.

2.7.3 Effektivspenningsparametere

Effektivspenningsparametere er valgt på grunnlag av tolkede treaksialforsøk, vist i rapport for beregningsgrunnlag, og erfaringsverdier. Benyttede verdier er vist i tabeller i kapittel 2.7.4.

2.7.4 Oppsummering av materialparametere

I tabellene under er det vist en sammenstilling av parametere som er benyttet i stabilitetsberegningene.

Tabell 2: Materialparametere profil A-A

Lag	γ [kN/m ³]	φ' [°]	a [kPa]	a [kPa] justert	S _u [kPa]	Grunnlag for valg av materialparameter
Fylling	19,0	40,0	10,0	-	-	HB V220 / Erfaring
Topplag/ tørreskorpe	19,0	30,0	0,0	-	-	HB V220 / Erfaring
Leire	18,5	26,0	5,0	10,5	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Kvikkleire/ sprøbrudd- materiale	19,3	21,8	5,0	10,5	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Fast	19,0	35,0	0,0	-	-	HB V220 / Erfaring

Tabell 3: Materialparametere profil B-B

Lag	γ [kN/m ³]	φ' [°]	a [kPa]	a [kPa] justert	S _u [kPa]	Grunnlag for valg av materialparameter
Fylling	19,0	40,0	10,0	-	-	HB V220 / Erfaring
Topplag/ tørreskorpe	19,0	30,0	0,0	-	-	HB V220 / Erfaring
Leire1	19,0	26,0	5,0	8,0	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Kvikkleire/ sprøbrudd- materiale	19,0	21,8	5,0	8,0	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Leire2	19,5	26,0	5,0	8,0	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring

Tabell 4: Materialparametere profil C-C

Lag	γ [kN/m ³]	φ' [°]	a [kPa]	a [kPa] justert	S _u [kPa]	Grunnlag for valg av materialparameter
Fylling	19,0	40,0	10,0	-	-	HB V220 / Erfaring
Topplag/ tørsskorpe	19,0	30,0	0,0	-	-	HB V220 / Erfaring
Leire1	19,0	26,0	5,0	-	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Kvikkleire/ sprøbrudd- materiale1	19,0	23,3	5,0	-	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Leire2	19,0	26,0	5,0	-	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Kvikkleire/ sprøbrudd- materiale2	19,0	23,3	5,0	-	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring

Tabell 5: Materialparametere profil D-D

Lag	γ [kN/m ³]	φ' [°]	a [kPa]	a [kPa] justert	S _u [kPa]	Grunnlag for valg av materialparameter
Fylling	19,0	40,0	10,0	-	-	HB V220 / Erfaring
Topplag/ tørsskorpe	19,0	30,0	0,0	-	-	HB V220 / Erfaring
Leire1	18,5	26,0	5,0	-	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Kvikkleire/ sprøbrudd- materiale	18,5	23,3	5,0	-	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Leire2	19,3	26,0	5,0	-	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring

Tabell 6: Materialparametere profil E-E

Lag	γ [kN/m ³]	φ' [°]	a [kPa]	a [kPa] justert	S _u [kPa]	Grunnlag for valg av materialparameter
Fylling	19,0	40,0	10,0	-	-	HB V220 / Erfaring
Topplag/ tørsskorpe	19,0	30,0	0,0	-	-	HB V220 / Erfaring
Leire1	19,0	26,0	5,0	-	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Kvikkleire/ sprøbrudd- materiale1	19,0	22,8	15,0	-	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Leire2	19,0	26,0	5,0	-	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Kvikkleire/ sprøbrudd- materiale2	19,0	22,8	15,0	-	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring

Tabell 7: Materialparametere profil F-F

Lag	γ [kN/m ³]	φ' [°]	a [kPa]	a [kPa] justert	S _u [kPa]	Grunnlag for valg av materialparameter
Fylling	19,0	40,0	10,0	-	-	HB V220 / Erfaring
Topplag/ tørsskorpe	19,0	30,0	0,0	-	-	HB V220 / Erfaring
Leire1	19,0	26,0	5,0	-	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Kvikkleire/ sprøbrudd- materiale1	19,0	22,8	15,0	-	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Leire2	19,0	26,0	5,0	-	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Kvikkleire/ sprøbrudd- materiale2	19,0	22,8	15,0	-	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Leire3	19,0	26,0	5,0	-	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring

Tabell 8: Materialparametere profil G-G

Lag	γ [kN/m ³]	φ' [°]	a [kPa]	a [kPa] justert	S _u [kPa]	Grunnlag for valg av materialparameter
Fylling	19,0	40,0	10,0	-	-	HB V220 / Erfaring
Topplag/ tørreskorpe	19,0	30,0	0,0	-	-	HB V220 / Erfaring
Leire1	19,0	26,0	5,0	16,0	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Kvikkleire/ sprøbrudd- materiale	19,0	26,6	15,0	26,0	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Leire2	19,0	26,0	5,0	16,0	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Fast	19,0	35,0	0,0	-	-	HB V220 / Erfaring

Tabell 9: Materialparametere profil H-H

Lag	γ [kN/m ³]	φ' [°]	a [kPa]	a [kPa] justert	S _u [kPa]	Grunnlag for valg av materialparameter
Fylling	19,0	40,0	10,0	-	-	HB V220 / Erfaring
Topplag/ tørreskorpe	19,0	30,0	0,0	-	-	HB V220 / Erfaring
Leire1	19,0	26,0	5,0	13,5	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Kvikkleire/ sprøbrudd- materiale	19,0	26,6	15,0	23,5	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Leire2	19,0	26,0	5,0	13,5	C-profil (ADP)	Lab / CPTU / HB V220 / Erfaring
Grus	19,0	35,0	0,0	-	-	HB V220 / Erfaring

2.8 Prinsipp sikringstiltak

Vurderte sikringstiltak er for denne fasen er begrenset til hva som må til av oppfylling i ravinene for å oppnå prosentvis forbedring som gitt i kapittel 2.1. I beregningene er det forutsatt at fyllmasser består av mineralske masser av pukk eller tilsvarende som legges ut lagvis og komprimeres godt. Det vil være mulig å benytte andre mineralske masser til fyllmasser, som f.eks. utgravde leirmasser fra planområdet, men det forutsetter at nytt, hevet bekkeleie erosjonssikres. Både stabilitet av andre fyllmasser og erosjonssikring av bekkeleie må kontrolleres i detaljprosjektering av sikringstiltak.

3. BEREGNINGSRESULTATER

3.1 Justering av materialparametere

For 7 av 8 beregningsprofiler oppnås det en sikkerhetsfaktor (SF) $<1,0$ for dagens situasjon på totalspenningsbasis med de tolkede skjærfasthetsprofiler. Tilsvarende på effektivspenningsbasis viser at 4 av 8 profiler oppnår SF $<1,0$ med de tolkede friksjonsvinkler og attraksjoner. Da skråningene har stått uberørt over lang tid reflekterer ikke oppnådd SF in-situ situasjonen, som krever en SF $\geq 1,0$ med bakgrunn i at skråningene ikke har sklidd ut.

Skjærfasthetsprofilene på totalspenningsbasis er derfor for beregningsprofiler med SF $<1,0$ justert opp prosentvis slik at SF for dagens situasjon er lik 1,0. Dette gjelder skjærfasthetsprofiler både tolket fra CPTU og fra SHANSEP. Prosentvis justering er vist i tegninger benevnt med «Oppjusterte materialparametere», hvor både originalt tolkede og oppjusterte skjærfasthetsprofiler er vist sammen. Prosentmessig økning er oppsummert i tabellene i kapittel 3.3.

På effektivspenningsbasis er det attraksjon i leir- og kvikkleire-/sprøbruddlagene som økes med absoluttverdier slik at kritisk bruddsirkel for dagens situasjon oppnår en SF lik 1,0. Økning i attraksjon er vist i tabeller i kapittel 2.7.4 og som forskjell i tabeller med materialparametere vist på tegninger benevnt med «Dagens situasjon» og «Oppjusterte materialparametere».

De oppjusterte skjærfasthetsprofilene og økning i attraksjon er så videre brukt for å vurdere mengden av sikringstiltak i profilene.

3.2 Geometrieffekter

Profilene C og F ligger på utstikkende terrengrygger med begrenset utstrekning hvor det kunne ha blitt benyttet geometrieffekter for å oppnå beregningsmessig bedre stabilitet. På grunn av anstrengt stabilitet i de fleste profilene, hvor styrkeparametere er oppjustert i 7 av 8 profiler for å oppnå SF $=1,0$, er det konservativt valgt å se bort ifra geometrieffekter i profil C og F, i tråd med anbefalinger i kapittel 5.4 i NVEs veileder 1/2019.

3.3 Resultater

Oppsummerte resultater fra stabilitetsberegningene er vist i tabeller under. Resultatene gjelder kritisk glideflate, og resultater for sikringstiltak gjelder forbedring av kritisk glideflate før sikrings-tiltak.

Det er for profilene B, D, E og F også sikret med forbedring av glideflate som kommer ut i ravine-skråningen.

Tabell 10: Resultater profil A-A.

Situasjon	Dagens situasjon		Justerte parametere		Sikringstiltak	
Analyse	Total-spenning	Effektiv-spenning	Total-spenning	Effektiv-spenning	Total-spenning	Effektiv-spenning
Sikkerhetsfaktor	0,87*/ 2,19**	0,93*/ 2,84**	1,00* (15 %)	1,00*	1,15*	1,29*
Krav til forbedring	-	-	15 %	15 %	-	-
Oppnådd forbedring	-	-	-	-	15 %	29 %

Tabell 11: Resultater profil B-B

Situasjon	Dagens situasjon		Justerte parametere		Sikringstiltak	
Analyse	Total-spenning	Effektiv-spenning	Total-spenning	Effektiv-spenning	Total-spenning	Effektiv-spenning
Sikkerhetsfaktor	0,96*/ 2,09**	0,96*/ 2,88**	1,00* (6 %)	1,00*	1,18*	1,35*
Krav til forbedring	-	-	15 %	15 %	-	-
Oppnådd forbedring	-	-	-	-	18 %	35 %

Tabell 12: Resultater profil C-C

Situasjon	Dagens situasjon		Justerte parametere		Sikringstiltak	
Analyse	Total-spenning	Effektiv-spenning	Total-spenning	Effektiv-spenning	Total-spenning	Effektiv-spenning
Sikkerhetsfaktor	1,43*/ 3,52**	1,30*/ 5,29**	-	-	1,55*	1,44*
Krav til forbedring	-	4 %	-	-	-	-
Oppnådd forbedring	-	-	-	-	8 %	11 %

Tabell 13: Resultater profil D-D

Situasjon	Dagens situasjon		Justerte parametere		Sikringstiltak	
Analyse	Total-spenning	Effektiv-spenning	Total-spenning	Effektiv-spenning	Total-spenning	Effektiv-spenning
Sikkerhetsfaktor	0,85*/ 1,99**	1,09*/ 3,86**	1,00* (17 %)	-	1,17*	1,42*
Krav til forbedring	-	12 %	15 %	-	-	-
Oppnådd forbedring	-	-	-	-	17 %	30 %

Tabell 14: Resultater profil E-E

Situasjon	Dagens situasjon		Justerte parametere		Sikringstiltak	
Analyse	Total-spenning	Effektiv-spenning	Total-spenning	Effektiv-spenning	Total-spenning	Effektiv-spenning
Sikkerhetsfaktor	0,83*/ 2,24**	1,26*/ 3,33**	1,00* (21 %)	-	1,16*	1,61*
Krav til forbedring	-	5 %	15 %	-	-	-
Oppnådd forbedring	-	-	-	-	16 %	28 %

Tabell 15: Resultater profil F-F

Situasjon	Dagens situasjon		Justerte parametere		Sikringstiltak	
Analyse	Total-spenning	Effektiv-spenning	Total-spenning	Effektiv-spenning	Total-spenning	Effektiv-spenning
Sikkerhetsfaktor	0,73*/ 1,37**	1,08*/ 3,10**	1,00*/ 1,86** (35 %)	-	1,15*	1,43*
Krav til forbedring	-	12 %	15 %	-	-	-
Oppnådd forbedring	-	-	-	-	15 %	32 %

Tabell 16: Resultater profil G-G

Situasjon	Dagens situasjon		Justerte parametere		Sikringstiltak	
Analyse	Total-spenning	Effektiv-spenning	Total-spenning	Effektiv-spenning	Total-spenning	Effektiv-spenning
Sikkerhetsfaktor	0,95*/ 3,62**	0,85*/ 3,92**	1,00* (7 %)	1,00*	1,16*	1,24*
Krav til forbedring	-	-	15 %	15 %	-	-
Oppnådd forbedring	-	-	-	-	16 %	24 %

Tabell 17: Resultater profil H-H

Situasjon	Dagens situasjon		Justerte parametere		Sikringstiltak	
Analyse	Total-spenning	Effektiv-spenning	Total-spenning	Effektiv-spenning	Total-spenning	Effektiv-spenning
Sikkerhetsfaktor	0,88*/ 1,92**	0,87*/ 4,05**	1,00* (14 %)	1,00*	1,16	1,24*
Krav til forbedring	-	-	15 %	15 %	-	-
Oppnådd forbedring	-	-	-	-	16 %	24 %

*Sirkulær glideflate, **Plan glideflate, () prosentvis oppjustering av skjærfasthetsprofiler for å oppnå 1,0 i sikkerhetsfaktor

4. STABILISERENDE TILTAK

4.1 Nødvendig omfang av sikringstiltak

Igjennom de utførte stabilitetsanalysene er det identifisert behov for stabiliserende tiltak i samtlige 8 beregningsprofil for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet i henhold til NVEs veileder 1/2019. Det er utført stabilitetsberegninger for tiltak i form av topografiske endringer for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet. Topografiske tiltak er for prosjektet begrenset til oppfylling i ravinebunn med minste nødvendig horisontal oppfyllingshøyde for å tilfredsstille kravet til vesentlig forbedring.

I tillegg er det for profilene B, D, E og F nødvendig med oppfylling opp langs ravineskråningen for å oppfylle kravet til vesentlig forbedring. Dette gjelder nye kritiske glideflater, som tvinger seg frem etter at kritiske glideflater som kommer ut i ravinebunnen er stabilisert, og begrenser seg til glideflater som kan påvirke områdestabiliteten.

Det vises til tegninger benevnt med «Sikringstiltak» for minste nødvendige oppfylling for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet ved vesentlig forbedring.

Fyllmassene i ravinebunn og opp langs ravineskråning er forutsatt å bestå av pukk eller tilsvarende friksjonsmasser. Det vil være mulig å benytte andre mineralske masser også med tilsvarende tyngdetetthet, men dette må kontrolleres i detaljprosjektering av sikringstiltak. Ved bruk av andre masser som er utsatt for erosjon må bekkeløpet erosjonssikres. Mellom erosjons-sikring og eroderbare masser skal det legges fiberduk, eller legges ut graderte lag som tilfredsstiller filterkriterier.

Om det er ønskelig vil det kunne fylles opp ytterligere i ravinene, da dette vil være et konserverende tiltak med hensyn til lokal- og områdestabilitet. Eventuelt oppfyllingsnivå må kontrolleres av geotekniker, og erosjonssikring av bekkeløpet må dimensjoneres av hydrolog.

4.2 Volum av sikringstiltak

For å estimere kostnad for sikringstiltak i kantravinene er det utført en volumberegning for oppfylling til beregnet minste nivå i ravinebunnen. Totalt volum for minste nødvendig oppfylling er beregnet til ca. 30 000 m³, og utstrekningen er vist på tegning 233.

4.3 Kostnadsestimat

Kostnadsestimatet baserer seg på de utførte stabilitetsanalysene og en foreslått løsning for utførelse av sikringstiltak. Foreslått utførelse er tidligere gjennomført ved igjenfylling av en bekkedal ved Sørborgen skole. Løsningen går ut på å transportere fyllmassene ned til Rønningsbekken hvor KR1 og KR2 møtes, og legge ut massene oppover langs ravinene.

For å kunne gjennomføre dette må eksisterende landbruksveg fra Kvenildstrøa og ned til jordet øst for Buenget rustes opp, vist ved rød strek på Figur 2. Deretter anlegges ny anleggsveg ned til Rønningsbekken langs kanten av jordet, vist med blå strek.

Det er pr. nå vurdert at det ikke er behov for å legge drenering i bunn av fyllingen, men dette må ses nærmere på i senere planfaser.

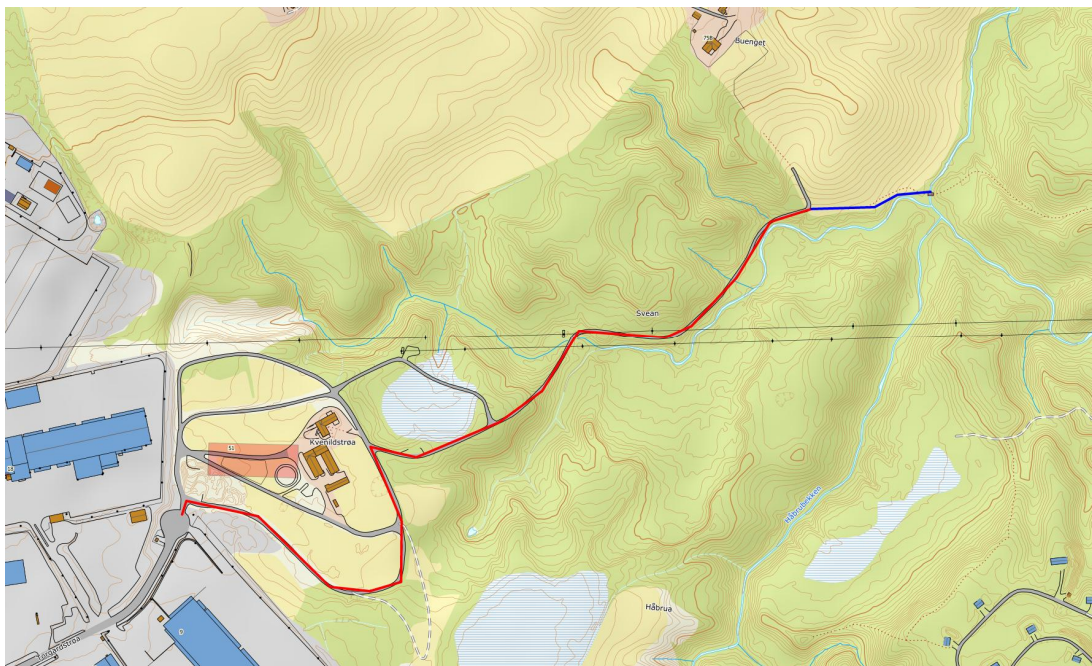
Ut ifra erfaringspriser gis følgende kostnadsestimat for sikringsarbeidet:

Tabell 18: Kostnadsestimat sikringstiltak

Post	Mengde	Enhet	Enhetspris	Pris
Anbrakte masser inkl. fiberduk	Ca. 30 000	m ³	300,-	9 000 000,-
Skogrydding	Ca. 14 000	m ²	50,-	700 000,-
Forsterkning av eksisterende landbruksveg	Ca. 1 000	m	500,-	500 000,-
Etablering av ny anleggsveg	Ca. 150	m	5 000,-	750 000,-
Reetablering av bekk	Ca. 1 400	m	4 000,-	5 600 000,-
Sum eks. rigg	-	-	-	16 550 000,-
Rigg	15 %	-	-	2 482 500,-
Sum inkl. rigg	-	-	-	19 032 500,-
Usikkerhet	30 %	-	-	5 709 750,-
Sum inkl. usikkerhet	-	-	-	24 742 250,-

Kostnadsestimatet inkluderer ikke supplerende grunnundersøkelser, prosjektering eller kontroll av sikringstiltak, og det må forventes at fagkompetanse innenfor geoteknikk, hydrologi, naturtypekartlegging og biologisk mangfold må innhentes i videre planfaser.

Som nevnt i kapittel 4.1 kan det være aktuelt å benytte ravinene som massetipp for å deponere ytterligere mineralske masser, fra for eksempel nedplanerte terrengrygger inne på planområdet. Kostnader ved massetipp og evt. inntekter er ikke tatt med i kostnadsestimatet.



Figur 2: Skisse anleggsveg. Oppgradering av eksisterende veg vist med rød strek, ny anleggsveg vist med blå strek (kilde: Norgeskart.no).

5. VIDERE ARBEID

Igjennom arbeidene med stabilitetsanalyser er det identifisert behov for sikringstiltak i kant-ravinene med heving av ravinebunn. Analysene som er utført viser minste nødvendig oppfylling. Sikringstiltakene må detaljprosjekteres med hensyn til tverrprofil, erosjonssikring, fall og vannføring i senere planfaser. Geotekniker må ivareta at sikringen følger retningslinjer gitt i NVEs veileder 1/2019, og eventuelt utføre mer detaljerte stabilitetsanalyser når endelige planer foreligger. For detaljprosjekteringen må det påregnes behov for supplerende grunnundersøkelser i tråd med anbefalinger gitt i veilederen.

I videre planfaser vil nedplanering av skråninger, terrenglast og bebyggelse kunne inkluderes i stabilitetsanalysene for optimalisering sikringstiltakene.

All utbygging inne på planområdet skal vurderes med hensyn til lokal- og områdestabilitet mot interne ravineskråninger, og er ikke vurdert i denne utredningen.

6. OPPSUMMERING/KONKLUSJON

De utførte stabilitetsvurderingene viser at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet i kantravinene for planområdet N7/N8 dersom det utføres sikringstiltak i form av oppfylling i ravinebunn. Oppfyllingen i ravinene er beregnet til et volum på ca. 30 000 m³, og er kostnadsberegnet til ca. kr 24,7 MNOK. Det foreslåtte tiltaket hensyntar oppfylling med pukk. Det vil være mulig benytte annen mineralsk masse til oppfylling, men dette krever at erosjonssikring av bekkeleiet ivaretas.

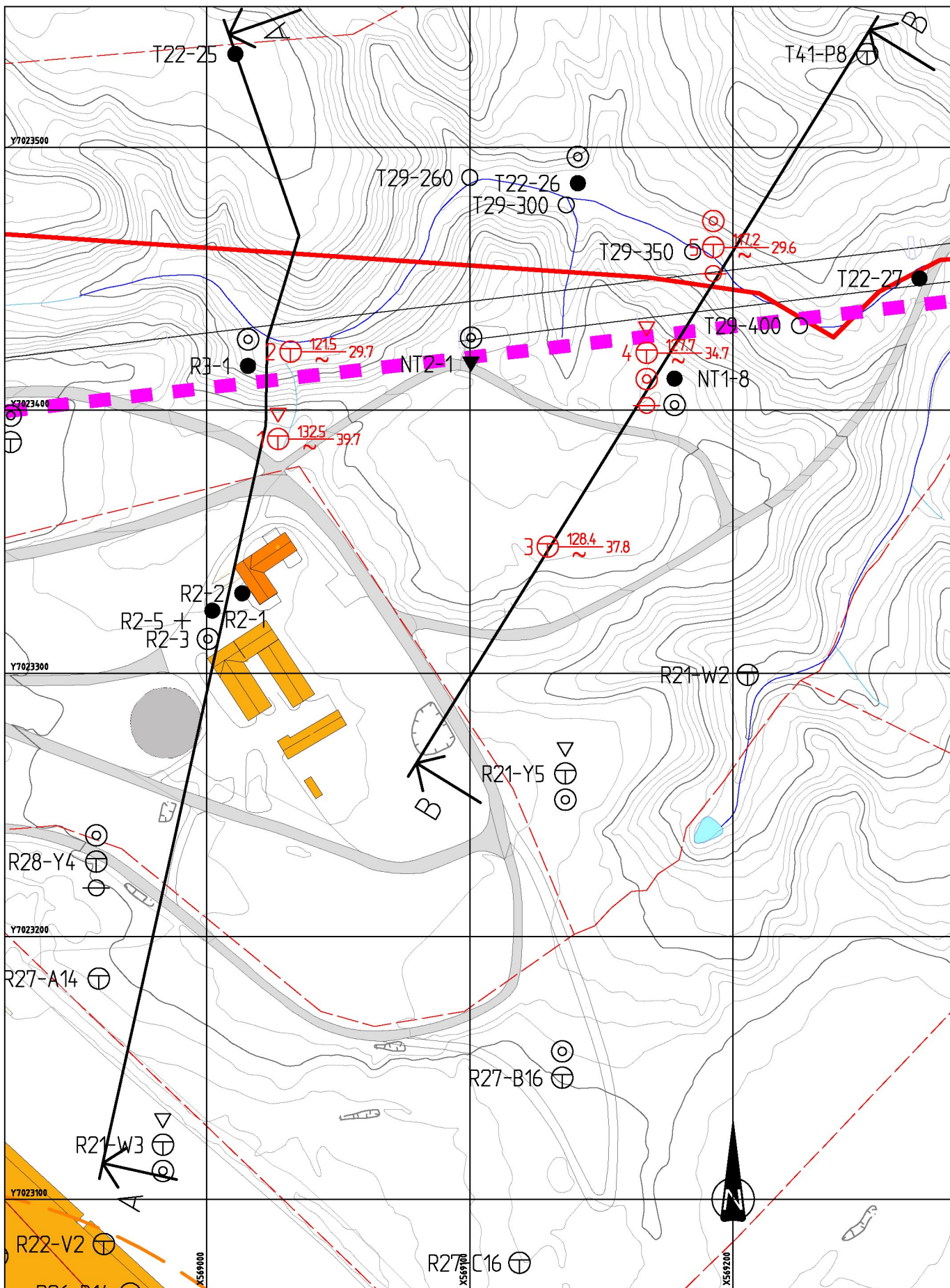
Om det er ønskelig vil det kunne fylles opp ytterligere i ravinene, da dette vil være et konserverende tiltak med hensyn til lokal- og områdestabilitet. Eventuelt oppfyllingsnivå må kontrolleres av geotekniker.

Sikringstiltakene må detaljprosjekteres når planer for utbygging foreligger. Videre må områdestabilitet ivaretas for utbyggingsplanene for interne raviner inne på planområdet i forbindelse med reguleringsplanarbeider.

For reguleringsplanfase må det påregnes utført supplerende grunnundersøkelser, både langs kantravinene og internt på planområdet.

7. REFERANSER

- /1/ Rambøll, rapport G-rap-001 1350033200 (12.04.2019) «Torgård forprosjekt grunnundersøkelser»
- /2/ Trondheim kommune, rapport R1762 (04.02.2021) « Torgård »
- /3/ NVE, veileder 1/2019 « Sikkerhet mot kvikkleireskred – Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper »
- | /4/ Rambøll, rapport G-rap-001 1350037896_rev02 (26.11.2021) «Torgård områdestabilitet – beregningsgrunnlag»
- /5/ Rambøll, rapport G-rap-002 1350007793 (23.04.2015) « Torgård – Områdevurdering »



00	22.10.2021		BAGJ	EHU	IJM
Rev	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godkj

Oppdrag nr: 1350037896 Målestokk: 1:2 000 Status:

Torgård områdestabilitet - Vurderingsrapport
Trondheim kommune

SITUASJONSPLAN

Beregningsprofil A-A og B-B

RAMBOLL

Ramboll Norge AS
P.b. 9420 Torgarden
7493 Tr.heim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no

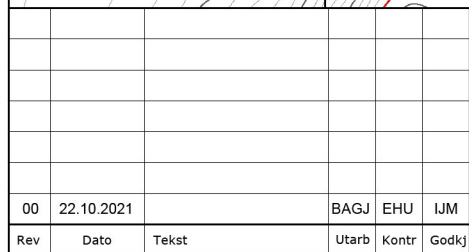
Tegning nr:

Rev:

202

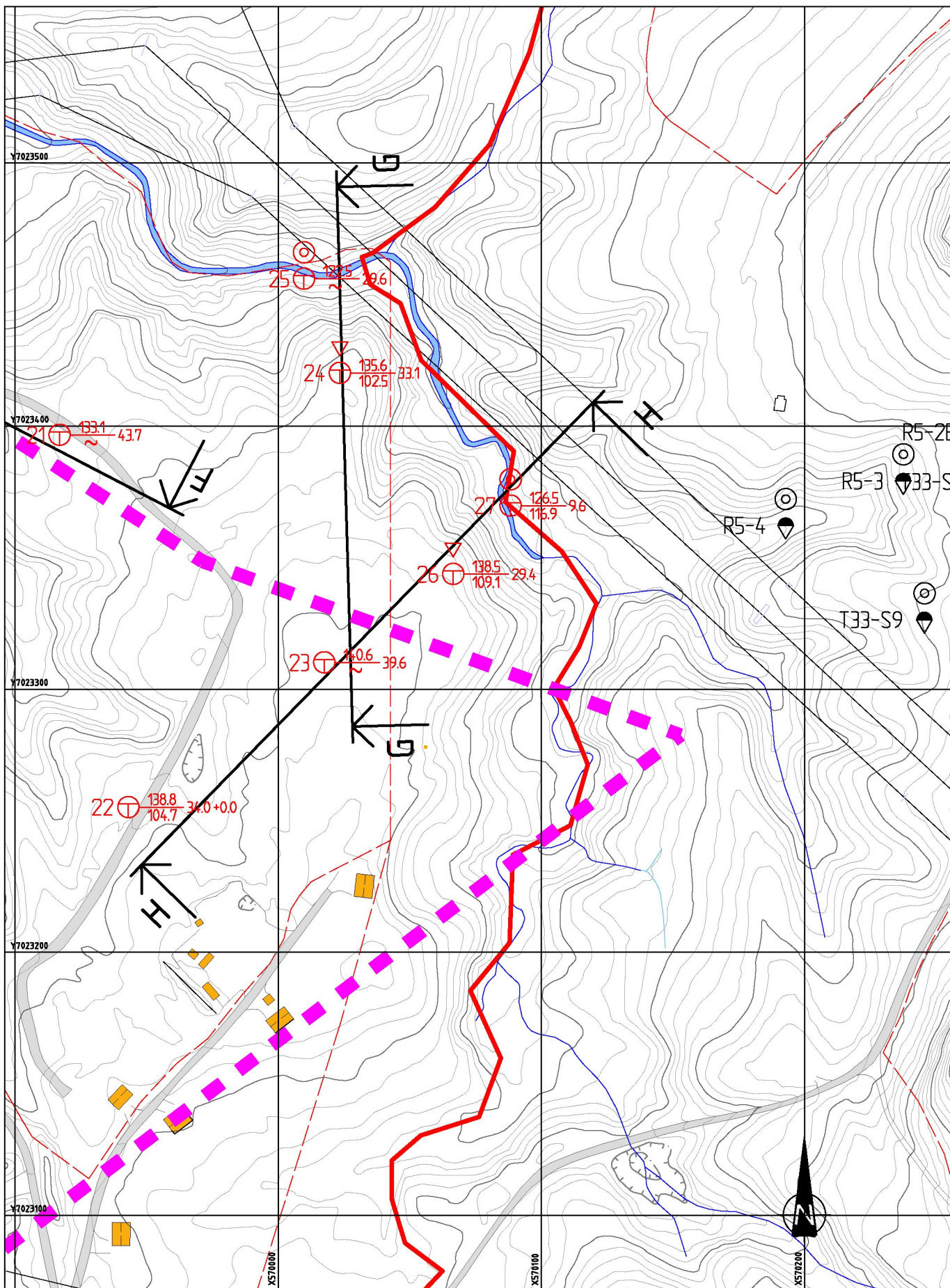
00





Beregningsprofil E-E og F-F

00



00	22.10.2021		BAGJ	EHU	IJM
Rev	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godkj

Oppdrag nr: 1350037896 Målestokk: 1:2 000 Status:

Torgård område stabilitet - Vurderingsrapport
Trondheim kommune

SITUASJONSPLAN

Beregningsprofil G-G og H-H

RAMBOLL

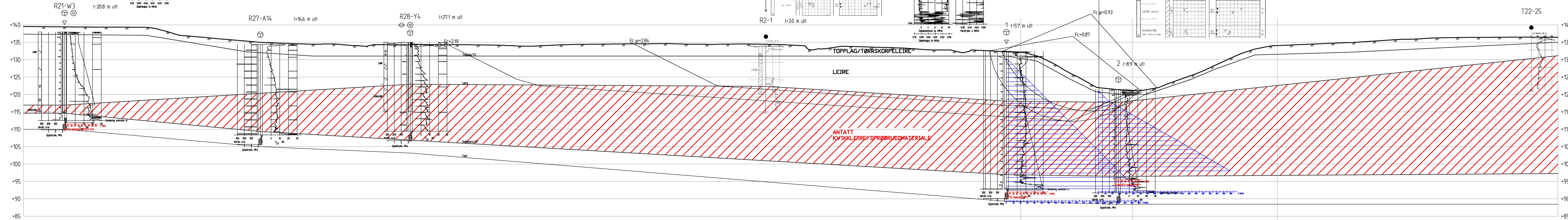
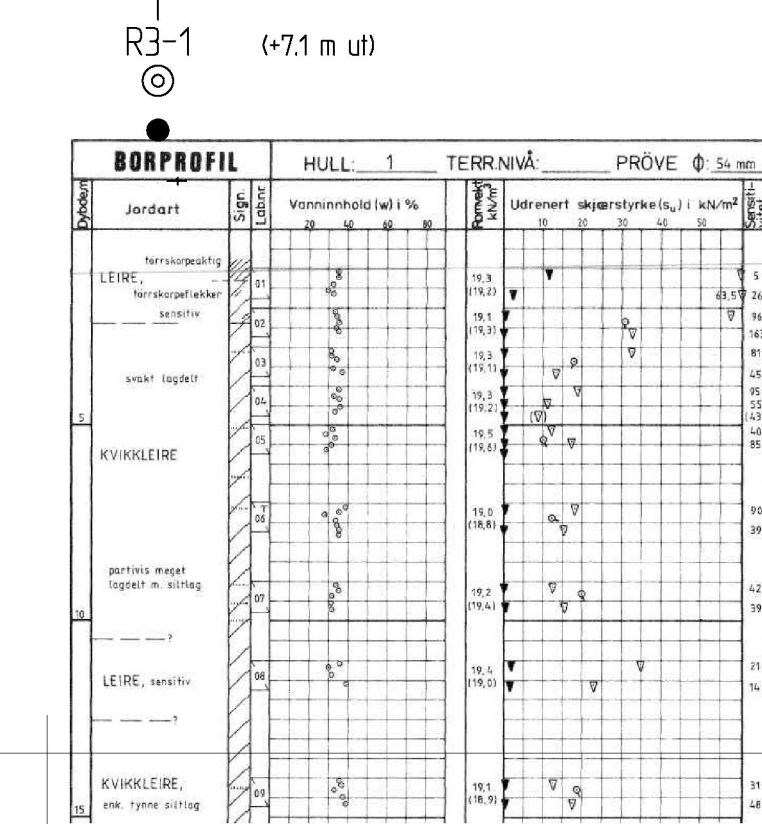
Rambøll Norge AS
P.b. 9420 Torgarden
7493 Tr.heim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no

Tegning nr:

Rev:

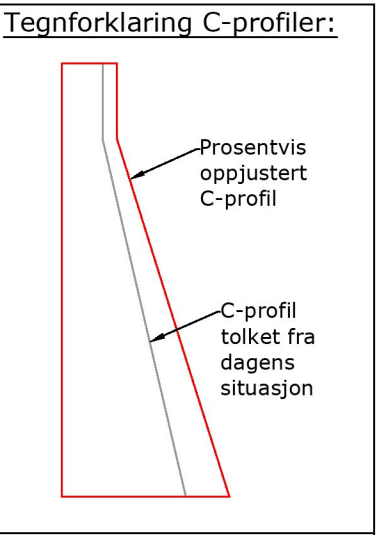
205

00



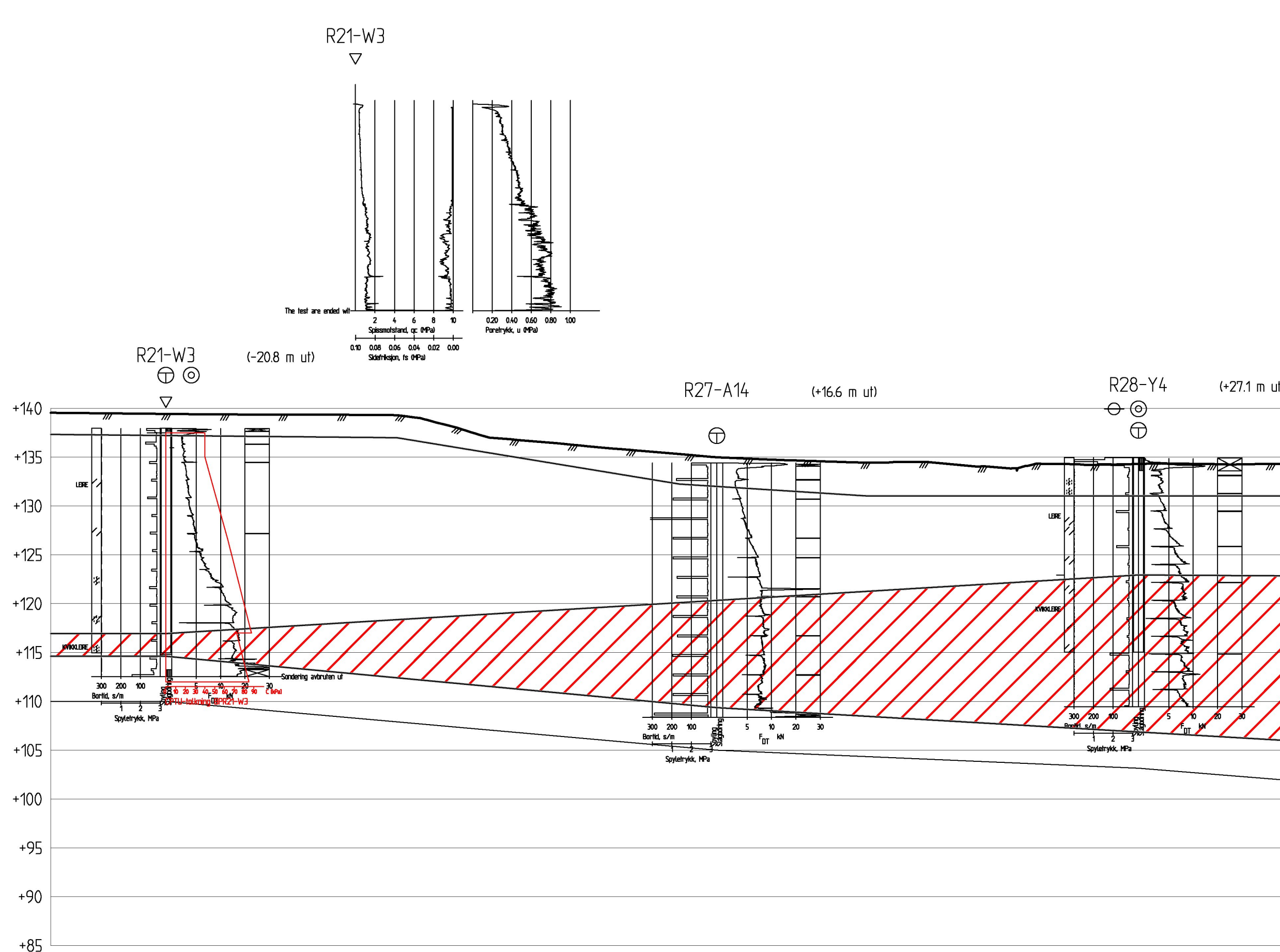
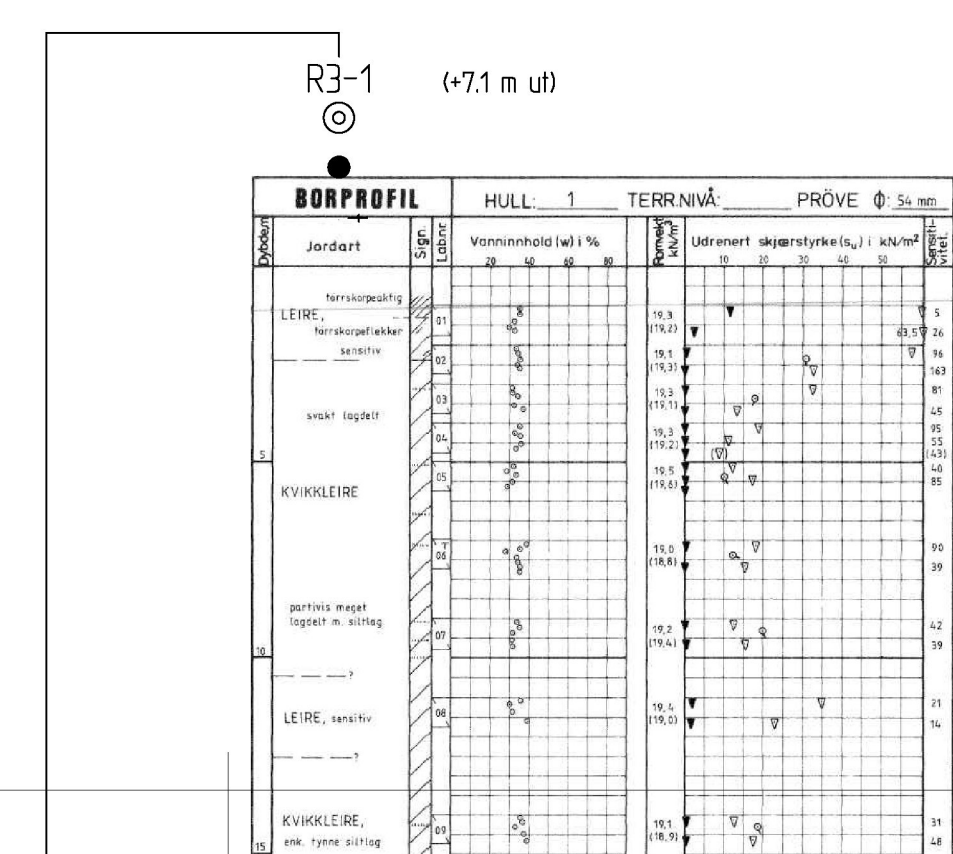
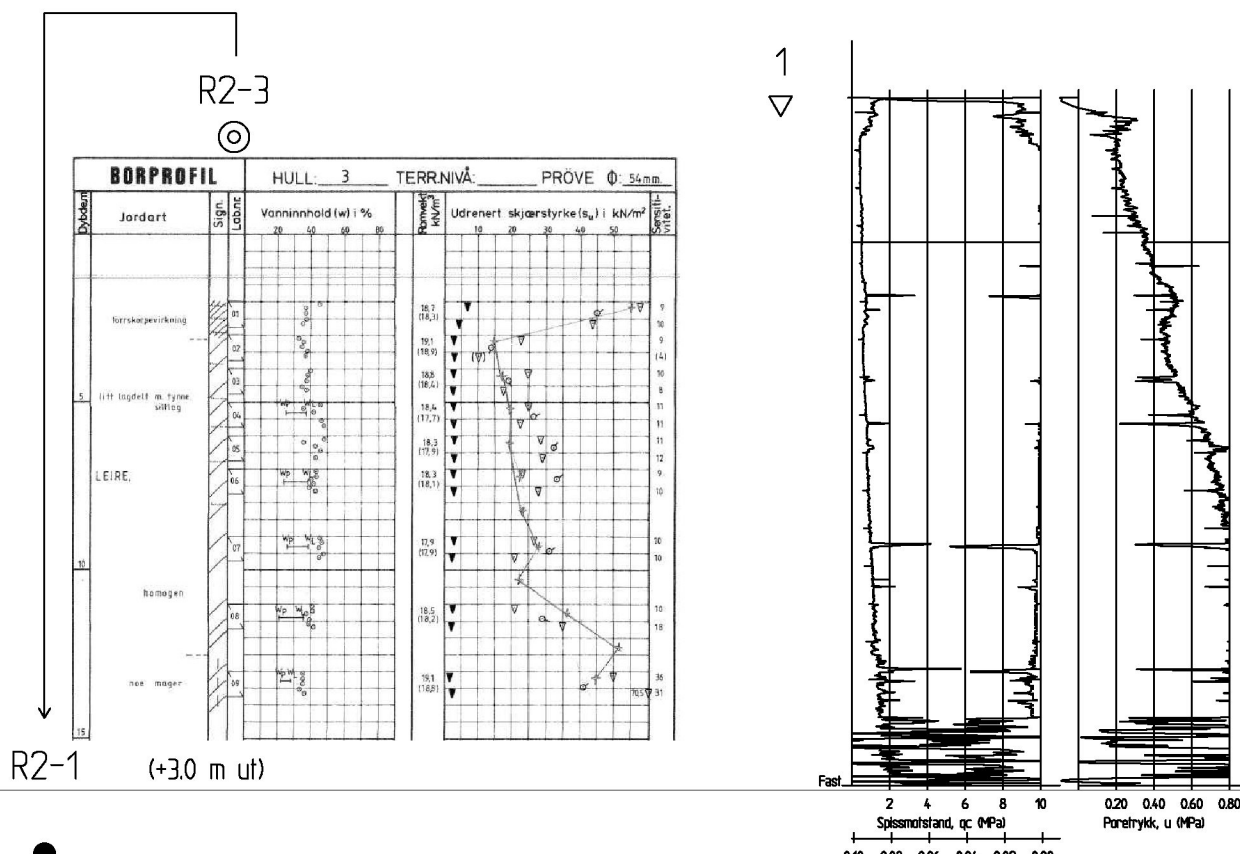
Profil A-A
1 : 400

						Ramboll	OPPDAG Torgård områdestabilitet - Vurderingsrapport	INNHOVD <u>STABILITETSBEREGNING</u>	OPPDAG NR. 1350037896	MÅLESTOKK 1 : 400	BLAD NR. 01	AV 01
00	22.10.2021		BAGJ	EHU	IJM	Ramboll Norge AS P.b. 9420 Torgarden 7493 Trondheim TLF: 73 84 10 00 www.ramboll.no	OPPDRAGSGIVER Trondheim kommune	Profil A-A Dagens situasjon Total- og effektivspenning			TEGNING NR.	REV.
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ						206	00
TEGningsstatus												



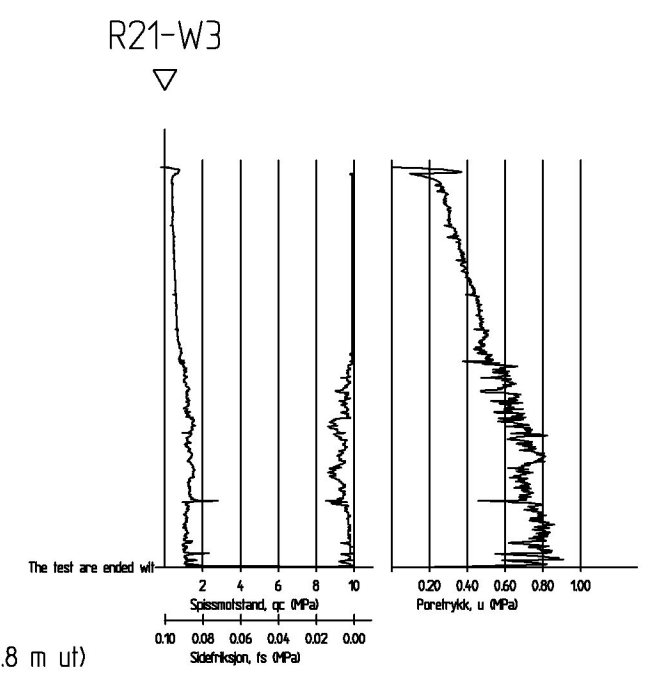
Material	no	Un	Weight	Fl	C
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0	
Leire	2	18.50	26.0	5.1	
Kvikkleire/SP	3	19.30	218	4.2	
Fast	4	19.00	35.0	0.0	

Material	no	Un	Weight	Fl	C	Aa	Ad	Ap
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0				
Leire	2	18.50	—	—	C-profil	100	0.63	0.35
Kvikkleire/SP	3	19.30	—	—	C-profil	100	0.63	0.35
Fast	4	19.00	35.0	0.0				



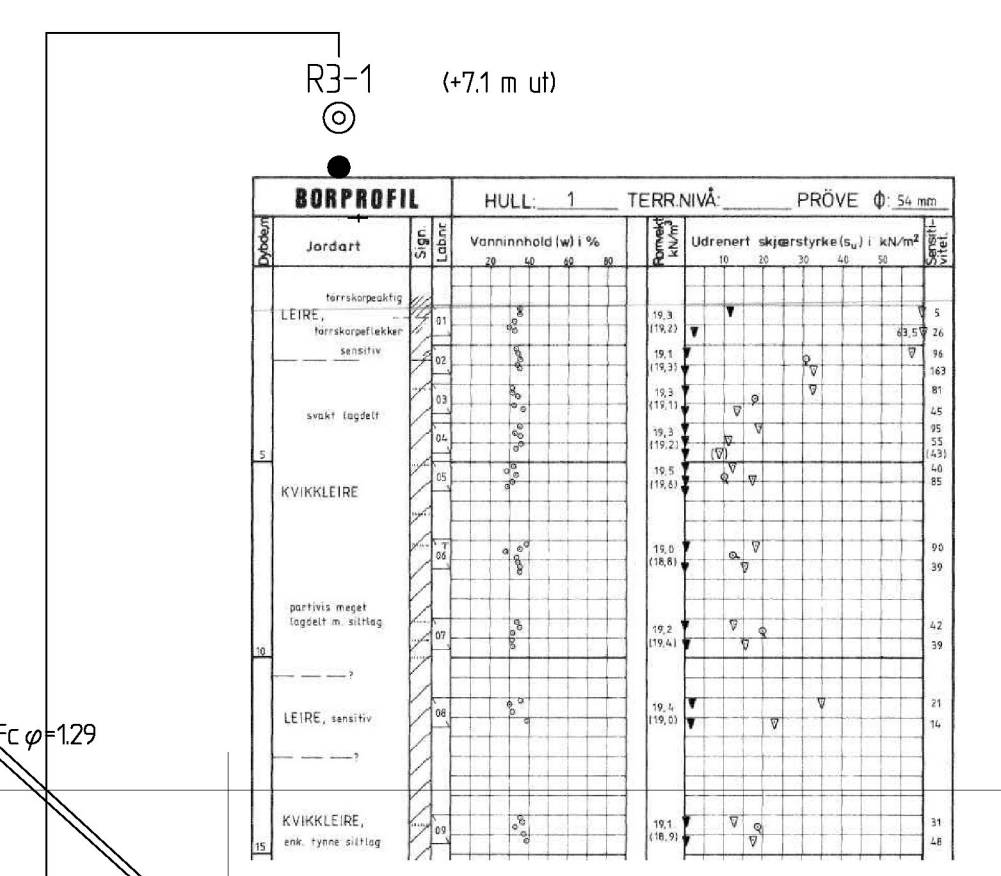
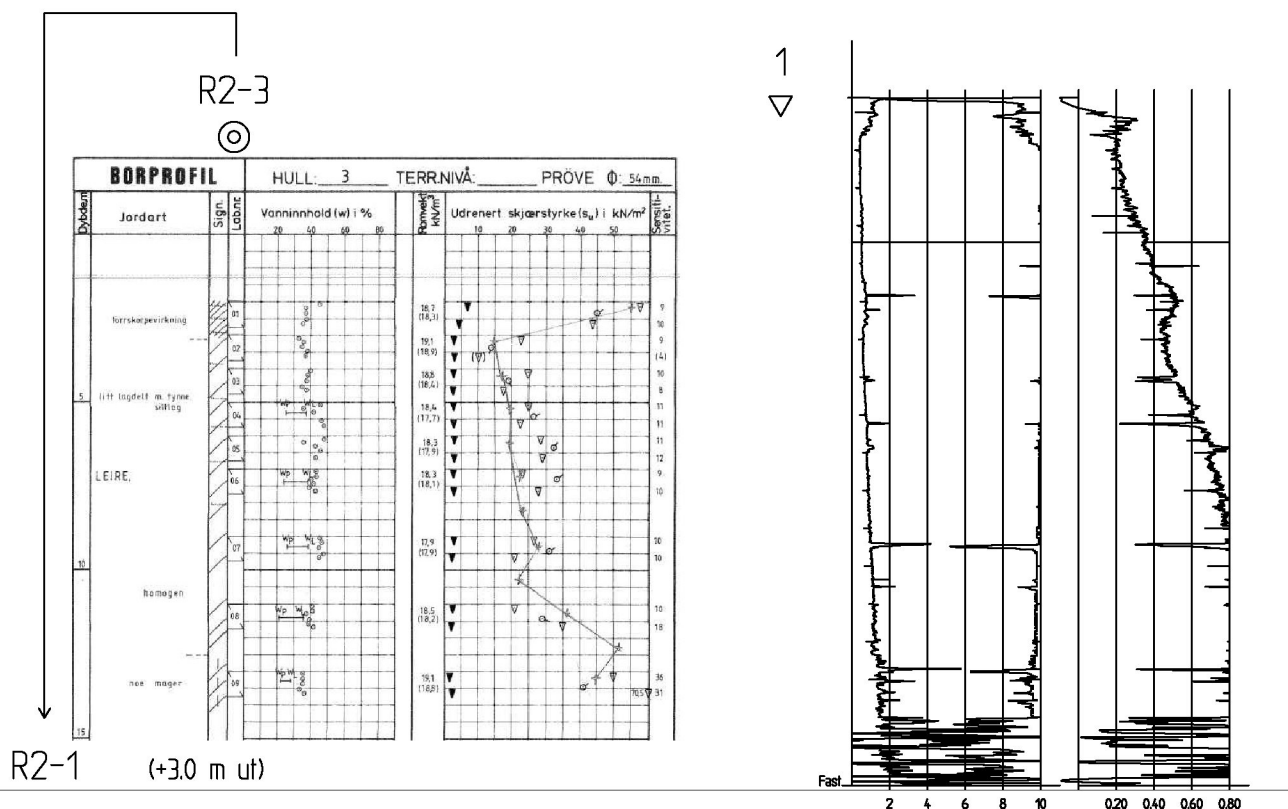
00	22.10.2021		BAGJ	EHU	IJM
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS			TEGN		

Ramboll Norge AS P.b. 9420 Torgarden 7493 Trondheim Tlf: 73 84 10 00 www.ramboll.no		Oppdragsnummer 1350037896		Målestokk 1 : 400		Blad nr. 01		Av 01	
Tegningsstatus		Oppdragsgiver Trondheim kommune		Innhold STABILITETSBEREGNING Profil A-A Oppjusterte materialparametere Total- og effektivtspenning		Tegning nr. 207		Rev. 00	

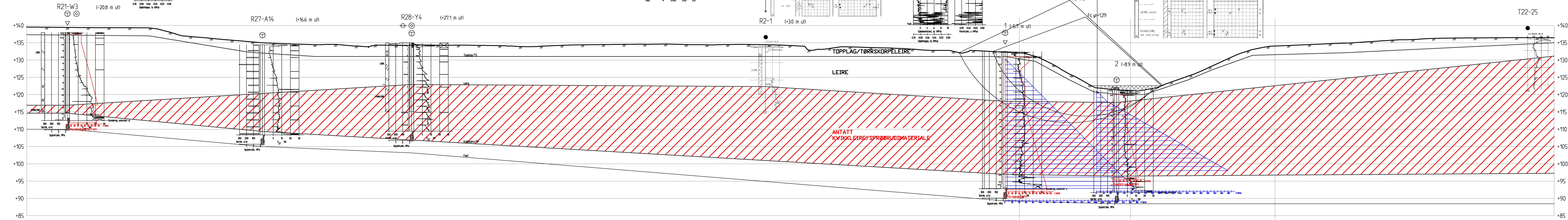


Material	no	Un	Weight	Fl	C
Fylling	5	19.00	40.0	8.4	
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0	
Leire	2	18.50	26.0	5.1	
Kvikkleire/SP	3	19.30	21.0	4.2	
Fast	4	19.00	35.0	0.0	

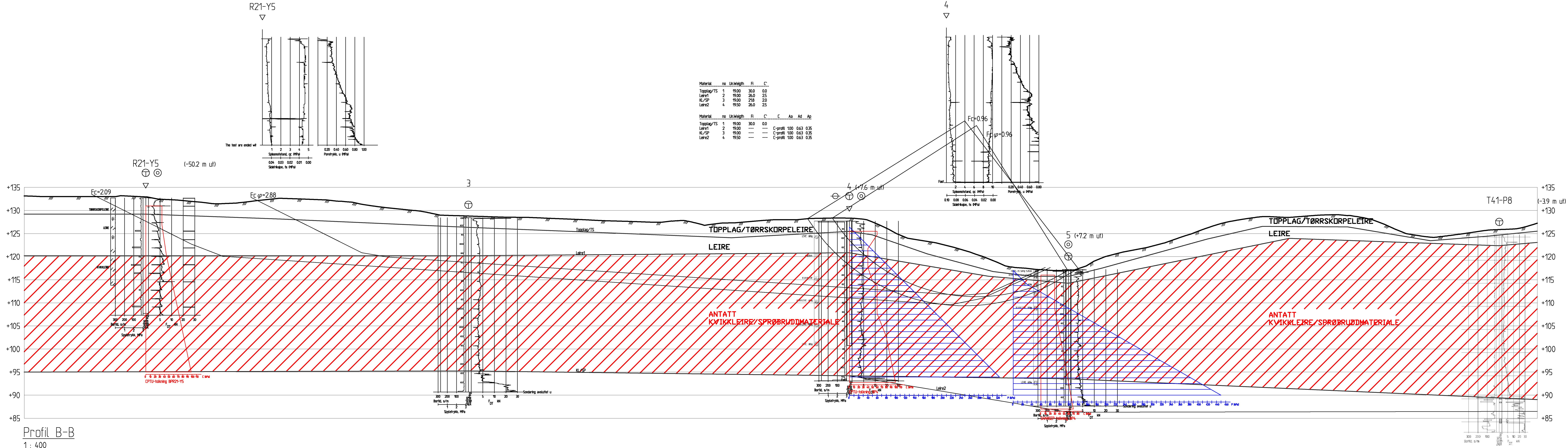
Material	no	Un	Weight	Fl	C	Aa	Ad	Ap	
Fylling	5	19.00	40.0	8.4					
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0					
Leire	2	18.50	—	—		C-prøft	100	0.63	0.35
Kvikkleire/SP	3	19.30	—	—		C-prøft	100	0.63	0.35
Fast	4	19.00	35.0	0.0					



Fylling



Profil A-A
1 : 400



Profil B-B
1 : 400

Material	no.	Un	Weight	Fi	C
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0	
Leire1	2	19.00	26.0	25	
KL/SP	3	19.00	218	20	
Leire2	4	19.50	26.0	25	

Material	no.	Un	Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0		C-profil	100	0.63	0.35
Leire1	2	19.00	---	---	---	C-profil	100	0.63	0.35
KL/SP	3	19.00	---	---	---	C-profil	100	0.63	0.35
Leire2	4	19.50	---	---	---	C-profil	100	0.63	0.35

00	22.10.2021		BAGJ	EHU	IJM
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

RAMBOLL

Ramboll Norge AS
P.b. 9420 Torgarden
7493 Trondheim
Tlf: 73 84 10 00
www.ramboll.no

OPPDRAAG NR. 1350037896	OPPDRAAGSGIVER Trondheim kommune
----------------------------	-------------------------------------

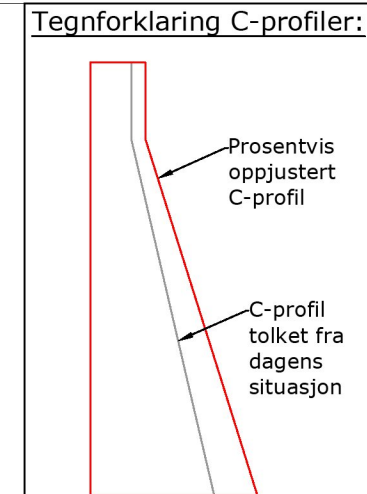
INNHOOLD STABILITETSBEREGNING
Profil B-B
Dagens situasjon
Total- og effektivspenning

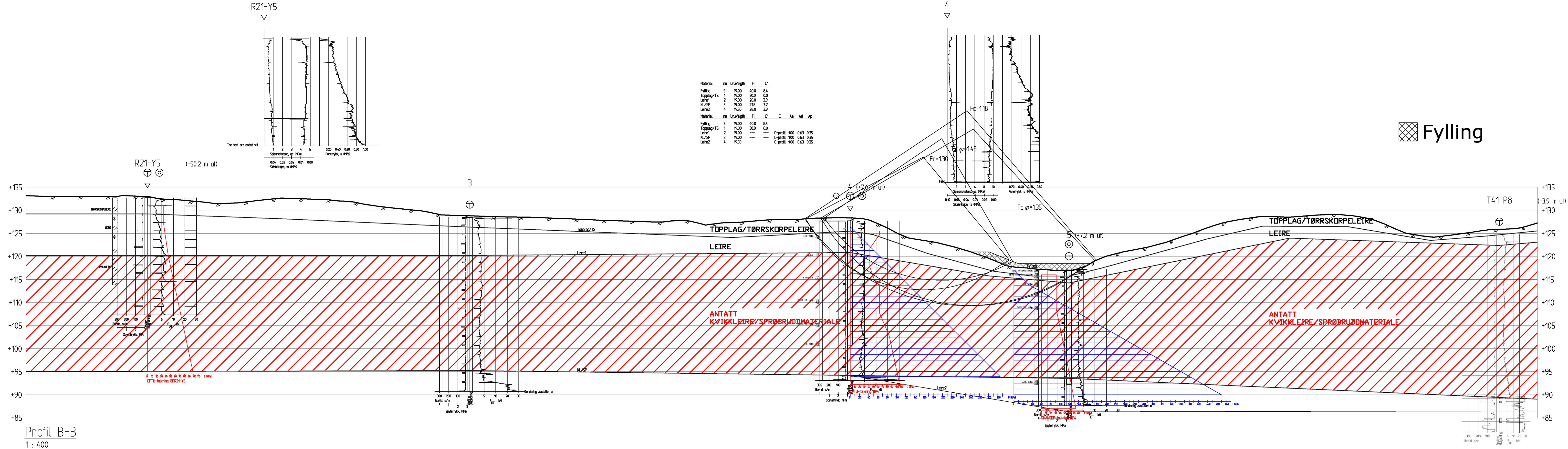
OPPDRAAG NR. 1350037896	MÅLESTOKK 1 : 400	BLAD NR. 01	AV 01
		TEGNING NR. 209	REV. 00



Material	no	UnWeigh	FI	C			
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0			
Leire1	2	19.00	26.0	39			
KL/SP	3	19.00	21.8	32			
Leire2	4	19.50	26.0	39			

Material	no	UnWeigh	FI	C	C	Aa	Ad
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0			
Leire1	2	19.00	---	---	C-profit	100	0.63
KL/SP	3	19.00	---	---	C-profit	100	0.63
Leire2	4	19.50	---	---	C-profit	100	0.63

[illegible]

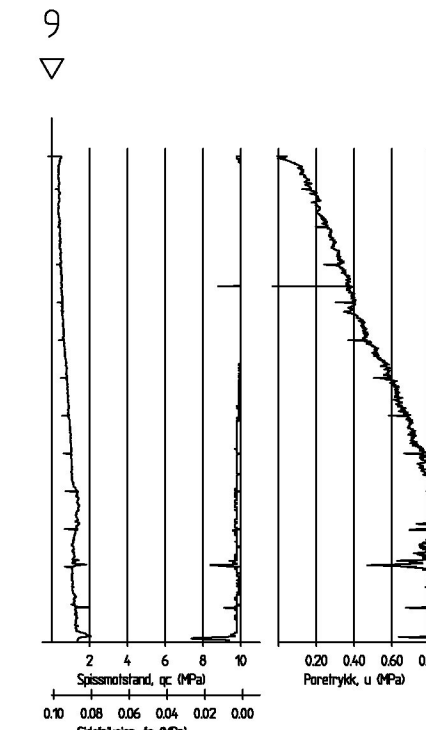


Profil B-B
1 : 400



Material	no	UnWeight	F	C				
Toplag/TS	1	19.00	30.0	0.0				
Leire1	2	19.00	26.0	2.5				
Kvikkløse/SP13	4	19.00	23.0	2.2				
Leire2	4	19.00	26.0	2.5				
Kvikkløse/SP25	4	19.00	23.0	2.2				

Material	no	UnWeight	F	C	Aa	Ad	Aj
Toplag/TS	1	19.00	30.0	0.0			
Leire1	2	19.00	---	---	C-profit	100	0.63
Kvikkløse/SP13	4	19.00	---	---	C-profit	100	0.63
Leire2	4	19.00	---	---	C-profit	100	0.63
Kvikkløse/SP25	4	19.00	---	---	C-profit	100	0.63

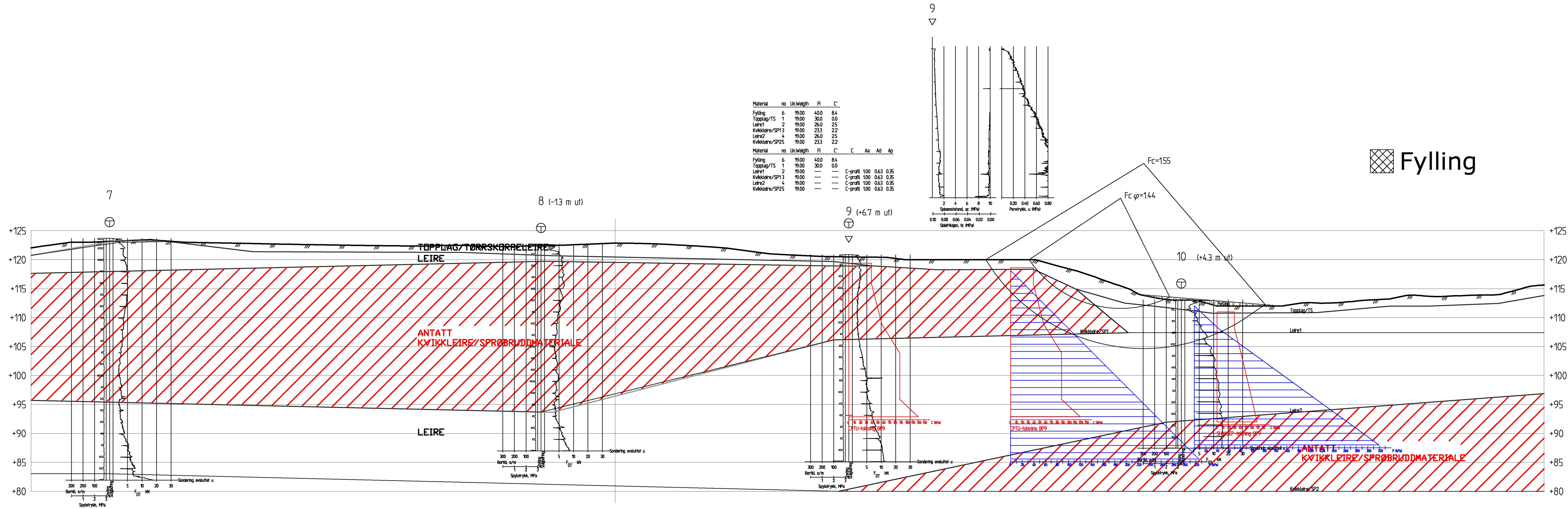
[illegible]

RAMBOLL
Rambøll Norge AS
P.b. 9420 Torgarden
7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no

OPPDAG	Torgård områdestabilitet - Vurderingsrapport
OPPDAGSGIVER	Trondheim kommune

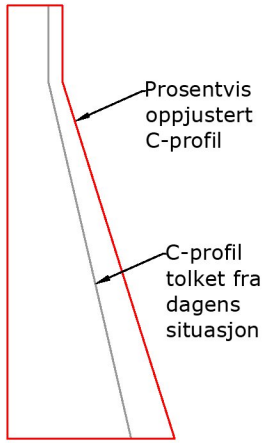
INNHOLD	<u>STABILITETSBeregning</u>
	Profil C-C
	Dagens situasjon
	Total- og effektivspenning

OPPDRAG NR. 1350037896	MÅLESTOKK 1 : 400	BLAD NR. 01	AV 01
TEGNING NR. 212			REV. 00



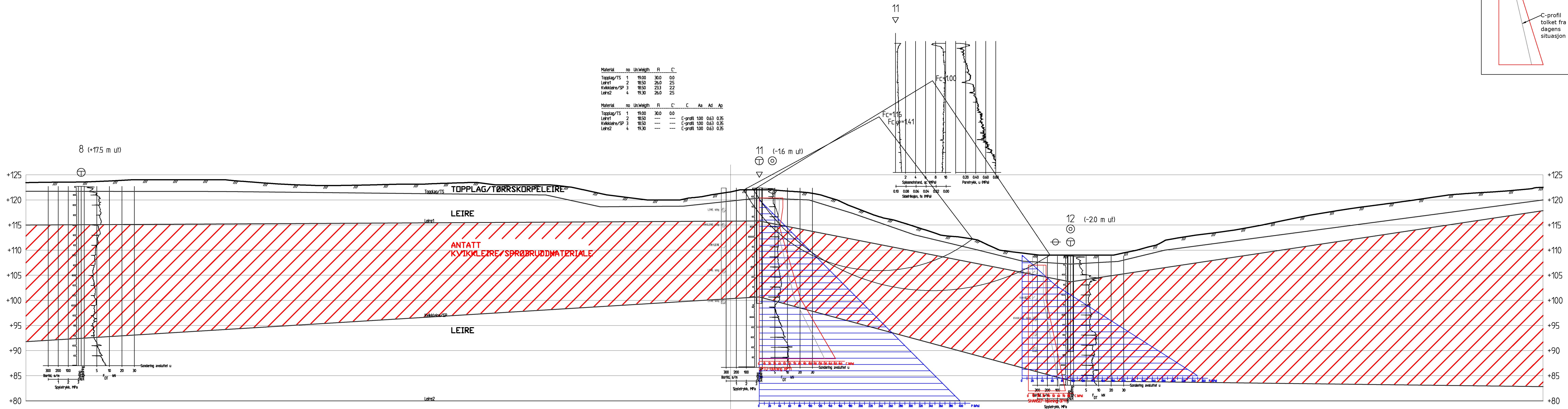
Profil C-C
1 : 400

Tegnforklaring C-profiler:

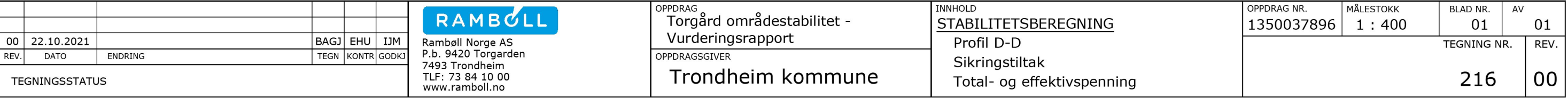


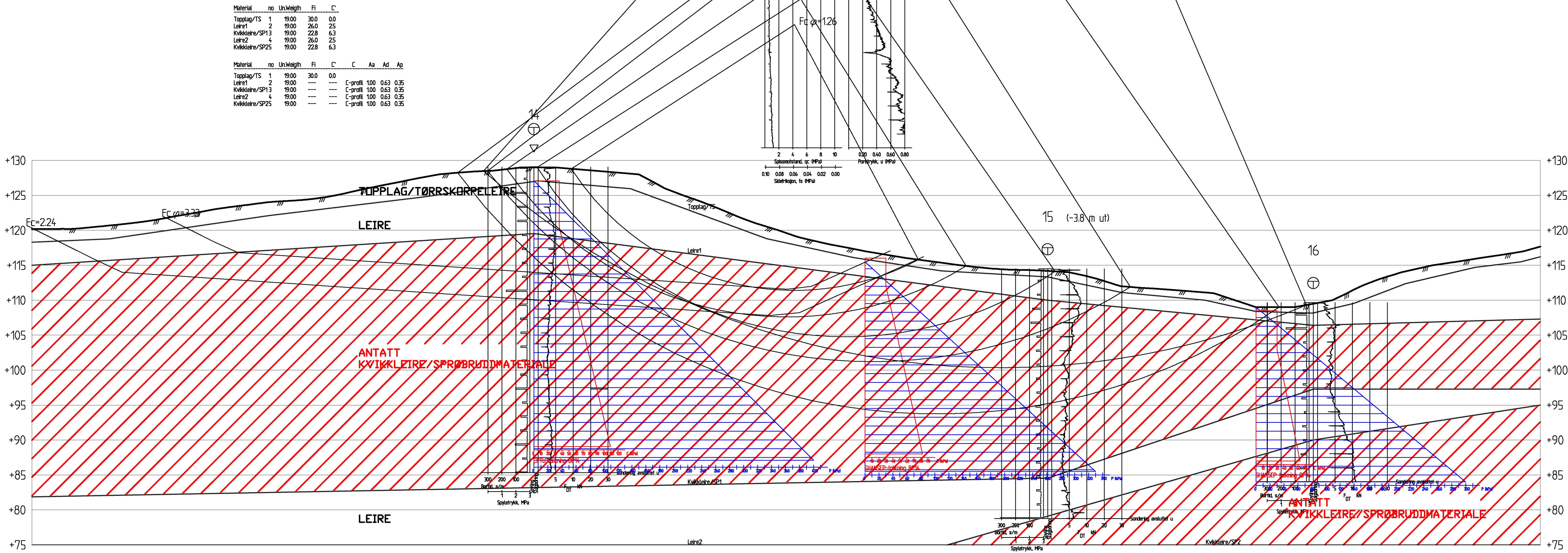
Material	no	Un.Weight	Fi	C'
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0
Leire1	2	18.50	26.0	25
Kvikkleire/SP	3	18.50	23.3	22
Leire2	4	19.30	26.0	25

Material	no	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0				
Leire1	2	18.50	---	---	C-profil	100	0.63	0.35
Kvikkleire/SP	3	18.50	---	---	C-profil	100	0.63	0.35
Leire2	4	19.30	---	---	C-profil	100	0.63	0.35



Profil D-D
1 : 400





Profil E-E
1 : 400

00	22.10.2021		BAGJ	EHU	IJM
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

RAMBOLL

Rambøll Norge AS
P.b. 9420 Torgarden
7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no

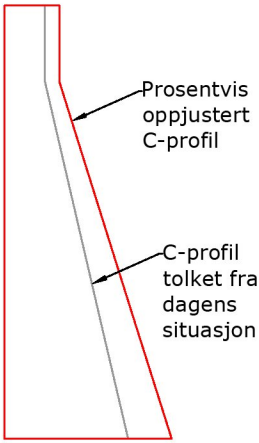
OPPDRA
Torgård områdestabilitet -
Vurderingsrapport

OPPDRA
Trondheim kommune

INN STABILITETSBEREGNING
Profil E-E
Dagens situasjon
Total- og effektivspenning

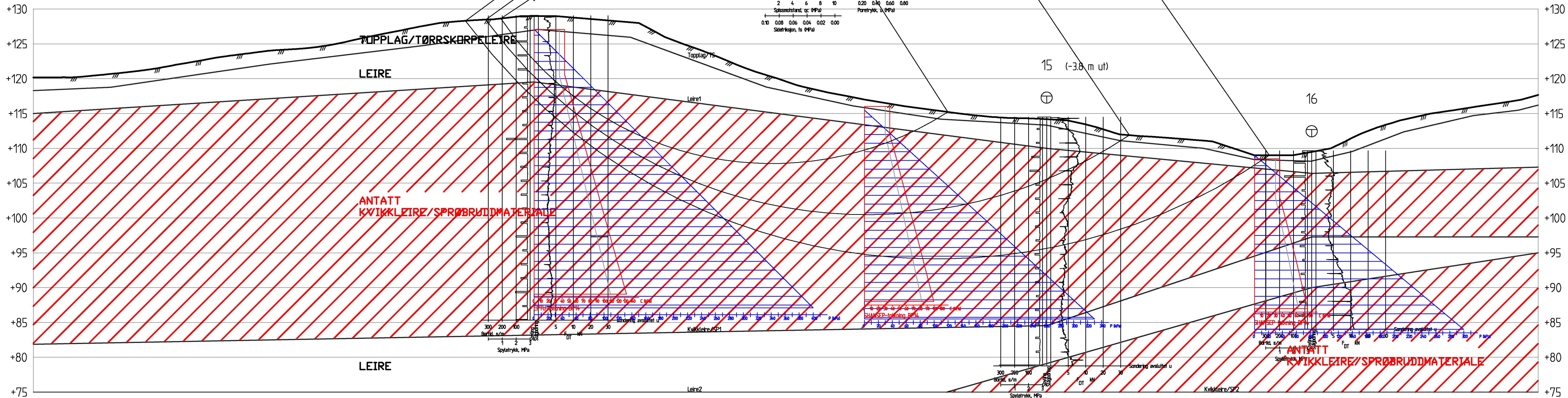
OPPDRA NR. 1350037896	MÅLESTOKK 1 : 400	BLAD NR. 01	AV 01
		TEGNING NR. 217	REV. 00

Tegnforklaring C-profiler:



Material	no	Un	Weight	Fi	C
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0	
Leire1	2	19.00	26.0	25	
Kvikkleire/SP13	19.00	22.8	6.3		
Leire2	4	19.00	26.0	25	
Kvikkleire/SP25	19.00	22.8	6.3		

Material	no	Un	Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0					
Leire1	2	19.00	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.35	
Kvikkleire/SP13	19.00	---	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.35	
Leire2	4	19.00	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.35	
Kvikkleire/SP25	19.00	---	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.35	



Profil E-E
1 : 400

00	22.10.2021		BAGJ	EHU	IJM
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

RAMBOLL

Ramboll Norge AS
P.b. 9420 Torgarden
7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no

OPPDRAG
Torgård områdestabilitet -
Vurderingsrapport

OPPDRAGSGIVER
Trondheim kommune

INNHOOLD
STABILITETSBEREGNING

Profil E-E
Oppjusterte materialparametere
Total- og effektivspenning

OPPDRAG NR.
1350037896

MÅLESTOKK
1 : 400

BLAD NR.
01

AV
01

TEGNING NR.

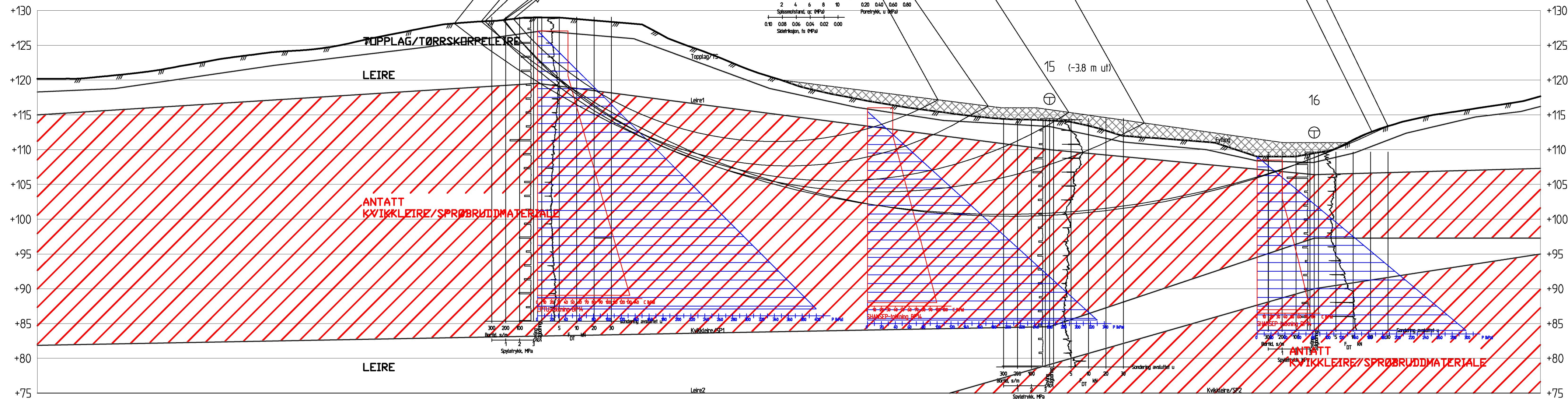
218

REV.

00

Material	no	Un.Weight	Fi	C
Fylling	6	19.00	40.0	8.4
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0
Leire1	2	19.00	26.0	2.5
Kvikkleire/SP13		19.00	22.8	6.3
Leire2	4	19.00	26.0	2.5
Kvikkleire/SP25		19.00	22.8	6.3

Material	no	Un.Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	6	19.00	40.0	8.4				
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0				
Leire1	2	19.00	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire/SP13		19.00	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.35
Leire2	4	19.00	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire/SP25		19.00	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.35



Profil E-E
1 : 400

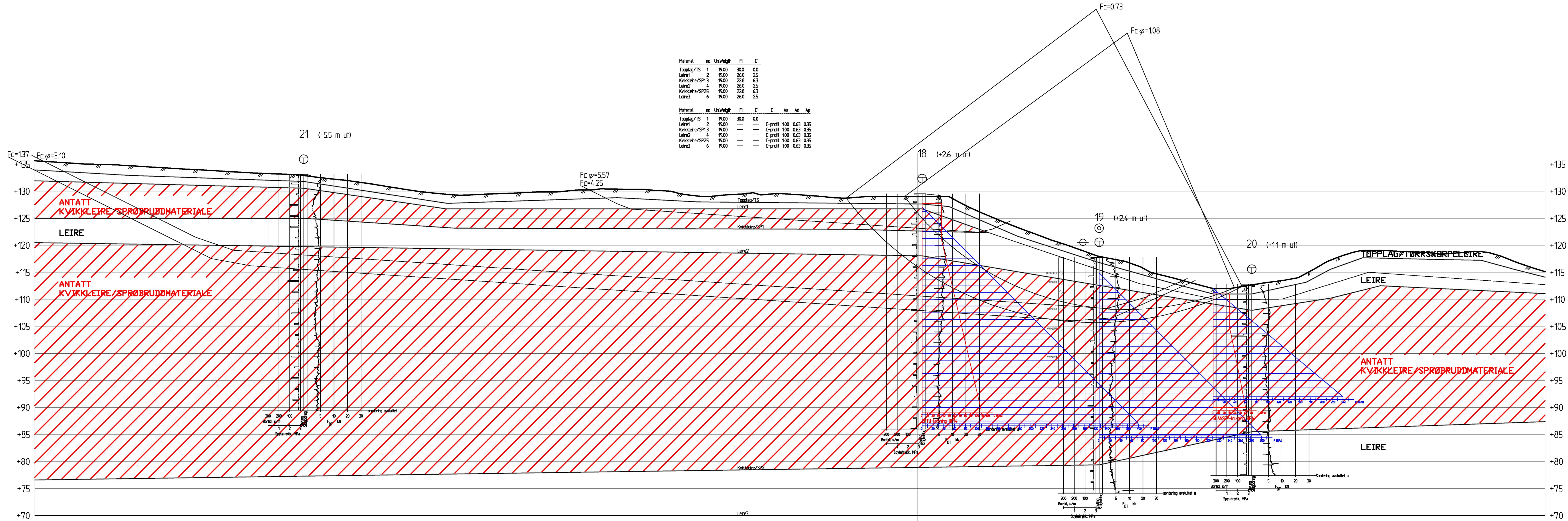
00	22.10.2021		BAGJ	EHU	IJM	
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODK	
TEGNINGSSTATUS						

RAMBOLL
Rambøll Norge AS
P.b. 9420 Torgarden
7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no

OPPDRAAG	Torgård områdestabilitet - Vurderingsrapport
OPPDRAAGSGIVER	Trondheim kommune

INNHOLD	<u>STABILITETSBEREGNING</u> Profil E-E Sikringstiltak Total- og effektivspenning
---------	---

OPPDRAK NR. 1350037896	MÅLESTOKK 1 : 400	BLAD NR. 01	AV 01
TEGNING NR. 219			REV 00



Material	no	Un	Weight	Fi	C
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0	
Leire1	2	19.00	26.0	25	
Kvikkleire/SP1	3	19.00	22.8	63	
Leire2	4	19.00	26.0	25	
Kvikkleire/SP25	5	19.00	22.8	63	
Leire3	6	19.00	26.0	25	

Material	no	Un	Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0					
Leire1	2	19.00	---	---	C-profil	100	0.63	0.35	
Kvikkleire/SP1	3	19.00	---	---	C-profil	100	0.63	0.35	
Leire2	4	19.00	---	---	C-profil	100	0.63	0.35	
Kvikkleire/SP25	5	19.00	---	---	C-profil	100	0.63	0.35	
Leire3	6	19.00	---	---	C-profil	100	0.63	0.35	

Profil F-F
1 : 400

00	22.10.2021			BAGJ	EHU	IJM
REV.	DATO	ENDRING		TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS						

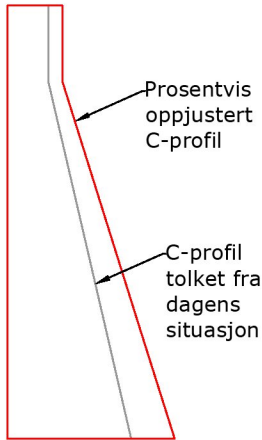
RAMBOLL
Ramboll Norge AS
P.b. 9420 Torgarden
7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no

OPPDRAG
Torgård områdestabilitet -
Vurderingsrapport
OPPDRAGSGIVER
Trondheim kommune

INNHold
STABILITETSBEREGNING
Profil F-F
Dagens situasjon
Total- og effektivspenning

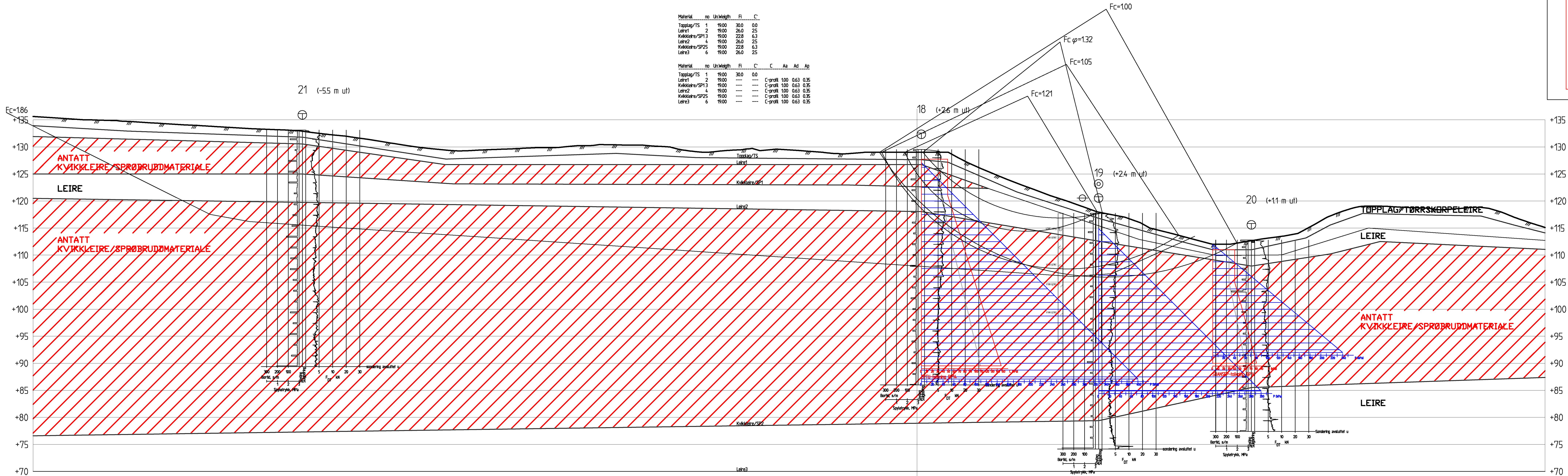
OPPDRAG NR. 1350037896	MÅLESTOKK 1 : 400	BLAD NR. 01	AV 01
		TEGNING NR. 220	REV. 00

Tegnforklaring C-profiler:



Material	no	UnWeight	Fi	C
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0
Leire1	2	19.00	26.0	25
Kvikkleire/SP1	3	19.00	22.8	63
Leire2	4	19.00	26.0	25
Kvikkleire/SP2	5	19.00	22.8	63
Leire3	6	19.00	26.0	25

Material	no	UnWeight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0				
Leire1	2	19.00	---	---	C-profil	100	0.63	0.35
Kvikkleire/SP1	3	19.00	---	---	C-profil	100	0.63	0.35
Leire2	4	19.00	---	---	C-profil	100	0.63	0.35
Kvikkleire/SP2	5	19.00	---	---	C-profil	100	0.63	0.35
Leire3	6	19.00	---	---	C-profil	100	0.63	0.35



Profil F-F
1 : 400

00	22.10.2021		BAGJ	EHU	IJM
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

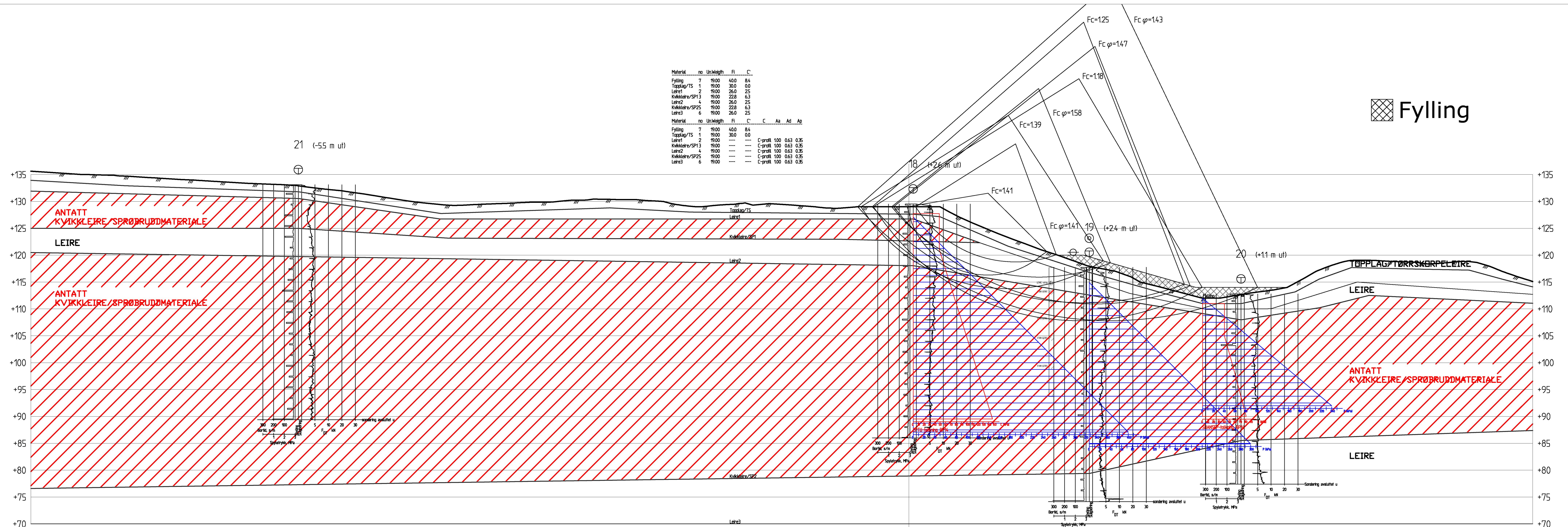
RAMBOLL
Ramboll Norge AS
P.b. 9420 Torgarden
7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no

OPPDRAG
Torgård områdestabilitet -
Vurderingsrapport
OPPDRAGSGIVER
Trondheim kommune

INNHold
STABILITETSBEREGNING
Profil F-F
Oppjusterte materialparametere
Total- og effektivspenning

OPPDRAG NR. 1350037896	MÅLESTOKK 1 : 400	BLAD NR. 01	AV 01
		TEGNING NR. 221	REV. 00

Material	no	UnWeigh	Fi	C						
Fylling	7	1900	400	84						
Tapplog/TS	1	1900	300	0.0						
Leir#1	2	1900	26.0	25						
Kvikkleire/SP13	1900	228	63							
Leir#2	4	1900	26.0	25						
Kvikkleire/SP25	2	1900	26.0	6.3						
Leir#3	6	1900	26.0	25						
Material	no	UnWeigh	Fi	C		Aa	Ad	Ap		
Fylling	7	1900	400	84						
Tapplog/TS	1	1900	300	0.0						
Leir#1	2	1900	---	---		C-profit	100	0.63	0.35	
Kvikkleire/SP13	1900	---	---	---		C-profit	100	0.63	0.35	
Leir#2	4	1900	---	---		C-profit	100	0.63	0.35	
Kvikkleire/SP25	1900	---	---	---		C-profit	100	0.63	0.35	
Leir#3	6	1900	---	---		C-profit	100	0.63	0.35	



Profil F-F
1 : 400

[illegible]



00	22.10.2021		BAGJ	EJU	IJM
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

RAMBOLL
Rambøll Norge AS
P.b. 9420 Torgarden
7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no

OPPDAG	Torgård områdestabilitet - Vurderingsrapport
OPPDAGSGIVER	Trondheim kommune

INNHOLD

STABILITETSBEREGNING

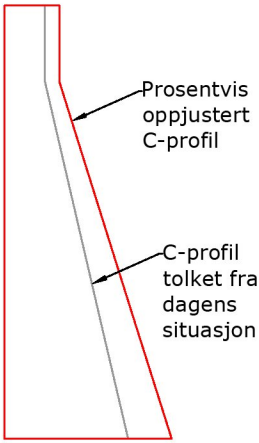
Profil G-G

Dagens situasjon

Total- og effektivspenning

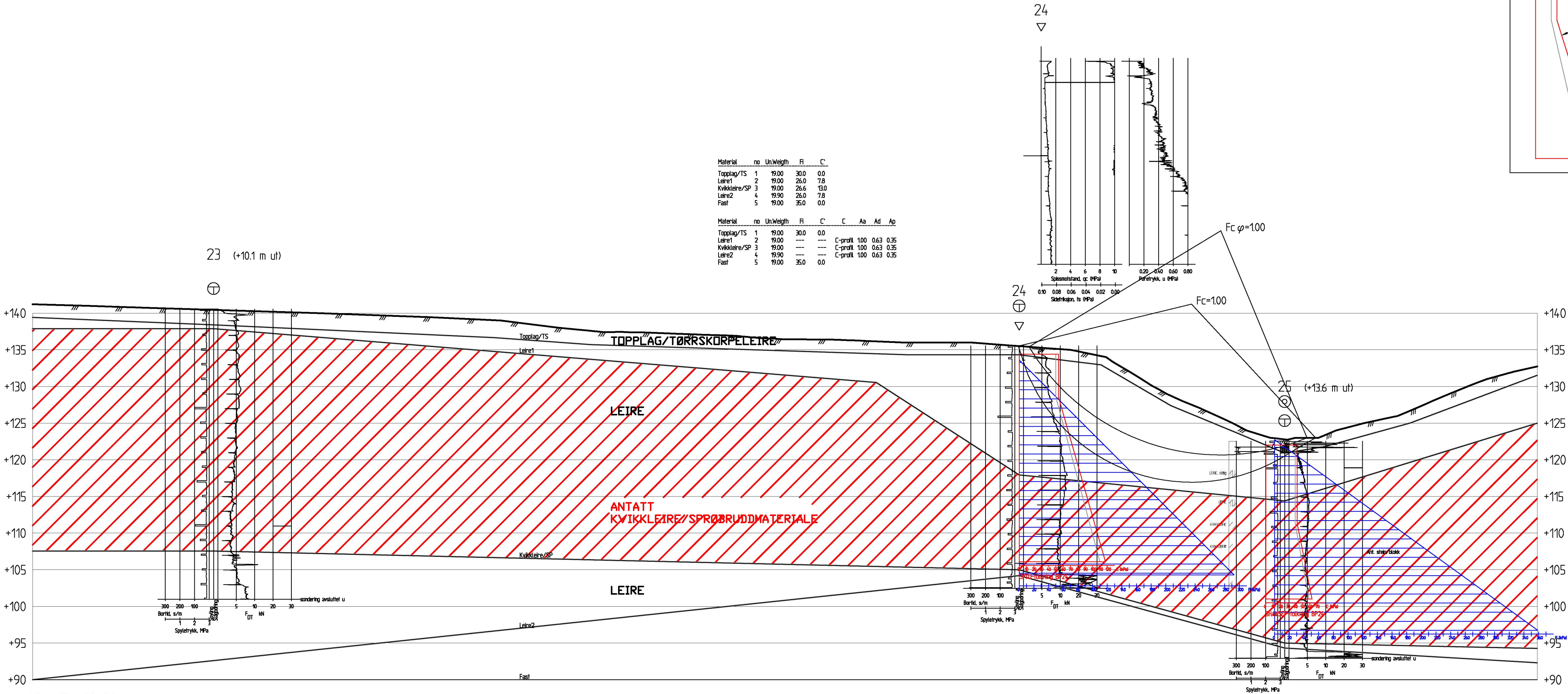
OPPDRAK NR. 1350037896	MÅLESTOKK 1 : 400	BLAD NR. 01	AV 01
TEGNING NR. 223			REV. 00

Tegnforklaring C-profiler:



Material	no	Un	Wei	gth	Fi	C'
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0		
Leire1	2	19.00	26.0	7.8		
Kvikkleire/SP	3	19.00	26.6	13.0		
Leire2	4	19.90	26.0	7.8		
Fast	5	19.00	35.0	0.0		

Material	no	Un	Wei	gth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0						
Leire1	2	19.00	---	---			C-profil	100	0.63	0.35
Kvikkleire/SP	3	19.00	---	---			C-profil	100	0.63	0.35
Leire2	4	19.90	---	---			C-profil	100	0.63	0.35
Fast	5	19.00	35.0	0.0						



Profil G-G
1 : 400

00	22.10.2021		BAGJ	EHU	IJM
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

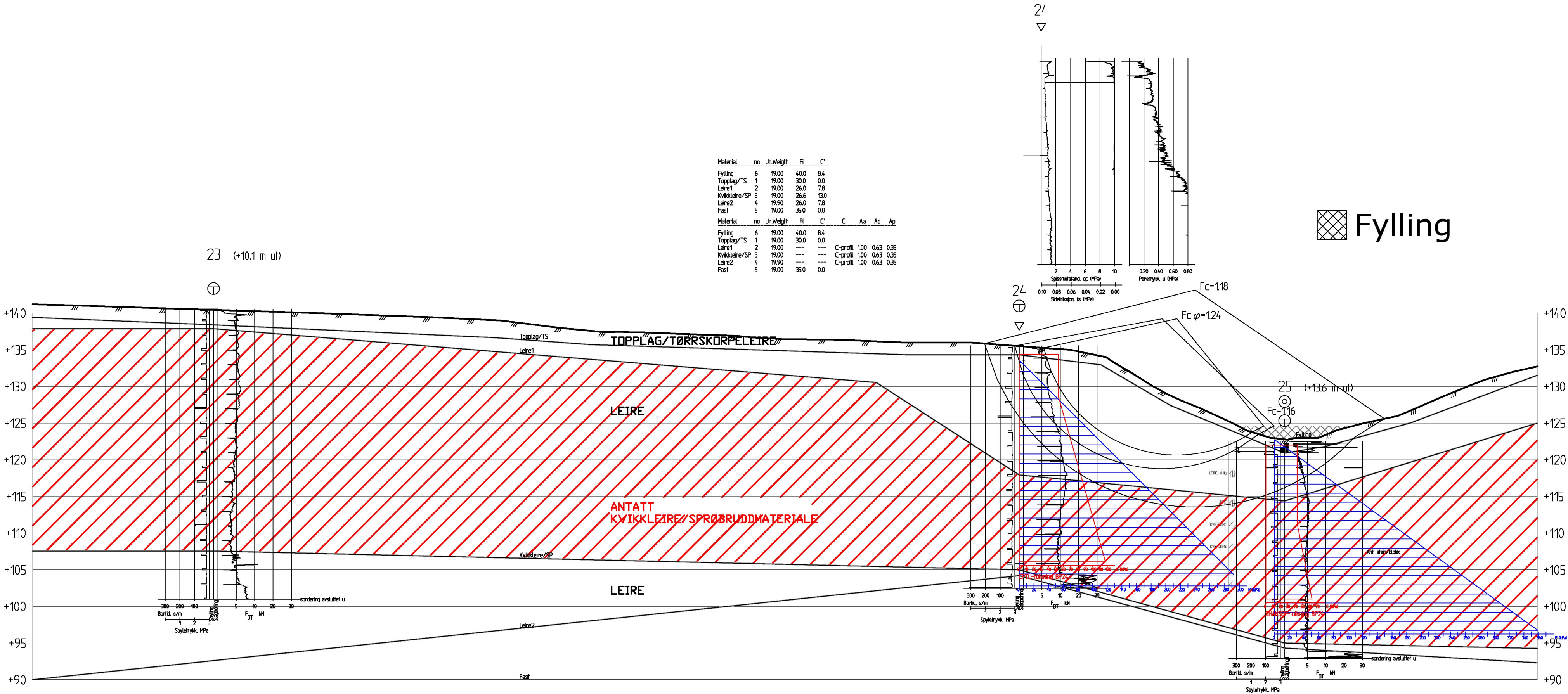


Ramboll Norge AS
P.b. 9420 Torgarden
7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no

OPPDAG
Torgård områdestabilitet -
Vurderingsrapport
OPPDRAGSGIVER
Trondheim kommune

INNHOOLD
STABILITETSBEREGNING
Profil G-G
Oppjusterte materialparametere
Total- og effektivspenning

OPPDAG NR. 1350037896	MÅLESTOKK 1 : 400	BLAD NR. 01	AV 01
		TEGNING NR. 224	REV. 00



00	22.10.2021		BAGJ	EHU	IJM
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					



Ramboll Norge AS
P.b. 9420 Torgarden
7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no

OPPDAG
Torgård områdestabilitet -
Vurderingsrapport

OPPDAGSGIVER
Trondheim kommune

INNHOOLD
STABILITETSBEREGNING

Profil G-G
Sikringstiltak
Total- og effektivspenning

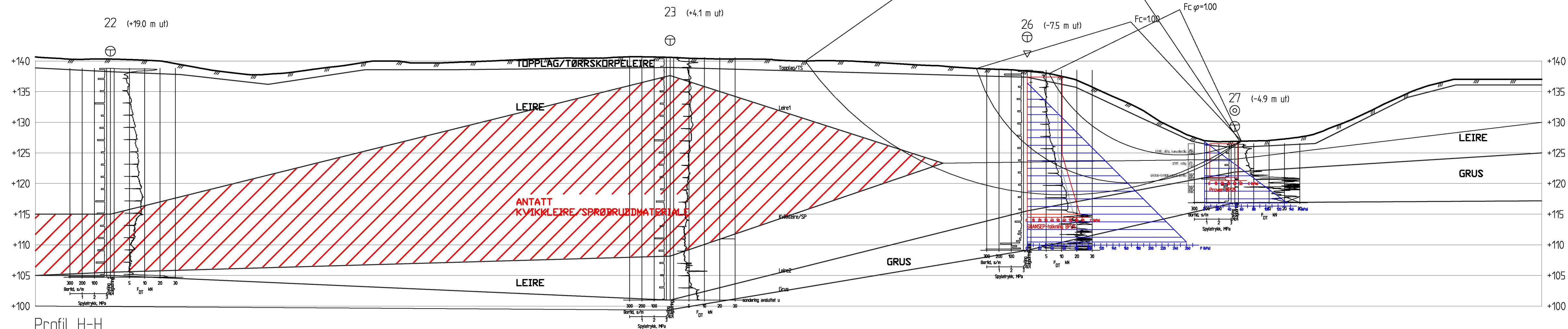
OPPDAG NR. 1350037896	MÅLESTOKK 1 : 400	BLAD NR. 01	AV 01
TEGNING NR. 225			REV. 00

Material	no	Un.Weight	FI	C'	C	Aa	Ad	Ap
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0				
Leine1	2	19.90	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.39
Kvikkleine/SP	3	19.00	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.39
Leine2	4	19.90	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.39
Grus	5	19.00	35.0	0.0				

[illegible]

Material	no	Un.Weight	Fi	C'
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0
Leire1	2	19.90	26.0	6.6
Kvikkleire/SP	3	19.00	26.6	11.8
Leire2	4	19.90	26.0	6.6
Grus	5	19.00	35.0	0.0

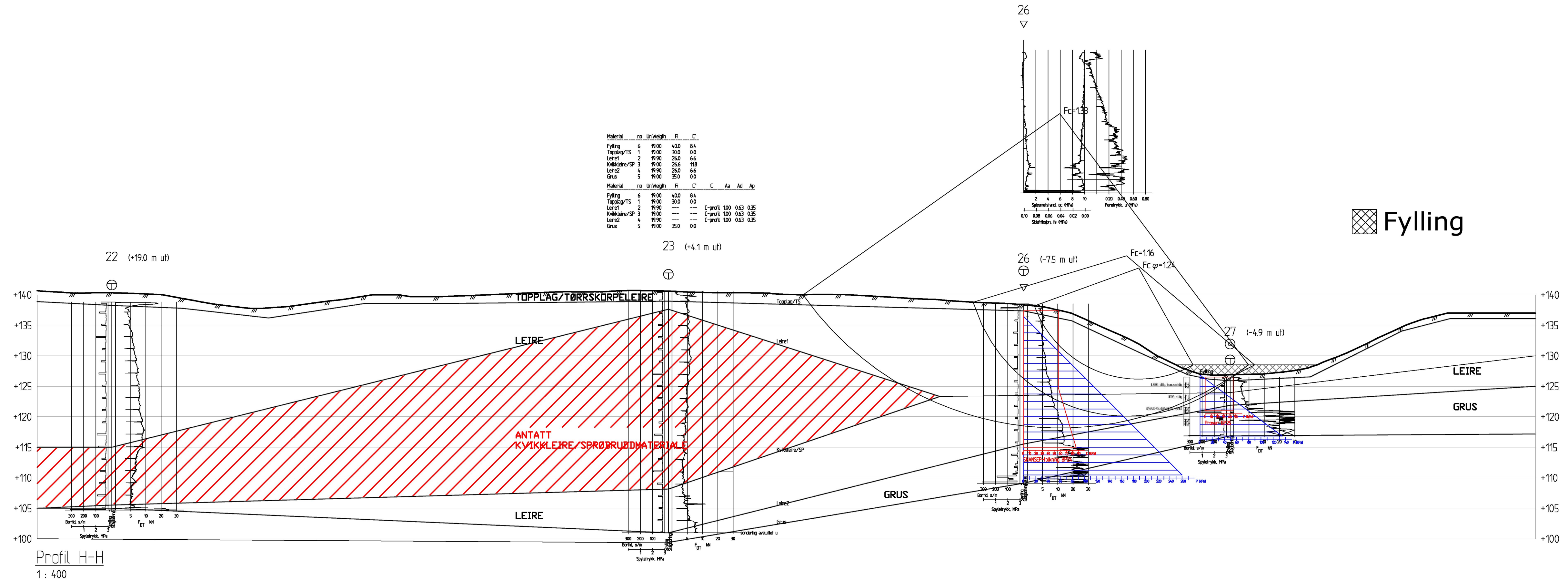
Material	no	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Topplag/TS	1	19.00	30.0	0.0				
Leire1	2	19.90	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.38
Kvikkleire/SP	3	19.00	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.38
Leire2	4	19.90	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.38
Grus	5	19.00	35.0	0.0				



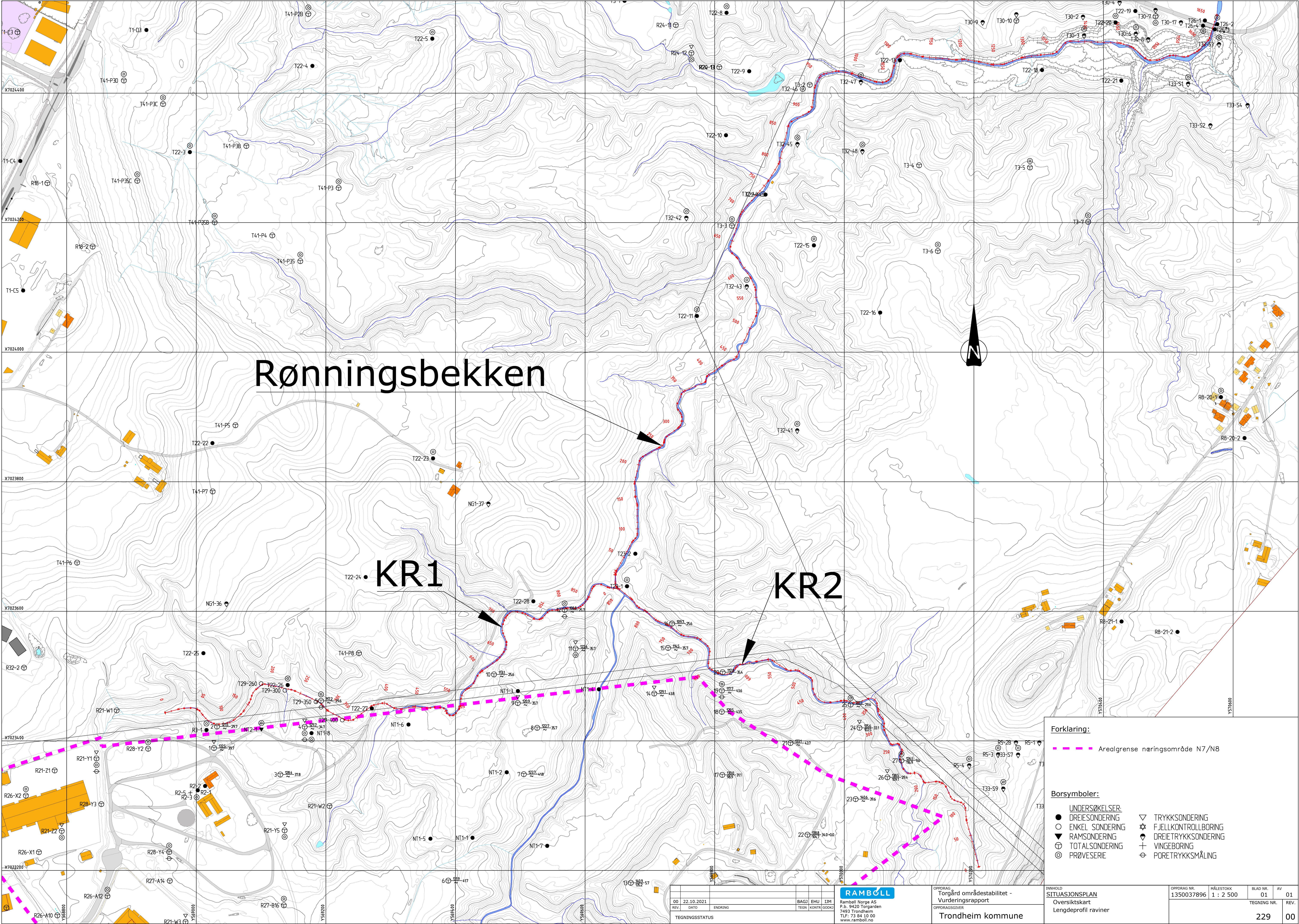
Profil H-H
1 : 400

									OPPDRA Torgård områdestabilitet - Vurderingsrapport			INNHO <u>STABILITETSBEREGNING</u>			OPPDRA NR. 1350037896		MÅLESTOKK 1 : 400		BLAD NR. 01		AV 01	
00	22.10.2021			BAGJ	EHU	IJM	Rambøll Norge AS P.b. 9420 Torgarden 7493 Trondheim TLF: 73 84 10 00 www.ramboll.no			OPPDRASSGIVER Trondheim kommune			Profil H-H Oppjusterte materialparametere Total- og effektivspenning			TEGNING NR. 227			REV. 00			
REV.	DATE	ENDRING		TEGN	KONTR	GODKJ																
TEGNINGSSTATUS																						

Material	no	UnWeight	Fi	C'				
Fylling	6	1900	400	84				
Tappning/TS	1	1900	300	0				
Lehe2	2	1900	250	6,6				
Kvikklehe/SP	3	1900	26,6	118				
Lehe2	4	1900	26,6	6,6				
Grus	5	1900	35,0	0,0				
Material	no	UnWeight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	6	1900	400	84				
Tappning/TS	1	1900	300	0				
Lehe2	2	1900	250	6,6	C-profil	100	0,63	0,33
Kvikklehe/SP	3	1900	—	—	C-profil	100	0,63	0,33
Lehe2	4	1900	—	—	C-profil	100	0,63	0,33
Grus	5	1900	35,0	0,0				



									OPPDRAG Torgård områdestabilitet - Vurderingsrapport			INNHOLD <u>STABILITETSBEREGNING</u>			OPPDRAG NR. 1350037896		MÅLESTOKK 1 : 400		BLAD NR. 01		AV 01	
00 22.10.2021			BAGJ EHU IJM			Rambøll Norge AS P.b. 9420 Torgarden 7493 Trondheim TLF: 73 84 10 00 www.ramboll.no			OPPDRAGSGIVER Trondheim kommune			Profil H-H Sikringstiltak Total- og effektivspenning			TEGNING NR. 228		REV. 00					
REV. DATO ENDRING			TEGN KONTR GODTJ																			
TEGNINGSSTATUS																						



Rønningsbekken

KR1

KR2

- Forklaring:**
- Arealgrense næringsområde N7/N8
- Borsymboler:**
- | | |
|-------------------|-----------------------|
| ● DREIESONDERING | ▽ TRYKKSONDERING |
| ○ ENKEL SONDERING | ☆ FJELLKONTROLLBORING |
| ▼ RAMSONDERING | ◆ DREIETRYKKSONDERING |
| ⊕ TOTALSONDERING | + VINGEBORING |
| ⊙ PRØVESERIE | ⊖ PORETRYKKSMALING |

										OPPDAG NR. Torgård områdestabilitet - Vurderingsrapport		INNHOLD <u>SITUASJONSPLAN</u> Oversiktskart Lengdeprofil ravnir		OPPDAGS NR. 1350037896		MÅLESTOKK 1 : 2 500		BLAD NR. 01		AV 01			
00		22.10.2021				BAGJ		EHU		IJM		Ramboll Norge AS P.b. 9420 Torgarden 7493 Trondheim Tlf: 73 84 10 00 www.ramboll.no		OppdragsGIVER Trondheim kommune						TEGNING NR. 229		REV. 00	
REV.		DATO		ENDRING		TEGN		KONTR.		GODKJ.													
TEGNINGSSTATUS																							

[illegible]

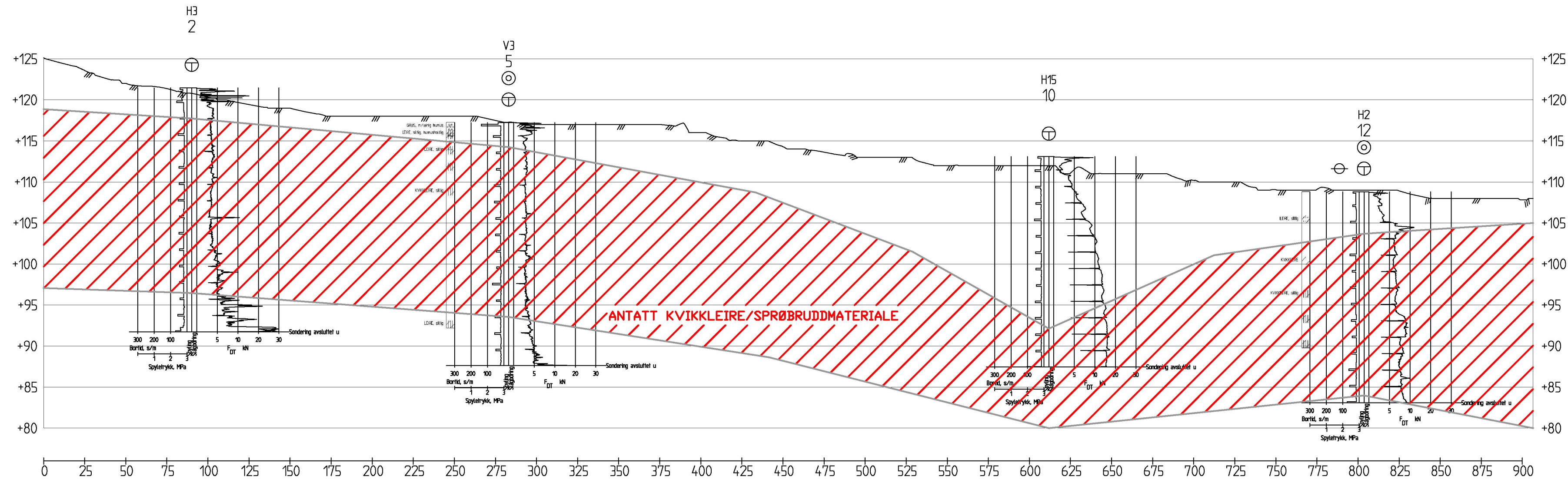
The drawing shows a road profile with the following data:

- PR (Profile):** A line graph showing elevation (H) in meters against stationing (PROFIL NR.). Key points include:
 - PR 0.000, H = 143.088 at station 0.
 - PR 147.191, H = 130.008 at station 150.
 - PR 207.656, H = 127.011 at station 200.
 - PR 378.154, H = 123.000 at station 350.
 - PR 540.168, H = 114.500 at station 550.
 - PR 651.111, H = 105.000 at station 650.
 - PR 742.829, H = 102.000 at station 750.
 - PR 851.896, H = 100.000 at station 850.
- HOR. KURV. (Horizontal Curve):** A series of dashed lines indicating the horizontal alignment of the road.
- BREDDUTV. (Road Width):** A series of dashed lines indicating the road width at various points.
- TVERRFALL (Cross Slope):** A series of dashed lines indicating the cross slope of the road.
- PROFIL H. (Profile Elevation):** A series of dashed lines indicating the profile elevation at various points.
- TERRENG H. (Ground Elevation):** A series of dashed lines indicating the ground elevation at various points.
- OVERBYGN. (Construction):** A series of dashed lines indicating the construction details at various points.

Technical drawing of a road profile (PR) showing elevation, horizontal curve, and terrain data. The drawing includes a profile view with a vertical axis (H.O. H.R.) and a horizontal axis (PROFIL NR. 0 to 1600). The profile shows a series of vertical curves (PR) with their respective elevations (H) and horizontal distances (PR). The terrain is shown as a dashed line (H.k.j.b.k.k.) and the road profile as a solid line (H.k.j.b.k.k.). The drawing also includes a table of data for the profile, showing the profile number (PROFIL NR.), the horizontal curve (HOR. KURV.), the vertical curve (BREDEUTV.), the terrain (TERRERH. H.), and the profile height (PROFIL. H.).

PROFIL NR.	HOR. KURV.	BREDEUTV.	TERRERH. H.	PROFIL. H.
0				
50				
100				
150				
200				
250				
300				
350				
400				
450				
500				
550				
600				
650				
700				
750				
800				
850				
900				
950				
1000				
1050				
1100				
1150				
1200				
1250				
1300				
1350				
1400				
1450				
1500				
1550				
1600				

									OPPDRA Torgård områdestabilitet - Vurderingsrapport			INNHOLD LENGDEPROFIL			OPPDRA NR. 1350037896		MÅLESTOKK 1 : 500		BLAD NR. 01		AV 0	
00 22.10.2021			EHU BAGJ IJM			Rambøll Norge AS P.b. 9420 Torgarden 7493 Trondheim TLF: 73 84 10 00 www.ramboll.no			OPPDRA Trondheim kommune			KR1, KR2 og Rønningsbekken					TEGNING NR. 230		R 0			
REV. DATE ENDRING			TEGN KONTR GODKJ																			
TEGNINGSSTATUS																						



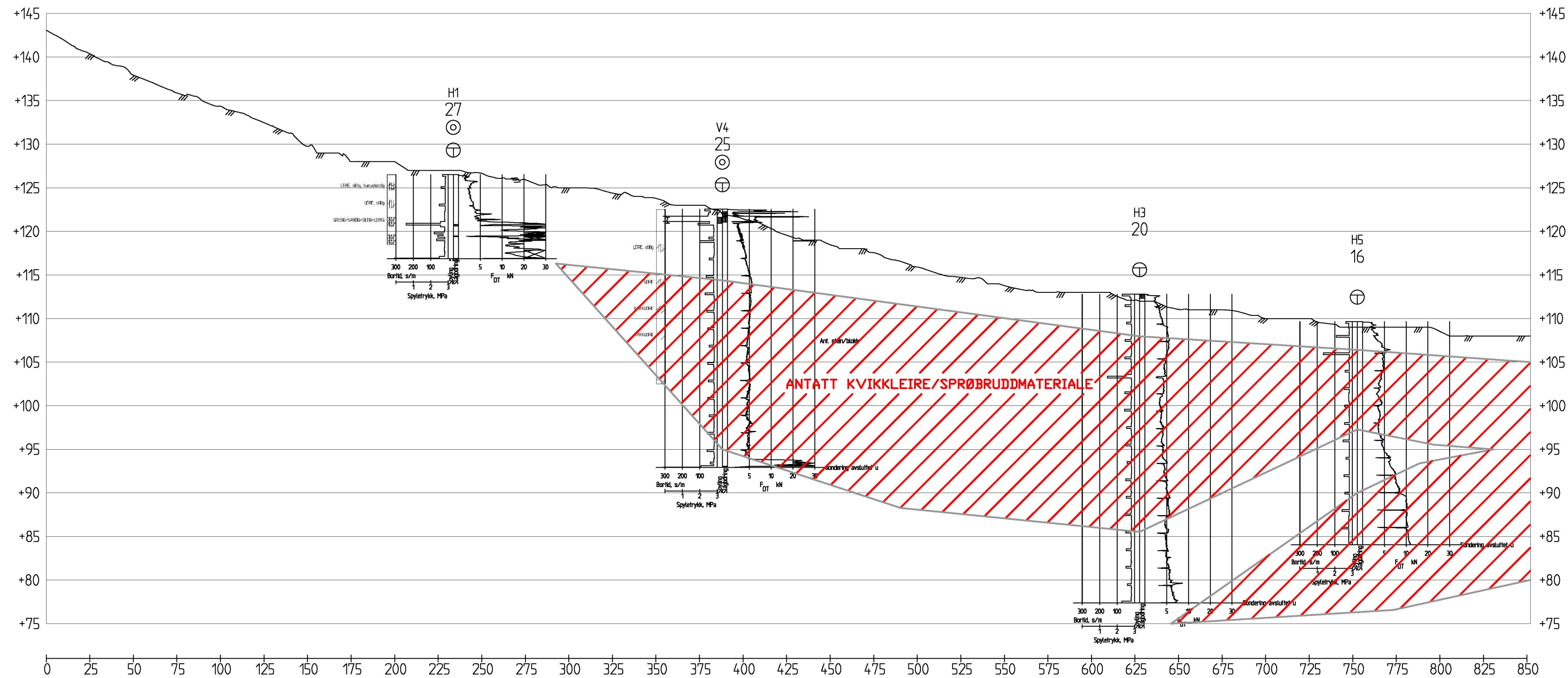
Profil KR1
HM 1 : 400 LM 1 : 2000

00	22.10.2021		EHU	BAGJ	IJM
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

RAMBOLL
Rambøll Norge AS
P.b. 9420 Torgarden
7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no

OPPDRA Torgård områdestabilitet - Vurderingsrapport	INNHO LENGDEPROFIL KR1 ⊕ Totalsondering ⊙ Prøveserie ⊖ Poretrykksmåler
OPPDRA Trondheim kommune	

OPPDRA NR. 1350037896	MÅLESTOKK Se tegning	BLAD NR. 01	AV 01
TEGNING NR. 231			REV. 00



Profil KR2
HM 1 : 400 LM 1 : 2000

00	22.10.2021		EHU	BAGJ	IJM
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					



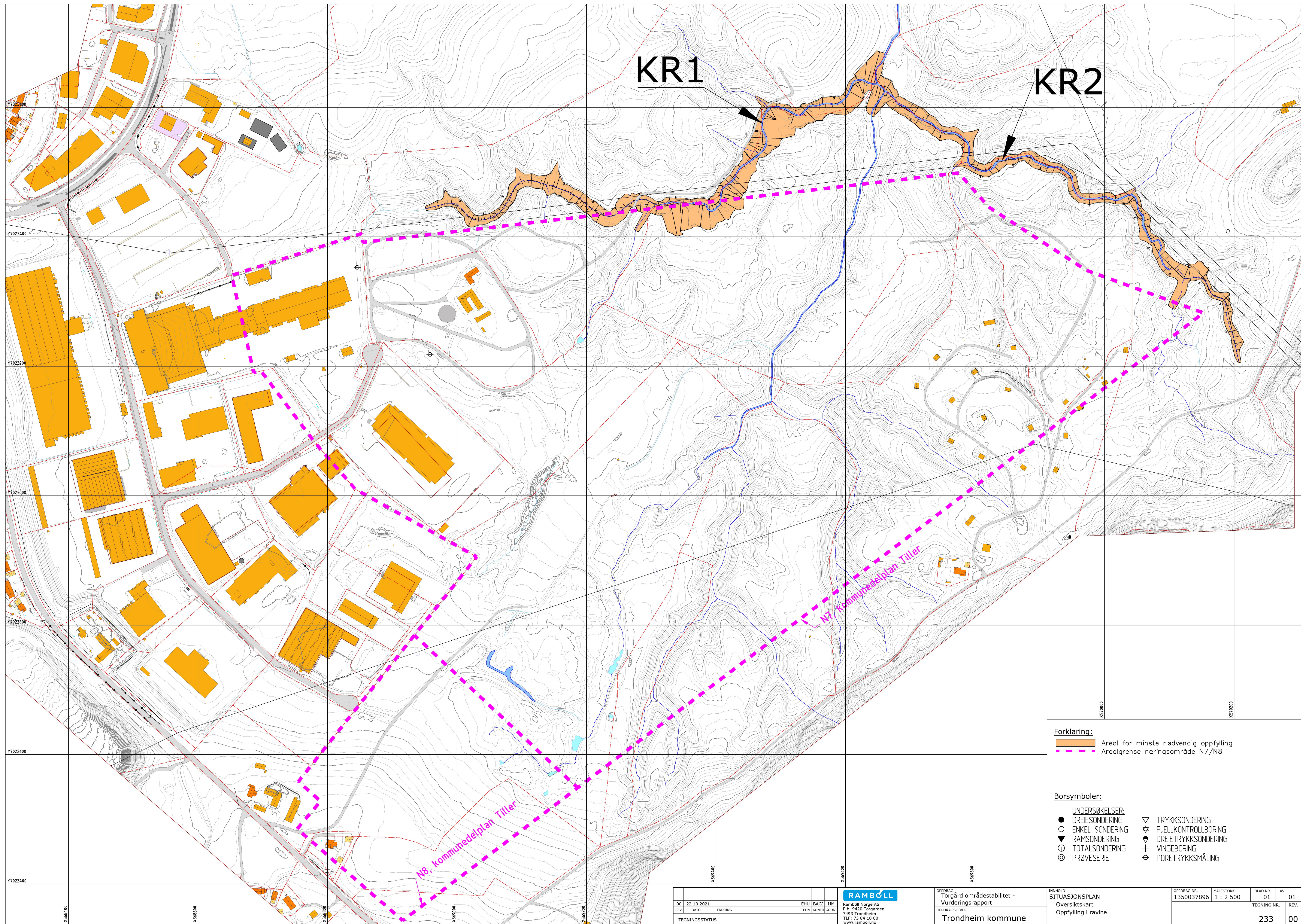
Rambøll Norge AS
P.b. 9420 Torgarden
7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no

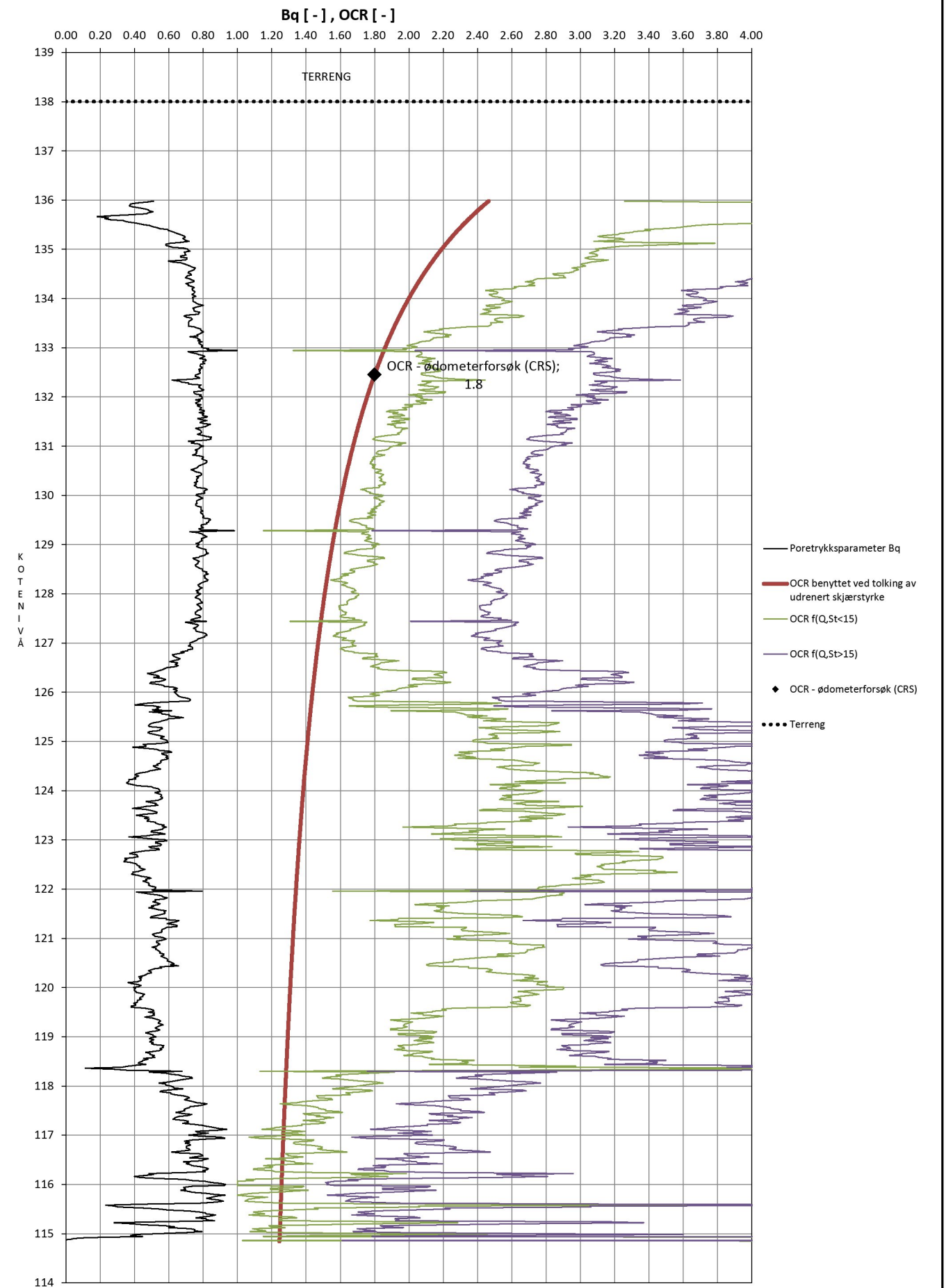
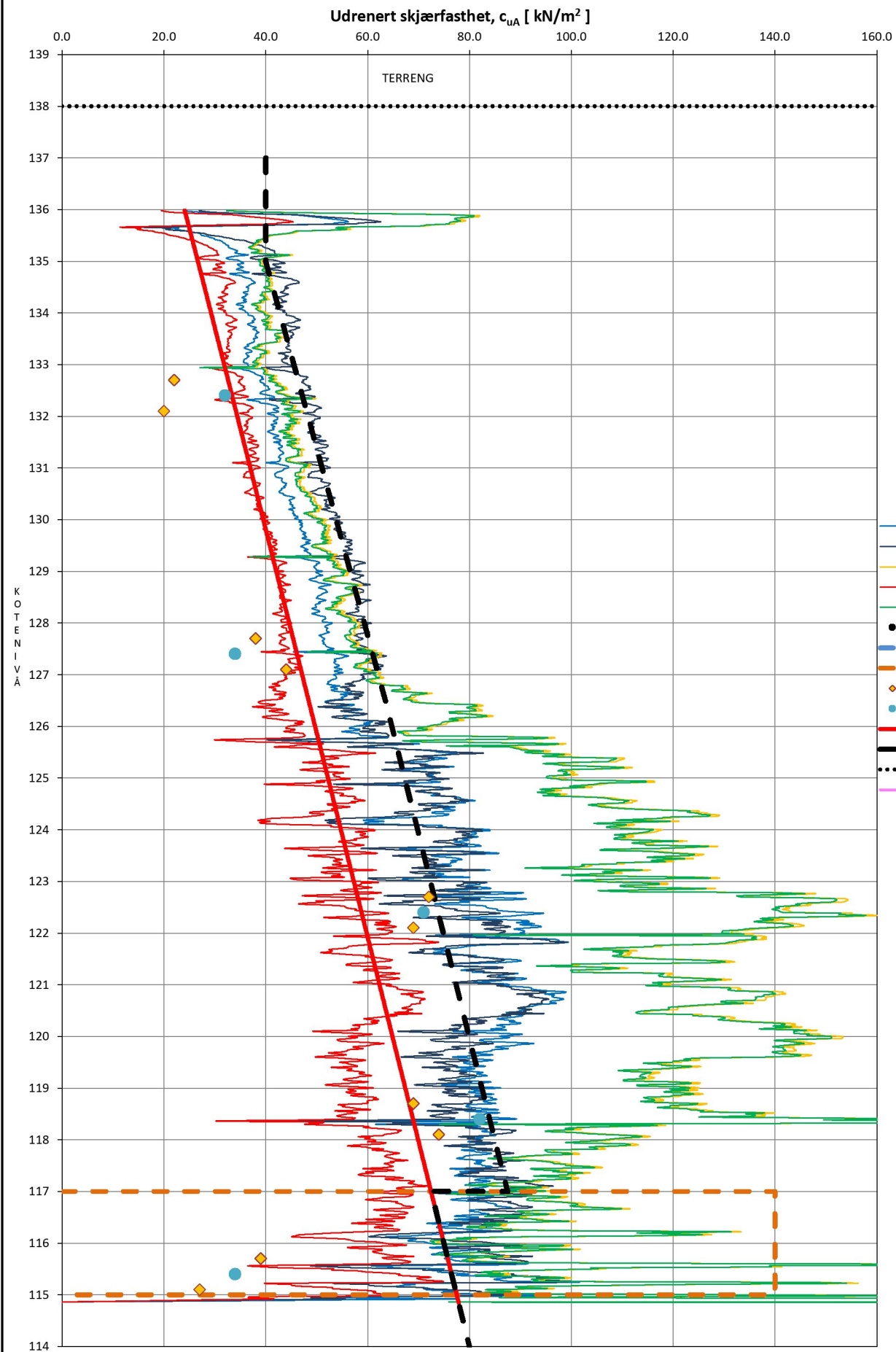
OPPDRAG
Torgård områdestabilitet -
Vurderingsrapport

OPPDRAGSGIVER
Trondheim kommune

INNHOLD
LENGDEPROFIL KR2
⊕ Totalsondering
⊙ Prøveserie

OPPDRAG NR. 1350037896	MÅLESTOKK Se tegning	BLAD NR. 01	AV 01
TEGNING NR. 232			REV. 00





Tolkningsgrunnlag

In-situ poretrykk:	Hydrostatisk	Romvekt:	Konstant, 19 kN/m ³
Grunnvannstand [Z]:	2 m	Romvekt tidligere terreng:	Konstant, 19 kN/m ³
Overkonsolidering:	$\Delta p' = 56$ kPa	SHANSEP-normalisering:	$\alpha = 0.28$ $\beta = 0.9$
Plastisitetsindeks, Ip:	Konstant, Ip = 7		

Designlinje, c_{uA} :	
Kote	c_{uA}
137.0	40.0
135.0	40.0
126.5	63.5
117.0	87.5
117.0	72.5
114.0	80.0

RAMBOLL

Trondheim kommune

Torgård - Områdestabilitet

Borpunkt: W3 | Terrengkote: 138.0

Tolking/presentasjon av CPTU
Udrenert skjærfasthet og OCR

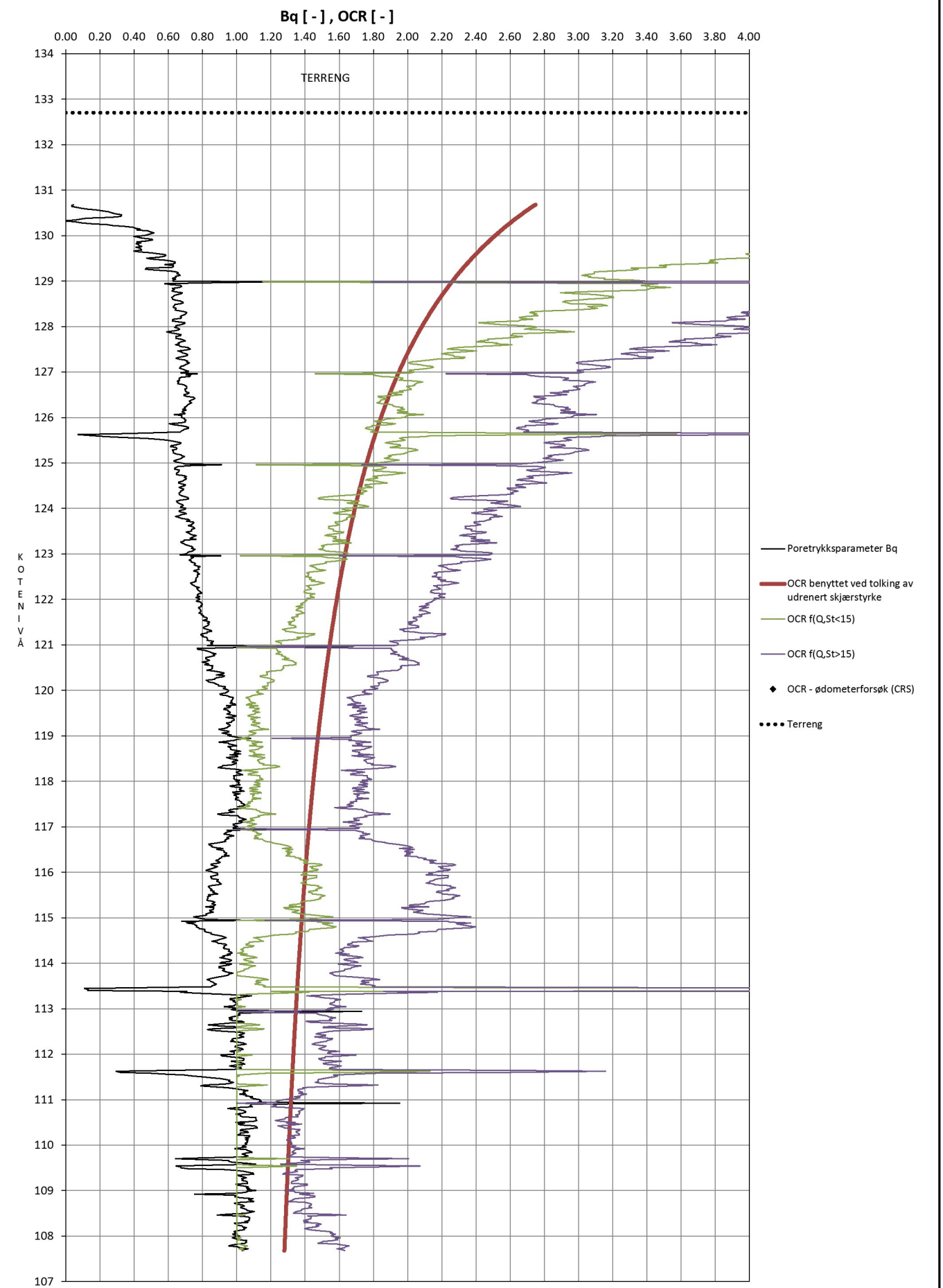
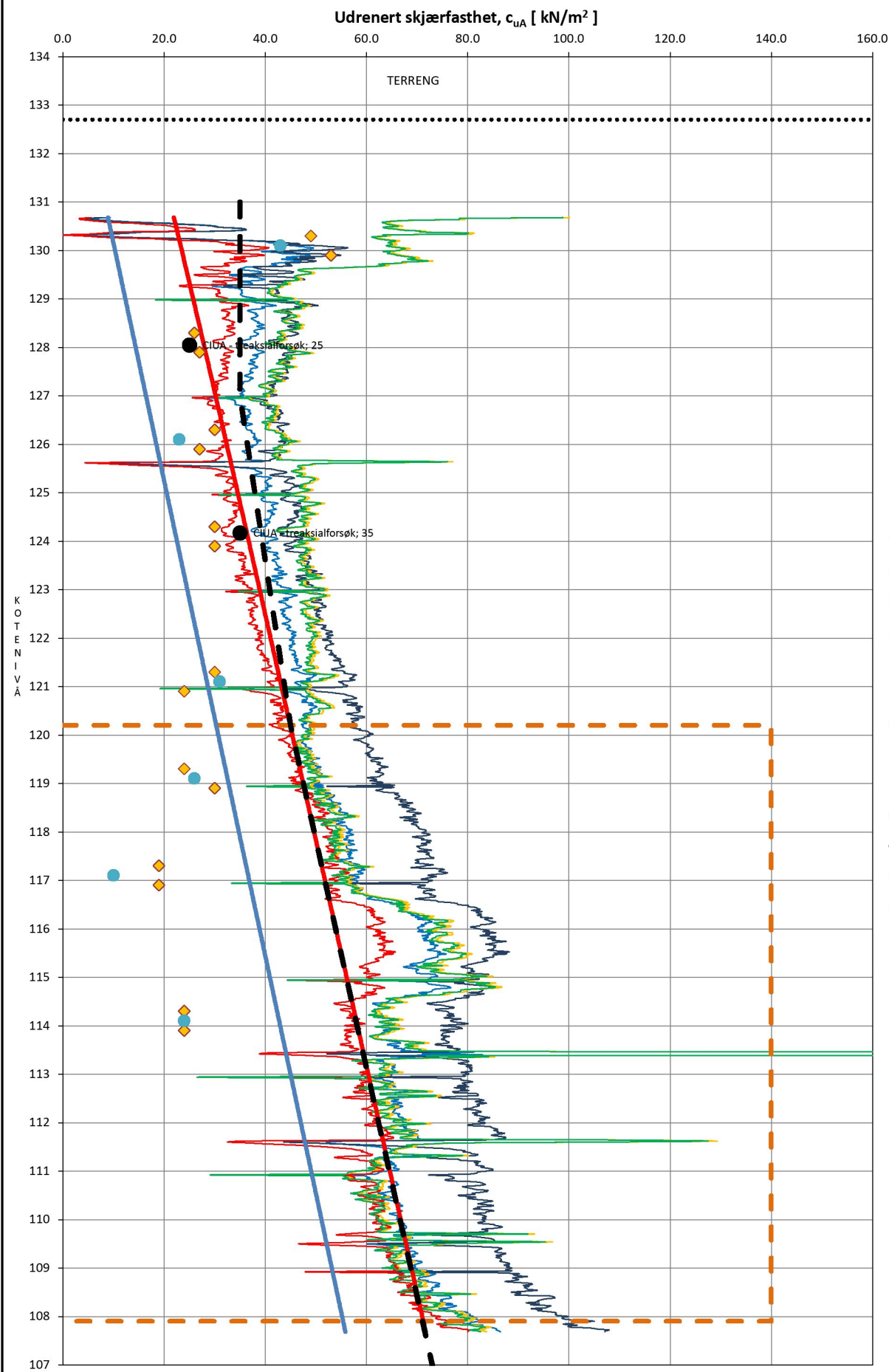
Tegn./kontr.
BAGJ/EHU

Dato
13.10.2021

Oppdrag
1350037896

Vedlegg
1

Tegn. Nr.
-



Tolkningsgrunnlag

In-situ poretrykk:	Hydrostatisk	Romvekt:	Konstant, 18.5 kN/m ³
Grunnvannstand [Z]:	2 m	Romvekt tidligere terreng:	Konstant, 18.5 kN/m ³
Overkonsolidering:	$\Delta p' = 65$ kPa	SHANSEP-normalisering:	$\alpha = 0.25$ $\beta = 0.85$
Plastisitetsindeks, I_p :	Konstant, $I_p = 7$		

Designlinje, c_{uA} :	
Kote	c_{uA}
131.0	35.0
127.0	35.0
120.2	45.0
107.0	73.0

RAMBOLL

Trondheim kommune

Torgård - Områdestabilitet

Borpunkt: Y5 | Terrengekote: 132.7

Tolking/presentasjon av CPTU
Udrenert skjærfasthet og OCR

Tegn./kontr.
BAGJ/EHU

Dato
13.10.2021

Oppdrag
1350037896

Vedlegg
2

Tegn. Nr.
-