

## Geoteknisk rapport - 744 Raknerud

### **Norges vassdrags- og energidirektorat**

#### **Trøgstad – Utredning av kvikkleiresoner 744 Raknerud**

Oppdrag nr: 6130582

Rapport nr. 03

Revisjon nr. 01

**Dato: 01.04.2016**

Fylke Østfold	Kommune Trøgstad	Sted Raknerud	UTM 06280 66170 (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+301-330	Vedlegg 1	Antall tillegg -

Prosjekt-tittel

**Trøgstad**  
**Utredning av kvikkleiresoner i Trøgstad**

Rapport-tittel

**744 Raknerud**

Oppdrag nr: 6130582	Rapport nr: 03	Rev: 01	Dato: 01.04.2016	Kontr: MTV
Oppdragsleder: Øyvind Bredvold		Utarbeidet av: Trine Flobak		
<p><b>SAMMENDRAG</b> Rambøll har utført en utredning av sone 744 Raknerud.</p> <p>Basert på utførte grunnundersøkelser og vurderinger er det foreslått en ny avgrensning av kvikkleiresonen.</p> <p>ROS-analyse av revidert kvikkleiresone medfører en nedjustering av faregrad fra høy til middels. Nedjusteringen skyldes at det er registrert mindre kvikkleiremektighet, samt at erosjon er vurdert som mindre omfattende. Sonen er klassifisert i konsekvensklasse alvorlig og risikoklasse 3, som er uendret fra vurderingen av opprinnelig sone.</p> <p>Krav til utredning og stabiliserende tiltak for ny bebyggelse i sonene er styrt av NVEs veileder /1/. Sone 744 Raknerud klassifiseres med faregrad middels, og for tiltak i kategori K1-K2 er det kun påkrevd at det dokumenteres at tiltakene ikke forverrer områdestabiliteten. Tiltak i kategori K3 og K4 krever %-vis forbedring av stabilitet i sonen før utbygging.</p> <p>Det er utført en vurdering av erosjon i sonen, og bekkeløpet er lite/noe erosjonsutsatt. Det anbefales at det utføres erosjonssikringstiltak i de mest kritiske partier av bekken, for å unngå en forverring av stabiliteten på sikt. Det er ikke utført beregninger av stabiliserende tiltak i denne rapporten, da risikoen for et stort naturlig utløst skred vurderes som liten. Detaljering av stabiliserende tiltak må imidlertid gjøres hvis det skal utføres tiltak i kategori K3 eller K4.</p>				

## INNHold

<b>1</b>	<b>INNLEDNING</b> .....	<b>6</b>
1.1	PROSJEKT .....	6
1.2	OPPDRAg .....	6
1.3	INNHold.....	6
1.4	REVISJON .....	6
<b>2</b>	<b>GEOTEKNISKE PARAMETRE</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>GRUNNFORHOLD, TOPOGRAFI OG GRUNNVANN</b> .....	<b>7</b>
3.1	GRUNNUNDERSØKELSER.....	7
3.2	TOPOGRAFI.....	7
3.3	GRUNNFORHOLD .....	7
3.4	PORETRYKKSFORHOLD.....	8
<b>4</b>	<b>SONEAVGRENSING OG ROS-ANALYSE</b> .....	<b>8</b>
4.1	SONEAVGRENSNING .....	8
4.2	ROS-ANALYSE FOR 744 RAKNERUD .....	8
<b>5</b>	<b>STABILITETSANALYSER</b> .....	<b>9</b>
5.1	TOTALSPENNINGSANALYSE (ADP-ANLAYSE) .....	9
5.2	EFFEKTIVSPENNINGSANALYSE .....	9
<b>6</b>	<b>GEOTEKNISKE VURDERINGER</b> .....	<b>10</b>
6.1	PROFIL 4C.....	10
6.1.1	<i>Skredmekanisme og utløsningsmekanisme</i> .....	10
6.1.2	<i>Stabiliserende tiltak</i> .....	10
6.2	PROFIL 4D.....	10
6.2.1	<i>Skredmekanisme og utløsningsmekanisme</i> .....	11
6.2.2	<i>Stabiliserende tiltak</i> .....	11
6.3	PRIORITERING AV STABILISERENDE TILTAK.....	11
<b>7</b>	<b>KONKLUSJON</b> .....	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>REFERANSER</b> .....	<b>13</b>

## **TEGNINGER**

Tegn. nr.	Tittel	Målestokk
101	OVERSIKTSKART UTREDNING TRØGSTAD	1:50 000
301	SITUASJONSPLAN RAKNERUD – NYE SONEAVGRENSNINGER	1:2 000
302	SITUASJONSPLAN RAKNERUD – TERRENGPROFILER	1:2 000
303	SITUASJONSPLAN RAKNERUD – ANBEFALTE SIKRINGSTILTAK	1:2 000
310	PROFIL 4C, ADP-ANALYSE, DAGENS SITUASJON	1:400
311	PROFIL 4C, AFI-ANALYSE, DAGENS SITUASJON	1:400
320	PROFIL 4D, ADP-ANALYSE, DAGENS SITUASJON	1:400
321	PROFIL 4D, AFI-ANALYSE, DAGENS SITUASJON	1:400
330	SONEAVGRENSINGSPROFIL	1:500

## **VEDLEGG:**

- 1 ROS-analyse Raknerud

## **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<sup>[4,5]</sup>. Omfanget av de utførte grunnundersøkelsene utført av GeoStrøm 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 de fire sonene som skal utredes<sup>[14-17]</sup>, samt utarbeidet en parameterrapport<sup>[13]</sup>. Rambølls parameterrapport har vært igjennom uavhengig kontroll, utført av NGI<sup>[18]</sup>.

### **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.*<sup>[1]</sup>

### **1.3 Innhold**

Denne rapporten tar for seg utredning av sone 744 Raknerud. Soneavgrensning og soneoppdeling er vurdert, samt stabilitetsforhold og stabiliserende tiltak i eksisterende sone.

### **1.4 Revisjon**

Dette er revisjon 1 av rapporten. I revisjon 1 er det utført endringer og suppleringer etter uavhengig kvalitetssikring.

## 2 GEOTEKNISKE PARAMETRE

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

## 3 GRUNNFORHOLD, TOPOGRAFI OG GRUNNVANN

### 3.1 Grunnundersøkelser

Det vises til grunnundersøkelser utført av GeoStrøm, ref. /4/ og ref. /5/. Rambøll har også fått tilgang til resultater fra boringer utført i forbindelse med regional kartlegging ref. /21/.

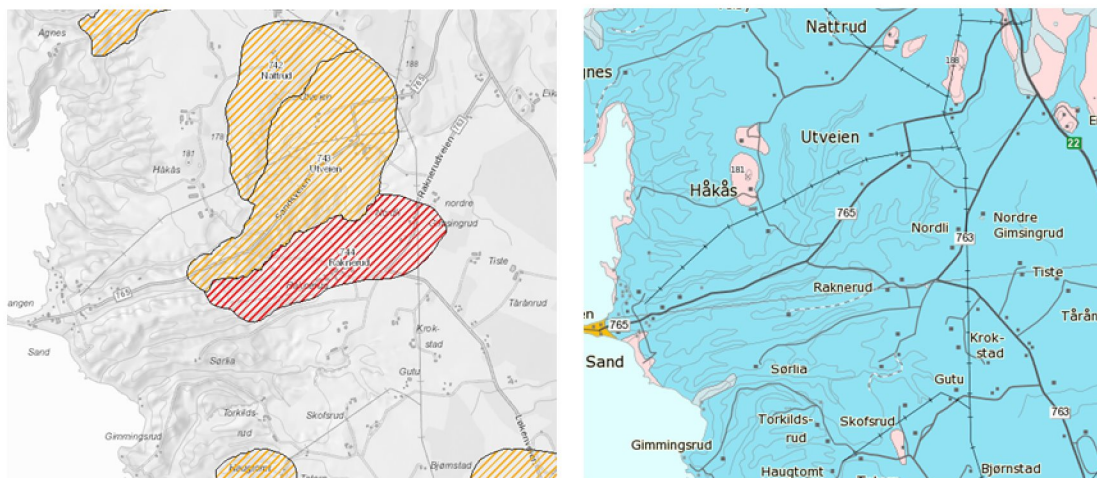
Plassering av borpunkter er vist på situasjonsplan, tegning 302. Plassering av punktene fra ref. /21/ er ikke eksakt.

### 3.2 Topografi

Eksisterende sone 744 Raknerud avgrenses langs en bekk i nord, med fall fra nordøst til sørvest, og en bekk i sørvest. Høydeforskjellene i sonen er opp til 25 m. Bunnen av ravinen ligger i nord på ca. kote +146 og i nord på ca. kote + 137. I bakkant av beregningsprofilene ligger terrenget på ca. kote +160-170.

### 3.3 Grunnforhold

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



Figur 1: Skjermdump fra skrednett.no og ngu.no

Grunnundersøkelser viser at løsmassene i hovedsak består av et lag av tørrskorpeleire over siltig leire. Undersøkelsene i den sørvestlige delen av sonen (borpunkt 4-1 til 4-5) viste at leiren i denne delen er middels fast til fast, og ikke har sprøbruddsegenskaper. I nordøstlig del av sonen indikerer boringene 4-9 og 4-12, i toppen av skråningen, sprøbruddsmateriale. På grunn av svært vanskelig fremkommelighet er det kun boret i et punkt i bunn av skråningen (pkt. 4-8). Det er ikke påvist sprøbruddsmateriale i dette punktet, men siden punktet er i noe avstand fra oppsatte beregningsprofiler (4C og 4D) er det antatt at laget med sprøbruddsmateriale registrert i topp av skråningen fortsetter under tåen av skråningen. Laboratorieundersøkelser i punktene 4-8 og 4-12 viste at leiren er middels plastisk og bløt til middels fast.

Ved tolkning av skjærfasthet fra CPTU-sonderinger ble det tolket et forsiktig antatt forbelastningsnivå basert på tolkning av CPTU-sonderingene og ødometerforsøkene. Dette nivået er vist som antatt tidligere terreng i beregningsfilene, ref. /13/.

### 3.4 Poretrykksforhold

Måling i 4-8, som ligger ned mot bekken viste poretrykk høyere enn hydrostatisk. Dette er trolig situasjonen også lengere opp- og nedstrøms, som følge av høye skråninger på sidene. Måleren i 4-2 er sjekket to ganger, begge ganger uten poretrykksrespons.

Basert på vanninnhold i prøver antas grunnvannstanden å stå i underkant tørrskorpa. Det er på grunnlag av dette valgt å benytte 60% av hydrostatisk poretrykk for de høyereliggende områdene og 120% av hydrostatisk i bekk og bunn av raviner.

Benyttet poretrykk i beregninger er vist som poretrykksprofiler på beregningsprofilene. For detaljer angående målt poretrykk vises det til /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.

### 4.1 Soneavgrensing

Utførte grunnundersøkelser gir grunnlag til å revidere avgrensningen av sone 744 Raknerud. Ny soneavgrensing reduserer omfanget av eksisterende sone.

For soneavgrensing av aktsomhetssoner for kvikkleireskred er det iht. /1/ tatt utgangspunkt i maksimal skredutbredelse tilsvarende  $15 \times H$ , hvor H er skråningshøyde i skråninger med kvikkleire i dybde som kan medføre skredfare. Det er vurdert at kvikkleire som ligger dypere enn  $1,5 \times H$  under skråningstopp ikke medfører fare for større kvikkleireskred. Det er også i noen grad lagt vekt på beregnet stabilitet hvor dette er utført.

Utførte grunnundersøkelser i borpunktene lengst mot vest (4-1, 4-2, 4-3, 4-4 og 4-5) antyder at det ikke er sprøbruddsmaterialer i denne delen av sonen. Basert på dette vurderes det at størrelsen på sonen kan reduseres. Laboratorieundersøkelser i punkt 4-8 viste ikke sprøbruddegenskaper, og særlig avgrensning av sonen er lagt til dette punktet i ravinen. I profil 4C vil et eventuelt skred trolig ikke bre seg lengere bak til kote +157, siden terrenget her er noe lavere (se tegning 330). Sonen er trukket noe lengere bak i dette profilet, for å ta hensyn til utløp i den sørlige ravinen (ned til punkt 4-8).

I Profil 4D ligger sprøbruddsmaterialet dypere enn ravinebunn i hele profilet. En soneutbredelse på  $15 \times$  skråningshøyde anses da som konservativt. Det er allikevel valgt å benytte dette nord i profilet, siden det er få borpunkter i dette området. I nordøst er avgrensningen satt inntil område uten sprøbruddsmaterialer. Basert på profil D vil et skred trolig ikke bre seg lengere bak enn til punkt 4-6. Sonen er trukket noe lengere bak, på grunn av bekkeløpene i østlig-/vestlig retning nord og sør for profil D. Borpunkt 4-4 antydet ikke sprøbruddegenskaper og avgrensningen er derfor lagt vest for dette punktet.

Utløpsområdet er vurdert i henhold til /20/. Et skred vil gå ut i ravinen som utgjør nord/vestlig avgrensning. Ravinen er trang, helningen på bekkeløpet i ravinen er slak og kvikkleiren ligger dypt. Basert på dette vil trolig skredmassene stoppe opp raskt. 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 vurderes å være rotasjonsskred uten videre retrogressiv skredutvikling.

### 4.2 ROS-analyse for 744 Raknerud

Det er utført en ROS-analyse for revidert kvikkleiresone 744 Raknerud iht. /12/. Resultatene fra analysen er presentert i vedlegg 1. Det er presentert vurderingen utført av NGI i 2004, samt Rambølls vurdering etter utførte grunnundersøkelser.

Kosekvensklassen er satt til **Alvorlig**. Det er 3 gårdsbruk i/ved sonen, kommunale adkomstveger og kraftnett (distribusjon). Score for veg er redusert fra 2 til 1 som følge av at Raknerudveien ikke lenger er en del av sonen.

Faregrad er vurdert til **Middels**. Dette er en nedjustering i forhold til dagens klassifisering (Høy). Utførte grunnundersøkelser viser at kvikkleiremektigheten er  $H/4-H/2$ , noe som gir en nedjustering fra faregrad score 3 til 2. En erosjonsvurdering av bekkene i området, ref. /15/,

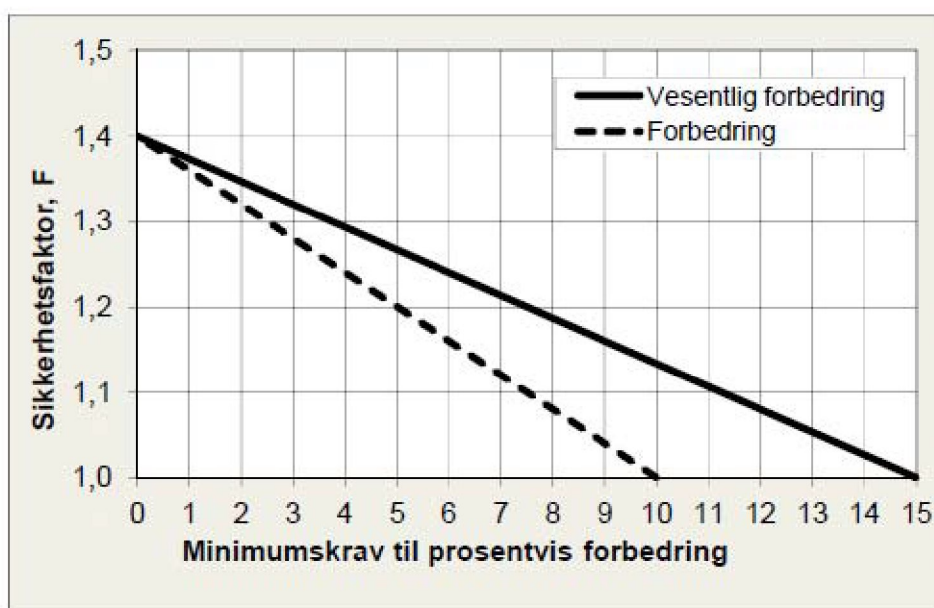
viste at det er lite til noe erosjon. I kartleggingen utført i 2004 var det antatt aktiv erosjon. Basert på dette er faregrad score for erosjon nedjustert fra 3 til 2.

Vurdert konsekvens og faregrad medfører at kvikkleiresone 744 Raknerud klassifiseres i **Risikoklasse 3**.

## 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. Vurdering av hvilke tiltak som bør prioriteres er gitt i kapittel 6 og 7. Sone 744 Raknerud er vurdert med faregrad middels, og ved planlegging av K3- eller K4-tiltak vil linje for «forbedring» i Figur 2 gi krav til %-vis forbedring av stabiliteten.



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 totalspenningsanalyse

Dagens situasjon				
Tegningsnummer	Profil	Sikkerhetsfaktor	Krav til forbedring ved K3/K4-tiltak	Kommentar
310	4C	1,09	7,8% (F=1,17)	
320	4D	0,98	10% (F=1,10)	Justert i rev. 1

### 5.2 Effektivspenningsanalyse

Det er generelt oppnådd høyere sikkerhetsfaktorer for drenert analyse enn udrenert analyse. Resultater fra effektivspenningsanalysene er gitt i tabell 2.



**Tabell 2: Resultater fra effektivspenningsanalyse**

Dagens situasjon				
Tegningsnummer	Profil	Sikkerhetsfaktor	Krav til forbedring ved K3/K4-tiltak	Kommentar
311	4C	1,65	-	
321	4D	1,36	-	

## 6 GEOTEKNISKE VURDERINGER

### 6.1 Profil 4C

Profil 4C er lagt i midtre del av sonen. Det går en bekk langs skråningsfot som kan bidra til erosjon og virke som en utløsningsmekanisme. Total skråningshøyde er 22 meter. Gjennomsnittlig helning er 1:5,8 for hele skråningen, med en skråningshelning rundt 1:3,2 på det bratteste.

Det er lav udrenert stabilitet i profilet.

#### 6.1.1 Skredmekanisme og utløsningsmekanisme

Beregningsmessig er sikkerheten lav for store sirkulære skjærflater i udrenert tilstand, se tegning 310. I drenert tilstand er stabiliteten tilfredsstillende.

Det er fare for at bekken kan erodere i foten av skråningen. Terrenget i nedre del av skråningen er slakt, og det anses som lite sannsynlig at bekkeerosjon skal utløse et initialscred i nedre del av skråningen, men det kan forverre stabiliteten for større rotasjonsscred på grunn av fjerning av stabiliserende masser. Sikkerhetsfaktor for et rotasjonsscred i foten av skråningen har sikkerhet  $F > 1,4$ . Sikkerhetsfaktor for et større rotasjonsscred gjennom hele skråningen er beregnet til 1,09.

#### 6.1.2 Stabiliserende tiltak

Det anbefales å utføre sikring mot erosjon langs de mest erosjonsutsatte partiene av bekkeløpet. Det bør fokuseres på de mest kritiske partiene, skissert på tegning 303. Vi anser det ikke som nødvendig å plastre hele bekkeløpet. Erosjonssikringen vil ikke være en tilstrekkelig forbedring iht. Figur 5.1 i NVEs retningslinjer, men vil forhindre at stabiliteten forverres på sikt.

Selv om stabilitet i dagens situasjon er lav for udrenerte analyser vurderes det at det ikke trenger å prioriteres for sikring av dagens situasjon. Dette begrunnes med at drenerte analyser, som anses som representative for langtidstilstanden, viser høyere sikkerhet ( $F \geq 1,36$ ).

Dersom området skal reguleres for utbygging (K3- eller K4-tiltak) må det påregnes å utføre stabiliserende tiltak. Dette kan gjøres med utlegging av motfylling i bunn av ravinene og/eller avlaste terrenget i toppen av ravinene. Da bekken har liten helning, synes avlastning av terrenget i toppen av skråningen å være det beste alternativet, for å unngå lukking av bekken.

### 6.2 Profil 4D

Profil 4D er lagt tilnærmet parallelt med profil 4C, lengere nordøst i sonen. Profilet er lagt med en knekk, for å ta hensyn til mer ugunstige terrengforhold. Det går en bekk langs skråningsfot som kan bidra til erosjon og virke som en utløsningsmekanisme. Total skråningshøyde er 19 meter. Gjennomsnittlig helning er 1:4,2 for hele skråningen, med en skråningshelning rundt 1:2,7 på det bratteste.

Det er lav udrenert stabilitet i profilet.

### 6.2.1 Skredmekanisme og utløsningsmekanisme

Skred- og utløsningsmekanismene vil i stor grad være som for Profil 4C. Stabilitet i nedre del av skråningen er tilfredsstillende, mens sikkerhet mot store rotasjonsskred er lav.

### 6.2.2 Stabiliserende tiltak

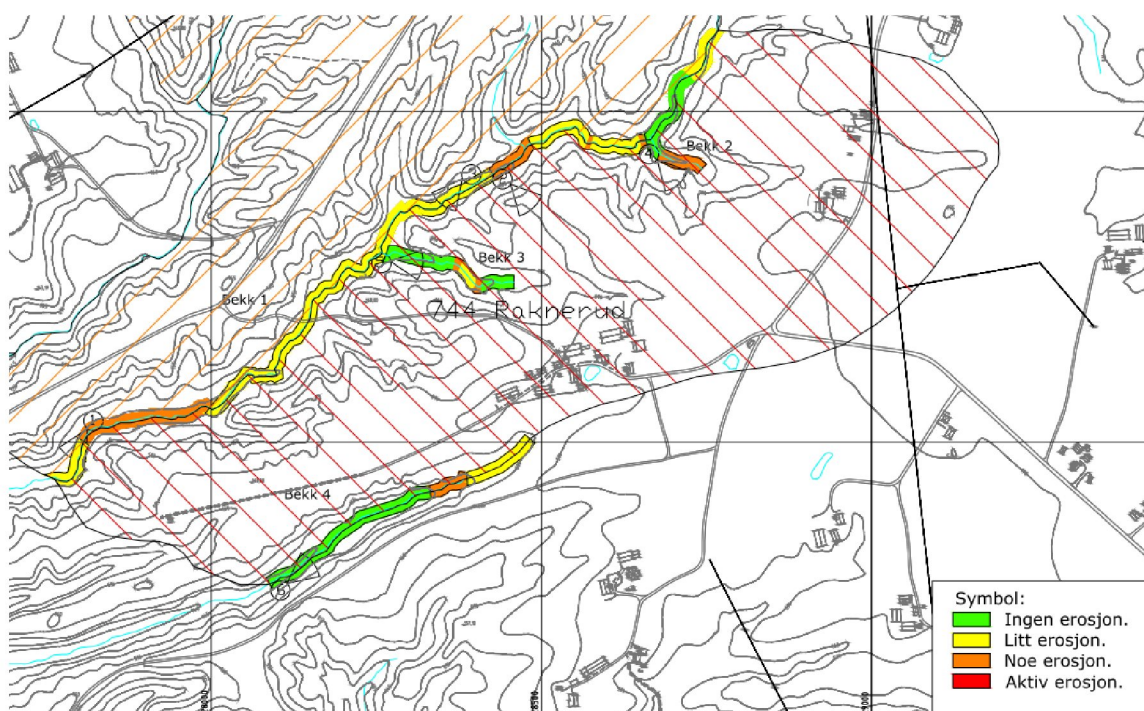
Som profil 4C.

## 6.3 Prioritering av stabiliserende tiltak

Utførelse av stabiliserende tiltak bør prioriteres etter vurdert fare for skred, da med bakgrunn både i beregnet sikkerhetsfaktor og potensielle utløsningsmekanismer, samt konsekvensene av et eventuelt skred.

Et eventuelt skred vil ha redusert omfang, siden utløpsområdet er begrenset av den trange ravinen. Basert på dette, samt at sannsynligheten for at et stort naturlig utløst skred vurderes som liten, er det ikke foreslått å utføre noen stabiliserende tiltak i sonen for å bedre dagens situasjon utover erosjonssikring som beskrevet i kapittel 6.1.2 og 6.2.2. Det anbefales at det utføres erosjonssikring i de områdene av bekken som er mest erosjonsutsatt, i bekk 2 og bekk 3 på Figur 3. De mest erosjonsutsatte områdene er skissert på tegning 303.

Dersom området skal reguleres for utbygging (K3 eller K4-tiltak) må det påregnes å utføre stabiliserende tiltak. Heving av bekkeløpet vurderes som noe utfordrende, siden bekken har lite fall. Bekkeløpet må i så fall heves over en større distanse. En enklere løsning for sikring kan være å grave vekk masser i toppen av skråningen for å oppnå en avlastning på skråningen.



Figur 3: Utklipp fra tegning 701 i G-rap 7 6130582, ref. /15/.

## **7 KONKLUSJON**

Rambøll har utført en utredning av sone 744 Raknerud.

Basert på utførte grunnundersøkelser og vurderinger er det foreslått en ny avgrensning av kvikkleiresonen.

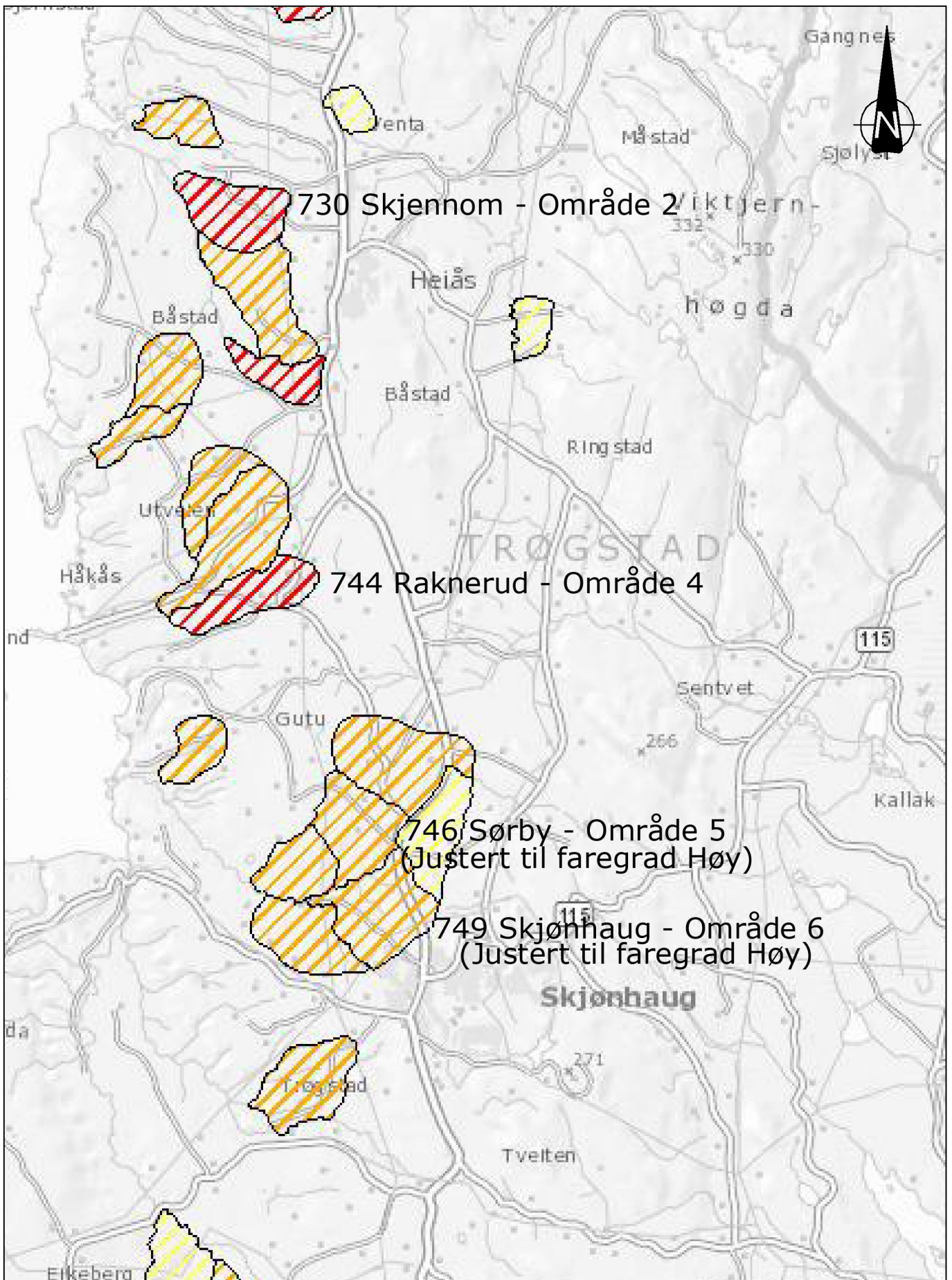
ROS-analyse av revidert kvikkleiresone medfører en nedjustering av faregrad fra høy til middels. Nedjusteringen skyldes at det er registrert mindre kvikkleiremektighet, samt at erosjon er vurdert som mindre omfattende. Sonen er klassifisert i konsekvensklasse alvorlig og risikoklasse 3, som er uendret fra vurderingen av opprinnelig sone.

Krav til utredning og stabiliserende tiltak for ny bebyggelse i sonene er styrt av NVEs veileder /1/. Sone 744 Raknerud klassifiseres med faregrad middels, og for tiltak i kategori K1-K2 er det kun påkrevd at det dokumenteres at tiltakene ikke forverrer områdestabiliteten. Tiltak i kategori K3 og K4 krever %-vis forbedring av stabilitet i sonen før utbygging.

Det er utført en vurdering av erosjon i sonen, ref. /15/, og bekkeløpet er lite/noe erosjonsutsatt. Det anbefales at det utføres erosjonssikringstiltak i de mest kritiske partier av bekken, for å unngå en forverring av stabiliteten på sikt. Det er ikke utført beregninger av stabiliserende tiltak i denne rapporten, da risikoen for et stort naturlig utløst skred vurderes som liten. Detaljering av stabiliserende tiltak må imidlertid gjøres hvis det skal utføres tiltak i kategori K3 eller K4.

## 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. Rambøll. Datarapport fra grunnundersøkelser RV 22 GS-veg Trøgstad. SVV, Region øst. Rapportnr. 6090573-R01. Datert 09.12.2009.
7. Veglaboratoriet, Geoteknisk seksjon. Ras på RV 22 i Trøgstad. Oppdragsnr. B152. Datert 15.11.1968.
8. Rambøll. GS-veg Trøgstad. Utredning av kvikkleiresoner i Trøgstad ihht. NVE 1/2008. Rapportnr. 1090317B-R01. Datert 30.11.2009.
9. Karlsrud, K., Lunne, T, Kort, D.A. & Strandvik, S. 2005. CPTU correlations for clays. Proceedings, ICSMGE, Osaka, 2005: 693 - 702.
10. NGF melding nr. 5, rev. 3, 2010. Veiledning for utførelse av trykksondering.
11. NIFS. Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire. Rapport 14/2014. En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer.
12. NGI-rapport 20001008-2, Program for økt sikkerhet mot leirskred: Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Revisjon 3., datert 08.oktober 2008.
13. Rambøll. Geoteknisk rapport. Parameterrapport. Trøgstad- utredning av kvikkleiresoner. 730 Skjennom, 744 Raknerud, 746 Sørby og 749 Skjønhau. Rapportnr. 6130582-R01 rev 1. Datert 05.10.2015.
14. Rambøll. Geoteknisk rapport. Erosjonsrapport - Sone 730 Skjennom. Rapportnr. 6130582-R06. Datert 08.07.2015.
15. Rambøll. Geoteknisk rapport. Erosjonsrapport - Sone 744 Raknerud. Rapportnr. 6130582-R07. Datert 08.07.2015.
16. Rambøll. Geoteknisk rapport. Erosjonsrapport - Sone 746 Sørby. Rapportnr. 6130582-R08. Datert 08.07.2015.
17. Rambøll. Geoteknisk rapport. Erosjonsrapport - Sone 749 Skjønhau. Rapportnr. 6130582-R09. Datert 08.07.2015.
18. NGI. Tredjepartskontroll, geoteknisk utredning av kvikkleiresoner i Trøgstad kommune. Tredjepartskontroll av parameterrapport. Dokumentnr. 20130449-02-TN. Datert 03.10.2014.
19. NGI. Publikasjon 128. Gregersen, O og Løken, T. 1974
20. NIFS. Rapport 14/2016. Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred. Datert 2016.
21. 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:

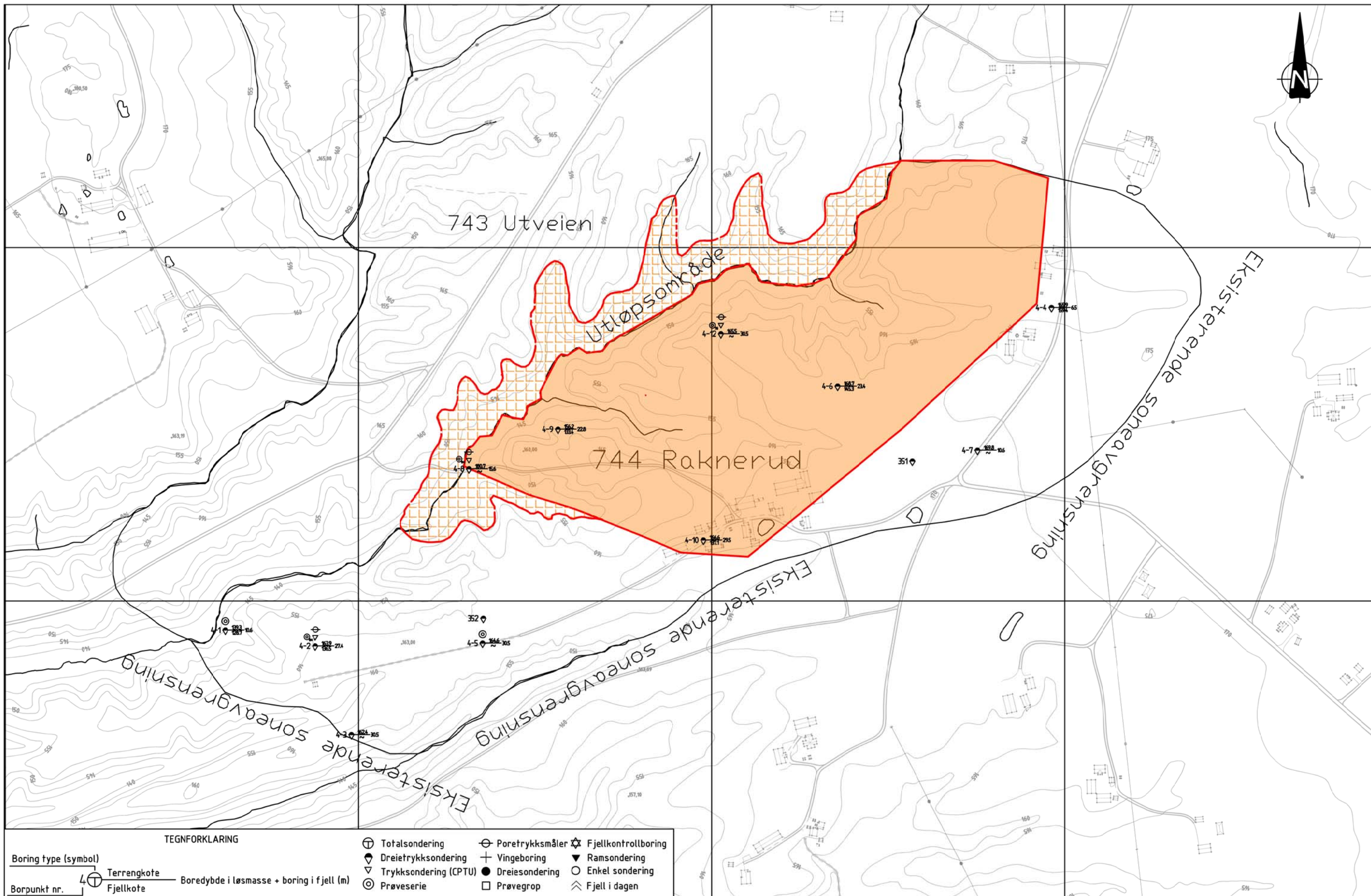
Utredning av kvikkleiresoner i Trøgstad  
NVE - Region Øst

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**

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

Boring type (symbol)      Terrengekote      Boreddybde i løsmasse + boring i fjell (m)

Borpunkt nr.      Fjellkote

01	17.03.2016	Justering sone og utløpsområde	TFK	MTV	OBD
00	01.12.2015		TFK	MTV	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 50  
www.ramboll.no

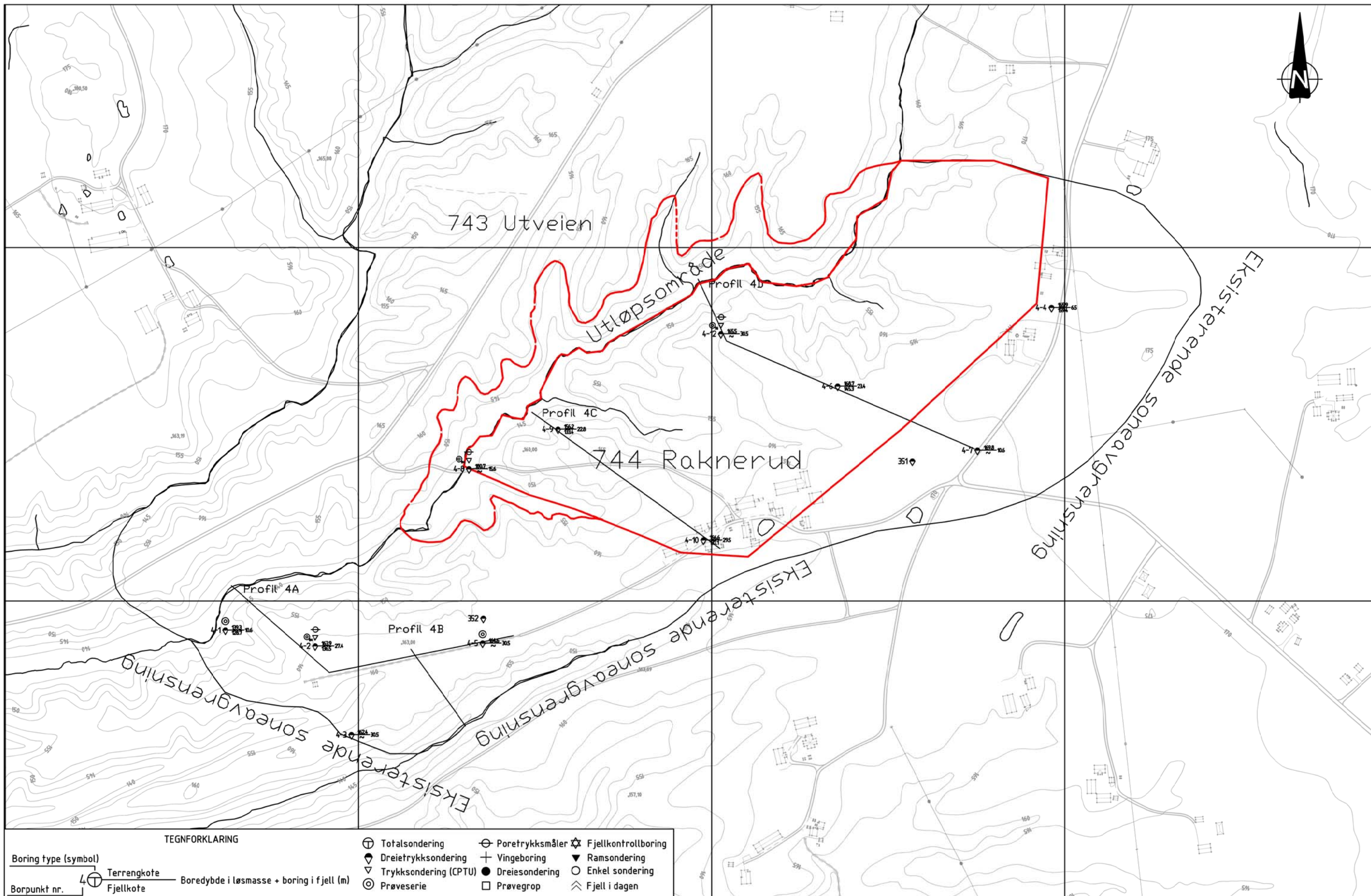
OPPDRAG  
Trøgstad, kvikkleireutredning

OPPDRAGSGIVER  
**NVE - Region Øst**

INNHOLD  
**Situasjonsplan, 744 Raknerud**

Faregrad (middels)  
 Utløpsområde

OPPDRAG NR. <b>6130582</b>	MÅLESTOKK <b>1:5000 (A3)</b>	BLAD NR.	AV
TEGNING NR. <b>301</b>		REV. <b>01</b>	



TEGNFORKLARING

Boring type (symbol)

Terrengkote  
Fjellkote  
Boreddybe i løsmasse + boring i fjell (m)

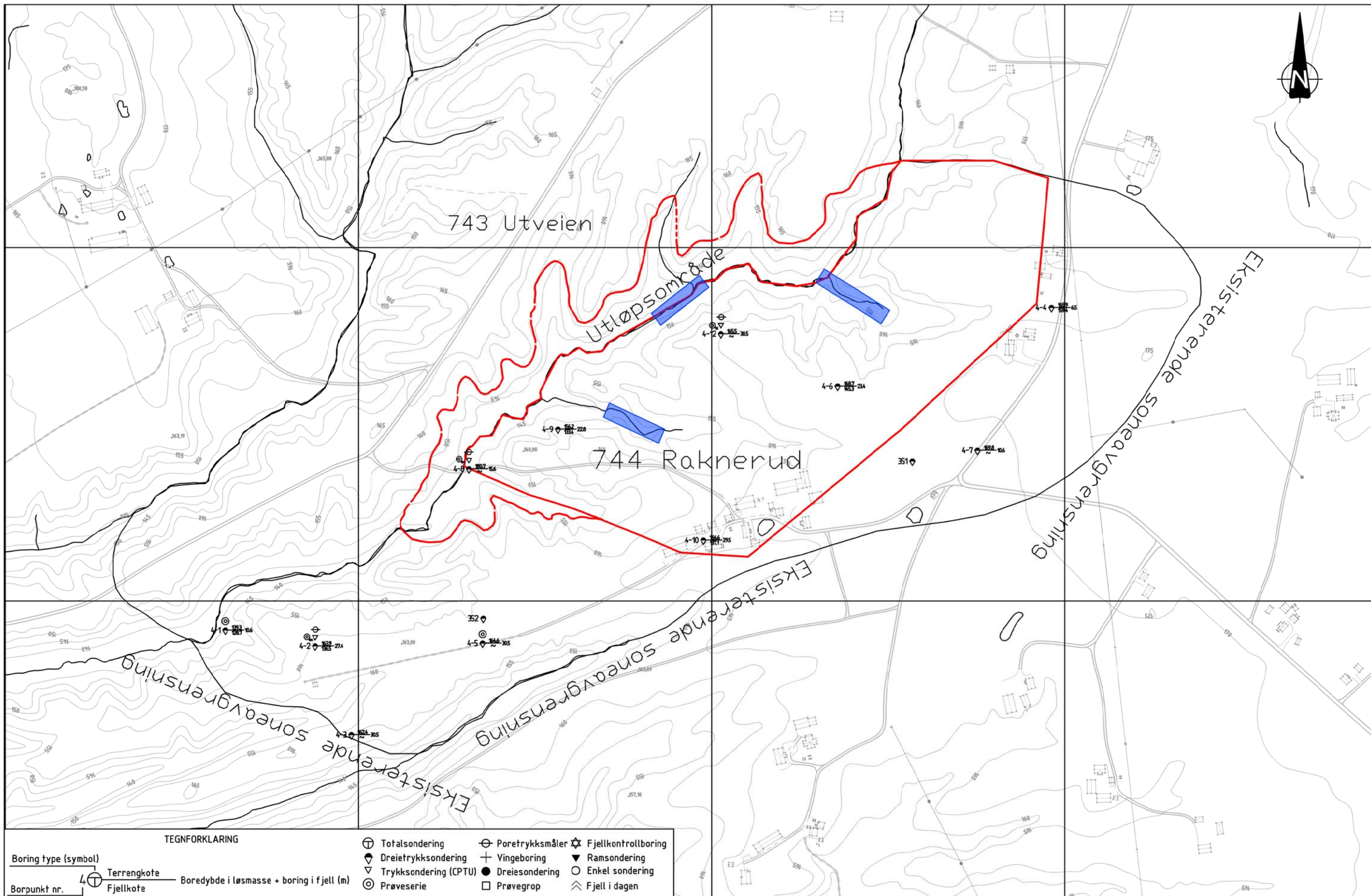
- ⊕ Totalsondering
- ⊖ Poretrykksmåler
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⊕ Dreietrykksondering
- + Vingeboring
- ▼ Ramsondering
- ▽ Trykksondering (CPTU)
- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- ⋈ Fjell i dagen

01	17.03.2016	Ny tegning	TFK	MTV	OBD
00	01.12.2015		TFK	MTV	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 50  
 www.ramboll.no

OPPDRAG	Innhold
Trøgstad, kvikkleireutredning	Situasjonsplan, 744 Raknerud
OPPDRAGSGIVER	Terrengprofiler
NVE - Region Øst	

OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
6130582	1:5000 (A3)		
TEGNING NR.		REV.	
302		01	



**TEGNFORKLARING**

<p>Boring type (symbol)</p> <p>⊕ Totalsondering</p> <p>⊖ Dreietrykkssondering</p> <p>⊙ Trykksøndering (CPTU)</p> <p>⊗ Prøveserie</p> <p>⊕ Poretrykksmåler</p> <p>+ Vingeboring</p> <p>● Dreiesøndering</p> <p>□ Prøvegrop</p> <p>⊛ Fjellkontrollboring</p> <p>▼ Ramsondering</p> <p>○ Enkel sondering</p> <p>⋈ Fjell i dagen</p>	<p>⊕ Terrengekote</p> <p>⊕ Fjellkote</p> <p>Boreddybde i løsmasse + boring i fjell (m)</p>
--	--

01	17.03.2016	Ny tegning	TFK	MTV	OBD
00	01.12.2015		TFK	MTV	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 50  
 www.ramboll.no

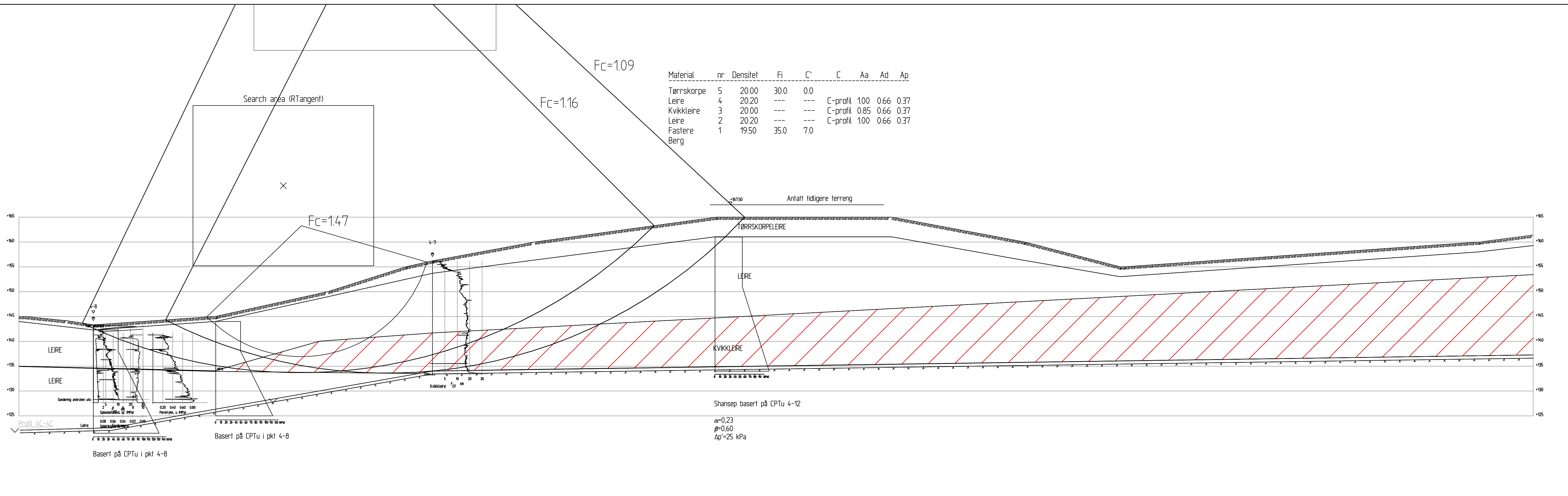
OPPDRAG  
 Trøgstad, kvikkleireutredning

OPPDRAGSGIVER  
**NVE - Region Øst**

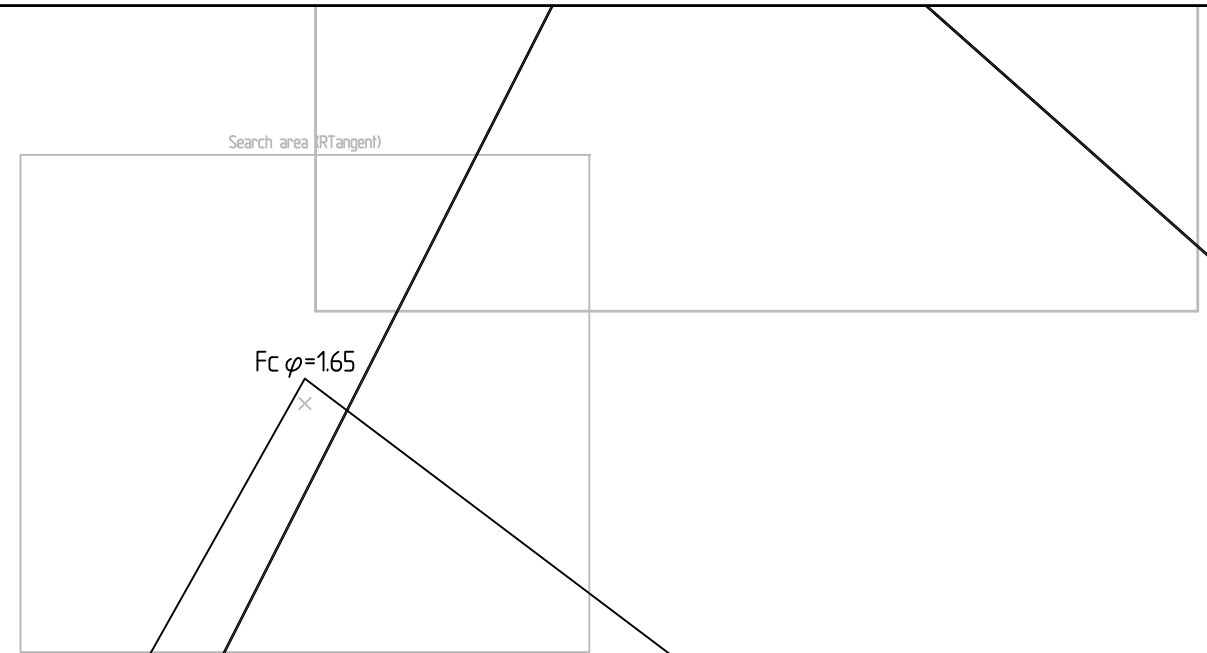
INNHOOLD  
**Situasjonsplan, 744 Raknerud**  
 ■ Områder for anbefalt erosjonssikring

OPPDRAG NR. <b>6130582</b>	MÅLESTOKK <b>1:5000 (A3)</b>	BLAD NR.	AV
TEGNING NR. <b>303</b>		REV. <b>01</b>	

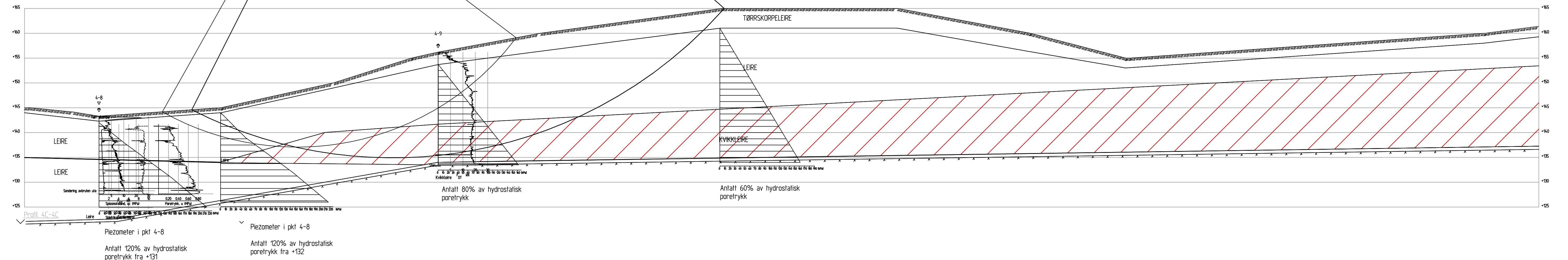




00 23.11.2015			TFK	MTV	OBD	<b>RAMBOLL</b> Ramboll AS - Region Midt-Norge P.b. 9420 Sluppen Mellomila 79, N-7493 Trondheim TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60 www.ramboll.no	OPPDRAG Trøgstad, kvikkleireutredning	INNHOLD Profil 4C Stabilitetsberegning Totalspenningsanalyse Dagens situasjon	OPPDRAG NR. 6130582	MÅLESTOKK 1:400	BLAD NR. 310	AV 0
REV.	DATE	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ		OPPDRAGSGIVER NVE - Region Øst	OPPDRAGSGIVER NVE - Region Øst	TEGNING NR. 310	REV. 0		



Material	nr	Densitet	Fi	C'
Tørrskorpe	5	20.00	30.0	0.0
Leire	4	20.20	28.0	2.7
Kvikkleire	3	20.00	25.0	2.3
Leire	2	20.20	28.0	2.7
Fastere	1	19.50	35.0	7.0
Berg				



Profil 4C-4C  
 Piezometer i pkt 4-8  
 Antatt 120% av hydrostatisk poretrykk fra +131  
 Piezometer i pkt 4-8  
 Antatt 120% av hydrostatisk poretrykk fra +132

<table border="1"> <tr> <td>00</td> <td>23.11.2015</td> <td></td> <td>TFK</td> <td>MTV</td> <td>OBD</td> </tr> <tr> <td>REV.</td> <td>DATE</td> <td>ENDRING</td> <td>TEGN</td> <td>KONTR</td> <td>GODKJ</td> </tr> </table>			00	23.11.2015		TFK	MTV	OBD	REV.	DATE	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ	<b>RAMBOLL</b> 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 <b>Trøgstad, kvikkleireutredning</b> OPPDRAGSGIVER <b>NVE - Region Øst</b>	INNHOLD <b>Profil 4C</b> Stabilitetsberegning Effektivspenningsanalyse Dagens situasjon	OPPDRAG NR. <b>6130582</b>	MÅLESTOKK <b>1:400</b>	BLAD NR. <b>311</b>	AV <b>0</b>
00	23.11.2015		TFK	MTV	OBD																
REV.	DATE	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ																

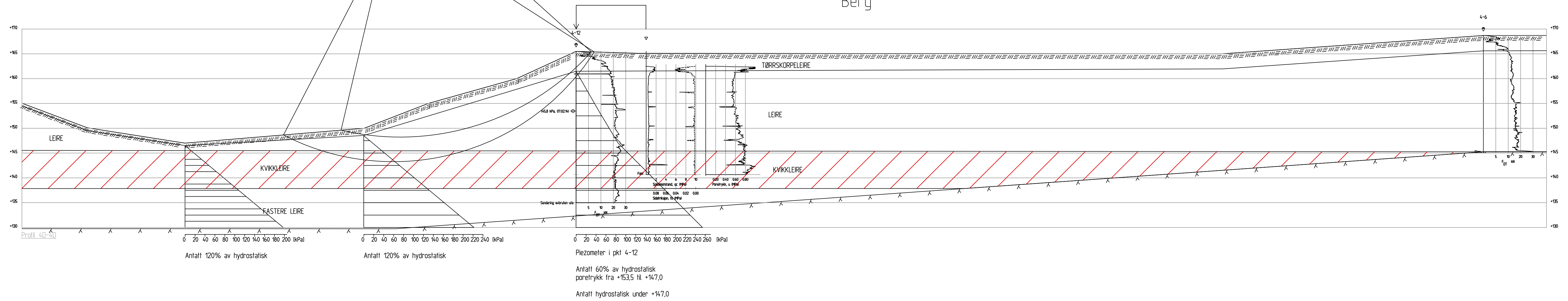


Search area (RTangent)

$F_c \varphi = 1.40$

$F_c \varphi = 1.36$

Material	nr	Densitet	$F_i$	$C'$
Tørrskorpe	4	20.00	30.0	0.0
Leire	3	19.50	28.0	2.7
Kvikkleire	2	19.50	25.0	2.3
Fastere	1	19.50	35.0	7.0
Berg				



00	23.11.2015		TFK	MTV	OBD	<b>RAMBOLL</b> 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 4D Stabilitetsberegning Effektivspenningsanalyse Dagens situasjon	OPPDRAG NR. 6130582	MÅLESTOKK 1:400	BLAD NR. 321	AV 00
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ		OPPDRAGSGIVER NVE - Region Øst	OPPDRAGSGIVER NVE - Region Øst	TEGNING NR. 321	REV. 00		



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

Skadekonsekvens					Forklaring					
vurdering:					vurdering:					
Faktor	vektall	Analyse 2004	Korrigert analyse 2015	kommentar	Faktor	vektall	Konsekvens, score			
							3	2	1	0
Boligheter	4	1	1	3 gårdsbruk	Boligheter, antall	4	Tett>5	Spredt >5	Spredt <5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	0	0		Næringsbygg, personer	3	>50	10-50	<10	Ingen
Annen Bebyggelse, verdi	1	0	0		Annen Bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei	2	2	1	raknerudveien ikke lenger inkludert i sonen	Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100
Toglinje	2	0	0		Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen
Kraftnett	1	1	1	distribusjon	Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemming/flo	2	0	0	lite vann	Oppdemming/flo	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Poeng (score x vektall): 9 7										
Beregnet skadekonsekvensklasse: Alvorlig Alvorlig										
Skadekonsekvens 0,20 0,16										
Faregradsklasser (sannsynlighet)					Forklaring					
vurdering:					vurdering:					
Faktor	vektall	Analyse 2004	Korrigert analyse 2015	kommentar	Faktor	vektall	Faregrad, score			
							3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	3	2	ingen skredgroper av nyere dato	Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde	2	2	2	opp til 25 m	Skråningshøyde, m	2	>30	20-30	15-20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå	2	3	3	norm. konsolidert, ref. cpt 4-12 og ødometer	Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poretrykk, overtrykk	3	0	0	undertrykk i topp, noe overtrykk i bunn	Poretrykk, overtrykk (kPa)	3	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk
Poretrykk, undertrykk	-3	0	0		Poretrykk, undertrykk (kPa)	-3	>-50	-(20-50)	-(0-20)	Hydrostatisk
Kvikkleiremektighet	2	3	2	H/2-H/4	Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	2	2	antatt 30-100. Ikke lab fra sprøbrudd	Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	3	2	noe erosjon, ref. g-rap 7	Erosjon	3	Aktiv/Glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep, forverring	3	0	0		Inngrep, forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Inngrep, forbedring	-3	0	0		Inngrep, forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Poeng (score x vektall): 30 24										
Beregnet faregradsklasse: Høy Middels										
Faregrad 0,59 0,47										
Risiko (skadekonsekvens x faregrad) 1176 732										
Risikoklasse: 3 3										