



RAPPORT

Kvikkleiresoner i Akershus

GEOTEKNISK UTREDNING AV KVIKKLEIRESONE
343 SKJETTEN

DOK.NR. 20100119-08-R
REV.NR. 0 / 2015-11-05

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

Prosjekt

Prosjekttittel: Kvikkleiresoner i Akershus
Dokumenttittel: Kvikkleiresone 343 Skjetten, stabilitetsvurderinger
Dokumentnr.: 20100119-08-R
Dato: 2015-11-05
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: NVE Region Øst
Kontaktperson: Jaran Wasrud
Kontraktreferanse: Bestilling 011798, datert 16. februar 2010

for NGI

Prosjektleder: Håkon Heyerdahl
Utarbeidet av: Håkon Heyerdahl, Åse Marit Wist Amdal, Cornelia Selzer
Kontrollert av: Øyvind A. Høydal

Sammendrag

Oppdrag

På oppdrag for NVE Region Øst har NGI utført geoteknisk utredning av kvikkleiresone 343 Skjetten.

Grunnforhold

Under toppmasser av fyllmasser o.l. består løsmassene av tørrskorpe over et tykt lag med siltig, ikke-kvikk leire. Kvikkleire er påvist enkelte steder innenfor sonen, men ligger dypere og har mindre mektighet enn tidligere antatt. Kvikkleira er trolig heller ikke ikke sammenhengende over hele sonen. Bergoverflaten stiger mot sørvest i sonen. Datagrunnlaget omfatter relativt få prøveserier. Tolkning er i hovedsak basert på sonderinger, utført i forbindelse med soneutredningen eller fra andre kilder.

Risikoevaluering

- Faregradsklassifisering for sonen er revurdert. Med utgangspunkt i skråning mot nord/nordøst opprettholdes eksisterende faregradsklasse, "2 – Middels".
- Konsekvensklasse er uendret, "3 – Meget alvorlig".
- Risikoklassifisering forblir som tidligere, dvs. risikoklasse 4 (nest høyeste prioritet).

Soneutbredelse

Ut fra foreliggende data er det potensiale for å redusere sonens utstrekning betydelig, særlig i sør, sørøst og sørvest, hvor det antas lite kvikkleire ut fra grunnundersøkelsene. Grunt beliggende berg antas å avgrense/dele opp faresonen. Supplerende undersøkelser, og da særlig prøvetaking for å verifisere tolket lagdeling og utbredelse av kvikkleireforekomsten, er en forutsetning for å kunne gjennomføre en sonejustering.

Grunnundersøkelsene har bekreftet kvikkleire i skråningene ned mot Skjettenbyen nord/nordøst for sonen. Områdene langs skråningene mot nord/nordøst vil fortsatt være fareområder etter en eventuell sonejustering.

Lengst nord i sonen bør det vurderes boringer mellom Breidablikkveien/Iver Holters vei og Tømteveien i vest, for å vurdere evt. utvidelse av sonen til å omfatte dette området.

Stabilitet

Stabilitetsanalyser viser at beregningsmessig sikkerhet er marginal for enkelte av beregningsprofilene. Drenert tilstand (langtidstilstanden) er mest kritisk, med materialfaktor $\gamma_m = 1,07$ for skråning mot vest fra Bråteveien, mens $\gamma_m = 1,04$ for skråning mot nordøst fra Stav skole (kritisk verdi for stabiliteten er $\gamma_m = 1,0$). Kritiske drenerte glideflater skjærer imidlertid ikke ned i kvikkleire. Når glideflaten tvinges til å skjære ned i kvikkleire, forbedres materialfaktoren til $\gamma_m = 1,20$ for begge beregningsprofilene.

For utløsning av kvikkleireskred er det udrenert tilstand (korttidstilstanden) som normalt anses mest relevant. Glidesirkler ned i kvikkleire har varierende sikkerhetsmargin ved udrenert analyse. Mot vest og sør vurderes stabilitetsforholdene som akseptable for dagens situasjon ($\gamma_m = 1,67$ mot sør fra Nybakveien og $\gamma_m = 1,25$ mot vest fra Bråteveien; oppfylling i ravinene vest for Bråteveien er da ikke tatt hensyn til).

Stabilitetsforholdene er dårligere for skråningene ned i ravinene og mot Skjettenbyen øst for Stav skole. For et profil ned i ravinene øst for Stav skole er udrenert materialfaktor beregnet til $\gamma_m = 1,15$. Dette vurderes som lavt i en kvikkleireskråning. Skråningen vender ned mot bebyggelse, og det er bebyggelse (skole) på toppen av skråningen.

Tiltak for å redusere faren for kvikkleireskred

Generelt pågår det ikke naturlige prosesser innenfor sonen (dvs. primært erosjon) som antas å kunne føre til utløsning av kvikkleireskred. Tiltak for å opprettholde dagens situasjon og forhindre forverring vil derfor begrense seg til å forhindre uheldige menneskelige inngrep, slik som graving inn i skråningsfot eller utfylling på toppen av platået uten forutgående geoteknisk prosjektering. Skred kan også forårsakes av feil på vannanlegg/ledninger, konsentrerte vannutslipp osv.

Mot vest

Mot vest antas oppfyllingen i ravinene nedenfor Bråteveien å ha forbedret stabilitetsforholdene betydelig, og det vurderes ikke å være behov for ytterligere tiltak. For mer detaljert vurdering av sonens avgrensning i dette området er det behov for supplerende undersøkelser og prøvetaking.

Mot sør

I skråningene og på plataet mot ravinene sør for sonen antas det å være lite, og ikke sammenhengende, kvikkleire i grunnen. Stabiliserende tiltak vurderes ikke nødvendig, men supplerende undersøkelser (prøvetaking) er en forutsetning for evt. å kunne redusere sonens utstrekning i sør/sørøst.

Mot nord/nordøst

Gjenfylling av ravine vest for Stav skole har forbedret stabilitetsforholdene lokalt. Øst for Stav skole er det beregningsmessig lav sikkerhetsmargin for glideflater ned i ravinene. Kvikkleire er påvist i prøver lenger øst. Stabiliserende tiltak bør her vurderes for å bedre stabilitetsforholdene, der det er praktisk mulig. Det er ikke mulig å bygge kontinuerlig støttefylling langs skråningen, pga. eksisterende bebyggelse inntil skråningsfoten. Avlastning på toppen av skråningen begrenses av infrastruktur/bygninger på toppen av skråningen.

Stabilitetsforholdene er imidlertid dårligst ned mot ravinene, hvor skråningene er brattest. Oppfylling i bunn av ravinene er gjennomførbart. Et slikt tiltak, som i prinsippet ikke behøver å være veldig omfattende, evt. kombinert med avlastning på toppen av skråning hvor mulig, vil bidra til å redusere faren for kvikkleireskred med utløp mot bebyggelsen nedenfor skråningen.

Stabiliserende må detaljprosjekteres av geotekniker. Gal utførelse av tiltak kan i verste fall medføre utløsning av skred.

Overflateskred

I ravineskråningene mot nordøst, særlig nedenfor idrettsbanen ved Stav skole og Øvre Ryens veg, er det observert mange grunne glidninger, skrånstilt trær mv., og disse skråningene bør vurderes sikret. Egnede tiltak kan være bl.a. steinplastring, drengrofter, kontrollert nedføring av overvann mv. Tiltak som forbedrer stabilitetsforholdene for dyperegående glidninger vil ikke nødvendigvis forhindre grunne glidninger. Skred og erosjon i overflatemasser i øvre del av disse ravinene antas her ikke å medføre økt fare for kvikkleireskred.

Byggeprosjekter innenfor sonen

Prosjekter innenfor sonen, og innenfor en evt. fremtidig justert sonegrense, må håndteres iht. krav til utbygging innenfor kvikkleireområder, som angitt i teknisk veileder til Plan- og Bygningsloven (TEK10). Dette innebærer at byggeprosjekter som omfatter tilflytting til sonen må håndteres iht. krav til områdestabiliteten (kvikkleireskredfare) ut fra NVEs kvikkleireveileder. I prinsippet kreves sikring av hele sonen til angitt sikkerhetsnivå for byggeprosjekter i kategoriene K3 og K4.

Det bemerkes at vanlige prosjekteringsregler uansett gjelder, bl.a. Eurokode 7. Selv om byggeprosjektet er akseptabelt ut fra krav til områdestabiliteten, må geotekniske vurderinger gjøres i hvert byggeprosjekt, inkludert vurdering av lokale stabilitetsforhold skal alltid vurderes lokalt, både for situasjon før og etter tiltak.

Dette innebærer forøvrig også at detaljerte grunnundersøkelser for enkeltprosjekter vil kunne resultere i at en geoteknisk vurdering gir som konklusjon at det ikke er kvikkleirefare innenfor et byggeområde, selv om tomten ligger innenfor en kartlagt faresone.

En mer detaljert vurdering av skredfaren basert på nærmere kartlegging går foran den generelle kartleggingen, men slike vurderinger må underlegges nødvendig og lovpålagt kvalitetskontroll, i praksis ekstern uavhengig kontroll, som skal utføres av annet geoteknisk firma enn det som utfører prosjekteringen.

Innhold

1	Innledning	9
2	Sikkerhetskrav	10
2.1	Krav til beregningsmessig sikkerhet ved vurdering av områdestabilitet	10
2.2	Mulighet for å anvende prosentvis forbedring i forbindelse med topografiske endringer	10
2.3	Lempende formuleringer for lav og middels faregrad i tiltakskategori K2 og K3	12
2.4	Kritisk (labil) skråning og sprøbruddeffekt	13
2.5	Endringer i nytt regelverk	13
2.6	Krav til sikkerhet for sone 343 Skjetten	13
3	Grunnundersøkelser og materialparametere	15
3.1	Topografi og lagdeling	15
3.2	Materialparametre og beregningsforutsetninger	16
3.3	Skjærfasthetsparametere, anisotropi og romvekt	18
4	Stabilitetsanalyser og stabilitetsforhold	19
4.1	Stabilitetsanalyser	19
4.2	Overflateglidninger	20
4.3	Inngrep og sikringstiltak i skråningsfoten	21
5	Faregrads-, konsekvens- og risikovurdering	23
5.1	Faregradsvurdering	23
5.2	Konsekvensvurdering	23
5.3	Risikoklasse	23
6	Utbredelse av kvikkleiresonen	23
6.1	Generelt om utbredelse av kvikkleiresoner	23
6.2	Revidert utbredelse av kvikkleiresonen	24
6.3	Oppsummering vedr. soneutbredelse	24
7	Stabilitet av naturlige skråninger i og utenfor kvikkleiresonen	26
7.1	Innenfor kvikkleiresone	26
7.2	Kvikkleire påvist utenom kvikkleiresoner	27
7.3	Utenfor kvikkleireområder	27
8	Sammendrag	27
8.1	Oppdrag	27
8.2	Stabilitetsanalyser og forslag til stabiliserende tiltak	27
9	Referanser	28

Tegninger

Nr. 040 Borplan

Vedlegg

- A:** **Grunnundersøkelser og materialparametere**
Figur A1-A6: Tolkning av aktiv skjærfasthet fra CPTU-sonderinger
- B:** **Stabilitetsberegninger**
Figur B1-B4: Beregningsresultater, profil P1
Figur B5: Beregningsresultater, profil P2
Figur B6-B7: Beregningsresultater, profil P3
- C:** **Utbredelse av kvikkleiresonen**
Figur C1-C5: Kart med tolkning av kvikkleireforekomst
Figur C6-C8: Grafisk fremstilling av tolket kvikkleire
- D:** **Faregradsevaluering**

Kontroll- og referanseside

2 Sikkerhetskrav

2.1 Krav til beregningsmessig sikkerhet ved vurdering av områdestabilitet

For utbygging innenfor kvikkleireområder stiller NVEs retningslinjer krav til områdestabiliteten (ref. /5/). Referanse til retningslinjene er også tatt inn i TEK10 (/16/). Krav til områdestabiliteten knytter seg til alle skråninger innenfor kvikkleiresonen hvor evt. brudd kan resultere i utløsning av kvikkleireskred. Dette gjelder selv om det planlagte tiltaket kan ligge i relativt stor avstand fra skråning, og i realiteten heller ikke har noen innvirkning på skråningsstabiliteten. Kravene gjelder generelt ikke for eksisterende boliger, men for tiltakskategorier spesifisert i ref. /5/.

I tilfeller der det planlegges tilflytting til en kvikkleiresone, er krav til områdestabiliteten som hovedprinsipp innfridd dersom det kan dokumenteres tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet, dvs. både drenert og udrenert analyse materialfaktor $\gamma_m \geq 1,4$ for skråningen. Dersom skråningen har for lav sikkerhet før tiltak, må stabiliserende tiltak gjennomføres slik at kritisk glideflate etter tiltak får materialfaktor $\gamma_m \geq 1,4$.

I tillegg til bestemmelser med krav til beregningsmessig sikkerhet, åpner ref. /5/ mulighet for prosentvis forbedring av stabiliteten, se avsnitt 2.2. Det er også gitt enkelte lempende bestemmelser til kravet om beregnet materialfaktor, avhengig av faregrad for sonen, se avsnitt 2.3.

2.2 Mulighet for å anvende prosentvis forbedring i forbindelse med topografiske endringer

Kravet til materialfaktor $\gamma_m \geq 1,4$ er ofte ikke gjennomførbart av praktiske/ økonomiske årsaker. Alternativt kan det da gjøres tiltak som medfører en forbedring av stabilitetsforholdene, etter gitte kriterier. Aktuelle tiltak omfatter topografiske endringer, dvs. typisk støttefylling eller utslaking/avlastning av skråninger, i tillegg til masseskifting med lette masser. Konstruktive tiltak, som grunnforsterkning, spunt- og andre støttekonstruksjoner, omfattes ikke av denne bestemmelsen, og for slike tiltak må det dokumenteres materialfaktor $\gamma_m \geq 1,4$.

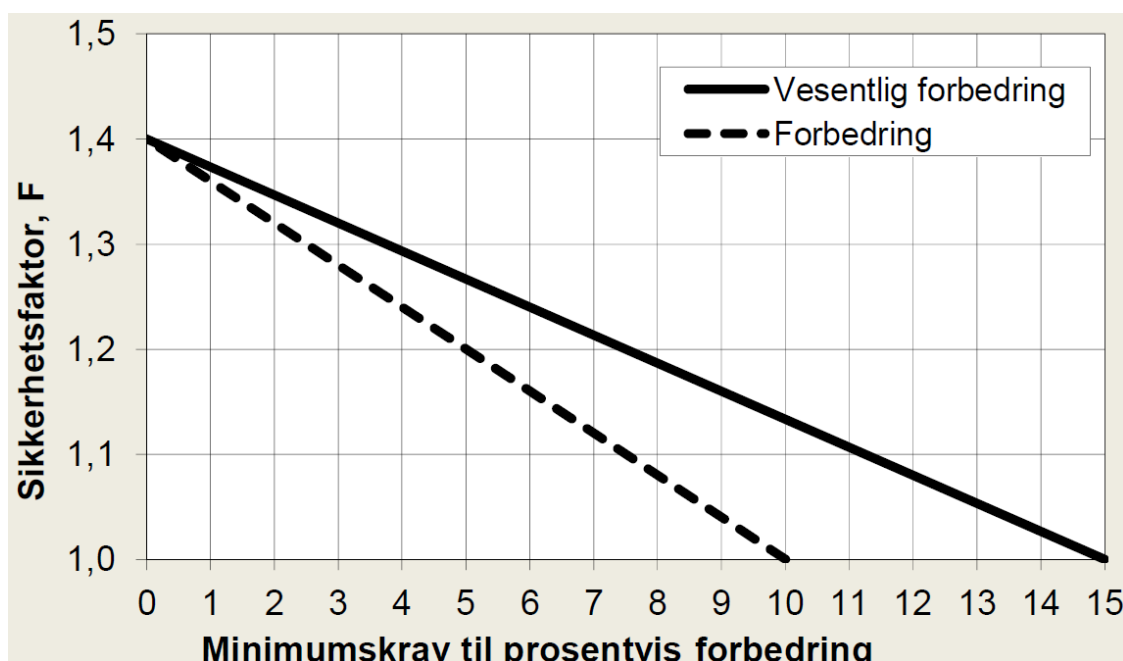
Utdrag av sikkerhetskrav fra ref. /5/ for spesifiserte tiltakskategorier K2-K4 er vist i Figur 2. De alternative strategiene for å innfri sikkerhetskravene, enten ut fra absolutt krav til materialfaktor, eller ut fra prosentvis forbedring, fremgår av tabellen (Figur 2). Tiltak som medfører tilflytting til et kvikkleireområde, vil havne enten i tiltaksklasse K3 eller K4.

Spesifikke krav til økning av materialfaktoren ved anvendelse av prosentvis forbedring er gitt i Figur 2. Det skilles mellom "forbedring" og "vesentlig forbedring", ut fra tiltaksklasse/faregrad. Krav om "forbedring" og "vesentlig forbedring" iht. ref. /5/ innebærer maksimalt hhv. 10 % og 15 % forbedring av beregningsmessig sikkerhet

sammenliknet med dagens situasjon (situasjon før tiltak). Maksimalkravet gjelder for skråning som er labil ($\gamma_m \leq 1,0$) i dagens situasjon.

Tiltakskategori. Type tiltak som inngår i tiltakskategorien	Hvordan oppnå tilfredsstillende sikkerhet for ulik faregrad		
	Faregrad før utbygging: Lav	Faregrad før utbygging: Middels	Faregrad før utbygging: Høy
<p>K2: Tiltak som er nevnt under kategori K1 når tiltaket vil påvirke stabiliteten negativt dersom det ikke gjennomføres stabiliserende tiltak utenom selve tiltaket.</p> <p>Dersom tiltaket medfører tilflytting av personer skal tiltaket plasseres i tiltakskategori K3 eller K4.</p>	<p>a) Stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ <i>eller</i></p> <p>b) Ikke forverring **</p> <p>Kvalitetssikres av kollega.*</p>		<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ <i>eller</i></p> <p>b) Ikke forverring hvis $F > 1,2$, <i>eller</i></p> <p>c) Forbedring hvis $F \leq 1,2$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>
<p>K3: Tiltak som medfører tilflytting av personer med inntil to boenheter, begrenset personopphold eller tiltak med stor verdi (utover tiltak i K0-K2). Ved planlagt større tilflytting/ personopphold gjelder K4.</p> <p>Eksempler er bolighus og fritidsbolig med inntil to boenheter, større driftsbygninger i landbruket, mindre utendørs publikumsanlegg, mindre næringsbygg, større VA-anlegg.</p>	<p>a) Stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ <i>eller</i></p> <p>b) Ikke forverring**</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ <i>eller</i></p> <p>b) Ikke forverring hvis $F \geq 1,2$, <i>eller</i></p> <p>c) Forbedring hvis $F < 1,2$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ <i>eller</i></p> <p>b) Forbedring hvis $F < 1,4$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>
<p>K4: Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold enn tiltak i K3 samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner.</p> <p>Eksempler er mer enn to eneboliger /fritidsboliger, rekkehus/boligblokk, bolig- og hyttefelt, skole og barnehage, sykehjem, større næringsbygg, kontorbygg, idretts- og industrianlegg, større utendørs publikumsanlegg, lokale beredskapsinstitusjoner.</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ <i>eller</i></p> <p>b) Forbedring hvis $F < 1,4$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>		<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ <i>eller</i></p> <p>b) Vesentlig forbedring hvis $F < 1,4$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>

Figur 2 Tiltakskategorier K2 - K4 og sikkerhetskrav iht. ref. /5/



Figur 3 Krav til prosentvis forbedring ut fra beregnet sikkerhetsfaktor før tiltak iht. ref. /5/

2.3 Lempende formuleringer for lav og middels faregrad i tiltakskategori K2 og K3

For lav og middels faregrad (før utbygging) er det i nye NVE-retningslinjer (ref. /5/) gitt enkelte lempende formuleringer, ut fra en kombinasjon av faregrad og beregningsmessig sikkerhet for dagens situasjon.

- Tiltak i tiltakskategori K2 er akseptable dersom tiltaket i seg selv ikke fører til forverring av områdestabiliteten. Tiltakskategori 2 er ikke aktuell for tilflytting av personer til en kvikkleiresone.
- Det åpnes samtidig for tiltak som medfører tilflytting til en kvikkleiresone med inntil 2 boenheter (dvs. tiltakskategori K3) i soner med lav og middels faregrad, uten å innfri krav om materialfaktor $\gamma_m \geq 1,4$. For lav faregrad er det tilstrekkelig at stabiliteten ikke forverres, mens det for middels faregrad skilles mellom beregnet materialfaktor $\gamma_m < 1,2$ eller $\gamma_m \geq 1,2$. For beregnet materialfaktor $\gamma_m \geq 1,2$ er det tilstrekkelig å unngå forverring, mens forbedring av stabiliteten kreves for lavere beregnet sikkerhet.

For tiltak som faller innunder tiltakskategori K4 (dvs. større planlagt tilflytting/personopphold) er kravet enten beregnet materialfaktor $\gamma_m \geq 1,4$ eller prosentvis forbedring, iht. Figur 3 som angir "forbedring" (lav og middels faregrad) eller "vesentlig forbedring" (høy faregrad).

2.4 Kritisk (labil) skråning og sprøbruddeffekt

Teoretisk sett kan ikke en eksisterende skråning ha lavere materialfaktor enn $\gamma_m = 1,0$ (skråningen ville da gå til brudd). Ofte resulterer stabilitetsberegninger likevel i materialfaktor $\gamma_m < 1,0$. Dersom beregnet materialfaktor er vesentlig lavere enn $\gamma_m = 1,0$ kan det være aktuelt å oppjustere styrkeparametrene, slik at beregnet materialfaktor blir $\gamma_m = 1,0$ (dvs. skråningen er beregningsmessig kritisk). Dette vil så danne utgangspunkt for stabiliserende tiltak, eksempelvis prosentvis forbedring.

Kravene i NVEs retningslinjer om reduksjon av aktiv skjærstyrke i sprøbruddmateriale med 15 % kan ha vesentlig innflytelse på beregningsmessig sikkerhet. I noen tilfeller medfører denne reduksjonen at beregnet materialfaktor blir mindre enn 1,0 for eksisterende skråninger (dvs. $\gamma_m < 1$ dersom stabiliteten vurderes ut fra karakteristisk styrke. Dette gjelder særlig der store deler av glideflaten går gjennom kvikkleire. I slike situasjoner er det ikke nødvendigvis riktig å oppjustere styrkeprofilen. Det er også andre faktorer som kan bidra til at beregnet sikkerhet blir lav, blant annet at valg av styrkeparametere skal gjøres forsiktig (jfr. ref. /). Stabiliserende effekt av bl.a. tørrskorpelag vil også ofte undervurderes eller vurderes forsiktig. Alternativt kan derfor prosentvis forbedring ta utgangspunkt i beregnet materialfaktor vurderes å være riktig, selv om beregnet $\gamma_m < 1,0$.

FOU-prosjekter ved NGI (som del av "NIFS"-prosjektet) har studert størrelse av sprøbruddeffekten og differensiering mellom belastningssituasjoner som har/ikke har betydning for aktivering av "sprøbruddeffekt" i kvikkleire (ref. /15/). Foreløpig er resultatene ikke tatt inn i NVEs retningslinjer.

2.5 Endringer i nytt regelverk

I nye NVE-retningslinjer (ref. /5/) er det ikke lenger krav om at alle glidesirkler som har $\gamma_m < 1,4$ i dagens situasjon skal ha forbedring iht. Figur 3 dersom det benyttes prosentvis forbedring. Størrelse av tiltak vurderes vanligvis derfor kun ut fra mest kritiske glideflate før og etter tiltak (og disse er normalt forskjellige). I enkelte tilfeller kan det likevel vurderes nødvendig å se på økning i sikkerhetsfaktorer for flere alternative glideflater.

2.6 Krav til sikkerhet for sone 343 Skjetten

Utredningen har ikke som uttalt mål at det skal åpnes for generell tilflytting til sonen, men tilbudsgrunnlaget (ref. /6/) beskriver at det skal gis forslag til sikringstiltak og stabilitetsforbedrende tiltak. Ut fra retningslinjene vil tilflytting til kvikkleiresoner (uansett faregrad) generelt havne i tiltakskategori K3 eller K4. Det er som del av utredningen vurdert nødvendig omfang av tiltak i K4, dvs. tiltak som gjør det mulig å åpne sonen for generell tilflytting uten begrensning på antall boenheter.

2.6.1 Tiltakskategori K4

Tiltakskategori K4 omfatter tiltak som medfører generell tilflytting, for eksempel større feltutbygginger.

Forutsetninger for tiltak i tiltakskategori K4:

- For tiltak i tiltakskategori K4 kreves generelt materialfaktor $\gamma_m \geq 1,4$ (Figur 2).
- Dersom tiltak gjøres som topografiske endringer, er kravet "forbedring", dvs. 0-10 % forbedring (10 % for skråning som er beregningsmessig kritisk, avtakende til ingen krav til forbedring for materialfaktor $\gamma_m = 1,4$ i dagens situasjon).

2.6.2 Tiltakskategori K3

Dersom utredning av sonen ikke åpner for tiltak i tiltakskategori K4, eller det ikke anses mulig å oppnå tilstrekkelig sikkerhetsnivå for tiltak i denne kategorien, kan mindre omfattende tiltak likevel vurderes, ut fra krav til tiltakskategori K3.

Tiltakskategori K3 omfatter bl.a. oppføring av inntil 2 bolighus, men ikke planlagt større tilflytting (feltutbygging), som alltid vil ligge i kategori K4. I kategori K3 vil det eksempelvis kunne bygges enkelthus ved utskilling av tomter fra eksisterende boliger.

Det er ikke gitt noe tak i NVEs retningslinjer for antall ganger tilflytting av 1-2 boenheter kan skje innenfor en sone, men samtidig skal tiltakskategorien ikke anvendes for planlagt utbygging av et større antall boenheter.

Forutsetninger for tiltak i tiltakskategori 3 (for faregradsklasse "2 – Middels"):

- Tiltak i tiltakskategori K3 (Figur 2) kan gjennomføres innenfor sonen dersom beregnet materialfaktor for områdestabiliteten tilfredsstillende $\gamma_m \geq 1,2$, forutsatt at tiltaket ikke medfører forverring av stabiliteten.
- For $\gamma_m < 1,2$ kreves "forbedring"² iht. Figur 3.

² For skråninger med γ_m ca. 1.12-1.2 vil "forbedring" resultere i $\gamma_m > 1.2$ etter tiltak, dvs. bedre sikkerhet enn grenseverdien på $\gamma_m = 1.2$ som utløser krav om forbedring.

3 Grunnundersøkelser og materialparametere

3.1 Topografi og lagdeling

Kvikkleiresonen 343 Skjetten ligger i sin helhet under marin grense. Plataet med bebyggelsen ligger i hovedtrekk mellom ca. kote 130 (i sørøstre hjørne av sonen) og kote 170. Plataet ligger høyest i sørvestre hjørne av sonen, og faller både mot nord og øst.

Det er benyttet data fra tidligere kvikkleirekartlegging (ref. /1/), grunnundersøkelser utført særskilt i forbindelse med soneutredningen (ref. /4/), samt andre grunnundersøkelser stilt til rådighet (ref. /10/, /16/ og /18/). Beliggenhet av boringer benyttet i utredningsarbeidet er vist på tegning 040.

Området er i stor grad bebygget, slik at det kan påtreffes antropogene masser fra terreng med varierende mektighet, trolig også som utfylling på og utover skråningskanter. Naturlige masser består i dybden av marin leire, som kan være noe siltig.

Basert på tilgjengelige grunnundersøkelser kan følgende generelle beskrivelse av grunnforholdene gis:

- Sondert dybde gjennom løsmasser er fra 9 m til 30 m.
- Berg er påvist i noen av totalsonderingene i sørvestre og sørøstre del av sonen (dybde 15 m og større).
- Det er i hovedsak boret gjennom antatt leire, men med noe fast materiale over berg (morene eller grus).
- Basert på sonderinger og prøver synes tørrskorpelaget å være inntil 4-5 m tykt (stedvis noe tynnere).
- Det er begrenset med data for å vurdere poretrykksforhold, se vedlegg B.

Basert på dreietrykksonderingene ble det forut for prøvetaking antatt potensiell kvikkleire nokså grunt innenfor sonen. Opptatte sylindrerprøver inneholdt imidlertid ikke kvikkleire/sprøbruddmateriale ned til dybder på 13-18 m i borpunktene 301, 303 og 305.

Tolket lagdeling fremgår av beregningsprofilene (Vedlegg B, figur B1-B7).

- ➔ Grunne lag i bl.a. punktene 301, 303 og 305 er ikke sprøbruddmateriale. Sensitiviteten av analyserte leirprøver er mellom 4 og 8. Basert på opptatte prøver representerer avtakende boremotstand i grunne lag trolig ikke sensitiv leire eller sprøbruddmateriale, men gjennom boring av tørrskorpa.
- ➔ Sonderingene indikerer imidlertid sannsynlig kvikkleire på større dybde (dvs. sprøbruddmateriale iht. ref. /5/).
- ➔ Prøvetaking utført i østre del i sonen har bekreftet tolkning av lagdeling og forekomst av kvikkleire i dybden. Prøver av det dypereliggende laget bekrefter kvikkleire på antatt nivå, dvs. under ca. kote 133 i foten av skråningen nær borpunkt 305 (ref. /16/).

3.2 Materialparametre og beregningsforutsetninger

3.2.1 Forekomst av sprøbruddmateriale

Tolkning av forekomst av sprøbruddmateriale i borpunktene innenfor sonen er oppsummert i Tabell 1.

Kvikkleire er bekreftet i prøver fra punkt OR_2. Det er gjort en vurdering av mulig forekomst av sprøbruddmateriale for hvert enkelt borpunkt, med angivelser som følger:

- "Påvist": Prøver bekrefter at det er sprøbruddmateriale i punktet.
- "Sannsynlig": Tolkning tilsier at det må antas sprøbruddmateriale i punktet.
- "Mulig": Det kan ikke sees helt bort fra muligheten for sprøbruddmateriale i punktet, men tolkning tilsier at det trolig ikke er sprøbruddmateriale.
- "Lite sannsynlig": Prøver viser at det ikke er sprøbruddmateriale i punktet, eller tolkning av soneringsdata tilsier at det sannsynligvis ikke er sprøbruddmateriale.

I vedlegg A er det gitt en nærmere diskusjon av tolkningen.

I vedlegg C er borpunktene vist på kart med tolkning angitt med fargekode (figur C1-C5).

I vedlegg C er det i tillegg gitt grafiske fremstillinger av terrengnivå, bergoverflate og tolket overkant av lag med antatt sprøbruddmateriale (figur C6-C8).

Tabell 1 Borpunkter i sone 343 Skjetten med antatt beliggenhet av sprøbruddmateriale og vurdering av mulig forekomst av sprøbruddmateriale ("kvikkleire") i borpunkt.

Punkt *)	Profil	Terreng	Antatt ok. sprøbruddmateriale	Antatt berg (***)	Mektighet løsmasser	Kvikkleire?	Kommentar	
[Nr.]	[Nr.]	[kote]	[kote]	[kote]	[m]	-	-	
301	P3	151,8	~132	-	>25	Sannsynlig	Prøver til 18 m (ikke kvikkleire).	
13_NGI		~154		124	~30	Sannsynlig		
302		142,3	132	128	15	Sannsynlig	-	
303	P1	161,3	133 (?)	131	30	Mulig	Prøver til 17 m (ikke kvikkleire).	
304		158,9	-	136	23	Lite sannsynlig	-	
305		151,5	-	129	22	Lite sannsynlig	Prøver til 12 m (ikke kvikkleire).	
306		157,3	-	138	19	Lite sannsynlig	-	
307	P2	145,6	-	134	12	Lite sannsynlig	-	
308		131,6	-	122	10	Lite sannsynlig	-	
LG_1 **)		142,7	136 (?)	119	24	Mulig	-	
LG_2 **)		132,5	126 (?)	117	15	Mulig	-	
1_LG **)		165,9	151 (?)	145	21	Mulig	Grunt sammenliknet med øvrige boringer.	
2_LG **)		166,9	151 (?)	138	29	Mulig		
OR_1	Sør for P3	156,3	138	134	22	Mulig	Prøver dybde 9-14 m.	
OR_2		141,5	134	124	18	Påvist		
OR_3		154,8	136	132	23	Sannsynlig		Prøver til 12 m (ikke kvikkleire).
OR_4		138,1	131	126	12	Sannsynlig		-
OR_5		152,4	138	128	24	Sannsynlig		-
OR_6		135,6	-	128.6	7	Lite sannsynlig		Bergkontroll utført
OR_7		138,8	-	129	10	Lite sannsynlig		-
OR_8 **)		153,8	134	130	24	Sannsynlig		-
OR_9		153,9	-	133	21	Lite sannsynlig		-
OR_10		151,5	-	134	18	Lite sannsynlig		-
1	P2	145,1	-	134	11	Lite sannsynlig	-	
2		141,2	-	131	10	Lite sannsynlig	-	
3		131,8	128 (?)	127	5	Mulig	-	
4		143,7	-	133	11	Lite sannsynlig	Prøver til 11 m (ikke kvikkleire)	
5		145,6	-	133	13	Lite sannsynlig	-	
6		139,0	-	129	10	Lite sannsynlig	-	
7		133,1	-	126	7	Lite sannsynlig	-	
8		148,6	-	127	22	Lite sannsynlig	-	
9		133,2	130 (?)	127	6	Mulig	-	
10		128,0	-	125	3	Lite sannsynlig	-	

*) Boringer 301-308 fra ref. /4/, LG-1, LG-2, 1-LG og 2-LG fra ref. /10/, OR_1 tom. OR_10 fra ref. /16/, 1 tom. 10 fra ref. /18/.

**) Totalsondering

***) Generelt ikke bergkontroll (kun i borpunkt OR_8). I 1_LG, 2_LG, LG_1 og LG_2 er det boret 0,5-1,5 m ned i antatt berg.

3.3 Skjærfasthetsparametere, anisotropi og romvekt

3.3.1 Drenerte parametre

Det er utført to CAU triaksialforsøk i laboratorium på materiale fra prøveserie 301 (ref. /4/). Tolkning av drenerte styrkeparametere og vurdering av prøve kvalitet er gitt i vedlegg A.

3.3.2 Udrenert skjærfasthet

Udrenert skjærfasthet for leire er tolket ut fra CPTU-sonderinger iht. ref. /13/, basert på laboratorieforsøk utført på opptatte prøver og antatt poretrykksfordeling i grunnen, basert på overkonsolideringsforhold vurdert ut fra antatt tidligere terrengnivå, dagens topografi og CPTU-resultatene. Tolkede aktive skjærfasthetsprofiler er vist i vedlegg A (Figur A1-A6).

Målt/tolket skjærfasthet fra CPTU og triaksialforsøk i punkt 301 tilsier overkonsolidering tilsvarende ca. 15 m tidligere overlaging³ over dagens terreng ved CPTU 301, og betydelig mer i de andre CPTU-punktene (303, 305, 307), se Tabell 2.

Tabell 2 Oversikt, tolkning av CPTU

	CPTU-301	CPTU-303	CPTU-305	CPTU-307
Terreng, kote	151,8	161,3	151,5	145,6
Tidligere overlaging ³ over dagens terreng	15 m	25 m	20 m	25 m
Ant. kvikkleire *) fra dybde/kote	20-22 m	Ca. 28 m	Neppe kvikkleire	Neppe kvikkleire
	k. +130-132	k. +133	-	-

*) Kvikkleire eller sprøbruddmateriale iht. ref. /5/.

3.3.3 Anisotropi

Anvendelse av anisotropifaktorer er presentert i Vedlegg A.

3.3.4 Romvekt

Romvekt av leire er bestemt ut fra opptatte prøver der dette finnes (ref. /4/).

For steinfylling og tørrskorpe er det benyttet erfaringsverdier for romvekt og skjærfasthet, se Tabell 3. For steinfylling og tørrskorpeleire er erfaringsverdier benyttet.

³ Vurdert ut fra tidligere terreng antatt som tidligere sjøbunnsnivå med hydrostatisk poretrykksfordeling fra terreng. Tidligere terrengnivå vurdert ut fra dagens poretrykksforhold, og ut fra antakelse om tidligere sjøbunn, er derved ikke ensbetydende.

Tabell 3 Materialparametere brukt i stabilitetsberegninger (for steinfylling og tørrskorpeleire er det benyttet erfaringsverdier)

	Total romvekt γ [kN/m ³]	Effektiv friksjons- vinkel ϕ' [°]	Kohesjon c' [kN/m ²]
Steinfylling (drenert)	19	42	0
Tørrskorpeleire	18	32	0
Leire/kvikkleire (P1, P2 og P3)	19,5	27	5

4 Stabilitetsanalyser og stabilitetsforhold

4.1 Stabilitetsanalyser

Skråningsstabiliteten er beregnet langs tre profiler; P1, P2 og P3, mot hhv. vest, sør og øst (vist på tegning 040). Resultater er presentert i vedlegg B og kort oppsummert i Tabell 4. Det er også tatt med beregninger utført for Skedsmo kommune langs et profil P4 ca. 200 m sørøst for profil P3. Beliggenhet av profilet er vist på tegning 040.

Profil P1

Stabilitetsanalyse for dagens situasjon gir $\gamma_m < 1,4$ (Tabell 4). Tiltak som omfatter 2-2,5 m oppfylling med stein i ravinen er tilstrekkelig for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet ("forbedring" iht. ref. /5/). Allerede utførte tiltak i ravinen nedenfor Bråteveien antas å være tilstrekkelig for å innfri krav til forbedring av skråningsstabiliteten, men dette bør kontrolleres mot innmålingsdata av terrenget etter oppfylling.

Profil P2

Det anses ikke å være behov for tiltak for å forbedre stabiliteten i profil P2 basert på beregningene for dagens situasjon (Tabell 4).

Profil P3

Stabilitetsanalyse for dagens situasjon gir $\gamma_m < 1,4$ Tabell 4. For skråningen ned mot bebyggelsen i nordøst synes tiltak vanskelig gjennomførbart. Motfylling er ikke mulig grunnet bebyggelse tett opptil skråningsfoten, og avlasting på toppen av skråningen kan heller ikke gjøres uten videre. Ravinen vest for Stav ungdomsskole er gjenfylt i senere tid, noe som har forbedret stabiliteten lokalt både mht. overflateglidninger og dypere brudd. Skråningene fra Stav skole ned mot bebyggelsen er noe mindre bratte enn skråningene ned i ravinen øst for skolen. Oppfylling av raviner sør/øst for profil P3 vil forbedre stabilitetssituasjonen her. Slik sett vil noe oppfylling innover i ravinen være gunstig, da skred som løsner i det bratteste partiet vil kunne forplante seg sideveis.

Profil P4

For profil P4 er stabilitetsvurderinger utført i forbindelse med oppdrag for Skedsmo kommune (ref. /16/, /19/). For dette profilet er drenert tilstand mest kritisk, med $\gamma_m = 1,18$. Udrenert analyse gir materialfaktor $\gamma_m = 1,39$.

Tabell 4 Oppsummering av stabilitetsberegninger for dagens situasjon og foreslåtte tiltak, profil P1, P2, P3 og P4. Grønne tall viser akseptable situasjon.

Profil	Beskrivelse		γ_m	
			Udrenert analyse	Drenert analyse
P1	Dagens situasjon *)		1,25	1,07 **) / 1,20 ***)
	Tiltak: Steinfylling	2 m	1,29	1,29
		2,5 m	1,32	-
P2	Dagens situasjon		1,67	1,37 ****)
P3	Dagens situasjon		1,15	1,04 **) / 1,20 ***)
P4	Dagens situasjon		1,39	1,18 **) / 1,21 ***)

*) Terrengtopografi før oppfylling i ravinen vest for Bråteveien.

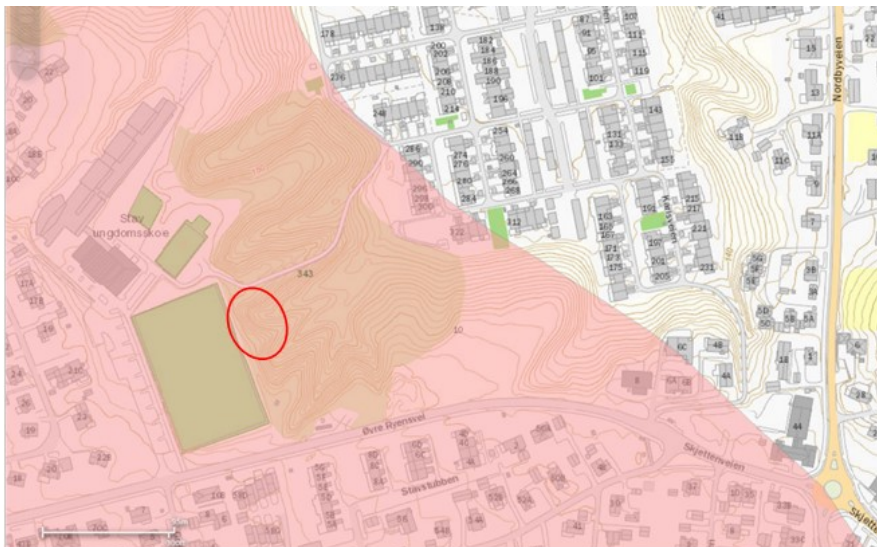
**) Kritisk glideflate skjærer ikke ned i kvikkleire

***) Gjelder glideflate som skjærer ned i kvikkleire.

****) Vurderes akseptabel mht. bebyggelse på toppen av skråningen.

4.2 Overflateglidninger

I den sterkt ravinerte skråningen innenfor sonen øst for Stav ungdomsskole (Figur 4) er det observert grunne glidninger i overflatemasser, særlig i øvre del av skråningen. I slike naturlige siltskråninger kan utglidninger skje i forbindelse med kraftig nedbør, men typisk er glidningene begrenset til torvlaget/rotsonen og har relativt liten tykkelse. Nedenfor idrettsbanen er det et konsentrert utslipp av vann fra en dreneringsledning oppe i den bratte delen av skråningen. I dette området er det observert en rekke glidninger, både opp mot idrettsbanen, langs bekkeløpet og i sideskråningene til ravinen til side for bekkeløpet.



Figur 4 Grunne glidninger er observert i siltige masser i ravinene øst og sør for Stav ungdomsskole. Konsentrert vannutslipp fra vannledning i området observert nedenfor idrettsplassen (rød ring).



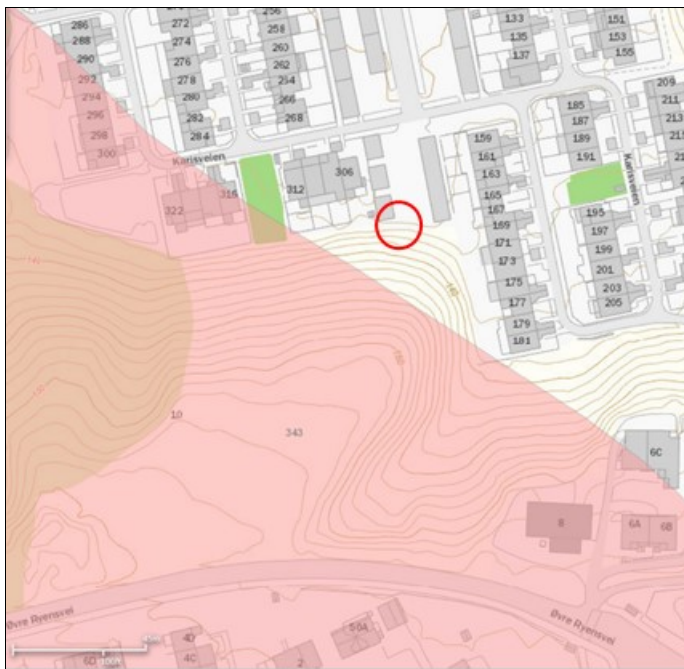
Figur 5 Venstre: Grunne glidninger i sideskråning til ravinen nedenfor idrettsbanen ved Stav ungdomsskole (foto tatt 27.04.2015). Høyre: Bekkeløp i ravinen med glidninger i den bratte delen av skråningen opp mot idrettsbanen. Utslipp fra drensledning oppe i skråningen er ikke synlig på bildet (jfr. Figur 4)

Grunne glidninger i siltige masser i øvre del av ravinene anses ikke å kunne medføre utløsning av kvikkleireskred, da sprøbruddmaterialet ligger dypt i dette området. Glidninger i overflatemasser kan imidlertid medføre rotvelt av trær. Ved befaring 27. april 2015 ble det observert mange skråstilte trær som følge av bevegelser i grunnen, jfr. Figur 5. I et område hvor det antas å være mye allmenn ferdsel, ikke minst lekende barn, bør hogst av slike større skråstilte trær, og dessuten generell stabilisering av skråningen, vurderes.

Det vil være mulig å stabilisere skråningene med tiltak som steinplastring, drengrofter o.l. Dette bør i så fall baseres på en detaljert befaring av alle ravinene i området, med spesiell vekt på å vurdere overflatestabiliteten. Tiltak må tilpasses lokalt.

4.3 Inngrep og sikringstiltak i skråningsfoten

Bebyggelsen nede på sletta øst for Stav skole ligger tett inntil foten av skråningen. Små inngrep i foten av skråningen er observert (jfr. Vedlegg D). I tillegg kan det se ut som enkelte mindre glidninger i overflaten av skråningen kan ha skjedd i skråningsfoten, og at det så er utført tilbakefylling/steinplastring (Figur 5). Generelt må det ikke graves inn i skråningsfoten. Dersom mindre glidninger skjer, vil rask tilbakefylling med stein ved skråningsfoten være gunstig som akutt stabiliserende tiltak. Ved tegn på ustabilitet bør geotekniker kontaktes, og forøvrig .



Figur 6 Øverst: Garasje og steinplastring i skråningsfoten (rød ring). Nederst: Steinplastring ved garasje inntil skråningsfoten. Nedre del av skråningen har noe større helning enn skråningen lenger opp, muligens pga. menneskelige inngrep.

5 Faregrads-, konsekvens- og risikovurdering

5.1 Faregradsvurdering

Detaljerte faregradsvurderinger er gitt i Vedlegg D.

Sonens faregrad er revurdert basert på nye og mer detaljerte data om grunnforholdene. Vurdering er gjort for de tre beregningsprofilene; dvs. P1 (vestover fra Bråteveien), P2 (sørover fra Nybakveien) og P3 (østover fra Stav skole). I tillegg er det gjort vurdering for profil P4, som går ned skråningen fra Øvre Ryens veg øst for profil P3. Det er i senere tid utført geotekniske vurderinger og stabilitetsvurderinger for profil P4 (ref. /16/).

Basert på nye grunnundersøkellesdata opprettholdes sonens faregradsklasse 2 - middels. Dette begrunnes i skråningen nord og øst for Stav skole, hvor kvikkleire er påvist.

5.2 Konsekvensvurdering

Konsekvenser av evt. skred innenfor sonen er ikke endret siden tidligere risikovurdering (/11/), og sonen må fortsatt regnes å ligge i konsekvensklasse 3 – meget alvorlig.

5.3 Risikoklasse

Ny vurdering av faregrad fører til en liten reduksjon av tallverdi for risiko, fra 2440 til 2318, men sonen ligger fortsatt i risikoklasse 4 (nest høyeste prioritet).

6 Utbredelse av kvikkleiresonen

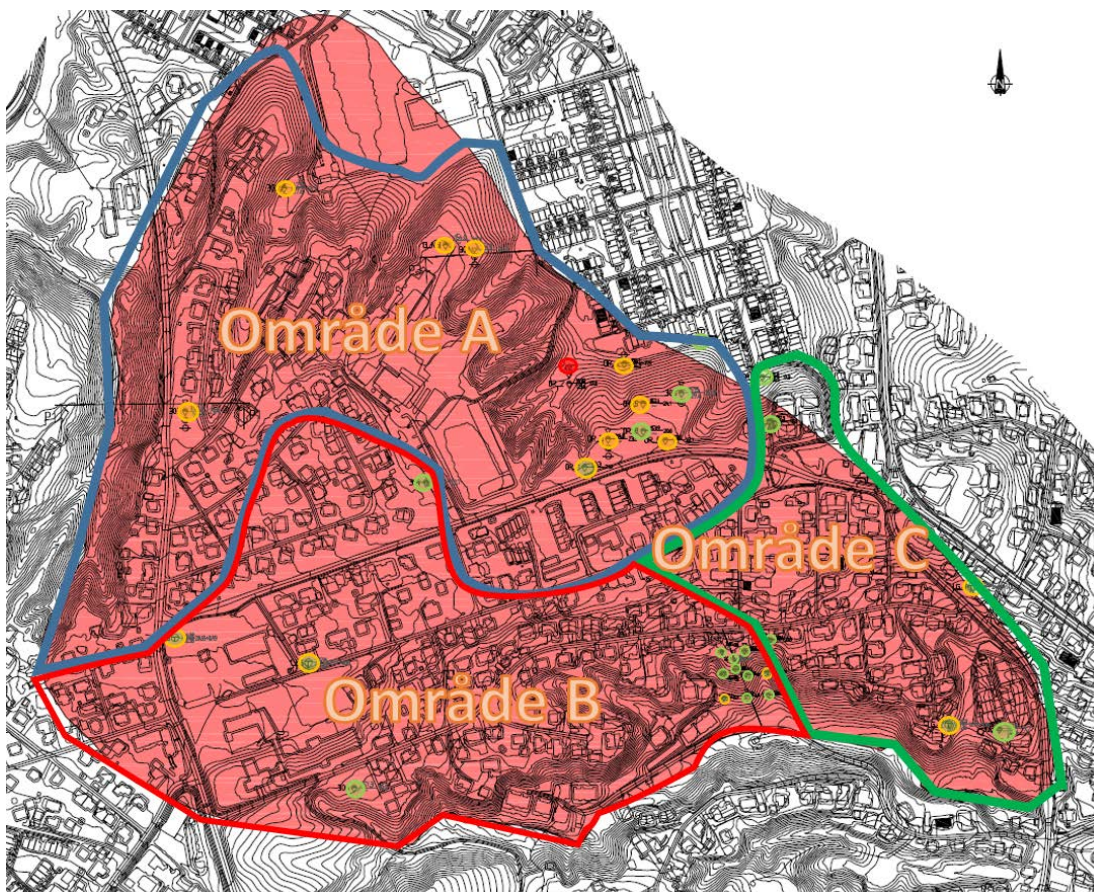
Grunnundersøkelsene gir grunnlag for å revurdere sonens utbredelse. Prøvetaking har vist at det er mindre mektighet av kvikkleire enn dreietrykksonderingene kunne indikere. I tillegg er det en rekke sonderinger som ikke tolkes som kvikkleire. Detaljerte vurderinger av mulig revidert soneutbredelse er gitt i Vedlegg C.

6.1 Generelt om utbredelse av kvikkleiresoner

Utstrekning av nåværende kvikkleiresone er vist på tegning 040. I den nasjonale kvikkleirekartleggingen er soneutstrekning anslått ut fra metodikk beskrevet i ref. /12/ til en avstand L fra bunn av ravine eller skråningsfot tilsvarende $L = 15 \times H$, hvor H er høyde av skråningen. Forholdet $L/H = 15$ er fremkommet som et resultat av teoretiske betraktninger og empiriske studier av en rekke norske og svenske kvikkleireskred, e.g. ref. /9/. Forholdstallet $L/H=15$ anses å være et konservativt estimat.

6.2 Revidert utbredelse av kvikkleiresonen

Beskrivelsen gjøres for tre delområder, A-C, se figur Tabell 4 og figurene C1-C5 i vedlegg C. En skarp avgrensning mellom disse områdene kan ikke fastlegges i detalj ut fra nåværende datagrunnlag.



Figur 7 Vurderinger av soneutbredelse gjøres ut fra delområdene A, B og C som vist på figuren

6.3 Oppsummering vedr. soneutbredelse

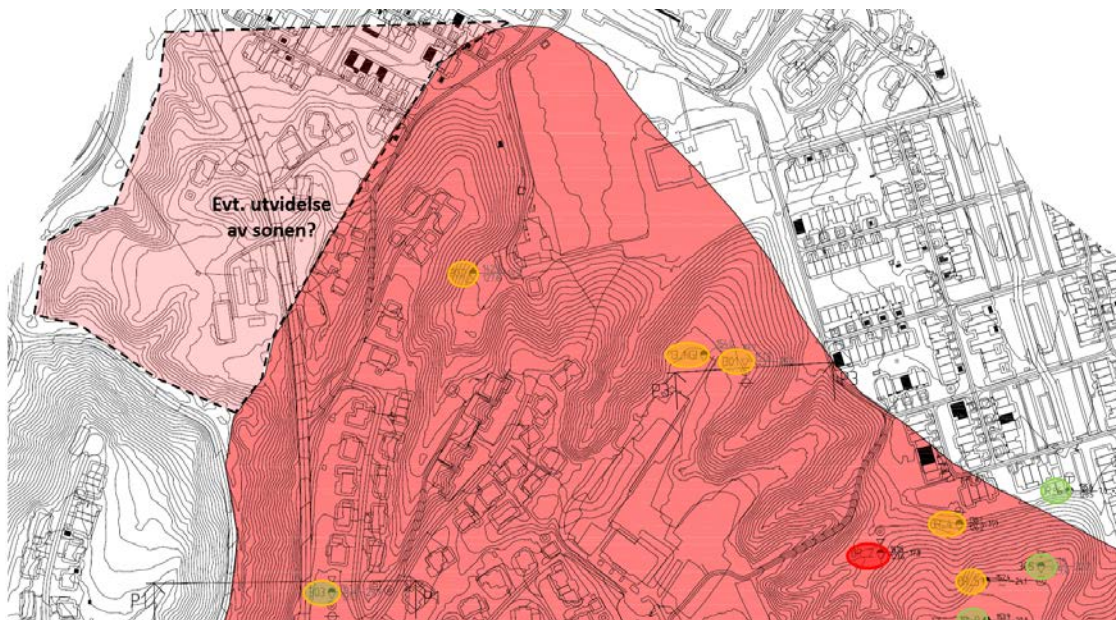
Basert på diskusjon oppsummert nedenfor synes det å være potensiale for å ta ut delarealer fra nåværende sone, særlig i sørvestre og nordre del av sonen.

6.3.1 Område A

- Kvikkleira innenfor sonen ligger dypere og har mindre mektighet enn tidligere antatt, særlig gjelder dette vestre/nordre deler av sonen. Dette kan bl.a. medføre at sentrale deler av sonen ligger i sikker avstand til skråningskantene.
- Der bergoverflaten er antatt å ligge høyere enn kote 132-134, tyder soneringene på at det ikke ligger kvikkleire over berg. Også dette gjelder i første rekke vestre/nordre

deler av sonen. En generell konklusjon kan ikke trekkes uten verifikasjon ved prøvetaking.

- For områder langs skråningskanten i vest (Bråteveien), og langs skråningen mot nordøst (fra Øvre Ryen vei, nordover forbi Stav ungdomsskole og opp til Rikard Nordraaks vei) antas faresonen å måtte bestå, men muligens kan soneutbredelsen bakover på platået reduseres.
- Deler av ravineryggen nord for Bråteveien (Iver Holters vei/Breidablikkveien) kan muligens tas ut av sonen, basert på dybde til antatt kvikkleire i kombinasjon med aktuell skråningshøyde. Dette må sees i sammenheng med området vest for nåværende sonegrense lengst i nord, hvor supplerende undersøkelser bør vurderes i området mellom Bråteveien og Tømteveien. Her kan det være aktuelt med en utvidelse av sonen, dersom kvikkleire påtreffes, se Figur 8.



Figur 8 Potensiell utvidelse av sonen mot Tømteveien vest for nåværende sonegrense i nord

6.3.2 Område B

- I søndre og sørvestre del av sonen er det indikasjon på at sonen kan avgrenses betydelig, men verifikasjon på lagdeling er nødvendig.

6.3.3 Område C

- I sørøst er usikkerheten rundt fremtidig soneutbredelse større, da enkelte boringer her indikerer grunn kvikkleire (i nivå som stemmer med dybde for påvist kvikkleire lenger nordvest i sonen). En innsnevring av sonen er ikke mulig basert på eksisterende datagrunnlag.

6.3.4 Forutsetninger for endring av soneutbredelsen

Endringer (reduksjoner) av soneutbredelsen basert på momentene foran forutsetter supplerende grunnundersøkelser:

- Detaljert kartlegging av utbredelse og mektighet av kvikkleire krever generelt betydelig innsats av grunnundersøkelser. Et avgrenset omfang av supplerende undersøkelser (primært prøvetaking) vil likevel trolig kunne gi tilstrekkelig informasjon til å redusere sonens utstrekning betydelig, særlig for i østre og sørlige del av sonen.
- Avhengig av detaljeringsgrad vil man få overgangssoner med usikker overgang mellom kvikkleire/ikke kvikkleire. Det kan evt. være mulig å dele opp sonen i mindre soner, hvis kvikkleira ikke er sammenhengende.
- Der hvor grunnundersøkelsene viser at det ikke er kvikkleire over berg, kan i prinsippet områder tas ut av faresonen. Mange av boringene utført hittil innenfor sonen indikerer slike forhold. Grunt beliggende berg vil også bidra å redusere sonens størrelse.
- Kvikkleire påtreffes ofte i avgrensede lommer, som ikke avdekkes ved et fåtall boringer fordelt over sonen. Imidlertid vil alle punkter uten kvikkleire bidra til å redusere det sammenhengende kvikkleireområdet som potensielt kan berøres av ett enkelt kvikkleireskred. Avgrensede kvikkleirelommer inne på plataet i god avstand fra skråninger vil generelt heller ikke medføre kvikkleireskredfare.

7 Stabilitet av naturlige skråninger i og utenfor kvikkleiresonen

Geotekniske vurderinger er i prinsippet nødvendige for alle byggeprosjekter nær skråninger, både innenfor og utenfor kvikkleiresoner.

7.1 Innenfor kvikkleiresone

Normalt vil tiltak i tiltaksklasse K3 og K4 medføre krav om vurdering/sikring av hele sonen (Figur 2). Avhengig av stabilitetsforhold og faregradsklasse for sonen før tiltak gir ref. /5/ krav til områdestabiliteten, formulert som krav om minimum materialfaktor for sonen som helhet. Hvis grunnboringer viser at det ikke er kvikkleire på en byggetomt, kan byggetiltak gjennomføres uten at hele sonen sikres, selv om tomten ligger innenfor en eksisterende kvikkleiresone. Det er imidlertid ikke nødvendigvis tilstrekkelig at kvikkleire ikke påvises på den aktuelle tomten for at den skal være skredsikker. Eksempelvis kan det være slik at bakenforliggende skrånning har kvikkleire, eller skred i kvikkleire i tilstøtende områder vil kunne medføre at byggetomten må anses utsatt. Vurderinger av områdestabiliteten må derfor gjøres av geotekniker, og i tillegg bør vurderingen kvalitetssikres ved uavhengig geoteknisk kontroll.

Siden byggesaker ofte skjer som fortetting eller utskilling innenfor regulerte områder, vil det i mange tilfeller ikke være aktuelt med ny reguleringsplan. Slike saker kommer derfor ofte

ikke på høring (e.g. til NVE), men behandles kun som byggesak i kommunen. Kommunen bør derfor være bevisst på kravene til skredsikkerhet i Plan- og Bygningsloven, og evt. etterlyse skredvurderinger og geotekniske vurderinger.

7.2 Kvikkleire påvist utenom kvikkleiresoner

Dersom det påvises kvikkleire i grunnen utenom kartlagte kvikkleiresoner, stilles i prinsippet akkurat de samme krav til områdestabilitet som for tiltak innenfor allerede kartlagte kvikkleiresoner, og NVEs veiledning (/5/) kommer til anvendelse .

7.3 Utenfor kvikkleireområder

Også der det ikke er kvikkleire i grunnen, og man heller ikke ligger innenfor en kvikkleiresone, stilles det krav til skråningsstabilitet (e.g. Eurokode 7). Problemstillingen er imidlertid da som regel mer avgrenset, som regel til lokale stabilitetsvurderinger og sikringstiltak.

For byggetomter utenom kvikkleireområder, i "trygg avstand" fra skråningskanter, vil geotekniske vurderinger av skråningsstabilitet ikke være nødvendige, eller kunne gjøres relativt summarisk. Geotekniker må vurdere hva som er "trygg avstand" fra skråning i hvert tilfelle. Også utløpsområder fra faresoner skal vurderes, og derved kan en tomt være skredutsatt også dersom den ligger utenfor kvikkleiresoner.

8 Sammendrag

8.1 Oppdrag

NGI har på oppdrag fra NVE utført geoteknisk utredning av kvikkleiresone 343 Skjetten i Skedsmo kommune.

8.2 Stabilitetsanalyser og forslag til stabiliserende tiltak

Stabilitetsanalyser er utført for tre lengdeprofiler innenfor sonen: profil P1 ned i ravinen vest for Bråteveien, profil P2 sør for Nybakveien og profil P3 ned skråningen øst for Stav Ungdomsskole.

Beregningene viser at for glidesirkler som går ned i kvikkleire har skråningene nokså liten sikkerhetsmargin, med minste beregnede materialfaktor $\gamma_m = 1.15$. For grunne glidninger som ikke omfatter kvikkleire, er stabilitetsforholdene beregningsmessig kritiske for flere av profilene, men dette vurderes her ikke å medføre fare for utløsning av kvikkleireskred.

Mot vest

Tiltak med oppfylling i ravinen vest for Bråteveien antas å være så omfattende at skråningen ut mot ravinen har tilstrekkelig sikkerhet, vurdert ut fra krav om "forbedring" i hht. NVEs retningslinjer (ref. /5/). En vurdering av nødvendig stabiliserende tiltak er utført for beregningsprofil P2 ut mot ravinen, og viste at utlegging av fylling med høyde 2 – 2,5 m i bunn av ravinen ville gi tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet. Eksakt vurdering av reell stabilitetsforbedring krever nye innmålingsdata etter oppfylling.

Mot sør

Ved beregningsprofil P2 ned i ravinen sør for sonen (Nybakveien) er det ikke påvist kvikkleire, og tiltak vurderes derfor som uaktuelt.

Mot nord/nordøst

Nedenfor skråningen mot nord/nordøst (ved Stav Ungdomsskole og sør-/østover, dvs. profil P3 og P4) er det bebyggelse helt inn mot skråningsfoten, og ikke realistisk med stabiliserende tiltak nedenfor skråningen.

Det vil likevel være fullt mulig å gjennomføre oppfylling av enkelte raviner, eksempelvis ravinene rett sørøst for Stav ungdomsskole og ved Øvre Ryens veg. Dette som anses gunstig, siden stabiliteten er dårligst her, og noe forbedring av stabiliteten for de bratteste skråningene vil derfor redusere den generelle skredfare.

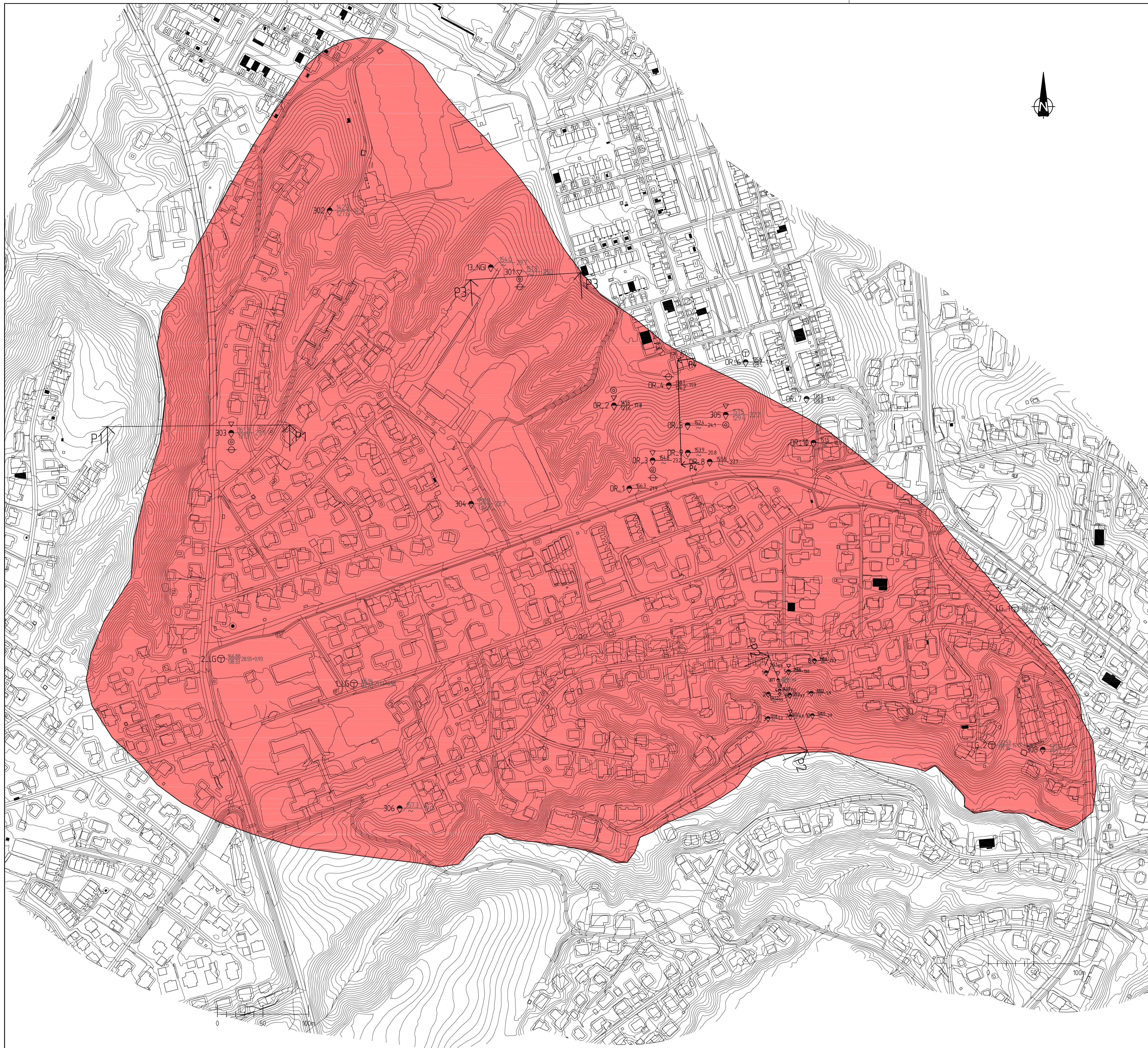
Alternative tiltak til oppfylling ved skråningsfoten kan være avlastning eller utslaking av skråningene, dette vil i så fall berøre toppen av skråningen og må vurderes nærmere. Særlig ved profil P3 er det bebyggelse (skole) og andre anlegg ut mot skråningskanten mange steder, noe som antas å gjøre avlastning noe komplisert. Ved profil P4 ved Øvre Ryens veg er det trolig enklere å få til en mindre avlastning på toppen av skråningen, dersom dette vurderes som ønskelig.

Detaljprosjektering av evt. stabiliserende tiltak må gjøres av geotekniker.

9 Referanser

- /1/ NGI (1995). Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartbladet Oslo, M = 1:50.000. Rapport nr. 900003-2, datert november 1995.
- /2/ NGI (2005). CPTU-korrelasjoner for leire – CPTU-korrelasjoner for leire basert på blokkprøver. Rapport nr. 20041198-1, datert 10 januar 2005.
- /3/ NGI (2010): Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Forslag til undersøkelsesprogram. Prosjekt 20100119, teknisk notat datert 23. mars 2010.
- /4/ Norconsult Fältgeoteknik AB (2011): Kvikkleiresoner Sørum, Fet, Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Rapport Geoteknik, RGeo, Fält- och laboratorieresultat. Oppdragsnr. 211 03 40, rapport datert 11. mai 2011.

- /5/ NVE (2014): Veiledning nr. 7-2014. Sikkerhet mot leirskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.
- /6/ NVE (2010): Minikonkurranse iht. rammeavtale for geoteknisk utredning av kvikkleiresoner. Tilbudsgrunnlag. Sone 322 Lystad, 709 Sundbyhagen, 343 Skjetten, 715 Krogsbøl, 719 Gran, 723 Nordli, 734 Nordli Vest og 724 Årsrud i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner. Datert 08.01.2010.
- /7/ ViaNova GeoSuite AB (2009): GeoSuite. GS Stability. Version 5.0.5.
- /8/ NGU (2012). Løsmassekart på internett. <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>
- /9/ NIF (1978). NIF-kurs 1978: Skredfare og arealplanlegging. Vurdering av faregrad og sikringstiltak.
- /10/ Løvlien Georåd (2013): Data fra utførte grunnundersøkelser innenfor Skjetten kvikkleiresone. Oversendt NGI v/Håkon Heyerdahl pr. epost 17.01.2013 og 13.07.2013 fra Løvlien Georåd v/Kristoffer Rabstad.
- /11/ NGI (2005): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred. Skedsmo kommune. Rapport 20001008-9, datert 15. mars 2005.
- /12/ NGI (2008): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, rev. 3. datert 8. oktober 2008.
- /13/ Karlsrud, K., Lunne, K., Kort, D.A. and Strandvik, S. (2005): CPTU correlations for clays. Prov. 16th ICSMGE, Osaka, pp. 693-702.
- /14/ Lunne, T., T. Berre, K.H. Andersen, S. Strandvik and M. Sjursen (2006): Effects of sample disturbance and consolidation procedures on measured shear strength of soft marine Norwegian clays. Can. Geotechnical Journal, vol. 43, No. 7.
- /15/ NGI (2014). NIFS N-6.5.2 Sikkerhet ifm utbygging i kvikkleireområder. Oppsummeringsrapport. Rapport nr. 20140075-01-R, datert 19. november 2014.
- /16/ NGI (2015): Geotekniske og miljøtekniske grunnundersøkelser i Øvre Ryens vei, Skedsmo kommune. Datarapport – geotekniske grunnundersøkelser. Rapport nr. 20140872-02-R, datert 10. april 2015.
- /17/ DIBK (2011). Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK10). Publikasjonsnummer: HO-2/2011
- /18/ NGI (2015): Geotekniske grunnundersøkelser i Nybakveien 64, Skedsmo kommune. Datarapport – geotekniske grunnundersøkelser. Rapport nr. 20150229-01-R, datert 17. april 2015.
- /19/ NGI (2015): Geotekniske og miljøtekniske grunnundersøkelser i Øvre Ryens vei, Skedsmo kommune. Innledende geotekniske vurderinger – stabilitetsberegninger. Teknisk notat nr. 20140872-01-TN, datert 28. august 2015.



FORKLARINGER:

- Dreiesondring
- Enkel sondring
- ▽ Trykksondring
- ✱ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksondring
- ⊕ Totalsondring
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrøp
- +
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Stabilitetsberegninger for P4 er utført i 20140872

Tegningstittel	Rev	Tegningsnr.	Rev
-	-	-	-

Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontrollert	Godkj.
-	-	-	-	-	-
Kvikkleiresoner i Akerhusus Sone 343 Skjetten		Status Original format A-1 Tegnings tittel 04.0 borplan skjetten.dwg NBeslask			
Oversiktskart boringer og beregningsprofiler		12000		NGI	
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3830 Lillelvd Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Kontroll / Tegnet	Kontrollert	Godkjert
		04.03.2015	AMW	-	-
		Oppdragsnr:	Tegningsnr:	Rev.	
		20100119	040	-	

Vedlegg A

GRUNNUNDERSØKELSER OG MATERIALPARAMETERE

Innhold

A1	Grunnundersøkelser	2
A2	Poretrykkmålere og poretrykksantakelser	2
A3	Geologi, topografi og lagdeling	3
A4	Materialparametre og beregningsforutsetninger	5
	A4.1 Forekomst av sprøbruddmateriale	5
	A4.2 Udrenert skjærfasthet og overkonsolideringsforhold	7
	A4.3 Anisotropi	8
	A4.4 Drenert skjærfasthet og romvekt	8
	A4.5 Prøvekvalitet	9
A5	Referanser	10

Figurer:

- A1: Tolkning av udrenert skjærfasthet fra CPTU-sondering, borpunkt 301
- A2: Tolkning av udrenert skjærfasthet fra CPTU-sondering, borpunkt 303
- A3: Tolkning av udrenert skjærfasthet fra CPTU-sondering, borpunkt 305
- A4: Tolkning av udrenert skjærfasthet fra CPTU-sondering, borpunkt 307
- A5: Tolkning av udrenert skjærfasthet fra CPTU-sondering, borpunkt 4
- A6: Tolkning av udrenert skjærfasthet fra CPTU-sondering, borpunkt 5

A1 Grunnundersøkelser

Det er utført grunnundersøkelser i forbindelse med soneutredningen (ref. /4/). Grunnundersøkelsene ble utført av Norconsult Fältgeoteknik AB på oppdrag fra NVE, basert på undersøkelsesprogram utarbeidet av NGI (ref. /3/). Grunnundersøkelsene omfatter dreietrykksonderinger, CPTU-sonderinger, poretrykkmålinger og prøvetaking med tilhørende laboratorieanalyser. NGI fulgte opp entreprenøren under feltarbeidene, og foreslo posisjoner og dybder for prøvetaking, CPTU-sonderinger og piezometre basert på sonderingsresultatene, som ble løpende rapportert fra boreentreprenør. Dreietrykksonderinger skulle først utføres ned til dybde som angitt i undersøkelsesprogrammet (ref. /3/), dvs. ca. 1,5 x skråningshøyden, dersom fast grunn/antatt berg ikke er påtruffet grunnere. På grunnlag av sonderingene er øvrige undersøkelser bestemt.

Beliggenhet av boringer benyttet i utredningsarbeidet er vist på tegning 040.

- Borpunkt 13_NGI er utført i forbindelse med tidligere kvikkleirekartlegging (ref. /1/).
- Borpunktene 301-308 er utført i forbindelse med soneutredningen (ref. /4/).
- Fire totalsonderinger innenfor sonen, punktene 1_LG og 2_LG sørvest i sonen, og punkt LG_1 og LG_2 sørøst i sonen, er stilt til rådighet av Løvlien Georåd AS (ref. /10/).
- Nylig utførte undersøkelser nordøst i sonen, utført av NGI på oppdrag fra Skedsmo kommune (ref. /16/), har gitt tilleggsdata i et begrenset område sør for profil 3, nær borpunkt 305.
- NGI har også utført grunnundersøkelser sør i sonen (sentrert rundt profil 2) på oppdrag av Taraldset Eiendom AS (ref. /18/).

Det kan være utført andre grunnundersøkelser innenfor sonen (bl.a. for skolebygg), men evt. data fra disse har ikke vært tilgjengelige for oss ved utredningen.

A2 Poretrykksmålere og poretrykksantakelser

Data om poretrykk er noe begrenset. Poretrykksmålere er nedsatt på to nivåer i to punkter (301 og 303). I følge datarapporten (ref. /4/) skal målere i punkt 301 og 303 være "satt i dexel", noe som ifølge muntlig kommunikasjon med grunnborer i Norconsult Fältgeoteknik betyr at røret er avsluttet med et beskyttende lokk, uten oppstikkende rør over marknivå. Boreentreprenørens valg av løsning for avslutning av poretrykksmålere ved å sette disse "i dexel" kunne vært velegnet på trafikkerte arealer med drenerende grus/steinmasser, og hvor det ikke blir stående vann på terrengnivå, men har dessverre vist seg uegnet for de punkter hvor løsningen er benyttet.

Poretrykksmålerne i punkt 301, som er plassert i et gressbevokst område, har så langt ikke vært mulig å gjenfinne, selv ved bruk av GPS. Målerne i punkt 303 var på sin side ved avlesning høsten 2011 oversvømt av overvann, som hadde samlet seg på terreng etter forutgående nedbør. Dette har tydeligvis medført at vann har kommet inn i målesystem/kabler, og sensorene var derfor ute av funksjon. Det foreligger av denne årsak

begrenset informasjon om poretrykk fra undersøkelser gjort i forbindelse med utredningen, kun måling fra punkt 301 målt under feltarbeidene (seks dager etter installasjon).

Ved tolkning av CPTU er det tatt utgangspunkt i poretrykksavlesninger fra borhull 301, som antyder undertrykk i skråningen fra underkant av antatt tørrskorpe. Poretrykk i de enkelte profiler er også vurdert ut fra samsvar med tolkning av in situ-måling av udrenert skjærfasthet (CPTU-sonderinger). Poretrykksmålere er nylig installert i to borpunkter nær borpunkt 305 (ref. /16/). Målestasjon OR_3 ligger på toppen av plataået og en målestasjon OR_4 ligger i foten av skråningen, hver med poretrykksmåler i én dybde. Måleren i OR_4 viser 15-20 % poreovertrykk i foten av skråningen sammenliknet med hydrostatisk poretrykksfordeling (antatt grunnvannsnivå i terreng). Måleren står nær antatt bergoverflate. Måleren på toppen av skråningen (OR_3) indikerer ca. hydrostatisk trykkfordeling i dette punktet, dersom grunnvannet antas å ligge 2-3 m under terreng. En sikker poretrykksfordeling gjennom dybdeprofilen er ikke kjent. Det vil også være variasjoner over sonens utstrekning. Beregningene er derfor ikke revidert ut fra disse målingene.

A3 Geologi, topografi og lagdeling

Kvikkleiresonen 343 Skjetten ligger i sin helhet under marin grense (Figur 1). Det er på kvartærgeologisk kart (gjengitt i vedlegg D) angitt marine sedimenter opp til ca. kote +200 i Skedsmoområdet (ref. /8/). Plataået med bebyggelsen ligger i hovedtrekk mellom ca. kote 130 (i sørøstre hjørne av sonen) og kote 170. Plataået ligger høyest i sørvestre hjørne av sonen, og faller både mot nord og øst.



Figur 1 Løsmassekart for Skjettenområdet

Sondert dybde gjennom løsmasser er fra 9 m til 30 m. Berg er påvist ved bergkontroll i noen av totalsonderingene i sørvestre og sørøstre del av sonen (dybde 15 m og større). Det er i hovedsak boret gjennom antatt leire, men med noe fast materiale over berg (morene eller grus). Basert på sonderinger og prøver synes tørrskorpelaget å være inntil 4-5 m tykt (stedvis noe tynnere). Som forklart foran er det noe begrensede data tilgjengelig om poretrykksforhold. Området er i stor grad bebygget, slik at det kan påtreffes antropogene masser fra terreng med varierende mektighet, trolig også som utfylling på og utover skråningskanter. Naturlige masser består i dybden av marin leire, som kan være noe siltig.

Prøvetaking er basert på sonderingsresultatene, og et fåtall sylinderprøver (typisk 3-4 stk.) er tatt opp i hvert av prøvepunktene for å verifisere lagdeling og gi nødvendige inngangsdata til tolkning av udrenert skjærfasthet, basert på metode fra ref. /13/. Basert på dreietrykksonderingene ble det forut for prøvetaking tolket potensiell kvikkleire nokså grunt innenfor sonen, med konstant/avtakende boremotstand fra liten dybde under terreng i flere av sonderingene. Uten opptatte prøver vil laget normalt blitt tolket som sensitiv leire. Kvikkleire er imidlertid senere bekreftet i dypereliggende lag.

- ➔ Sylinderprøver av grunne lag, hvor sonderingskurvene kunne indikere kvikkleire, inneholdt ikke kvikkleire/ sprøbruddmateriale ned til dybder på hhv. 18 m, 17 m og 13 m i hhv. borpunktene 301, 303 og 305. Sensitiviteten av analyserte leirprøver er mellom 4 og 8. Basert på opptatte prøver representerer avtakende boremotstand i grunne lag trolig ikke sensitiv leire eller sprøbruddmateriale. Dette kan gjelde flere borpunkter innenfor sonen.
- ➔ Flere sonderinger indikerer imidlertid sannsynlig kvikkleire på større dybde (dvs. sprøbruddmateriale iht. ref. /5/).
- ➔ Punktene OR_1 tom. OR_10 sørøst for profil P3 viser at tolkning lagt til grunn for stabilitetsberegninger i profil 1 og 3 er riktige. Det er påvist kvikkleire under ca. kote 133 i prøver fra borpunkt OR_2, men ikke i grunnere prøver ned til 12 m (dvs. ca. kote 143) tatt oppe på ryggen (borpunkt OR_3).
- ➔ Dreietrykksonderingene ved profil P2 i sørøstre del av sonen viser samme tendens som de øvrige sonderingene i sonen, med avtakende motstand rundt kote +135. Opptatte prøver fra borpunkt 4 viser imidlertid ikke forekomst av sprøbruddmateriale ned til kote +132.

Tolket lagdeling fremgår av beregningsprofilene (vedlegg B, figur B1-B7). Lagdeling i de enkelte beregningsprofiler er tolket fra sonderinger, supplert med opphentede prøver. Der det er usikkert hvilken dybde det er til fast grunn/antatt berg, er det valgt stor dybde til fast grunn/berg i beregningsmodellen, da dette er konservativt.

A4 Materialparametre og beregningsforutsetninger

A4.1 Forekomst av sprøbruddmateriale

Tolkning av forekomst av sprøbruddmateriale i borpunktene innenfor sonen er oppsummert i Tabell A1. Det er gitt en vurdering av mulig forekomst av sprøbruddmateriale for hvert enkelt borpunkt, med angivelser som følger:

- "Påvist": Prøver bekrefter at det ikke er sprøbruddmateriale i punktet.
- "Sannsynlig": Tolkning tilsier at det må antas sprøbruddmateriale i punktet.
- "Mulig": Det kan ikke sees helt bort fra muligheten for sprøbruddmateriale i punktet, men tolkning tilsier at det trolig ikke er sprøbruddmateriale.
- "Lite sannsynlig": Prøver viser at det ikke er sprøbruddmateriale i punktet, eller tolkning av sonderingsdata tilsier at det sannsynligvis ikke er sprøbruddmateriale.

Der det kun er utført sondering, er tolkningen usikker, og en konservativ tolkning innebærer da at sprøbruddmateriale bør antas, inntil evt. supplerende prøver kan bekrefte/avkrefte antakelsene. Særlig gjelder dette der avstanden til nærmeste prøveserie er stor. Supplerende prøvetaking kan gi mulighet for å avgrense kvikkleiresonen, ut fra forekomst/beliggenhet av kvikkleire og nivå på bergoverflaten. Der det er tatt opp prøver anses "Antatt ok. sprøbruddmateriale" i Tabell A1 sikker, dvs. kvikkleire ligger sannsynligvis ikke grunnere enn angitt nivå (punktene 301, 303, 305, OR_2 og OR_3).

I borpunktene 301, 303 og 305, OR_2, OR_3 og 4 ga sonderingsresultatene indikasjon på grunn kvikkleire. I punktene 301, 303, 305, OR_3 og 4 ble det ikke påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale¹ i leirprøver til dybder på hhv. 18, 17, 12, 12 og 11 m. Imidlertid er det bekreftet kvikkleire i prøver fra dypere liggende nivå i borpunkt OR_2 sør for profil P3 (ref./16/). Ut fra sonderingskurvene antas det kvikkleire i samme nivå i flere andre punkter i dette området ("sannsynlig" i borpunktene 301 og OR_3, og "mulig" i 303). Overkant av lag med sprøbruddmateriale antas å ligge ved ca. kote 132 eller lavere.

Prøver i punkt 4 ved profil P2 bestod ikke av kvikkleire, og øvrige boringer gir heller ikke klar indikasjon på kvikkleire. To av boringene er markert som "mulig" kvikkleire. Det kan ligge kvikkleire lengder nede i ravinen, hvor det ikke er boret.

Tolkningen fra Tabell A1 er benyttet i Vedlegg C, hvor borpunktene er vist på kart med fargekode (figur C1-C5). I tillegg er det i Vedlegg C gitt grafiske fremstillinger av terrengnivå, bergoverflate, og overkant av lag med antatt sprøbruddmateriale (figur C6-C8).

¹ NVEs retningslinjer (ref. /5/) benytter begrepet "sprøbruddmateriale", dvs. leire med sensitivitet > 15 og omrørt udrenert skjærfasthet <2 kPa.

Tabell A1 Borpunkter i sone 343 Skjetten med antatt beliggenhet av sprøbruddmateriale og vurdering av mulig forekomst av sprøbruddmateriale ("kvikkleire") i borpunkt.

Punkt *)	Pro-fil	Ter-reng	Antatt ok. av lag med sprøbruddmateriale	Nivå stopp boring (ant. berg) (**)	Mektig-het løs-masser	Kvikk-leire?	Kommentar
Nr.	-	[kote]	[kote]	[kote]	[m]		-
301	P3	151,8	~132	-	>25	Sannsynlig	Prøver til 18 m (ikke kvikkleire).
13_NGI		~154		124	~30	Sannsynlig	
302		142,3	132	128	15	Sannsynlig	-
303	P1	161,3	133	131	30	Sannsynlig	Prøver til 17 m (ikke kvikkleire).
304		158,9	-	136	23	Neppe	-
305		151,5	-	129	22	Neppe	Prøver til 12 m (ikke kvikkleire).
306		157,3	-	138	19	Neppe	-
307	P2	145,6	-	134	12	Neppe	-
308		131,6	-	122	10	Neppe	-
LG_1 **)		142,7	136 (?)	119	24	Muligens	-
LG_2 **)		132,5	126 (?)	117	15	Muligens	-
1_LG **)		165,9	151 (?)	145	21	Muligens	Grunt sammenliknet med øvrige boringer.
2_LG **)		166,9	151 (?)	138	29	Muligens	
OR_1	(sør for P3)	156,3	138	134	22	Muligens	
OR_2		141,5	134	124	18	Påvist	Prøver dybde 9-14 m.
OR_3		154,8	136	132	23	Sannsynlig	Prøver til 12 m (ikke kvikkleire).
OR_4		138,1	131	126	12	Sannsynlig	
OR_5		152,4	138	128	24	Sannsynlig	
OR_6		135,6	-	128.6	7	Neppe	Bergkontroll utført
OR_7		138,8	-	129	10	Neppe	
OR_8		153,8	134	130	24	Sannsynlig	
OR_9		153,9	-	133	21	Neppe	
OR_10		151,5	-	134	18	Neppe	
1	P2	145,1	-	134	11	Neppe	
2		141,2	-	131	10	Neppe	
3		131,8	128 (?)	127	5	Muligens	
4		143,7	-	133	11	Neppe	Prøver til 11 m (ikke kvikkleire)
5		145,6	-	133	13	Neppe	
6		139,0	-	129	10	Neppe	
7		133,1	-	126	7	Neppe	
8		148,6	-	127	22	Neppe	
9		133,2	130 (?)	127	6	Muligens	
10		128,0	-	125	3	Neppe	

*) Boringer 301-308 fra ref. /4/, LG-1, LG-2, 1-LG og 2-LG fra ref. /10/, OR_1 tom. OR_10 fra ref. /16/, 1 tom. 10 fra ref. /18/.

**) Totalsondering

**) Generelt ikke bergkontroll (kun i borpunkt OR_8). I 1_LG, 2_LG, LG_1 og LG_2 er det boret 0,5-1,5 m ned i antatt berg.

A4.2 Udrenert skjærfasthet og overkonsolideringsforhold

Udrenert skjærfasthet for leire er tolket ut fra CPTU-sonderinger iht. ref. /13/, med støtte i laboratorieforsøk utført på opptatte prøver fra sonen og antatt/målt poretrykksfordeling i grunnen. Tolkede aktive skjærfasthetsprofiler er vist i figurene A1-A6.

Tolkning er basert på estimert overkonsolidering fra CPTU-sondering og ut fra topografiske forhold. Raviner antas her generelt antatt dannet ved erosjon/skredaktivitet, og i bunnen av raviner er det som hovedregel antatt overkonsolidering minimum tilsvarende høyden på sideterrenget. Tolkningsmodellen forutsetter horisontalt terreng og grunnvann i terrengnivå for "før-situasjonen".

Det er utført triaksialforsøk på to prøver fra kvikkleiresone 343 Skjetten (ref. /4/). Forsøkene er utført på prøver fra punkt 301, fra dybder hhv. 8,5 og 11,5 m. Triaksialforsøk er utført på NGIs løsmasselaboratorium. Resultater er plottet i Figur 2.

Konsolideringsspenninger benyttet ved triaksialforsøkene er gitt i Tabell 2 (estimerte in situ-spenninger), sammen med målt aktiv udrenert skjærfasthet (s_{uA}) og s_{uA}/σ'_1 . For beregning av konsolideringsspenninger er det presumptivt gjort en konservativ vurdering av poretrykk for ikke å overbelaste prøvene.

Tabell 2 Konsolideringsspenninger, målt udrenert aktiv skjærfasthet og SuA/σ'_1 fra triaksialforsøk på materiale fra prøveserie 301 i kvikkleiresone Skjetten.

	Dybde (ca.)	σ'_1 *)	σ'_3 *)	S_{uA}	S_{uA}/σ'_1
nr.	m	kPa	kPa	kPa	-
301	8.5	115	57	49	0.43
301	11.5	150	75	51	0.34

*) Anslått in situ-spenning (forsiktig anslått for å unngå overbelastning ved konsolideringen)

Peak-styrke fra aktive triaksialforsøk i borpunkt 301 er plottet sammen med tolket udrenert aktiv skjærfasthet for CPTU 301 (vedlegg A1). Målt aktiv skjærfasthet fra triaksialforsøk ligger en del under tolket aktiv skjærfasthet fra CPTU-sonderingen i borpunkt 301, særlig for dypeste forsøk (11,5 m). Prøvekvaliteten på det dypeste forsøket er noe dårligere enn i forsøket på 8,5 m (avsnitt A4.5). Konsolideringsspenningene er som nevnt forsiktig vurdert, noe som kan ha resultert i noe lav udrenert skjærfasthet sammenliknet med reell in situ-tilstand. Målt/tolket skjærfasthet fra CPTU og triaksialforsøk i punkt 301 tilsier likevel overkonsolidering tilsvarende ca. 15 m tidligere overlaging² over dagens terreng. Tolkning av de andre punktene gir tilsvarende tidligere overlaging (CPTU-4 og -5) eller mer (CPTU-303, -305 og -307), se Tabell 3.

² Vurdert ut fra tidligere terreng antatt som tidligere sjøbunnsnivå med hydrostatisk poretrykksfordeling fra terreng. Tidligere terrengnivå vurdert ut fra dagens poretrykksforhold, og ut fra antakelse om tidligere sjøbunn, er derved ikke ensbetydende.

Tabell 3 Oversikt, tolkning av CPTU

	CPTU-301	CPTU-303	CPTU-305	CPTU-307	CPTU-4	CPTU-5
Terreng, kote	151,8	161,3	151,5	145,6	143,7	145,6
Tidligere overlaging ² over dagens terreng	15 m	25 m	20 m	25 m	16 m	14 m
Ant. kvikkleire *) fra dybde/kote	20-22 m k. +130-132	Ca. 28 m k. +133	Neppe kvikkleire -	Neppe kvikkleire -	Neppe kvikkleire	Neppe kvikkleire

*) Kvikkleire eller sprøbruddmateriale iht. ref. /5/.

A4.3 Anisotropi

Leiras udrenerte styrke varierer med retning på skjærplanet. For ”ikke sprøbruddmateriale” er følgende anisotropifaktorer benyttet ved udrenert ADP-analyse i leire: 1, 0,7 og 0,4 for hhv. aktiv, direkte og passiv skjærfasthet. For ”sprøbruddmateriale” er anisotropifaktorene satt til 1, 0,65 og 0,35. I tillegg er aktiv skjærfasthet redusert med 15% iht. ref. /5/, dersom skjærfastheten er bestemt fra CPTU-sondering korrelert med blokkprøver. Aktiv skjærfasthet uten reduksjon er lagt inn som karakteristiske styrkeprofiler (se Vedlegg A) i beregningsprogrammet GeoSuite Stabilitet (ref. /7/). Evt. reduksjon av udrenert skjærfasthet (for å ta hensyn til sprøbruddmekanisme) er gjort ved justering av anisotropifaktorene for hvert enkelt jordlag i beregningsmodellen.

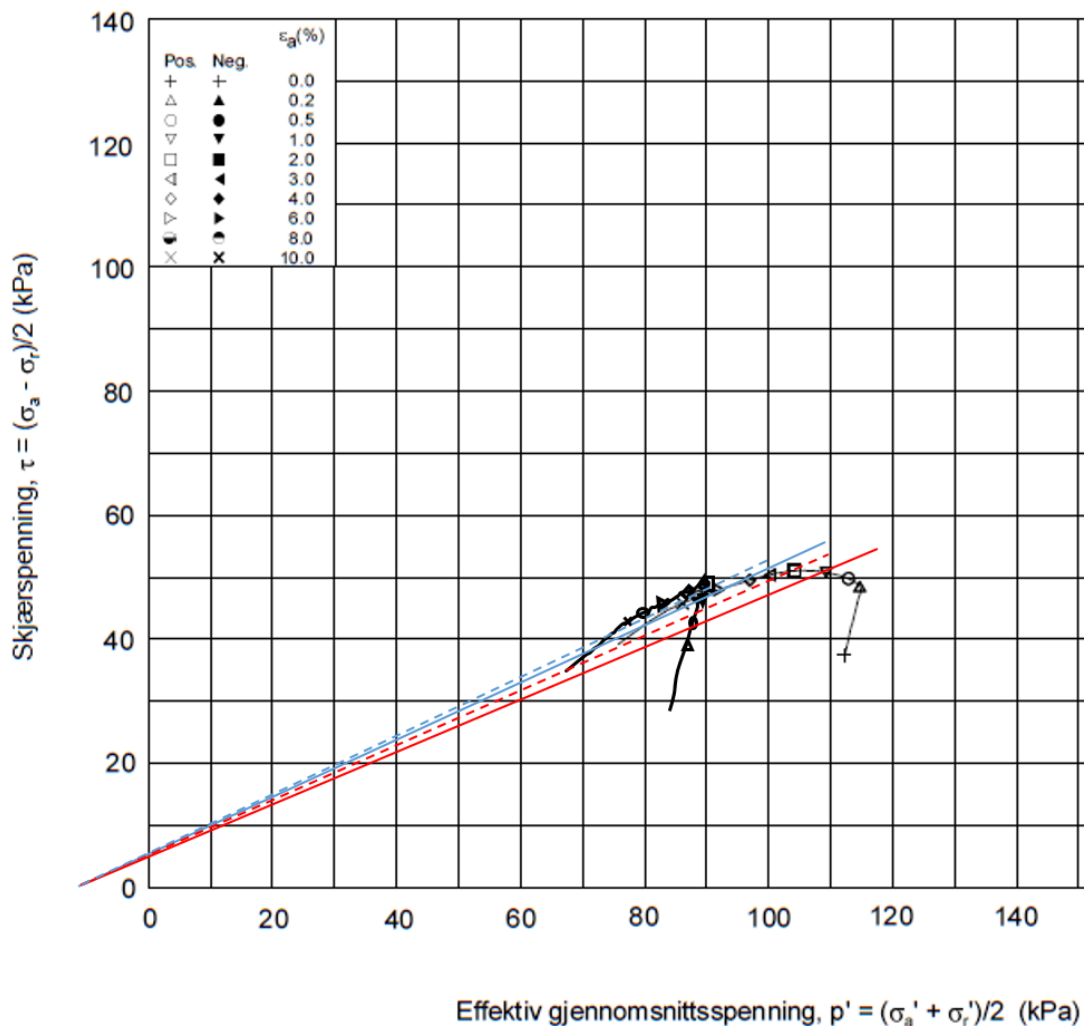
A4.4 Drenert skjærfasthet og romvekt

Drenerte skjærfasthetsparametre i leire er tolket fra utførte triaksialforsøk fra prøveserie 301 (ref. /4/. Spenningsstier for begge forsøk på prøver fra borpunkt 301 er plottet i Figur 2 sammen med noen alternative bruddlinjer, basert på hhv. 1 % og 2 % skjærtøyning ved brudd.

Romvekt av leire er bestemt ut fra opptatte prøver der dette finnes (ref. /4/). For steinfylling og tørrskorpe er det benyttet erfaringsverdier for romvekt og skjærfasthet. Romvekt og effektive styrkeparametre benyttet i beregningene er vist i Tabell 4. For steinfylling og tørrskorpeleire er erfaringsverdier benyttet.

Tabell 4 Materialparametre brukt i stabilitetsberegninger (for steinfylling og tørrskorpeleire er det benyttet erfaringsverdier)

	Total romvekt [kN/m ³]	Friksjonsvinkel ϕ' [°]	Kohesjon c' [kN/m ²]
Steinfylling (drenert)	19	42	0
Tørrskorpeleire	18	32	0
Leire/kvikkleire (P1, P2 og P3)	19,5	27	5



Figur 2 Treksialforsøk fra prøveserie 301 fra Skjetten (Skedsmo), dybde 8,5 og 11,5m, med bruddlinjer for 1 % (heltrukken) og 2% skjærtøyning (stiplet), blå linjer for dybde 8,5m og røde linjer for dybde 11,5m. Drenerte friksjonsvinkler i området 25° - 28°, c' ca. 5 kPa.

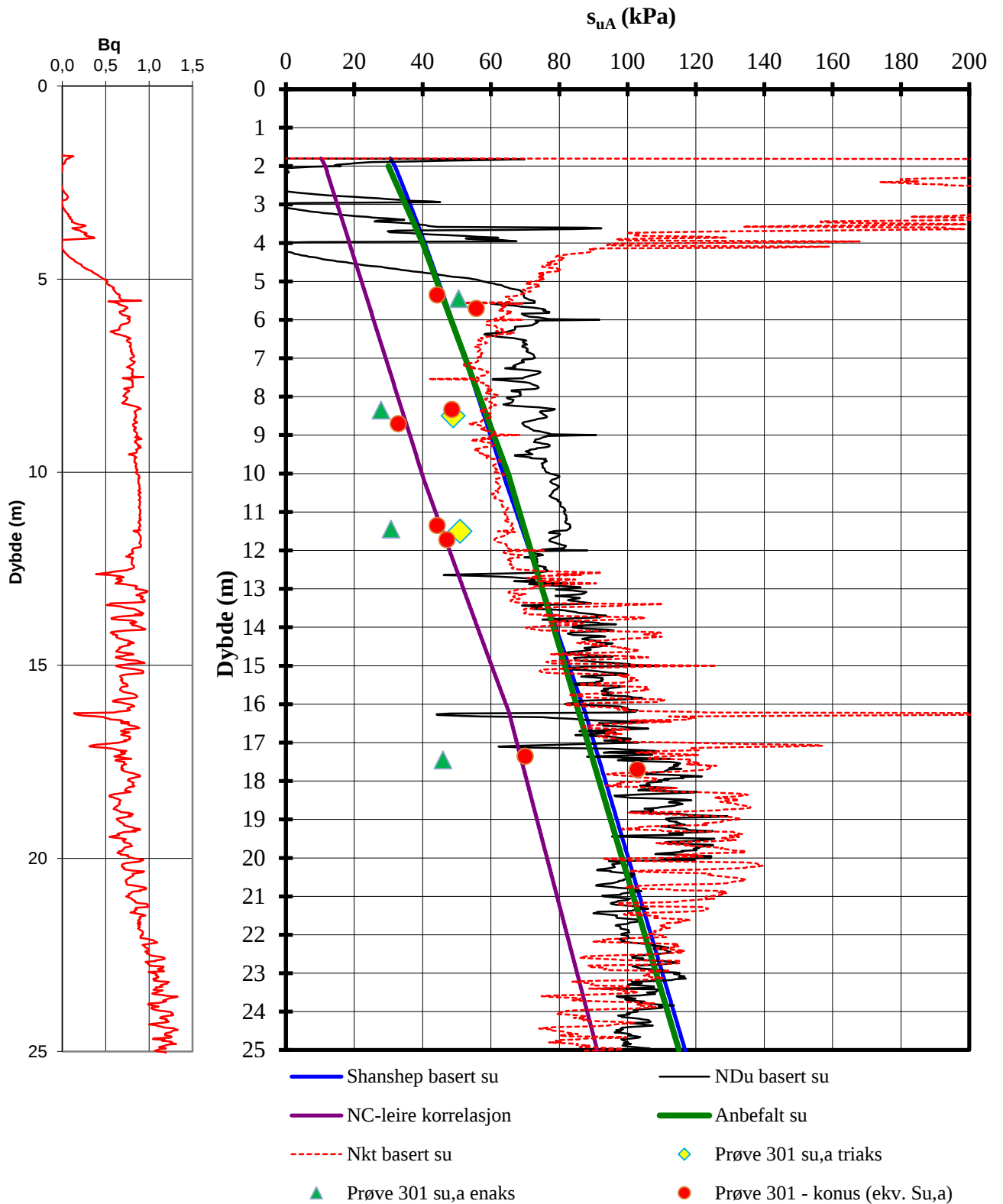
A4.5 Prøvekvalitet

Prøvekvaliteten for triksialforsøk er vurdert ut fra kriterier i ref. /14/. For forsøk 301, dybde 8,5 m, er prøve kvaliteten vurdert til: "1 - very good to excellent". For forsøk 301, dybde 11,5 m, er prøve kvaliteten vurdert til: "2 - good to fair". Høyere prøve kvaliteten i det første forsøket (8,5 m) bidrar til å forklare hvorfor målt udrenert skjær fasthet bare er marginalt høyere i det dypeste triksialforsøket (jfr. Figur 2).

A5 Referanser

- /1/ NGI (1995). Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartbladet Oslo, M = 1:50.000. Rapport nr. 900003-2, datert november 1995.
- /2/ NGI (2005). CPTU-korrelasjoner for leire – CPTU-korrelasjoner for leire basert på blokkprøver. Rapport nr. 20041198-1, datert 10 januar 2005.
- /3/ NGI (2010): Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Forslag til undersøkelsesprogram. Prosjekt 20100119, teknisk notat datert 23. mars 2010.
- /4/ Norconsult Fältgeoteknik AB (2011): Kvikkleiresoner Sørum, Fet, Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Rapport Geoteknik, RGeo, Fält- och laboratorieresultat. Oppdragsnr. 211 03 40, rapport datert 11. mai 2011.
- /5/ NVE (2014): Veiledning nr. 7-2014. Sikkerhet mot leirskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.
- /6/ NVE (2010): Minikonkurranse iht. rammeavtale for geoteknisk utredning av kvikkleiresoner. Tilbudsgrunnlag. Sone 322 Lystad, 709 Sundbyhagen, 343 Skjetten, 715 Krogsbøl, 719 Gran, 723 Nordli, 734 Nordli Vest og 724 Årsrud i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner. Datert 08.01.2010.
- /7/ ViaNova GeoSuite AB (2009): GeoSuite. GS Stability. Version 5.0.5.
- /8/ NGU (2012). Løsmassekart på internett. <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>
- /9/ NIF (1978). NIF-kurs 1978: Skredfare og arealplanlegging. Vurdering av faregrad og sikringstiltak.
- /10/ Løvlien Georåd (2013): Data fra utførte grunnundersøkelser innenfor Skjetten kvikkleiresone. Oversendt NGI v/Håkon Heyerdahl pr. epost 17.01.2013 og 13.07.2013 fra Løvlien Georåd v/Kristoffer Rabstad.
- /11/ NGI (2005): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred. Skedsmo kommune. Rapport 20001008-9, datert 15. mars 2005.
- /12/ NGI (2008): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, rev. 3. datert 8. oktober 2008.
- /13/ Karlsrud, K., Lunne, K., Kort, D.A. and Strandvik, S. (2005): CPTU correlations for clays. Prov. 16th ICSMGE, Osaka, pp. 693-702.
- /14/ Lunne, T., Berre, K.H. Andersen, S. Strandvik and M. Sjursen (2006): Effects of sample disturbance and consolidation procedures on measured shear strength of soft marine Norwegian clays. Can. Geotechnical Journal, vol. 43, No. 7.
- /15/ NGI (2014). NIFS N-6.5.2 Sikkerhet ifm utbygging i kvikkleireområder. Oppsummeringsrapport. Rapport nr. 20140075-01-R, datert 19. november 2014.

- /16/NGI (2015): Geotekniske og miljøtekniske grunnundersøkelser i Øvre Ryens vei, Skedsmo kommune. Datarapport – geotekniske grunnundersøkelser. Rapport nr. 20140872-02-R, datert 10. april 2015.
- /17/DIBK (2011). Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK10). Publikasjonsnummer: HO-2/2011
- /18/NGI (2015): Geotekniske grunnundersøkelser i Nybakveien 64, Skedsmo kommune. Datarapport – geotekniske grunnundersøkelser. Rapport nr. 20150229-01-R, datert 17. april 2015.

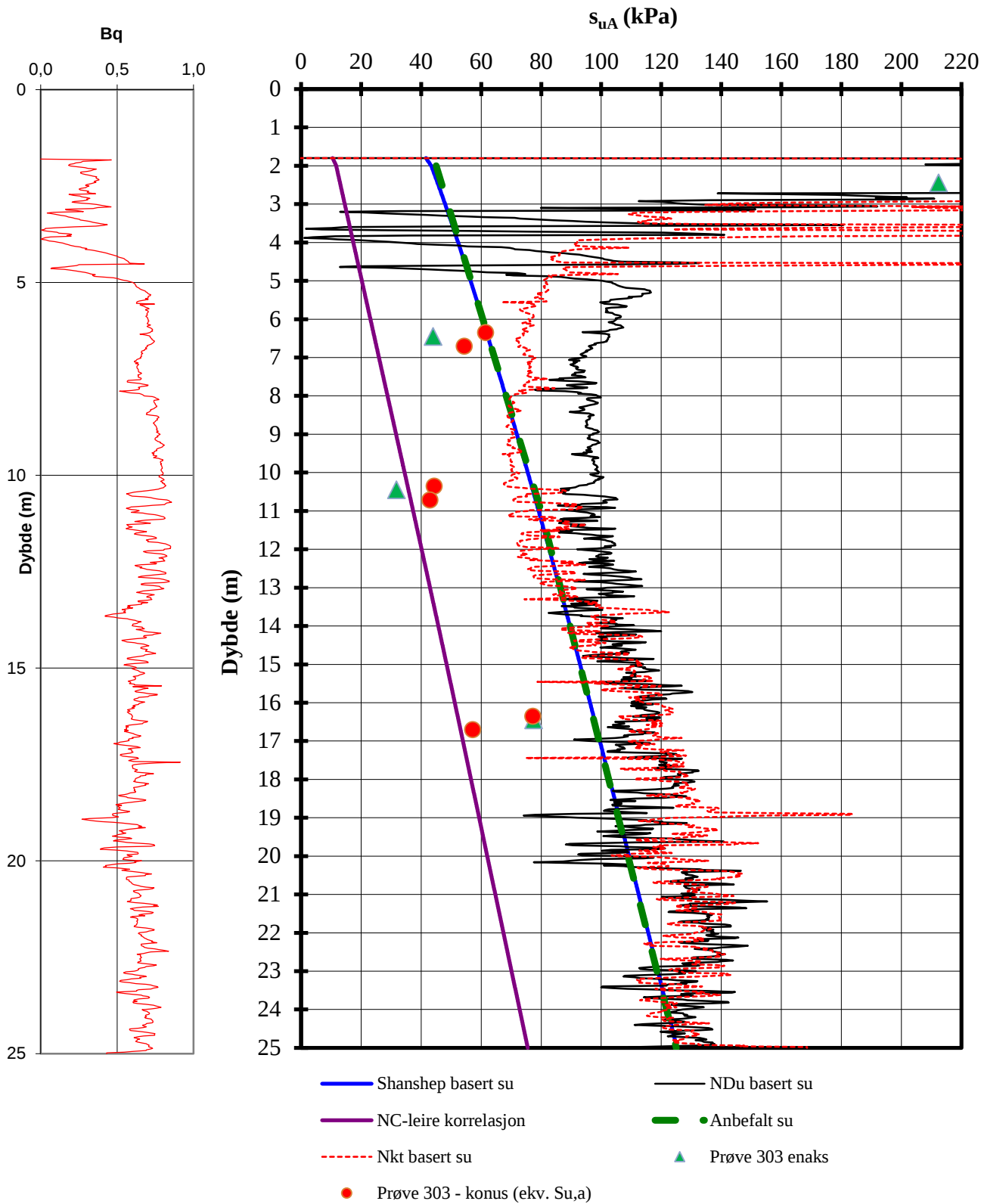


Terrengkote : 153,4 m

Tidligere terrengnivå : 168.4 m

P:\2010\01\20100119\Beregninger\CPTU-tolkning\2015\343 Skjjetten\CPTU-tolk2006_301_20141223.xls\sua profil

Kvikkleiresoner i Fet (Sørums), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus	Rapport nr.	Figur nr.
	20100119-08-R	A1
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 301	Tegner	Dato
	HHe	12.06.2015
	Kontrollert OAH	NGI
Godkjent HHe		



Terrengkote : 161 m

Tidligere terrengnivå : 186 m

P:\2010\01\20100119\Beregninger\CPTU-tolkning\2015\343 Skjetten\CPTU-tolk2006_303_20141223.xls\sua profil

Kvikkleiresoner i Fet (Sørums), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.

Borhull 303

Rapport nr.

20100119-08-R

Figur nr.

A2

Tegner

HHe

Dato

2015-01-09

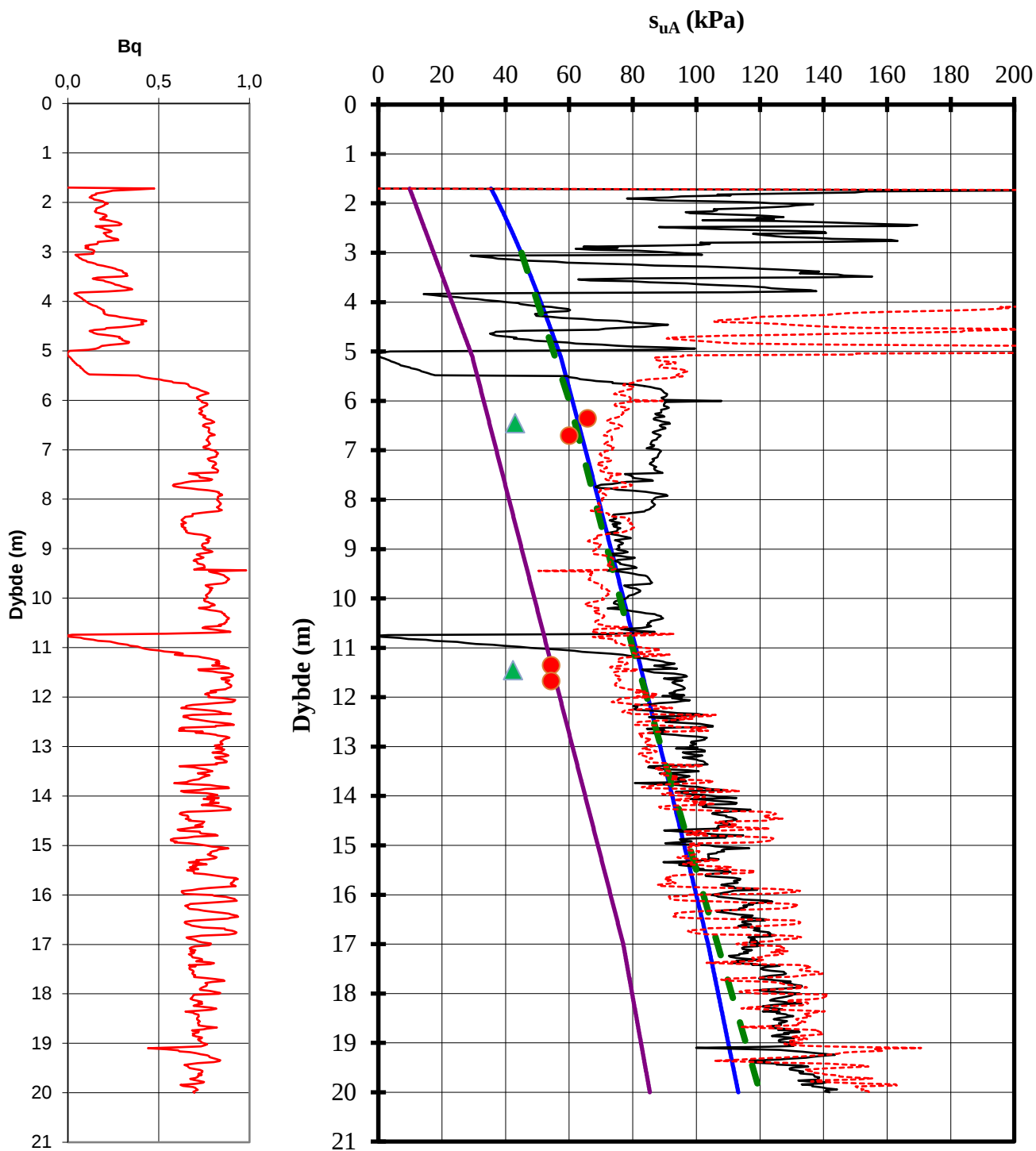
Kontrollert

OAH

Godkjent

HHe

NGI



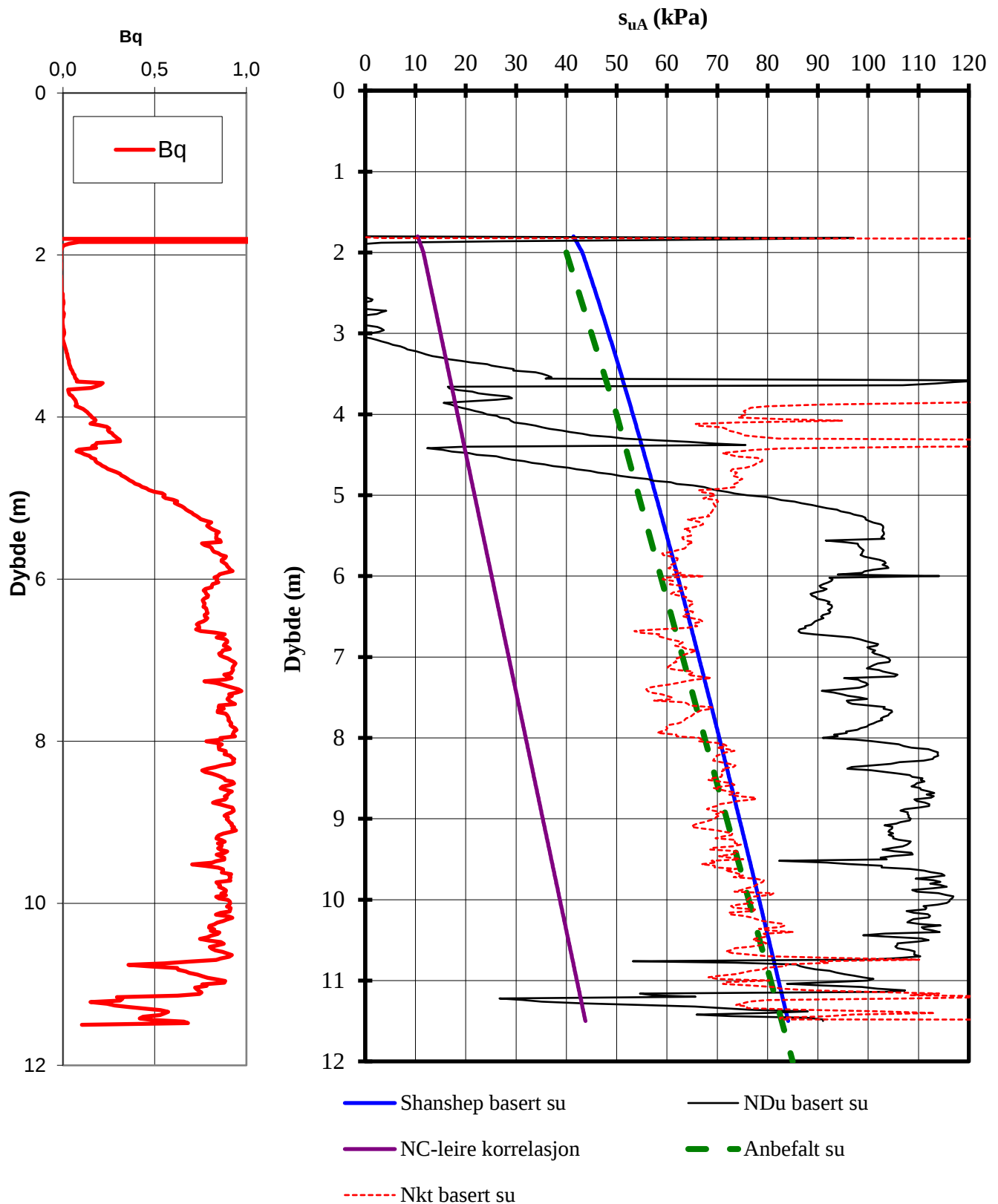
- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Nkt basert su
- Prøve 305 - konus (ekv. Su,a)
- NDu basert su
- - - Anbefalt su
- ▲ Prøve 305 enaks

Terrengkote : 152 m

Tidligere terrengnivå : 172 m

P:\2010\01\20100119\Beregninger\CPTU-tolkning\2015\343 Skjjetten\CPTU-tolk2006_305_20150109.xls\sua profil

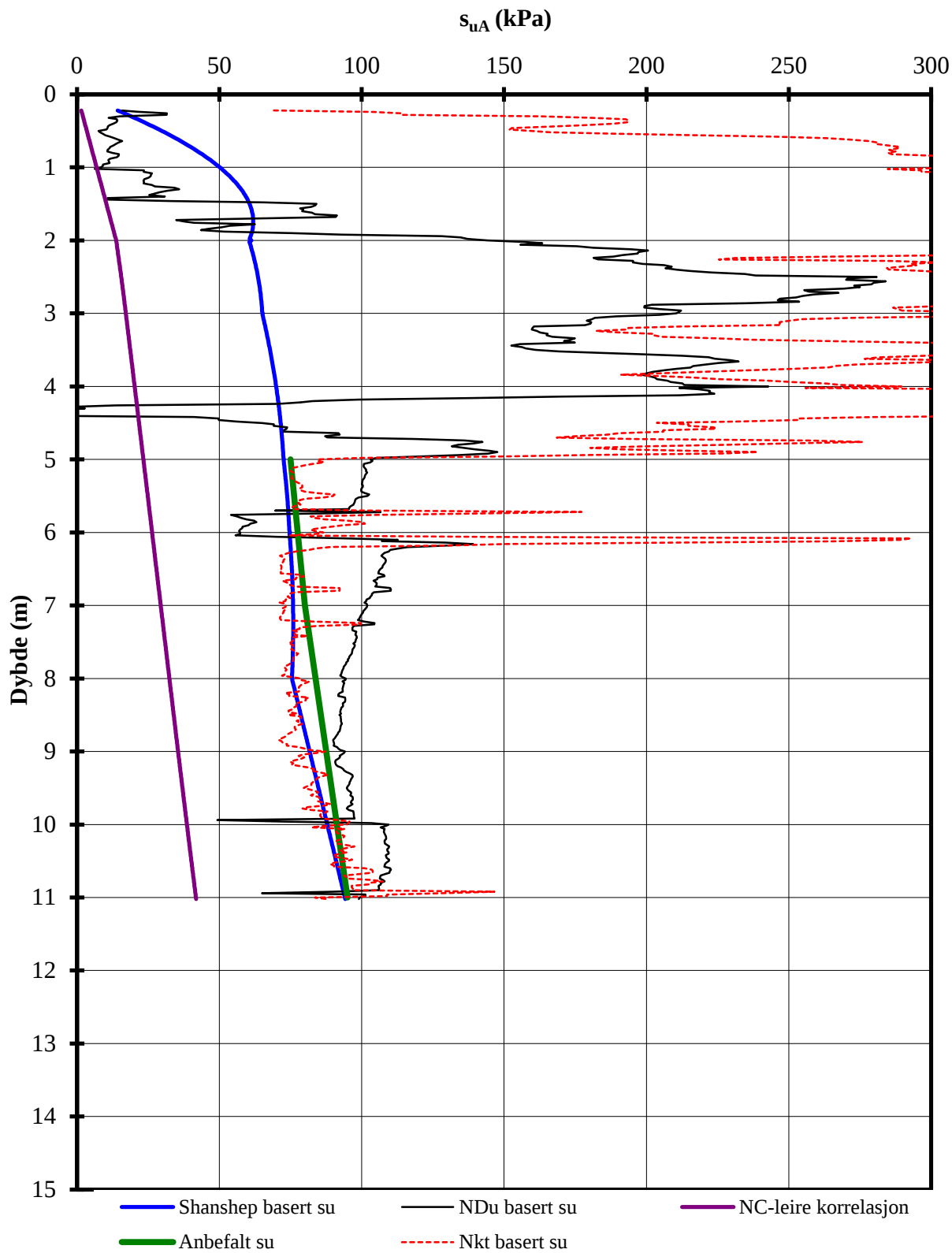
Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 305	Rapport nr.	20100119	Figur nr.	A3
	Tegner	HHe	Dato	12.06.2015
	Kontrollert	OAH		
	Godkjent	HHe		



Terrengkote : 145,6 m
Tidligere terrengnivå : 170.6 m

P:\2010\01\20100119\Beregninger\CPTU-tolkning\2015\343 Skjjetten\CPTU-tolk2006_307_20150130.xls]sua profil

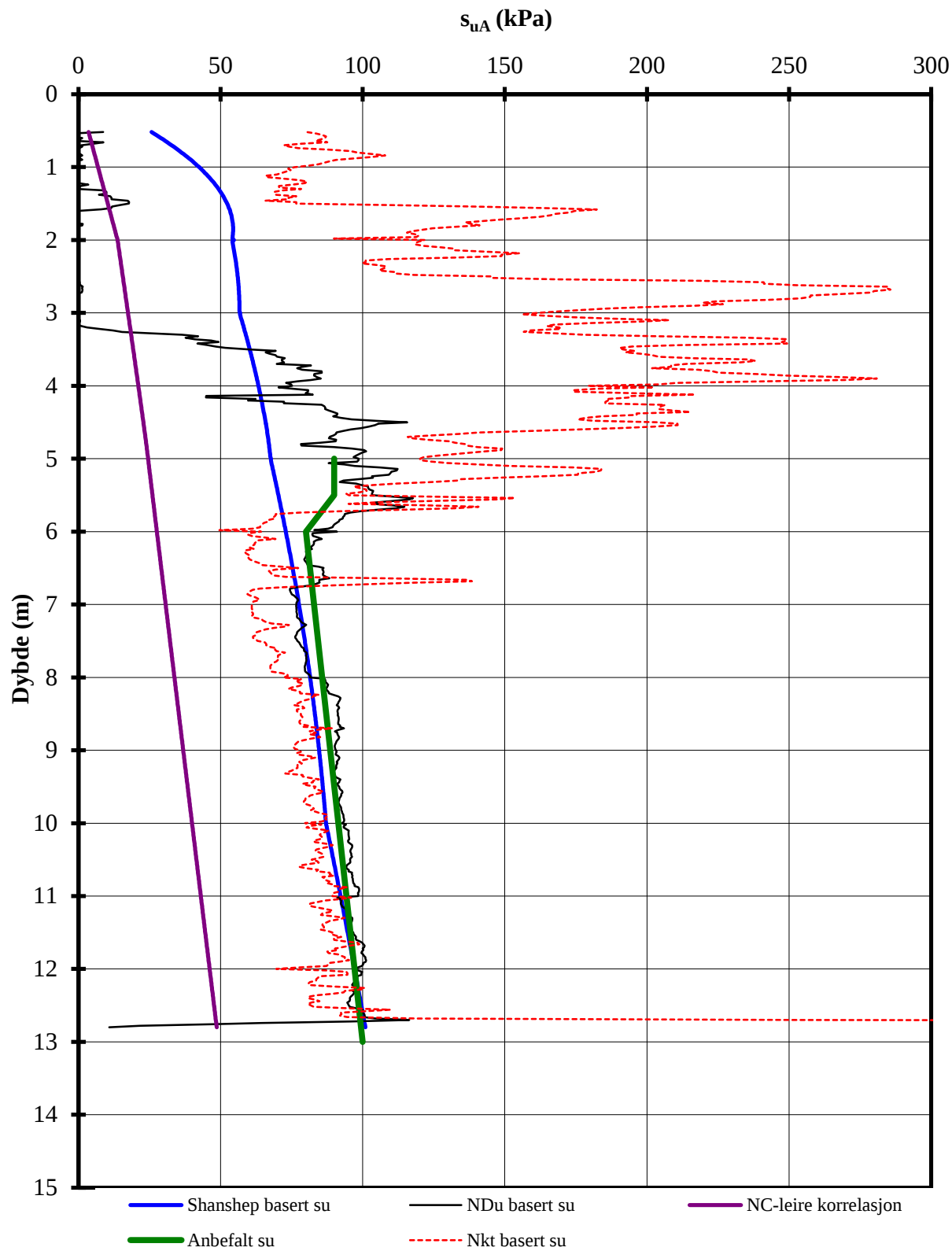
Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus	Rapport nr.	20100119	Figur nr.	A4
	Tegner	HHe	Dato	12.06.2015
	Kontrollert	OAH	NGI	
	Godkjent	HHe		
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.				
Borhull 307				



Terrengkote : 143,7 m
Tidligere terreng : 160 m

P:\2010\01\20100119\Beregninger\CPTU-tolkning\4.xls\sua profil

Kvikkleiresoner i Akershus	Rapport nr.	Figur nr.
	20100119	A5
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 4	Tegner	Dato
	AMW	12.06.2015
	Kontrollert	NGI
Godkjent		
	HHe	



Terrengkote : 145,6 m
 Tidligere terreng 160 m

P:\2010\01\20100119\Beregninger\CPTU-tolkning[5.xls]sua profil

Kvikkleiresoner i Akershus	Rapport nr.	Figur nr.
	20100119	A6
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 5	Tegner	Dato
	AMW	12.06.2015
	Kontrollert	NGI
Godkjent		
	Hhe	
	HHe	

Vedlegg B

STABILITETSBEREGNINGER

Innhold

B1	Innledning	2
B2	Profil P1	2
	B2.1 Grunnforhold, profil P1	3
	B2.2 Dagens situasjon, profil P1	3
	B2.3 Stabiliserende tiltak, profil P1	4
	B2.4 Sikkerhetsfaktor for alternative glideflater	5
	B2.5 Utførte tiltak innenfor sonen	5
	B2.6 Oppsummering, profil P1	7
B3	Profil P2	9
	B3.1 Grunnforhold, profil P2	9
	B3.2 Dagens situasjon, profil P2	10
	B3.3 Oppsummering, profil P2	10
B4	Profil P3	11
	B4.1 Grunnforhold, profil P3	11
	B4.2 Dagens situasjon, profil P3	12
	B4.3 Stabiliserende tiltak, profil P3	13
	B4.4 Utførte tiltak innenfor sonen	14
	B4.5 Oppsummering profil P3	16
B5	Profil P4	16
B6	Referanser	19

Figurer

- B1** Profil P1, dagens situasjon
- B2** Profil P1, tiltak
- B3** Profil P1, varierende glidesirkler, dagens situasjon
- B4** Profil P1, varierende glidesirkler, tiltak
- B5** Profil P2, dagens situasjon
- B6** Profil P3, dagens situasjon, udrenert analyse
- B7** Profil P3, dagens situasjon, drenert analyse

B1 Innledning

I forbindelse med soneutredningen er skråningsstabiliteten beregnet langs tre profiler; P1, P2 og P3, mot hhv. vest, sør og øst. Beliggenhet av beregningsprofilene er vist på tegning 040, samt på Figur 1, Figur 4, Figur 5 og Figur 9.

I tillegg er medtatt beregningsresultater for et profil, P4, utført for Skedsmo kommune tatt med (/19/). Profil P4 ligger noe øst/sør for profil P3 (se tegning 040).

Resultater fra stabilitetsanalysene er vist på figur B1-B4 (profil P1), B5 (profil P2) og B6-B7 (profil P3).

B2 Profil P1

Profil P1 starter øst for Rikard Nordraaks vei, og går ned i ravinen i vest, nedenfor Bråteveien. Skråningen ned i ravinen er ca. 20 m høy, med helning ca. 1:2,25. Et utsnitt av området nærmest profilet er vist på Figur 1.



Figur 1 Beliggenhet av profil P1 vest i kvikkleiresone 343 Skjetten (kart fra www.statkart.no)

B2.1 Grunnforhold, profil P1

I punkt 303 er det utført dreietrykksondering, CPTU-sondering, Ø54 mm sylindrerprøvetaking samt installasjon av piezometre i forbindelse med utredningen. Dreietrykksondering 303 viser jevnt økende motstand fra 6-7 m, og er avsluttet i fast lag, antatt stein, på ca. 30 m dybde. Mektighet av løsmasser er derved minst 30 m. Prøver ned til 17 m viser ikke kvikkleire. Det er derfor antatt "ikke- sprøbruddmateriale" til 28 m dybde under terreng (ca. kote 133) ved borpunkt 303. Fra 28 m til 30 m kan det være et lag med sensitiv leire. Tilsvarende indikasjon på sensitiv leire fra samme nivå (ca. kote 132) er funnet i dreietrykksondering 302, ca. 200 m lenger nord. I dreietrykksondering 304, ca. 200 m lenger øst er det derimot ingen indikasjon på sensitiv leire, dersom man forutsetter at det øvre laget med konstant motstand heller ikke her representerer sensitiv leire. Langs profil 1 antas derfor overkant av kvikkleirelaget å ligge 6-7 m under bunnen av ravinen. Sammenliknet med terrengnivå i ravinen kan kvikkleira derved ligge grunnere lenger nord langs ravinen, som faller i nordlig retning.

Tolkede laggrensener er vist i beregningsprofilene (figur B1-B4). Kvikkleirelommer grunnere enn antatt i beregningen kan ikke utelukkes, men er i så fall ikke kontinuerlige. Bergoverflaten er konservativt modellert noe fallende mot vest, da det ikke er gjort boringer i bunnen av ravinen.

Som nevnt i vedlegg A er det gjort konservative antakelser for poretrykk, da målerne i punkt 303 ikke var i funksjon. Det er antatt hydrostatisk poretrykk under 2 m dybde, noe som også gir en rimelig god tolkning av CPTU-sondering i punkt 303. Antatt grunnvannsnivå er trukket ned til 5 m dybde ved skråningskanten.

Tolkning av CPTU-sondering indikerer betydelig overkonsolidering, tilsvarende ca. 25 m tidligere overlaging over dagens terrengnivå, eller 45 m over bunnen av ravinen.

B2.2 Dagens situasjon, profil P1

Resultater for dagens situasjon er vist i figur B1 og B3 og oppsummert i Tabell 1.

Udrenert analyse

Udrenert stabilitetsanalyse av dagens situasjon med forutsetningene over, gir materialfaktor $\gamma_m = 1,25$ for kritisk glideflate ned i kvikkleire. Den kritiske glideflaten er ca. 70 m lang og ca. 25 m dyp, og går ned i antatt kvikkleire. Glideflaten går >10 m dypere enn bunnen av ravinen.

Drenert analyse

Kritisk glideflate (ikke overflateglidning) gir materialfaktor $\gamma_m = 1,07$. For kritisk glideflate som tvinges ned i kvikkleire gir materialfaktor $\gamma_m = 1,20$.

Tabell 1 oppsummerer beregnet materialfaktor for udrenert og drenert analyse for dagens situasjon. Krav til materialfaktor etter stabiliserende tiltak for å oppnå ”forbedring” iht. ref. /5/ er også gitt i tabellen.

Tabell 1 Stabilitetsberegninger, Skjetten, profil P1. Materialfaktor for dagens situasjon, og krav til forbedring iht. ref. /3/.

Beskrivelse	Materialfaktor γ_m			
	Udrenert analyse		Drenert analyse	
	Dagens situasjon	"Forbedring" *)	Dagens situasjon	"Forbedring" *)
Kritisk skjærflate	1,25	1,30	1,07	1,16
Kritisk skjærflate tvunget ned i kvikkleire	-	-	1,20	1,26

*) Krav iht. ref. /5/

Grunn glidning i brattkanten opp mot toppen av skråningen er beregningsmessig mer kritisk enn dype glidninger, men holdes i det videre utenfor diskusjonen, da dette ikke vurderes å medføre fare for utløsning av kvikkleireskred, med gitte antakelser om beliggenhet av kvikkleire.

B2.3 Stabiliserende tiltak, profil P1

Stabiliserende tiltak i skråningen er vurdert ut fra krav til "forbedring" ref. /5/. Tiltak er rettet inn mot dyperegående glidninger som kan medføre utløsning av kvikkleireskred, ikke forbedring av overflatestabiliteten.

Motfylling av stein i ravinen vil forbedre stabiliteten av skråningen ("topografisk endring" iht. ref. /5/. Resultater fra analyse av stabiliserende tiltak er vist på figur B2, Beregningsresultatene er oppsummert i Tabell 2. For drenert tilstand er 2 m oppfylling i ravinen tilstrekkelig, mens 2,5 m fylling er nødvendig for å oppnå tilstrekkelig forbedring for udrenert tilstand iht. krav i ref. /5/.

Tabell 2 Stabilitetsberegninger, Skjetten, profil P1. Materialfaktor for dagens situasjon, krav til forbedring iht. ref. /5/ og beregnet materialfaktor med tiltak.

Beskrivelse	Analysemetode	Materialfaktor γ_m		
		Dagens situasjon	NVE-krav "forbedring" *)	Etter tiltak **)
2 m fylling i ravinen	Udrenert	1,25	1,30	1,29
2 m fylling i ravinen Glideflate tvunget ned i kvikkleire	Drenert	1,20	1,26	1,29
2,5 m fylling i ravinen	Udrenert	1,25	1,30	1,32

*) Krav iht. ref. /5/

**) Kritisk skjærflate etter tiltak er generelt ikke den samme som før tiltak.

B2.4 Sikkerhetsfaktor for alternative glideflater

Materialfaktor for dagens situasjon og for stabiliserende tiltak i det foregående kapitlet er beregnet for mest kritiske glideflate, samt for kritisk glideflate gitt at glideflaten må skjære ned i kvikkleire. Det er generelt ønskelig å øke sikkerhetsnivået for alle dyperegående glidesirkler med lav sikkerhet (og ikke bare den mest kritiske glidesirkelen beregnet foran). Det er derfor beregnet udrenert materialfaktor for dagens situasjon, og med tiltak for de samme glidesirkler, for tre glideflater hvor bakkant av glideflaten er fastholdt hhv. 13, 33 og 46 m bakenfor skråningskanten. Resultatene er vist i Tabell 3. Alle glidesirklene får tilstrekkelig sikkerhet sammenliknet med krav om "forbedring".

Tabell 3 Stabilitetsberegninger, Skjetten, profil P1. Ikke-kritiske glideflater med bakkant fastholdt i gitt avstand bak skråningskanten. Materialfaktor for dagens situasjon, krav til forbedring iht. ref. /5/ og beregnet materialfaktor med tiltak for de samme glidesirkler. Udrenert analyse.

Beskrivelse	Materialfaktor γ_m		
	Dagens situasjon	NVE-krav *) "forbedring"	Med tiltak (2,5m fylling)
13 m bak skråningskant	1,28	1,32	1,50
33 m bak skråningskant	1,29	1,33	1,35
46 m bak skråningskant	1,39	1,39	1,44

*) Kravet til materialfaktor gjelder kun kritisk glidesirkel

B2.5 Utførte tiltak innenfor sonen

Ved befaring i april 2015 ble det observert at vesentlige oppfyllingsarbeider er utført og fortsatt pågikk i ravinen vest for Bråteveien (Figur 2). Det fremgår av flybilder at fyllingsarbeidene er påbegynt en gang etter september 2011.

Omriss av utført oppfylling pr. juli 2013 er skissert på kartet til høyre i Figur 3. Basert på befaringen synes omfanget av oppfyllingen imidlertid å være noe større i 2015 enn bildene fra 2013 viser, dvs. tykkelsen av oppfylling i bunn av ravinen antas å være noe større.



Figur 2 Oppfylling i ravine vest for Bråteveien. Venstre: Bilde fra 2011, oppfylling ikke påbegynt. Høyre: bilde tatt i juli 2013; oppfyllingsarbeider i gang. Bilder fra www.senorge.no.



Figur 3 Venstre: Flybilde tatt i juli 2013 (www.senorge.no), arbeider med oppfylling i ravinen er godt i gang. Høyre: Omriss av oppfylling fra bildet til venstre er plottet på kartet (blå linje).

NGI har ikke informasjon om bakgrunnen for oppfyllingen, eller evt. geotekniske vurderinger som er gjort forut for fyllingsarbeidene. Ut fra stabilitetsberegningene, vil en oppfylling på 2-3 meter i ravinen være tilstrekkelig til at denne skråningen har tilstrekkelig sikkerhet iht. NVEs retningslinjer (ref. /5/), dvs. skråningsstabiliteten ut mot ravinen i vest er trolig ikke til hinder for tiltak i tiltaksklasse K3 og K4. Endelig topografi bør imidlertid kontrolleres mot topografiske data for nytt terreng i ravinen. Tilstrekkelig sikkerhet forutsetter også at fyllingsfronten/-foten, som strekker seg i nordvestlig retning (ned mot Tømteveien), er dimensjonert med tilstrekkelig sikkerhet.

Skråningen fra Bråteveien og ned til oppfylt nivå i ravinen er til dels meget bratt. Delvis synes det å være lagt ut et plastringslag med stein på skråningen, som bærer preg av at dette laget er i ferd med å gli ned mot bunnen av ravinen. Glidning av overflatemassene vurderes i dette tilfellet ikke å medføre økt fare for kvikkleireskred.

B2.6 Oppsummering, profil P1

Kritisk glideflate for drenert analyse er $\gamma_m = 1,07$ (dvs. for terrengprofil for tiltak). Den kritiske glideflaten går imidlertid ikke ned i kvikkleire. For glideflater som tvinges ned i kvikkleire viser beregningene at skråningen i dag har noe sikkerhetsmargin, med materialfaktorer $\gamma_m = 1,20$ og $\gamma_m = 1,25$ for hhv. drenert og udrenert analyse.

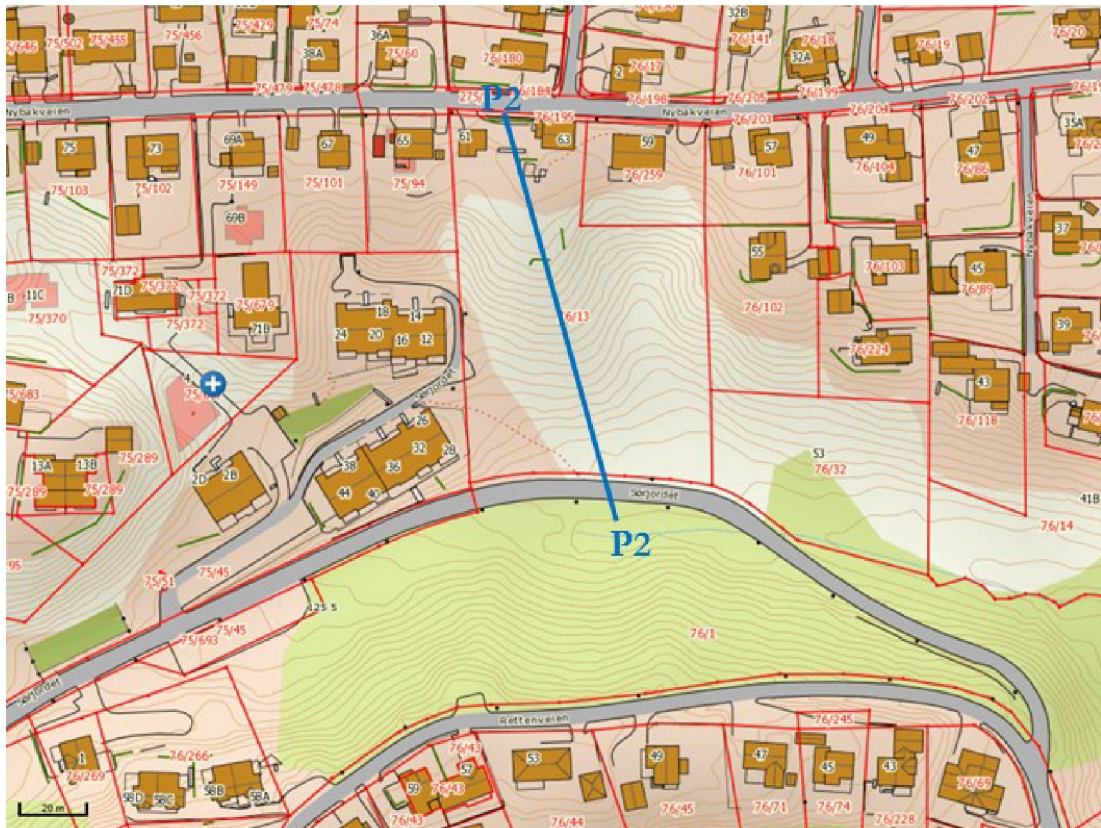
Det ble ikke påvist kvikkleire i prøver til 17 m dybde fra borpunkt 303 på toppen av skråningen i profil P1, men det kan være kvikkleire under 28 m dybde, dvs. ca. 6-8 m under ravinen. Videre nedover ravinen, som faller mot nord, kan kvikkleira ligge grunnere, dersom man tar utgangspunkt i tilsvarende kotenivå for topp av kvikkleirelaget. Kontrollboring i bunnen av ravinen bør vurderes for å avklare om det er kvikkleire i ravinen, og hvor dypt kvikkleira evt. ligger. Muligens er boringer utført i forbindelse med pågående oppfylling i ravinen.

Tiltak som omfatter 2-2,5 m oppfylling med stein i ravinen er tilstrekkelig til å oppnå tilfredsstillende sikkerhet ("forbedring" iht. ref. /5/), med utgangspunkt i glidesirkler som skjærer ned i kvikkleire.

Utført tiltak i ravinen nedenfor Bråteveien antas ut fra dette å være tilstrekkelig for å innfri krav til forbedring av skråningsstabiliteten, men dette bør kontrolleres mot innmålingsdata av terrenget etter oppfylling.

B3 Profil P2

Profil P2 starter litt vest for krysset Nybakveien-Døliveien, går gjennom bebyggelsen og sørover ned i ravinen til Sørjordet. Skråningen ned i ravinen er ca. 20 m høy, med helning ca. 1:3. Et utsnitt av området nærmest profilet er vist på Figur 4. For beliggenhet av borpunkter nær profil P2 vises det til tegning 040.



Figur 4 Beliggenhet av profil P2 sørøst i kvikkleiresone 343 Skjetten (kart fra www.statkart.no).

B3.1 Grunnforhold, profil P2

I forbindelse med utredningen ble det utført dreietrykksondering og CPTU-sondering i punkt 307 i profil P2 (se Tegning 040). I tillegg har NGI i 2015 utført en rekke boringer i Nybakveien, sentrert rundt profil 2 (ref. /18/). Beliggenhet av borpunktene 1-10 fra ref. /18/ er vist på tegning 040. Flere av dreietrykksonderingene ved profil 2 viser samme tendens som mange av de øvrige sonderingene på plataet, dvs. deler av sonderingskurven har konstant og til dels avtakende sonderingsmotstand. Opptatte prøver fra borpunkt 4 viser imidlertid, som for andre prøveserier innenfor sonen, at dette laget ikke representerer sprøbruddmateriale. For profil 2 tolkes det ut fra sonderinger og opptatte prøver ikke kvikkleire i noen av borpunktene. Tolkede laggrenser fremgår av beregningsprofilene (figur B5).

Det er antatt noe poreundertrykk fra underkant av tørrskorpelaget (4 m dybde), og hydrostatisk poretrykk fra bunnen av ravinen. Tolkning av CPTU-sondering 307 (figur A4) indikerer betydelig overkonsolidering. For vurdering av skjærfasthet langs profilet utenom borpunkt 307 er det antatt 25 m tidligere overlaging over dagens terrengnivå.

B3.2 Dagens situasjon, profil P2

Resultater for dagens situasjon er vist på figur B5 og Tabell 4.

Udrenert analyse

Udrenert stabilitetsanalyse av dagens situasjon med forutsetningene over, gir materialfaktor $\gamma_m = 1,67$ for mest kritiske glideflate. Kritisk glideflate er ca. 30 m lang og 10 m dyp.

Drenert analyse

Drenert stabilitetsanalyse er gjort med de samme poretrykksbetingelser som er lagt til grunn ved tolkning av CPTU-sonderinger, og gir materialfaktor $\gamma_m = 1,37$ for mest kritiske glideflate.

Tabell 4 oppsummerer beregnet materialfaktor for udrenert og drenert analyse av dagens situasjon.

Tabell 4 Stabilitetsberegninger, Skjetten, profil P2. Materialfaktor for dagens situasjon.

Beskrivelse	Materialfaktor γ_m	
	Udrenert analyse	Drenert analyse
Dagens situasjon - kritisk skjærflate	1,67	1,37

*) *Krav iht. ref. /5/.*

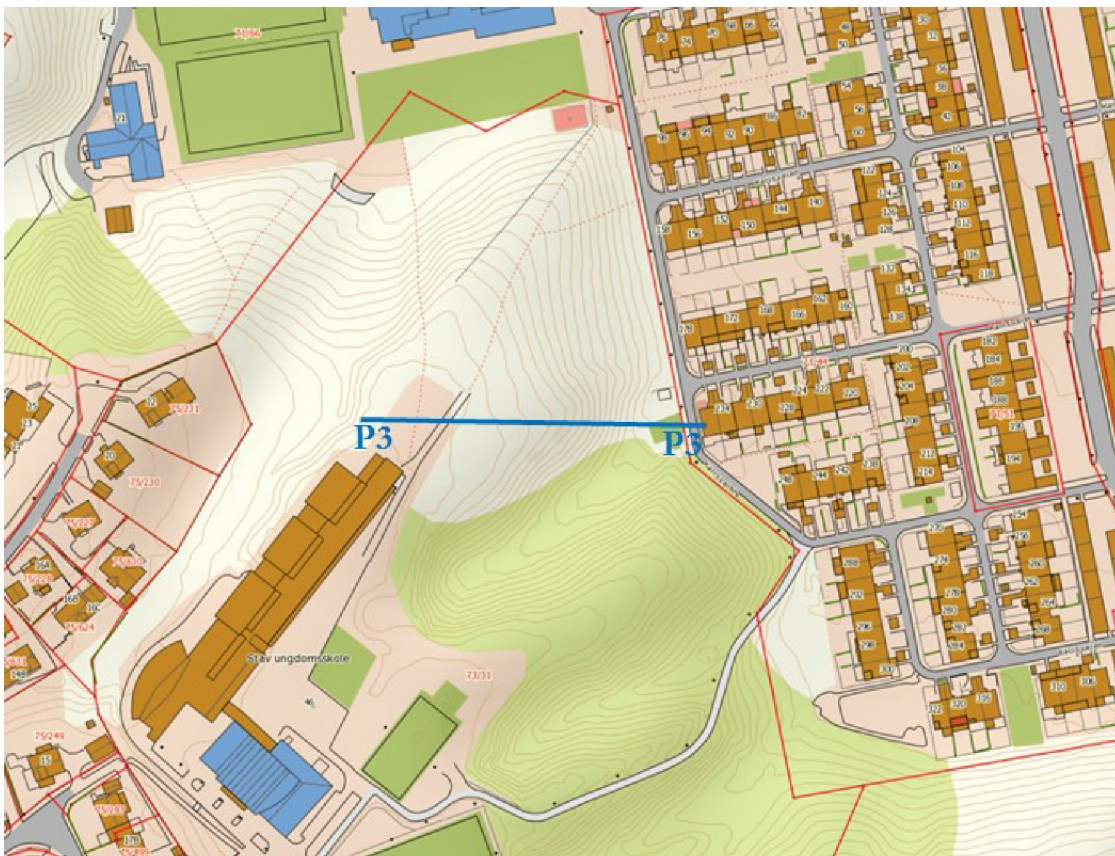
B3.3 Oppsummering, profil P2

Basert på beregningene for dagens situasjon vurderes det ikke nødvendig med tiltak for å forbedre stabiliteten i profil P2.

Noe supplerende prøvetaking i denne delen av sonen antas å kunne bidra til at sonens utstrekning kan justeres.

B4 Profil P3

Beliggenhet av lengdeprofil P3 er vist på tegning 040 og på Figur 5. Profil P3 starter litt nord for Stav Ungdomsskole og går ned skråningen ytterst i ravinen. Skråningen ned i ravinen er ca. 16 m høy, med helning ca. 1:2,5. Et utsnitt av området rundt profilet er vist på Figur 5. I foten av skråningen er ligger Skjettenbyen med tett rekkehusbebyggelse (boliger).



Figur 5 Beliggenhet av profil P3 nord i kvikkleiresone 343 Skjetten (kart fra www.statkart.no)

B4.1 Grunnforhold, profil P3

Langs profil P3 er det utført boringer i borpunktene 301 og 13. I borpunkt 13 ble det utført dreietrykksondering ved opprinnelig kvikkleirekartlegging (ref. /1/). Eksakt posisjon av borpunkt 13 er ikke kjent, men punktet antas beliggende noenlunde som vist på tegning 040. I borpunkt 301 er det utført CPTU-sondering, Ø54 mm sylindprøvetaking samt installasjon av piezometer. Tolkede laggrenser er vist i beregningsprofilene (figur B6-B7). Dreietrykksonderingen er avsluttet i et fast lag, antatt stein, på ca. 30 m dybde (kote +124). Mektighet av løsmasser er derved minst 30 m. Både dreietrykksondering 13 og CPTU-sondering 301 viser avtakende motstand i to dybdeintervaller; fra ca. kote +149 til +142 og

kote +132 til +125. Prøver ned til 18 m (kote +134) viser ikke kvikkleire. Det er derfor antatt leire uten sprøbruddegenskaper til 20 m dybde under terreng (ca. kote 132). Dreietrykkssondering 302, ca. 150 m nordvest for P3 gir samme indikasjon på sensitiv leire under ca. kote 132 som dreietrykkssondering i borpunkt 13.

Ved grunnundersøkelser nær borpunkt 305 sørøst for profil 3 (ref. /16/) er det påvist kvikkleire under ca. kote 133, med tilsvarende sonderingsforløp som i borpunktene 13 og 302. Kvikkleire antas derfor under dette nivået også i profil 3, dvs. fra 20 m til 30 m dybde ved borpunkt 301. Det er tatt utgangspunkt i poretrykksavlesninger i borpunkt 301 utført i løpet av feltundersøkelsene (ca. 1 uke etter installasjon), ved hhv. 10.2 og 16.2 m dybde. Disse målingene viste poreundertrykk. Hydrostatisk poretrykk er antatt under dypeste måler. Tolkning av CPTU-sondering indikerer overkonsolidering, tilsvarende ca. 15 m tidligere overlaging over dagens terrengnivå.

B4.2 Dagens situasjon, profil P3

Resultater for dagens situasjon er vist på figur B6 og B7. Tabell 5 oppsummerer beregnet materialfaktor for udrenert og drenert analyse for dagens situasjon, samt krav til materialfaktor etter stabiliserende tiltak for å oppnå forbedring iht. ref. /5/.

Udrenert analyse

Udrenert stabilitetsanalyse av dagens situasjon med forutsetningene over, gir materialfaktor $\gamma_m = 1,15$ for mest kritiske glideflate. Kritisk glideflate er 58 m lang og 18 m dyp. Kritisk glideflate skjærer ned i kvikkleire, med dypeste punkt av glideflaten ca. 9 m under bunn av skråningen (ca. kote +129).

Det er beregnet materialfaktor for dagens situasjon for ytterligere to sirkulære skjærflater, med bakkant hhv. 20 og 40 m bak kritisk skjærsirkel. Begge disse har beregnet materialfaktor $\gamma_m < 1,4$.

Udrenert materialfaktor er ikke kritisk, men likevel lav, og tiltak bør vurderes.

Drenert analyse

Kritisk drenert glideflate (ikke overflateglidning) ga materialfaktor, $\gamma_m = 1,04$. For kritisk glideflate som tvinges ned i kvikkleire er $\gamma_m = 1,20$. For det drenerte tilfellet er grunn glidning beregningsmessig mer kritisk enn dype glidninger. Grunne glidninger i overflatemasser vurderes her ikke å medføre fare for utløsning av kvikkleireskred, ut fra antatt beliggenhet av kvikkleire.

Tabell 5 Stabilitetsberegninger, Skjetten, profil P3. Materialfaktor for dagens situasjon og krav til forbedring iht. ref. /5/.

Beskrivelse	Materialfaktor γ_m			
	Udrenert analyse		Drenert analyse	
	Dagens situasjon	Forbedring	Dagens situasjon	Forbedring
Kritisk skjærflate	1,15	1,22	1,04 *)	1,13
Kritisk skjærflate tvunget ned i kvikkleire	-	-	1,20	1,26
20m bak kritisk sirkel	1,21	1,27	-	-
40m bak kritisk sirkel	1,31	1,34	-	-

*) Overflateglidning

B4.3 Stabiliserende tiltak, profil P3

Lav beregningsmessig sikkerhet i profil P3 tilsier at tiltak som forbedrer stabiliteten i dette området bør vurderes. Det er tilsvarende forhold på hele strekningen videre mot Øvre Ryens veg og profil P4 lenger øst langs skråningen: Vekselvis skjærer raviner inn i plataet, vekselvis går skråningene helt ned mot bebyggelsen i Skjettenbyen.

Ved profil P3 og videre østover er tiltak med motfylling langs skråningsfoten bare delvis delvis mulig, på grunn av bebyggelse tett inntil foten av skråningen. Evt. avlastning på toppen av skråningen kan være et supplerende tiltak, men er ikke uproblematisk, på grunn av bebyggelse og annen infrastruktur på toppen av skråningene. For enkelte av løsmasseryggene kan noe avlastning trolig være mulig.

Stabiliserende tiltak i form av noe oppfylling i ravinene øst for skolen (og frem mot profil P4) bør vurderes for å redusere faren for skred med utløp mot bebyggelsen. Slik oppfylling vil være forholdsvis enkelt, men må vurderes nærmere i lys av hva som er praktisk gjennomførbart og ønskelig, også ut fra andre hensyn enn de rent geotekniske.

Inntil 2-3 m oppfylling i bunn av ravinene er trolig tilstrekkelig for å oppnå ønsket lokal stabilitetsforbedring. Skråningene er brattere ned mot ravinene enn ned mot bebyggelsen. Sikring i ravinene vil derfor bidra til å redusere faren for kvikkskred, selv om det ikke er mulig å utføre sikring langs skråningsfoten ut mot bebyggelsen, og "forbedring" ut fra NVEs retningslinjer (ref. /5/) trolig ikke kan oppnås for hele skråningspartiet.

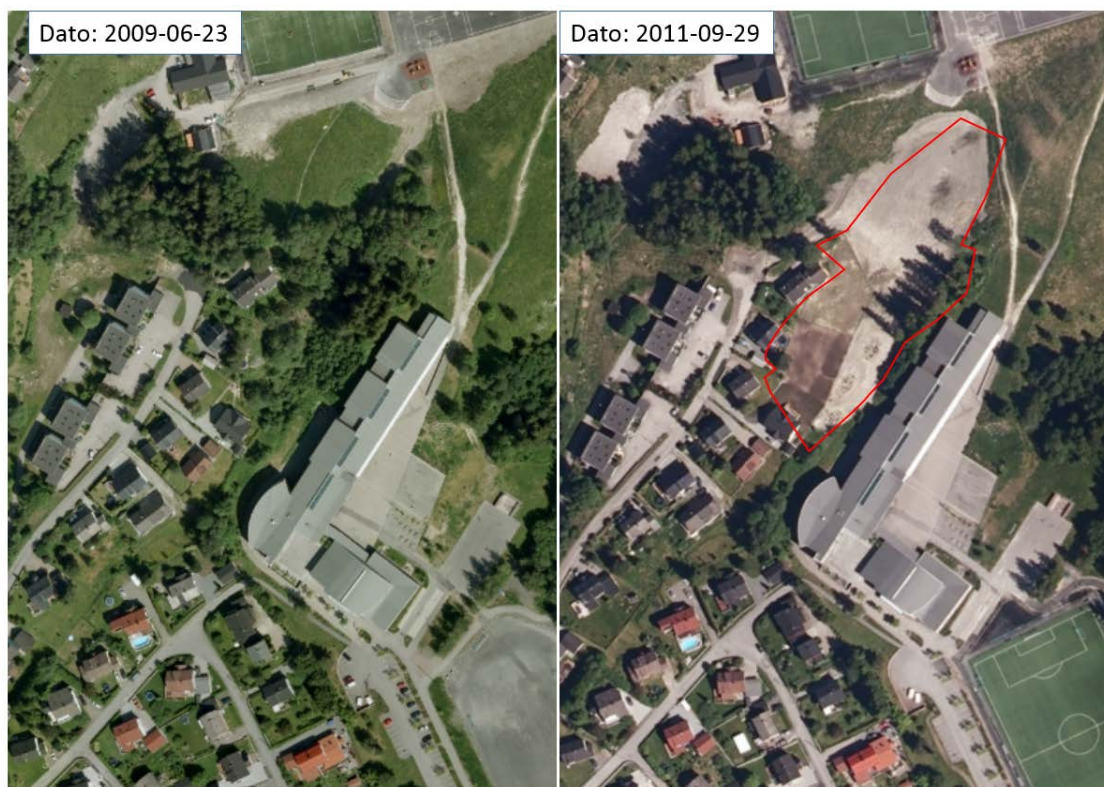
Tiltak i raviner vil også kunne redusere nedbørsutløste overflateskred i de bratte ravineskråningene, men i prinsippet bør tiltak for å sikre grunne glidninger vurderes separat. Støttefylling for å gi stabilitetsforbedring mht. dyperegående glidninger ned i kvikkleire behøver (bør) i prinsippet ikke føres høyt opp i skråningen, og får derfor ikke stabiliserende effekt mot overflateskred høyere opp i skråningen.

B4.4 Utførte tiltak innenfor sonen

Ved befaring er det fastslått at ravinen vest for Stav ungdomsskole er gjenfylt. Detaljer om oppfyllingen er ikke kjent, men basert på observerte toppmasser antas det at fyllingen består av stein. Det fremgår av flybilder at fyllingsarbeidene er utført mellom 2009 og 2011 (Figur 6).

Tiltakene har forbedret stabiliteten lokalt. Faren for utløsning av grunne glidninger i tørrskorpe og siltig (ikke-kvikk) leire er redusert. Tiltaket har også gitt forbedring med hensyn til stabilitet av dypere glidesirkler med bakkant på plataet ved skolen, og som tidligere ville kunne slå ut i bunnen av ravinen vest for skolen.

Stabiliteten av selve oppfyllingen i retning langs tidligere ravine er ikke vurdert (da spesielt fyllingsfoten). Generelt bemerkes at oppfyllinger av ravine med høyde som i dette tilfellet bør prosjekteres geoteknisk, hvorvidt dette har vært tilfelle for den aktuelle oppfyllingen har NGI ikke informasjon om.



Figur 6 Luftfotos av ravine vest for Stav ungdomsskole. Venstre: Bilde fra juni 2009, oppfylling ikke påbegynt. Høyre: bilde fra september 2011; oppfyllingsarbeider utført. Rød markering tilsvarende skravur på rasterkart (Figur 7). Bilder fra www.senorge.no.



Figur 7 Oppfylling i ravine vest for Stav ungdomsskole. Venstre: Rasterkart (www.senorge.no) viser oppfylling (rødt omriss). Høyre: Før oppfylling. Omriss av oppfylling markert (rødt omriss).



Figur 8 Terreng (1 m koter) etter oppfylling av ravine vest for Stav ungdomsskole. Ravinen er så godt som fullstendig gjenfylt.

B4.5 Oppsummering profil P3

Det er ikke funnet kvikkleire ved prøvetaking til 18 m dybde i borpunkt 301 på toppen av skråningen (profil P3), men ut fra sonderingskurven antas kvikkleire/ sprøbruddmateriale under 20 m dybde. Ved prøvetaking i ravine noe lenger østover langs skråningen (se nedenfor; avsnitt om profil P4) er kvikkleire påvist i prøver fra samme nivå. Mektighet av leire langs foten av skråningen synes å være opptil 10-15 m i denne delen av sonen.

Stabilitetsberegningene for profil P3 viser at for glideflater ned i kvikkleire har skråningen materialfaktorer på $\gamma_m = 1,15$ og $\gamma_m = 1,20$ for hhv. udrenert og drenert analyse. Særlig for udrenert analyse vurderes dette å være noe lavt, og tiltak for å forbedre stabilitetsforholdene, særlig for de mest kritiske skråningspartiene, bør vurderes fra Stav skole og sør/østover langs skråningen.

Bebyggelse tett inntil skråningsfoten begrenser muligheten for stabiliserende tiltak, og kontinuerlig støttefylling langs skråningsfoten, som anses som det mest egnede tiltaket, anses ikke gjennomførbart. Oppfylling i bunnen av raviner er mulig, og vil gi stabilitetsforbedring lokalt for de bratteste skråningene i denne delen av sonen. Avlastning på toppen av skråningen er stedvis mulig, men noe begrenset av eksisterende bebyggelse og anlegg.

Selv om tiltak ikke blir kontinuerlig, vil sikringstiltak i ravinene, hvor stabilitetsforholdene er dårligst, bidra til å redusere kvikkleireskredfaren for skred med utløp mot bebyggelsen i Skjettenbyen. Bebyggelsen på toppen av skråningen vil også få forbedret sikkerhet som resultat av slik sikring.

Oppfylling av raviner vil kunne bidra til å redusere skredaktivitet i form av overflateglidninger i de bratte ravineskråningene. Imidlertid vil overflateglidning kunne skje høyere opp i skråningen enn toppen av evt. støttefylling som tiltak mot dyperegående glidninger.

Dersom man går videre med tiltak langs den ravinerte delen av skråningen, vil det være behov for geoteknisk detaljprosjektering av sikringstiltaket.

B5 Profil P4

Stabilitetsanalyser i profil P4 er utført i forbindelse med oppdrag for Skedsmo kommune (/19/); en oppsummering gis i det følgende.

Beliggenhet av profilet er vist i Figur 9 og på tegning 040. Profilet går ned skråningen fra Øvre Ryens veg og ned mot bebyggelsen i Skjettenbyen. I foten av skråningen er det tett bebyggelse helt inn mot skråningsfoten (rekkehus, boder og garasjer).

Prøver bekrefter kvikkleire i ravinen vest for P4. Kvikkleira ligger på ca. samme nivå som antatt for profil P3, dvs. på nivå noe lavere enn foten av skråningen.

For dagens situasjon gir stabilitetsberegningene materialfaktor $\gamma_m = 1,21$ for drenert analyse og $\gamma_m = 1,39$ for udrenert analyse, dvs. noe bedre enn profil P3 (Figur 10).

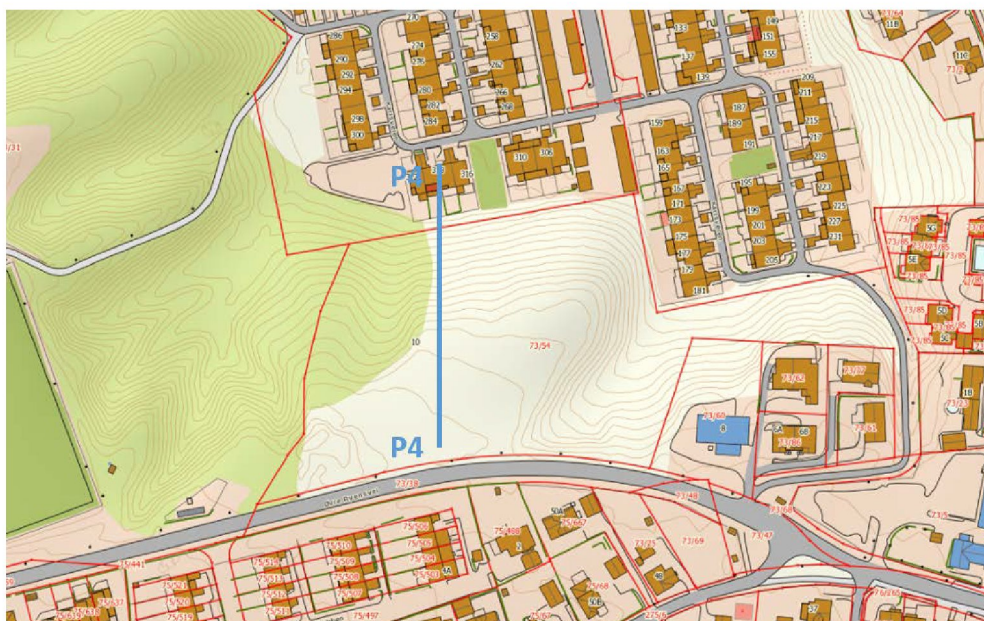
Det er gjort overslag over mulig stabiliserende tiltak, i form av 1-2 m avlastning på toppen av platået (Figur 11). Oppnådd forbedring for drenert tilstand er tilfredsstillende ut fra krav til "forbedring" i hht. NVEs retningslinjer (ref. /5/).

Tabell 6 Stabilitetsberegninger, Skjetten, profil P4 (fra /19/). Materialfaktor for dagens situasjon og evt. tiltak iht. ref. /5/.

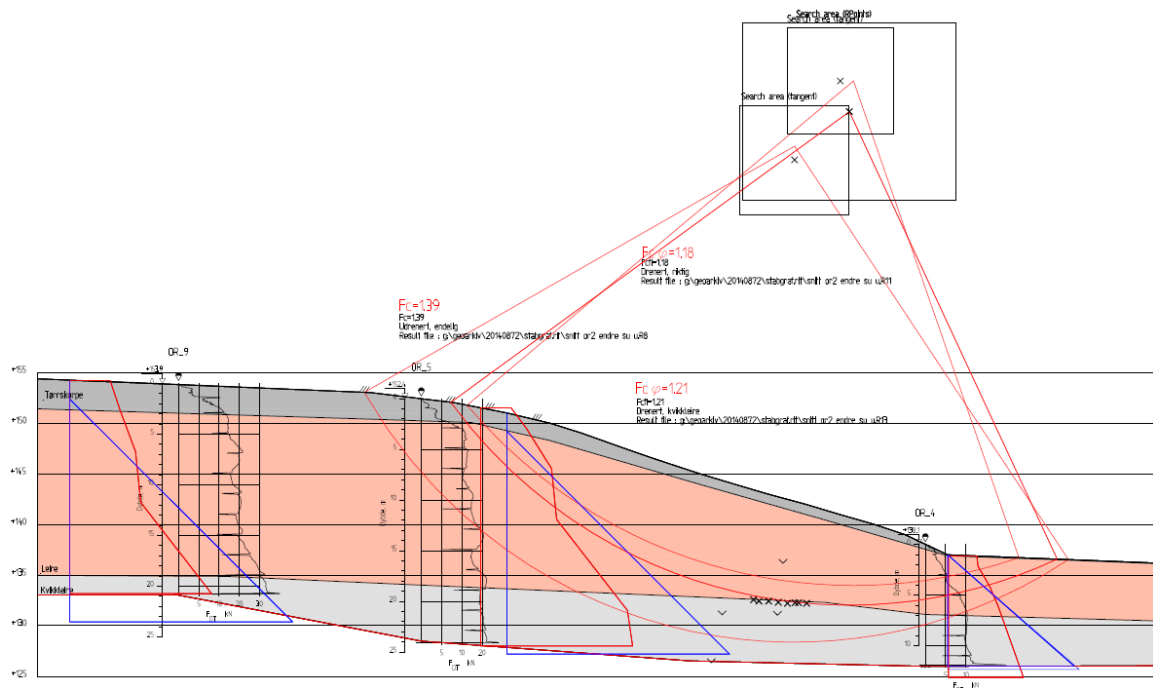
Profil	Beskrivelse		Materialfaktor, γ_m	
			Udrenert analyse	Drenert analyse
P2	Dagens situasjon		1,39	1,18 *) 1,21 **)
	Tiltak	1 m avlastning	1,40	1,24
		2 m avlastning	-	1,29

*) Glideflate går ikke ned i kvikkleire

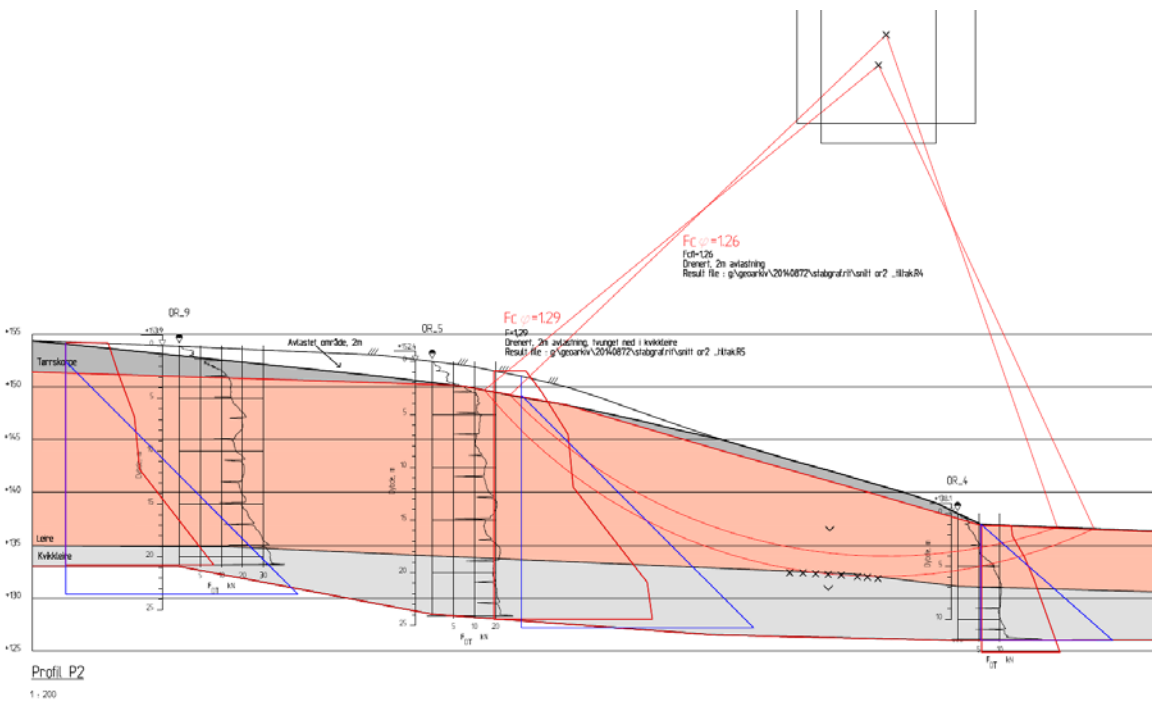
***) Glideflate tvunget ned i kvikkleire



Figur 9 Profil 4 går fra Øvre Ryens vei og ned skråningen mot nord



Figur 10 Stabilitetsanalyse for profil 4, dagens situasjon (fra ref. /19/)

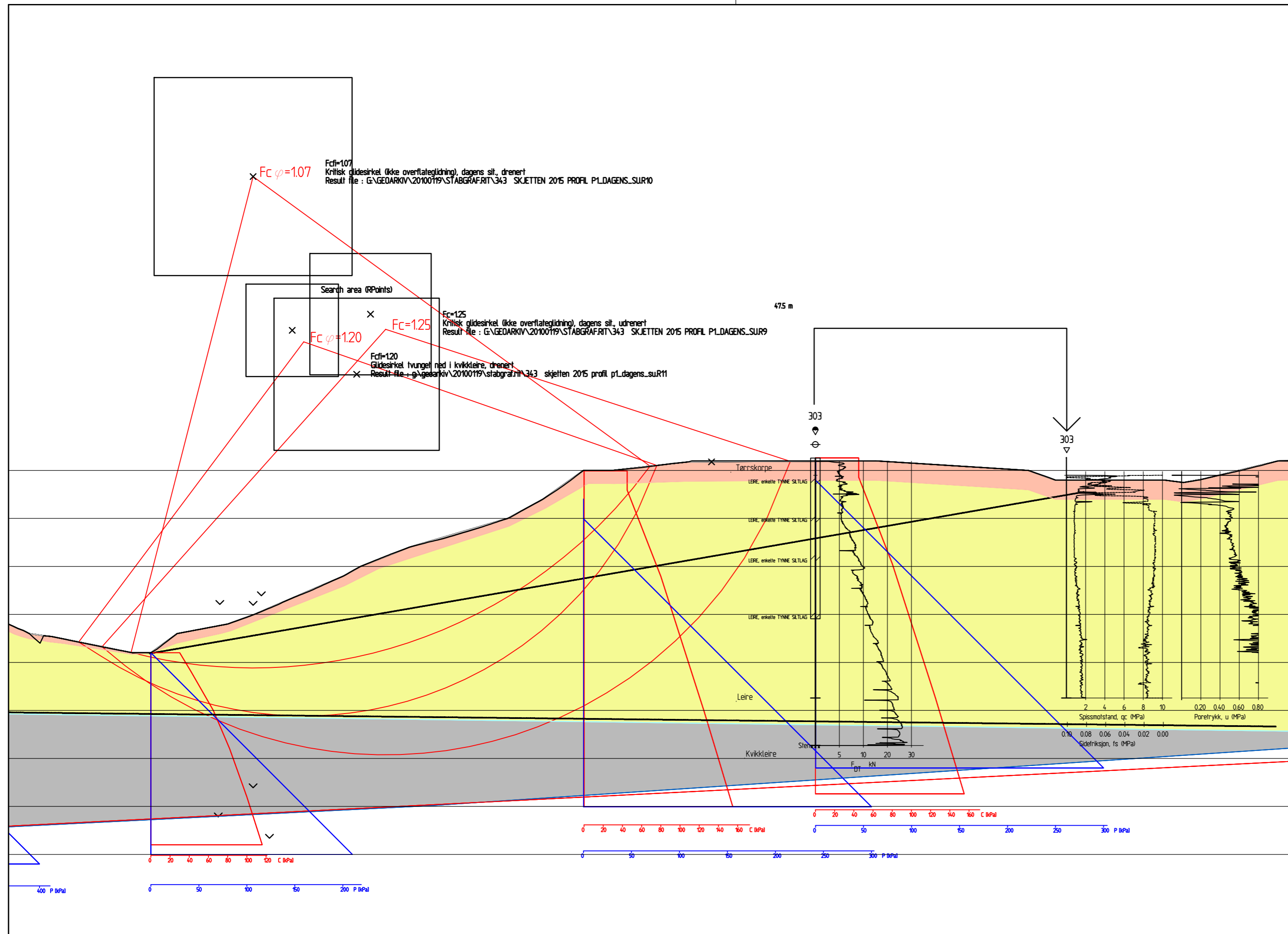


Figur 11 Stabilitetsanalyse for profil 4, stabiliserende tiltak (fra ref. /19/)

B6 Referanser

- /1/ NGI (1995). Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartbladet Oslo, M = 1:50.000. Rapport nr. 900003-2, datert november 1995.
- /2/ NGI (2005). CPTU-korrelasjoner for leire – CPTU-korrelasjoner for leire basert på blokkprøver. Rapport nr. 20041198-1, datert 10 januar 2005.
- /3/ NGI (2010): Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Forslag til undersøkelsesprogram. Prosjekt 20100119, teknisk notat datert 23. mars 2010.
- /4/ Norconsult Fältgeoteknik AB (2011): Kvikkleiresoner Sørum, Fet, Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Rapport Geoteknik, RGeo, Fält- och laboratorieresultat. Oppdragsnr. 211 03 40, rapport datert 11. mai 2011.
- /5/ NVE (2014): Veiledning nr. 7-2014. Sikkerhet mot leirskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.
- /6/ NVE (2010): Minikonkurranse iht. rammeavtale for geoteknisk utredning av kvikkleiresoner. Tilbudsgrunnlag. Sone 322 Lystad, 709 Sundbyhagen, 343 Skjetten, 715 Krogsbøl, 719 Gran, 723 Nordli, 734 Nordli Vest og 724 Årsrud i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner. Datert 08.01.2010.
- /7/ ViaNova GeoSuite AB (2009): GeoSuite. GS Stability. Version 5.0.5.
- /8/ NGU (2012). Løsmassekart på internett. <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>
- /9/ NIF (1978). NIF-kurs 1978: Skredfare og arealplanlegging. Vurdering av faregrad og sikringstiltak.
- /10/ Løvlien Georåd (2013): Data fra utførte grunnundersøkelser innenfor Skjetten kvikkleiresone. Oversendt NGI v/Håkon Heyerdahl pr. epost 17.01.2013 og 13.07.2013 fra Løvlien Georåd v/Kristoffer Rabstad.
- /11/ NGI (2005): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred. Skedsmo kommune. Rapport 20001008-9, datert 15. mars 2005.
- /12/ NGI (2008): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, rev. 3. datert 8. oktober 2008.
- /13/ Karlsrud, K., Lunne, K., Kort, D.A. and Strandvik, S. (2005): CPTU correlations for clays. Prov. 16th ICSMGE, Osaka, pp. 693-702.
- /14/ Lunne, T., Berre, K.H. Andersen, S. Strandvik and M. Sjursen (2006): Effects of sample disturbance and consolidation procedures on measured shear strength of soft marine Norwegian clays. Can. Geotechnical Journal, vol. 43, No. 7.
- /15/ NGI (2014). NIFS N-6.5.2 Sikkerhet ifm utbygging i kvikkleireområder. Oppsummeringsrapport. Rapport nr. 20140075-01-R, datert 19. november 2014.


- /16/NGI (2015): Geotekniske og miljøtekniske grunnundersøkelser i Øvre Ryens vei, Skedsmo kommune. Datarapport – geotekniske grunnundersøkelser. Rapport nr. 20140872-02-R, datert 10. april 2015.
- /17/DIBK (2011). Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK10). Publikasjonsnummer: HO-2/2011
- /18/NGI (2015): Geotekniske grunnundersøkelser i Nybakveien 64, Skedsmo kommune. Datarapport – geotekniske grunnundersøkelser. Rapport nr. 20150229-01-R, datert 17. april 2015.
- /19/NGI (2015): Geotekniske og miljøtekniske grunnundersøkelser i Øvre Ryens vei, Skedsmo kommune. Innledende geotekniske vurderinger – stabilitetsberegninger. Teknisk notat nr. 20140872-01-TN, datert 28. august 2015.

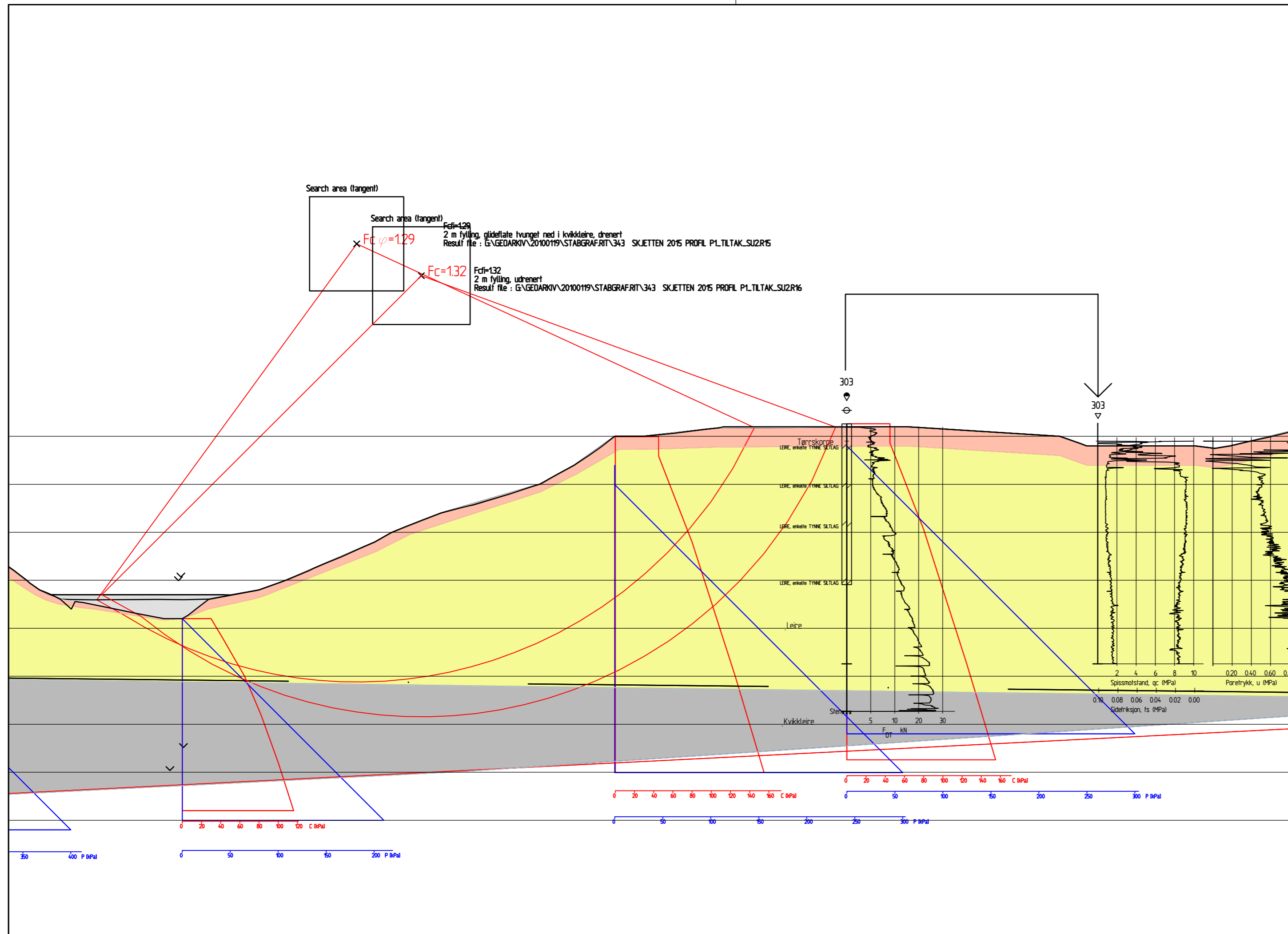


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
Kvikkleiresoner i Akershus Sone 343 Skjetten		Status Original format A-3.2 Tegningens filnavn 343 Skjetten 2015 profil p1.dagens_su Målestokk			
Stabilitet profil P1 Dagens situasjon					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 03.03.2015	Konstr./Tegnet AMW	Kontrollert -	Godkjent -
		Oppdragsnr. 20100119	Tegningsnr. B1	Rev. -	

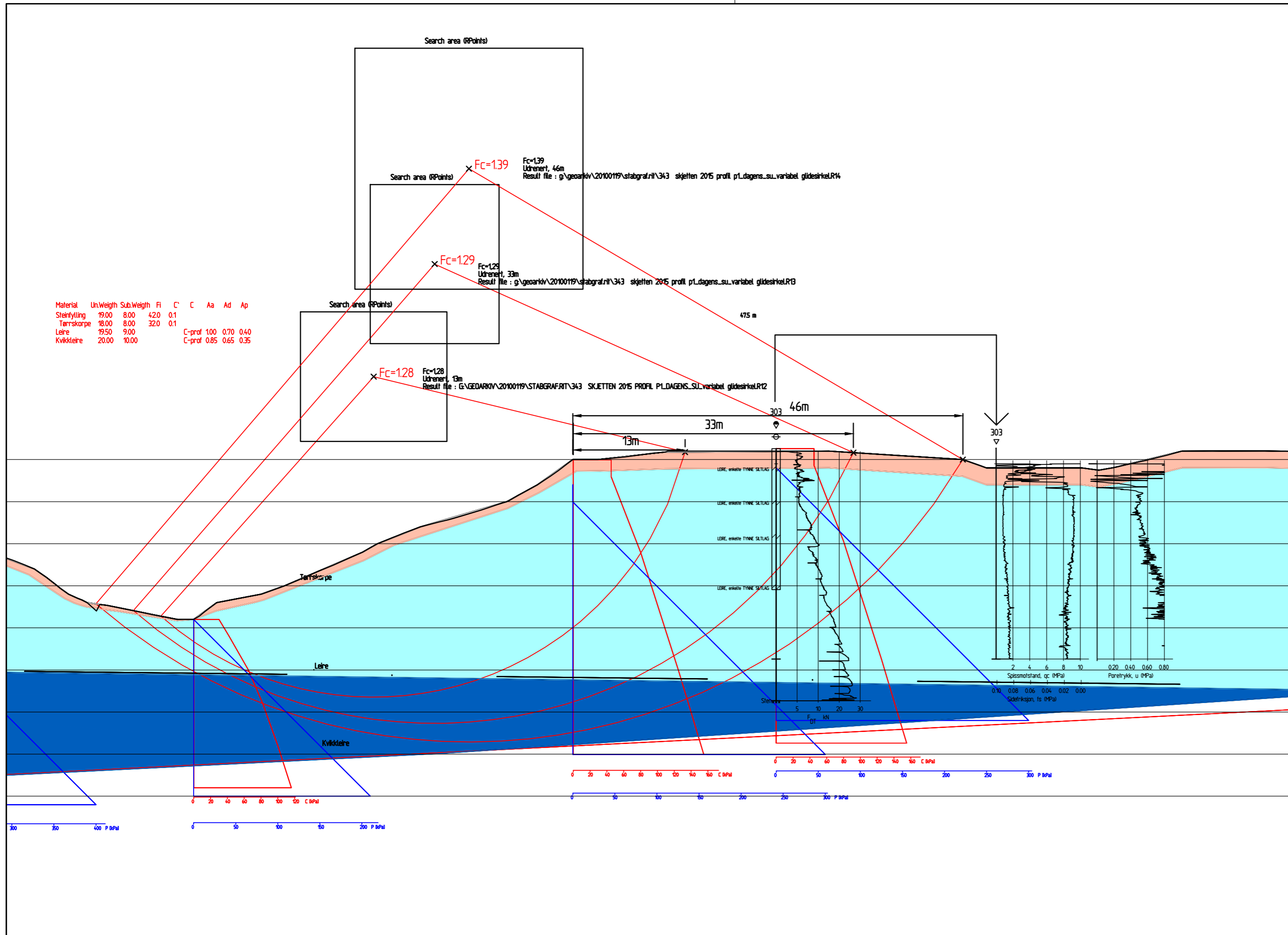


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
Kvikkleiresoner i Akershus Sone 343 Skjetten		Status Original format A-3.2 Tegningens filnavn 343 Skjetten 2015 Profil p1 tiltak_su2 Målestokk			
Stabilitet profil P1 Tiltak		NGI			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 03.03.2015	Konstr./Tegnet AMW	Kontrollert HHe	Godkjent HHe
		Oppdragsnr. 20100119	Tegningsnr. B2	Rev. 0	

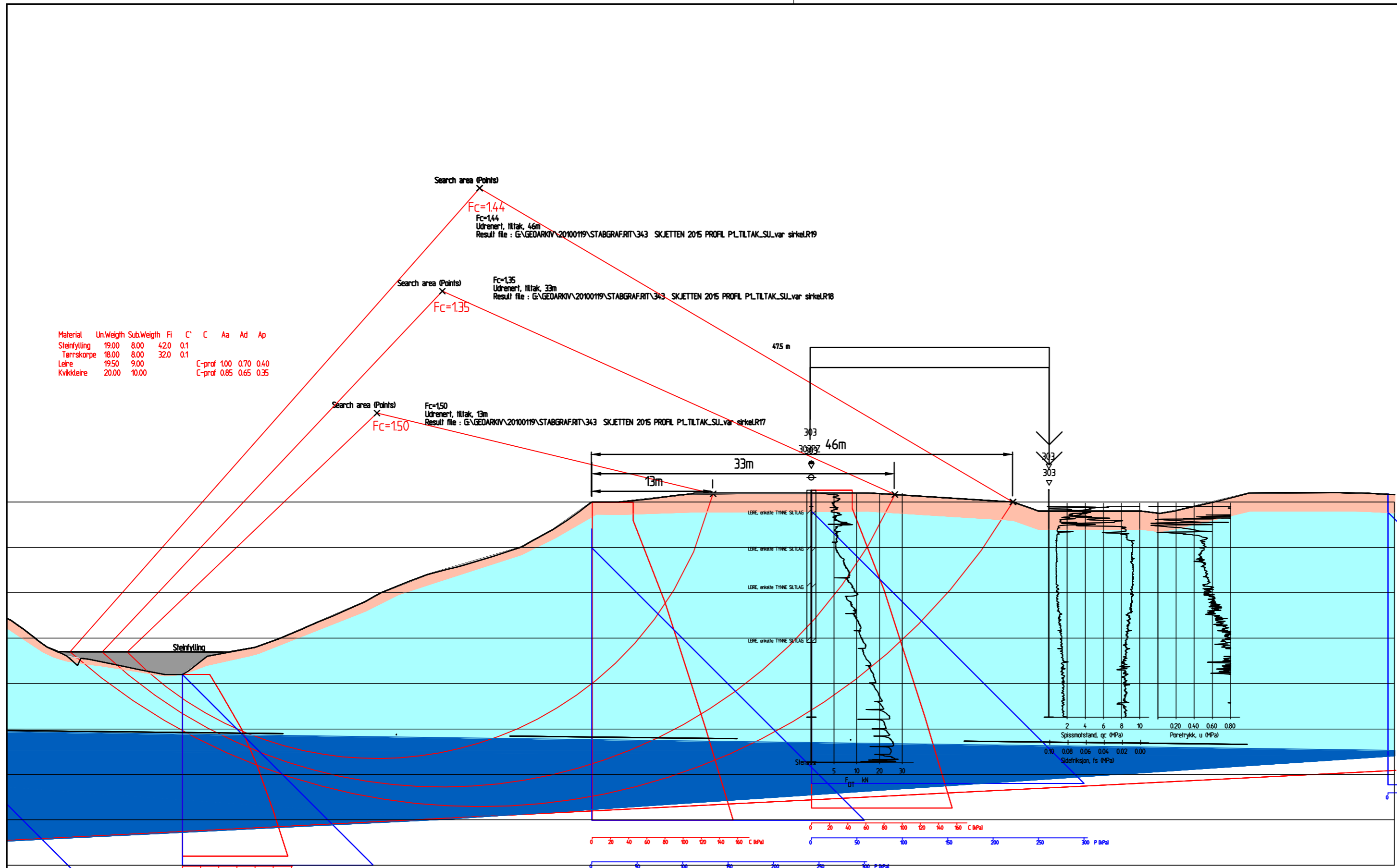


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
Kvikkleiresoner i Akershus Sone 343 Skjetten		Status Original format A-3.2 Tegningens filnavn 343 Skjetten 2015 profil p1.dagens-su_variabel g		Målestokk 1400	
Stabilitet varierende gldesirkler Dagens situasjon, Udrenert analyse		NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no			
Dato 23.02.2015 Oppdragsnr. 20100119		Konstr./Tegnet AMW Tegningsnr. B3		Kontrollert - Godkjent - Rev. -	



FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-

**Kvikkleiresoner i Akershus
Sone 343 Skjetten**

Stabilitet, varierende glidesirkler
Tiltak
Udrenert analyse

Status	-
Original format	A-3.2
Tegningens filnavn	343 Skjetten 2015 Profil P1_tiltak_su.var sirkel
Målestokk	1400

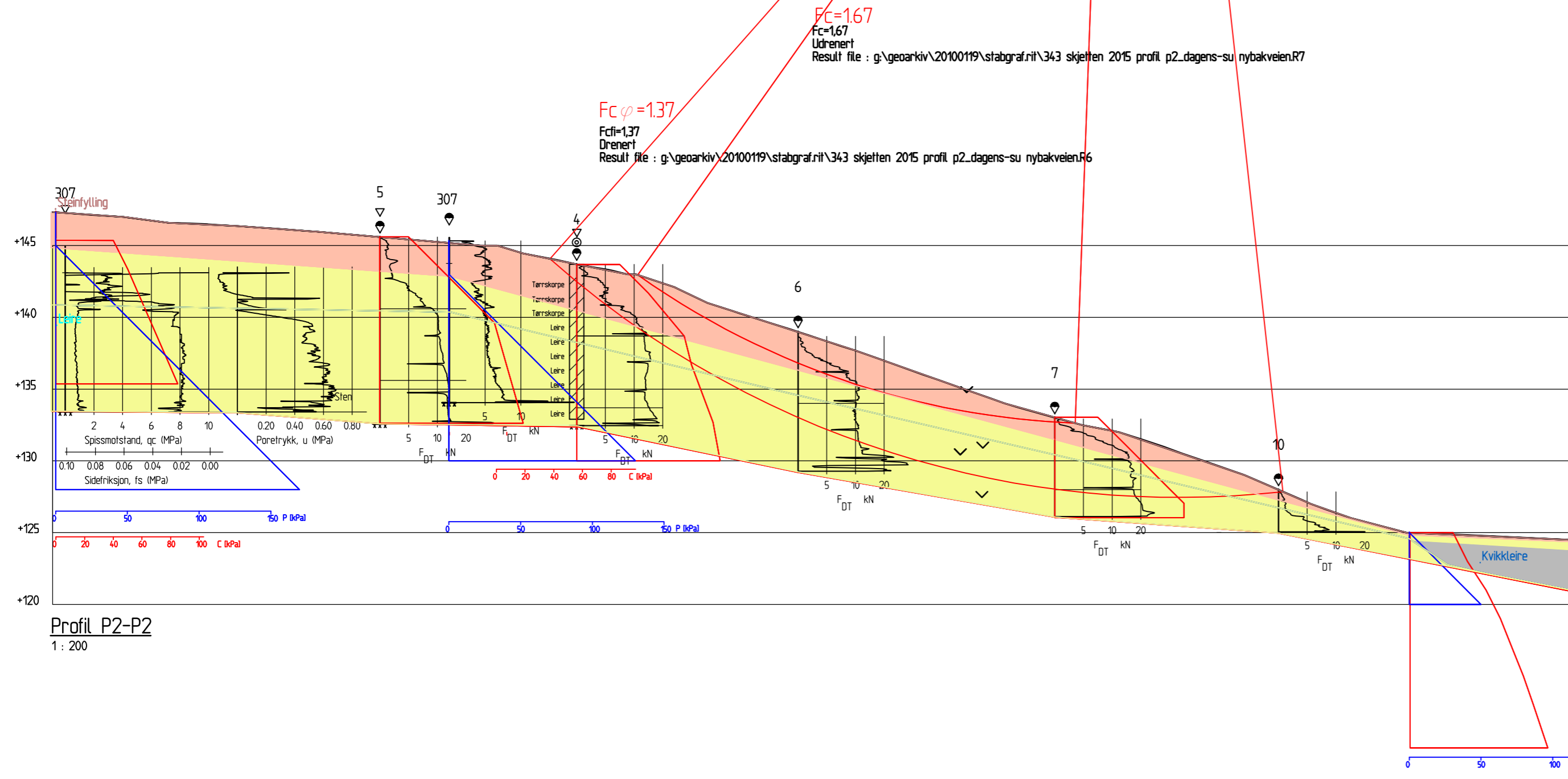



NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato	23.02.2015	Konstr./Tegnet	AMW	Kontrollert	-	Godkjent	-
	Oppdragsnr.	20100119	Tegningsnr.	B4	Rev.	-		

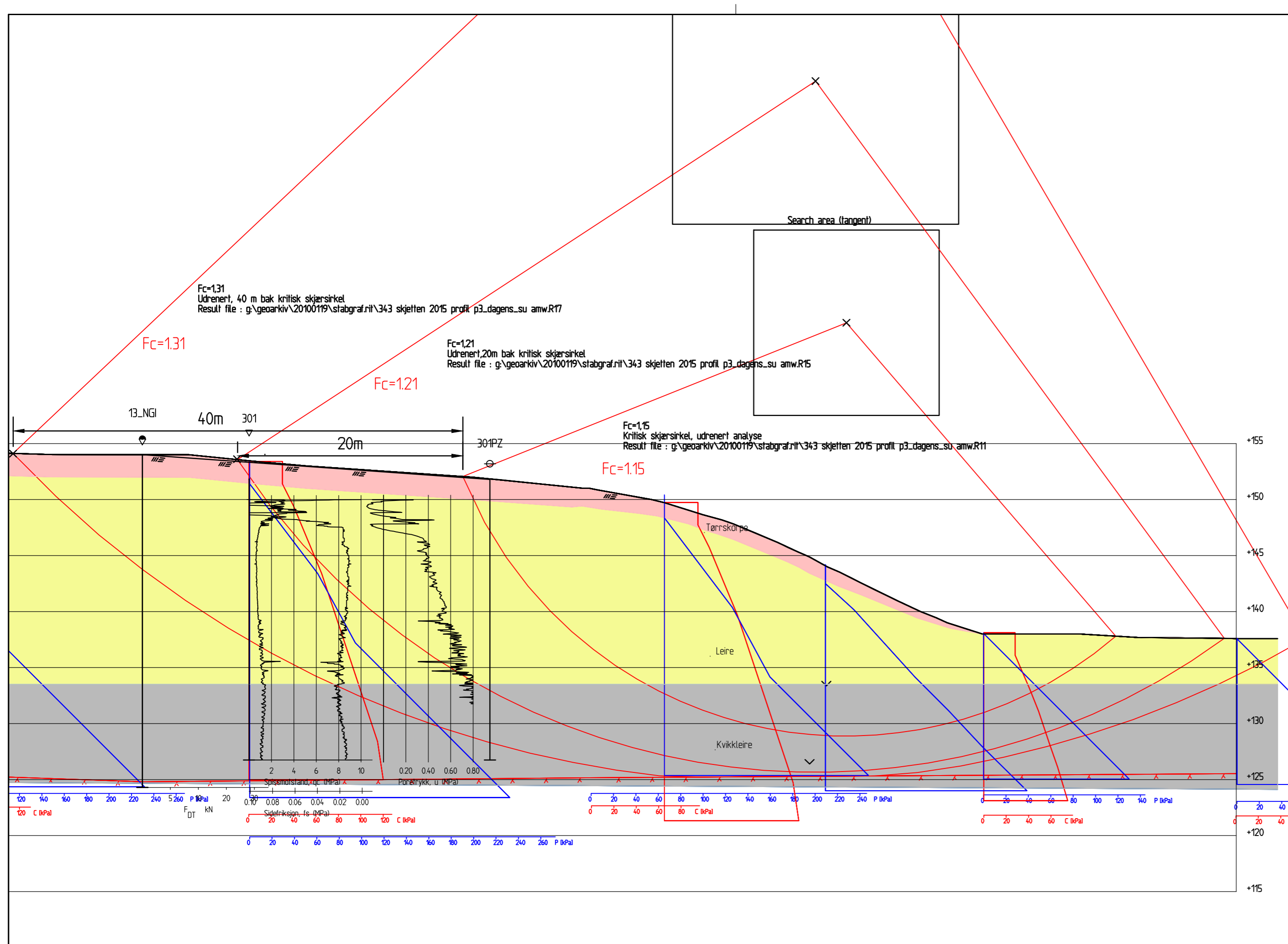
FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:




Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
Kvikkleiresoner i Akershus Sone 343 Skjetten		Status Original format A-3.2 Tegningens filnavn P2_dagens-su Nybakveien (2).dwg Målestokk			
Stabilitet profil P2 Dagens situasjon					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 05.05.2015 Oppdragsnr. 20100119	Konstr./Tegnet AMW Tegningsnr. B5	Kontrollert HHe	Godkjent HHe Rev. 0

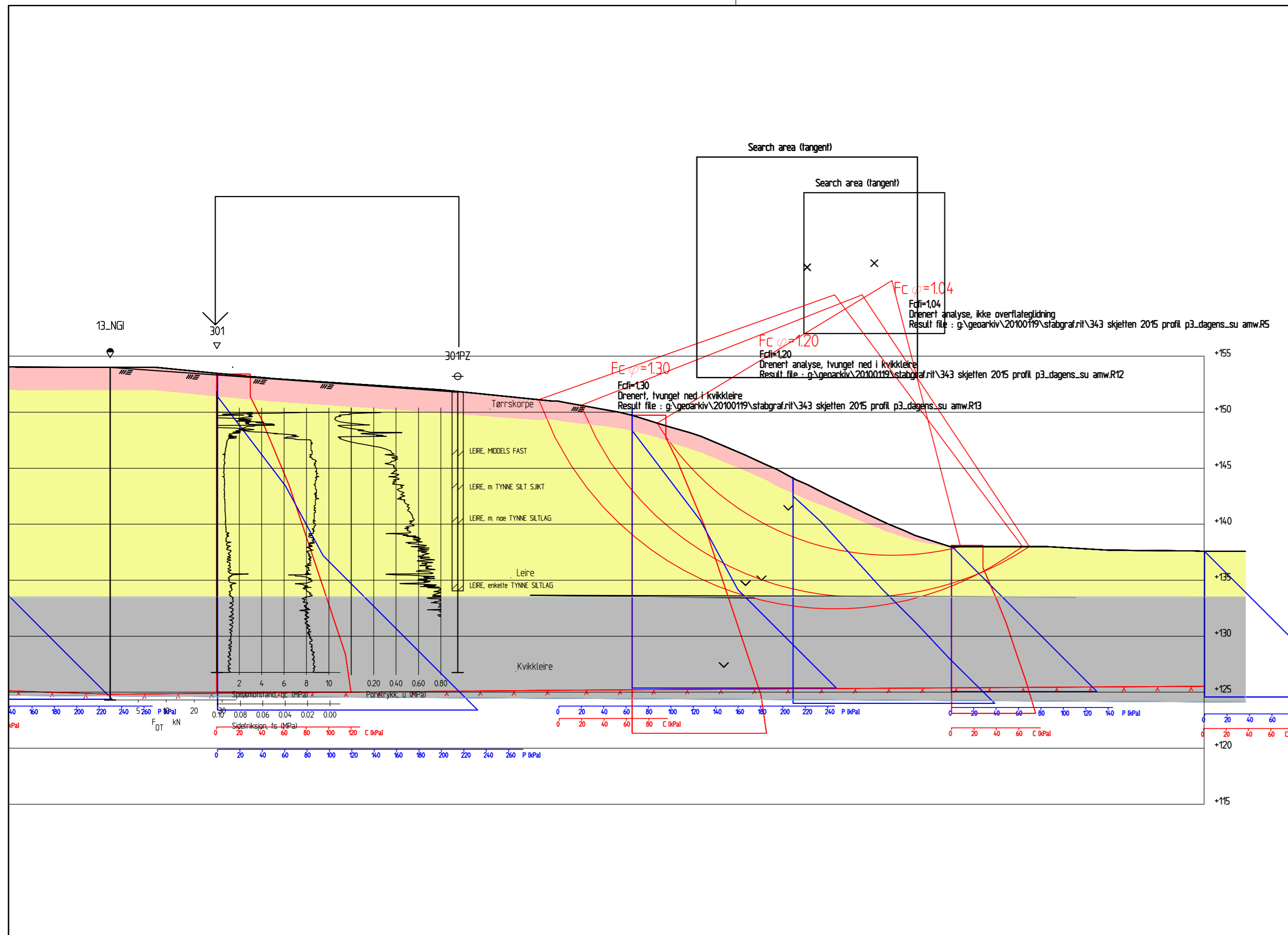


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
Kvikkleiresoner i Akershus Sone 343 Skjetten		Status - Original format A-3.2 Tegningens filnavn 343 Skjetten 2015 profil p3_dagens_su_vær sirkel Målestokk			
Stabilitet profil P3 Udrenert analyse Kritisk skjærsirkel og varierende skjærsirkler Dagens situasjon					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 03.03.2015 Oppdragsnr. 20100119	Konstr./Tegnet AMW Tegningsnr. B6	Kontrollert HHe	Godkjent HHe Rev. 0



FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Kvikkleiresoner i Akershus Sone 343 Skjetten

Stabilitet profil P3
Drenert analyse
Dagens situasjon

Status	—
Original format	A-3.2
Tegningens filnavn	343 skjetten 2015 profil p3_dagens_su
Målestokk	1:300
NGI	

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato	03.03.2015	Konstr./Tegnet	AMW	Kontrollert	HHe	Godkjent	HHe
	Oppdragsnr.	20100119	Tegningsnr.	B7	Rev.	0		

Vedlegg C

UTBREDELSE AV KVIKKLEIRESONEN

Innhold

C1	Generelt om utbredelse av kvikkleiresoner	2
C2	Revidert utbredelse av kvikkleiresonen	2
C3	Tolket bergoverflate og nivå av kvikkleire	3
C4	Område A – nordlig del av sonen	3
	C4.1 Kvikkleire i område A	3
	C4.2 Profil P1 mot vest (Bråteveien)	4
	C4.3 Breidablikkveien / Iver Holters vei	4
	C4.4 Rikard Nordraaks vei	4
	C4.5 Profil P3 mot øst (Stav ungdomsskole)	4
	C4.6 Utløp av skredmasser	5
	C4.7 Oppsummering, område A	5
C5	Område B – sørvestlig og sentral del av sonen	5
	C5.1 Kvikkleire i område B	5
	C5.2 Oppsummering område B	6
C6	Område C – sørøstlig del	6
	C6.1 Kvikkleire i område C	6
	C6.2 Oppsummering område C	6
C7	Oppsummering vedr. soneutbredelse	7
	C7.1 Oppsummering område A	7
	C7.2 Oppsummering område B	7
	C7.3 Oppsummering område C	7
	C7.4 Forutsetninger for endring av soneutbredelsen	7
C8	Referanser	8

Figurer:

C1	Boringer med påvist/antatt kvikkleire – oversikt
C2	Boringer med påvist/antatt kvikkleire - nordre del av sonen
C3	Boringer med påvist/antatt kvikkleire - nordøstre del av sonen
C4	Boringer med påvist/antatt kvikkleire - sørøstre del av sonen
C5	Boringer med påvist/antatt kvikkleire - sørvestre del av sonen
C6	Sammenstilling – tolkning av boringer, påvist eller sannsynlig forekomst av kvikkleire
C7	Sammenstilling – tolkning av boringer, mulig forekomst av kvikkleire
C8	Sammenstilling – tolkning av boringer, lite sannsynlig forekomst av kvikkleire

C1 Generelt om utbredelse av kvikkleiresoner

Utstrekning av nåværende kvikkleiresone er vist på tegning 040. I den nasjonale kvikkleirekartleggingen er soneutstrekning anslått ut fra metodikk beskrevet i ref. /12/ til en avstand L fra bunn av ravine eller skråningsfot tilsvarende $L = 15 \times H$, hvor H er høyde av skråningen. Forholdet $L/H = 15$ er fremkommet som et resultat av teoretiske betraktninger og empiriske studier av en rekke norske og svenske kvikkleireskred, e.g. ref. /9/. Forholdstallet $L/H=15$ anses å være et relativt konservativt estimat.

Maksimal utbredelse av et skred betinger at flere ugunstige forutsetninger er til stede:

- Sammenhengende kvikkleirelag fra skråningsfot til bakkant av faresone.
- Kvikkleire fra like under terreng til betydelig mektighet.
- Kvikkleirens skjærspenningsnivå tilnærmet lik kritisk nivå.
- Skredmassene har adgang til å renne ut av skredområdet uten å danne demning i vassdraget/ravinen.

Dersom ikke alle forutsetningene over er til stede, vil skredets utstrekning bli redusert i forhold til antatt maksimal utstrekning, eller skred vil ikke bli utløst. Til punktet om begrensning av skredutløp ut mot raviner, bemerkes at en viss horisontal bevegelse alltid vil være mulig, selv om skredmassene strømmer ut i en ravine. Den horisontale første skredbevegelsen kan likevel være tilstrekkelig stor til at en bakovergrepene skredutvikling kan skje. Dersom kvikkleirelaget ligger dypt og bare utgjør en del av dybdeprofilen, vil gjenliggende (ikke-kvikke) skredmasser i ravinen bidra til å stabilisere situasjonen.

Opprinnelig er kvikkleiresoner generelt kartlagt i liten målestokk (typisk 1:5000). Det er viktig å være klar over at oversiktskartlegging ikke må brukes på detaljnivå uten nærmere vurderinger. Overføring av sonegrenser til digitalt format, hvor kartet kan skaleres opp til tilfeldig og stor målestokk, vil kunne medføre at sonegrenser virker gale sammenliknet med topografien lokalt. Dette er også tilfelle for kvikkleiresone Skjetten, hvor sonegrensen flere steder ikke følger naturlige avgrensninger i terrenget, når kartet skaleres opp.

C2 Revidert utbredelse av kvikkleiresonen

Grunnundersøkelsene gir grunnlag for å revurdere sonens utbredelse. Utbredelsen av sonen vurderes med hensyn til mer detaljert kunnskap om kvikkleireforekomsten enn kjent fra innledende kartlegging, dvs. lateral utbredelse av kvikkleire, dybde fra terreng til toppen av kvikkleirelaget og kvikkleirelagets mektighet, samt dybde til berg. Kritiske skjærflater fra stabilitetsberegningene benyttes i tillegg for å vurdere utbredelse av kvikkleiresonen i beregningsprofilene. Ved liten kvikkleiremekktighet er utbredelsen vurdert ut fra forutsetning om gjennomsnittlig helning av skjærflaten på 1:15 gjennom kvikkleirelaget. I mindre sensitiv leire over kvikkleira (dvs. ”ikke-sprøbruddmateriale”), er helning 1:3 benyttet¹.

¹ Dersom dette resulterer i større soneutstrekning enn $15 \times H$ (H er skråningshøyden for typisk terrassert terreng), sees dette bort fra, da $15 \times H$ anses å være største utbredelse ved ugunstig lagdeling, dvs. massiv kvikkleire i profilet.

For kvikkleiresone Skjetten er det boring 13_NGI (ref. /1/) som dannet grunnlag for at det er definert en sone. Kvikkleire er nå bekreftet noe øst for dette borpunktet ved prøvetaking (ref. /16/). Ved opprinnelig kvikkleirekartlegging, og også ut fra dreietrykksonderinger utført ved utredningen, ble det antatt kvikkleire i to lag. Prøvetaking og sonderinger indikerer at utbredelsen av kvikkleire er mindre enn opprinnelig antatt, da det øvre laget ikke inneholder kvikkleire, bare det dypereliggende laget, med overkant ca. kote 132-133 i nordøstre del av sonen. En rekke sonderinger er ikke tolket som kvikkleire. En vurdering av kvikkleiras utbredelse og mulighet for justering av sonegrensen gis nedenfor.

Beskrivelsen gjøres for tre områder, A, B og C (Figur C1). En skarp avgrensning mellom disse delområdene kan ikke gis i detalj ut fra nåværende datagrunnlag. Eksempelvis vil dybde til berg og til toppen av kvikkleirelaget, samt horisontal utbredelse av kvikkleire, være avgjørende for avgrensning mellom område A og B.

C3 Tolket bergoverflate og nivå av kvikkleire

Gruntliggende berg kan påvirke (begrense) soneutbredelsen. Ut fra sonderingene ligger antatt bergoverflate høyest i sørvest. Antatt bergkote er ca. 145 i borpunkt 1_LG, mens antatt berg ligger på ca. kote +124 og +128 i nord (borpunkt 301 og 302, og ca. kote +117 og +118 i sørøst (borpunkt LG_1 og LG_2). Terrengoverflaten gjenspeiler delvis underliggende bergtopografi, og ligger således høyest i sørvestre hjørne av sonen, og lavest i hjørnet mot sørøst.

Sammenstilling av boringer i figur C6 – C8 viser:

- I samtlige punkter med "sannsynlig" kvikkleire (vedlegg F6), ligger overkant av kvikkleirelaget på kote 138 eller lavere.
- Det er kun to borpunkter hvor "mulig" kvikkleire antas høyere enn kote 138.

Høytliggende berg synes med andre ord å sammenfalle med fravær av kvikkleire. Imidlertid følger lagdelingen i løsmasser ofte underliggende berg, og det bør ikke gjøres bastante konklusjoner basert på eksisterende datagrunnlag.

C4 Område A – nordlig del av sonen

Borpunkter: 301, 302, 303, 305, OR_1-OR_5, OR_8, OR_9

C4.1 Kvikkleire i område A

Det er ikke funnet kvikkleire i prøver til 18 m dybde i borpunkt 301 (kote +136), og til 17 m i borpunkt 303 (kote +144). Dreietrykksonderingene 13_NGI og 302 gir imidlertid indikasjon på kvikkleire i større dybde, under ca. kote +132-133. I borpunkt 303 kan redusert dreietrykksmotstand fra ca. kote +133 også tolkes som indikasjon på kvikkleire

ned mot fjell. Kvikkleire med overkant på ca. kote +134 er bekreftet i prøver fra borpunkt OR_2 i ravinen vest for borpunkt 305 (ref. /16/).

Evt. kvikkleire i dette delområdet ligger altså relativt dypt, men kritiske glideflater beregnet for profil P2 og profil P3 når likevel ned i antatt kvikkleire. Beliggenhet av beregningsprofiler er vist på tegning 040.

C4.2 Profil P1 mot vest (Bråteveien)

Basert på kritisk glideflate fra stabilitetsberegning i profil P1, anslås kvikkleiresonen langs skråningen ut mot ravinen i vest (langs Bråteveien) å strekke seg ca. 120 m bakover platået fra skråningskanten. I dette området er det utført en større oppfylling av ravinen (vedlegg B). Geometriske data for oppfyllingen har ikke vært tilgjengelig.

C4.3 Breidablikkveien / Iver Holters vei

Terrenget faller nordover langs løsmasseryggen (Breadablikkveien/Iver Holters vei) mot borpunkt 302. Basert på tolket dybde for topp av kvikkleirelaget i dette området, kan deler av denne ryggen vurderes tatt ut av sonen. Det bør gjøres prøvetaking forut for en evt. endring av soneutbredelsen, og soneutbredelsen må også vurderes i forhold til ravinen i vest. Det bør vurderes om lavereliggende område utenfor nåværende sonegrense vest for Bråteveien og ned til Tømteveien burde vært inkludert i sonen (dvs. en utvidelse), se område markert på Figur C2.

C4.4 Rikard Nordraaks vei

Rikard Nordraaks vei ligger på en rygg som fortsatt må anses inkludert i kvikkleiresonen, dersom kvikkleira ligger på samme dybde her som tolket for boringene 301, 302 og 13_NGI.

C4.5 Profil P3 mot øst (Stav ungdomsskole)

Skråningskanten langs nordøstre del av sonen bukker seg ut og inn med rygger avbrutt av raviner. Ut fra lagdeling og utførte stabilitetsberegninger anslås kvikkleiresonen å strekke seg ca. 120 m innover platået (målt fra kote +152 i bakkant av ravinene øst for Stav ungdomsskole). I borpunkt 304, vest for Grinda idrettsplass og sør for Stav ungdomsskole, er antatt berg påtruffet på kote 136, uten indikasjon på kvikkleire i overliggende løsmasser. Dette kan gi mulighet for en avgrensning av sonens utbredelse innover platået.

C4.6 Utløp av skredmasser

C4.6.1 Mot vest

For skråningen mot vest (profil P1) vil ravinen kunne begrense utløp av skredmasser og forhindre bakovergripende skredutvikling. Bunnen av ravinen faller mot nord/vest, slik at kvikkleirelaget antas å ligge grunnere nord for profil P1. Ravinen endrer her retning mot vest, og oppdemming av skredmasser vil være mer begrenset. Oppfylling i ravinen antas å medføre økt oppstuvning av skredmasser (i tillegg til forbedrede stabilitetsforhold). Tiltaket i ravinen vil ikke fjerne sonen, men vil påvirke faregradsvurderingen (Vedlegg D).

C4.6.2 Mot øst

Dersom et kvikkleireskred løsner i skråningen mot nordøst, vil skredmasser med stor mektighet kunne flyte uhindret ut fra skråningen, uten topografiske hindringer som reduserer utløpsdistansen. Skred som har utløp på tvers av ravinene vil muligens bli liggende i ravinen og ikke nå ut mot bebyggelsen, men kan medføre at skred brer seg sideveis. Området nedenfor skråningen er tett bebyggt med boliger, og en skole ligger nedenfor den nordlige delen av sonen.

C4.7 Oppsummering, område A

Basert på datagrunnlaget vil størstedelen av område A fortsatt ligge innenfor kvikkleiresonen. Oppstigende bergoverflate kan ha gunstig effekt på utbredelse av sonen. Stav ungdomsskole antas å ville ligge innenfor kvikkleiresonen også etter evt. justering av sonegrensen. Bakovergripende skred i dette området antas begrenset til ca. 100-150 m innover platået bakenfor skråningskanten. Oppstigende berg innover platået kan evt. begrense soneutbredelsen. Evt. justering av sonegrensen forutsetter supplerende boringer/-prøvetaking.

C5 Område B – sørvestlig og sentral del av sonen

Borpunkter: 304, 306, 307, 1_LG, 2_LG, 1-10.

C5.1 Kvikkleire i område B

Samtlige av borpunktene innenfor Område B (figur C1) er vurdert å tilhøre kategoriene "mulig" eller "lite sannsynlig" hva angår forekomst av kvikkleire (figur C3 og C4). Bergoverflaten ligger høyere i denne delen av sonen enn lenger nord, med antatt berg på hhv. ca. kote +145 og +138 i borpunkt 1_LG og 2_LG. Antatt berg i borpunkt 304, 306 og 307 ligger på hhv. ca. kote +136, +138 og +134.

Basert på borpunktene 301 og 305 antas det ikke kvikkleire i borpunkt 306 sør i sonen (øverst i ravinen). Avstanden til borpunkt 306 fra borpunkt 301 og 305 er imidlertid stor.

Totalsonderingene 1_LG og 2_LG mottatt fra Løvlien Georåd AS (ref. /10/) kan indikere kvikkleire så grunt som 5 m på plataet sørvest i sonen. Ut fra prøvetaking innenfor sonen (301, 303, 305) er det imidlertid lite sannsynlig med kvikkleire så grunt. En mulig overgang til kvikkleire kan alternativt tolkes ved ca. 15 m dybde (dvs. under ca. kote 151). Dette er i så fall et betydelig høyere kotenivå for topp av kvikkleirelaget enn lenger nord og øst i sonen (borpunktene 301, 302, 303, og boringer fra ref. /16/), og virker lite sannsynlig.

Boringene ved profil P2 i østre del av område B indikerer at det er lite trolig at det her er kvikkleire i skråningen eller oppe på plataet.

C5.2 Oppsummering område B

Supplerende boring/prøvetaking vil avklare forekomst av kvikkleire, og evt. gi grunnlag for å redusere utstrekningen av sonen. Uten prøvetaking bør sonens nåværende utstrekning beholdes for delområde B. Lokal klarering av arealer ved P2 kan ikke overføres til hele delområdet, men kan gi anledning til byggeprosjekter i et avgrenset areal.

C6 Område C – sørøstlig del

Borpunkter: 308, LG_1, LG_2, OR_7, OR_10

C6.1 Kvikkleire i område C

I område C gir sonderingene LG_1 og LG_2 (ref. /10/) indikasjon på mulig kvikkleire fra 7-8 m dybde. Dreietrykkssondering i borpunkt 308 tolkes antas likevel ikke som kvikkleire, ut fra sondering 307 lenger vest, hvor prøvetaking i nærliggende borpunkt 4 ikke viste kvikkleire.

Det er ikke utført prøvetaking innenfor delområde C. Basert på sonderingene LG_1 og LG_2 vil dette området fortsatt inngå i kvikkleiresonen, og i så fall med potensielt grunt beliggende kvikkleire. Utstrekning vurderes med utgangspunkt i ravineskråningen i sør. Avgrensning mot nord/vest krever prøvetaking, samt supplerende boringer mer sentralt i sonen.

I nordlig del av område C (grense mot område A), indikerer boring 304 ikke kvikkleire. Dette bør bekreftes ved prøvetaking innover plataet. Rett vest for delområde C er det påvist kvikkleire innenfor delområde A.

C6.2 Oppsummering område C

Supplerende boring/prøvetaking vil kunne medføre en reduksjon av kvikkleiresonen innenfor delområde C.

C7 Oppsummering vedr. soneutbredelse

Basert på punktene nedenfor er det et potensiale for å ta ut delarealer fra nåværende sone, særlig i sørvestre og nordre del av sonen.

C7.1 Oppsummering område A

- Kvikkleira innenfor sonen ligger dypere og har mindre mektighet enn tidligere antatt, særlig gjelder dette vestre/nordre deler av sonen. Dette kan bl.a. medføre at sentrale deler av sonen ligger i sikker avstand til skråningskantene.
- Der boringene indikerer at bergoverflaten stikker høyere enn kote 132-134, tyder tolkningen på at det ikke ligger kvikkleire over berg. Også dette gjelder i første rekke vestre/nordre deler av sonen.
- For områder langs skråningskanten i vest (Bråteveien), og langs skråningen mot nordøst (fra Øvre Ryen vei, nordover forbi Stav ungdomsskole og opp til Rikard Nordraaks vei) antas faresonen å måtte bestå, men muligens kan soneutbredelsen bakover på platået reduseres.
- Deler av ravineryggen nord for Bråteveien (Breidablikkveien) kan muligens tas ut av sonen, basert på dybde til antatt kvikkleire i kombinasjon med aktuell skråningshøyde. Dette må sees i sammenheng med området vest for nåværende sonegrense. Her kan en utvidelse av sonen ned til Tømteveien være aktuell, noe som bør vurderes ut fra supplerende boringer.

C7.2 Oppsummering område B

- I søndre og sørvestre del av sonen er det indikasjon på at sonen kan avgrenses betydelig, men verifikasjon på lagdeling er nødvendig.

C7.3 Oppsummering område C

- I sørøst er usikkerheten rundt fremtidig soneutbredelse større, da enkelte boringer her indikerer grunn kvikkleire (i nivå som stemmer med dybde for påvist kvikkleire lenger nordvest i sonen). En innsnevring av sonen er ikke mulig basert på eksisterende datagrunnlag.

C7.4 Forutsetninger for endring av soneutbredelsen

Endringer (reduksjoner) av soneutbredelsen basert på momentene foran forutsetter supplerende grunnundersøkelser:

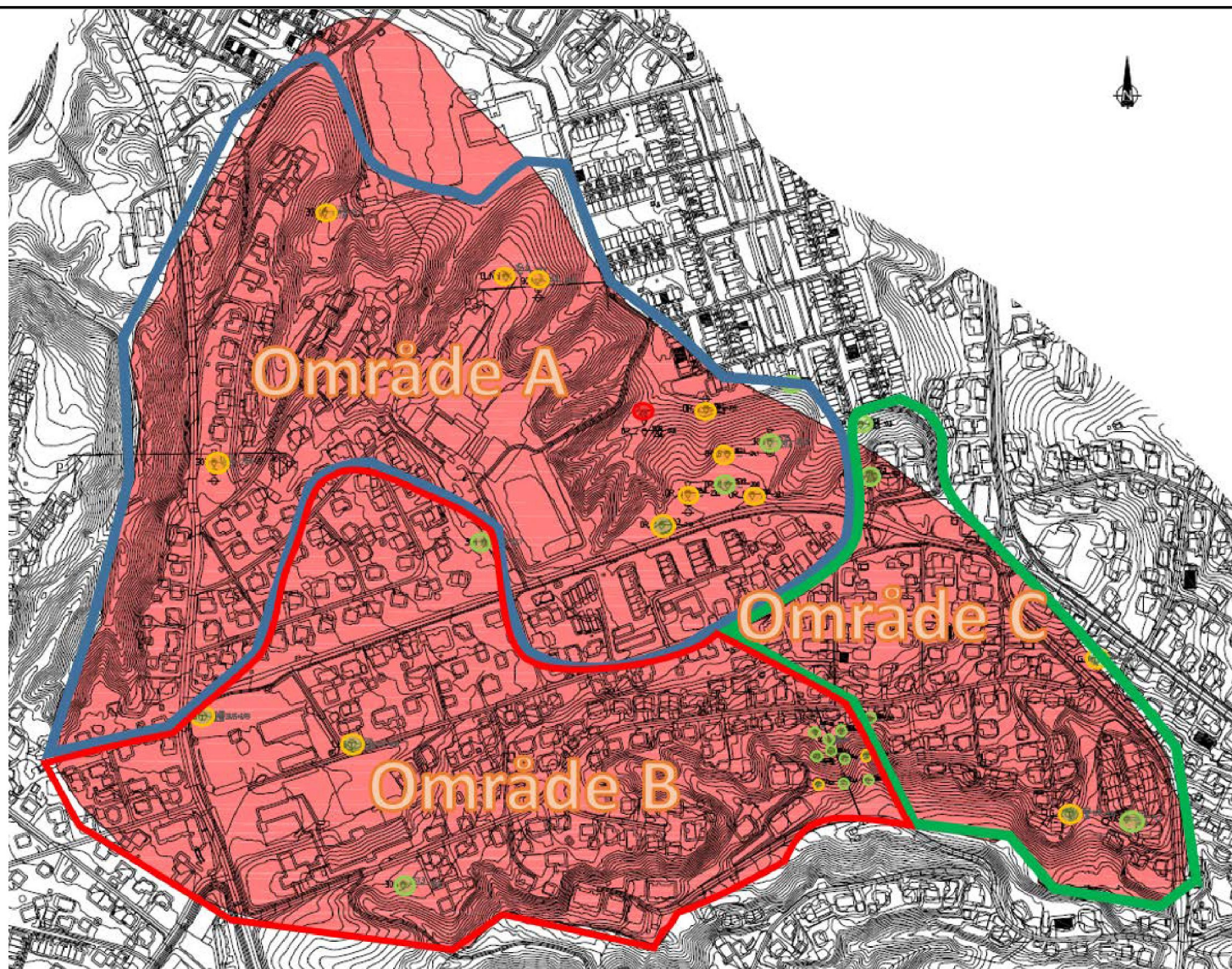
- Detaljert kartlegging av utbredelse og mektighet av kvikkleire krever betydelig innsats av grunnundersøkelser.

- Boringer hvor kvikkleire over berg avkrettes, vil i prinsippet medføre at områder kan tas ut av faresonen (med noe justering i overgangssoner mellom kvikkleire/ikke kvikkleire). Det kan evt. også være mulig å dele opp sonen i mindre soner.
- Kvikkleire påtreffes imidlertid ofte i avgrensede lommer, som ikke avdekkes ved et fåtall boringer fordelt over sonen. Imidlertid vil alle punkter uten kvikkleire bidra til å redusere det sammenhengende kvikkleireområdet som potensielt kan berøres av ett enkelt kvikkleireskred.
- Grunt beliggende berg vil bidra til å redusere sonens størrelse, særlig dersom dette samsvarer med fravær av kvikkleire, som mange av boringene utført hittil synes å indikere.

C8 Referanser

- /1/ NGI (1995). Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartbladet Oslo, M = 1:50.000. Rapport nr. 900003-2, datert november 1995.
- /2/ NGI (2005). CPTU-korrelasjoner for leire – CPTU-korrelasjoner for leire basert på blokkprøver. Rapport nr. 20041198-1, datert 10 januar 2005.
- /3/ NGI (2010): Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Forslag til undersøkelsesprogram. Prosjekt 20100119, teknisk notat datert 23. mars 2010.
- /4/ Norconsult Fältgeoteknik AB (2011): Kvikkleiresoner Sørum, Fet, Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Rapport Geoteknik, RGeo, Fält- och laboratorieresultat. Oppdragsnr. 211 03 40, rapport datert 11. mai 2011.
- /5/ NVE (2014): Veiledning nr. 7-2014. Sikkerhet mot leirskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.
- /6/ NVE (2010): Minikonkurranse iht. rammeavtale for geoteknisk utredning av kvikkleiresoner. Tilbudsgrunnlag. Sone 322 Lystad, 709 Sundbyhagen, 343 Skjetten, 715 Krogsbøl, 719 Gran, 723 Nordli, 734 Nordli Vest og 724 Årsrud i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner. Datert 08.01.2010.
- /7/ ViaNova GeoSuite AB (2009): GeoSuite. GS Stability. Version 5.0.5.
- /8/ NGU (2012). Løsmassekart på internett. <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>
- /9/ NIF (1978). NIF-kurs 1978: Skredfare og arealplanlegging. Vurdering av faregrad og sikringstiltak.
- /10/ Løvlien Georåd (2013): Data fra utførte grunnundersøkelser innenfor Skjetten kvikkleiresone. Oversendt NGI v/Håkon Heyerdahl pr. epost 17.01.2013 og 13.07.2013 fra Løvlien Georåd v/Kristoffer Rabstad.
- /11/ NGI (2005): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred. Skedsmo kommune. Rapport 20001008-9, datert 15. mars 2005.

- /12/ NGI (2008): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, rev. 3. datert 8. oktober 2008.
- /13/ Karlsrud, K., Lunne, K., Kort, D.A. and Strandvik, S. (2005): CPTU correlations for clays. Prov. 16th ICSMGE, Osaka, pp. 693-702.
- /14/ Lunne, T., T. Berre, K.H. Andersen, S. Strandvik and M. Sjursen (2006): Effects of sample disturbance and consolidation procedures on measured shear strength of soft marine Norwegian clays. Can. Geotechnical Journal, vol. 43, No. 7.
- /15/ NGI (2014). NIFS N-6.5.2 Sikkerhet ifm utbygging i kvikkleireområder. Oppsummeringsrapport. Rapport nr. 20140075-01-R, datert 19. november 2014.
- /16/ NGI (2015): Geotekniske og miljøtekniske grunnundersøkelser i Øvre Ryens vei, Skedsmo kommune. Datarapport – geotekniske grunnundersøkelser. Rapport nr. 20140872-02-R, datert 10. april 2015.
- /17/ DIBK (2011). Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK10). Publikasjonsnummer: HO-2/2011
- /18/ NGI (2015): Geotekniske grunnundersøkelser i Nybakveien 64, Skedsmo kommune. Datarapport – geotekniske grunnundersøkelser. Rapport nr. 20150229-01-R, datert 17. april 2015.
- /19/ NGI (2015): Geotekniske og miljøtekniske grunnundersøkelser i Øvre Ryens vei, Skedsmo kommune. Innledende geotekniske vurderinger – stabilitetsberegninger. Teknisk notat nr. 20140872-01-TN, datert 28. august 2015.



- Kvikkleire påvist (prøver)
- Sannsynlig kvikkleire (tolkning)
- Mulig kvikkleire (tolkning)
- Ant. ikke kvikkleire (tolk./prøver)

Kvikkleiresoner i Akershus

Sone 343 Skjetten

Utbredelse av kvikkleire

Boringer med påvist/antatt kvikkleire – oversikt

Delområder A, B og C

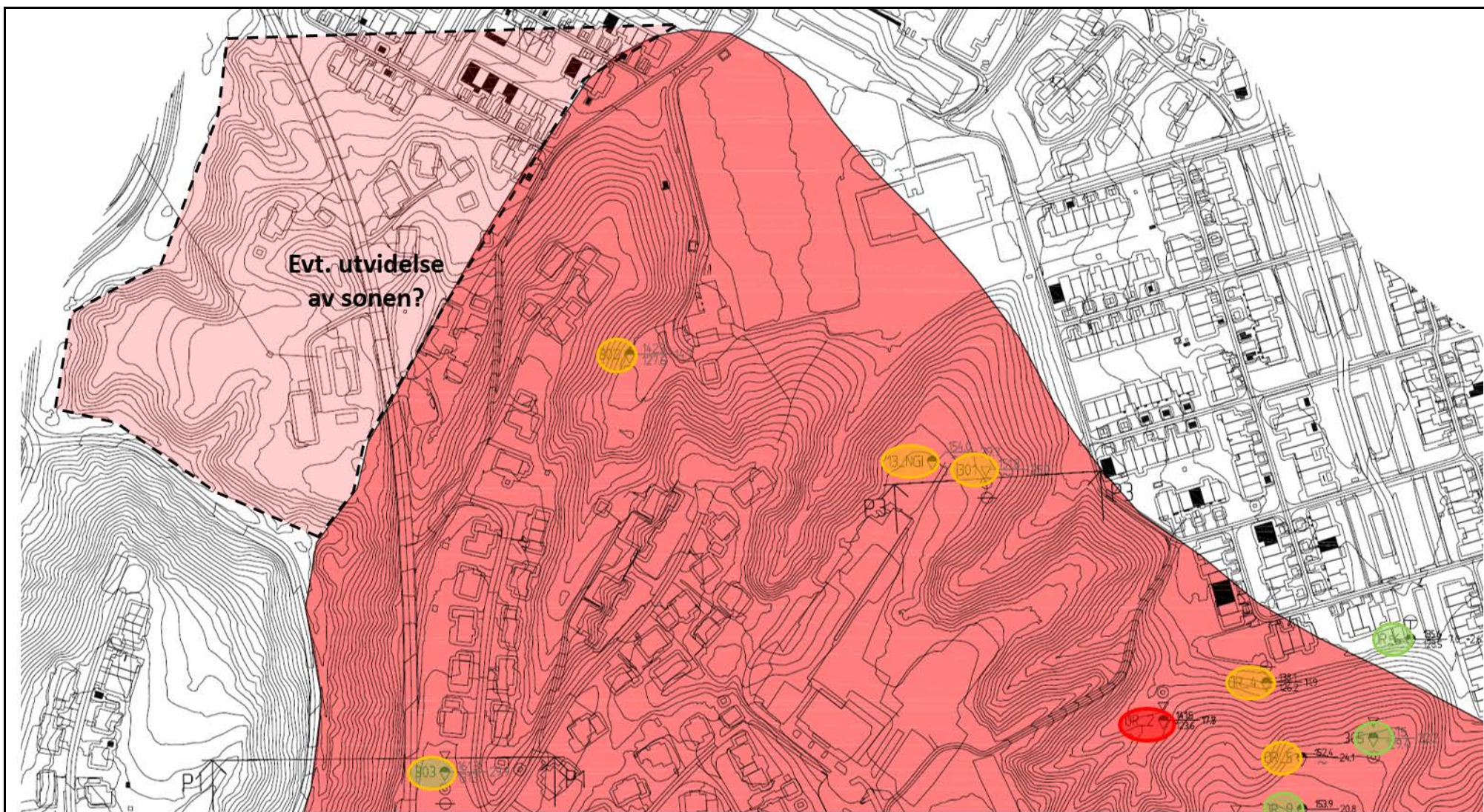
Dokumentnr.
20100119-01-TN

Figurnr.
C1

Dato
20150511

Tegnet av
HHe





- Kvikkleire påvist (prøver)
- Sannsynlig kvikkleire (tolkning)
- Mulig kvikkleire (tolkning)
- Ant. ikke kvikkleire (tolk./prøver)

Kvikkleiresoner i Akershus

Sone 343 Skjetten
 Utbredelse av kvikkleire
 Boringer med påvist/antatt kvikkleire - nordre del av sonen
 Evt. utvidelse av sonen i nordvest indikert.

Dokumentnr.
20100119-01-TN

Figurnr.
C2

Dato
20150511

Tegnet av
HHe





- Kvikkleire påvist (prøver)
- Sannsynlig kvikkleire (tolkning)
- Mulig kvikkleire (tolkning)
- Ant. ikke kvikkleire (tolk./prøver)

Kvikkleiresoner i Akershus

Sone 343 Skjetten

Utbredelse av kvikkleire

Boringer med påvist/antatt kvikkleire - nordøstre del av sonen

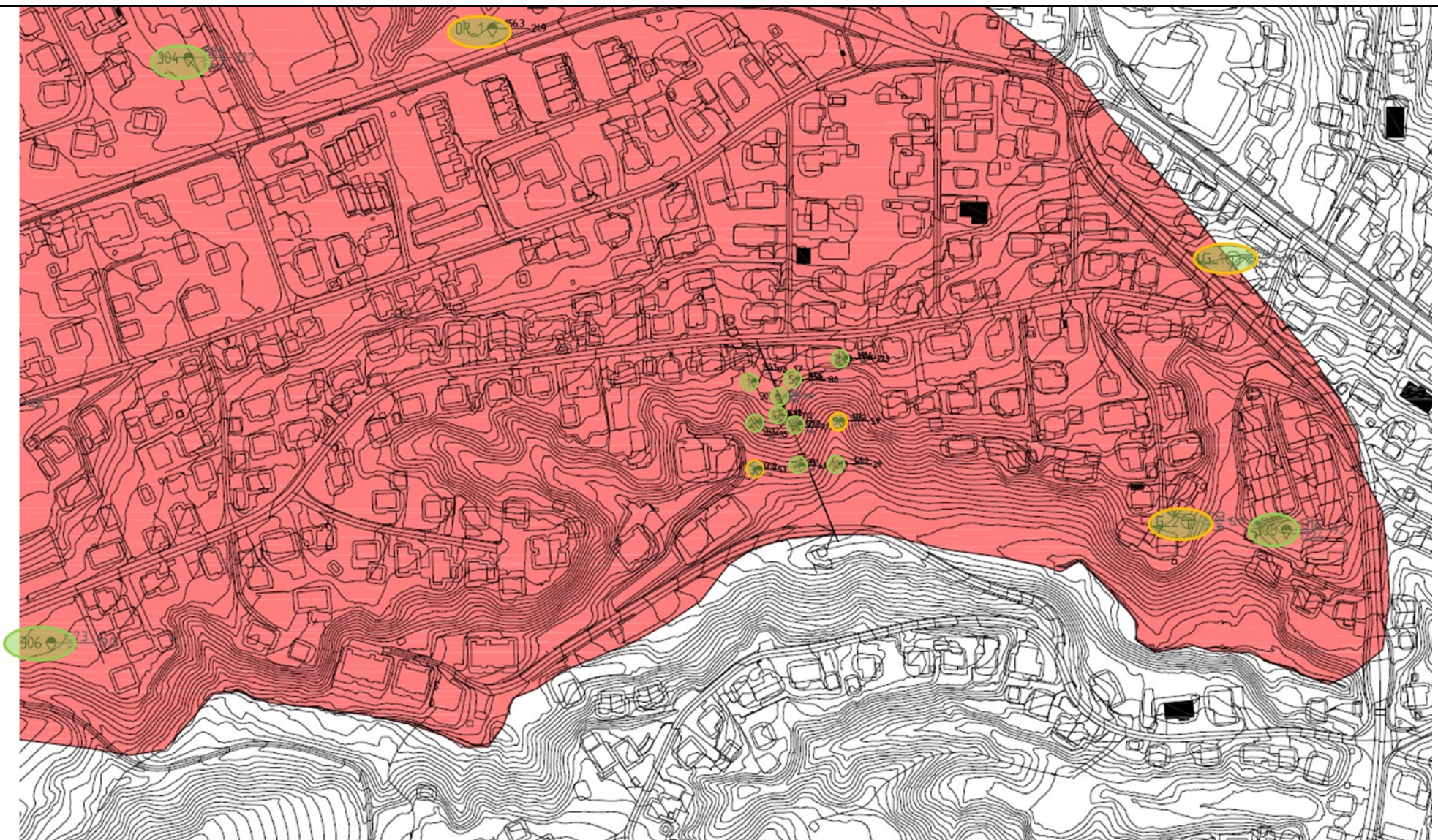
Dokumentnr.
20100119-01-TN

Figurnr.
C3

Dato
20150511

Tegnet av
HHe





- Kvikkleire påvist (prøver)
- Sannsynlig kvikkleire (tolkning)
- Mulig kvikkleire (tolkning)
- Ant. ikke kvikkleire (tolk./prøver)

Kvikkleiresoner i Akershus

Sone 343 Skjetten

Utbredelse av kvikkleire

Boringer med påvist/antatt kvikkleire - sørøstre del av sonen

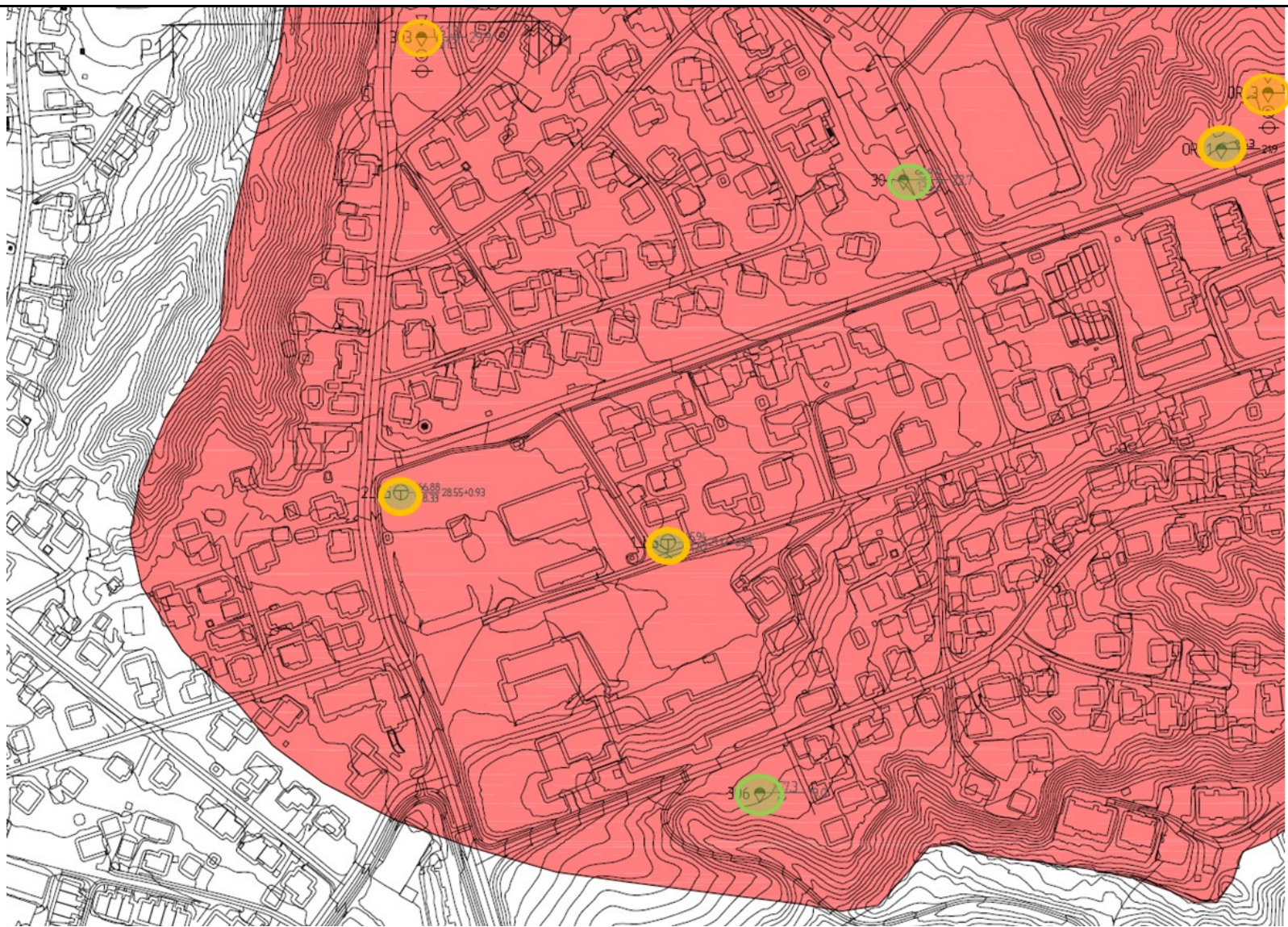
Dokumentnr.
20100119-01-TN

Figurnr.
C4

Dato
20150511

Tegnet av
HHe





- Kvikkleire påvist (prøver)
- Sannsynlig kvikkleire (tolkning)
- Mulig kvikkleire (tolkning)
- Ant. ikke kvikkleire (tolk./prøver)

Kvikkleiresoner i Akershus

Sone 343 Skjetten
 Utbredelse av kvikkleire
 Boringer med påvist/antatt kvikkleire - sørvestre del av sonen

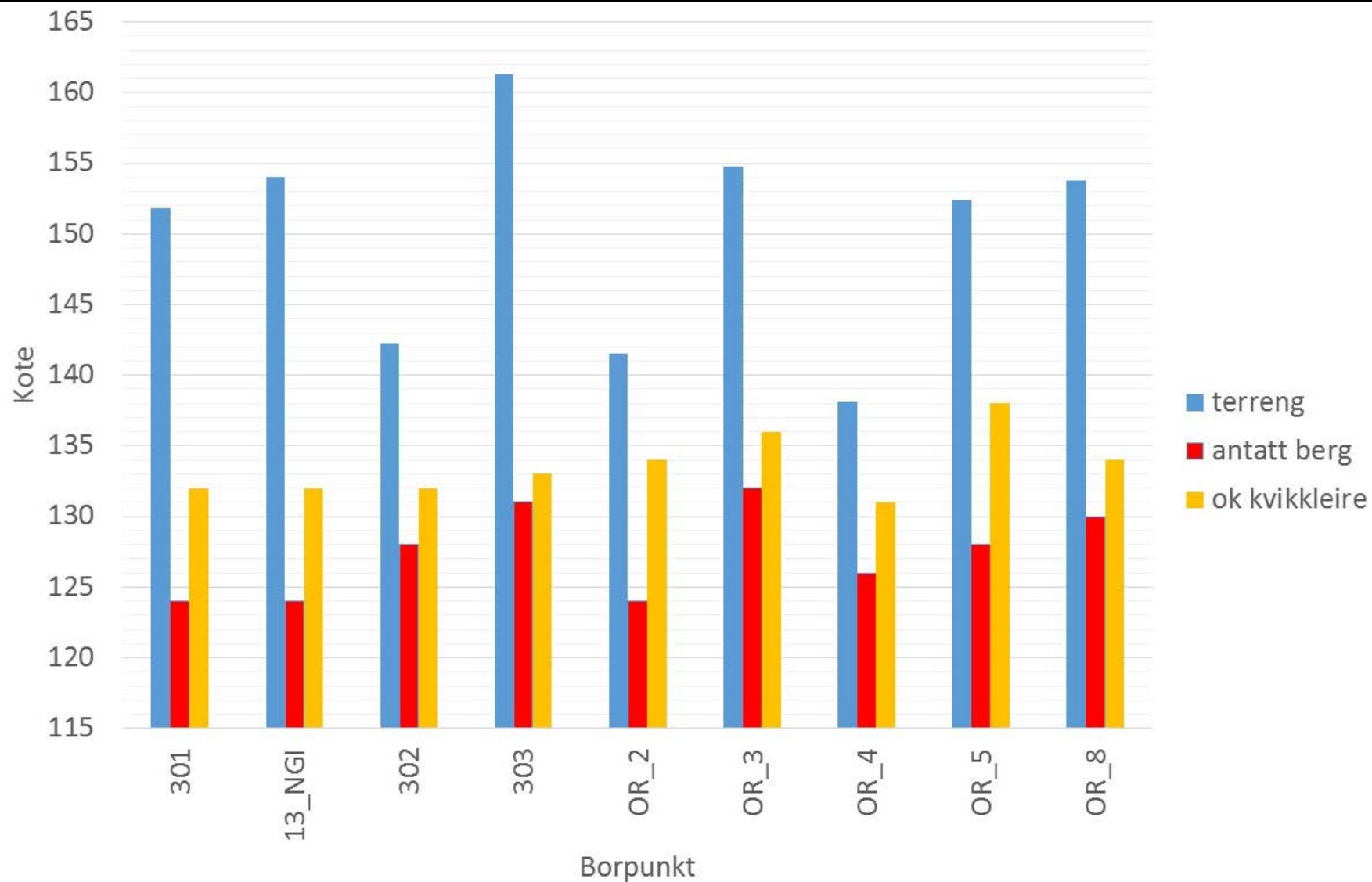
Dokumentnr.
20100119-01-TN


Figurnr.
C5

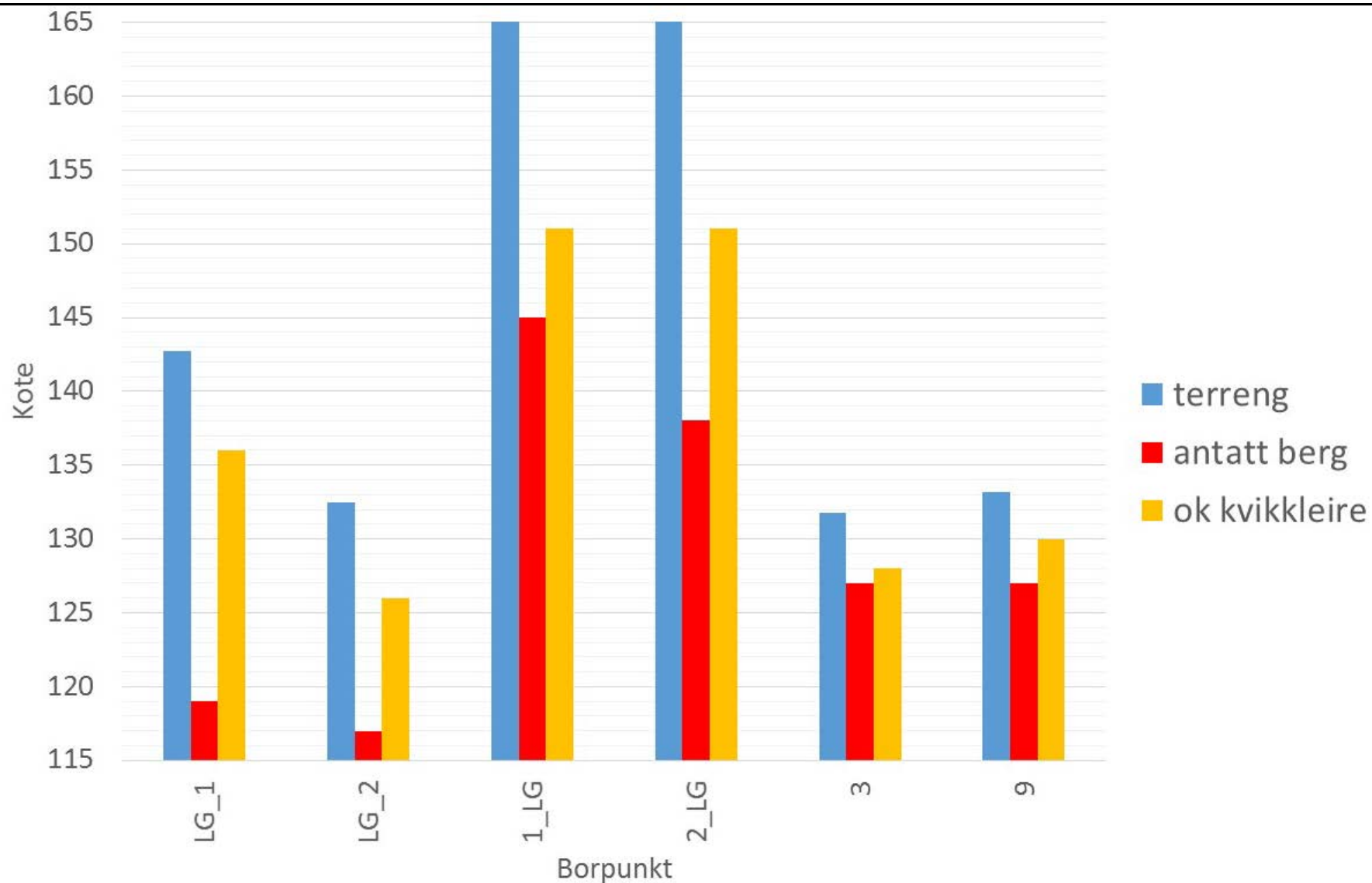
Dato
20150511

Tegnet av
HHe





Kvikkleiresoner i Akershus		Dokumentnr. 20100119-01-TN	
Sone 343 Skjetten Utbredelse av kvikkleire Sammenstilling – tolkning av boringer, påvist eller sannsynlig forekomst av kvikkleire		Figurnr. C6	
		Dato 20150511	Tegnet av HHe
			



Kvikkleiresoner i Akershus

Sone 343 Skjetten
 Utbredelse av kvikkleire
 Sammenstilling – tolkning av boringer, mulig forekomst av kvikkleire

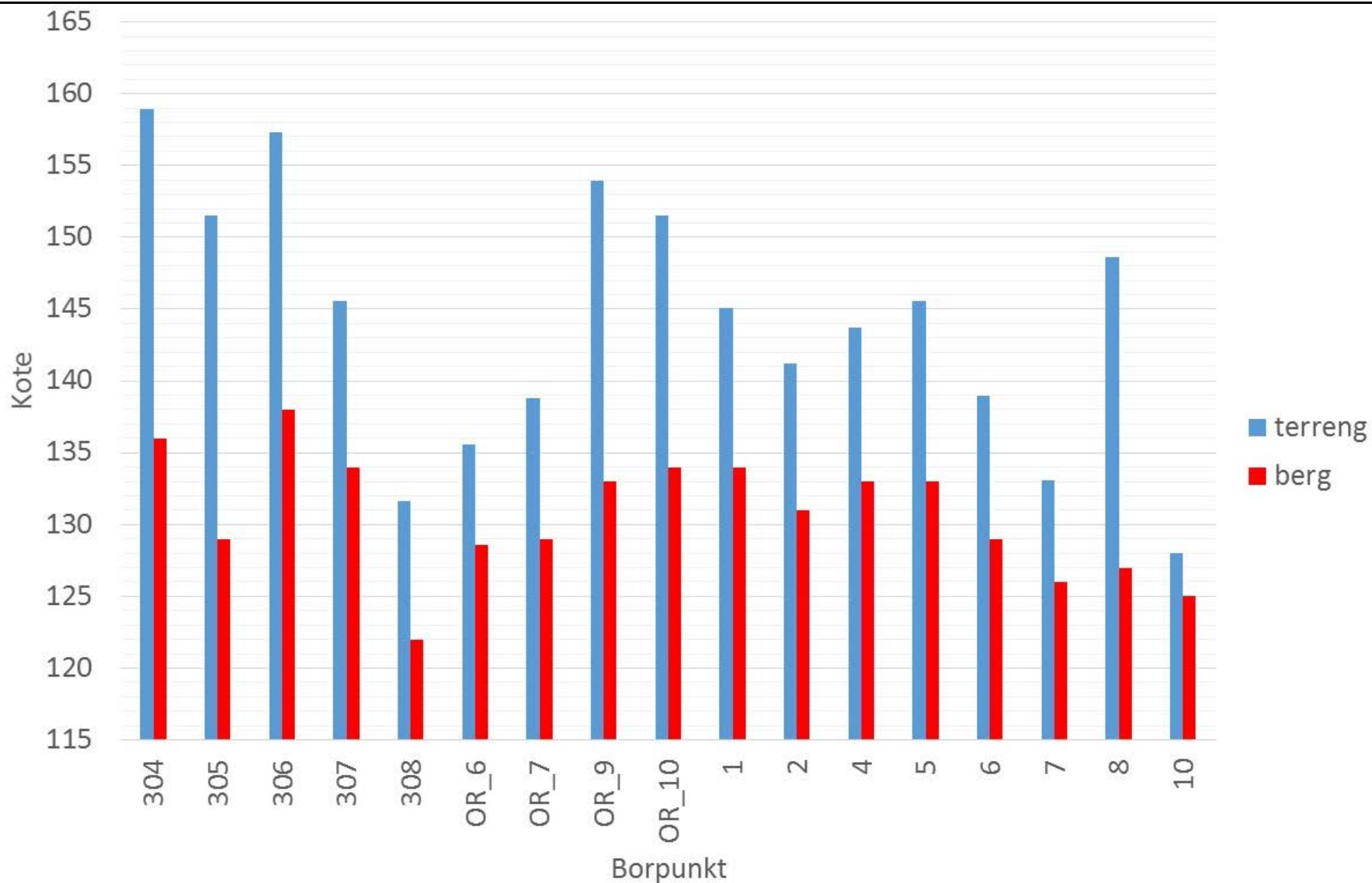
Dokumentnr.
20100119-01-TN


Figurnr.
C7

Dato
20150511

Tegnet av
HHe





Kvikkleiresoner i Akershus Sone 343 Skjetten Utbredelse av kvikkleire Sammenstilling – tolkning av boringer, lite sannsynlig forekomst av kvikkleire	Dokumentnr. 20100119-01-TN	
	Figurnr. C8	
	Dato 20150511	Tegnet av HHe
		

Vedlegg D

FAREGRADSEVALUERING

Innhold

D1	Innledning og sammendrag	2
D2	Grunnforhold og topografi	2
D3	Evaluering av faregradsklasse	3
D4	Tidligere faresoneevaluering (2004)	4
D5	Revidert risikoevaluering (2015)	5
	D5.1 Faregradsklasse	5
	D5.2 Konsekvensklasse	16
	D5.3 Risikoklasse	16
D6	Referanser	17

D1 Innledning og sammendrag

NVE har gitt NGI i oppdrag å utrede utvalgte kvikkleirefaresoner i Akershus. Foreliggende rapport tar for seg faresone 343 Skjetten i Skedsmo kommune. Formålet med utredningen er å vurdere reell skredfare iht. NVEs retningslinjer.

- Fra tidligere evaluering av faresonen er sonen plassert i faregradsklasse "2 – middels" (ref. /11/). Basert på utførte grunnundersøkelser og vurderinger foreslås faresone-klassifiseringen opprettholdt. Det er skråningene mot nord/nordøst (nord og øst for Stav skole) som danner grunnlag for at faresoneklassifiseringen foreslås opprettholdt.
- Konsekvensklasse "3 – Meget alvorlig" opprettholdes uendret, da det ikke er vesentlige endrede forhold av betydning for sonen siden tidligere vurdering.
- Risikoklasse 4 er også uendret fra tidligere vurdering, selv om tallverdien er noe redusert (pga. lavere oppnådd score for faregrad).

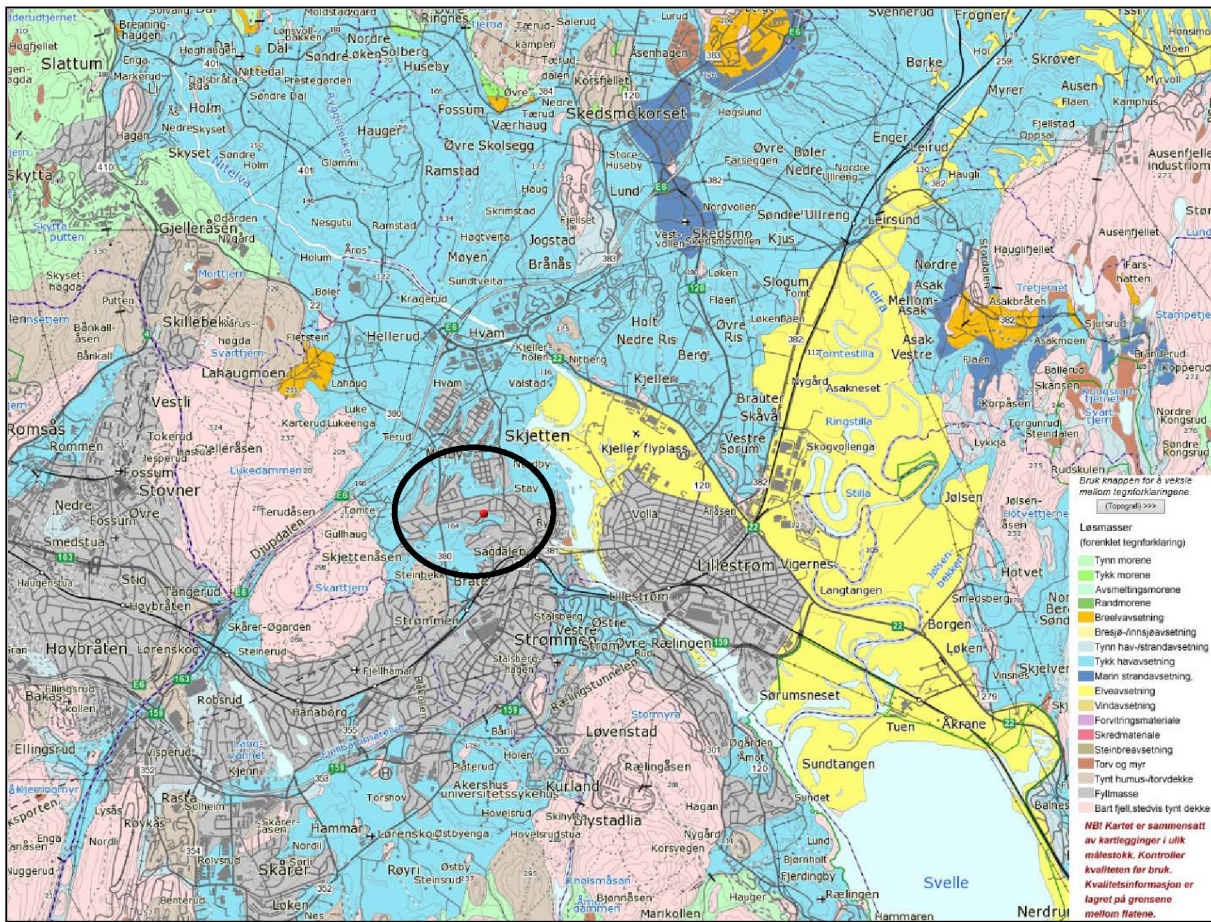
D2 Grunnforhold og topografi

Nedre Romerike har et utpreget ravineområde, dannet ved erosjon i marine sedimenter avsatt som havbunn da havet stod høyere enn i dag (på Østlandet ca. 200 m over dagens havnivå).

Faresonen 343 Skjetten ligger på et skrånende platå, mellom ca. kote 130-170, og har en trekantet form. Hele Skjettenområdet ligger under marin grense. Kwartærgeologisk kart fra NGU (figur D1) indikerer «marin løsmasseavsetning, tykt dekke» i det aktuelle området (lyseblått), samt fyllmasse (grått). Løsmassekartet viser kun overflatemasser, og det må antas marine avsetninger også under antropogene masser.

I vest og sør er sonen avgrenset av raviner, og det løper mindre sideraviner ut fra hovedravinene. Mot nord og nordøst er det en lang skråning ned mot det flatere naboterrenget. En rekke raviner går fra Skjettenplatået og ned mot sletta i nord/nordøst. Skjettenbyen på sletta nedenfor skråningen har bebyggelse helt inn til foten av skråningen. Største skråningshøyde fra platået og ned i ravinene, eller ned mot tilstøtende lavereliggende terreng mot nordøst, er mellom 20 og 30 meter.

Utførte grunnundersøkelser viser at løsmasser over berg i hovedsak kan deles inn i tre lag: Øverst et lag av tørrskorpe, fulgt av en fastere siltig leire. Lenger ned påtreffes i enkelte borpunkter kvikkleire (sprøbruddmateriale), forekomsten er bekreftet ved prøver i ett punkt.



Figur D2-1 Kvartærgeologisk kart (www.ngu.no)

D3 Evaluering av faregradsklasse

Ny evaluering av sonens faregrad utføres i henhold til metodikk beskrevet i ref. /12/. Faregraden skal fastlegges slik at den gjenspeiler graden av usikkerhet med hensyn til områdets stabilitet. Sonens faregradsklasse bestemmes med semi-kvantitativ metode på basis av oppnådd score (poeng) for et sett med topografiske, geologiske og geotekniske kriterier, samt utførte terrengendringer. Ut fra oppnådd score gjøres plassering av sonen i en av tre mulige faregradsklasser i hht. Tabell D1.

Tabell D1 Faregradsklassifisering

Faregrad	Lav	Middels	Høy
Poeng	0-17	18-25	26-51
Prosent	0-33,3	35,3-49,0	51,0-100

D4 Tidligere faresoneevaluering (2004)

Sone 343 i Skjetten ble klassifisert som kvikkleiresone med middels faregrad i 2004 (ref. /11/). Tabell D2 viser evalueringen av faregrad utført i 2004.

Tabell D2 Gjeldende evaluering av faregrad for sone 343 Skjetten (utført i 2004)

Faktorer	Vekt tall	Faregrad, score				343	343
		3	2	1	0	Score	Vektet Poeng
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	3	3
Skråningshøyde, meter	2	>30	20 – 30	15 – 20	<15	2	4
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	3	6
Poretrykk	Overtrykk, kPa:	> + 30	10 – 30	0 – 10	Hydrostatisk	0	0
	Undertrykk, kPa:	> - 50	-(20 – 50)	-(0 – 20)			
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	2	4
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20	0	0
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	2	6
Inngrep:	Forverring	3	Stor	Noe	Ingen	0	0
	Forbedring	-3	Stor	Noe		Liten	1
Sum (NB: disse verdiene er ikke faregradsgrenser)		51	34	16	0	-	20
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %	-	39.2%

D5 Revidert risikoevaluering (2015)

Det er foretatt en ny risikoevaluering basert på supplerende grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger i de tre beregningsprofilene P1, P2 og P3, hhv. øst, nord og sør i sone 343.

D5.1 Faregradsklasse

For tidligere faregradsvurdering ble oppnådd en score på 20 poeng (/11/). Vurdering av faregrad langs 4 beregningsprofiler (se nedenfor) gir en største score på 19 poeng, dvs. en liten reduksjon, men ikke noen endring av faregradsklasse, som forblir "2 – middels".

D5.1.1 Faregrad profil P1 - Bråteveien

Beliggenhet av profil P1 er vist på Figur D5-1.



Figur D5-1 Profil 1 ned i ravinen vest for Bråteveien

Tabell D3 Vurdering av faregrad sone 343, profil P1

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score				343	343
		3	2	1	0	Score	Vektet Poeng
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	2	2
Skråningshøyde, meter	2	>30	20 – 30	15 – 20	<15	2	4
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	0	0
Poretrykk	Overtrykk, kPa:	3	> + 30	10 – 30	0 – 10	Hydrostatisk	0
	Undertrykk, kPa:	-3	> - 50	-(20 – 50)	-(0 – 20)		
Kvikkleiremektighet	2	> H/2	H/2-H/4	< H/4	Tynt lag	1	2
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20	3	3
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	1	3
Inngrep:	Forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen	-9
	Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten		
Sum (NB: disse verdiene er ikke faregradsgrenser)		51	34	16	0	-	5
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %	-	9.8 %

Kommentarer til tabellen:

Tidligere skredaktivitet: Antatt "noe", siden det er registrert en del skredhendelser i nærområdet til ravinen (data fra www.skrednett.no og NGIs arkivsaker). Disse skredhendelsene er i det alt vesentlige grunne glidninger som ikke går ned i kvikkleire, og i liten grad medfører økt fare for utløsning av kvikkleireskred.

Kvikkleiremektighet: Har antatt kvikkleirelag som ligger fra 5 m under terreng. Tykkelse relevant for glidesirkel er derved liten (selv om laget evt. fortsetter til stor dybde).

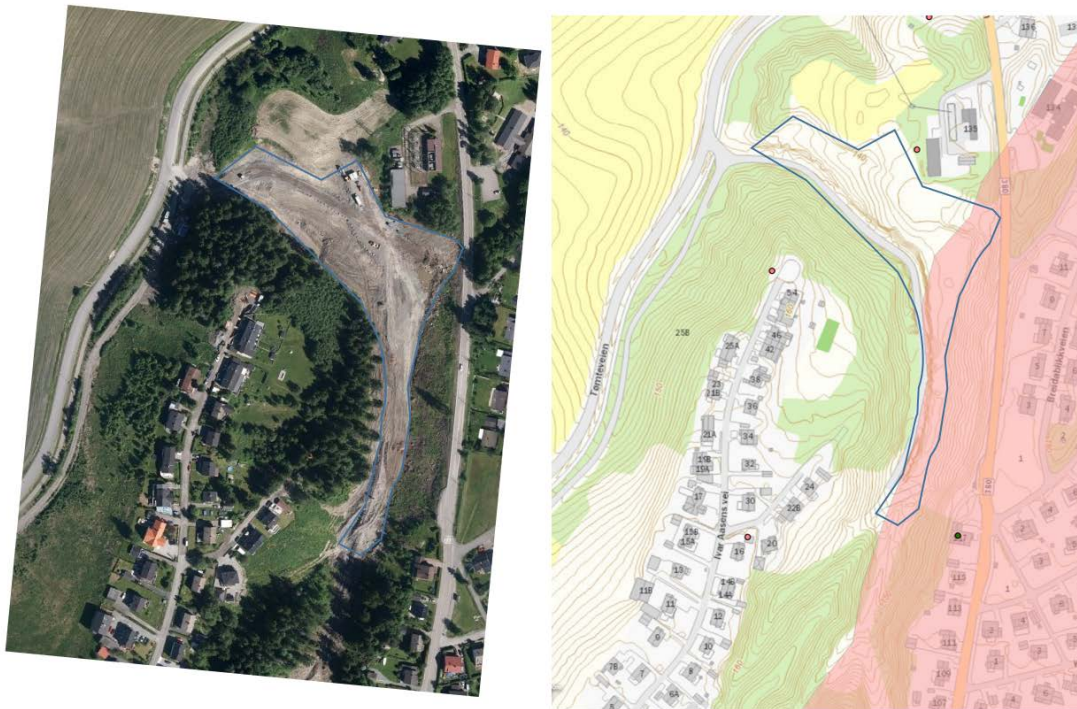
OCR: Antatt tidligere terrengnivå på kote +186 (basert på tolkning av CPTU i punkt 303) og derved $OCR \geq 2$. OCR er bestemt i nivå for kritisk skjærsirkel.

Sensitivitet: Prøve fra borhull 303 (ned til 17 m) har maksimal sensitivitet på 8, men det er her ikke tatt prøver som går ned i antatt underliggende kvikkleirelag i dette punktet. Prøveresultater fra nye undersøkelser i østlig del av sonen (sør for Profil 3, ref. /16/) brukes derfor. Sensitiviteten i kvikkleirelaget er > 100 .

Erosjon: Ved profil 1 er det antatt lite erosjon i skråningsfot, det er ikke noen bekk/elv i eller i nærheten av profilet. Etter oppfylling av ravinen er det heller ikke grøft i dagen. Ravinen

er formet ved erosjon i siltig leire, men for dagens forhold har erosjonen ikke konsekvenser for utløsning av kvikkleireskred.

Inngrep: Det er utført en betydelig oppfylling i bunn av ravinen, se Figur D5-2. Nøyaktige dimensjoner på oppfyllingen er ikke kjent, men basert på befaring i 2015 er forbedringen vurdert å være "stor".



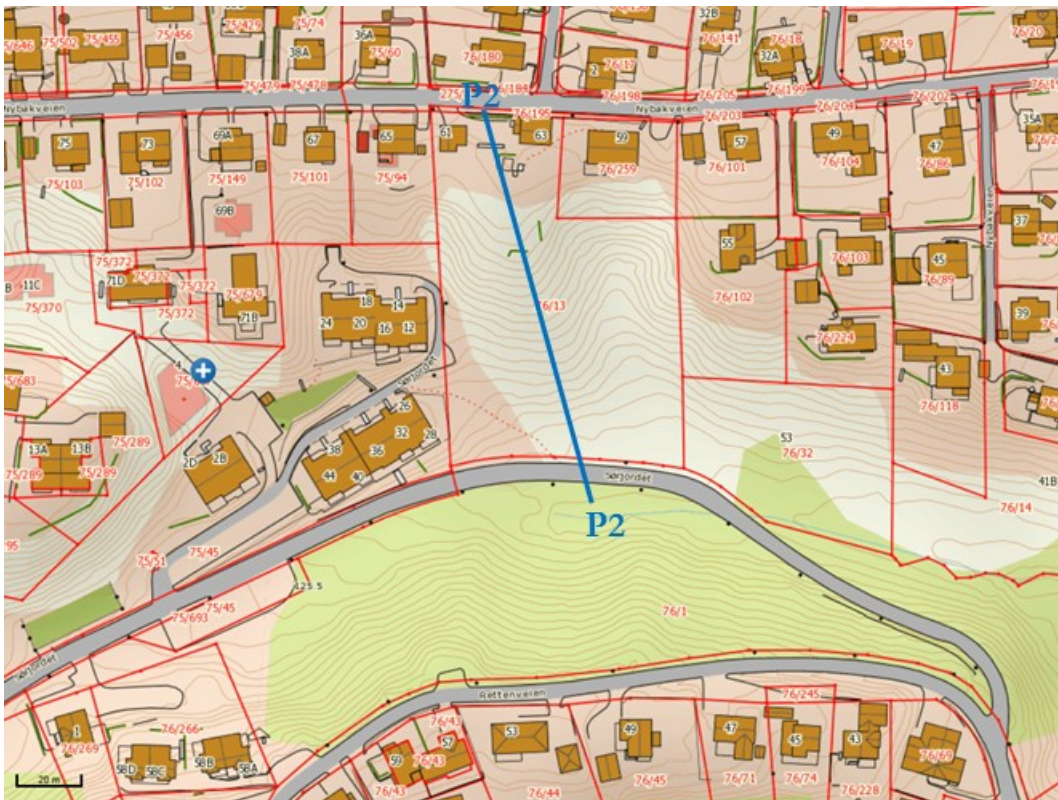
Figur D5-2 Oppfylling i ravinen vest for Bråteveien (profil 1)

- ➔ Basert på profil P1, ville faregraden for sonen klassifiseres som **1 - lav** (også uten oppfylling i ravinen). Også andre profiler (P2 og P3) må imidlertid vurderes.

D5.1.2 Faregrad profil P2 - Nybakveien

Beliggenhet av profil P2 er vist på Figur D5-3.

I profil 2 er det ikke dokumentert kvikkleire, og det er relativt grunt til fjell. Det kan likevel ikke utelukkes at det ligger kvikkleire nede i ravinen, hvor det så langt ikke er boret. En faregradsvurdering for profil P2 gis nedenfor.



Figur D5-3 Profil 2 går fra Nybakveien ned i ravinen mot sør, og krysser Sørjordet

Tabell D4 Vurdering av faregrad sone 343, profil P2

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score				343	343	
		3	2	1	0	Score	Vektet Poeng	
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	2	2	
Skråningshøyde, meter	2	>30	20 – 30	15 – 20	<15	2	4	
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	0	0	
Poretrykk	Undertrykk, kPa:	3	> + 30	10 – 30	0 – 10	Hydrostatisk	0	0
	Overtrykk, kPa:	-3	> - 50	-(20 – 50)	-(0 – 20)			
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	1	2	
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20	3	3	
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	1	3	
Inngrep:	Forbedring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen	0	0
	Forverring	-3	Stor	Noe	Liten			
Sum (NB: disse verdiene er ikke faregradsgrenser)			51	34	16	0	-	14
% av maksimal poengsum			100 %	67 %	33 %	0 %	-	27.5 %

➔ Basert på profil P2 kan faregraden klassifiseres som **1 - lav** (området lokalt på toppen av skrånningen ved P2 vil i prinsippet ikke tilhøre sonen, men en nærmere vurdering av avgrensningen må gjøres).

Kommentarer til tabellen:

Tidligere skredaktivitet: Vurdert til "noe". NGI er kjent med mindre utglidninger og sig i skrånninger i nærområdet (NGI-oppdrag i Nybakveien 71 i 2007 og Sørjordet 17-19 i 2013), men disse glidningen har ikke berørt kvikkleire.

Kvikkleiremektighet: Ikke påvist kvikkleire i skrånningen, men det kan likevel ligge i kvikkleire nede i ravinen, hvor det ikke er boret. Har antatt tykkelse < H/4. Utbredelse av evt. skred innover plataet vil forhindres av at det ikke er kvikkleire oppover i skrånningen.

OCR: Har satt OCR > 2 basert på CPTU-tolkning i borpunkt 307 (tidligere terrengnivå ca. kote +170). OCR er bestemt i nivå for kritisk skjærsirkel.

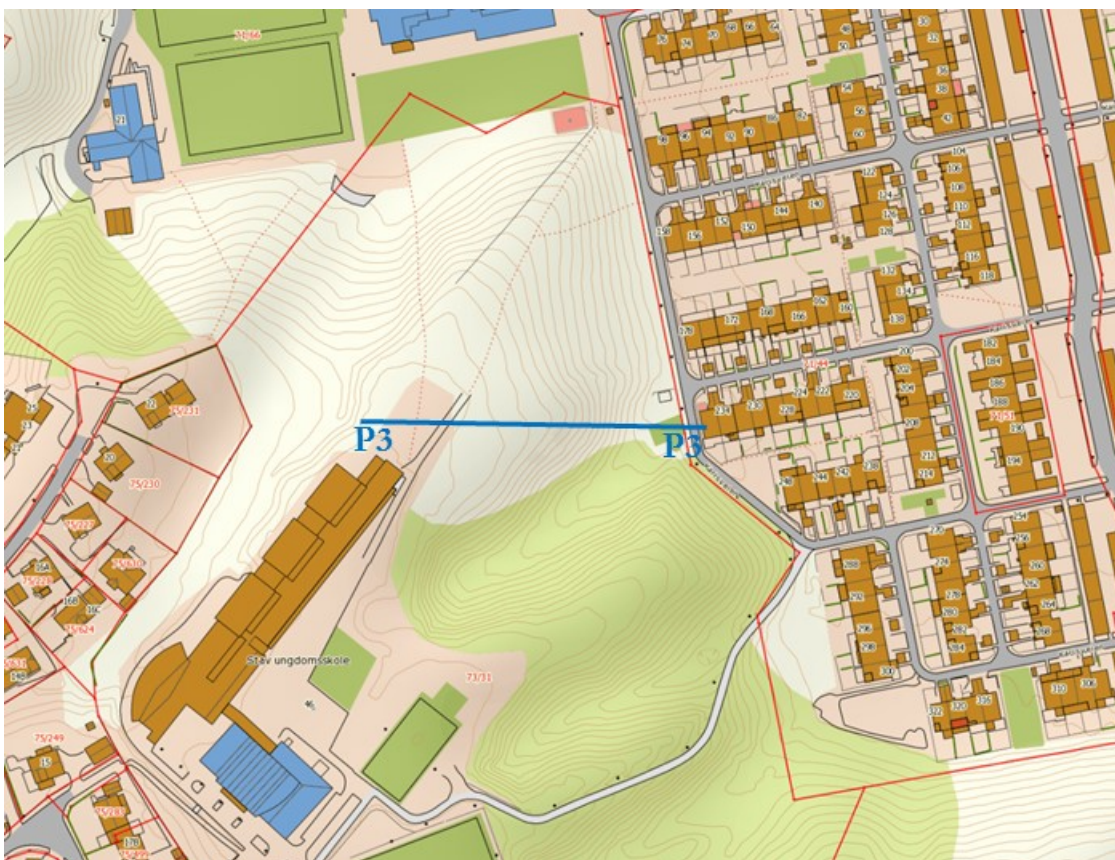
Sensitivitet: Det ble ikke tatt prøver i borhull 307. Prøveresultater fra nye undersøkelser sørøst for Profil 3 brukes (ref. /18/). Sensitiviteten i kvikkleirelaget er > 100.

Erosjon: Antatt lite erosjon langs bekken langs Sørjordet. Bekken går delvis åpent og delvis lukket.

Inngrep: Antar ingen inngrep. Det kan evt. være snakk om noe oppfylling og utslaking av skråninger, men også utfylling fra skråningskanter.

D5.1.3 Faregrad profil P3 – Stav skole

Beliggenhet av profil P3 er vist på Figur D5-4.



Figur D5-4 Profil3 går fra Stav skole og ned skråningen mot øst.

Tabell D5 Vurdering av faregrad sone 343, profil P3

Faktorer	Vekt tall	Faregrad, score				343	343
		3	2	1	0	Score	Vektet Poeng
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	1	1
Skråningshøyde, meter	2	>30	20 – 30	15 – 20	<15	2	4
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	1	2
Poretrykk	Overtrykk, kPa:	3	> + 30	10 – 30	0 - 10	Hydrostatisk	1
	Undertrykk, kPa:	-3	> - 50	-(20 – 50)	-(0 – 20)		
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	1	2
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20	3	3
Erosjon	3	Aktiv/ glidn.	Noe	Lite	Ingen	0	0
Inngrep:	Forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen	0
	Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten		
Sum (NB: disse verdiene er ikke faregradsgrenser)		51	34	16	0	-	15
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %	-	29.4 %

➔ Basert på oppnådd score vurdert for profil P3 klassifiseres sonen til å ligge i faregradsklasse **1 - lav**, dvs. uendret fra dagens klassifisering.

Kommentarer til tabellen:

Tidligere skredaktivitet: Befaring viser pågående skredaktivitet i skråningene nedenfor Stav ungdomsskole, og erosjon langs bekke drag ned langs ravinene i dette området. De grunne overflateskredene har ikke direkte betydning for kvikkleireskredfaren, og det er ikke tegn til tidligere skred ned i leire. Det er derfor satt "lav" på tidligere skredaktivitet for Profil 3.

Skråningshøyde: Dersom plataet et stykke bak skråningen benyttes som referanse, blir skråningshøyden over 20 m.

Kvikkleiremektighet: Det er antatt kvikkleire i profilet, og forekomsten er dokumentert av opptatte prøver noe sør for Profil 3. Kvikkleira ligger imidlertid dypt, og bare en mindre del av kritisk glidesirkel skjærer ned i kvikkleira. Kvikkleire er heller ikke eksponert i foten av skråningen, men ligger ca. 3-4 m under terreng. Antatt kvikkleirelag ligger under ca. kote +134, og lagtykkelse av kvikkleire < H/4.

Sensitivitet: Prøveresultater fra nye undersøkelser i østlig del av sonen (sør for Profil 3, ref. /16/) brukes. Sensitiviteten i kvikkleirelaget er > 100 .

OCR: Har antatt tidligere terrengnivå på kt. +160 (basert på CPTU-tolkning i borhull 305). OCR er bestemt i nivå for kritisk skjærsirkel, og ligger i kategori 1,5-2,0.

Erosjon: Det er ingen bekk langs foten av skråningen. Det er noe erosjon i ravinene innover i sonen opp mot Stav skole. Gir likevel klassifisering "ingen", i den forstand at observert erosjon ikke vurderes å ha betydning for utløsning av kvikkleireskred. Erosjon oppover i ravinene er medtatt under "tidligere skredaktivitet".

Inngrep: Ingen inngrep.

Poretrykk: En måler på plataet og 18 m dybde gir måling ekvivalent med hydrostatisk poretrykk fra 2.5 m, mens det er noe poreovertrykk ved foten av skråningen (som er normalt ut fra strømning). En middelvei resulterer i "poreovertrykk 0-10 kPa".

D5.1.4 Faregrad profil P4 – Øvre Ryens vei

Beliggenhet av profil P4 er vist på Figur D5-5. Dette profilet er hentet fra pågående oppdrag for Skedsmo kommune (ref. /16/).



Figur D5-5 Profil 4 går fra Øvre Ryens vei og ned skråningen mot nord

Tabell D6 Vurdering av faregrad sone 343, profil P4

Faktorer	Vekt tall	Faregrad, score				343	343	
		3	2	1	0	Score	Vektet Poeng	
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	1	1	
Skråningshøyde, meter	2	>30	20 – 30	15 – 20	<15	2	4	
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	0	0	
Poretrykk	Overtrykk, kPa:	3	> + 30	10 – 30	0 - 10	Hydrostatisk	1	3
	Undertrykk, kPa:	-3	> - 50	-(20 – 50)	-(0 – 20)			
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	1	2	
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20	3	3	
Erosjon	3	Aktiv/ glidn.	Noe	Lite	Ingen	0	0	
Inngrep:	Forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen	2	6
	Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten			
Sum (NB: disse verdiene er ikke faregradsgrenser)			51	34	16	0	-	19
% av maksimal poengsum			100 %	67 %	33 %	0 %	-	37.3 %

- ➔ Oppnådd score vurdert for profil P4 er 19 av totalt 51 poeng. Dette blir styrende for sonens faregrad.
- ➔ Sonen klassifiseres til å ligge i faregradsklasse "**2 – middels**".

Kommentarer til tabellen:

Tidligere skredaktivitet: Befaring viser pågående skredaktivitet i overflatemasser i ravinene nedenfor Stav ungdomsskole (idrettsplassen), og erosjon langs bekke drag ned langs ravinene i dette området. De grunne overflateskredene og erosjonen har her ikke direkte betydning for kvikkleireskredfaren, og det er ikke tegn til tidligere skred ned i leire. Det er derfor satt "lav" på tidligere skredaktivitet for Profil 4.

Skråningshøyde: Dersom plataet et stykke bak skrånningen benyttes som referanse, blir skråningshøyden over 20 m.

Kvikkleiremektighet: Forekomsten er dokumentert av opptatte prøver i borhull OR_2. Kvikkleira ligger imidlertid dypt, og bare en mindre del av kritisk glidesirkel skjærer ned i kvikkleira. Kvikkleire er ikke påvist i borer ved foten av skrånningen. Lagtykkelse for kvikkleire < H/4.

Sensitivitet: Sensitiviteten i kvikkleirelaget er > 100 basert på prøver fra borhull OR_2 (ref. /16/).

OCR: Har antatt tidligere terrengnivå ca. på kt. +160 (basert på CPTU-tolkning i borhull 305, OR_2 og OR_3). OCR er bestemt i nivå for kritisk skjærsirkel, og ligger i kategori $> 2,0$.

Erosjon: Det er ingen bekk langs foten av skråningen. Det er noe erosjon i ravinene innover i sonen opp mot Stav skole. Gir likevel klassifisering "ingen", i den forstand at observert erosjon ikke vurderes å ha betydning for utløsning av kvikkleireskred. Erosjon oppover i ravinene er medtatt under "tidligere skredaktivitet".

Inngrep: På enkelte partier synes skråningsfoten å være gjort noe brattere i form av inngrep, det er gravet noe inn i skråningen for å gi plass til bygninger, boder, hager mv (Figur D5-6). I seg selv vurderes dette som forverring av type "liten". På toppen av skråningen ved Øvre Ryens veg er det i tillegg deponert masser i en 3-4 m høy haug på platået oppe ved vegen (Figur D5-7). Ut fra luftfotos er haugen utlagt i årene 2007-2009 (Figur D5-8). Under ett vurderes forverringen å ligge i kategori "noe".

Poretrykk: En måler på platået og 18 m dybde gir måling ekvivalent med hydrostatisk poretrykk fra 2.5 m, mens det er noe poreovertrykk ved foten av skråningen (som er normalt ut fra strømning). En middelvei resulterer i "poreovertrykk 0-10 kPa".



Figur D5-6 Foten av skråningene ved profil 4 kan være gjort noe brattere ved mindre inngrep i skråningsfoten.



Figur D5-7 Løsmasser utlagt i haug på toppen av skråningen ved Øvre Ryens veg. Massene er utlagt i perioden 2007-2009.



a)



b)



c)

Figur D5-8 Luftfotografier fra a) 2007 b) 2008 og c) 2009, som viser oppfylling av løsmasser (ca. 20x 20 m, 3-4 m høyde) på toppen av skråningen ved Øvre Ryens veg (www.senorge.no).

D5.2 Konsekvensklasse

Konsekvenser av skred innenfor sonen vurderes ikke endret siden tidligere risikovurdering (/11/), slik at sonen fortsatt anses å ligge i konsekvensklasse **"3 – meget alvorlig"**. Konsekvensvurderingen gir en score på 28 av totalt 45 oppnåelige poeng (62.2%).

Tabell D7 Evaluering av skadekonsekvensklasse for sone 343 (/11/)

Faktorer	Vekt-tall	Konsekvens, score				343	343
		3	2	1	0	Score	Vektet poeng
Boligeneheter, antall	4	Tett > 5	Spredd > 5	Spredd < 5	Ingen	3	12
Næringsbygg, personer	3	> 50	10a – 50	< 10	Ingen	3	9
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	0	0
Vei, ÅDT	2	> 5000	1001 – 5000	100 - 1000	< 100	3	6
Toglinje, baneprioritet	2	1 – 2	3 – 4	5	Ingen	0	0
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	1	1
Oppdemning/floam	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	0	0
Sum poeng		45	30	15	0	-	28
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %	-	62,2 %

D5.3 Risikoklasse

Risiko beregnes som produktet av prosentpoeng for oppnådd score for hhv. faregrad og konsekvens. Oppnådd tallverdi for risiko er 2318 (av maksimalt 10000), dvs. en liten nedgang sammenliknet med tidligere tallverdi på 2440 (/11/), som skyldes litt lavere faregradscore.

Kvikkleiresonen ligger fortsatt i **risikoklasse 4** etter ny vurdering (risikoklasse 4 omfatter tallverdier i området 1901-3200).

D6 Referanser

- /1/ NGI (1995). Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartbladet Oslo, M = 1:50.000. Rapport nr. 900003-2, datert november 1995.
- /2/ NGI (2005). CPTU-korrelasjoner for leire – CPTU-korrelasjoner for leire basert på blokkprøver. Rapport nr. 20041198-1, datert 10 januar 2005.
- /3/ NGI (2010): Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Forslag til undersøkelsesprogram. Prosjekt 20100119, teknisk notat datert 23. mars 2010.
- /4/ Norconsult Fältgeoteknik AB (2011): Kvikkleiresoner Sørum, Fet, Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Rapport Geoteknik, RGeo, Fält- och laboratorieresultat. Oppdragsnr. 211 03 40, rapport datert 11. mai 2011.
- /5/ NVE (2014): Veiledning nr. 7-2014. Sikkerhet mot leirskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.
- /6/ NVE (2010): Minikonkurranse iht. rammeavtale for geoteknisk utredning av kvikkleiresoner. Tilbudsgrunnlag. Sone 322 Lystad, 709 Sundbyhagen, 343 Skjetten, 715 Krogsbøl, 719 Gran, 723 Nordli, 734 Nordli Vest og 724 Årsrud i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner. Datert 08.01.2010.
- /7/ ViaNova GeoSuite AB (2009): GeoSuite. GS Stability. Version 5.0.5.
- /8/ NGU (2012). Løsmassekart på internett. <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>
- /9/ NIF (1978). NIF-kurs 1978: Skredfare og arealplanlegging. Vurdering av faregrad og sikringstiltak.
- /10/ Løvlien Georåd (2013): Data fra utførte grunnundersøkelser innenfor Skjetten kvikkleiresone. Oversendt NGI v/Håkon Heyerdahl pr. epost 17.01.2013 og 13.07.2013 fra Løvlien Georåd v/Kristoffer Rabstad.
- /11/ NGI (2005): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred. Skedsmo kommune. Rapport 20001008-9, datert 15. mars 2005.
- /12/ NGI (2008): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, rev. 3. datert 8. oktober 2008.
- /13/ Karlsrud, K., Lunne, K., Kort, D.A. and Strandvik, S. (2005): CPTU correlations for clays. Prov. 16th ICSMGE, Osaka, pp. 693-702.
- /14/ Lunne, T., Berre, K.H. Andersen, S. Strandvik and M. Sjursen (2006): Effects of sample disturbance and consolidation procedures on measured shear strength of soft marine Norwegian clays. Can. Geotechnical Journal, vol. 43, No. 7.
- /15/ NGI (2014). NIFS N-6.5.2 Sikkerhet ifm utbygging i kvikkleireområder. Oppsummeringsrapport. Rapport nr. 20140075-01-R, datert 19. november 2014.

- /16/NGI (2015): Geotekniske og miljøtekniske grunnundersøkelser i Øvre Ryens vei, Skedsmo kommune. Datarapport – geotekniske grunnundersøkelser. Rapport nr. 20140872-02-R, datert 10. april 2015.
- /17/DIBK (2011). Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK10). Publikasjonsnummer: HO-2/2011
- /18/NGI (2015): Geotekniske grunnundersøkelser i Nybakveien 64, Skedsmo kommune. Datarapport – geotekniske grunnundersøkelser. Rapport nr. 20150229-01-R, datert 17. april 2015.

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Kvikkleiresoner i Akershus – Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 343 Skjetten		Dokumentnr./Document No. 20100119-08-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Distribusjon/Distribution Begrenset/Limited	Dato/Date 2015-11-05
		Rev.nr.&dato/Rev.No.&date 0 /
Oppdragsgiver/Client NVE Region Øst		
Emneord/Keywords Kvikkleire, stabilitet, geoteknisk utredning		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge, Akershus	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Skedsmo	Felt navn/Field name
Sted/Location Skjetten	Sted/Location
Kartblad/Map 1914-4 Oslo	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone 32 – N6648910 E611660	

Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/Self review by:	Sidemannskontroll av/Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2015-09-01 Håkon Heyerdahl/ Åse Marit Wist Amdal	2015-11-02 Øyvind A Høydal		

Dokument godkjent for utsendelse/Document approved for release	Dato/Date 5. november 2015	Prosjektleder/Project Manager Håkon Heyerdahl
---	--------------------------------------	---

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

