
RAPPORT

Leirfossvegen 71

OPPDRAAGSGIVER

Leirfossvegen AS

EMNE

Geoteknisk vurdering

DATO / REVISJON: 08. august 2023 / 02

DOKUMENTKODE: 10247156-RIG-RAP-002



Multiconsult

Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt for den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult. Enhver bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn de som er godkjent skriftlig av Multiconsult, er forbudt, og Multiconsult påtar seg intet ansvar for slikt bruk. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter.

RAPPORT

OPPDAG	Leirfossvegen 71			DOKUMENTKODE	10247156-RIG-RAP-002
EMNE	Geoteknisk vurdering			TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDAGSGIVER	Leirfossvegen AS			OPPDAGSLEDER	Konstantinos Kalomoiris
KONTAKTPERSON	Kjell Ivar Kjølhamar			UTARBEIDET AV	Yeganeh Attari
KOORDINATER	Sone: UTM 32	Øst: 569317	Nord:	ANSVARLIG ENHET	10234011 Geoteknikk Midt
	7029307				
GNR./BNR./SNR.	92 / 104 / - / Trondheim				

SAMMENDRAG

Multiconsult Norge AS er engasjert av Leirfossvegen AS til å utføre en grunnundersøkelse og gjøre en vurdering av områdestabilitet og gjennomførbarhet i forbindelse med omregulering av Leirfossvegen 71 i Trondheim kommune fra næring til boligformål.

Planområde ligger i utløpsområde for kvikkleireskred i løsneområde C og løsneområde D. Det er utført stabilitetsberegninger som dokumenterer at tilfredsstillende sikkerhet er oppnådd for alle faser av utbyggingen. Det er imidlertid behov for sikringstiltak i anleggsperioden i form av motfyllinger. Motfyllingene er en del av den permanente oppfyllingen som vil utføres i ravedalen, ved Utsikten og Terrasse N. **Planlagte tiltak har dermed tilfredsstillende sikkerhet mot kvikkleireskred.**

Planlagte boligblokker ved Utsikten og Terrassen N tilrås fundamentert på spissbærende peler til berg. Det kan imidlertid ikke utelukkes at bygg A skal kunne fundamenteres direkte på delvis original fast leire, delvis på kvalitetsfylling av sprengstein/pukk som etableres i forbindelse med ev. nødvendig masseutskifting, men dette er noe som må bekreftes ved supplerende grunnundersøkelser i byggesaken.

På Elvesletta tilrås at de fleste planlagte boligblokkene fundamenteres direkte på kvalitetsfylling av sprengstein/pukk. Det vil videre være behov for masseutskifting av fyllmasser under noen av boligblokkene som skal direktefundamenteres. For de høyeste boligblokkene som ligger øst på området, i Ryggraden, vurderes pelefundamentering foreløpig som aktuell fundamenteringsmetode.

Parkeringskjelleren tilrås fundamentert direkte på eksisterende fyllmasser. For å redusere setningsrisiko tilrås forbelastning av fyllmassene før byggingen starter, i kombinasjon med stiv fundamenteringsmetode. Det må påregnes noe ventetid fra forbelastningen er etablert til den blir fjernet.

Vurderingene i foreliggende rapport er kvalitetssikret i henhold til anbefalingene i NVE veileder 1/2019 av Rambøll Norge AS, verifikasjonsrapport 1350036779-01 nr. 01 rev.00.

Rev.02: Rapporten er revidert etter utført uavhengig kvalitetssikring. I rev.02 av rapporten er endringene som er gjort vist med en «revisjonsstrek» i margen til venstre for selve teksten.

02	2023-08-08	Revidert etter uavhengig kvalitetssikring	Yeganeh Attari	Konstantinos Kalomoiris	Konstantinos Kalomoiris
01	2023-04-14	Revidert etter endring av bebyggelsesplan ved Utsikten	Yeganeh Attari	Konstantinos Kalomoiris	Konstantinos Kalomoiris
00	2023-02-01	Geoteknisk vurdering	Yeganeh Attari	Konstantinos Kalomoiris	Konstantinos Kalomoiris
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHALDSFORTEGNELSE

1	Innledning	6
1.1	Bakgrunn.....	6
1.2	Formål.....	6
2	Planlagt utbygging	7
3	Grunnlag.....	10
3.1	Utførte grunnundersøkelser	10
3.2	Øvrige geotekniske dokumenter.....	10
3.3	Øvrig grunnlag	11
4	Områdebeskrivelse	12
4.1	Topografi og beliggenhet	12
4.2	Kvartærgeologi	13
4.3	Eksisterende faresoner for kvikkleireskred.....	14
4.4	Eksisterende skredfarevurderinger	15
4.5	Grunnforhold	16
4.6	Grunnvannstand/poretrykk	18
4.7	Utbredelse av kvikkleire/sprøbruddmateriale	18
4.8	Erosjonsforhold.....	18
5	Avgrensing og klassifisering av løсне- og utløpsområder.....	19
6	Sikkerhetskrav for planlagt tiltak	20
6.1	Klassifisering av tiltaket og faresonen.....	20
6.2	Krav til sikkerhet	20
6.3	Kvalitetssikring av utredningen.....	21
7	Grunnlag for stabilitetsberegninger	22
7.1	Generelt	22
7.2	Beregningsprofiler	22
7.3	Lagdeling.....	22
7.4	Materialparametere	22
8	Stabilitetsberegninger og -vurderinger.....	23
8.1	Stabilitetsberegninger i dagens tilstand og anleggsfase og vurdering av sikringsbehov	23
8.2	Stabilitetsvurderinger	24
8.2.1	Profil A-A.....	24
8.2.2	Profil B-B	24
8.2.3	Profil C-C	24
8.2.4	Profil D-D.....	24
8.3	Rekkefølgekrav	24
8.4	Lokalstabilitet.....	27
9	Sikkerhet mot flodbølge	28
9.1	Aktuelle scenarioer	28
9.2	Sannsynlighetsvurdering av skredsituasjon	28
9.3	Designprinsipp	28
10	Fundamenteringskonsept	30
10.1	Utsikten og Terrasse N	30
10.2	Elvesletta og Rygggraden	31
11	Naboforhold	34
12	Konklusjon	36
13	Videre arbeid.....	37
14	Referanser	38

TEGNINGER

10247156-RIG-TEG -000_rev00	Oversiktskart
-002_rev00	Borplan med stabilitetsprofiler
-003_rev01	Borplan med stabilitetsprofiler og landskapsplan
-004_rev00	Borplan med tolkninger av borpunkter og utbredelse av kvikkleire/sprøbruddmateriale
-500.5_rev00	Borhull 4CPTU, Prekonsolideringstrykk σ'_c
-500.6_rev00	Borhull 4CPTU, Overkonsolideringsgrad OCR
-500.7_rev00	Borhull 4CPTU, Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet
-501.5_rev00	Borhull 6CPTU, Prekonsolideringstrykk σ'_c
-501.6_rev00	Borhull 6CPTU, Overkonsolideringsgrad OCR
-501.7_rev00	Borhull 6CPTU, Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet
-700_rev01	Profil A-A Tolket lagdeling
-701_rev00	Profil B-B Tolket lagdeling
-702_rev01	Profil C-C Tolket lagdeling
-703_rev00	Profil D-D Tolket lagdeling
-800.1_rev01	Profil A-A Stabilitetsberegning, dagens terreng, totalspenningsanalyse
-800.2_rev01	Profil A-A Stabilitetsberegning, dagens terreng, effektivspenningsanalyse
-800.3_rev02	Profil A-A Stabilitetsberegning, anleggsfase, totalspenningsanalyse
-800.4_rev02	Profil A-A Stabilitetsberegning, anleggsfase, effektivspenningsanalyse
-801.1_rev01	Profil B-B Stabilitetsberegning, dagens terreng, totalspenningsanalyse
-801.2_rev01	Profil B-B Stabilitetsberegning, dagens terreng, effektivspenningsanalyse
-802.1_rev01	Profil C-C Stabilitetsberegning, dagens terreng, totalspenningsanalyse
-802.2_rev01	Profil C-C Stabilitetsberegning, dagens terreng, effektivspenningsanalyse
-802.3_rev01	Profil C-C Stabilitetsberegning, anleggsfase, totalspenningsanalyse
-802.4_rev01	Profil C-C Stabilitetsberegning, anleggsfase, effektivspenningsanalyse
-803.1_rev01	Profil D-D Stabilitetsberegning, dagens terreng, totalspenningsanalyse
-803.2_rev00	Profil D-D Stabilitetsberegning, dagens terreng, effektivspenningsanalyse

VEDLEGG

Vedlegg A	Tolkning av materialparametere for stabilitetsberegninger
Vedlegg B	Tolkning spesialforsøk

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I forbindelse med omregulering av eiendommen Leirfossvegen 71 fra næring til boligformål er det behov for geotekniske vurderinger, Figur 1-1. Planområdet ligger dels innenfor og dels i utløpsområdet av kartlagt kvikkleiresone «Tverreggen».

I samband med regulering av tomte Leirfossvegen 71 vil det være behov for å dokumentere:

- Tilfredsstillende sikkerhet mot kvikkleireskred etter gjeldende regelverk (NVE veileder 1/2019)
- At planforslaget er gjennomførbart

I den forbindelse er det behov for stabilitetsvurderinger tilknyttet planforslaget og vurderinger av at planforslaget er gjennomførbart.



Figur 1-1 Illustrasjon av planlagt utbygging utarbeidet av PKA/Agraff Arkitektur AS og datert 31.03.2023.

1.2 Formål

Foreliggende rapport omhandler vurdering av område- og lokalstabilitet, samt fundamenteringskonsept for planlagt bebyggelse.

Vurderingene i foreliggende rapport er kvalitetssikret i henhold til anbefalingene i NVE veileder 1/2019 av Rambøll Norge AS, verifikasjonsrapport 1350036779-01 nr. 01 rev.00 /1/.

Rev.02: Rapporten er revidert etter utført uavhengig kvalitetssikring. I rev.02 av rapporten er endringene som er gjort vist med en «revisjonsstrek» i margen til venstre for selve teksten.

2 Planlagt utbygging

Det er ønskelig å utvikle et boligområde i Leirfossvegen 71. Figur 2-1 viser illustrasjonsplan og oversikt bebyggelse av planlagt utbygging.

Illustrasjonsplanen viser et volumstudium på ca. 31,750m² BRA, tilsvarende ca. 570 leiligheter. Totalt utgjør dette ca. 45,000m² BTA, inkl. p-kjellere med boder på 18,700m².

Samtidig planlegges det for at bebygd areal til ny bebyggelse blir halvert i forhold til det eksisterende fotavtrykket for eiendommen.

I tillegg til platået ved elvesletta, er det foreslått boligbebyggelse i ravinen nord på tomta («Utsikten» og «Terrassen N») (se Figur 2-1). Forslaget forutsetter at massebalansen beholdes, at området sikres ved å tilføre masser nederst i ravinen og nede på Elvesletta, og at utbyggingen vil utføres i en rekkefølge som er gunstig for områdestabilitet. Utbygging vil måtte utføres i en rekkefølge som anvist i denne rapport, jfr. avsnitt 8.3.



Figur 2-1 Illustrasjonsplan og oversikt bebyggelse utarbeidet av PKA/Agraff Arkitektur AS.



Felles parkeringskjeller i ett/to nivå planlegges etablert under noen av byggene. Utstrekning av planlagt parkeringskjeller og planlagte høyder for overkant kjellergulv er vist på plantegning i Figur 2-2.



Figur 2-2 Plantegning som viser planlagt parkeringskjeller, utarbeidet av PKA og datert 13.04.2023

3 Grunnlag

3.1 Utførte grunnundersøkelser

Det er tidligere utført grunnundersøkelser i området, se oversikt i Tabell 3-1. Multiconsult har utført supplerende grunnundersøkelser i området i 2022 /37/ knyttet til denne vurderingen.

Tabell 3-1 Relevante tidligere grunnundersøkelsesrapporter

Ref.	Rapport-nr.	Utført av	År	Oppdragsnavn/ rapportnavn
/21/	31003.01 (G1-X)	Geoteam	1987	Fradelingstomt Haugnessvingen 24
/22/	00495 (K1-X)	Kummeneje	xxx	Lerøya
/23/	00689 (K2-X)	Kummeneje	1969	Planeringsprosjekt Fossegrenda
/24/	O.7043	Kummeneje	1988	Adkomstveg Lerøya
/25/	37433 (N1-X)	Noteby	1988	Elvely boligfelt
/26/	R.0195 (T1-X)	Trondheim kommune	1970	Fossegrenda – Elvely
/27/	R.0518 (T2-X)	Trondheim kommune	1979	Leireggen tomteområde
/28/	R.0556 (T3-X)	Trondheim kommune	1981	Disposisjonsplan Rate
/29/	R.0597 (T4-X)	Trondheim kommune	1982	Reguleringsplan Elvely
/30/	R.0608 (T5-X)	Trondheim kommune	1982	Avløpsledning Okstad - Fossegrenda
/31/	R.0608 (T6-X)	Trondheim kommune	1982	Reguleringsplan Tvereggen
/32/	R.0695 (T7-X)	Trondheim kommune	1986	Nedre Leirfoss, omlegging av veg
/33/	R.0695-5 (T8-X)	Trondheim kommune	1991	Leirfossvegen
/34/	10213062-RIG-RAP-001_rev000 (MC1-X)	Multiconsult AS	2019	Leirfossvegen 71
/35/	10247156-RIG-RAP-001_rev000	Multiconsult AS	2022	Leirfossvegen 71

3.2 Øvrige geotekniske dokumenter

Multiconsult har tidligere utført innledende geoteknisk vurdering av planlagt forslag og utredning av områdestabilitet for kartlagt kvikkleiresone. En oversikt over geotekniske dokumenter for området er presentert i Tabell 3-2.

Tabell 3-2 Relevante tidligere geotekniske dokumenter

Ref.	Rapport-nr.	Utført av	År	Oppdragsnavn/ rapportnavn
/36/	10213062-RIG-RAP-002_rev01	Multiconsult AS	2020	Leirfossvegen 71 – Vurdering av områdestabilitet
/37/	10242872-RIG-NOT-001_rev00	Multiconsult AS	2022	Leirfossvegen 71 – Geoteknisk vurdering
/38/	1350036779_Verifikasjonsrapport nr.01 rev.01	Rambøll AS	2020	Utført 3. partskontroll – utredning av områdestabilitet i kvikkleiresoner – Leirfossvegen 71

3.3 Øvrig grunnlag

En oversikt over det øvrige grunnlaget som var benyttet for geoteknisk vurdering er presentert i Tabell 3-3.

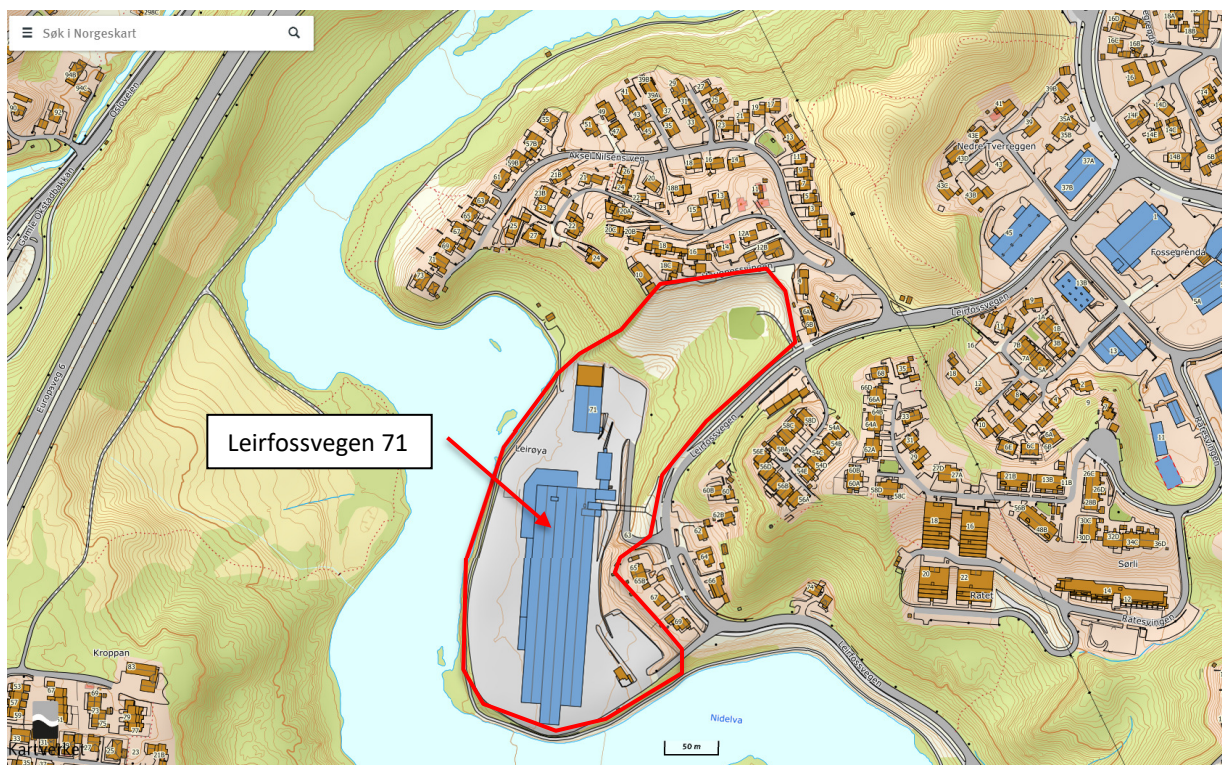
Tabell 3-3 Relevante øvrig grunnlag

Ref.	Dokument/tegning tittel	Utarbeidet av	Datert
/39/	Planprogram – Leirfossvegen 71	BHR1 og Trondheim kommune	24.11.2022
/40/	Illustrasjonsprosjektet – Leirfossvegen 71	PKA og Agraft arkitektur	14.01.2022
/41/	Leirfossvegen 71, Foreløpig planbeskrivelse	BHR1	18.02.2022
/42/	Leirfossvegen 71 – L20-01 Illustrasjonsplan	Per Knudsen Arkitektkontor AS / Agraft arkitektur	31.03.2023
/43/	Leirfossvegen 71 - Parkeringskjeller	Per Knudsen Arkitektkontor AS	13.04.2023

4 Områdebeskrivelse

4.1 Topografi og beliggenhet

Planområdet for Leirfossvegen 71 grenser til Nidelva i sør og vest, Leirfossvegen mot øst og strekker seg nordover mot Haugnessvingen, på Lerøya i Trondheim kommune. Se figur 2-1 og 2-2. Terrenget har en svak stigning mot nord på koter mellom ca. +13 og +18 på elvesletta ved Nidelva, derfra en bratt stigning nord-/nordøstover som varierer mellom 1:2,5 og 1:6 opp mot Haugnessvingen på kote ca. +49. Fra boligfeltet som ligger nord for planområdet skråner terrenget bratt ned mot Nidelva i nordvest. Høydeforskjellen mellom boligfeltet og Nidelva varierer mellom 20 og 35 m. Øst for boligfeltet skråner terrenget opp igjen, til ca. kote +70. Terrenget i området har opprinnelig vært kupert, men ble nedplanert i forbindelse med utbygging av boligfeltet.



Figur 4-1: Oversiktskart med omtrentlig plassering av planområde markert med rødt. Kilde: www.norgeskart.no.



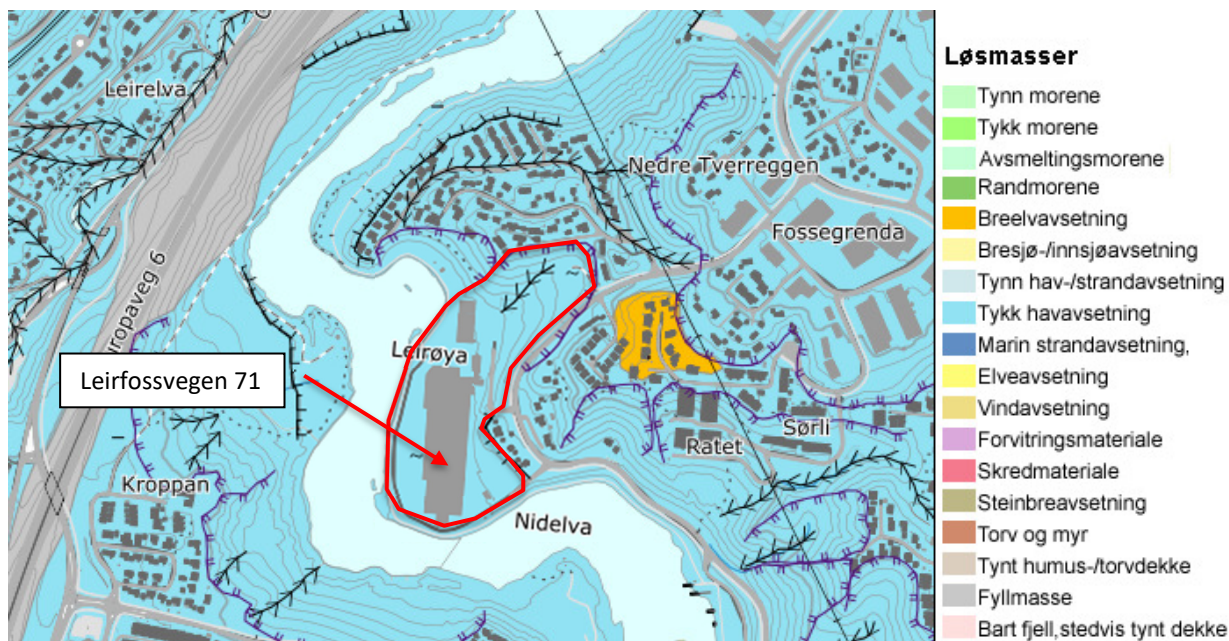
Figur 4-2: Flyfoto med omtrentlig plassering av planområde markert med rødt. Kilde: <https://kart.finn.no>

4.2 Kvartærgeologi

NGUs kvartærgeologiske løsmassekart viser at det undersøkte området i hovedsak ligger i et område med tykk havavsetning, se figur 4-1.

Kvikkleire og sprøbruddmateriale finnes i områder med marine avsetninger, herunder marin leire. Marine avsetninger er løsmasser som opprinnelig er avsatt i saltvann, og som på grunn av landheving etter istiden finnes nær eller over havnivå.

Det kvartærgeologiske kartgrunnlaget gir en visuell oversikt over landskapsformende prosesser over tid, samt løsmassenes overordnede fordeling. Utgangspunktet for disse oversiktskartene er i all hovedsak visuell overflatekartlegging, og kun i begrenset omfang fysiske undersøkelser. Kartene gir ingen informasjon om løsmassefordeling i dybden og kun begrenset informasjon om løsmassemeknighet. For mer informasjon om kvartærgeologiske kart og anvendelse/kvalitet vises det til www.ngu.no.



Figur 4-3: Utsnitt av kvartærgeologisk kart – løsmasser med omtrentlig plassering av planområde markert med rødt. Kilde: www.ngu.no.

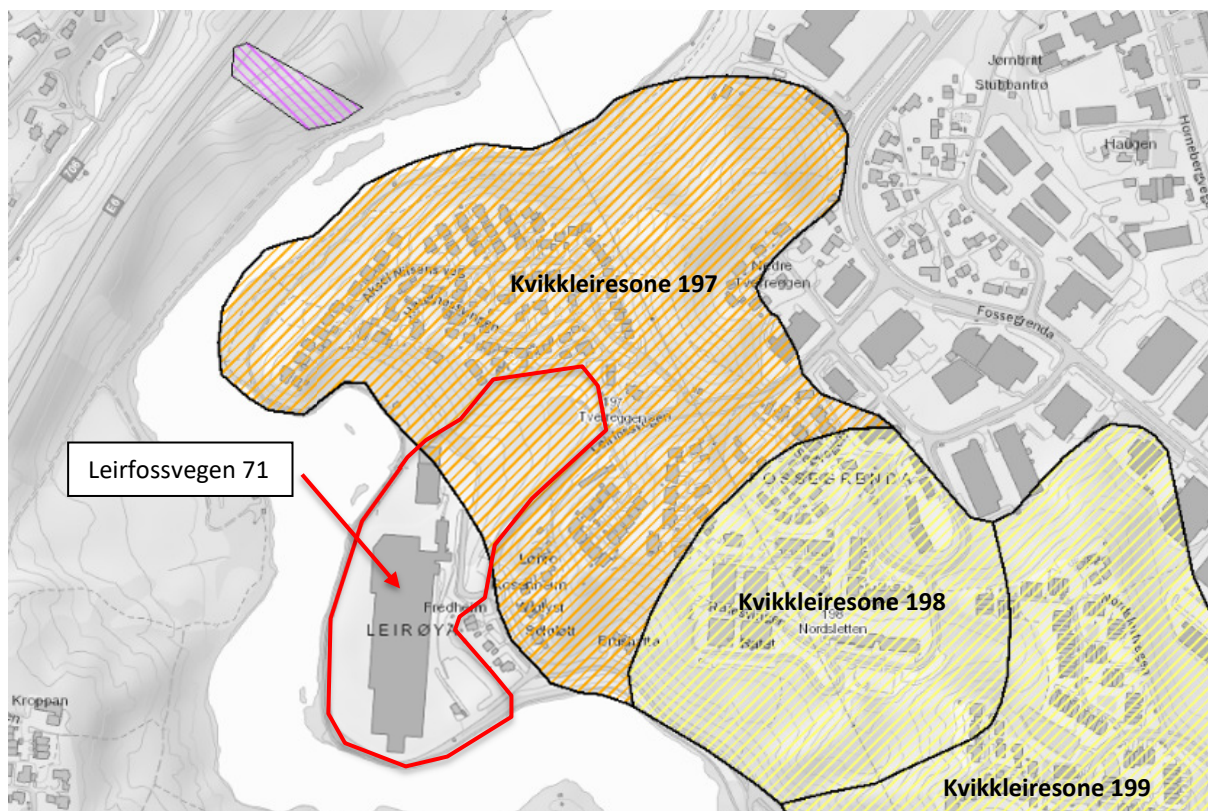
4.3 Eksisterende faresoner for kvikkleireskred

I henhold til faresonekart på NVE-atlas er det kartlagte faresoner for kvikkleireskred i/nærliggende planområdet, se tabell 4-1 og figur 4-2. Faresonekartet viser også kvikkleireforekomster avdekket av Statens Vegvesen i retning nord for planområdet, på den andre siden av Nidelva.

I 2020 utførte Multiconsult Norge AS en utredning av områdestabilitet i forbindelse med omregulering av Leirfossvegen 71 i Trondheim kommune fra næring til boligformål /36/. Iht. vurderingen var løsne- og utløpsområder ved Tverreggen kvikkleiresoner avgrenset og faregradsevaluert i forbindelse med utredningen.

Tabell 4-1: Faregrad, konsekvens og risikoklasse

Sone nr.	Sone navn	Kommune	Faregrad	Konsekvens	Risikoklasse (1 lav- 5 høy)
197	Tverreggen	Trondheim	Middels	Meget alvorlig	4
198	Nordsletten	Trondheim	Lav	Meget alvorlig	3
199	Leira nordre	Trondheim	Lav	Meget alvorlig	3



Figur 4-4: Utsnitt av kvikkleirekart – faregrad. Omtrentlig plassering av planområdet markert med rødt. Kilde: www.atlas.nve.no.

4.4 Eksisterende skredfarevurderinger

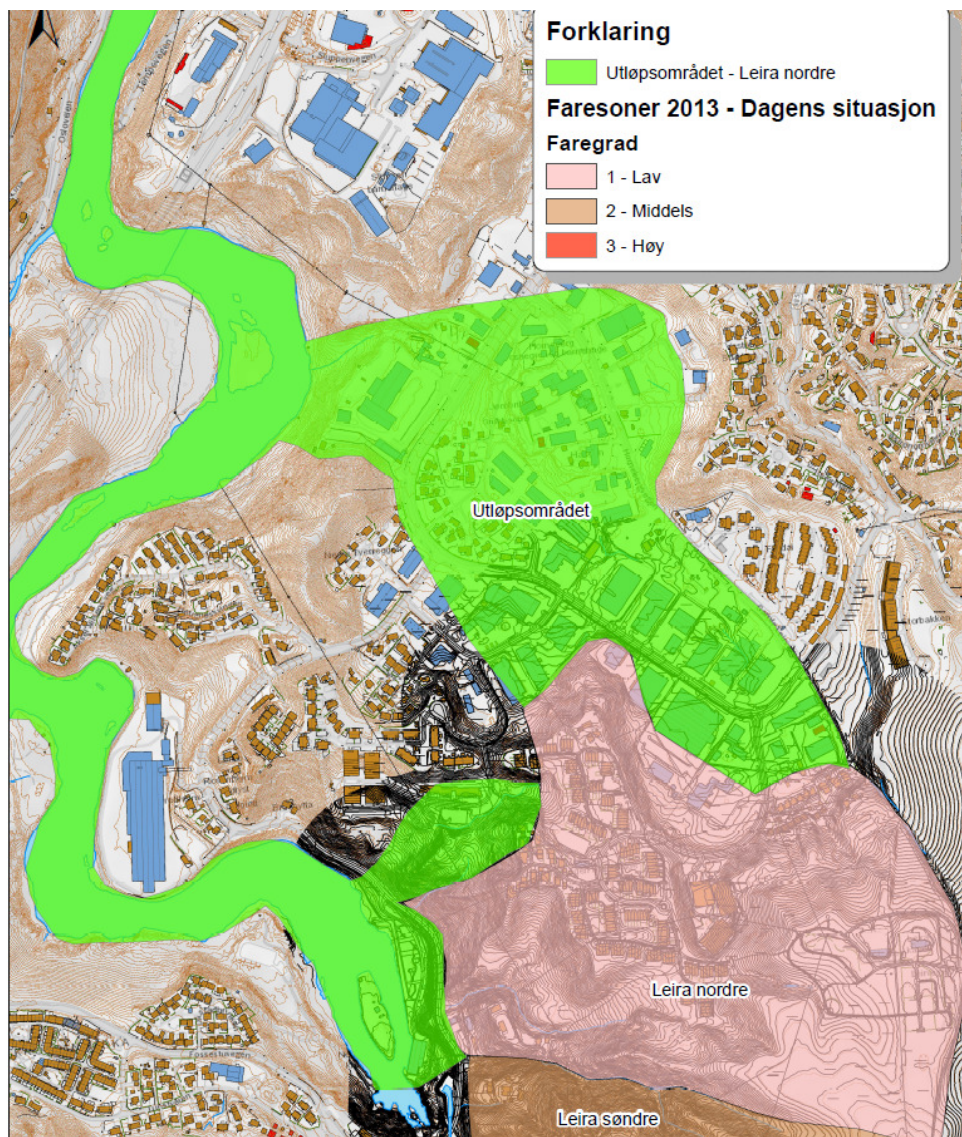
Multiconsult utførte i 2020 en utredning av områdestabilitet, der hensikten var å dokumentere tilfredsstillende sikkerhet mot kvikkleireskred i forbindelse med fremtidig omregulering av Leirfossvegen 71 fra næring til boligformål /36/. Utredningen var begrenset til å gjelde eksisterende situasjon. Rapporten konkluderte med at planlagt tiltak har tilfredsstillende sikkerhet mot kvikkleireskred i dagens situasjon, uten at det er behov for ytterligere sikringstiltak. Utredningen er kvalitetssikret og godkjent av uavhengig geoteknisk foretak /4/. Utredning og kvalitetssikring er utført iht. NVEs veileder 7-2014.

En ny versjon av kvikkleireveilederen kom etter at rapporten var ferdigstilt, og NVE veileder 1/2019 /1/ er gjeldende for dagens områdestabilitetsvurdering.

Utredningen som er gjort i 2020 gjelder eksisterende situasjon, og ny områdestabilitetsvurdering må i tillegg ta høyde for nye utbyggingsplaner. Sikkerhetskrav etter NVE veileder 1/2019 /1/ gjelder for alle faser av utbyggingen.

Foreliggende utredning bygger i stor del på konklusjoner/vurderinger fra 2020. Foreliggende rapport må derfor leses i sammenheng med tidligere utredningsrapport /36/.

Videre har NGI gjort en utredning av områdestabilitet av kvikkleiresone 199 Leira nordre /19/. Multiconsult utførte uavhengig kvalitetssikring av utredningen /20/. I forbindelse med utredningen er det gjort en avgrensning av utløpsområdet fra Leira nordre, Figur 4-5.



Figur 4-5 Utløpsområdet fra Leira nordre. Utsnitt av tegning nr. 041C (NGI rapport 20120099-03-R_rev01, datert 19-06-2015)

4.5 Grunnforhold

Berg er ved bergkontrollboring påtruffet ved ca. 24,0 meter dybde under terreng i borpunkt MC1-5. Berg er videre påtruffet ved ca. 59,0 meter dybde under terreng og boret ca. 1 meter i berg i borpunkt MC1-4. Denne sonderingen kan ikke defineres som en bergkontrollboring. I nåværende supplerende grunnundersøkelser i 2022 er berg påtruffet ved ca. 22,6 meter dybde under terreng i borpunkt 2 og 24,3 meter dybde under terreng i borpunkt 5.

I de resterende totalsonderingene ble det registrert løsmasser i hele bordybden i dybder mellom 35 og 60 meter under terreng, og berg ble følgelig ikke påvist.

Bergoverflatens forløp mellom borpunktene vil kunne være variabel, og det kan finnes lokale forhøyninger eller forsenkninger i bergoverflaten som ikke er fanget opp av utførte undersøkelser.

Utførte sonderinger og prøvetaking viser at løsmassene i hovedsak består av leire generelt i hele bordybden, med innslag av tynne siltlag.

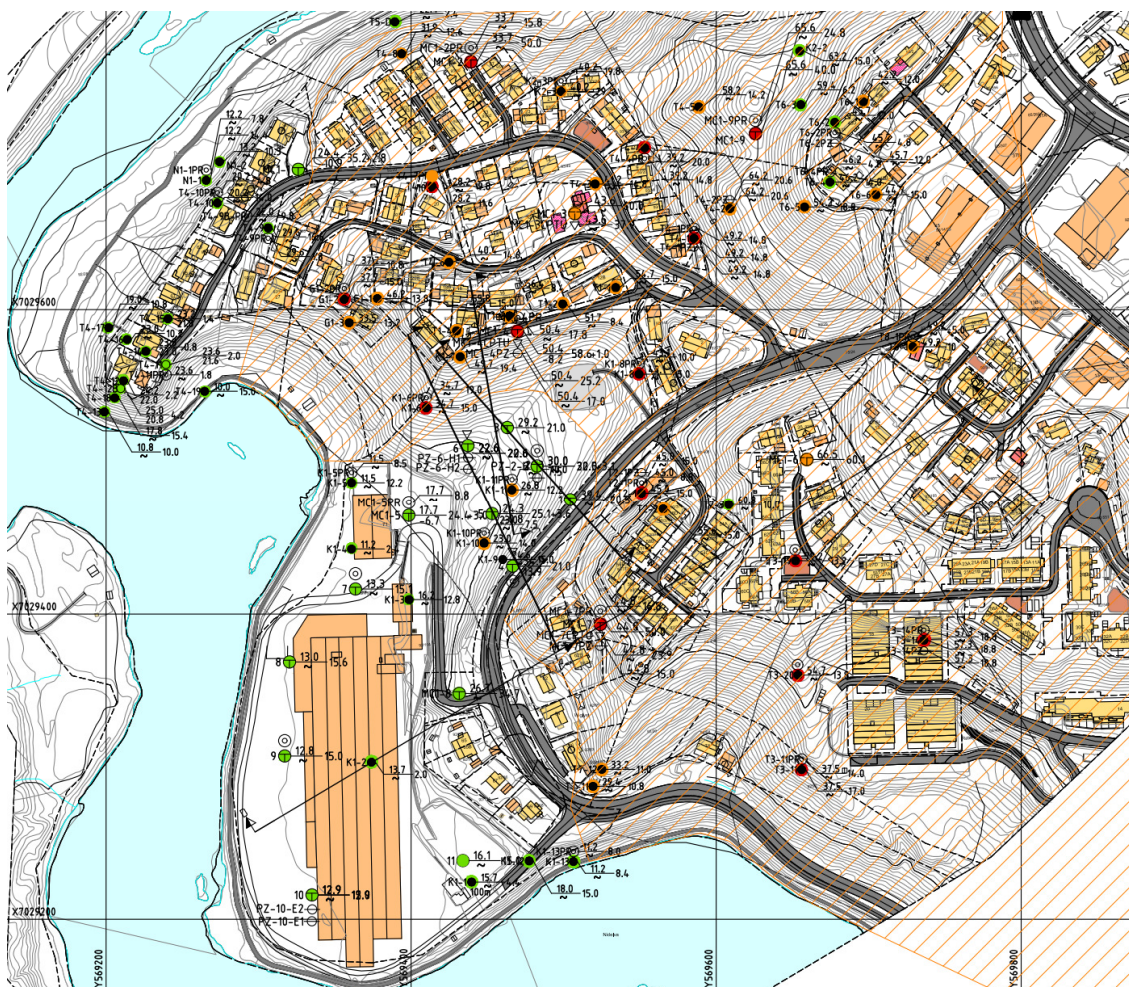
Basert på resultatene fra analyser og forsøk i laboratoriet, kan leira karakteriseres som middels fast til meget fast, fra lite til meget sensitiv og fra lite til middels plastisk.

Dybder til påvist kvikkleire (Multiconsult rapport 10213062-RIG-RAP-001 /34/):

- Borpunkt 2: 15 meter under terreng
- Borpunkt 4: 17 meter under terreng
- Borpunkt 7: 8 og 12 meter under terreng
- Borpunkt 9: 24 meter under terreng

Disse punktene ligger innenfor den kartlagte kvikkleiresonen 197 Tverreggen. Videre er det flere prøver som viser omrørt skjærfasthet under 1,27 kPa og sensitivitet over 15 og som kan dermed karakteriseres som sprøbruddmateriale. Tolkning av borpunkter er vist i Tegning 10247156-RIG-TEG-004. Et utsnitt av tegningen er vist i Figur 4-6.

For en mer detaljert oversikt over grunnforholdene på tomte vises det til geotekniske datarapporter som er listet opp i kapittel 3.



Figur 4-6 Borplan med relevante grunnundersøkelser, tolkning av borpunkter, og utbredelse av kvikkleire/sprøbruddleire

4.6 Grunnvannstand/poretrykk

Ved supplerende grunnundersøkelser i 2022 er poretrykk i grunnen målt i 3 punkter på tomta (BP. 2, 6 og 10). Piezometerne er installert henholdsvis 7 meter og 10 meter under terreng i borpunkt 6 samt 5 meter og 10 meter under terreng i borpunkt 10.

Ved borpunkt 6 er det installert 2 stk. hydrauliske piezometere i dybder 7 og 10 meter som indikerer at grunnvannstand ligger ca. 2-3 meter under terreng. Ved borpunkt 10 er det installert elektriske piezometere 5 m og 9 m under terreng som indikerer at grunnvannstand ligger 0,7-1,8 meter under terreng. I borpunkt 2 indikerer hydraulisk piezometer at grunnvannstand ligger 3,6 meter under terreng.

Måleresultatene ved borpunkt 6 og 10 indikerer en omtrentlig hydrostatisk poretrykksfordeling med dybden.

I tidligere grunnundersøkelse var det utført poretrykksmålinger i to dybder med hydraulisk piezometer i borpunkt MC1-4 og borpunkt MC1-7. Piezometerne er installert henholdsvis 10 meter og 17 meter under terreng i borpunkt MC1-4 samt 9 meter og 15 meter under terreng i borpunkt MC1-7.

Utførte avlesninger som er foretatt i forbindelse med utredningen som var utført i 2020 /36/, etter en periode med mye nedbør, viser at poretrykket i området er tilnærmet uendret. Det er dermed ikke årstidsvariasjoner som må hensyntas i forbindelse med stabilitetsberegningene og grunnvannsforhold/poretrykksforhold som er benyttet i beregningene er representative.

4.7 Utbredelse av kvikkleire/sprøbruddmateriale

Det henvises til rapport 10213062-RIG-RAP-002 /36/. Nylig utførte grunnundersøkelser viser imidlertid at det ikke er indikert/påvist sprøbruddmateriale i ravinedalen der ny boligbebyggelse er planlagt, se tegning 10247156-RIG-TEG-004, og Figur 4-6.

4.8 Erosjonsforhold

Det henvises til rapport 10213062-RIG-RAP-002 /36/. Det er ikke registrert aktiv erosjon i området.

5 Avgrensning og klassifisering av løsne- og utløpsområder

For avgrensning og klassifisering av løsne- og utløpsområdet som er relevante for tiltaksområdet henvises til rapport nr. 10213062-RIG-RAP-002_rev01 /36/. Metoden som er benyttet til avgrensning og klassifisering er iht. NVE veileder 1/2019 /1/. Løsneområder C og D er relevante i forbindelse med utredning av områdestabilitet for Leirfossvegen 71.

6 Sikkerhetskrav for planlagt tiltak

Reguleringsplanen for tiltaket Leirfossvegen 71 er underlagt krav i lover og forskrifter:

- Plan- og bygningsloven (PBL)
- Byggteknisk forskrift (TEK17)

Plan- og bygningsloven §21-8, stiller krav til at «grunn kan bare bebygges, eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold».

Byggteknisk forskrift §7-1 sier at «Byggverk skal plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger». Videre sier §7-1 at «Tiltak skal prosjekteres og utføres slik at byggverk, byggegrunn og tilstøtende terreng ikke utsettes for fare for skade eller vesentlig ulempe som følge av tiltaket».

Byggteknisk forskrift §7-3 sier at «Byggverk hvor konsekvensen av skred, herunder sekundærvikninger av skred, er særlig stor, skal ikke plasseres i skredfarlig område». Videre sier §7-3 at «For byggverk i skredfareområde skal det fastsettes sikkerhetsklasse for skred [...]. Byggverk og tilhørende uteareal skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot skred, herunder sekundærvikninger av skred, slik at største nominelle sannsynlighet [...] ikke overskrides».

For kvikkleireskred sier §7-3 at krav til sikkerhet bestemmes ut ifra tiltakskategori gitt etter NVEs retningslinjer 2/2011 «Flaum og skredfare i arealplanar» /5/med tilhørende veileder 1/2019 «Sikkerhet mot kvikkleireskred», /1/.

6.1 Klassifisering av tiltaket og faresonen

Foreslått tiltak plasseres i tiltakskategori K4 iht. NVEs veileder 1/2019 /1/. Eksisterende kvikkleiresone 197 «Tverregen» er klassifisert med middels faregrad. De 2 nye faresonene som er relevante for tiltaksområdet Leirfossvegen 71 og som er identifisert og avgrenset i rapport 10213062-RIG-RAP-002 /36/ er faregrads- konsekvens- og risikoklasseevaluert i /36/. Det er kontrollert at siste versjon av NGIs rapport nr. 20001008-02-TN, dvs. rev 4 /44/, som er lagt til grunn for evaluering av faregrad-, konsekvens- og risikoklasse ikke medfører noen endring av klassifiseringen som er gjort i /36/. Begge faresoner er klassifisert med lav faregrad. Lav faregrad legges dermed videre til grunn i forbindelse med utredningen.

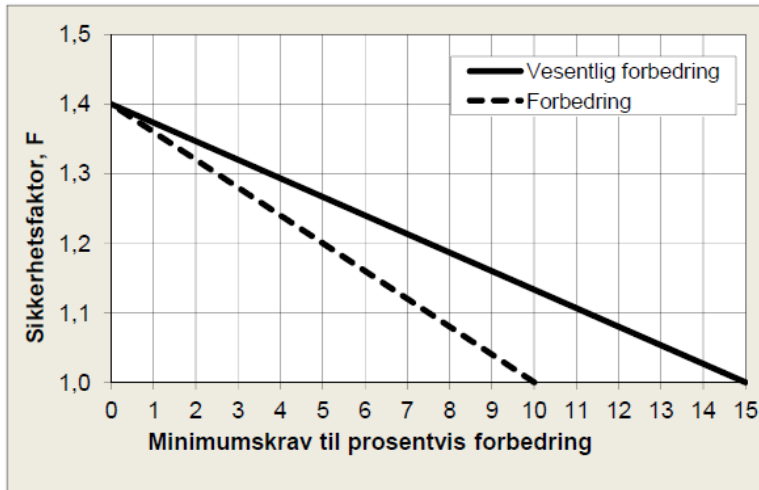
6.2 Krav til sikkerhet

For tiltak i tiltakskategori K4 stiller NVEs veileder 1/2019 /1/ følgende krav til områdestabilitet:

- a) Hvis tiltaket forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$, hvor f_s er sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene
- b) For tiltak som ikke forverrer stabiliteten er kravet til sikkerhet $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$. Ved lavere sikkerhet må F_{cu} og $F_{c\phi}$ økes prosentvis iht. Tabell 6-1 og Figur 6-1.
- c) For skråninger i faresonen som ligger utenfor influensområdet til tiltaket, gjelder krav til sikkerhet $F_{c\phi} \geq 1,25$, samt krav til robusthet $F_{cu} \geq 1,20$. Ved lavere sikkerhet og/eller robusthet skal $F_{c\phi}$ og F_{cu} økes prosentvis iht. Tabell 6-1 og Figur 6-1.

Tabell 6-1 Krav til forbedring av sikkerhetsfaktor. Fra NVE veileder 1/2019.

Tiltakskategori	Lav faregrad	Middels faregrad	Høy faregrad
K3	Ikke forverring	Forbedring	
K4	Forbedring		Vesentlig forbedring



Figur 6-1 Krav til prosentvis forbedring i henhold til opprinnelig sikkerhetsfaktor. Fra NVE veileder 1/2019.

6.3 Kvalitetssikring av utredningen

Utredning av områdestabilitet for tiltak i tiltakskategori K4 medfører krav om uavhengig kvalitetssikring. Kontrollen er gjennomført av et uavhengig foretak og i henhold til NVE veileder 1/2019 /1/.

7 Grunnlag for stabilitetsberegninger

7.1 Generelt

Stabilitet beregnes i dagens tilstand og anleggsperiode dersom det viser seg å være kritisk, med både total- og effektivspenningsparametere.

Beregninger er utført med beregningsprogrammet «GeoSuite Stability» versjon 22.0.3.0, med beregningsmetode Beast 2003. Beregningsmetoden er basert på grenselikevektmetode, og anvender en versjon av lamellmetoden som tilfredsstiller både kraft- og momentlikevekt. Programmet søker selv etter kritisk sirkulærsylindrisk glideflate for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også mulig å definere egne glideflater i programmet når man utfører beregninger for sammensatte glideflater.

7.2 Beregningsprofiler

Det er valgt å beregne stabiliteten i 4 profiler, 3 profiler ved ravedalen som vurderes som kritiske med hensyn til stabilitet, og tidligere profil D, slik at beregningen oppdateres til å tilfredsstille siste versjon av kvikkleireveilederen. Plassering av profilene er vist i tegning nr. 10247156-RIG-TEG-002.

Profilene er generelt valgt ut fra en helhetlig vurdering av terreng- og grunnforhold. Profilene er plassert slik at de mest kritiske områdene som er berørt av potensielle skred er dekket.

7.3 Lagdeling

Lagdeling er tolket ut fra resultatene av tilgjengelige tidligere utført grunnundersøkelser, samt de undersøkelsene utført i forbindelse med foreliggende oppdrag.

Lagdeling i beregningsprofiler er vist i tegninger nr. 10247156-RIG-TEG-700 t.o.m. -703.

Som utgangspunkt for modellering av grunnvannstand ble det benyttet målinger fra de installerte hydrauliske og elektriske piezometerne.

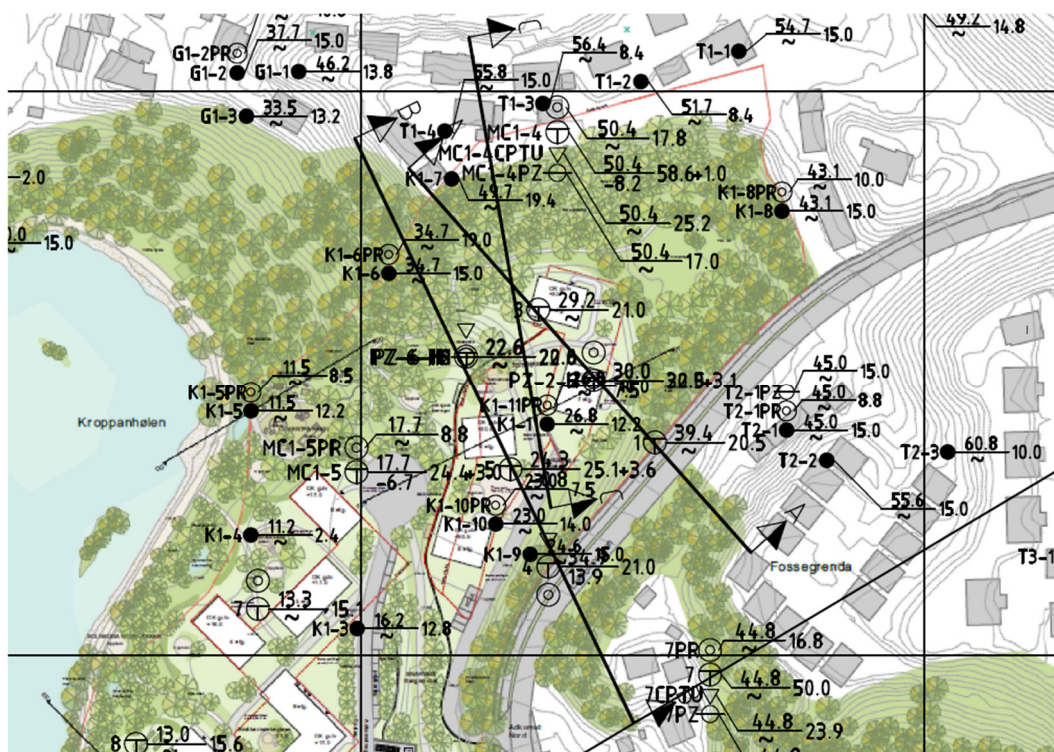
7.4 Materialparametere

Materialparametere er tolket på bakgrunn av nye og tidligere utførte grunnundersøkelser. Kvalitet på undersøkelsene, tolkning av felt- og laboratorieforsøk, ADP-forhold og kompatibilitetsprinsipp, osv. er omtalt i vedlegg A.

8 Stabilitetsberegninger og -vurderinger

8.1 Stabilitetsberegninger i dagens tilstand og anleggsfase og vurdering av sikringsbehov

Det er gjort stabilitetsberegninger i 4 profiler. De 4 terrengprofiler omfatter tidligere definert løснеområder C og D. Plassering av beregningsprofilene er vist på situasjonskart, tegning nr. 10247156-RIG-TEG-002. Plassering av profiler A, B og C mht. planlagt utbygging i ravinedalen er visst på Figur 8-1. Det er utført beregninger ved udrenert totalspenningsanalyse, ADP-analyse, og drenert effektivspenningsanalyse, a ϕ -analyse.



Figur 8-1 Plassering av profiler for stabilitetsberegninger mht. planlagt bebyggelse i ravinedalen som vises i /40/

Resultater fra stabilitetsberegninger er vist i tegninger nr. 10247156-RIG-TEG-800.1 t.o.m. 803.2.

Sikkerhetskrav etter NVE veileder 1/2019 er foreløpig vurdert som tilfredsstillt. Det vil være nødvendig med rekkefølgekrav i forbindelse med oppfyllingen, spesielt i ravinen, se avsnitt 8.3, samt oppfølging / måleprogram.

Oppsummering av resultatene er sammenstilt i Tabell 8-1.

Tabell 8-1 Beregnet sikkerhetsfaktor for kritisk bruddflate

Tegning	Stabilitetsprofil	Analyse	Sikkerhetsfaktor, γ_M , for kritisk bruddflate (Høyre skråning)	Sikkerhetsfaktor, γ_M , for kritisk bruddflate (Venstre skråning)
800.1	Profil A-A, dagens terreng	Totalspenningsanalyse	1,52	1,65
800.2	Profil A-A, dagens terreng	effektivspenningsanalyse	1,31	1,68
800.3	Profil A-A, anleggsfase	Totalspenningsanalyse	1,52	1,61
800.4	Profil A-A, anleggsfase	effektivspenningsanalyse	1,42	1,65
801.1	Profil B-B, dagens terreng	Totalspenningsanalyse	1,59	1,82 (1,77 gjennom ikke kvikkleire)

801.2	Profil B-B, dagens terreng	effektivspenningsanalyse	1,64	2,08
802.1	Profil C-C, dagens terreng	Totalspenningsanalyse	1,44	-
802.2	Profil C-C, dagens terreng	effektivspenningsanalyse	1,34	-
802.3	Profil C-C, anleggsfase	Totalspenningsanalyse	1,46	-
802.4	Profil C-C, anleggsfase	effektivspenningsanalyse	1,40	-
803.1	Profil D-D, dagens terreng	Totalspenningsanalyse	1,47	-
803.2	Profil D-D, dagens terreng	effektivspenningsanalyse	2,45	-

8.2 Stabilitetsvurderinger

8.2.1 Profil A-A

I dette profilet vil det graves ned til kote +28 for etablering av kjeller mens OK gulv første etasje planlegges på kote +32. Stabilitet i anleggsfase er vurdert for planlagt utgraving og det er dokumentert at stabiliteten ikke forverres for skråningen opp mot Haugnessvingen. Videre viser stabilitetsberegninger på profil A-A at sikkerhetskravet er tilfredsstilt på både totalspenningsbasis ($F > 1,4$) og effektivspenningsbasis ($F > 1,25$). For skråningen mot Leirfossvegen viser stabilitetsberegninger på planspenningstilstand en forverring av stabilitet til $F = 1,61$ som er akseptabel (sikkerhetskrav $F \geq 1,61$). En viktig forutsetning for begge skråninger er at det legges ut stabile motfyllinger i foten av skråningene som vist på profiltegningene i forkant av gravearbeidene, som vil motvirke den negative effekten som gravearbeidene vil ha.

8.2.2 Profil B-B

Fremtidig bebyggelse er planlagt over eksisterende terreng, og det forventes dermed ikke forverring av stabilitetssituasjonen. Beregningene viser at kravet til sikkerhetsfaktor er tilfredsstilt på både totalspenningsbasis ($F > 1,4$) og effektivspenningsbasis ($F > 1,25$) for profil B-B.

8.2.3 Profil C-C

I dette profilet vil det graves ned til kote +24,35 for etablering av kjeller mens OK gulv første etasje planlegges på kote +30,5. Stabilitet i anleggsfase er vurdert for planlagt utgraving og det er dokumentert at stabiliteten ikke forverres i anleggsperioden.

Videre viser stabilitetsberegninger på profil C-C at sikkerhetskravet er tilfredsstilt på både totalspenningsbasis ($F > 1,4$) og effektivspenningsbasis ($F > 1,25$). En viktig forutsetning er at det legges ut stabile motfyllinger i foten av skråningene som vist på profiltegningene i forkant av gravearbeidene, som vil motvirke den negative effekten som gravearbeidene vil ha.

8.2.4 Profil D-D

Tiltaket Leirfossvegen 71 ligger i utløpsområdet for skred i løsnemråde D. Planlagt utbygging medfører ikke forverring av områdestabilitet. Beregningene viser at kravet til sikkerhetsfaktor er tilfredsstilt på både totalspenningsbasis og effektivspenningsbasis ($F > 1,4$) for profil D-D. I forbindelse med regulering av tomta til boligformål er det dermed ikke behov for stabiliserende tiltak.

8.3 Rekkefølgekrav

Følgende rekkefølgekrav stilles og må legges til grunn i forbindelse med detaljprosjektering av tiltaket (se faseplan i Figur 8-2):

- Oppfylling ved elvesletta utføres først. Nødvendig masseutskifting utføres, og forbelastning etableres mens oppfylling pågår, se kap. 10. Det må påregnes en liggetid på ca. 6-12 måneder med oppfølging av setninger før forbelastningen kan fjernes og bygging igangsettes.
- Etablering av felles parkeringskjeller og bygging av boligblokker ved elvesletta, med etterfølgende tilbakefylling inntil konstruksjoner. Det bemerkes at denne utbyggingen ved elvesletta kan utsettes til senere fase.
- Etablering av stabile motfyllinger og fyllinger utenfor kjellerareal i ravinedalen. Det bemerkes at etablering av fyllinger må av stabilitetshensyn starte ved elvesletta og fortsette oppover i ravinen. Nødvendig forbelastning etableres mens oppfylling pågår. Det må påregnes en liggetid på ca. 6-12 måneder med oppfølging av setninger før forbelastningen kan fjernes og bygging igangsettes.
- Utgraving for parkeringskjeller i ravinedalen.
- Etablering av bebyggelse i ravinedalen, med etterfølgende tilbakefylling inntil konstruksjoner.



Fase 1 – Oppfylling ved elvesletta



Fase 2 – Etablering av felles parkeringskjeller og bygging av boligblokker ved elvesletta



Fase 3 – Etablering av motfyllinger og fyllinger utenfor kjellerareal i ravinedalen



Fase 4 – Utgraving for parkeringskjeller i ravinedalen



Fase 5 – Etablering av bebyggelse i ravinedalen

Figur 8-2 Faseplan i forbindelse med etablering av planlagt bebyggelse

8.4 Lokalstabilitet

Det er utført beregninger som viser at det er tilstrekkelig stabilitet for motfyllingene som skal etableres i anleggsperioden. Det er stilt krav til partialfaktor $\gamma_M=1,4$ og $\gamma_M=1,25$ for udrenerte og drenerte analyser henholdsvis iht. Eurokode 7-1.

9 Sikkerhet mot flodbølge

9.1 Aktuelle scenarioer

Planområde Leirfossvegen 71 blir ikke direkte påvirket av en eventuell skredhendelse i andre kvikkleiresoner i området, men det er to følgehendelser som kan påvirke tomta:

1. Flodbølge fra skredhendelsen
2. Flodbølge og eventuelle skredmasser fra dambrudd gjennom rasmassene

Kvikkleiresone «198 Nordsletten», «199 Leira nordre» og «2164 Leira søndre» kan ved en eventuell skredhendelse skape flodbølger som igjen kan skade Leirfossvegen 71.

En flodbølge som følge av dambrudd gjennom rasmassene kan bli voldsom. Det er også mulig at det kan følge med gjenstander som rester av bygninger, trær og biler i massene

Bebyggelsen ved elvesletta i Leirfossvegen 71 vil etableres på ca. kote +13, dvs. ca. 3 m over vannstanden i Nidelva og vurderes derfor som ikke spesielt utsatt for en flodbølgesituasjon. Program for økt sikkerhet mot leirskred /6/ fremhever at bebyggelse på kritiske områder nedstrøms er en sentral forutsetning for at en flodbølge skal kunne utgjøre en fare.

For å tilfredsstille TEK 17 §7-3 vurderes det at regulering av Leirfossvegen 71 må hensynta en flodbølgesituasjon tilsvarende som utløpsområder fra kvikkleireskred behandles i dag. Dvs. at det skal ikke være fare for at hendelsen «kan utgjøre fare for vesentlig skade på byggverk og/eller fare for menneskeliv» (NVE veileder nr. 1/2019 /1/).

9.2 Sannsynlighetsvurdering av skredsituasjon

Det er i hovedsak to årsaker til kvikkleireskred: erosjon og menneskelig aktivitet. Det er krevende å vurdere sannsynligheten på en engangshendelse som et kvikkleireskred. I DSBs rapport «Nasjonalt risikobilde 2013» (Direktorat for samfunnssikkerhet og beredskap, 2013) er det gjort et anslag ved å anta at et skred av denne størrelsesorden inntreffer ila. en periode på 2000 til 3000 år. Årlig sannsynlighet er da 0,04% per år og klassifiseres som «lav sannsynlighet». Videre vurderes sannsynligheten for skred i kvikkleiresone «198 Nordsletten», «199 Leira nordre» og «2164 Leira søndre» å være lavere enn i en gjennomsnittlig kvikkleireforekomst pga. sikringstiltak mot erosjon i Nidelva og god kontroll på byggetiltak innenfor sonene. Det er også dokumentert at tidligere utført nedplanering i kvikkleiresone Leira Nordre har ført til tilstrekkelig forbedring av områdestabilitet for skred med utløp mot Nidelva /19/. Videre må det en serie uheldige omstendigheter til for at en situasjon med en større flodbølge skal kunne inntreffe.

En slik vurdering av sannsynlighet er ikke fullt ut gyldig i og med at kvikkleireskred ikke er en gjentakende hendelse som kan karakteriseres ved årlig nominell sannsynlighet, men det gir en indikasjon på at et skred og en påfølgende katastrofal flodbølgesituasjon kan anses som et scenario med lav sannsynlighet.

9.3 Designprinsipp

Et kvikkleireskred i kvikkleiresonene «198 Nordsletten», «199 Leira nordre» og «2164 Leira søndre», vil ha utløp mot Nidelva, og rasmassene vil ha potensiale til å demme opp Nidelva slik at det kan oppstå en flodbølgesituasjon som følge av et dambrudd gjennom rasmassene. Bebyggelsen ved elvesletta i Leirfossvegen 71 vil etableres på ca. kote +13, dvs. ca. 3 m over vannstanden i Nidelva og vurderes derfor som ikke spesielt utsatt for en flodbølgesituasjon. Scenarioet må imidlertid hensyntas for å tilfredsstille TEK17, kapittel 7.

TEK17 §7-3, veiledning til annet ledd spesifiserer at sikkerhetskrav kan oppnås ved å plassere byggverk utenfor skredfarlig område, ved sikringstiltak som reduserer sannsynligheten for en hendelse eller ved å dimensjonere og konstruere byggverket slik at det tåler belastningene et skred kan medføre.

Fysiske sikringstiltak mot sekundære virkninger av skred vurderes som lite hensiktsmessig. Stabilisering av løsneområdene vil involvere nedplanering, fyllinger og/eller grunnforsterkning. På grunn av tett bebyggelse vil ingen av disse være gjennomførbare uten betydelige inngrep i et stort antall eiendommer (flytting av hus etc.). Ledevoller for skredmasser, eller andre forbygninger mot flodbølger i Nidelva, vurderes også som lite hensiktsmessig av estetiske grunner samt forhold knyttet til vannstrømning og akvatisk økologi.

Dimensjonering av byggverk til å tåle belastningen fra en flodbølgesituasjon gjenstår som eneste alternativ. TEK17 §7-3, veiledning til annet ledd spesifiserer da at: «Bygninger kan dimensjoneres til å tåle krefter fra skred dersom skredlastene ikke er for store. Maksimal skredlast bør ikke være større enn anslagsvis 50 kPa.»

For håndtering av områdestabilitet, og dermed tilfredsstille TEK17 kapittel 7, anbefales det for bebyggelsen ved elvesletta i Leirfossvegen 71 et designprinsipp basert på følgende:

- Bebyggelsen må motstå en flodbølge, både som følge av at skredmassene flommer ut i Nidelva, og for en situasjon med dambrudd gjennom rasmassene. Det skal ikke være fare for at hendelsen kan utgjøre fare for vesentlig skade på byggverk og/eller fare for menneskeliv.

10 Fundamenteringskonsept

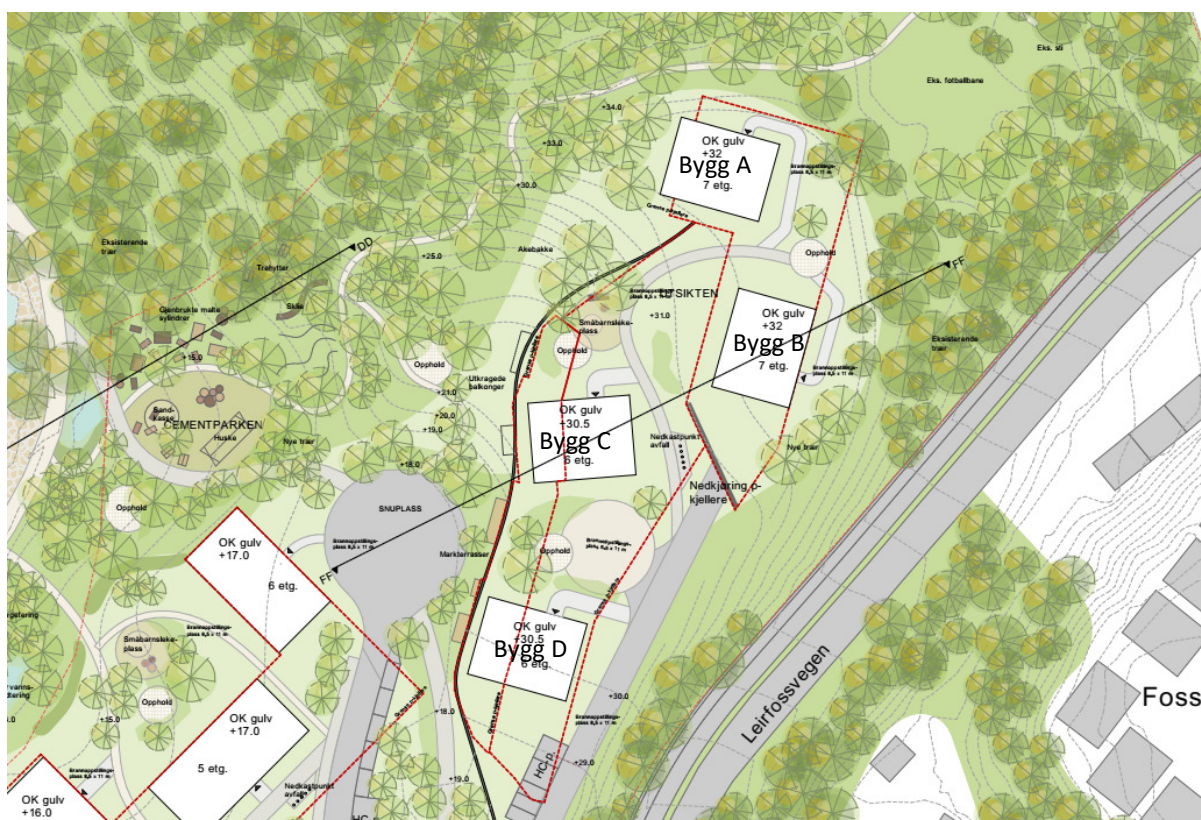
Fundamentering av planlagt utbygging anses gjennomførbart med tradisjonelle fundamenteringsløsninger som direktefundamentering eller pelefundamentering.

Valg av fundamenteringsløsning av nybygg i planområdet må vurderes ut fra aktuelle laster og konstruksjonenes setningsømfintlighet, samt planlagt kjellerareal. Både direktefundamentering på banketter og fundamentering på peler vil være aktuelle løsninger for fundamentering av ny bebyggelse, avhengig av belastningen disse utgjør og lokale grunnforhold.

Borede stålrørspeler tilrås benyttet i prosjektet for å unngå poretrykkoppbygging og følgelig stabilitetsforverring fra peleramming i anleggsperioden, samt sikre trygg overføring av laster til berg.

10.1 Utsikten og Terrasse N

Det er tidligere foretatt oppfylling i ravinen med løsmasser av ukjent/dårlig kvalitet i stedvis stor mektighet, noe som også er verifisert i nylig utførte grunnundersøkelser. Det tilrås derfor at planlagte boligblokker ved Utsikten og Terrassen N fundamenteres på spissbærende peler til berg. Det kan imidlertid ikke utelukkes at bygg A skal kunne fundamenteres direkte på delvis original fast leire, delvis på kvalitetsfylling av sprengstein/pukk som etableres i forbindelse med ev. nødvendig masseutskifting, men dette er noe som må bekreftes ved supplerende grunnundersøkelser i byggesaken. Se Figur 10-1.



Figur 10-1 Planlagt bebyggelse ved Utsikten og Terrasse N. Utsnitt fra illustrasjonsplan utarbeidet av PKA/Agraff Arkitektur AS

Planlagt parkeringskjeller tilrås fundamentert direkte på eksisterende fyllmasser. For å redusere setningsrisiko tilrås forbelastning av fyllmassene før byggingen starter, i kombinasjon med stiv fundamenteringsmetode. Det må påregnes noe ventetid fra forbelastningen er etablert til den blir fjernet.

10.2 Elvesletta og Ryggraden

På Elvesletta er det i forbindelse med nye og tidligere utførte grunnundersøkelser hovedsakelig påtruffet et topplag bestående av fyllmasser med en mektighet på opptil 4 m, over original fast leire. Det vurderes foreløpig at de fleste planlagte boligblokkene kan fundamenteres direkte på kvalitetsfylling av sprengstein/pukk. For de høyeste boligblokkene som ligger øst på området, i Ryggraden, vurderes pelefundamentering foreløpig som aktuell fundamenteringsmetode.

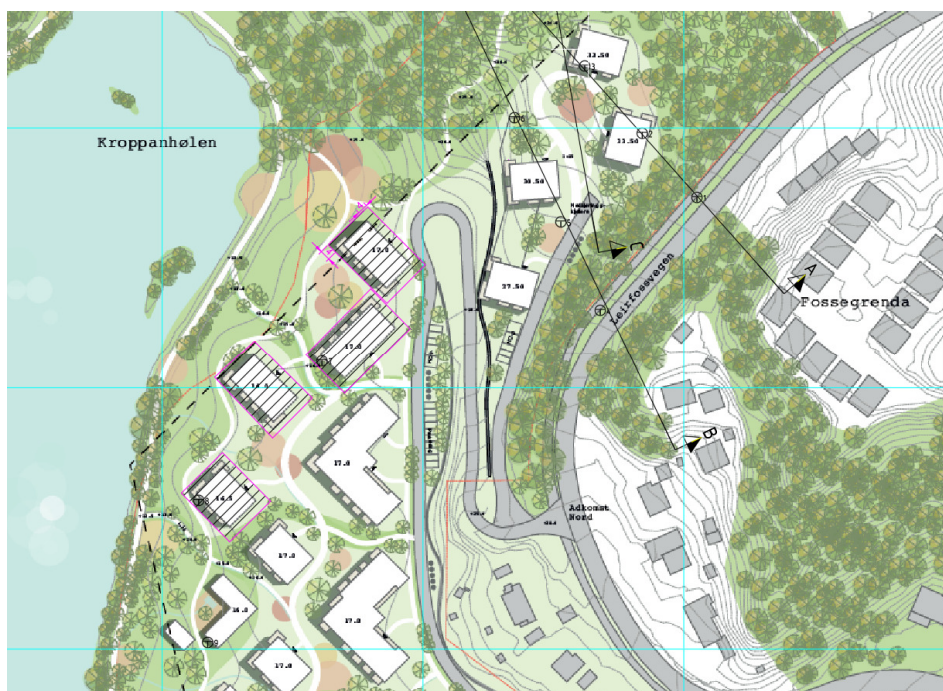


Figur 10-2 Planlagt bebyggelse ved Elvesletta og Ryggraden. Utsnitt fra illustrasjonsplan utarbeidet av PKA/Agraff Arkitektur AS

Overkant planlagt gulv første etasje for boligblokker uten kjeller er ca. +16/+17, og dette betyr at disse skal fundamenteres direkte på en inntil 3-4 m høy fylling bestående av sprengstein. Overkant planlagt kjellergul er kote +13, ca. i nivå med dagens terreng.

For de fire boligblokkene som planlegges nord på området (A, B, C, E) må det påregnes behov for masseutskifting av fyllmasser til inntil ca. 4 m dybde før oppfylling til fremtidig terrengnivå starter. Omfang masseutskifting vil variere fra lokasjon til lokasjon, da tidligere utført oppfylling/masseflytting, foretatt i forbindelse med bygging av fabrikken, er noe uoversiktlig. I praksis vil dette føre til at boligblokkene fundamenteres direkte på sprengsteinfylling med mektighet inntil 7 m.

Omtrentlig omfang av masseutskifting er vist i Figur 10-3. Volum av masseutskifting basert på arealet til bygg A, B C og E er beregnet til å være ca. 2,700 m³.



fundamenteringsmetode. Det må påregnes noe ventetid fra forbelastningen er etablert til den blir fjernet.

Tabell 10-1 Oversikt foreløpig vurdering av fundamenteringsmetode for planlagte boligblokker

Boligblokk	Direktefundamentering på original bæredyktig grunn / sprengsteinfylling som etableres i forbindelse med heving av terrenget	Direktefundamentering på sprengsteinfylling som etableres i forbindelse med nødvendig masseutskifting	Fundamentering på spissbærende peler til berg
A		X	
B		X	
C		X	
D			X
E		X	
F	X		
G			X
H	X		
I	X		
J	X		
K	X		
L			X
M	X		
N	X		
O	X		

11 Naboforhold

Reguleringsområdet ligger i nærheten av eksisterende bebyggelse (se Figur 11-1). Nord og øst for tomta ligger flere boliger. Vest og sørvest for planområdet renner Nidelva. Tomta grenser til Leirfossvegen i øst, se Figur 11-1. Hagnessvingen ligger nord for planlagt bebyggelse ved Terrasse N og Utsikten (som vises i Figur 2-1). Fabrikken som står på reguleringstomta, skal rives før ny bebyggelse etableres.



Figur 11-1 Kartlegging av naboforhold med omtrentlig tomtsgrense markert med rødt. Kilde: Trondheim kommuneskart

Ved bygg- og anleggsarbeid i urbane strøk er det alltid en risiko for å komme i konflikt med eksisterende infrastruktur og nabobygg. I tillegg til setninger på nabobygg/-konstruksjoner som oppstår i forbindelse med gravearbeider, vil både midlertidig og permanent senkning av grunnvannstanden også forårsake setninger. Risikoen for skader øker med økt utgravingsdybde og nærhet til nabobygg og -konstruksjoner. Eventuell undergraving av etablerte fundamenter vil også øke risikoen for skader på nabobygg.

Det er viktig at sikkerhetskrav som er stilt i NVE veileder 1/2019 er tilfredsstilt i alle faser av utbyggingen, siden det er registrert faresoner for kvikkleireskred i nærliggende områder.

Vibrasjoner og støy som forårsakes av pele- og anleggsarbeidene kan imidlertid være av betydning for bebyggelsen i området. Entreprenør skal sørge for at arbeidene skal utføres uten skadelige vibrasjoner. Grenseverdiene fastsettes iht. NS8141. Kommunens gjeldende støyforskrifter skal legges til grunn.

Skader som kan oppstå på nærliggende bygg på grunn av anleggsarbeidene er vanligvis riss og sprekker i gulv, vegger eller fundamenter. Entreprenøren bør i samråd med byggherre vurdere om det skal utføres tiltak i anleggsfasen for kontroll/reduksjon av risiko for rystelsesskader på utvalgte nabobygg, f.eks. bygningsbesiktigelse/tilstandsregistrering av nabobygg før byggestart (foto-/videodokumentasjon).

Det forutsettes at anleggsutstyr settes på egen tomt og at anleggstrafikk ikke berører naboeiendommer.

12 Konklusjon

I forbindelse med regulering av Leirfossvegen 71 er det behov for å dokumentere tilfredsstillende sikkerhet iht. NVE veileder 1/2019. Foreliggende rapport omhandler en utredning av område- og lokalstabilitet med utgangspunkt i planforslag utarbeidet av PKA/Agraff Arkitektur AS.

Planområde ligger i utløpsområde for kvikkleireskred i løsneområde C og løsneområde D. Det er utført stabilitetsberegninger som dokumenterer at tilfredsstillende sikkerhet er oppnådd for alle faser av utbyggingen. Det er imidlertid behov for sikringstiltak i anleggsperioden i form av motfyllinger. Motfyllingene er en del av den permanente oppfyllingen som vil utføres i ravedalen, ved Utsikten og Terrasse N. **Planlagte tiltak har dermed tilfredsstillende sikkerhet mot kvikkleireskred.**

Planlagte boligblokker ved Utsikten og Terrassen N tilrås fundamentert på spissbærende peler til berg. Det kan imidlertid ikke utelukkes at bygg A skal kunne fundamenteres direkte på delvis original fast leire, delvis på kvalitetsfylling av sprengstein/pukk som etableres i forbindelse med ev. nødvendig masseutskifting, men dette er noe som må bekreftes ved supplerende grunnundersøkelser i byggesaken.

På Elvesletta tilrås at de fleste planlagte boligblokkene fundamenteres direkte på kvalitetsfylling av sprengstein/pukk. Det vil videre være behov for masseutskifting av fyllmasser under noen av boligblokkene som skal direktefundamenteres. For de høyeste boligblokkene som ligger øst på området, i Ryggraden, vurderes pelefundamentering foreløpig som aktuell fundamenteringsmetode.

Parkeringskjelleren tilrås fundamentert direkte på eksisterende fyllmasser. For å redusere setningsrisiko tilrås forbelastning av fyllmassene før byggingen starter, i kombinasjon med stiv fundamenteringsmetode. Det må påregnes noe ventetid fra forbelastningen er etablert til den blir fjernet.

13 Videre arbeid

Foreliggende rapport omhandler vurdering av område- og lokalstabilitet, samt fundamenteringskonsept for planlagt bebyggelse.

Vurderingene i foreliggende rapport skal i henhold til anbefalingene i NVE veileder 7/2014 kvalitetssikres av uavhengig geoteknisk foretak før reguleringsplanen kan vedtas.

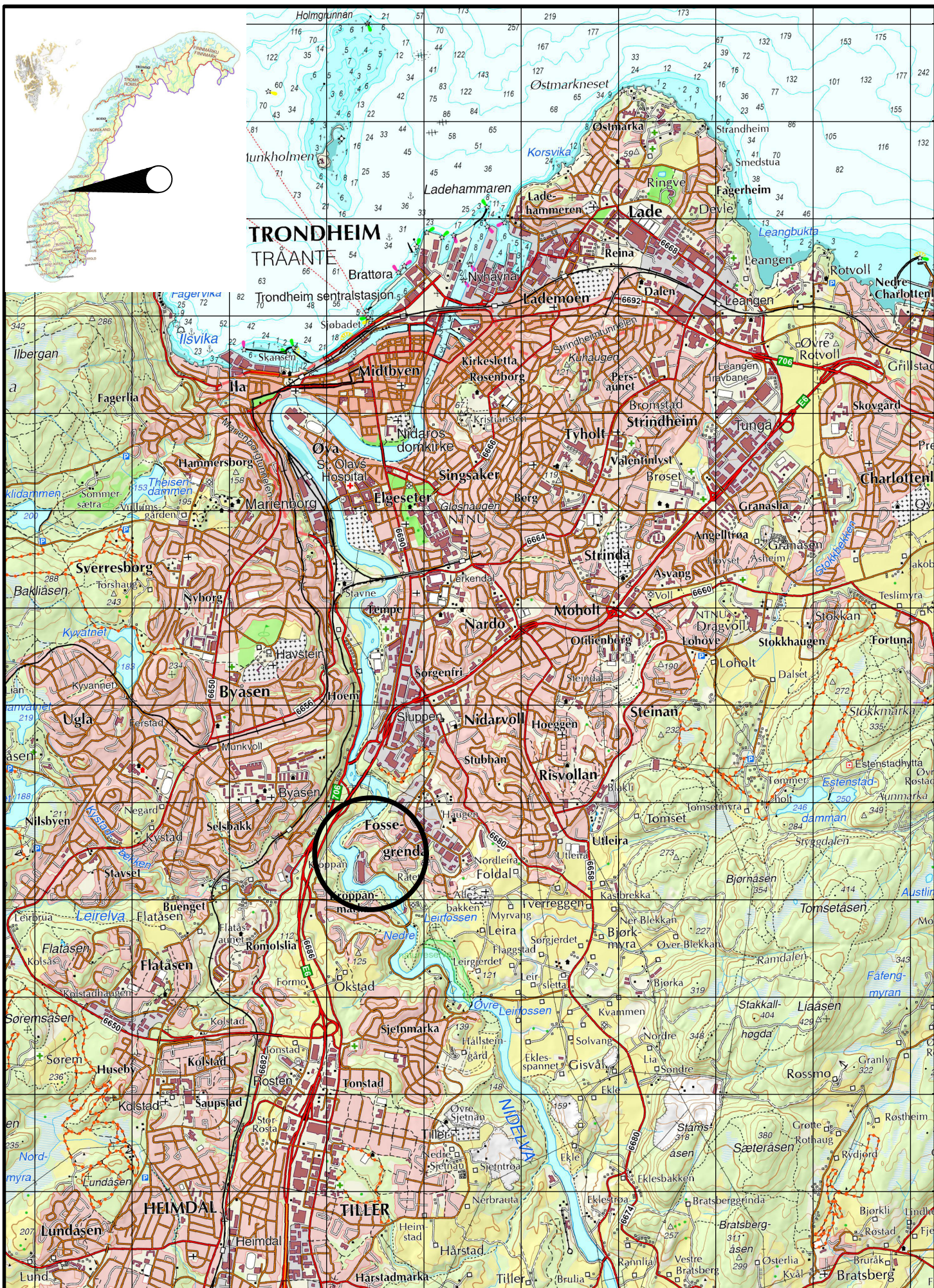
Videre arbeider i forbindelse med byggesaken omfatter:

- Supplerende grunnundersøkelser
- Utarbeidelse av geotekniske prosjekteringsforutsetninger
- Prosjektere oppfylling, forbelastning, etablering av byggegroper og sikringstiltak for anleggsperioden
- Prosjektere fundamentering i samråd med RIB
- Prosjektering av ev. oppstøttingstiltak
- Oppfølging av geotekniker i anleggsperioden

14 Referanser

- /1/ Verifikasjonsrapport 1350036779-01 nr. 01 rev.00, utført av Rambøll Norge AS, datert 15.06.2023
- /2/ Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE (2020). NVEs veileder nr. 1-2019, Sikkerhet mot kvikkleireskred, datert desember 2020
- /3/ Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE (2014). NVEs veileder nr. 7-2014, Sikkerhet mot kvikkleireskred, datert april 2014.
- /4/ 1350036779_Verifikasjonsrapport nr.01 rev.01 utført av Rambøll AS datert 24.04.2020 «Utført 3. partskontroll – utredning av områdestabilitet i kvikkleiresoner – Leirfossvegen 71»
- /5/ Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE (2011). «Retningslinjer 2/2011 Flaum og skredfare i arealplaner», revidert 22. mai 2014
- /6/ NGI (2001). «Program for økt sikkerhet mot leirskred - Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire». Rapport 20001008-2, Revisjon 3, datert 8. oktober 2008
- /7/ Direktoratet for byggkvalitet, Byggteknisk forskrift TEK17, 2017
- /8/ Statens vegvesen, SVV (2018). «Håndbok N200: Vegbygging», Vegdirektoratet
- /9/ NIFS rapport 14/2014, «En omforent anbefaling for bruk av anisotropiforhold i prosjektering i norske leirer», NVE, 30.01.2014.
- /10/ Standard Norge (2016). Eurokode 0 «Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner». NS-EN-1990:2002+NA:2016
- /11/ Standard Norge (2016). Eurokode 7 «Geoteknisk prosjektering. Del 1: Almenne regler». NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016
- /12/ Standard Norge (2008). Eurokode 7 «Geoteknisk prosjektering - del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver». NS-EN-1997-2:2007+NA2008
- /13/ Statens vegvesen, SVV (2014). «Håndbok V220: Geoteknikk i vegbygging», Vegdirektoratet
- /14/ Thakur V. et al. (2014) «En diskusjon om løsne- og utløpsområder for skred i sprøbruddmaterialer», artikkel Geoteknikkdagen 2014
- /15/ L'Heureux, J.S. (2012) "A study of the retrogressive landslide behavior and mobility of Norwegian quick clay landslides", Landslide and engineered slopes: protecting society through improved understanding. London: Taylor & Francis Group
- /16/ Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE (2013) «NIFS rapport 38/2013 Karakterisering av historiske kvikkleireskred og input parametere for Q-BING»
- /17/ Thakur, V. (2014) «Characterization of post-failure movements of landslides in soft sensitive clays», Landslides in Sensitive Clays – From Geosciences to Risk Management. Springer
- /18/ Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE (2013) «NIFS rapport 21/2013 Utstrekning av og utløpsdistanse for kvikkleireskred basert på katalog over skredhendelser i Norge»
- /19/ NGI (2015), rapport 20120099-03-R rev01 «Kvikkleiresoner Trondheim - Leira»
- /20/ Multiconsult (2015), notat 415444-RIG-NOT-005_rev01 «Utredning av kvikkleiresoner i Trondheim, Malvik og Stjørdal – 3. partskontroll – Tredjepartskontroll kvikkleiresone 199 Leira»
- /21/ 31003.01, utført av Geoteam i 1987 «Fradelingstomt Haugnessvingen 24»
- /22/ 00495, utført av Kummeneje «Lerøya»
- /23/ 00689, utført av Kummeneje i 1969 «Planeringsprosjekt Fossegrenda
- /24/ O.7043, utført av Kummeneje i 1988 «Adkomstveg Lerøya»
- /25/ 37433, utført av Noteby i 1988 «Elvely boligfelt»
- /26/ R.0195, utført av Trondheim kommune i 1970 «Fossegrenda – Elvely»
- /27/ R.0518, utført av Trondheim kommune i 1979 «Leireggen tomteområde»
- /28/ R.0556, utført av Trondheim kommune i 1981 «Disposisjonsplan Rate»
- /29/ R.0597, utført av Trondheim kommune i 1982 «Reguleringsplan Elvely»

- /30/ R.0608, utført av Trondheim kommune i 1982 «Avløpsledning Okstad - Fossegrenda»
- /31/ R.0608, utført av Trondheim kommune i 1982 «Reguleringsplan Tvereggen»
- /32/ R.0695, utført av Trondheim kommune i 1986 «Nedre Leirfoss, omlegging av veg»
- /33/ R.0695-5, utført av Trondheim kommune i 1991 «Leirfossvegen»
- /34/ 10213062-RIG-RAP-001_rev000, utført av Multiconsult AS i 2019 «Leirfossvegen 71 - datarapport»
- /35/ 10247156-RIG-RAP-001_rev000, utført av Multiconsult AS i 2022 «Leirfossvegen 71 - datarapport»
- /36/ 10213062-RIG-RAP-002_rev01, utført av Multiconsult AS i 2020 «Leirfossvegen 71 – vurdering av områdestabilitet»
- /37/ 10242872-RIG-NOT-001_rev00, utført av Multiconsult AS 2022, «Leirfossvegen 71 – Geoteknisk vurdering»
- /38/ 1350036779_Verifikasjonsrapport nr.01 rev.01 utført av Rambøll AS datert 24.04.2020 «Utført 3. partskontroll – utredning av områdestabilitet i kvikkleiresoner – Leirfossvegen 71»
- /39/ Planprogram – Leirfossvegen 71, utarbeidet av BHR1 og Trondheim kommune datert 24.11.2022.
- /40/ Illustrasjonsprosjektet – Leirfossvegen 71, utarbeidet av PKA og Agraff arkitektur datert 14.01.2022.
- /41/ Leirfossvegen 71, Foreløpig planbeskrivelse, utarbeidet av BHR1 datert 18.02.2022.
- /42/ Leirfossvegen 71 - L20-01 Illustrasjonsplan, utarbeidet av Per Knudsen Arkitektkontor AS / Agraff arkitektur datert 31.03.2023
- /43/ Leirfossvegen 71 - Parkeringskjeller, utarbeidet av Per Knudsen Arkitektkontor AS datert 13.04.2023
- /44/ NGI (2020). «Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred - Metodebeskrivelse». Rapport 20001008-02-TN, Revisjon 4, datert 27. november 2020



Multiconsult www.multiconsult.no	Leirfossvegen AS		Revisjon 00	Fag RIG	Original format A4	Dato 2023-01-19
	Leirfossvegen 71		Konstr./Tegnet YA	Kontrollert KONK	Godkjent KONK	Målestokk 1:50000
	Oversiktskart		Oppdragsnr.	10247156		Tegningsnr. RIG-TEG-000



TEGNFORKLARING:

● DREIESONDERING

○ ENKEL SONDERING

▼ RAMSONDERING

▽ TRYKKSONDERING

⊕ TOTALSONDERING

⊙ PRØVESERIE

□ PRØVEGROP

● DREI TRYKKSONDERING

⊠ SKRUPATEFORSØK

⊕ VINGEBORING

⊙ PORETRYKKMÅLING

⊙ KJERNEBORING

⊠ FJELLKONTROLLBORING

⊠ BERG I DAGEN

KARTGRUNNLAG:
KOORDINATSYSTEM:
HØYDEREFERANSE:

DIGITALT KART FRA XXX
EUREF89, sone XX
NN1954/NN2000/SJØKARTNULL

EKSEMPEL:
TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE
ANTATT BERGKOTE

BORET DYBDE + BORET I BERG

01	Borplan med stabilitetsprofiler og landskapsplan	2023-04-13	YA	KONK	KONK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult

www.multiconsult.no

Leirfossvegen

Leirfossvegen 71

Borplan med stabilitetsprofiler og landskapsplan

Status

Konstr./Tegnet

Dragsnr.

10247156

Fag

Kontrollert

Tegningsnr.

RIG-TEG-003

Originalt format

Godkjent

Dato

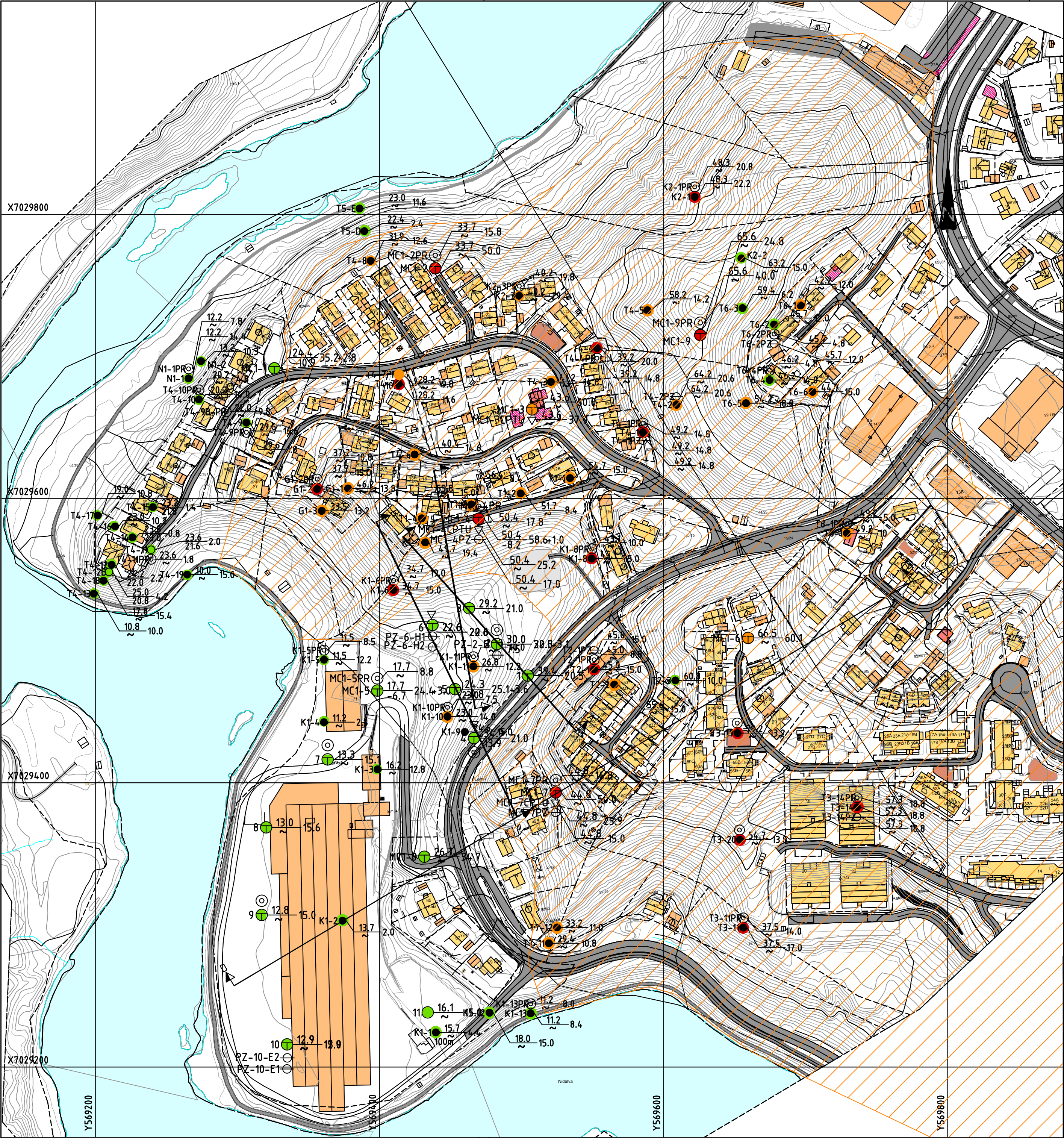
2023-04-13

Målestokk

1:2000

Rev.

01



TEGNFORKLARING:

- DRIESONDERING

○ ENKEL SONDERING

▼ RAMSONDERING

▽ TRYKSONDERING

⊕ TOTALSONDERING
- ⊙ PRØVESERIE

□ PRØVEGROP

◆ DREI TRYKSONDERING

⊠ SKRUPLATEFORSØK

+ VINGEBORING
- ⊖ PORETRYKKMÅLING

⊖ KJERNEBORING

★ FJELLKONTROLLBORING

⌘ BERG I DAGEN

KARTGRUNNLAG:

KOORDINATSYSTEM:

HØYDEREFERANSE:

UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT:

BORRBOK NR:

LAB.BOK NR:

Digitalt kart NN 2000

UTM Sone 32V

NN 2000

GPS GLONAS CPDS

Digital

EKSEMPEL

TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE

BP 1 ⊕ 43.0

14.8+2.4

BORET DYBDE + BORET I BERG

28.2

ANTATT BERGKOTE

- PÅVIST KVIKKLEIRE/SPRØBRUDDMATR.

● ANTATT KVIKKLEIRE/SPRØBRUDDMATR.

● IKKE ANTATT/PÅVIST KVIKKLEIRE/SPRØBRUDDMATR.

⌘

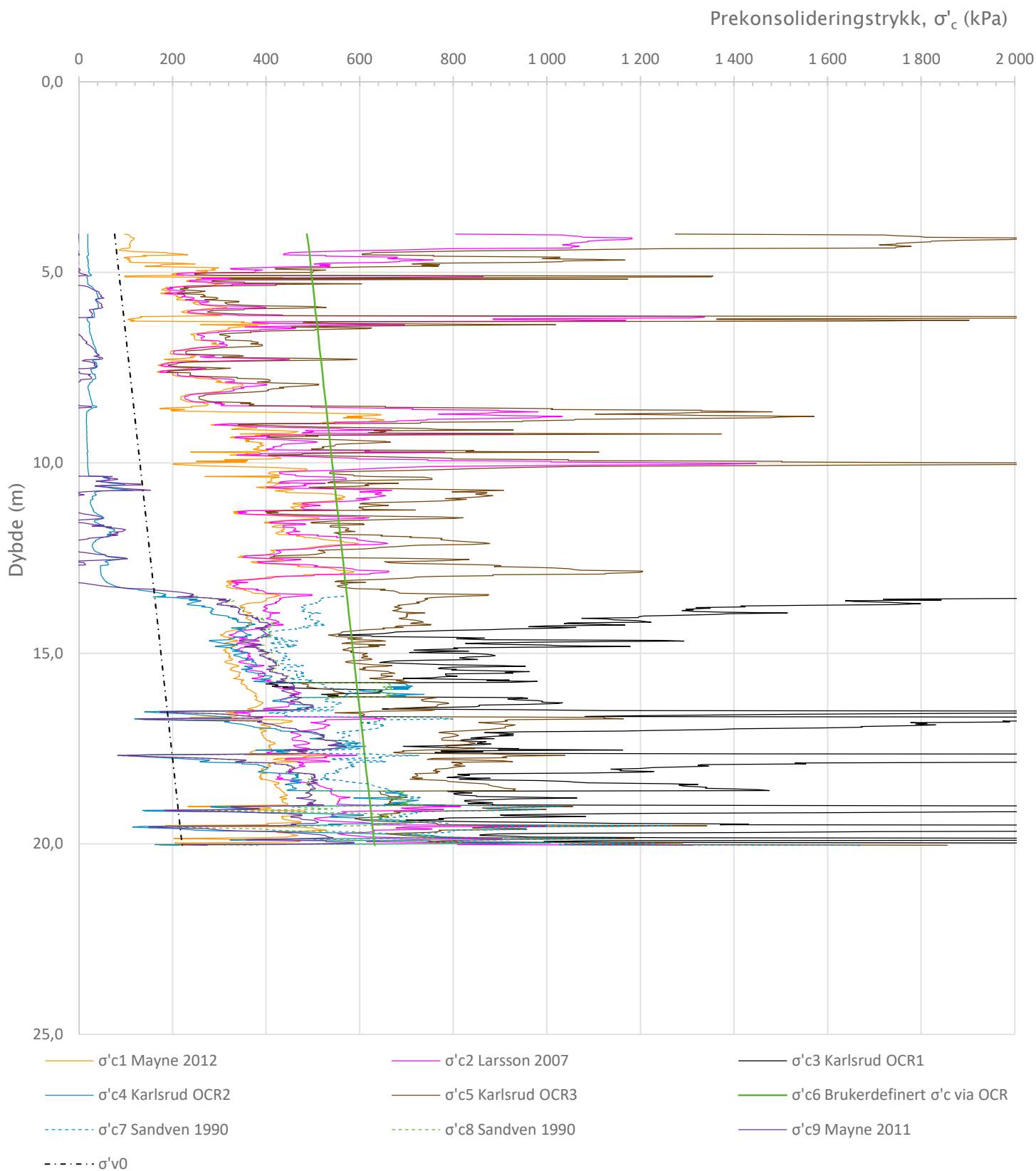
UTBREDELSE SPRØBRUDDMATERIALE/KVIKKLEIRE

TIDLIGERE BORINGER:

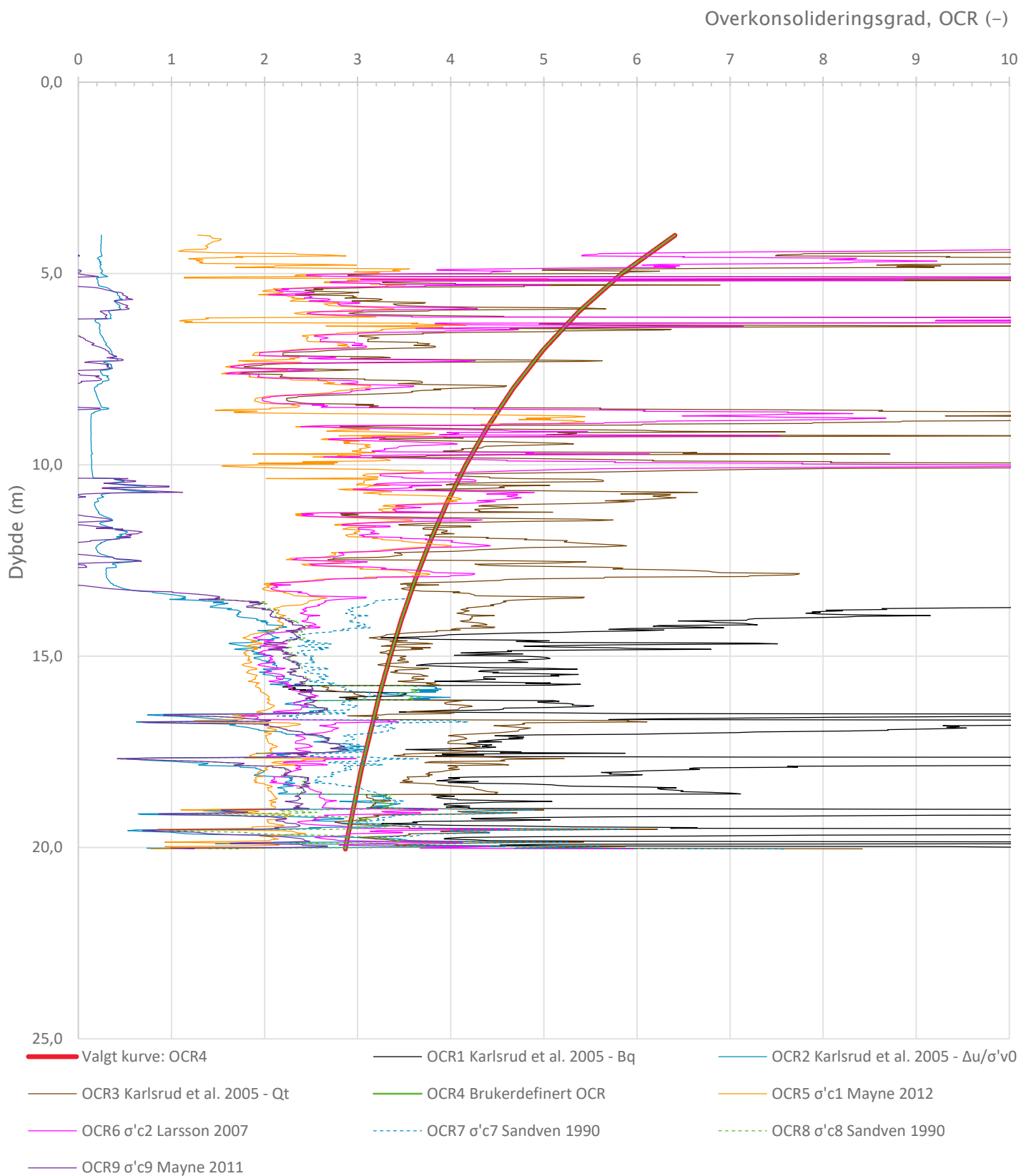
Tidligere boringer er angitt med indekser foran borhullsnr:

Referanse	Rapport nr.	Utførende	Oppdrag	År
G1-X	31003.01	Geotom	Fredelingsstomt Haugnessvingen 24	1987
K1-X	00495	Kummeneje	Lerøya	1988
K2-X	00689	Kummeneje	Planeringsprosjekt Fossegrenda	1989
N1-X	37433	Noteby	Elvelv boligfelt	1988
T1-X	R.0195	Trondheim kommune	Fossegrenda – Elvelv	1970
T2-X	R.0518	Trondheim kommune	Leirreggen tomteområde	1979
T3-X	R.0556	Trondheim kommune	Disposisjonsplan Rate	1981
T4-X	R.0597	Trondheim kommune	Reguleringsplan Elvelv	1982
T5-X	R.0604	Trondheim kommune	Avslutningsplan Økstad – Fossegrenda	1982
T6-X	R.0608	Trondheim kommune	Reguleringsplan Tvervegen	1982
T7-X	R.0695	Trondheim kommune	Nedre Leirfoss, omlegging av veg	1986
T8-X	R.0695-5	Trondheim kommune	Leirfossvegen	1991
MC1-X	10213062-RIG-RAP-001	Multiconsult AS	Leirfossvegen 71	2019

Rev.		Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
		Leirfossvegen AS		Fag	Format	
		Leirfossvegen 71		Geoteknikk	A2	
		Borplan med tolkninger av borpunkter		Dato	2023-02-01	
		Utbredelse av kvikkleire/sprøbruddmateriale		Format/Målestokk:	1:2000	
		Multiconsult	Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		www.multiconsult.no	1024.7156	YA	KONK	KONK
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	RIG-TEG-004		Rev.
						00



Prosjekt Leirfossvegen 71				Prosjektnummer: 10247156 Rapportnummer: 10247156-RIG-001		Borhull 4 Kote +34,9	
Innhold Prekonsolideringstrykk, σ'c						Sondennummer 4672	
Multiconsult	Utført YA		Kontrollert KONK		Godkjent KONK		Anvend.klasse 1
	Divisjon Utbygging		Dato sondering 18.10.2022		Revisjon 0		RIG-TEG- 500.5
					Rev. dato 19.01.2023		



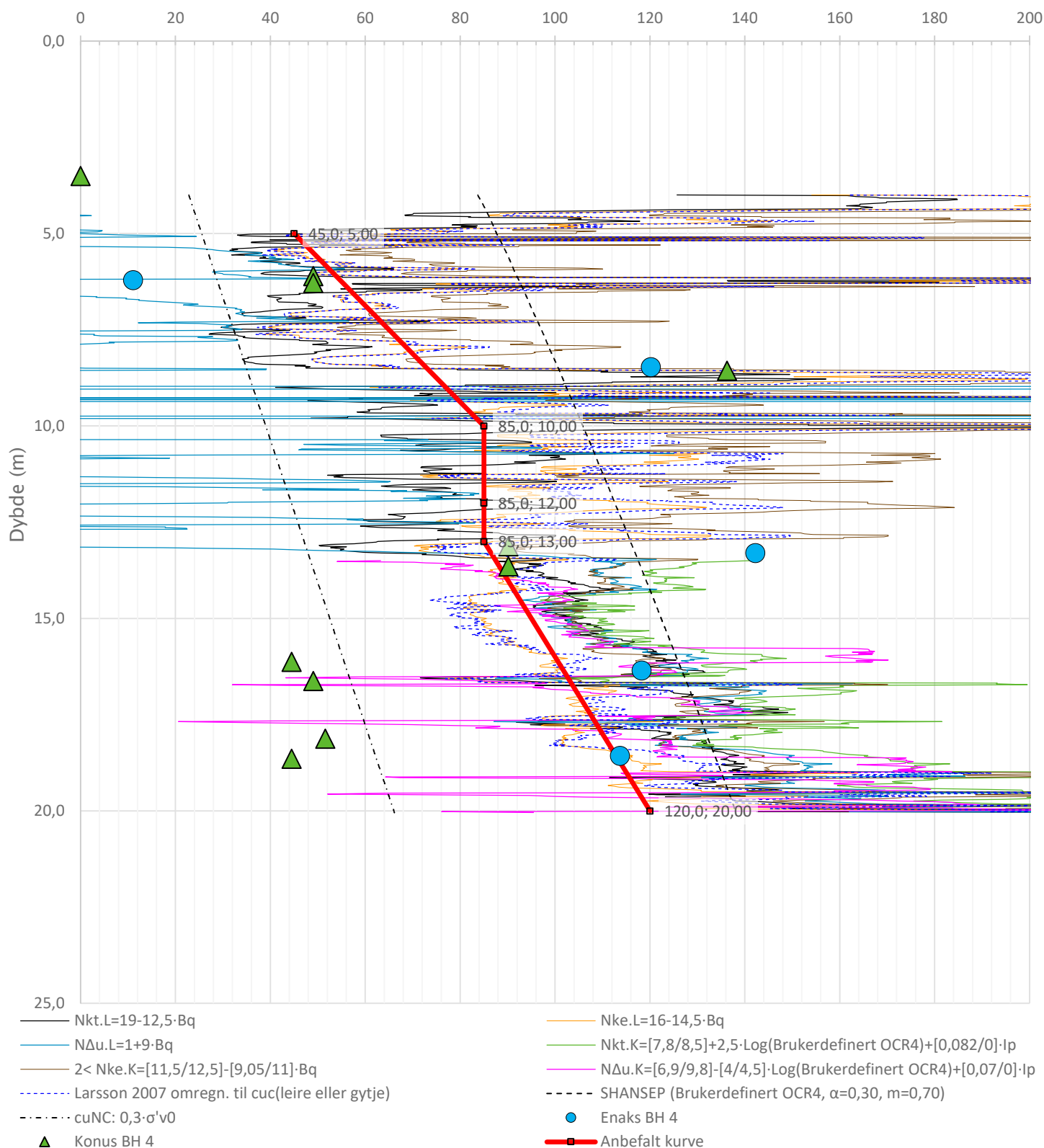
Prosjekt				Prosjektnummer: 10247156 Rapportnummer: 10247156-RIG-001		Borhull	Kote +34,9
Leirfossvegen 71						4	
Innhold						Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR						4672	
Multiconsult	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse		1	
	YA	KONK	KONK				
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG-			
	Utbygging	18.10.2022	Rev. dato	0	19.01.2023	500.6	

Anisotropiforhold i figur:

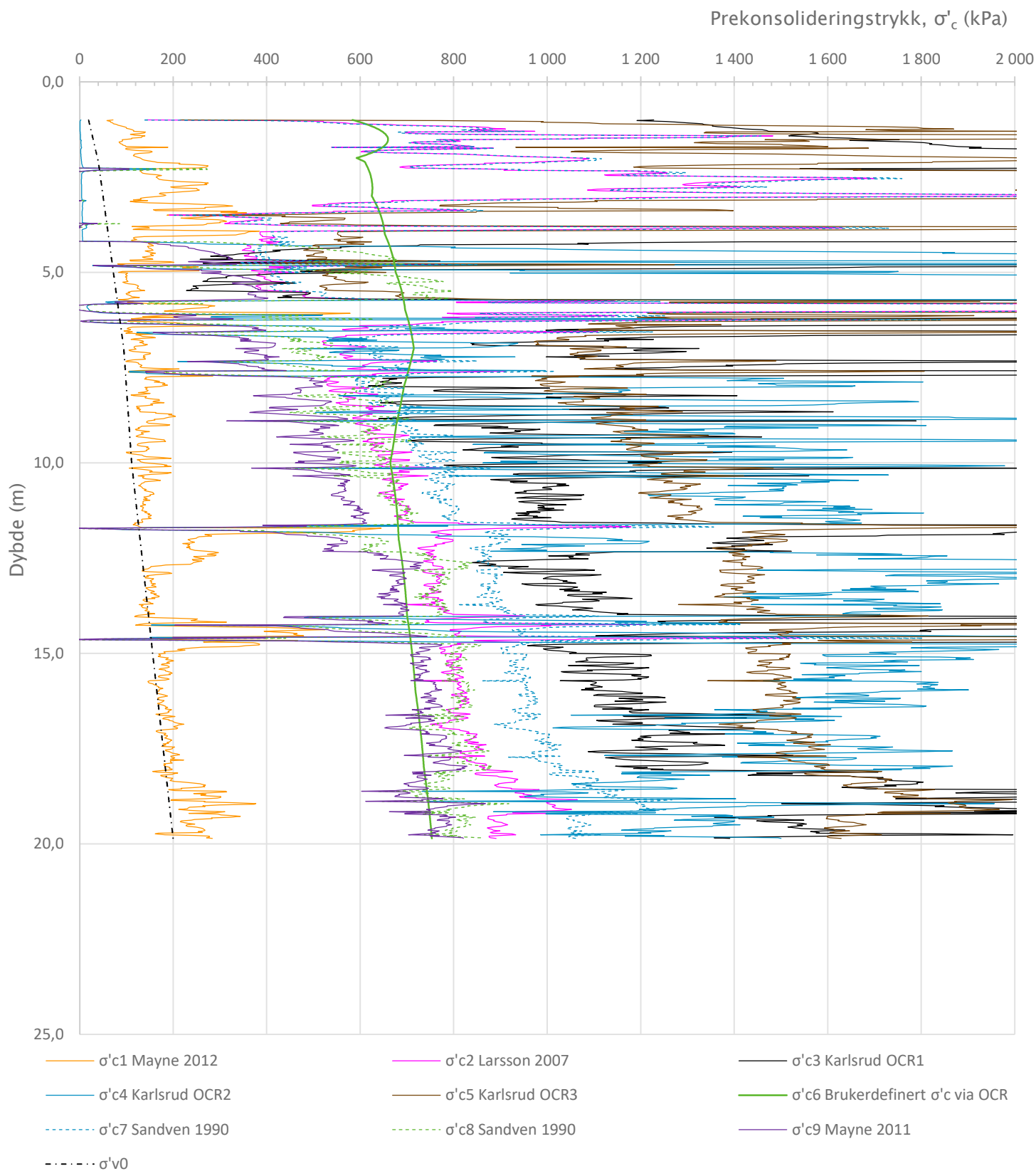
Enaks BH 4: $c_{uc}/c_{ucptu} = 1,000$

Konus BH 4: $c_{ufc}/c_{ucptu} = 1,000$

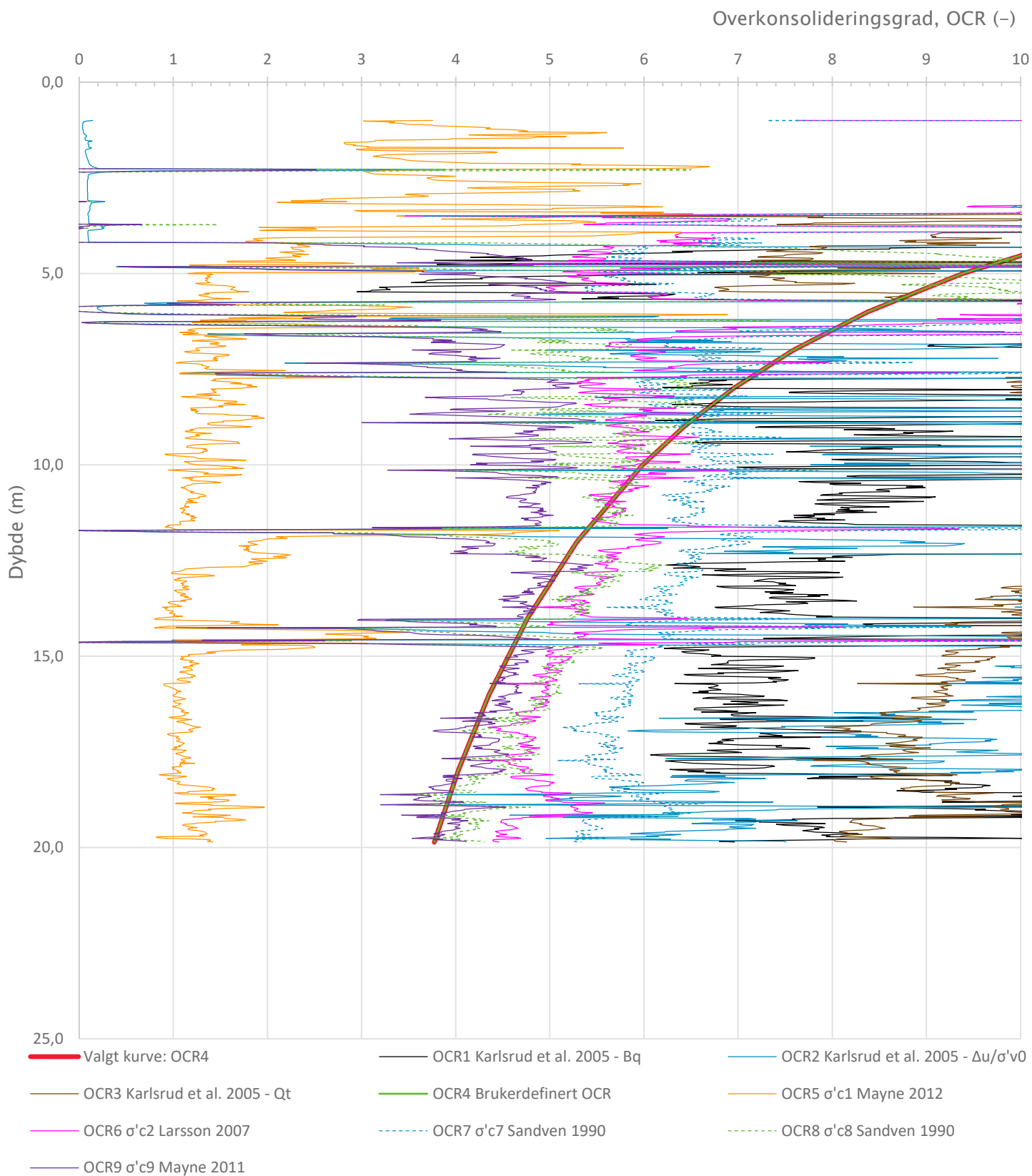
Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



Prosjekt		Prosjektnummer: 10247156 Rapportnummer: 10247156-RIG-001		Borhull	Kote +34,9
Leirfossvegen 71				4	
Innhold				Sondennummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				4672	
Multiconsult	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	YA	KONK	KONK		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG-	500.7
	Utbygging	18.10.2022	Rev. dato 19.01.2023		



Prosjekt Leirfossvegen 71			Prosjektnummer: 10247156 Rapportnummer: 10247156-RIG-RAP-002	Borhull Kote +22,6 6
Innhold Prekonsolideringstrykk, σ'_c				Sondennummer 4672
Multiconsult	Utført YA	Kontrollert KONK	Godkjent KONK	Anvend.klasse 1
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 19.10.2022	Revisjon 0	Figur 501.5
			Rev. dato 19.01.2023	



Prosjekt		Prosjektnummer: 10247156 Rapportnummer: 10247156-RIG-RAP-002		Borhull	Kote +22,6
Leirfossvegen 71				6	
Innhold				Sondennummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				4672	
Multiconsult	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	YA	KONK	KONK		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	501.6
	Utbygging	19.10.2022	Rev. dato 19.01.2023		

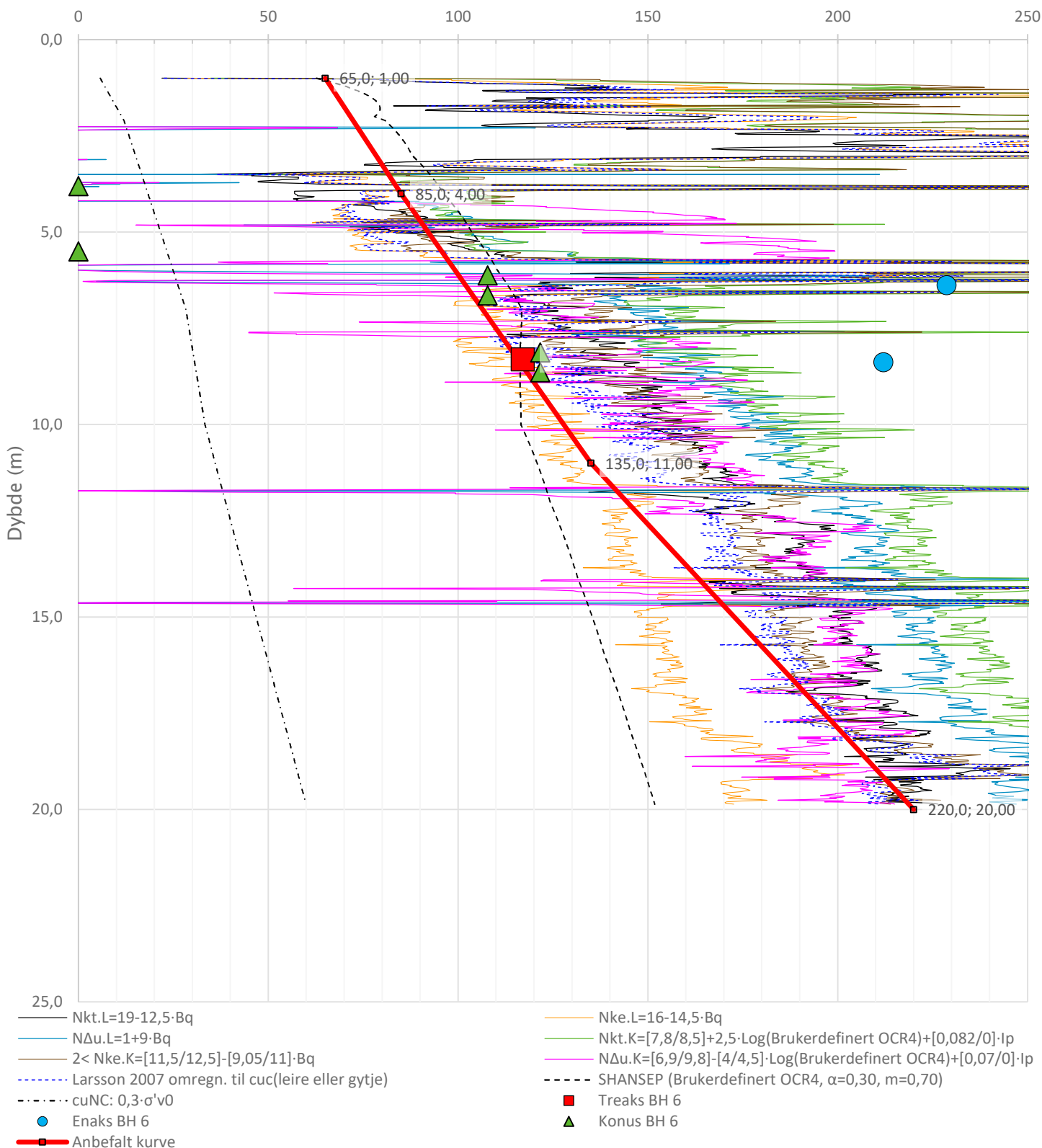
Anisotropiforhold i figur:

Treaks BH 6: $c_uC/c_{ucptu} = 1,000$

Enaks BH 6: $c_{uc}/c_{ucptu} = 0,630$

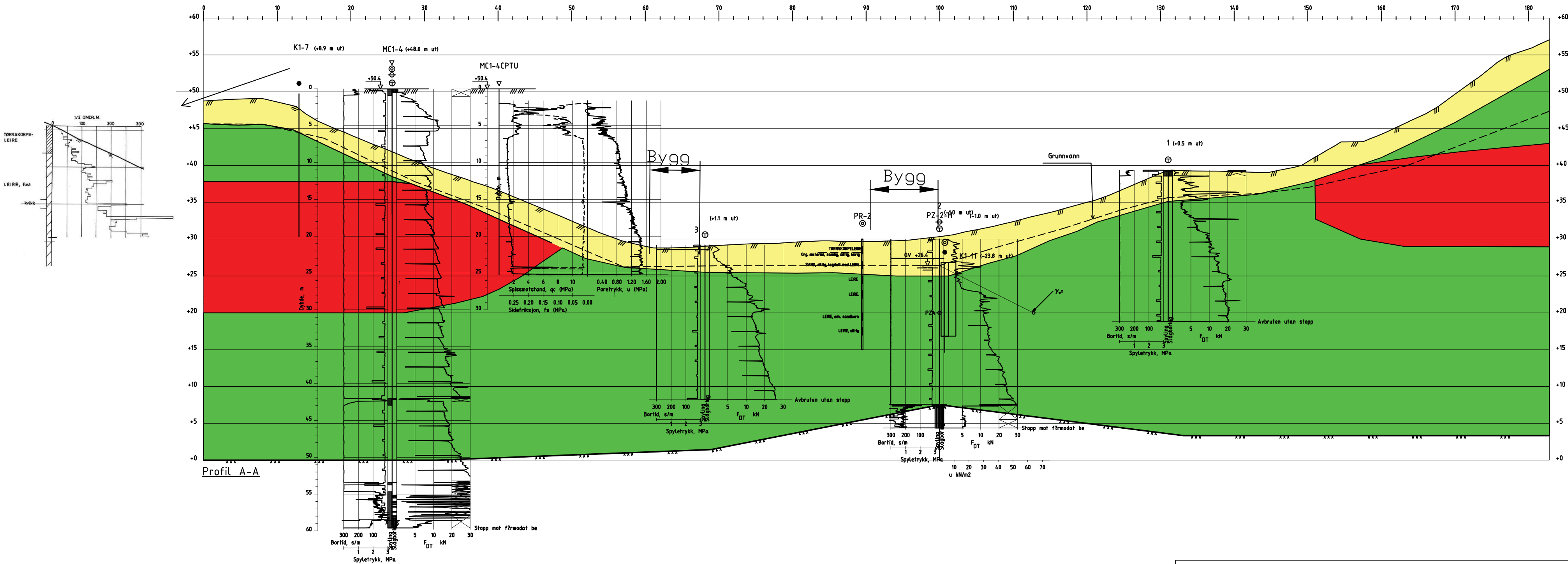
Konus BH 6: $c_{ufc}/c_{ucptu} = 0,630$

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



Prosjekt		Prosjektnummer: 10247156 Rapportnummer: 10247156-RIG-RAP-002		Borhull	Kote +22,6
Leirfossvegen 71				6	
Innhold				Sondennummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				4672	
Multiconsult	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	YA	KONK	KONK		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	501.7
	Utbygging	19.10.2022	0 Rev. dato 19.01.2023		

- Fyllmasse/tørnskorpeleire
- Leire
- Kvikkleire/sprøbruddmateriale

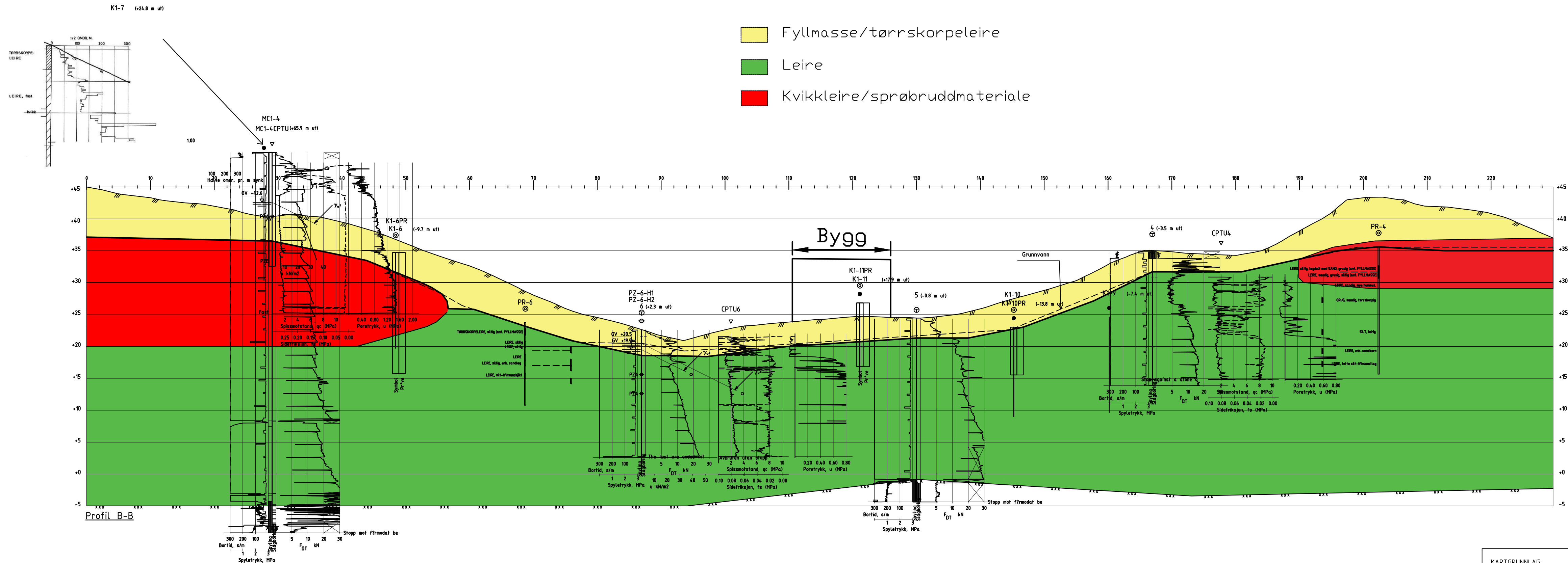


KARTGRUNNLAG: DIGITALT KART NN2000		Status	Fag	Originalt format	Dato
KOORDINATSYSTEM: EUREF89, sone 32		Konstr./Tegnet	RIG	A3L	2023-04-12
HØYDEREFERANSE: NN2000		YA	KONK	Godkjent	Målestokk
		Oppdragsnr.	10247156	Tegningsnr.	Rev.
		RIG-TEG-700		01	

01	Peofil A-A tolket lagdeling	2023-04-12	YA	KONK	KONK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Konfr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

Leirfossvegen AS
Leirfossvegen 71
Profil A-A
Tolket lagdeling

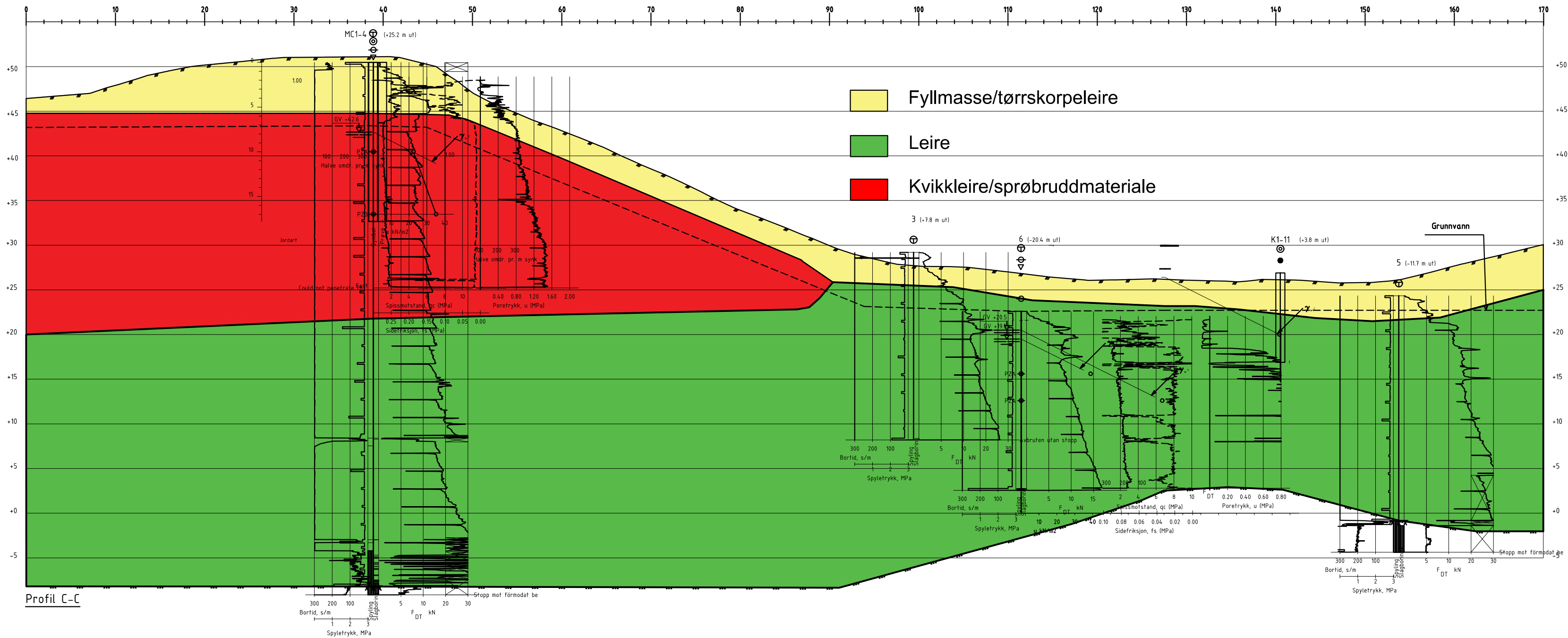


KARTGRUNNLAG: KOORDINATSYSTEM: HØYDEREFERANSE:		DIGITALT KART NN 2000 EUREF89, sone 32 NN2000	
Status	Fag	Originalt format	Dato
Konstr./Tegnet	RIG	A3LL	2023-01-18
YA	KONK	KONK	Målestokk
Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
1024 7156	RIG-TEG-701	00	

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

Leirfossvegen AS
Leirfossvegen 71
Profil B-B
Tolket lagdeling



Profil C-C

KARTGRUNNLAG: KOORDINATSYSTEM: HØYDEREFERANSE:		DIGITALT KART NN 2000 EUREF89, sone 32 NN2000			
	Status	Fag	Originalt format	Dato	
	Godkjent	RIG	A3L	2023-06-30	
	Konstr./Tegnet YA	Kontrollert KONK	Godkjent KONK	Målestokk 1:400	
	Oppdragsnr. 10247156		Tegningsnr. RIG-TEG-702		Rev. 00

01	Profil C-C tolket lagdeling	2023-06-30	YA	YA	KONK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

Leirfossvegen AS
Leirfossvegen 71
Profil C-C
Tolket lagdeling



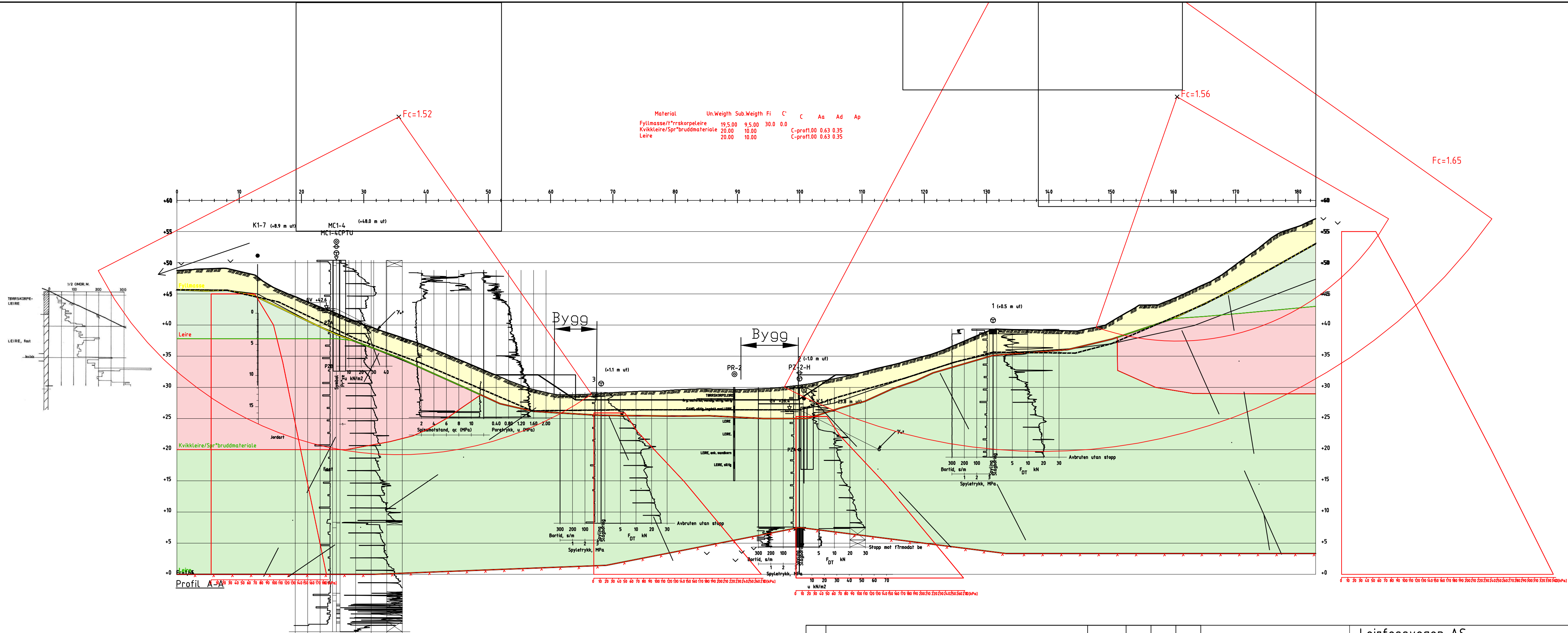
Profil D-D

KARTGRUNNLAG: DIGITALT KART NN 2000		Status		Fag	RIG	Originalt format	A3LLL	Dato	2023-01-18
KOORDINATSYSTEM: EUREF89, sone 32		Konstr./Tegnet		YA	KONK	Godkjent	KONK	Målestokk	1:600
HØYDEREFERANSE: NN2000		Oppdragsnr.		1024 7156		Tegningsnr.		RIG-TEG-703	
								Rev.	
								00	

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

Leirfossvegen AS
Leirfossvegen 71
Profil D-D
Tolket lagdeling



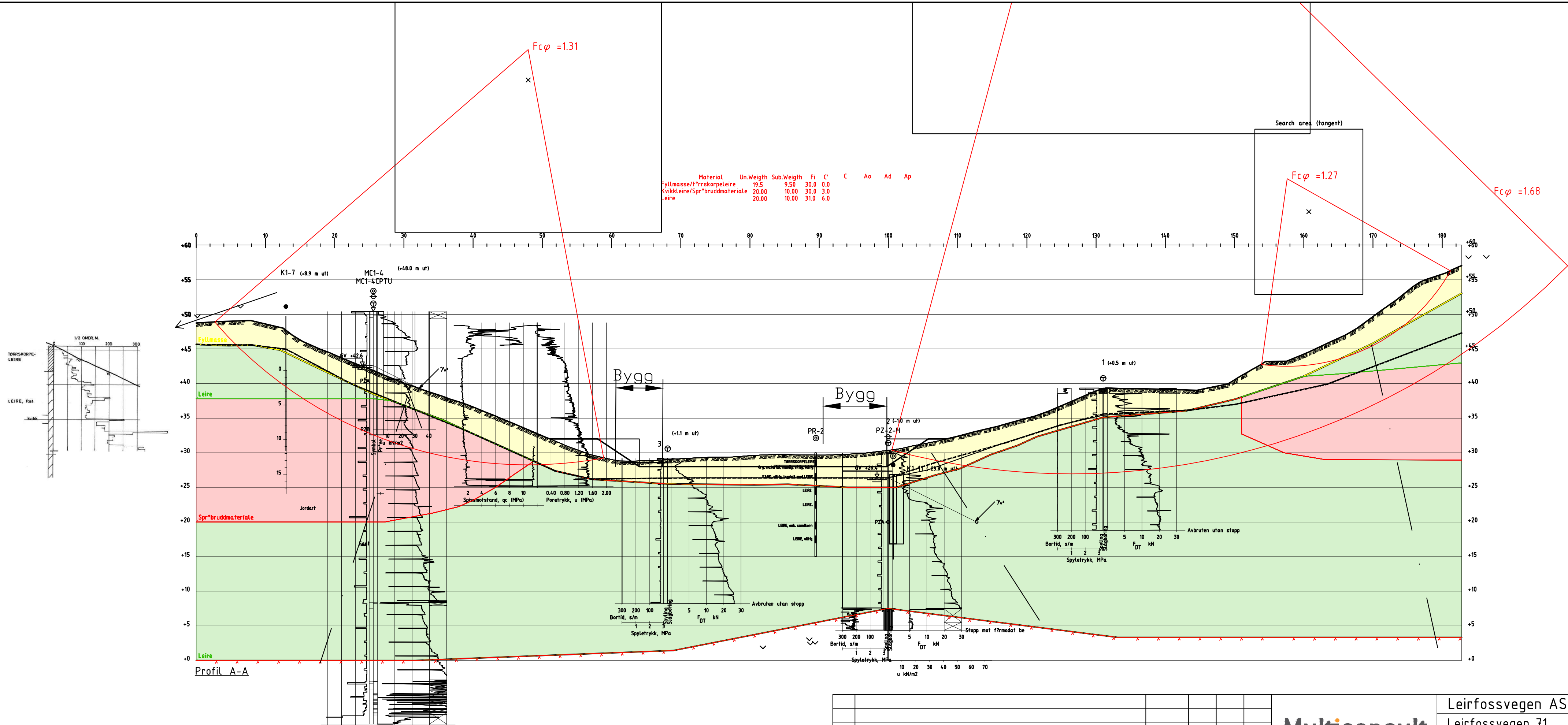
01	Profil A-A stabilitetsberegning - Dagens terreng - Totalspenningsanalyse	2023-04-12	YA	KONK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.

Multiconsult

www.multiconsult.no

Leirfossvegen AS
Leirfossvegen 71
Profil A-A stabilitetsberegning
Dagens terreng - Totalspenningsanalyse

Status	Godkjent	Fag	RIG	Originalt format	A3LL	Dato	2023-04-12
Konstr./Tegnet	YA	Kontrollert	KONK	Godkjent	KONK	Målestokk	1:400
Oppdragsnr.	1024 7156	Tegningsnr.	RIG-TEG-800.1	Rev.	01		

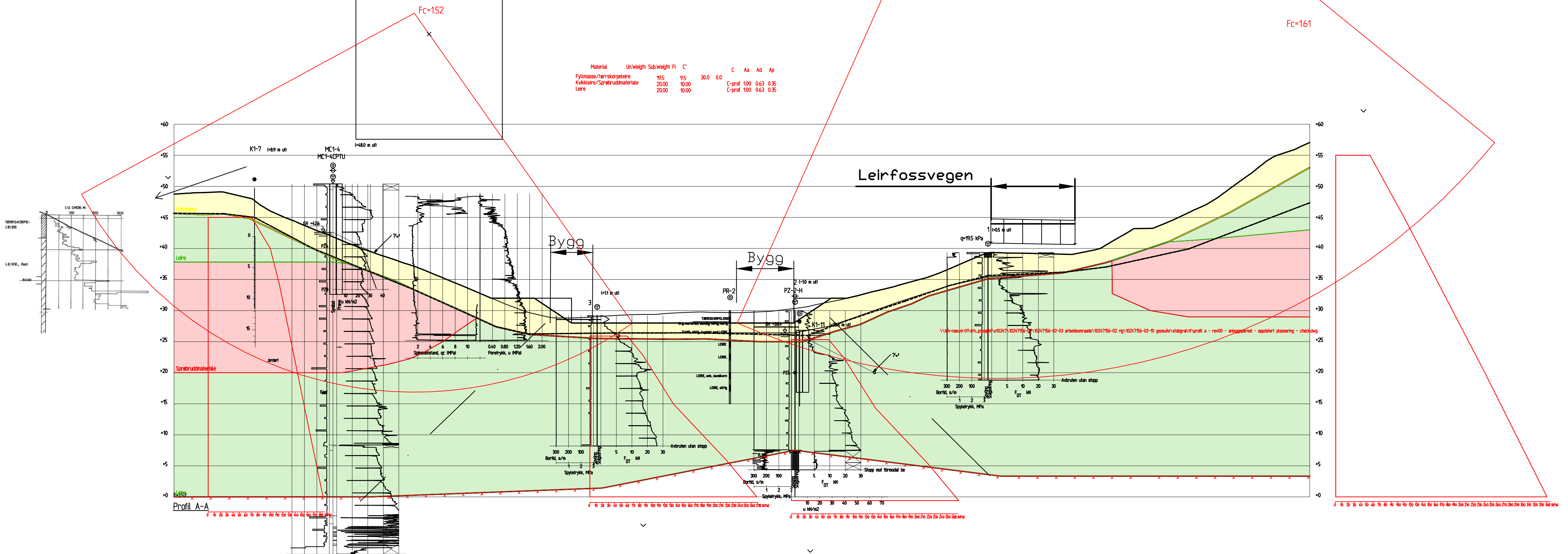


01	Profil A-A stabilitetsberegning - Dagens terreng - Effektivspenningsanalyse	2023-04-12	YA	KONK	KONK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

Leirfossvegen AS
Leirfossvegen 71
Profil A-A stabilitetsberegning
Dagens terreng - effektivspenningsanalyse

Status	Fag	Originalt format	Dato
Konstr./Tegnet	RIG	A3LL	2023-04-12
Oppdragsnr.	Kontrollert	Godkjent	Målestokk
1024 7156	KONK	KONK	1:400
Tegningsnr.	Rev.		
RIG-TEG-800.2	01		

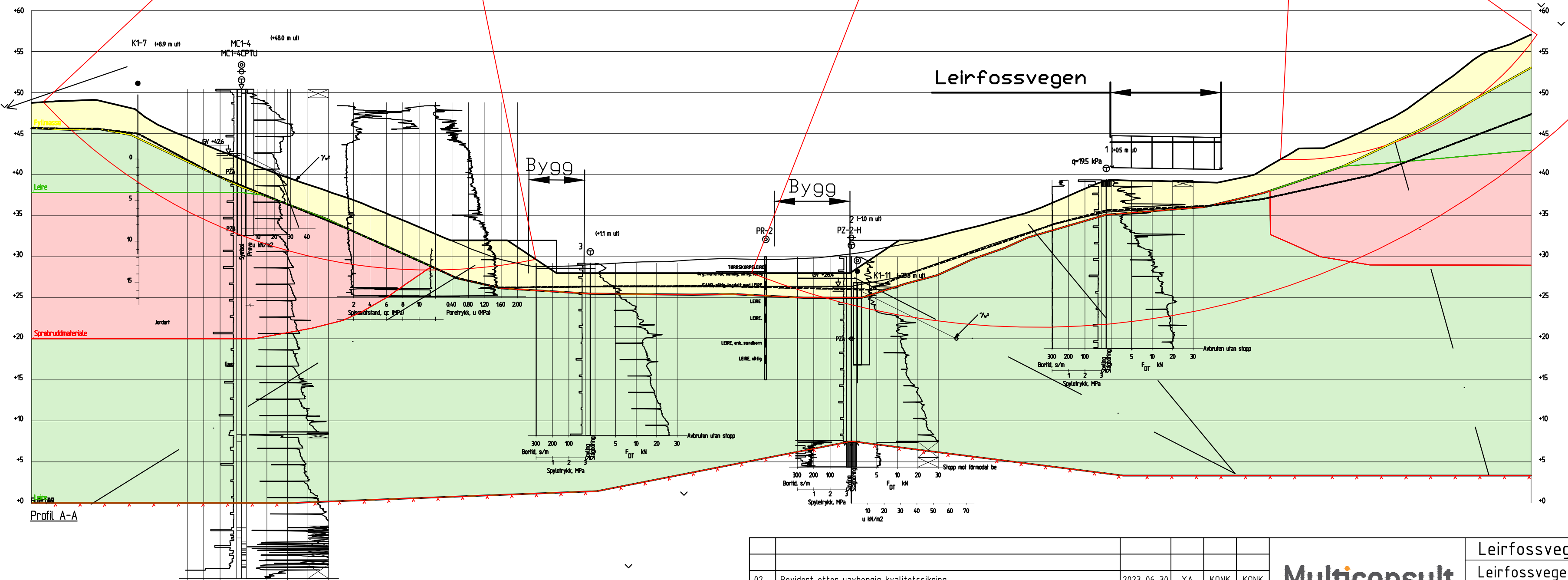
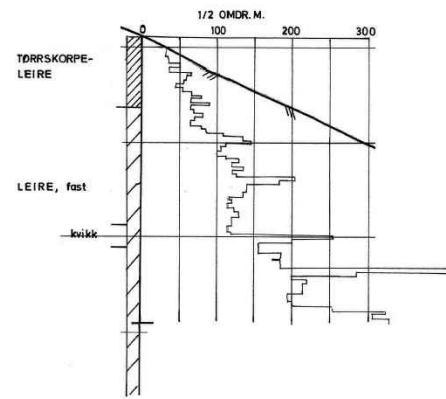


02	Revidert etter uavhengig kvalitetssikring	2023-06-30	YA	KONK	KONK
01	Profil A-A stabilitetsberegning - Anleggsfase - Totalspenningsanalyse	2023-04-12	YA	KONK	KONK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

Leirfossvegen AS
Leirfossvegen 71
Profil A-A stabilitetsberegning
Anleggsfase - totalspenningsanalyse

Status	Fag	Originalt format	Dato
Konstr./Tegnet	RIG	A3LL	2023-04-12
Oppdragsnr.	Kontrollert	Godkjent	Målestokk
1024 7156	KONK	KONK	1:400
Tegningsnr.	Rev.		
RIG-TEG-800.3	02		



Material	Unweigh	Subweigh	F	C	C	Aa	Ad	Ap
Fyllmasse/terraskeleire	95	95	300	0.0				
Kvikkleire/Sprøbruddmateriale	20.00	10.00	300	30				
Leire	20.00	10.00	310	6.0				

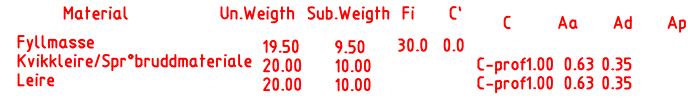
02	Revidert etter uavhengig kvalitetssikring	2023-06-30	YA	KONK	KONK
01	Profil A-A stabilitetsberegning - Anleggsfase - Effektivspenningsanalyse	2023-04-12	YA	KONK	KONK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult

www.multiconsult.no

Leirfossvegen AS
Leirfossvegen 71
Profil A-A stabilitetsberegning
Anleggsfase - effektivspenningsanalyse

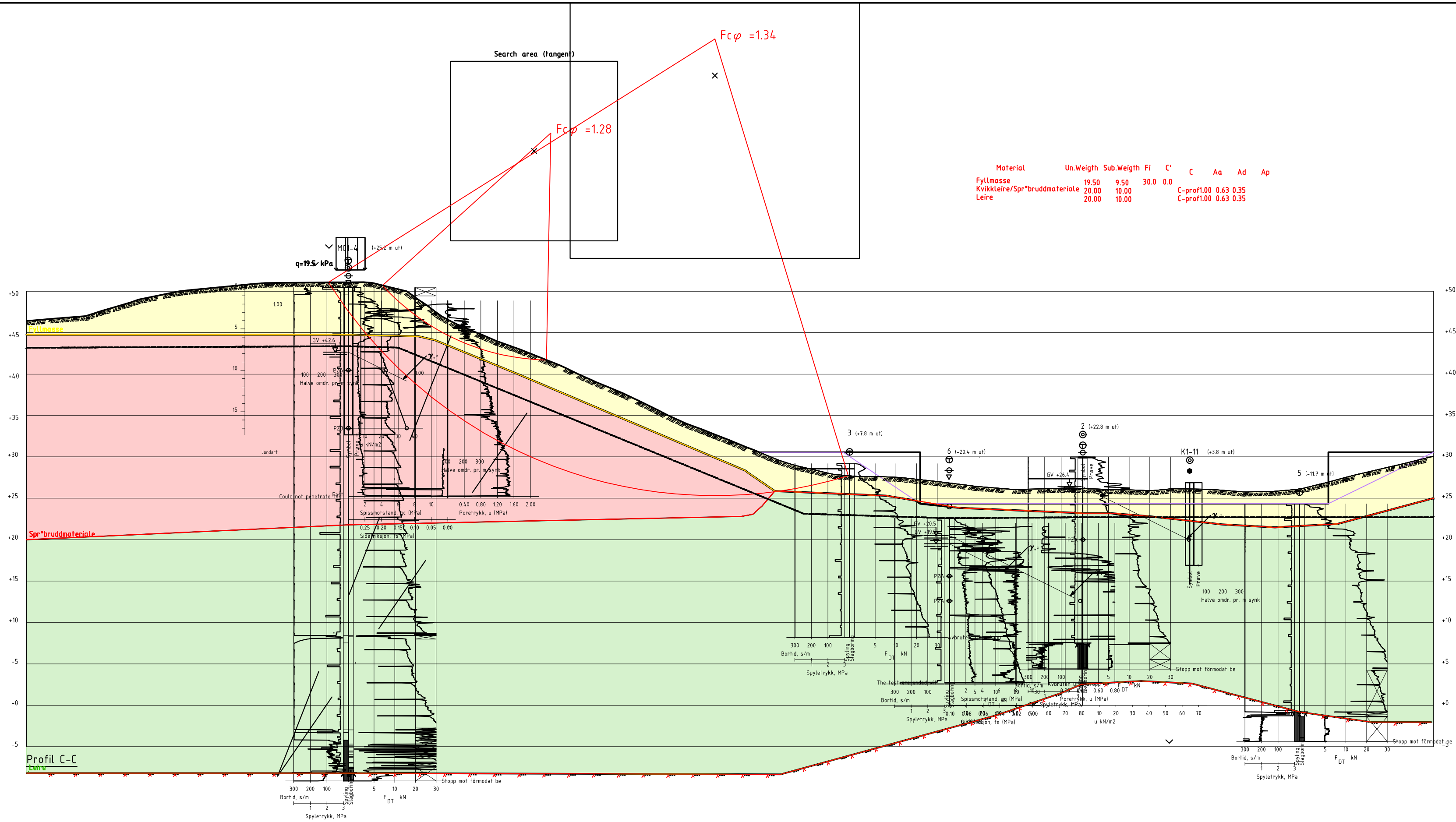
Status	Fag	Originalt format	Dato
Konstr./Tegnet	RIG	A3LL	2023-04-12
Oppdragsnr.	Kontrollert	Godkjent	Målestokk
1024 7156	KONK	KONK	1:400
Tegningsnr.	Rev.		
RIG-TEG-800.4	02		



01	Revidert med trafikklast	04.08.2023	YA	KONK	KONK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Leirfossvegen AS
Leirfossvegen 71
Profil C-C stabilitetsberegning
Dagens terreng - totalspenningsanalyse

Status	Fag	Originalt format	Dato
Godkjent	RIG	A3L	2023-01-31
Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Målestokk
YA	KONK	KONK	1:400
Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
1024 7156	RIG-TEG-802.1	01	

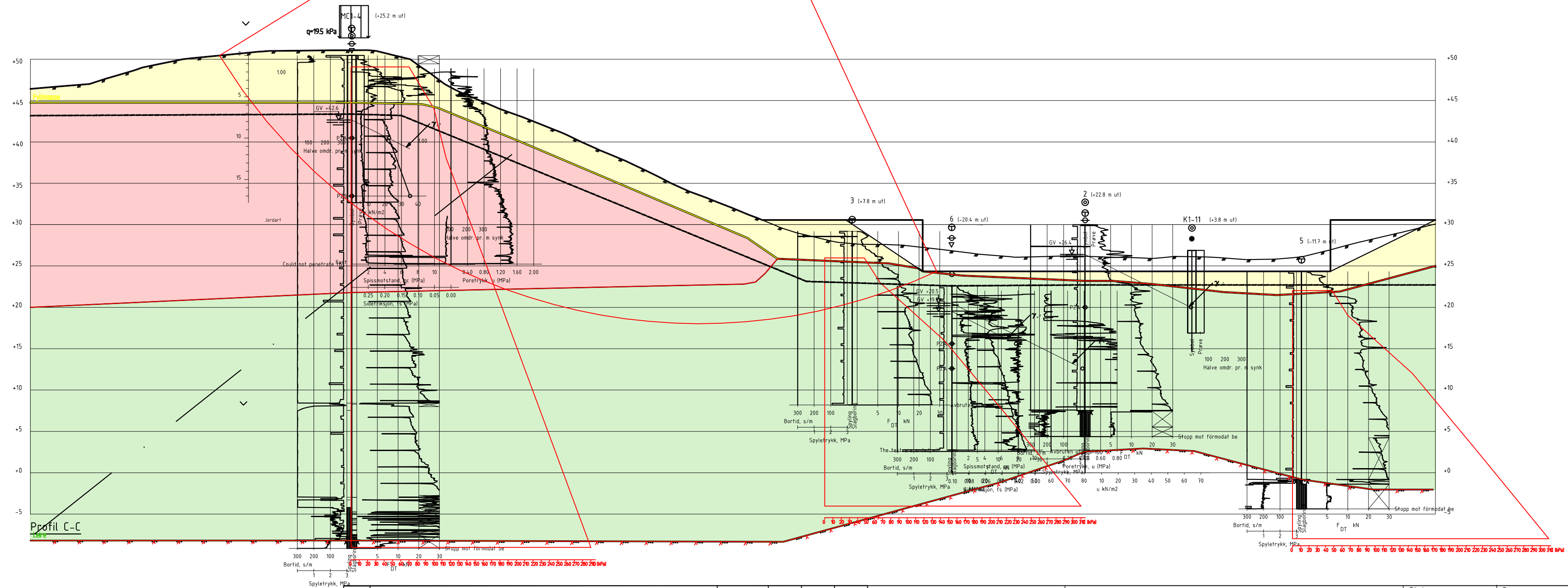


01	Revidert med trafikklast	04.08.2023	YA	KONK	KONK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

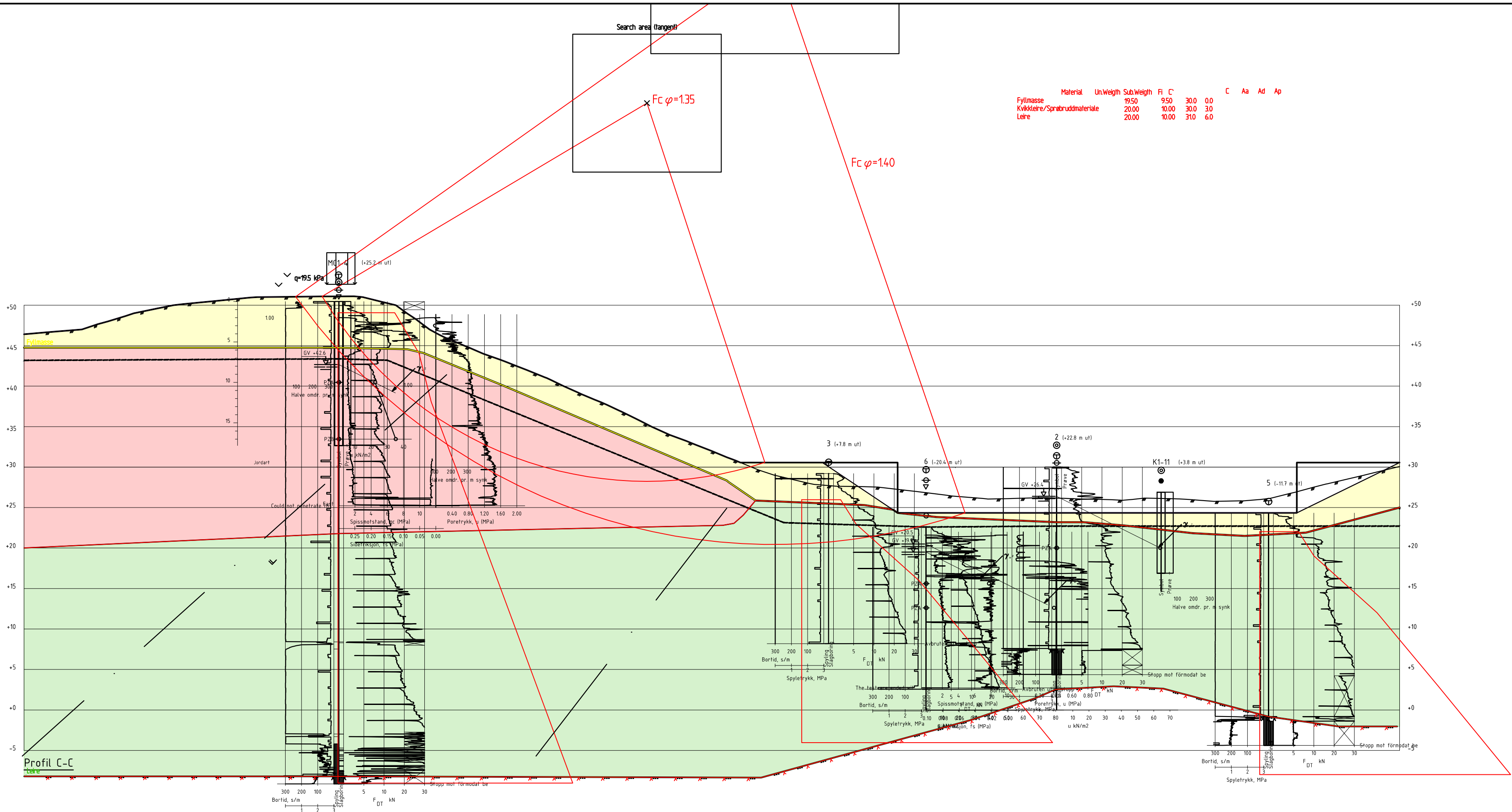
Leirfossvegen AS
Leirfossvegen 71
Profil C-C stabilitetsberegning
Dagens terreng - effektivspenningsanalyse

Status	Godkjent	Fag	RIG	Originalt format	A3L	Dato	2023-01-31
Konstr./Tegnet	YA	Kontrollert	KONK	Godkjent	KONK	Målestokk	1:400
Oppdragsnr.	10247156	Tegningsnr.	RIG-TEG-802.2	Rev.	01		



01	Revidert med trafikklast	07.07.2023	FRA	KONK	KONK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Konfr.	Godkj.

Leirfossvegen AS
Leirfossvegen 71
Profil C-C stabilitetsberegning
Anleggsfase - totalspenningsanalyse



	Materi	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Fyllmasse		19.50	9.50	30.0	0.0				
Kvikkleire/Sprøttbruddmateriale		20.00	10.00	30.0	3.0				
Leire		20.00	10.00	31.0	6.0				

01	Revidert med trafikklast	07.07.2023	FRA	KONK	KONK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Konfr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

Leirfossvegen AS
Leirfossvegen 71
Profil C-C stabilitetsberegning
Anleggsfase - effektivspenningsanalyse

Status	Godkjent	Fag	RIG	Originalt format	A3L	Dato	2023-01-31
Konstr./Tegnet	YA	Kontrollert	KONK	Godkjent	KONK	Målestokk	1:400
Oppdragsnr.	10247156	Tegningsnr.	RIG-TEG-802.4	Rev.	01		

Vedlegg A

1 Tolkning av materialparametere

1.1 Generelt

Tolkning av beregningsparametere er utført med bakgrunn i resultat av utførte CPTU-sonderinger og opptatte 54 mm prøveserier som er rapportert i datarapporter i Tabell 3-1 i hovedtekst og empiriske korrelasjoner.

1.2 Tyngdetetthet

Målt tyngdetetthet på opptatte prøver er benyttet som grunnlag. Ved store variasjoner i målte verdier er gjennomsnittlige verdier benyttet. For materialer som det ikke er målt tyngdetetthet på, er det benyttet erfaringsverdier iht. håndbok V220 [28].

Tyngdetettheten er satt til 20 kN/m³ i leiremassene. I fyllmassene/tørreskorpeleira er tyngdetettheten satt til 19,5kN/ m³.

1.3 Forkonsolidering

1.3.1 Tolkningsmetoder

Forkonsolideringsspenning σ'_c og overkonsolideringsforhold OCR tolkes ut normalt i fra ødometerforsøk og CPTU-sonderingene. Data tolket fra CPTU benyttes til å inter- og ekstrapolere mellom resultatene fra ødometerforsøk mot dybden. Det kan benyttes tolkning fra CPTU både på spissmotstands- og poretrykksbasis. Følgende korrelasjoner benyttes i dette prosjektet som støtte til valg av designlinje:

Tabell 1 Tolkningsmetoder forkonsolideringsspenning

Referanse	Tolkningsmetode	Merknader	Forklaringer
Karlsrud et al. (2005)	$\sigma'_c = \sigma'_{v0} * OCR_i$	Spissmotstandsbasis og poretrykksbasis, semiteoretisk	$OCR_1 = 10^{(\frac{A-Bq}{B})}$ $OCR_2 = 10^{(\frac{(\Delta u - \sigma'_{v0}) - A}{B})}$ $OCR_3 = (\frac{Q_t}{A})^B$

Tabell 2 A og B parametere (Karlsrud et al. 2005)

Referanse	S _t	A	B
OCR ₁	>15	1,15	0,67
	<=15	0,88	0,51
OCR ₂	>15	2,5	6,0
	<=15	2,4	4,0
OCR ₃	>15	2	1,11
	<=15	3	1,20

Ødometerforsøk utført i forbindelse med den nylige utførte grunnundersøkelsen, samt tidligere utført ødometerforsøk (Multiconsults rapport 10213062-RIG-RAP-001 og Trondheim kommunes rapport R.597) er gjennomgått. Tabell 3 viser tolkning av utførte ødometerforsøk som er vurdert som

«tolkbar». Det gjøres oppmerksom at tidligere ødometerforsøk er utført som trinnvis ødometerforsøk og innebærer dermed noe usikkerhet knyttet til tolkning av forkonsolidering.

Tabell 3 Tolkning av overkonsolideringsgrad fra ødometerforsøk

Rapport nr.	BP	Dybde (m)	σ'_{vo} (kPa)	Tolket fra ødometerforsøk			OCR
				σ'_c (kPa)	M_{OC} (MPa)	m_{NC} (-)	
10213062-RIG-RAP-001	4	7,40	128	400	18	12	3,1
10213062-RIG-RAP-001	4	13,50	240	450	13	12	1,9
10213062-RIG-RAP-001	7	8,55	136	440	18	20	3,2
R.597	1	4,35	65	400	13	15	6,2
R.597	1	11,40	130	400	7	11	3,1

Tolkninger av prekonsolideringstrykk fra ødometerforsøk er vist i tegninger listet opp i Tabell 10. Tegningene kan finnes i Multiconsult rapport 10213062-RIG-RAP-002_rev01, vedlegg C.

Resultater fra ødometerforsøk indikerer at tidligere terreng i området lå på ca. kote +80.

1.3.2 Bæreevnefaktorer i CPTU-tolkning

Verdier for bæreevnefaktoren for cptu-tolkninger av udrenert skjærstyrke kan etableres både empirisk og teoretisk. Vanligvis bestemmes verdier for bæreevnefaktor ut fra korrelasjoner etablert på resultater fra anisotropiske konsoliderte treaksialforsøk på blokkprøver med høy kvalitet som er benyttet som referanser. Korrelasjoner for tolkning av bæreevnefaktorer er angitt i Tabell 4 og Tabell 5, både på poretrykksbasis og basert på spissmotstand.

Tabell 4 Oversikt korrelasjoner for bæreevnefaktorer bestemt ut fra korrelasjoner mot B_q (Lunne et al. 1997)

Tolkningsmetode	Empirisk middelvariasjon bæreevnefaktor
Poretrykksbasis, $N_{\Delta u} = f(B_q)$	$N_{\Delta u} = 1,8 + 7,25 \cdot B_q$
Spissmotstand, $N_{kt} = f(B_q)$	$N_{kt} = 18,7 - 12,5 \cdot B_q$
Effektivspissmotstandsbasis, $N_{ke} = f(B_q)$	$N_{ke} = 13,8 - 12,5 \cdot B_q$

Tabell 5 Oversikt korrelasjoner for bæreevnefaktorer bestemt ut fra korrelasjoner mot OCR, S_t , I_p og B_q for sensitivitet større enn 15 (Karlsrud et al. 2005)

Tolkningsmetode	Empirisk middelvariasjon bæreevnefaktor
Poretrykksbasis, $N_{\Delta u} = f(OCR, I_p)$	$N_{\Delta u} = 9,8 + 4,5 \cdot \log OCR$
Spissmotstand, $N_{kt} = f(OCR, I_p)$	$N_{kt} = 8,5 - 2,5 \cdot \log OCR$
Effektivspissmotstandsbasis, $N_{ke} = f(B_q)$	$N_{ke} = 12,5 - 11 \cdot B_q$

I tolkningsprosedyren viste det seg at tolkningene basert på N_{ke} -faktoren ga større variasjon og avvik fra forventede resultater, og det ble derfor valgt å ikke vise disse på CPTU-tegningene.

1.4 Udrenerte styrkeparametere

1.4.1 c_u fra enaks og konus

Verdier for c_u fra rutineundersøkelser på opptatte prøver (enaks og konus) er i våre vurderinger betraktet som verdier for gjennomsnittlig skjærstyrke, c_u . Verdier er oppgitt som referanse i plot for c_{uA} -tolkning uten noen omregning. Verdiene er ikke tillagt særlig vekt i tolkning av profil for opptredende aktiv udrenert skjærfasthet, men er i større grad benyttet for å vurdere prøveforstyrrelse.

1.4.2 c_u fra treaksialforsøk

Skjærstyrke fra treaksiale forsøk anses i våre vurderinger som verdier for aktiv skjærstyrke. Det må imidlertid påpekes at siden prøvene er tatt opp med 54mm stålsylindere, forventes verdiene fra laboratorieforsøk å være noe lavere enn verdiene fra CPTU-korrelasjoner som er basert på blokkprøver, uavhengig av prøvekvalitet. Resultater fra utførte treaksialforsøk er omtalt i vedleggs kapittel 1.5.

Tidligere tolkede treaksialforsøk vises i tegninger 10213062-RIG-TEG-450.7 t.o.m. -454.9, rapport 10213062-RIG-RAP-002_rev01. Tolkning av ny treaksialforsøk er vist i vedlegg B.

1.4.3 c_{uA} fra CPTU-sonderinger

For bestemmelse av udrenert skjærstyrke er CPTU-sonderingene korrelert iht. empirisk baserte tolkningsfaktorer ref. Tabell 4 og Tabell 5. For bløte, finkornige masser med relativt homogene forhold, betraktes tolkning av CPTU på poretrykksbasis normalt som den mest egnede metoden. c_{uA} fra CPTU tolkes fra følgende korrelasjoner:

Tabell 6 Oversikt tolkningsmetoder aktiv skjærfasthet

Tolkningsmetode	Merknader	Forklaringer
$c_{uA} = \frac{q_n}{N_{kt}}$	Spissmotstandsbasis	N_{kt} = Bæreevnefaktor q_n = Netto spissmotstand fra CPTU sondering
$c_{uA} = \frac{\Delta u}{N_{\Delta u}}$	Poretrykksbasis	$N_{\Delta u}$ = Bæreevnefaktor Δu = Poreovertrykk fra CPTU ($\Delta u = u_2 - u_0$)

1.4.4 SHANSEP

Udrenert skjærfasthet er nært relatert til in situ effektivspenninger og leiras overkonsolideringsgrad OCR. Udrenert skjærfasthet øker med økning i effektivspenning. Denne økningen er avhengig av OCR. Udrenert skjærfasthet avhengig av OCR kan modelleres etter SHANSEP-prinsippet (Ladd & Foott 1974):

$$c_{uA} = \alpha * OCR^m * \sigma'_0$$

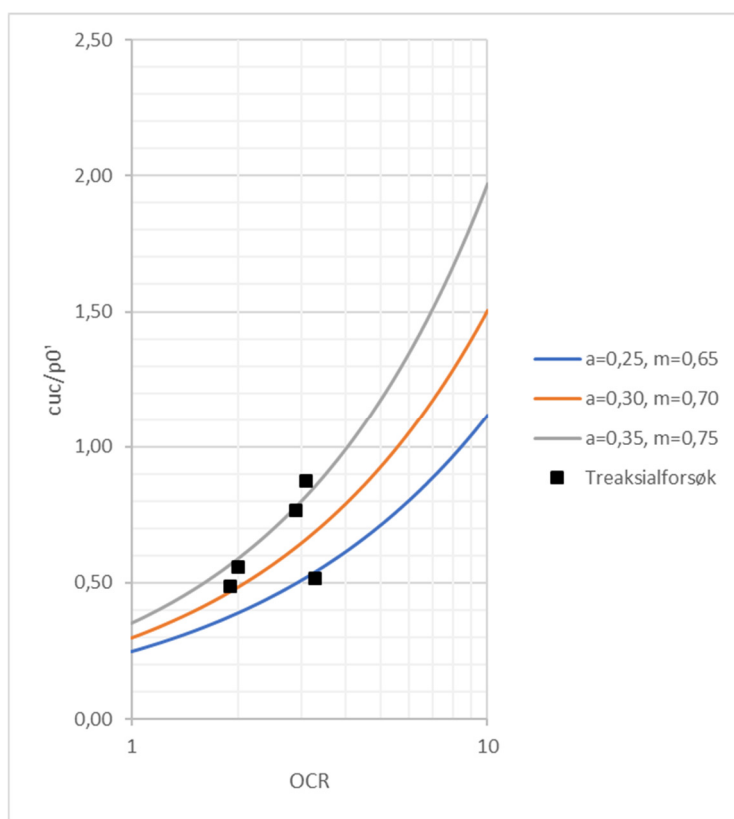
Der:

- α = Stigningstall som varierer vanligvis mellom 0,25 og 0,35 for aktiv skjærstyrke
- OCR = Overkonsolideringsgrad = σ'_c / σ'_{v0}
- m = Eksponent som for norske leirer typisk har vist seg å variere mellom ca. 0,6 og 0,9 avhengig av leire og forsøkstype

- σ_{v0}' = In situ vertikal effektivspenning

SHANSEP-tilnærmingen er benyttet for å etablere et c_u -profil der hvor det ikke foreligger CPTU-sonderinger. For bestemmelse av faktorene α og m er c_{uA}/σ'_{v0} beregnet fra treaksialforsøkene og plottet mot antatt OCR i hvert forsøk, se Figur 1-1. Overkonsolideringsgrad er basert på antatt tidligere terrengnivå på kote +80, bestemt med bakgrunn i utførte ødometerforsøk.

SHANSEP-parametere som best passer de øvrige CPTU-tolkninger i området er $\alpha = 0,30$ og $m = 0,70$. Det gjøres oppmerksom at punktet som ligger under kurven med $\alpha = 0,30$ og $m = 0,70$ tilsvarer treaksialforsøket som er utført i borpunkt MC1-2 og som har dårlig prøve kvalitet. Skjærstyrkeprofiler som er plassert der hvor det ikke er utført CPTU er tolket med samme SHANSEP-parametere og OCR som tar utgangspunkt i antatt tidligere terrengnivå på kote +80, med mindre laboratorieundersøkelsene indikerer lavere skjærfasthet enn Shanshep-tilnærmingen. I slike tilfeller er c_u -profilene tilpasset resultater fra laboratorieundersøkelsene.



Figur 1-1 Tilpasning av SHANSEP-faktorer i forhold til målt c_{uA} fra treaksialforsøk

1.4.5 Anisotropiforhold

Tabell 7 oppsummerer anvendte ADP-faktorer i udrenerte materialer:

Tabell 7 Oversikt over valgte ADP-faktorer

Material	c_{uA} -koeffisient	c_{uD} -koeffisient	c_{uP} -koeffisient
Leire	1,00	0,63	0,35
Sprøbruddmateriale	1,00	0,63	0,35

Verdiene for anisotropikoeffisientene ligger på den konservative siden det antas at plastisitetsindeks IP alltid er mindre eller lik 10 %.

1.5 Drenerte materialparametere

Effektivspenningsparametere er i all hovedsak tolket ut fra utførte treaksialforsøk. Hvor nødvendig ble det benyttet erfaringsdata fra tidligere grunnundersøkelser utført i området, samt erfaringsverdier iht. Statens Vegvesen håndbok V220. En oppsummering av materialparametere tolket fra utførte treaksialforsøk er vist i Tabell 8.

Tabell 8 Oppsummering tolkning treaksialforsøk

Rapport nr.	BP	Dybde [m]	Materiale	ϕ [°]	Attraksjon a [kPa]	Bruddtøynin g ϵ_{af} [%]	Merknader
10247156-RIG-RAP-001	6	8,3	Leire	36	6	0,6	-
10213062-RIG-RAP-001	4	7,25	Sprøbruddleire	30	7,5	2,0	-
10213062-RIG-RAP-001	4	13,25	Sprøbruddleire	30,5	7,5	1,0	-
10213062-RIG-RAP-001	7	8,35	Kvikkleire	33,7	7,5	1,5	-
10213062-RIG-RAP-001	7	14,25	Sprøbruddleire	33	7,5	1,5	-
R.518	1	6,3/6,5	Kvikkleire	31,6	10	2/2,5	Isotropisk konsolidering
R.597	1	3,8/4,4	Leire	29,3	25	1,5	Isotropisk konsolidering
R.597	4	4,2/4,3 5	Leire	29,7	35	0,9	Isotropisk konsolidering
O.495 (info fra Rambøll)	6	8	Leire	31	0	-	Isotropisk konsolidering

Drenert materialparametere benyttet i stabilitetsberegningene er gitt i Tabell 9.

Tabell 9 Drenert materialparametere benyttet i stabilitetsanalysene

Materiale	Tyngdetetthet γ [kN/m ³]	Tyngdetetthet effektiv γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	Kohesjon c [kPa]	Attraksjon a [kPa]
Fyllmasse/Tørrskorpeleire	19,5	9,5	30	0	0
Kvikkleire/Sprøbruddleire	20	10	30	3	5
Leire	20	10	31	6	10

1.6 Grunnvannsnivå og poretrykksforhold

Grunnvannsnivå og poretrykksforhold er beskrevet i hovedtekst i kapitel 4.6.

2 Kvalitet grunnlagsdata

2.1 CPTU

Utførte CPTU-sonderinger utført av Multiconsult i 2019 og 2022 i området havner i anvendelsesklasse 1 og vurderes generelt å være av god kvalitet, ref. dokumentasjon måldata vedlagt datarapport 10213062-RIG-RAP-001_rev00 og 10247156-RIG-RAP-001_rev00.

2.2 Rutinedata

Generelt vurderes kvaliteten på opptatte prøver å være god/akseptabel basert på bruddtøyning på utførte enaksiale trykkforsøk (5-7,5%).

2.3 Ødometerforsøk

Nye og tidligere ødometerforsøk utført på prøver fra området er gjennomgått. Tabell 10 viser oppsummering av gjennomgått ødometerforsøk for tolkning av overkonsolidering. Ødometertester utført på prøvene tatt i 2022 er ikke inkludert i denne vurderingen siden de var vanskelig å tolke pga. noe prøveforstyrrelse og høyt innhold av silt.

Samtlige tolket ødometerforsøk viser enten en antydning eller en tydelig overgang fra normalkonsolidert- til overkonsolidert område.

Tabell 10 Ødometerforsøk gjennomgått for tolking av overkonsolidering

Rapport nr.	Borhull	Dybde (m)	Kommentar	Tegning nr.
10213062-RIG-RAP-001	4	7,40	CRS-forsøk	10213062-RIG-TEG-400.3
10213062-RIG-RAP-001	4	13,50	CRS-forsøk	10213062-RIG-TEG-401.3
10213062-RIG-RAP-001	7	8,55	CRS-forsøk	10213062-RIG-TEG-402.3
R.597	1	4,35	Trinnvis ødometerforsøk	Bilag 14
R.597	1	11,40	Trinnvis ødometerforsøk	Bilag 14

2.4 Treksialforsøk

Prøveforstyrrelse på treksialforsøk er vurdert basert på endring i poretallet, jfr. Figur 2-1.

Klassifisering	OCR	$\Delta e / e_0$	Prøvekvalitet ¹
1	1 - 2 2 - 4	< 0,04 < 0,03	Meget god
2	1 - 2 2 - 4	0,04 - 0,07 0,03 - 0,05	God til bra
3	1 - 2 2 - 4	0,07 - 0,14 0,05 - 0,10	Dårlig
4	1 - 2 2 - 4	> 0,14 > 0,10	Meget dårlig

Figur 2-1 Bedømmelse av prøvekvalitet (fra Statens vegvesen, håndbok V220, figur 2.21)

5 stk. treksialforsøk som var utført av Multiconsult i 2022 og 2019 klassifiseres som «meget god til bra» basert på poretallsendring, mens 1 stk. treksialforsøk klassifiseres som «dårlig». Det var ikke

mulig å gjøre en vurdering av prøve kvalitet basert på poretallsendring på treaksialforsøk som er presentert i Trondheim kommunes rapporter R.518 og R.597, men disse vurderes å ha akseptabel kvalitet basert på formen av spenningsstien.

Tabell 11 Oppsummering prøve kvalitet, treaksforsøk

BP	Dybde [m]	OCR	$\Delta e/e_0$	Prøvekvalitet	Merknader
6	8,4	-	0,036	Meget god	OCR tolket fra CPTU
MC1-2	9,40	3,29	0,083	Dårlig	-
MC1-4	7,25	2,90	0,059	God til bra	-
MC1-4	13,25	1,90	0,064	God til bra	-
MC1-7	8,35	3,10	0,051	God til bra	-
MC1-7	14,25	2,00	0,064	God til bra	-