

Geoteknisk rapport - 730 Skjennom og 1886 Lunder

Norges vassdrags- og energidirektorat

Trøgstad – Utredning av kvikkleiresoner 730 Skjennom og 1886 Lunder

Oppdrag nr: 6130582

Rapport nr. 02

Revisjon nr. 01

Dato: 01.04.2016

Fylke Østfold	Kommune Trøgstad	Sted Skjennom	UTM 06275 66250 (Euref 89, sone 32)
Byggherre			
Oppdragsgiver Norges vassdrags- og energidirektorat			
Oppdrag formidlet av Norges vassdrags- og energidirektorat v/Jaran Wasrud			
Oppdragsreferanse Vår oppdragsbekreftelse datert 12/4-13			
Antall sider 13	Tegn.nr 101 + 201-230	Vedlegg 2	Antall tillegg -

Prosjekt-tittel

Trøgstad
Utredning av kvikkleiresoner i Trøgstad

Rapport-tittel

730 Skjennom og 1886 Lunder

Oppdrag nr: 6130582	Rapport nr: 02	Rev: 01	Dato: 01.04.2016	Kontr: TFK
Oppdragsleder: Øyvind Bredvold		Utarbeidet av: Morten Tveit		
<p>SAMMENDRAG</p> <p>Rambøll har utført en utredning av eksisterende faresone 730 Skjennom med hensyn på kvikkleireskred. Basert på utførte grunnundersøkelser og vurderinger er det foreslått at sonen deles opp i to mindre soner, henholdsvis sone 730 Skjennom med reviderte avgrensninger og sone 1886 Lunder. Deler av eksisterende sone vurderes ikke å være skredutsatt for kvikkleireskred. Utstrekningen av faresonene kan antageligvis justeres noe dersom det foretas supplerende grunnundersøkelser og det foreligger et mer nøyaktig kartgrunnlag.</p> <p>ROS-analysene av de reviderte faresonene medfører at sonene nedjusteres fra faregrad høy til middels. Nedjusteringen skyldes hovedsakelig at de høyeste skråningene ikke ligger i denne delen av sonen, samt at det er registrert et poreundertrykk.</p> <p>Det er beregnet lav stabilitet for dagens situasjon i revidert sone 730 Skjennom, samt at det er knyttet usikkerhet til beliggenheten av sprøbruddsmateriale ved ravinebunnen. Det er derfor foreslått å utføre supplerende grunnundersøkelser for å vurdere behovet for stabiliserende tiltak i sone 730.</p> <p>Det er ikke foreslått å utføre stabiliserende tiltak i sone 1886 Lunder for dagens situasjon.</p> <p>Det er behov for stabiliserende tiltak i sonene dersom det planlegges K3- eller K4-tiltak. Omfanget av disse er ikke vurdert i denne rapporten.</p> <p>Krav til utredning og stabiliserende tiltak for ny bebyggelse i sonene er styrt av NVEs veileder /1/.</p>				

INNHold

1	INNLEDNING	5
1.1	PROSJEKT	5
1.2	OPPDRAg	5
1.3	INNHold.....	5
1.4	REVISJON	5
2	GEOTEKNISKE PARAMETRE	6
3	GRUNNFORHOLD, TOPOGRAFI OG GRUNNVANN	6
3.1	GRUNNUNDERSØKELSER	6
3.2	TOPOGRAFI.....	6
3.3	GRUNNFORHOLD	6
3.4	PORETRYKKSFORHOLD.....	7
3.5	TIDLIGERE NYERE SKREDHENDELSER	7
4	SONEAVGRENSING OG ROS-ANALYSE	8
4.1	SONEAVGRENSNING	8
4.1.1	<i>Faresone 730 Skjennom (justert soneavgrensing)</i>	8
4.1.2	<i>Faresone 1886 Lunder</i>	8
4.1.3	<i>Utenfor nye faresoner</i>	8
4.2	ROS-ANALYSE.....	9
4.2.1	<i>Faresone 730 Skjennom (justert soneavgrensing)</i>	9
4.2.2	<i>Faresone 1886 Lunder</i>	9
5	STABILITETSANALYSER	9
5.1	TOTALSPENNINGSANALYSE (ADP-ANALYSE)	10
5.2	EFFEKTIVSPENNINGSANALYSE	10
6	GEOTEKNISKE VURDERINGER	10
6.1	SONE 730 (STABILITETSBEREGNING I PROFIL 2B OG 2I).....	10
6.1.1	<i>Skredmekanisme og utløsningsmekanisme</i>	10
6.1.2	<i>Stabiliserende tiltak</i>	11
6.2	SONE 1886 (PROFIL 6A)	11
6.2.1	<i>Skredmekanisme og utløsningsmekanisme</i>	11
6.2.2	<i>Stabiliserende tiltak</i>	11
7	KONKLUSJON	12
8	REFERANSER	13

TEGNINGER

Tegn. nr.	Rev. nr.	Tittel	Målestokk
101		OVERSIKTSKART UTREDNING TRØGSTAD	1:50 000
201		SITUASJONSPLAN SKJØNHAUG – NYE SONEAVGRENSNINGER	1:5000
202		SITUASJONSPLAN SKJØNHAUG – SONE 730 SKJENNOM	1:5000
203		SITUASJONSPLAN SKJØNHAUG – SONE 1886 LUNDER	1:5000
204		SITUASJONSPLAN SKJØNHAUG – TERRENGPROFILER	1:5000
205		SITUASJONSPLAN SKJØNHAUG – ANBEFALTE SIKRINGSTILTAK	1:5000
210		PROFIL 2B, ADP-ANALYSE, DAGENS SITUASJON	1:500
211		PROFIL 2B, AFI-ANALYSE, DAGENS SITUASJON	1:500
220		PROFIL 2I, ADP-ANALYSE, DAGENS SITUASJON	1:500
221		PROFIL 2I, AFI-ANALYSE, DAGENS SITUASJON	1:500
222		PROFIL 2I, ADP-ANALYSE, DAGENS SITUASJON	1:500
223		PROFIL 2I, AFI-ANALYSE, DAGENS SITUASJON	1:500
230		PROFIL 2D TIL 2H, VURDERING AV TERRENGHELNING	1:1500

VEDLEGG:

- 1 ROS-analyse Skjennom – Sone 730 Skjennom (revidert soneavgrensning)
- 2 ROS-analyse Skjennom – Sone 1886 Lunder

1 INNLEDNING

1.1 Prosjekt

NVE ønsker vurdering av følgende kvikkleiresoner i Trøgstad kommune; 730 Skjennom, 744 Raknerud, 746 Sørby og 749 Skjønhaug.

GeoStrøm har utført grunnundersøkelser for prosjektet i perioden 2013-2015^[4,5]. Omfanget av de utførte grunnundersøkelsene er satt opp av Rambøll, og er planlagt for å sørge for tilstrekkelig grunnlag til å vurdere områdestabiliteten.

Rambøll har utført en vurdering av erosjon i sonen^[11], samt utarbeidet en parameterrapport^[10]. Rambølls parameterrapport har vært igjennom uavhengig kontroll, utført av NGI^[12].

1.2 Oppdrag

Rambøll Norge AS, avd. Geo og Miljø har fått i oppdrag å utarbeide borplan for supplerende grunnundersøkelser og utrede kvikkleiresonene.

Områdestabilitet skal utredes i henhold til NVEs retningslinjer 2/2011: Flaum- og skredfare i arealplaner – *Veileder for vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med sprøbruddegenskaper.*^[1]

1.3 Innhold

Denne rapporten tar for seg utredning av eksisterende faresone 730 Skjennom. Soneavgrensning og soneoppdeling er vurdert, samt stabilitetsforhold og stabiliserende tiltak i eksisterende sone. Eksisterende sone anbefales delt opp i revidert sone 730 Skjennom og 1886 Lunder.

1.4 Revisjon

Dette er revisjon 01 av rapporten. Revisjon 00 av rapporten ble oversendt til uavhengig kontrollør for kommentarer. Revisjon 01 er justert etter uavhengig kontroll.

2 GEOTEKNISKE PARAMETRE

Det vises til parametervalg i G-rap-001 6130582 Parameterrapport, rev.02, datert 01.04.2016.

For motfyllinger er det benyttet $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$, $\varphi=33^\circ$ og attraksjon=0. Dette kan tilsvare komprimert tørrskorpeleire eller sandmaterialer. Parametere må vurderes ved detaljprosjektering av hvert enkelt tiltak.

3 GRUNNFORHOLD, TOPOGRAFI OG GRUNNVANN

3.1 Grunnundersøkelser

Det vises til grunnundersøkelser utført av GeoStrøm^[4,5]. Rambøll har også fått tilgang til resultater fra boringer utført i forbindelse med regional kartlegging^[19]

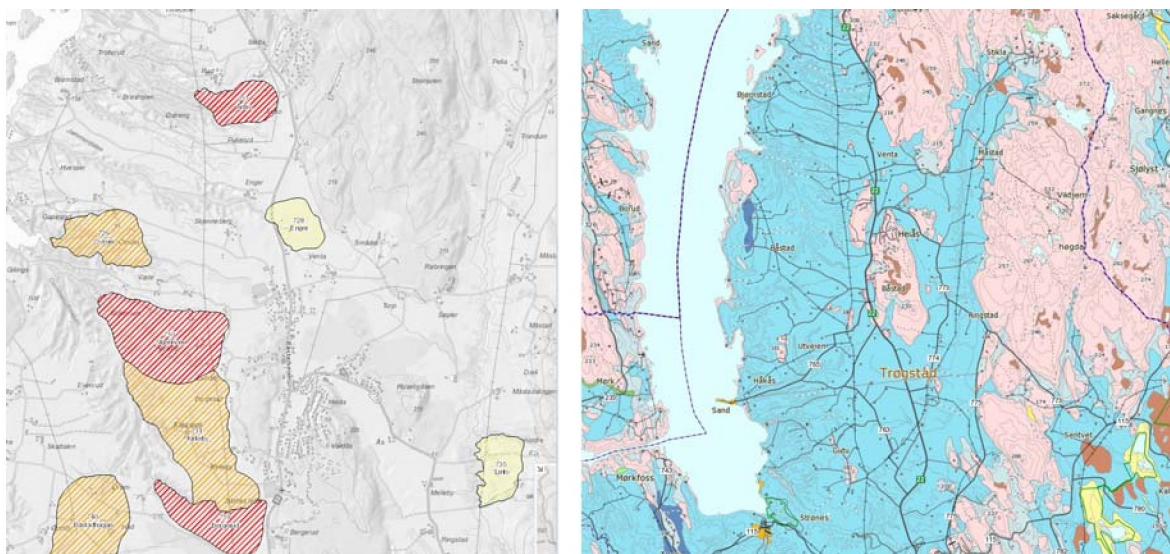
Plassering av borpunkter er vist på situasjonsplan, tegning 204. Plassering av punktene fra ref. /19/ er ikke eksakt.

3.2 Topografi

Eksisterende sone begrenses av bekker i nord og vest. Nordvest i sonen er det registrert berg i dagen. Det er høydeforskjeller på opp til ca. 23 meter mot bekkedalene i midtre og vestre del av sonen.

3.3 Grunnforhold

Kvartærgeologisk kart indikerer tykk havavsetning. Marin grense i det aktuelle området er på ca. kote +205. Figur 1 viser avgrensning av eksisterende faresone samt utsnitt fra kvartærgeologisk kart.



Figur 1 Eksisterende faresone og kvartærgeologisk kart. Skrednett og NGU (26.11.2015)

Grunnundersøkelser viser at løsmassene i hovedsak består av tørrskorpe over leire, stedvis kvikk. Vest i eksisterende sone er det antatt kvikkleire ca. åtte meter under bekken og ca. 17 meter under terreng i punkt 2-9. Dette vurderes å være dypere enn skredfarlig nivå. Midt i sonen er det påvist leire med sprøbruddsegenskaper fra ca. fem meter under ravinebunn og dypere. Det er generelt ikke påvist sprøbruddsmaterialer i nivåer over ravinebunn. Det er ikke påvist leire med sprøbruddsegenskaper i skredfarlig nivå i den vestlige delen av eksisterende sone (borpunkt 2-4 til 2-11).

For vurderinger av valg av profil, materialparametere og lagdeling henvises det til utarbeidet parameterrapport.^[10]

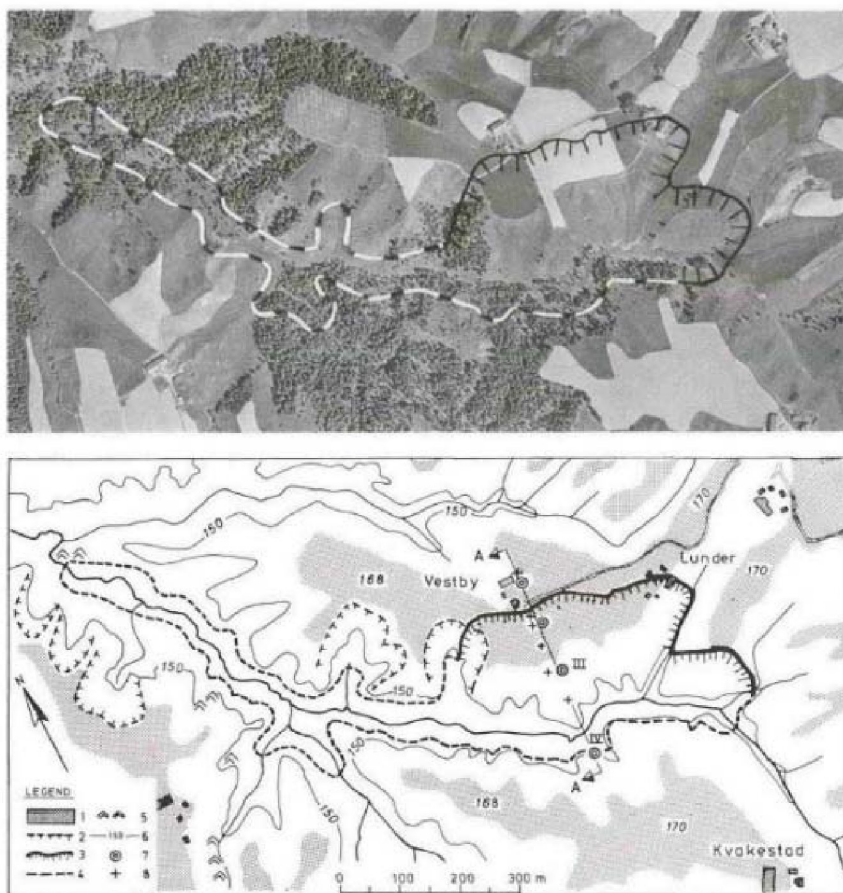
3.4 Poretrykksforhold

Det er registrert poreundertrykk i alle målepunktene (punkt 2-1, 2-7 og 2-11). Poretrykksutviklingen er ca. 20 – 60 % av hydrostatisk dersom en antar at grunnvannstanden står i underkant av tørrskorpen. Antatt grunnvannstand baserer seg på målt vanninnhold i opptatte prøver.

Benyttet poretrykk i beregninger er vist som poretrykksprofiler på beregningsprofilene. For detaljer angående målt poretrykk vises det til parameterrapporten.^[10]

3.5 Tidligere nyere skredhendelser

I 1974 gikk det et kvikkleireskred ved Båstad som også gikk inn i eksisterende sone 730 Skjennom. Dette ble antageligvis utløst av planeringsarbeider i skråningen i kombinasjon med stor nedbør.^[13] Skredutbredelsen var ca. 10 ganger skråningshøyden.



Figur 2 Flyfoto av området og situasjonsplan før skredet i 1974 med inntegnet skredkant^[13]

4 SONEAVGRENSING OG ROS-ANALYSE

Det har i forbindelse med arbeidene blitt vurdert soneavgrensing, oppdeling av eksisterende soner og oppretting av nye soner. Det er utført ROS-analyser for nye soner, samt evaluering av ROS-analyse for eksisterende soner. Denne rapporten tar for seg den tidligere kartlagte sonen 730 Skjennom.

4.1 Soneavgrensning

Utførte grunnundersøkelser gir grunnlag til å revidere avgrensningen av sone 730 Skjennom. Foreslått soneavgrensning er en oppdeling i to nye soner, som totalt sett reduserer omfanget i forhold til dagens sone.

For soneavgrensing av aktsomhetssoner for kvikkleireskred er det i henhold til /1/ tatt utgangspunkt i maksimal skredutbredelse tilsvarende 1:15, hvor H er skråningshøyde i skråninger med kvikkleire i dybde som kan medføre skredfare. Det er vurdert at kvikkleire som ligger dypere enn $1,5 \times H$ fra skråningstopp ikke medfører fare for større kvikkleireskred. Det er også i noen grad lagt vekt på beregnet stabilitet hvor dette er utført. Skredet ved Båstad i 1974 hadde en skredutbredelse på ca. 10 ganger skråningshøyden. Ettersom det ikke er utført sonderinger nordøst i eksisterende sone er det likevel valgt å benytte avgrensning tilsvarende 15 ganger skråningshøyden. Det bemerkes at kartgrunnlaget har en ekvidistanse på 5 meter, og avgrensningene kan justeres ved et mer nøyaktig kartgrunnlag.

Eksisterende faresone omfatter flere ravedaler. Det er vurdert som hensiktsmessig å dele sonen opp i to mindre soner. I tillegg er det ikke antatt sprøbruddsmateriale i skredfarlig nivå i store deler av eksisterende sone.

Utløpsområdet er vurdert i henhold til /14/. Det er under 40 % av sprøbruddsmateriale i kritisk glideflate og lagdelingen er relativ horisontal. Utløpsdistansen vurderes å tilsvare $0,5 \times$ løsnedistansen ettersom antatt bruddmekanisme er rotasjonsskred uten videre retrogressiv skredutvikling.

Forslag til ny soneinndeling er vist på tegning 201, 202 og 203.

4.1.1 Faresone 730 Skjennom (justert soneavgrensning)

Faresone 730 ligger i nordøstre del av eksisterende sone. Avgrensningen i nord og sør følger ravinebunnen. Mot øst følger avgrensningen en avstand på ca. $15 \times$ skråningshøyde. Potensielt utløp i sone 730 er mot nord og sør. Begge utløpsområdene er i relativt trange raviner. Se profil 2D, 2E og 2F for vurdering av avgrensning av faresonen.

4.1.2 Faresone 1886 Lunder

Faresone 1886 ligger i sørøstre del av eksisterende sone. Avgrensningen i nord følger ravinebunnen. I vest avgrenses sonen ved en innsnevring av ravinryggen. I sør og øst er det benyttet en avgrensning tilsvarende $15 \times H$. Potensielt utløp i sone 1886 er mot nord, nordvest og sør. Utløpene mot nord og nordvest er i trange raviner, mens utløpet mot sør er mot et åpent område.

Se profil 2G og 2H for vurdering av avgrensning av faresonen.

4.1.3 Utenfor nye faresoner

Det er ikke påvist sprøbruddsmateriale vestlige deler av eksisterende sone bebyggelsen i sør (punkt 2-4 til 2-8). Det er antatt sprøbruddsmateriale i punkt 2-9 og 2-10, men dette er kun dypere enn det som ansees som skredfarlig nivå. De vestlige områdene er dermed ikke markert som en faresone for kvikkleireskred.

4.2 ROS-analyse

Det er utført en ROS-analyse for hver av de foreslåtte kvikkleiresonene i henhold til. /12/. Ettersom det er mistet to sylindre under opptak av prøver i punkt 2-2 er det valgt å benytte en faregrad score på 3 istedenfor 2 for vurdering av sensitiviteten til leira. Resultatene fra analysene er presentert i vedlegg 1 og 2.

4.2.1 Faresone 730 Skjennom (justert soneavgrensning)

Konsekvensklassen er satt til **Mindre alvorlig**. Det er to gårdsbruk i sonen.

Vurderingene baserer seg på profil 2B. Rett vest for profil 2B er skrånningen noe høyere enn profil 2B. Det er tatt hensyn til dette i ROS-analysen.

Faregrad er vurdert til **Middels**. En erosjonsvurdering av bekkene i området, ref. /14/, viste at det er ingen til litt erosjon nord i sonen og ingen til noe erosjon sør i sonen.

Vurdert konsekvens og faregrad medfører at faresone 730 klassifiseres i **Risikoklasse 2**.

4.2.2 Faresone 1886 Lunder

Konsekvensklassen er satt til **Mindre alvorlig**. Det er ett gårdsbruk i sonen.

Vurderingene baserer seg på profil 2B.

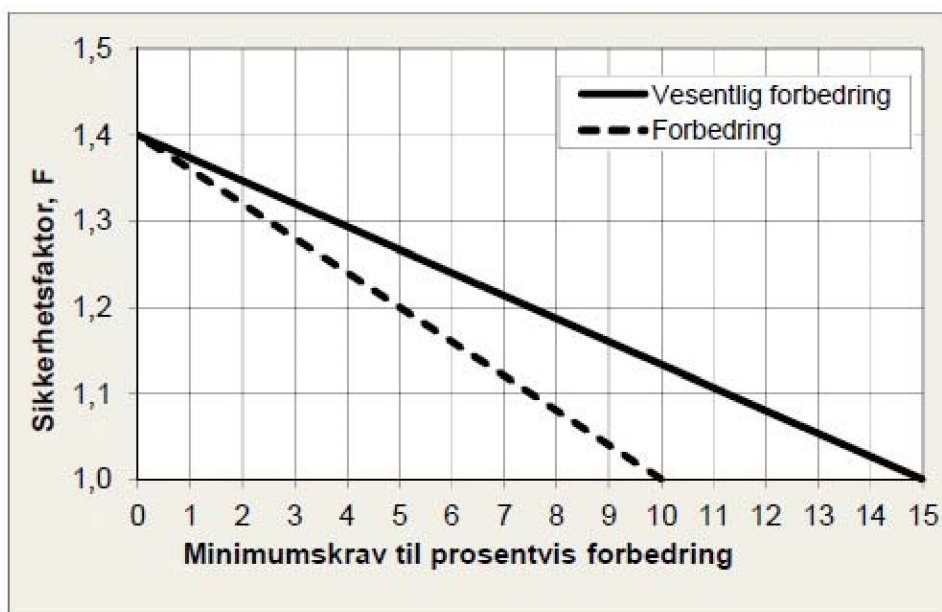
Faregrad er vurdert til **Middels**. En erosjonsvurdering av bekkene i området, ref. /14/, viste at det er ingen til noe erosjon i bekken nord i sonen.

Vurdert konsekvens og faregrad medfører at faresone 1886 klassifiseres i **Risikoklasse 2**.

5 STABILITETSANALYSER

Stabilitetsanalyser er utført med stabilitetsmodul i GeoSuite Toolbox.

Krav til sikkerhet er gitt av NVEs veileder for tiltak i kvikkleiresoner. Kravet blir bestemt av tiltakskategori (K0-K4) for nytt tiltak i sonen og faregrad for kvikkleiresonen. I en utredning som vurderer stabilitet og mulige tiltak for eksisterende bebyggelse er kravene til %-vis forbedring kun benyttet som retningslinje. Sone 730 Skjennom og 1886 Lunder er vurdert med faregrad middels.



Figur 2: Minimumskrav til prosentvis forbedring ved topografiske endringer /1/

5.1 Totalspenningsanalyse (ADP-analyse)

Resultater fra ADP-analyse er gitt i tabell 1.

Tabell 1 Resultater fra ADP-analyse

Dagens situasjon				
Tegningsnummer	Profil	Sikkerhetsfaktor	Krav til forbedring	Kommentar
210	2B (Sone 730)	1,23	0 % (K3) 4,25 %, F=1,28 (K4)	
	2B (sone 1886)	1,09	7,75 %, F=1,17 (K3 og K4)	
220	2I (Sone 730)	1,02 og 1,11	9,5 % og 7,25 %, F=1,12 og 1,19 (K3 og K4)	
Utbedret situasjon				
Tegningsnummer	Profil	Sikkerhetsfaktor	Krav til forbedring	Kommentar
222	2I (sone 730)	1,23 og 1,19	-	Motfylling

5.2 Effektivspenningsanalyse

Resultater fra effektivspenningsanalysene er gitt i tabell 2.

Tabell 2 Resultater fra AFI-analyse

Dagens situasjon				
Tegningsnummer	Profil	Sikkerhetsfaktor	Krav til forbedring	Kommentar
211	2B (Sone 730)	1,55	-	Glidefalte i sprøbruddsmateriale
	2B (Sone 1886)	1,43	-	Glidefalte i sprøbruddsmateriale
221	2I (Sone 730)	1,26 og 1,38	3,5 % og 0,5 %, F=1,30 og 1,39 (K3 og K4)	
Utbedret situasjon				
Tegningsnummer	Profil	Sikkerhetsfaktor	Krav til forbedring	Kommentar
223	2I (sone 730)	1,75 og 1,57	-	Motfylling

6 GEOTEKNISKE VURDERINGER

6.1 Sone 730 (Stabilitetsberegning i profil 2B og 2I)

Profil 2B og 2I ligger i sørvestre del av revidert sone 730 og antas å representere situasjonen mot bekken sør i foreslått sone. Det er registrert *ingen* til *noe* erosjon langs denne bekken. Under befaringen var det meget lite vannføring i bekken. Total skråningshøyde er henholdsvis ca. 18 og 23 meter. Gjennomsnittlig skråningshelning i nedre del er ca. 1:2,5.

6.1.1 Skredmekanisme og utløsningsmekanisme

I profil 2B er beregnet noe lav sikkerhet mot utglidning i udrenert situasjon ($\gamma_M > 1,2$) og god stabilitet i drenert situasjon ($\gamma_M > 1,5$), se tegning 210 og 211. I profil 2I er det beregnet lav

sikkerhet mot utglidning i udrenert situasjon ($\gamma_M > 1,0$) og noe lav stabilitet i drenert situasjon ($\gamma_M > 1,2$), se tegning 220 og 221. Mot bekken ved nordlig avgrensning er skråningshøyden ca. 5 meter og stabiliteten antas å være bedre enn i profil 2B.

I punkt 2-2 er det påvist sprøbruddsmateriale fra ca. fire meter under terreng nært ravinebunnene, men det er ikke antatt sprøbruddsmateriale over ravinebunnen. I nedre del av profil 2I er det i beregningene lagt inn kvikkleire nært terreng. Det er ikke utført grunnundersøkelser som viser at kvikkleira ligger så grunt. Men basert på nivået av påvist sprøbruddsmateriale i punkt 2-2 kan dette ikke utelukkes.

Registrert erosjon kan ha betydning for stabiliteten av dagen skråning dersom kvikkleira ligger grunt under terreng. Det antas som mest sannsynlig at eventuelle skred vil bli utløst av anleggsvirksomhet. Potensielle utløsningsmekanismer kan være oppfyllinger på topp av skråninger, utgravinger ved skråningsfot eller endringer i grunnvannsstrømmene.

6.1.2 Stabiliserende tiltak

Det er påvist lav stabilitet i dagens situasjon og det er en risiko at sprøbruddsmateriale ligger nært ravinebunnen. Derfor anbefales det å utføre supplerende undersøkelser for å vurdere beliggenheten av sprøbruddsmaterialet. Dersom disse undersøkelsene viser at kvikkleira ligger nært ravinebunnen anbefales det å utføre stabiliserende tiltak i form av en motfylling i bunnen av ravinen. Skissert omfang til anbefalt tiltak er vist på tegning 205. Dersom de supplerende undersøkelsene viser at det ikke er sprøbruddsmateriale før ca. tre meter under terreng ansees det som ikke nødvendig å utføre stabiliserende tiltak for dagens situasjon.

Dersom området skal reguleres for utbygging (K3 eller K4-tiltak) må det utføres stabiliserende tiltak. Før dette prosjekteres, anbefales det å utføre supplerende undersøkelser for å kunne optimalisere stabiliserende tiltak.

6.2 Sone 1886 (Profil 2B)

Profil 2B ligger i nordvestre del av sone 1886 og antas å representere situasjonen mot bekken nord i foreslått sone. Det er registrert *ingen* til *noe* erosjon langs denne bekken. Under befaringen var det meget lite vannføring i bekken. Total skråningshøyde er ca. 15 meter. Gjennomsnittlig skråningshelning i nedre del er ca. 1:3.

Mot området i sør er skråningshøyden ca. 10 meter med helning på ca. 1:6. Dette området ligger i ytterkanten av skredet som gikk i 1974. Stabiliteten antas å være bedre enn i profil 2B på grunn av gunstigere topografi.

6.2.1 Skredmekanisme og utløsningsmekanisme

I profil 2B er det beregnet lav sikkerhet mot utglidning i udrenert situasjon ($\gamma_M = 1,09$) og tilstrekkelig stabilitet i drenert situasjon ($\gamma_M > 1,4$), se tegning 210 og 211.

Det er påvist sprøbruddsmateriale fra ca. fire meter under terreng nært ravinebunnene, men det er ikke antatt sprøbruddsmateriale over ravinebunnen.

Registrert erosjon forventes ikke å ha stor betydning for stabiliteten av dagen skråning. Det antas som mest sannsynlig at eventuelle skred vil bli utløst av anleggsvirksomhet. Potensielle utløsningsmekanismer kan være oppfyllinger på topp av skråninger, utgravinger ved skråningsfot eller endringer i grunnvannsstrømmene.

6.2.2 Stabiliserende tiltak

Ettersom det er påvist god stabilitet i drenert situasjon, vurderes det at det ikke er behov for sikringstiltak for å sikre dagens bebyggelse.

Dersom området skal reguleres for utbygging (K3 og K4-tiltak) må det påregnes å utføre stabiliserende tiltak. Før dette prosjekteres, anbefales det å utføre supplerende undersøkelser for å kunne optimalisere stabiliserende tiltak.

7 KONKLUSJON

Rambøll har utført en utredning av eksisterende faresone 730 Skjennom med hensyn på kvikkleireskred.

Basert på utførte grunnundersøkelser og vurderinger er det foreslått at sonen deles opp i to mindre soner, samt at deler av området vurderes ikke å være skredutsatt for kvikkleireskred. Utstrekningen av faresonene kan antageligvis justeres noe dersom det foretas supplerende grunnundersøkelser og det foreligger et mer nøyaktig kartgrunnlag.

ROS-analysene av de reviderte faresonene medfører at sonene nedjusteres fra faregrad høy til middels. Nedjusteringen skyldes hovedsakelig at de høyeste skråningene ikke ligger i denne delen av sonen, samt at det er registrert et poreundertrykk.

Det er beregnet lav stabilitet for dagens situasjon i justert sone 730, samt at det er knyttet usikkerhet til beliggenheten av sprøbruddsmateriale ved ravinebunnen. Det er foreslått å utføre supplerende grunnundersøkelser for å vurdere behovet for stabiliserende tiltak i sone 730.

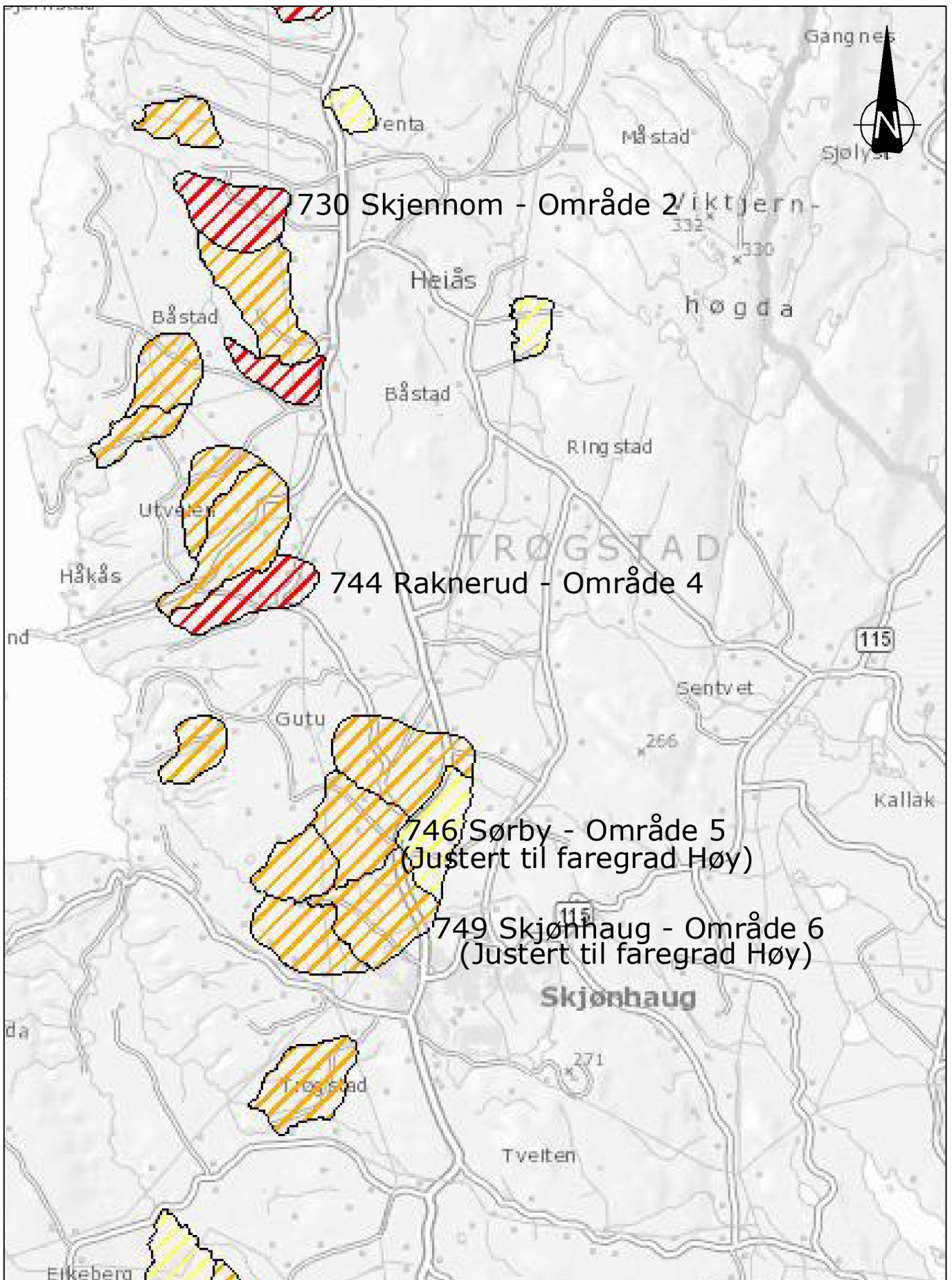
Det er ikke foreslått å utføre stabiliserende tiltak i sone 1886 for dagens situasjon.

Det er behov for stabiliserende tiltak i sonene dersom det planlegges K3- eller K4-tiltak. Omfanget av disse er ikke vurdert i denne rapporten.

Krav til utredning og stabiliserende tiltak for ny bebyggelse i sonene er styrt av NVEs veileder /1/.

8 REFERANSER

1. NVE Retningslinjer 2/2011: "Flaum- og skredfare i arealplaner", med Veileder 7/2014 "Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper".
2. Statens vegvesen håndbok 016. Geoteknikk i vegbygging rev. juni 2010.
3. Norges geotekniske institutt. Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred Trøgstad kommune. Rapportnr. 20001008-37 rev 1. Datert 20.03.2006.
4. Geo Strøm AS. Grunnundersøkelser i fire kvikkleiresoner i Trøgstad kommune. Rapportnr. 1022/R1. Datert 25.3.2014
5. Geo Strøm AS. Grunnundersøkelser i fire kvikkleiresoner i Trøgstad kommune. Rapport nr. 1022/R2. Datert 30.05.2015.
6. Karlsrud, K., Lunne, T, Kort, D.A. & Strandvik, S. 2005. CPTU correlations for clays. Proceedings, ICSMGE, Osaka, 2005: 693 - 702.
7. NGF melding nr. 5, rev. 3, 2010. Veiledning for utførelse av trykksondering.
8. NIFS. Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire. Rapport 14/2014. En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer.
9. NGI-rapport 20001008-2, Program for økt sikkerhet mot leirskred: Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Revisjon 3., datert 08.oktober 2008.
10. Rambøll. Geoteknisk rapport. Parameterrapport. Trøgstad- utredning av kvikkleiresoner. 730 Skjennom, 744 Raknerud, 746 Sørby og 749 Skjønhaug. Rapportnr. 6130582-R01 rev 2. Datert 01.04.2016.
11. Rambøll. Geoteknisk rapport. Erosjonsrapport - Sone 730 Skjennom. Rapportnr. 6130582-R06. Datert 08.07.2015.
12. NGI. Tredjepartskontroll, geoteknisk utredning av kvikkleiresoner i Trøgstad kommune. Tredjepartskontroll av parameterrapport. Dokumentnr. 20130449-02-TN. Datert 03.10.2014.
13. NGI. Publikasjon 128. Gregersen, O og Løken, T. 1974.
14. NIFS. Rapport 14/2016. Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred. Datert 2016.
15. NGI. Resultater fra grunnundersøkelser ved regional kvikkleirekartlegging. Rapport nr. 84068-2. Datert 1986.



0	09.06.2014		TFK	MTV	OBD
Rev.	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godkj

Oppdrag nr. 6130582 Målestokk: 1:50 000 Status:

Utredning av kvikkleiresoner i Trøgstad
NVE - Region Øst

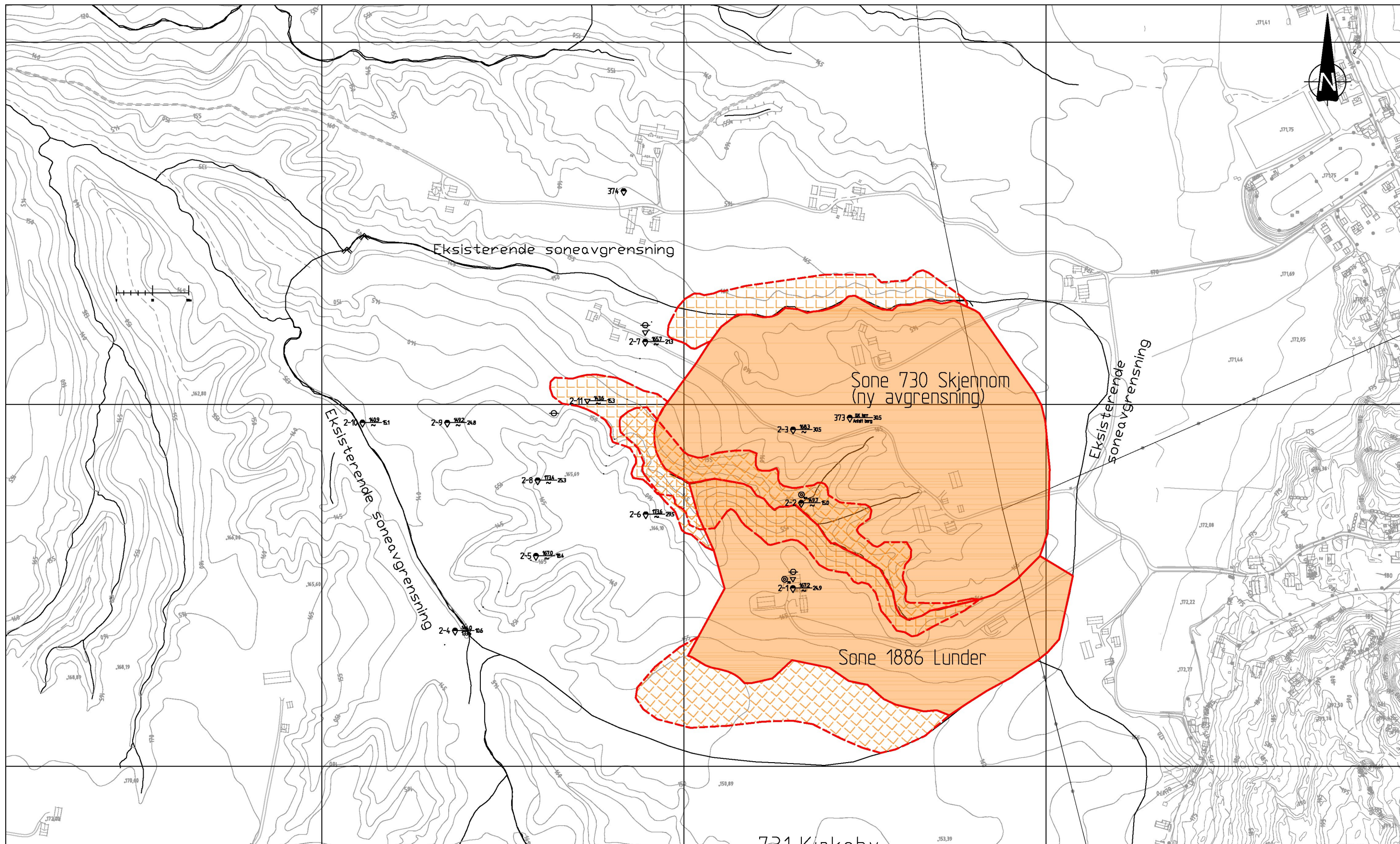
Oversiktskart

Faregrad (Rød = Høy, Oransje = Middels, Gul = Lav)

RAMBOLL

Rambøll AS - Region Midt-Norge
P.b. 9420 Sluppen
Mellomila 79, N-7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60

Tegning nr. 101 Rev. 0



TEGNFORKLARING

Boring type (symbol)	⊕ Totalsondering	⊖ Poretrykksmåler	⚡ Fjellkontrollboring
Borpunkt nr.	⊕ Terrengekote	⊕ Dreietrykksondering	⚡ Ramsondering
	⊕ Fjellkote	⊕ Trykksondering (CPTU)	⊕ Enkel sondering
		⊕ Prøveserie	⊕ Fjell i dagen
		⊕ Vingebooring	
		⊕ Dreiesondering	
		⊕ Prøvegrop	

Boredybde i løsmasse + boring i fjell (m)

00	29.03.2016		MTV	TFK	OBD
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

RAMBOLL
 Rambøll AS - Region Midt-Norge
 P.b. 9420 Sluppen
 Mellomila 79, N-7493 Trondheim
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
 www.ramboll.no

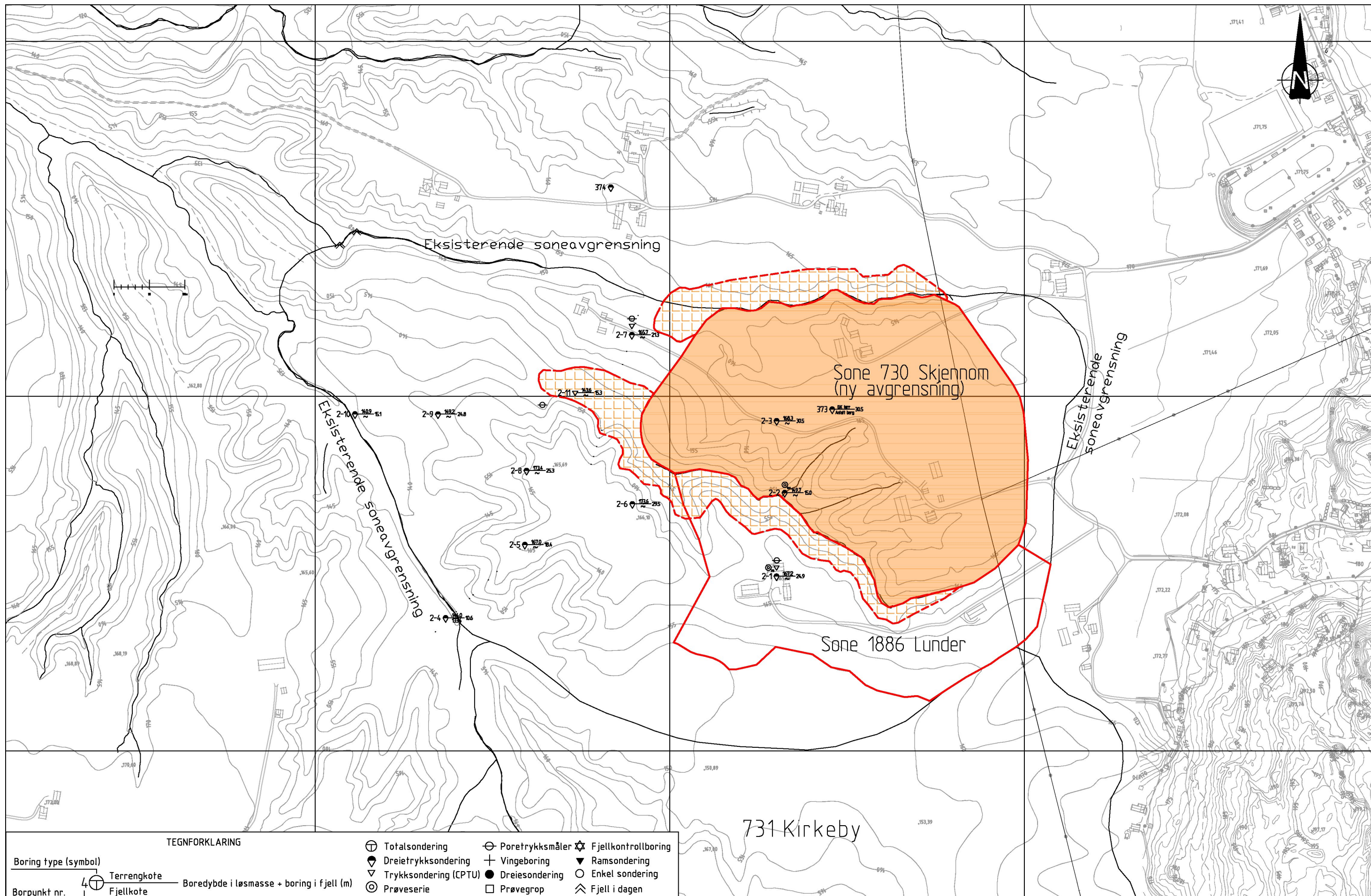
OPPDRAG
 Trøgstad, kvikkleireutredning

OPPDRAGSGIVER
NVE - Region Øst

INNHOOLD
Situasjonsplan
 730 Skjennom og 1886 Lunder

■ Faresone (middels)
 ■ Utløpsområde

OPPDRAG NR. 6130582	MÅLESTOKK 1:5000 (A3)	BLAD NR.	AV
		TEGNING NR. 201	REV. 00



TEGNFORKLARING

Boring type (symbol)

Borpunkt nr. 4

Terrengekote

Fjellkote

Boreddybde i løsmasse + boring i fjell (m)

- ⊕ Totalsondering
- ⊖ Dreietrykkssondering
- ▽ Trykksondering (CPTU)
- ⊙ Prøveserie
- ⊖ Poretrykksmåler
- ⊕ Vingeboring
- Dreiesondering
- Prøvegrop
- ⊗ Fjellkontrollboring
- ▼ Ramsondering
- Enkel sondering
- ⋈ Fjell i dagen

01	10.03.2016	Revidert utløpsområde	MTV	TFK	TFK
00	08.12.2015		MTV	TFK	OBD
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

RAMBOLL

Rambøll AS - Region Midt-Norge
 P. b. 9420 Sluppen
 Mellomila 79, N-7493 Trondheim
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
 www.ramboll.no

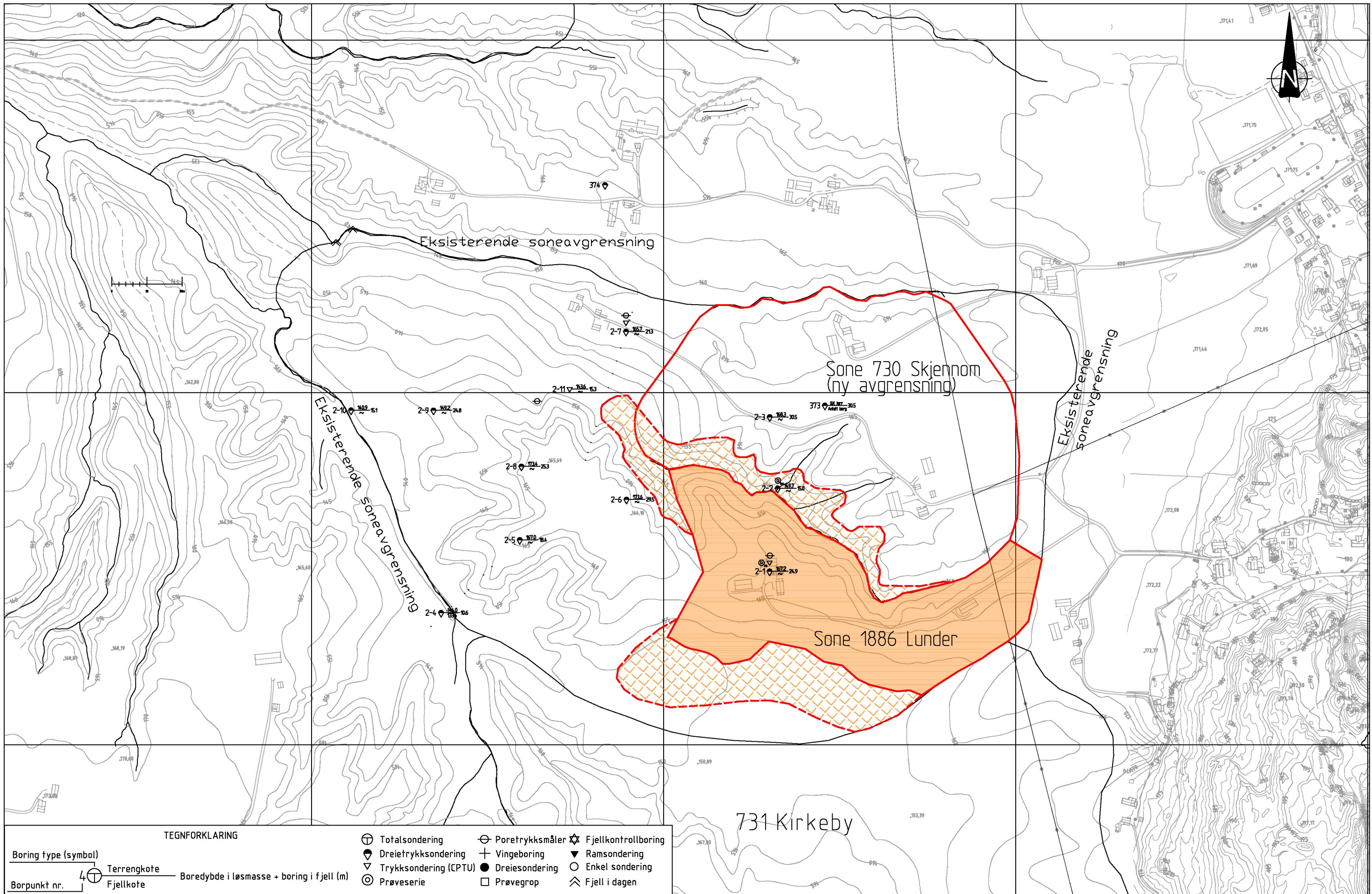
OPPDRAG
 Trøgstad, kvikkleireutredning

OPPDRAGSGIVER
NVE - Region Øst

INNHOOLD
 Situasjonsplan, 730 Skjennom

- Faregrad (middels)
- ▨ Utløpsområde

OPPDRAG NR. 6130582	MÅLESTOKK 1:5000 (A3)	BLAD NR. 202	AV 01
		TEGNING NR.	REV.



TEGNFORKLARING

Boring type (symbol) 4 Terrengekote — Boreddybde i løsmasse + boring i fjell (m)
 Borpunkt nr. 4 Fjellkote

- ⊕ Totalsondering
- ⊖ Dreietrykkssondering
- ▽ Trykksondering (CPTU)
- ⊙ Prøveserie
- ⊖ Poretrykksmåler
- + Vingebooring
- Dreiesondering
- Prøvegrop
- ⚡ Fjellkontrollboring
- ▼ Ramsøndering
- Enkel sondering
- ⚡ Fjell i dagen

01	10.03.2016	Revidert utløpsområde	MTV	TFK	TFK
00	08.12.2015		MTV	TFK	OBD
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

RAMBOLL
 Rambøll AS - Region Midt-Norge
 P.b. 9420 Sluppen
 Mellomila 79, N-7493 Trondheim
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
 www.ramboll.no

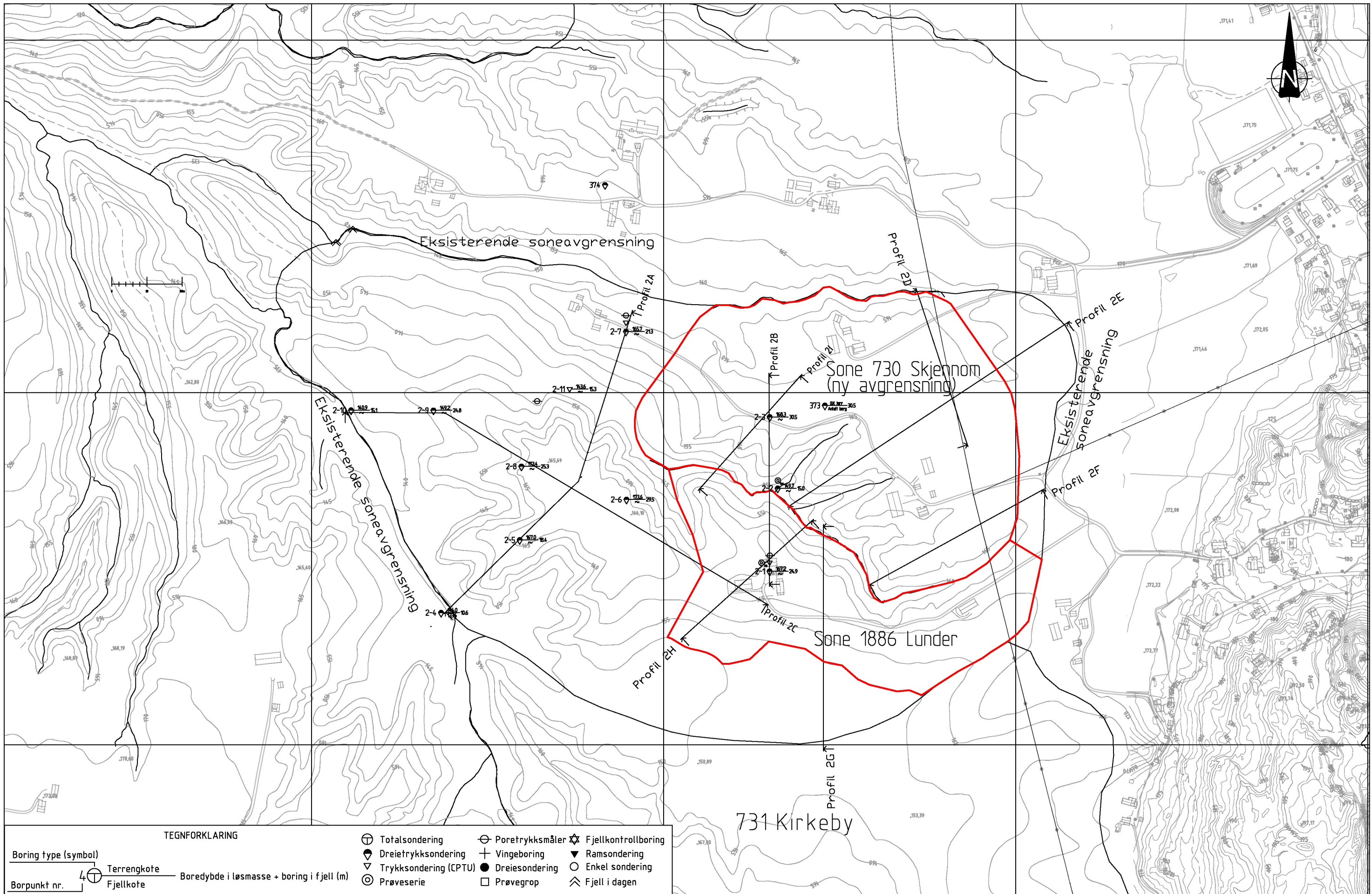
OPPDRAG
 Trøgstad, kvikkleireutredning

OPPDRAGSGIVER
NVE - Region Øst

INNHOOLD
 Situasjonsplan, 1886 Lunder

- Faregrad (middels)
- Utløpsområde

OPPDRAG NR. 6130582	MÅLESTOKK 1:5000 (A3)	BLAD NR. AV
TEGNING NR. 203		REV. 01



TEGNFORKLARING

Boring type (symbol) 4 Terrengekote — Boreddybde i løsmasse + boring i fjell (m)
 Borpunkt nr. 4 Fjellkote

- ⊕ Totalsondering
- ⊖ Dreietrykkssondering
- ⊙ Trykksondering (CPTU)
- ⊗ Prøveserie
- ⊕ Poretrykksmåler
- + Vingeboring
- Dreiesondering
- Prøvegrop
- ⊗ Fjellkontrollboring
- ▼ Ramsøndering
- Enkel sondering
- ⋈ Fjell i dagen

00	10.03.2016								
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ	MTV	TFK	OBD	
TEGNINGSSTATUS									

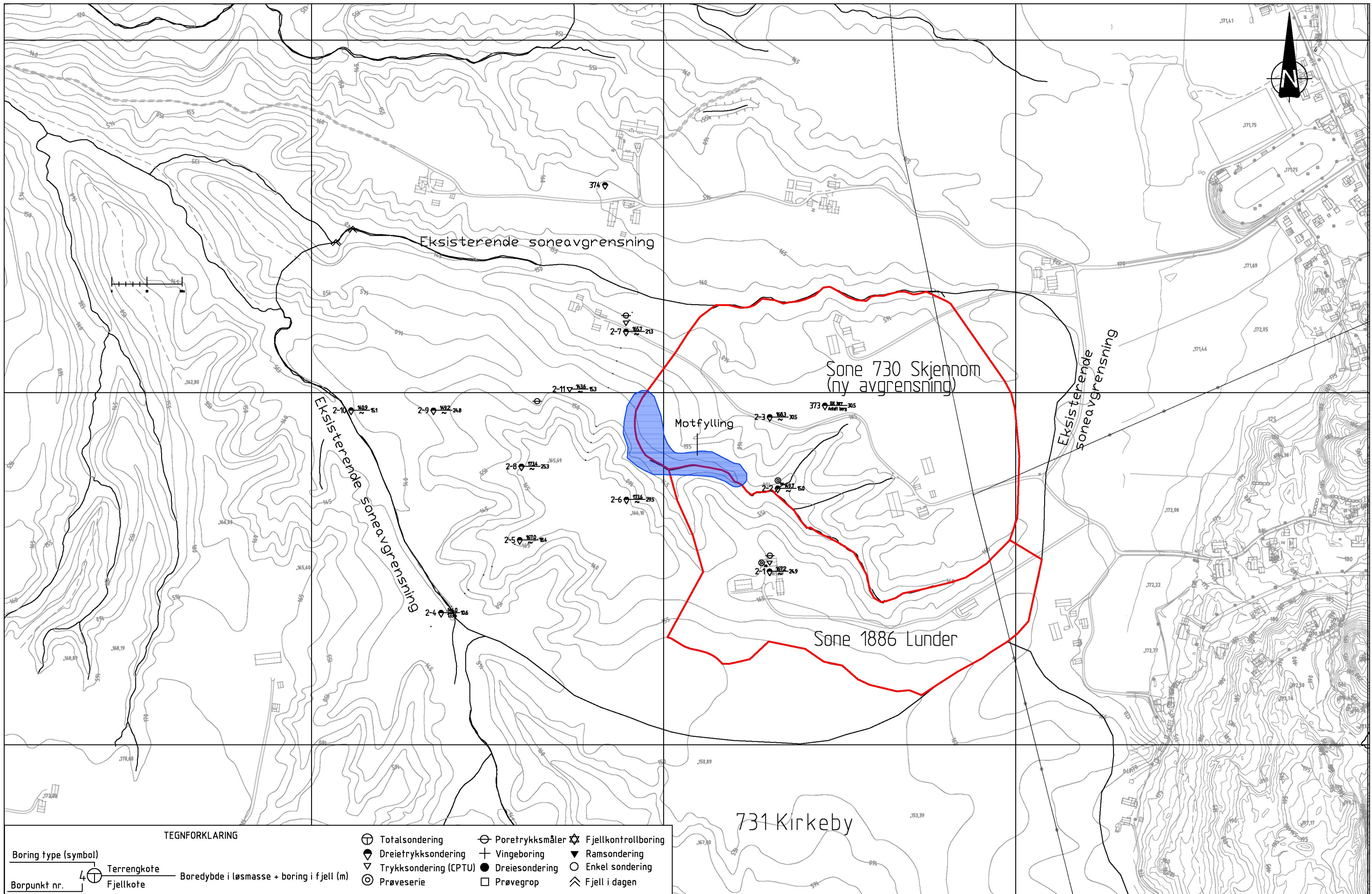
RAMBOLL
 Rambøll AS - Region Midt-Norge
 P. b. 9420 Sluppen
 Mellomila 79, N-7493 Trondheim
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
 www.ramboll.no

OPPDRAG
 Trøgstad, kvikkleireutredning

OPPDRAGSGIVER
NVE - Region Øst

INNHOOLD
Situasjonsplan
 730 Skjenom og 1886 Lunder
 Terrengprofiler

OPPDRAG NR. 6130582	MÅLESTOKK 1:5000 (A3)	BLAD NR.	AV
		TEGNING NR. 204	REV. 00



TEGNFORKLARING

Boring type (symbol)	Terrengekote	Boredybde i løsmasse + boring i fjell (m)
Borpunkt nr.	Fjellkote	

- | | | |
|-------------------------|-------------------|-----------------------|
| ⊕ Totalsondering | ⊖ Poretrykksmåler | ⚙ Fjellkontrollboring |
| ⊕ Dreietrykksondering | + Vingebooring | ▼ Ramsondering |
| ▽ Trykksondering (CPTU) | ● Dreiesondering | ○ Enkel sondering |
| ⊙ Prøveserie | □ Prøvegrop | ⚡ Fjell i dagen |

00	10.03.2016		MTV	TFK	OBD
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

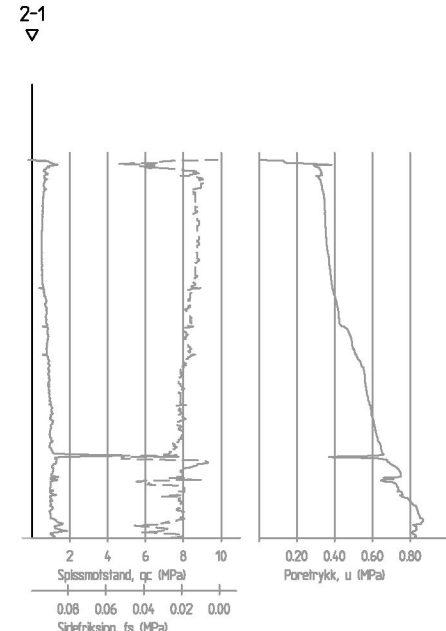
RAMBOLL
 Rambøll AS - Region Midt-Norge
 P.b. 9420 Sluppen
 Mellomila 79, N-7493 Trondheim
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
 www.ramboll.no

OPPDRAG
 Trøgstad, kvikkleireutredning

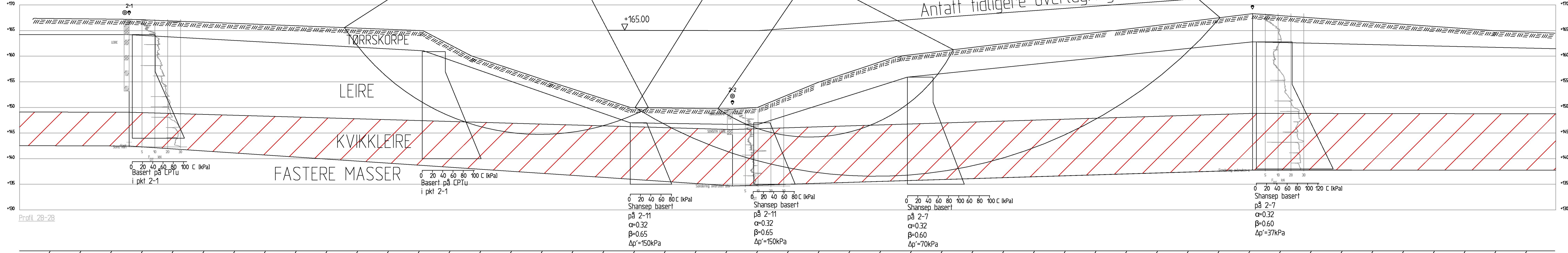
OPPDRAGSGIVER
NVE - Region Øst

INNHold
Situasjonsplan, 730 Skjennom
 ■ Anbefalt motfylling for sikring av eksisterende bebyggelse

OPPDRAG NR. 6130582	MÅLESTOKK 1:5000 (A3)	BLAD NR. 205	AV 00
TEGNING NR.		REV.	



Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpeleire	1	20.00	30.0	0.0				
Leire	2	19.20	---	---	C-profil	1.00	0.66	0.38
Kvikkleire	3	19.20	---	---	C-profil	0.85	0.66	0.38
Fastere	4	19.50	35.0	7.0				
Berg								



Profil 2B-2B

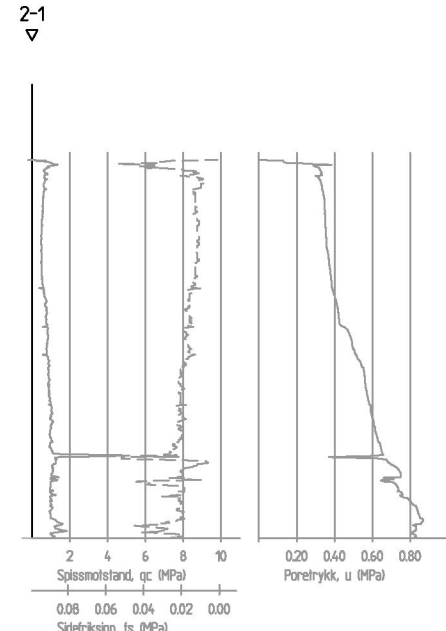
01	07.03.2016	Korrigert Shansep-verdier i punkt 2-2	MTV	TFK	TFK
00	04.12.2015		MTV	TFK	OB
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

RAMBOLL
 Ramboll AS - Region Midt-Norge
 P.b. 9420 Sluppen
 Mellomila 79, N-7493 Trondheim
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
 www.ramboll.no

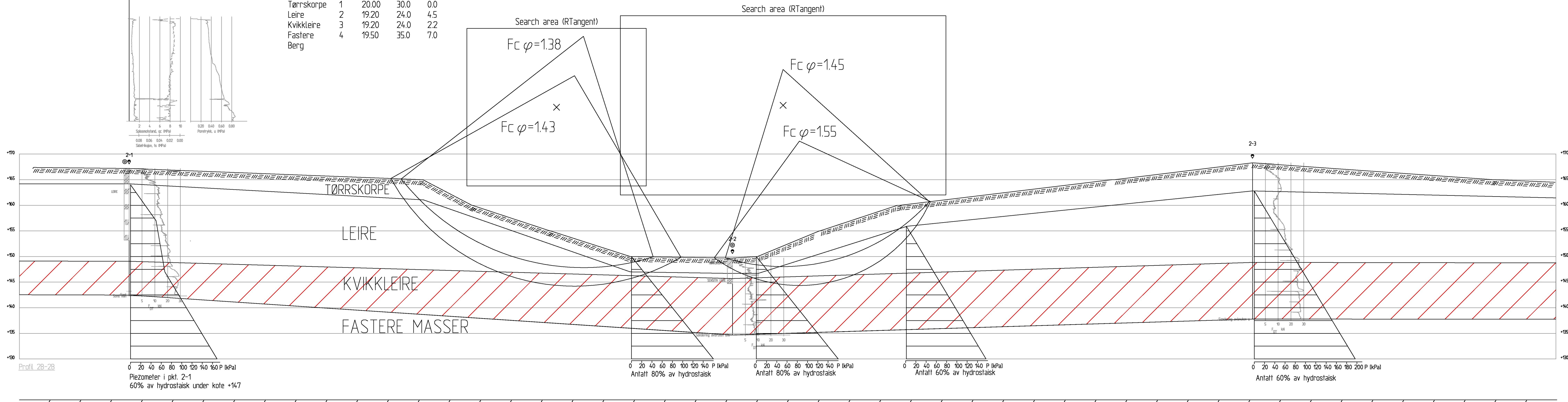
OPPDRAAG
 Trøgstad, kvikkleireutredning
 OPPDRAGSGIVER
 NVE - Region Øst

INNHOOLD
 Profil 2B
 Stabilitetsberegning
 Totalspenningsanalyse
 Dagens situasjon

OPPDRAAG NR. 6130582	MÅLESTOKK 1:400	BLAD NR. 210	AV 01
TEGNING NR.		REV.	



Material	no	Un.Weigth	Fi	C'
Tørrskorpe	1	20.00	30.0	0.0
Leire	2	19.20	24.0	4.5
Kvikkleire	3	19.20	24.0	2.2
Fastere	4	19.50	35.0	7.0
Berg				



Profil 2B-2B
Piezometer i pkt. 2-1
60% av hydrostatisk under kote +147

Antall 80% av hydrostatisk

Antall 80% av hydrostatisk

Antall 60% av hydrostatisk

Antall 60% av hydrostatisk

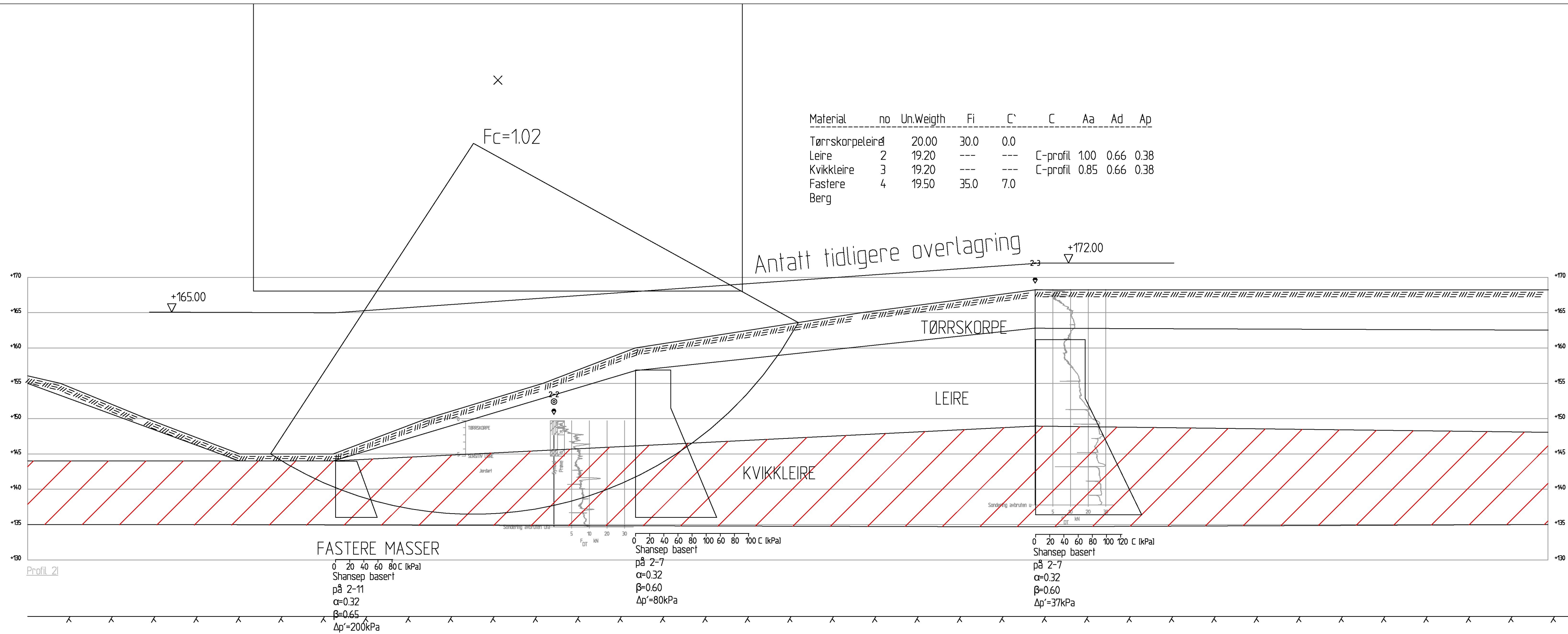
00	04.12.2015		MTV	TFK	OBD
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

RAMBOLL
Ramboll AS - Region Midt-Norge
P.b. 9420 Sluppen
Mellomila 79, N-7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
www.ramboll.no

OPPDRA
Trøgstad, kvikkleireutredning
OPPDRA GIVER
NVE - Region Øst

INNHO
Profil 2B
Stabilitetsberegning
Effektivspenningsanalyse
Dagens situasjon

OPPDRA NR. 6130582	MÅLESTOKK 1:400	BLAD NR.	AV
TEGNING NR.		211	REV. 0



00	08.03.2016		MTV	TFK	OBD
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

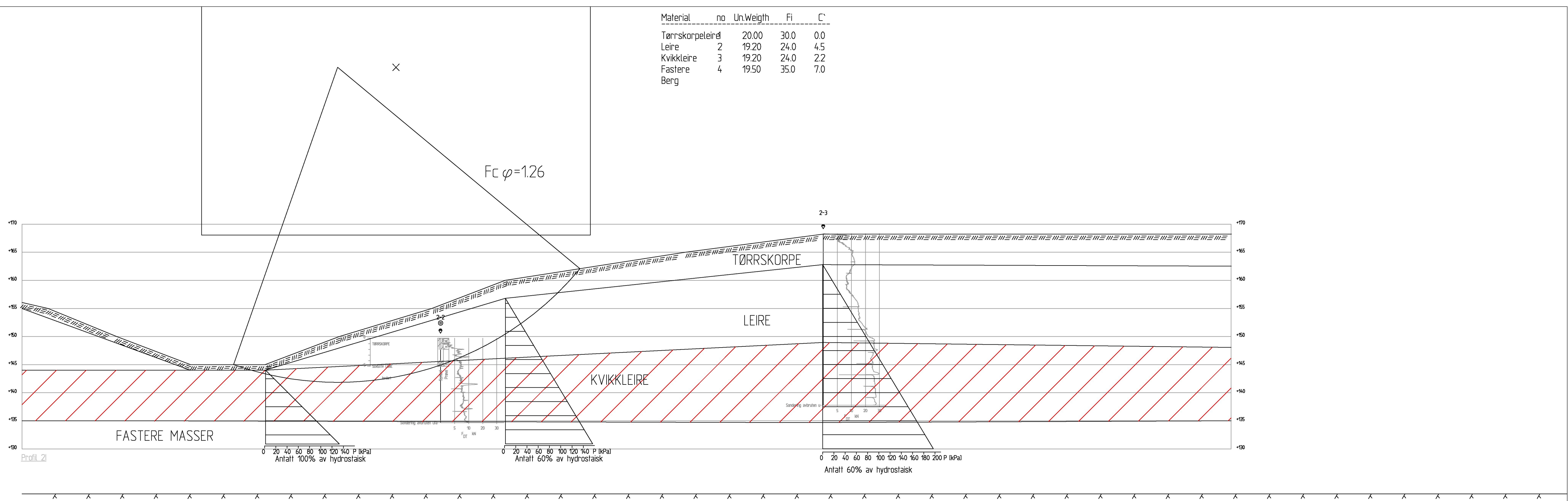
RAMBOLL
 Ramboll AS - Region Midt-Norge
 P.b. 9420 Sluppen
 Mellomila 79, N-7493 Trondheim
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
 www.ramboll.no

OPPDRA
 Trøgstad, kvikkleireutredning
 OPPDRAGSGIVER
 NVE - Region Øst

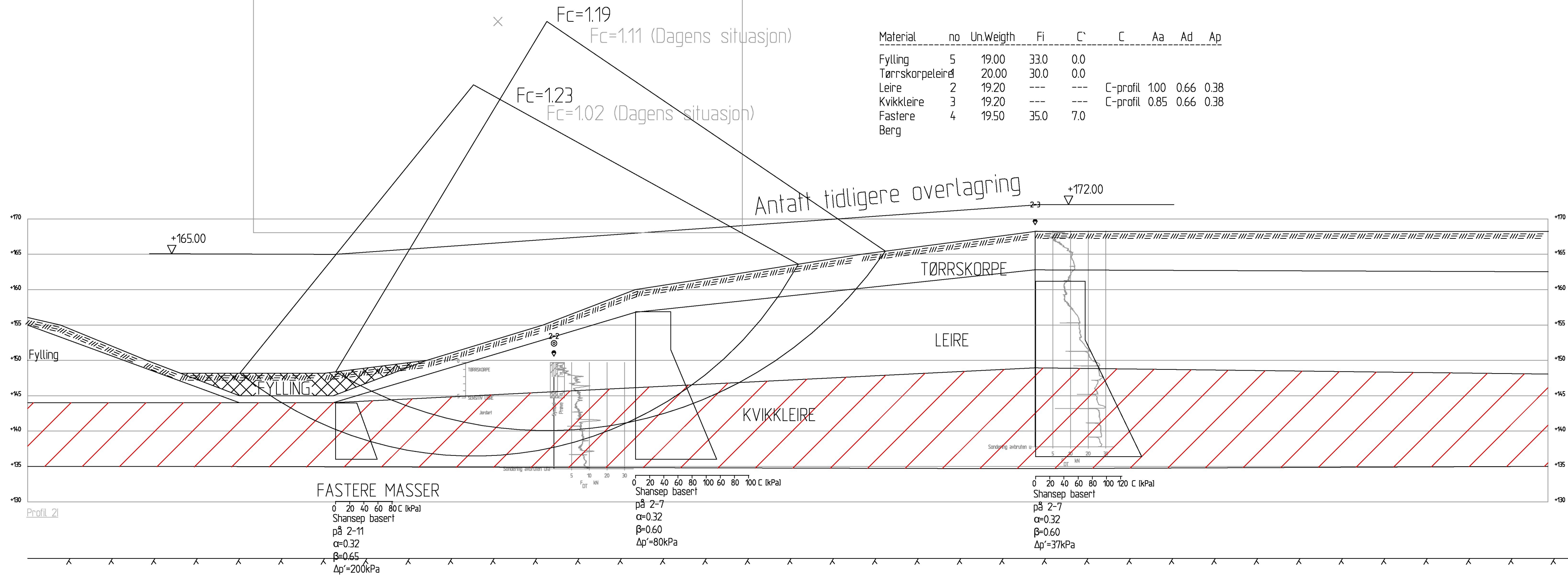
INNHO
 Profil 21
 Stabilitetsberegning
 Totalspenningsanalyse
 Dagens situasjon

OPPDRA NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
6130582	1:400		
TEGNING NR.			REV.
220			00

Material	no	Un.Weigth	Fi	C
Tørreskorpeleir	2	20.00	30.0	0.0
Leire	2	19.20	24.0	4.5
Kvikkleire	3	19.20	24.0	2.2
Fastere	4	19.50	35.0	7.0
Berg				



00	08.03.2016		MTV	TFK	OBD	 Ramboll AS - Region Midt-Norge P.b. 9420 Sluppen Mellomila 79, N-7493 Trondheim TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60 www.ramboll.no	OPPDRAG Trøgstad, kvikkleireutredning	INNHOLD Profil 21 Stabilitetsberegning Effektivspenningsanalyse Dagens situasjon	OPPDRAG NR. 6130582	MÅLESTOKK 1:400	BLAD NR. 221	AV 00
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ		OPPDRAGSGIVER NVE - Region Øst	TEGNING NR. 221	REV. 00			



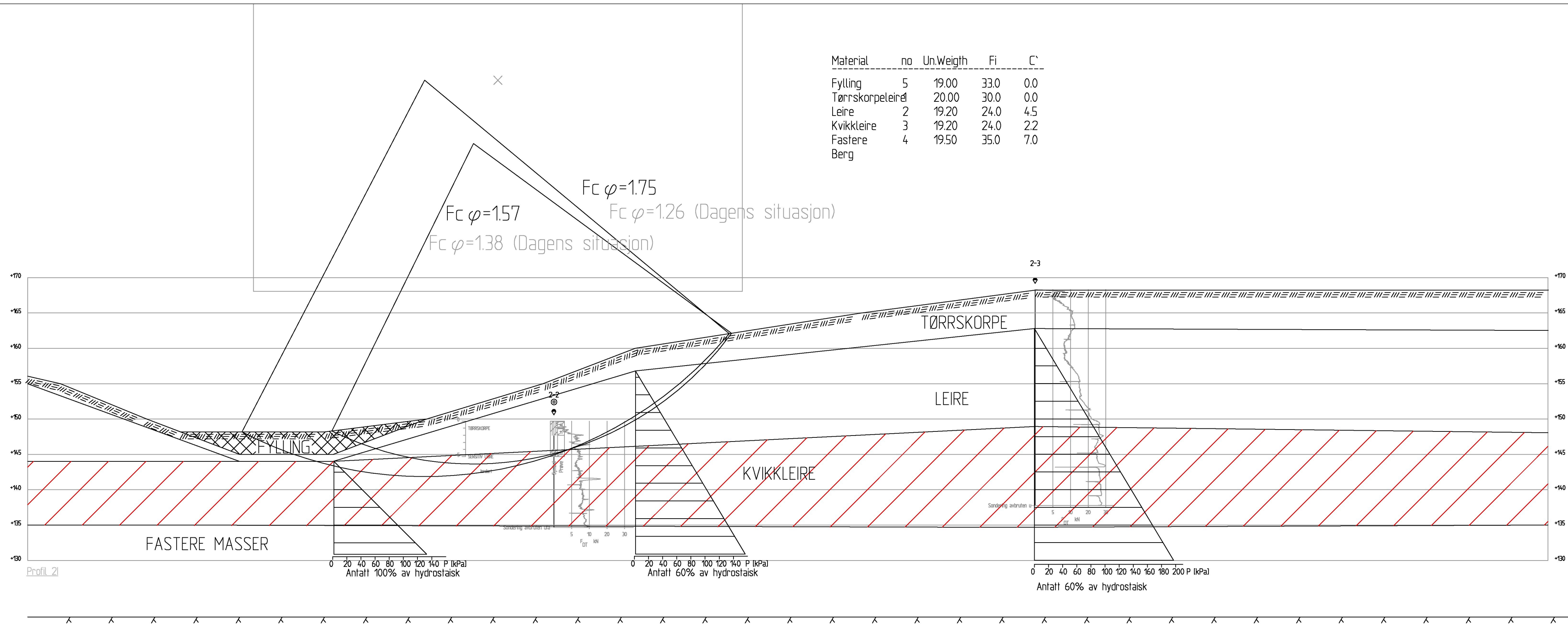
00	08.03.2016		MTV	TFK	OBD
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

RAMBOLL
 Ramboll AS - Region Midt-Norge
 P.b. 9420 Sluppen
 Mellomila 79, N-7493 Trondheim
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
 www.ramboll.no

OPPDRAG
 Trøgstad, kvikkleireutredning
 OPPDRAGSGIVER
 NVE - Region Øst

INNHOOLD
 Profil 21
 Stabilitetsberegning
 Totalspenningsanalyse
 Utbedret situasjon

OPPDRAG NR. 6130582	MÅLESTOKK 1:400	BLAD NR.	AV
		TEGNING NR. 222	REV. 00



Material	no	Un.Weight	Fi	C'
Fylling	5	19.00	33.0	0.0
Tørrskorpeleire	2	20.00	30.0	0.0
Leire	2	19.20	24.0	4.5
Kvikkleire	3	19.20	24.0	2.2
Fastere	4	19.50	35.0	7.0
Berg				

$F_c \varphi = 1.75$
 $F_c \varphi = 1.57$
 $F_c \varphi = 1.38$ (Dagens situasjon)
 $F_c \varphi = 1.26$ (Dagens situasjon)

Profil 21

00	08.03.2016		MTV	TFK	OBD
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

RAMBOLL
 Ramboll AS - Region Midt-Norge
 P.b. 9420 Sluppen
 Mellomila 79, N-7493 Trondheim
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
 www.ramboll.no

OPPDRAG
 Trøgstad, kvikkleireutredning
 OPPDRAGSGIVER
 NVE - Region Øst

INNHOLD
 Profil 21
 Stabilitetsberegning
 Effektivspenningsanalyse
 Utbedret situasjon

OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
6130582	1:400		
TEGNING NR.			REV.
223			00

Skadekonsekvens

Vurdering:				
Faktor	Vekttall	Analyse 2004	Analyse 2016	Kommentar
Boligheter	4	2	1	To gårdsbruk
Næringsbygg, personer	3	0	0	
Annen Bebyggelse, verdi	1	0	0	
Vei	2	0	0	Privat veg
Toglinje	2	0	0	
Kraftnett	1	1	1	Distribusjon
Oppdemming/flo	2	0	0	
Poeng (score x vektall):		9	5	

Forklaring:		Konsekvens, score			
Faktor	Vekttall	3	2	1	0
Boligheter, antall	4	Tett>5	Spredt >5	Spredt <5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	>50	10-50	<10	Ingen
Annen Bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100
Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemming/flo	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen

Beregnet skadekonsekvensklasse: **Alvorlig** **Mindre alvorlig**
Skadekonsekvens: 0,20 0,11

Faregradsklasser (sannsynlighet)

Vurdering:				
Faktor	Vekttall	Analyse 2004	Analyse 2016	Kommentar
Tidligere skredaktivitet	1	3	3	Nær skredgrop fra Båstadskredet (1974)
Skråningshøyde	2	2	1	Opptil 23 meter rett vest for profil 2B
Tidligere/nåværende terrengnivå	2	3	3	OCR = 1,1; CPTU 2-1
Poretrykk, overtrykk	3	0	0	
Poretrykk, undertrykk	-3	0	2	Undertrykk i topp og bunn (60% og 80% av hydrostatisk)
Kvikkleiremektighet	2	2	2	H/2-H/4
Sensitivitet	1	2	3	Antatt. Mistet prøve fra kvikkleire
Erosjon	3	3	2	Noe erosjon. Ref. G-rap-006
Inngrep, forverring	3	0	0	
Inngrep, forbedring	-3	0	0	
Poeng (score x vektall):		28	18	

Forklaring		Faregrad, score			
Faktor	Vekttall	3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, m	2	>30	20-30	15-20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poretrykk, overtrykk (kPa)	3	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk
Poretrykk, undertrykk (kPa)	-3	>-50	-(20-50)	-(0-20)	Hydrostatisk
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	Aktiv/Glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep, forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Inngrep, forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	Ingen

Beregnet faregradsklasse: **Høy** **Middels**
Faregrad: 0,55 0,35

Risiko (skadekonsekvens x faregrad) 1098 392

Risikoklasse: **3** **2**

ref: "Program for økt sikkerhet mot leirskred, Metode for kartlegging og klassifisering av faresone, kvikkleire"
20001008-2 datert 31 august 2001. Revisjon 3 datert 8 oktober 2008

Oppdrag: Trøgstad- Utredning av kvikkleiresoner
Oppdragsnummer: 6130582 Dato: 10.03.2016
Saksbehandler: Morten Tveit Kontrollert: Trine Flobak
Faresone: 1886 Lunder Profil: 2B

Skadekonsekvens

Vurdering:				
Faktor	Vekttall	Analyse 2004	Analyse 2016	Kommentar
Boligheter	4	2	1	Ett gårdsbruk
Næringsbygg, personer	3	0	0	
Annen Bebyggelse, verdi	1	0	0	
Vei	2	0	0	Privat veg
Toglinje	2	0	0	
Kraftnett	1	1	1	Distribusjon
Oppdemming/flo	2	0	0	
Poeng (score x vektall):		9	5	
Beregnet skadekonsekvensklasse:		Alvorlig	Mindre alvorlig	
Skadekonsekvens		0,20	0,11	

Forklaring:		Konsekvens, score			
Faktor	Vekttall	3	2	1	0
Boligheter, antall	4	Tett>5	Spredt >5	Spredt <5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	>50	10-50	<10	Ingen
Annen Bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100
Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemming/flo	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen

Faregradsklasser (sannsynlighet)

Vurdering:				
Faktor	Vekttall	Analyse 2004	Analyse 2016	Kommentar
Tidligere skredaktivitet	1	3	3	Skredgrop fra Båstadskredet (1974) opp til 15 m
Skråningshøyde	2	2	1	OCR = 1,1; CPTU 2-1
Tidligere/nåværende terrengnivå	2	3	3	
Poretrykk, overtrykk	3	0	0	
Poretrykk, undertrykk	-3	0	2	Undertrykk i topp og bunn (60% og 80% av hydrostatisk)
Kvikkleiremektighet	2	2	2	H/2-H/4
Sensitivitet	1	2	3	Antatt. Mistet prøve fra kvikkleire
Erosjon	3	3	2	Noe erosjon. Ref. G-rap-006
Inngrep, forverring	3	0	0	
Inngrep, forbedring	-3	0	0	
Poeng (score x vektall):		28	18	
Beregnet faregradsklasse:		Høy	Middels	
Faregrad		0,55	0,35	

Forklaring		Faregrad, score			
Faktor	Vekttall	3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, m	2	>30	20-30	15-20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poretrykk, overtrykk (kPa)	3	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk
Poretrykk, undertrykk (kPa)	-3	>-50	-(20-50)	-(0-20)	Hydrostatisk
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	Aktiv/Glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep, forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Inngrep, forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	Ingen

Risiko (skadekonsekvens x faregrad)

1098

392

Risikoklasse:

3

2