

---

RAPPORT

# Fåsenjordet VA

---

OPPDRAGSGIVER  
Fåsenjordet AS

EMNE  
Geoteknisk vurderingsrapport for  
reguleringsplan

DATO / REVISJON: 2019-09-10 / 01  
DOKUMENTKODE: 814608-RIG-RAP-001

---



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

## RAPPORT

OPPDRAG	Fåsenjordet VA	DOKUMENTKODE	814608-RIG-RAP-001
EMNE	Geoteknisk vurderingsrapport for reguleringsplan	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Fåsenjordet AS	OPPDRAGSLEDER	Nils Magnus Ringnes
KONTAKTPERSON	Halvor Storemoen	UTARBEIDET AV	Jo Forseth Indgaard
KOORDINATER	SONE: 32V ØST: 5486 NORD: 662248	ANSVARLIG ENHET	Multiconsult Norge AS
GNR./BNR./SNR.	48/50 / 5/63 / - / Øvre Eiker kommune		

## SAMMENDRAG

Fåsenjordet AS arbeider med utbygging av Fåsenjordet i Øvre Eiker kommune og er nå i planfase for reguleringsplan. Foreliggende rapport inneholder i hovedsak en utredning av en ny kvikkleiresone inkludert stabilitetsberegninger i fire snitt, avgrensning av løsne- og utløpsområde og risikoklassifisering.

Det er funnet behov for tre motfyllinger om hele området skal reguleres til boligformål. Lengst vest kreves en motfylling (*fylling A*, ca. 550 m<sup>3</sup>). Nordøst på området er det behov for forbedring av stabiliteten for skråningen ned i ravinen. Det er forslått en fylling (*fylling C*, ca. 1050 m<sup>3</sup>), men det kan vurderes andre topografiske forbedringer som for eksempel utslaking av skråningstopp. Nedstrøms reguleringsområdet i øst kreves en motfylling (*fylling D*, ca. 5000 m<sup>3</sup>) for å sikre at reguleringsområdet ikke blir inkludert i skred som starter i andre kvikkleireområder. Denne motfyllingen kan reduseres i størrelse eller bli funnet unødvendig om det utføres supplerende grunnundersøkelser.

I den videre prosjekteringen bør det ses nærmere på:

- Eventuelle supplerende grunnundersøkelser for å reduserer størrelsen på fylling D.
- Vurdere å senke/slake ut skråningstoppen i profil C for å redusere fylling C.
- Bekrefte at krav til lokalstabilitet i henhold til Eurokode 7 tilfredsstilles i bygge- og permanentfase.
- Fundamenteringsløsning og -nivå må vurderes i forhold til registrerte bløte og sensitive masser i dybden.
- Hensiktsmessig plassering av bygg/konstruksjoner
- Vurdering av stabilitet til graveskråninger.

Foreliggende rapport må kvalitetssikres av uavhengig foretak.

*Rapporten er revidert etter innspill fra kommunen og arealplanlegger. Revidert tekst er skrevet i kursiv.*

			JFI	Ang	aru
01	2019-09-10	Revisjon etter innspill fra kommune og arealplanlegger	Jo Forseth Indgaard	Anders Gylland	Arne Vik
00	2018-12-01	Geoteknisk vurderingsrapport for reguleringsplan	Jo Forseth Indgaard	Anders Gylland	Arne Vik
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>5</b>
1.1	Bakgrunn og formål .....	5
<b>2</b>	<b>Grunnlag.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Terreng og grunnforhold.....</b>	<b>6</b>
3.1	Områdebeskrivelse .....	6
3.2	Grunnforhold .....	7
<b>4</b>	<b>Sikkerhetskrav for planlagte tiltak .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Stabilitetsvurderinger .....</b>	<b>7</b>
5.1	Generelt .....	7
5.2	Resultater fra stabilitetsberegninger dagens situasjon .....	8
5.3	Vurdering av sikringstiltak .....	8
<b>6</b>	<b>Soneavgrensning og klassifisering .....</b>	<b>9</b>
6.1	Mulige skredmekanismer .....	9
6.2	Løsneområde .....	9
6.3	Utløpsområde .....	10
6.4	Skadekonsekvens-, faregrads- og risikoklasseklassifisering .....	10
6.4.1	Skadekonsekvensklasse .....	10
6.4.2	Faregradsklasse .....	10
6.4.3	Risikoklasse .....	10
<b>7</b>	<b>Andre geotekniske vurderinger.....</b>	<b>10</b>
7.1	Lokalstabilitet.....	10
7.2	Fundamenteringsforhold .....	11
7.3	Graving og fylling .....	11
7.4	Atkomstveger.....	11
7.5	Fylling D .....	11
<b>8</b>	<b>Konklusjon og videre arbeid.....</b>	<b>12</b>
<b>9</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>13</b>

## TEGNINGER

814608-RIG-TEG	-001	Situasjonsplan med løsne- og utløpsområde
	-002	Situasjonsplan med fyllinger og tomtebegrensninger
	-500	CPTU BP1, Aktiv udrenert skjærfasthet $c_{uA}$ , korrelert mot $B_q$ .
	-501	CPTU BP2, Aktiv udrenert skjærfasthet $c_{uA}$ , korrelert mot $B_q$ .
	-800.1	Profil A, Stabilitetsberegning, ADP- og $a\phi$ -analyse, dagens geometri
	-800.2	Profil A, Stabilitetsberegning, ADP-analyse, med tiltak
	-801.1	Profil B, Stabilitetsberegning, ADP- og $a\phi$ -analyse, dagens geometri
	-802.1	Profil C, Stabilitetsberegning, ADP- og $a\phi$ -analyse, dagens geometri
	-802.2	Profil C, Stabilitetsberegning, ADP-analyse, med tiltak
	-803.1	Profil D, Stabilitetsberegning, ADP- og $a\phi$ -analyse, dagens geometri
	-803.2	Profil D, Stabilitetsberegning, ADP-analyse, med tiltak

## VEDLEGG

Vedlegg 1 - Risiko og faregradvurdering

Vedlegg 2 - Grunnlag for stabilitetsvurderinger

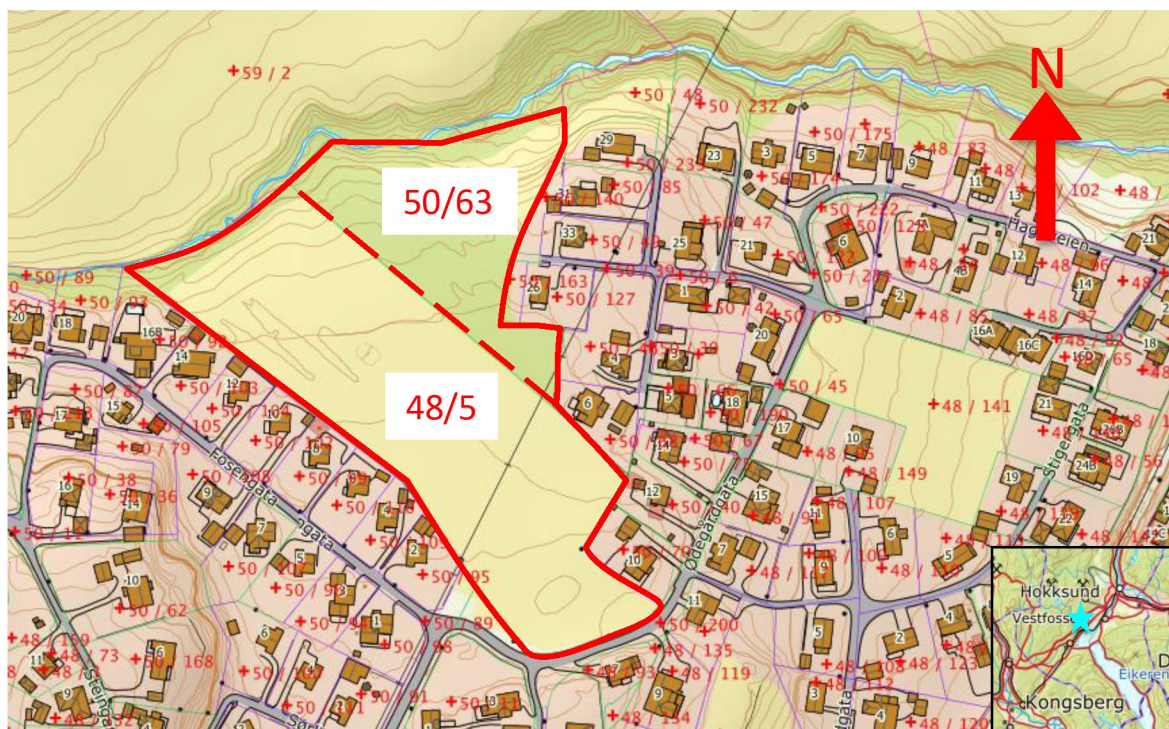


## 1 Innledning

### 1.1 Bakgrunn og formål

Fåsenjordet AS arbeider med utbygging av Fåsenjordet i Øvre Eiker kommune og er nå i planfase for reguleringsplan. Området er planlagt utbygd til boligformål med hovedvekt av *konsentrert småhusbebyggelse*. Ettersom grunnforholdene består av kvikkleire kreves en utredning av kvikkleireproblematikk og områdestabilitet iht. NVEs veileder nr. 7/2014 [1]. Multiconsult Norge AS er engasjert av Fåsenjordet AS for å gjennomføre denne utredningen.

Foreliggende rapport inneholder alt som kreves for en fullstendig kvikkleiresoneutredning, inkludert vurdering av områdestabilitet og stabiliserende tiltak, vurdering av løсне- og utløpsområder for et eventuelt skred i området, samt risikoklassevurdering av kvikkleiresonen. I tillegg gis en orienterende geoteknisk vurdering av fundamenteringsforhold på planområdet. Hoveddelen av oppdraget er å behandle tomt 48/5 (se Figur 1), men også geotekniske vurderinger for 50/63 er ønsket fra oppdragsgiver og vil bli presentert i denne rapporten.



Figur 1: Oversiktskart. De to behandlede tomtene markert med rødt [2].

Det planlagte tiltaket omfatter tiltak som medfører tilflytting av flere enn to boenheter og faller derfor inn i tiltakskategori K4 etter Tabell 5.2 i NVEs veileder nr. 7/2014.

## 2 Grunnlag

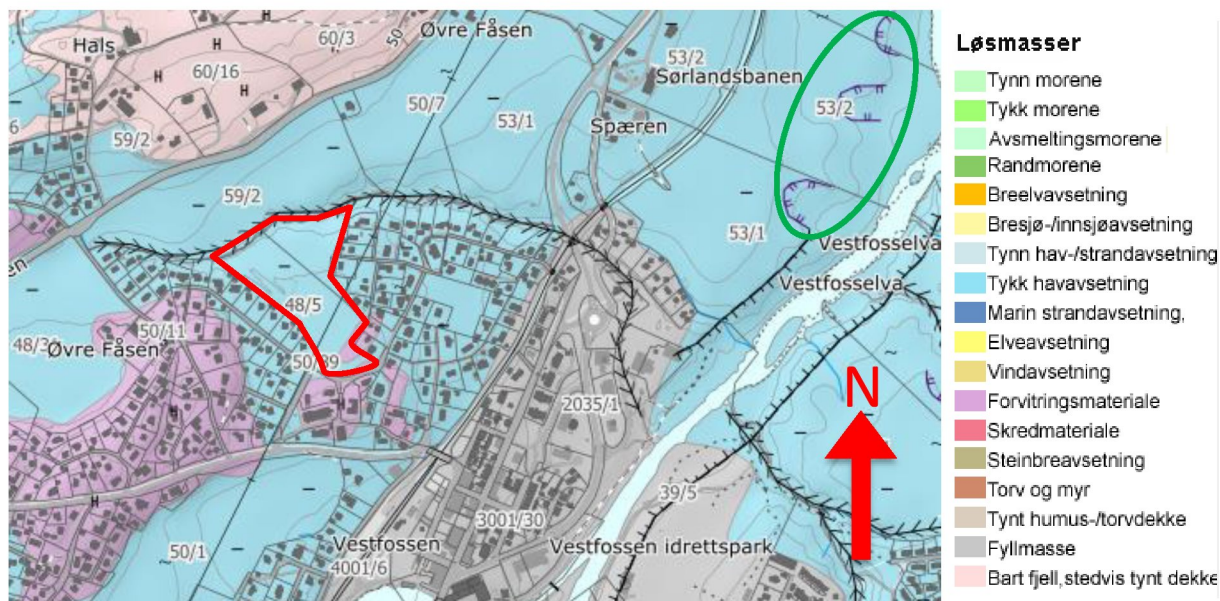
Geotekniske grunnundersøkelser presentert i datarapport fra COWI med rapportnr. A031517-RIG-R-01, datert 2013.11.06 [3] ligger til grunn for vurderingene gjort i denne rapporten. I tillegg er et geoteknisk notat fra Multiconsult med rapportnr. 814423-RIG-NOT-001, datert 2015.10.22 [4] til dels benyttet som grunnlag.



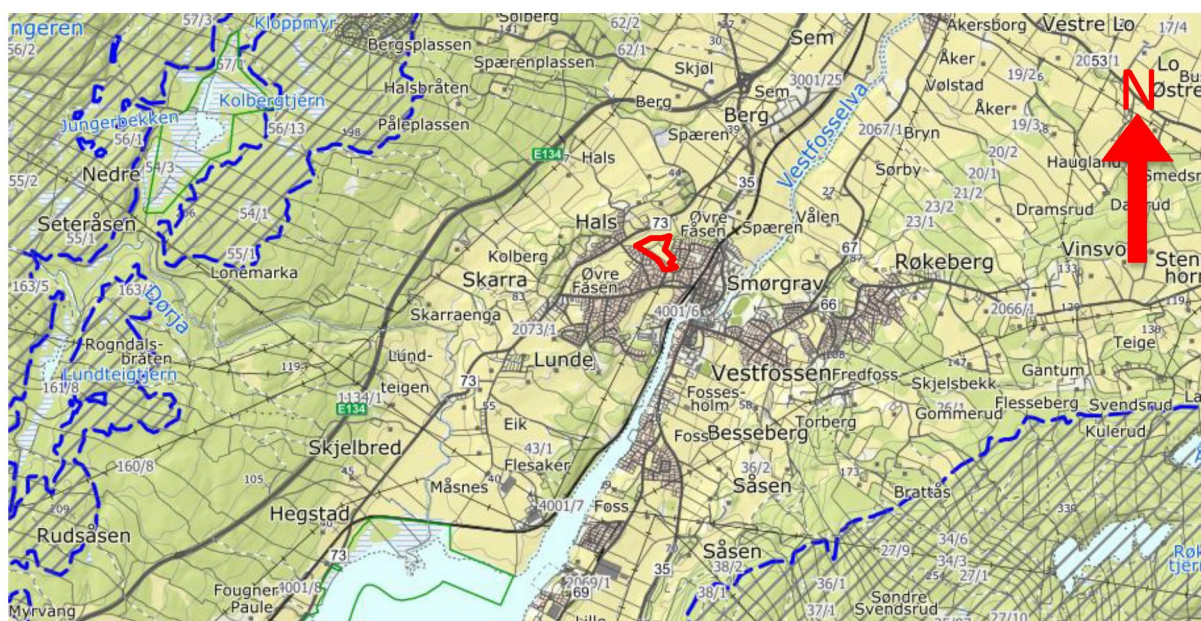
### 3 Terreng og grunnforhold

#### 3.1 Områdebeskrivelse

Det aktuelle området befinner seg ca. 0,5 km vest for Vestfossen sentrum i Øvre Eiker kommune (se Figur 3.) Området består i hovedsak av flat, gammel jordbruksmark med boligfeltbebyggelse i vest, skog i øst og en delvis vegetert bekkeravine i nord. Bunnen i bekkedalen i nærheten av det aktuelle området ligger på kote +28 og har en stigning opp mot undersøkelsesområdet på ca. 1:5 på det bratteste. Skråningskanten ned i bekkedalen er fra ca. 4-8 m høy. Som sett på Figur 2 består størstedelen av tomtene av tykk havavsetning som grenser til forvittringsmateriale i sør/sørvest.



Figur 2: Kvartærgeologisk kart over området [5]. Rødt markerer gjeldene tomter. Gamle skredgroper markert med grønt.



Figur 3: Marin grense vises med stiplede blå strek [6]. Skravur viser området over marin grense.

### 3.2 Grunnforhold

Utførte sonderinger og prøvetaking viser at løsmassene i hovedsak består av et topplag av tørrskorpeleire til dybder mellom 1 m og 4 m under terreng over et mektig leirlag. Leiren kan karakteriseres som meget bløt kvikkleire i 4-17 m dybde under terreng i BP1 (se tegning nr. 814608-RIG-TEG-001.) Sonderinger indikerer også sensitiv leire/kvikkleire mot sør og øst (BP2, BP4 og BP5). I øst viser prøveserien i BP3 leire som ikke karakteriseres som sprøbruddmateriale.

Ødometerforsøk indikerer at løsmassene i BP1 er noe overkonsolidert. Basert på dette resultatet og topografien antas tidligere terrengnivå å ligge på nivå med det flate jordet. Dette betyr at massene er forventet å være overkonsoliderte i ravinen og tilnærmet normalkonsoliderte på toppen av skråningen og på jordet.

Løsmasseoverdekningen varierer fra nesten 40 m i øst til under 3 m i sør. I BP1 indikeres berg i ca. 17 m dybde. Generelt kan det sies at løsmasseoverdekningen øker mot nord og øst.

Poretrykkmålingene varierer opp mot 2,5 m over årstidene. På det høyeste indikeres grunnvannstanden i BP3 ca. 2 m under terreng. På det flate partiet (BP4) antyder poretrykkmålingene svakt undertrykk på 15 m dyp og grunnvannstand ca. 0,5 m under terreng.

## 4 Sikkerhetskrav for planlagte tiltak

Krav til beregnet stabilitet av skråninger avhenger av kvikkleireforekomstens faregrad og hva som skal bygges. Det planlagte tiltaket omfatter tiltak som medfører tilflytting av flere enn to boenheter og faller derfor inn i tiltakskategori K4 etter Tabell 5.2 i NVEs veileder nr. 7/2014. K4 stiller krav om at ett av følgende krav er oppfylt om faregraden før utbygging i kvikkleiresonen er lav eller middels:

- Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet større eller lik 1,4
- Forbedring etter figur 5.1 i NVEs veileder nr. 7/2014 (se Figur 4) hvis sikkerhetsfaktoren er under 1,4

Det kreves at foreliggende rapport kvalitetssikres av uavhengig foretak.

I tillegg sier TEK17 § 7-3 [7] følgende: «*Utredning av områdestabilitet (soneutredning) innebærer å vurdere alle skråninger hvor et skred kan utløses og forplante seg inn i tiltaksområdet, samt områder hvor skredmasser ovenfra kan ramme tiltaksområdet.*» Med andre ord betyr det at følgende må verifiseres:

- Bygging skal ikke utløse skred i kvikkleire.
- Bygg skal ikke bli involvert i et kvikkleireskred som starter et annet sted, men som deretter suksessivt utvider seg.
- Bygg skal ikke bli truffet av skredmasser fra et kvikkleireskred.

## 5 Stabilitetsvurderinger

### 5.1 Generelt

Det er valgt å beregne stabiliteten for totalt 4 profiler, 3 for å oppfylle kravene i veileder nr. 7/2014 (profil A, profil B og profil C), samt en (profil D) for å sikre at bygg *ikke kan bli involvert i skred som startet et annet sted*. Profilene er valgt å være representative for den planlagte utbyggingen, for den mest kritiske profilen for dagens situasjon samt den mest kritiske profilen nedstrøms undersøkelsesområdet. Plassering av beregningsprofilene er vist på tegning nr. 814608-RIG-TEG-001.

Det er utført beregninger for dagens tilstand ved udrenert totalspenningsanalyse (ADP-analyse), og drenert effektivspenningsanalyse (aφ-analyse.)

Ytterlige beregningsforutsetninger er gitt i Vedlegg 2.

## 5.2 Resultater fra stabilitetsberegninger dagens situasjon

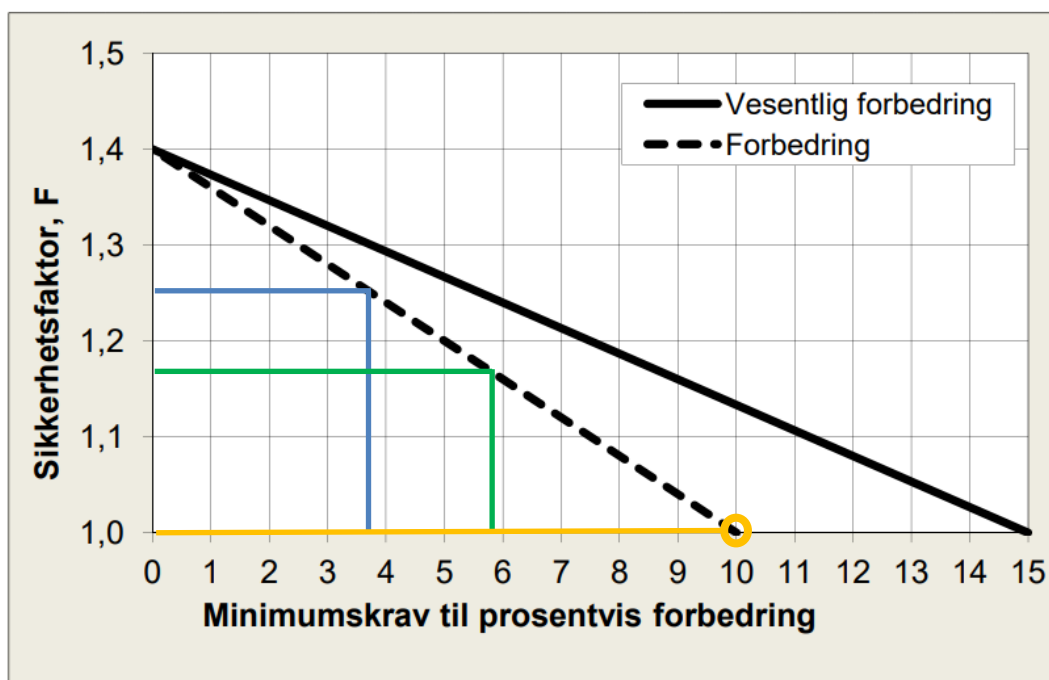
Beregnet sikkerhetsfaktor fra stabilitetsanalysene er vist i Tabell 1

Tabell 1: Resultater fra stabilitetsberegninger for dagens geometri.

Tegning nr.	Analyse	Materialfaktor for kritisk bruddflate
814608-RIG-TEG-800.1	Profil A, Dagens geometri, ADP-analyse/aφ-analyse	1,25 / 2,14
814608-RIG-TEG-801	Profil B, Dagens geometri, ADP-analyse/aφ-analyse	1,48 / 1,53
814608-RIG-TEG-802.1	Profil C, Dagens geometri, ADP-analyse/aφ-analyse	1,17 / 1,50
814608-RIG-TEG-803.1	Profil D, Dagens geometri, ADP-analyse/aφ-analyse	1,00 / 1,07

## 5.3 Vurdering av sikringstiltak

For profil A, profil C og profil D der kritiske glideflate har sikkerhetsfaktor < 1,4 for dagens geometri, er en motfylling som oppfyller Figur 5.1 i NVEs veileder 7/2014 beregnet. Etter denne figuren er minimumskrav til prosentvis forbedring til undersøkte profiler henholdsvis 3,8 %, 5,9 % og 10 % (se Figur 4: Figur 5.1 i NVEs veileder 7/2014. Krav til prosentvis forbedring ved topografiske endringer eller bruk av lette masser. Blått, grønt og gult viser relevante verdier for henholdsvis profil A, profil C og profil D. Figur 4.)



Figur 4: Figur 5.1 i NVEs veileder 7/2014. Krav til prosentvis forbedring ved topografiske endringer eller bruk av lette masser. Blått, grønt og gult viser relevante verdier for henholdsvis profil A, profil C og profil D.

For stabilitetsberegninger med tiltak er det kun gjort ADP-analyse da det er den kritiske tilstanden i alle profiler.

Påkrevd materialfaktor, samt et innledende overslag for areal og volum for motfyllingene, er presentert i Tabell 2. Motfyllingenes påkrevde utstrekning ut ifra stabilitetshensyn er vist på situasjonsplanen, se tegning nr. 814608-RIG-TEG-002.

Tabell 2: Resultater fra stabilitetsberegninger med tiltak, og areal- og volumoverslag.

Tegning nr.	Analyse	Materialfaktor etter tiltak/motfylling	Areal motfylling i profilet [m <sup>2</sup> ]	Volumoverslag [m <sup>3</sup> ]
814608-RIG-TEG-800.2	Profil A, Med tiltak, ADP-analyse	1,30	5,9	550
814608-RIG-TEG-802.2	Profil C, Med tiltak, ADP-analyse	1,24	9,8	1050
814608-RIG-TEG-803.2	Profil D, Med tiltak, ADP-analyse	1,10	26,5	5000

Oppsummert:

- Fylling A av må gjennomføres uansett hva som skal gjøres i tiltaksområdet.
- Fylling C kan muligens reduseres/unngås om skråningstoppen flates ut og byggene bygges kompensert eller med kjeller.
- Fylling D kan muligens reduseres/unngås om det gjøres supplerende grunnundersøkelser som viser at grunnen øst for undersøkelsesområdet ikke har sprøbruddkarakter, eller har høyere styrke enn den antatte i stabilitetsberegningene for profilen.

## 6 Soneavgrensning og klassifisering

### 6.1 Mulige skredmekanismer

Basert på topografi og grunnforhold vurderes de mest sannsynlige skredtypene som eventuelt kan opptre å være et bakoverrettet skalkskred eller fremoverrettet flakskred. Ved et bakoverrettet skalkskred vil et initialscred utløst av erosjon eller inngrep i bunn av skråningen sørge for lokal overbelastning av grunnen og sette i gang en kjedereaksjon av brudd. Fremoverrettet flakskred initieres i bakkant ved overbelastning.

### 6.2 Løsneområde

Følgende vurderinger ligger til grunn for utbredelse av løsneområde:

- Bestemt ut i fra de registrerte boringene med påvist og mulig kvikkleire/sprøbruddegenskaper, og begrenset mot de boringene der kvikkleire ikke er funnet.
- Avgrenset mot områder med oppstikkende berg/forvittringsmateriale.
- Avgrenses i øvre del av ravinen til der dybden av ravinen blir under 5 meter.

I tillegg er løsneområdet bestemt med bakgrunn i metoden beskrevet i NIFS rapport nr. 14-2016 [8] og NGIs tekniske notat 201440848-01-TN\_rev02 [9]. Profilene er funnet å ha «høy L/H» etter tabell 1 i NGIs tekniske notat, noe som gir L/H = 15 dvs. løsnedistansen er avgrenset av distansen fra skråningsfoten til dit et kvikkleireskred er forventet å kunne utbre seg om skredet følger 1:15-linja til den går ut av kvikkleirelaget, og så en 45 grader linje opp til terrengoverflaten (se tegning nr. 814608-RIG-TEG-802.1 for illustrasjon av denne linjen.) Dette gjelder for det mest kritiske profilet, som er profil C, hvor distansen er funnet å være 98 m.

Det bemerkes at supplerende grunnundersøkelser kan begrense sonens utstrekning.

Utstrekningen av løsneområdet er skissert i tegning nr. 814608-RIG-TEG-001.



### 6.3 Utløpsområde

Utløpsdistansen som er styrende for utløpsområdet er anslått etter metoden beskrevet i NIFS rapport nr. 14-2016. Ved retrogressive skred i kanalisert terreng foreslås en utløpsdistanse på tre ganger løsnedistansen. Utløpsområdet strekker seg derfor ca. 300 m (98 m\*3) nedstrøms fra nederste punktet i løsneområdet.

På tegning nr. 814608-RIG-TEG-001 er utstrekning av utløpsområde skissert.

### 6.4 Skadekonsekvens-, faregrads- og risikoklasseklassifisering

Det er utført evaluering av sonens skadekonsekvens-, faregrads- og risikoklasse for den antatt mest ugunstige delen av sonen. Disse klasseutredningene er presentert i vedlegg 1 og er utført iht. NGI-rapport 20001008-2 «Program for økt sikkerhet mot leirskred – Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire» [10].

#### 6.4.1 Skadekonsekvensklasse

«Fåsenjordet» klassifiseres med **alvorlig skadekonsekvens**. Klassifiseringen gjelder for dagens situasjon.

#### 6.4.2 Faregradsklasse

«Fåsenjordet» klassifiseres med **middels faregrad** for dagens situasjon.

Om stabiliserende tiltak som foreslått i denne rapporten gjennomføres vil faregradscoren reduseres betydelig, og faregradsklassen vil endres til *lav*.

#### 6.4.3 Risikoklasse

For dagens situasjon klassifiseres sonen i **risikoklasse 3** (tallverdi 828).

Om stabiliserende tiltak som foreslått i denne rapporten gjennomføres vil tallverdien reduseres til 436, og risikoklassen endres til *risikoklasse 2*.

## 7 Andre geotekniske vurderinger

De følgende vurderingene gjelder i hovedsak for den delen av tomten som har kvikkleire under topplaget. Området rundt BP3, hvor det ikke er funnet sprøbruddmateriale, vil ha bedre fundamenteringsforhold. Det bemerkes at utstrekningen av dette området er usikkert, og uten at det blir gjort supplerende grunnundersøkelser må det forventes sprøbruddmateriale under topplaget på største delen av tomtene.

### 7.1 Lokalstabilitet

Lokalstabilitet knyttes til utglidninger av begrenset utbredelse som knyttes til konkrete utløsende faktorer. Typiske eksempler er lokalt grunnbrudd under fylling eller fundament samt utglidninger i skråninger som følge av gravearbeider eller poretrykksendringer/erosjon. Det forutsettes at husene tilpasses terrenget i størst mulig grad for å unngå store terrenginngrep med store fyllinger eller dype skjæringer. Lokalstabilitet må vurderes nærmere når det er utarbeidet bebyggelsesplan som viser plassering av boliger og planlagt opparbeiding av terreng rundt husene.

## 7.2 Fundamenteringsforhold

Av hensyn til områdestabilitet og setningsrisiko anbefales det å bygge boliger kompensert. Det vil si at boliger enten må bygges med kjeller eller at det masseutskiftes med lette fyllmasser (f.eks. skumglass eller lettklinker) under bygningene.

Fundamentering på punkt-, stripefundamter eller hel bunnplate må vurderes ut ifra setningshensyn.

Ved utgraving for kjeller må det påregnes at gravenivå vil komme ned i bløt leire. Bunnen av utgravingen vil da være meget bløt, og det må legges vekt på å unngå unødvendig omrøring av leiren. Graveplanum tilrås ikke trafikkert. For å unngå at fundamenter anlegges på omrørt grunn bør det umiddelbart etter utgraving legges ut separasjonsduk og grov grus/pukk. Det må påregnes pumping av vann under grave- og fundamenteringsarbeidene.

Løsmassene er middels telefarlige (T3) etter SVVs håndbok N200 [11]. Frostsikring er derfor påkrevd både i byggefasen (dersom vinterbygging) og i permanentfasen dersom det er kalde rom i bygg. Ved vinterarbeid må snø og tele fjernes og arealer som blir stående åpne må tildekkes/isoleres for å hindre frostnedtrengning og innblanding av snø eller oppbløting av overvann.

All torv og humusholdig jord må fjernes fra området innenfor bygningsareal.

## 7.3 Graving og fylling

Løsmassene under topplaget mister sin styrke ved omrøring og tilførsel av vann. Graving for fundamenter og avretting for gulv på grunnen forutsettes derfor utført slik at ingen konstruksjoner blir anbrakt på oppbløtte og omrørte masser.

Midlertidige graveskrånninger bør ikke etableres brattere enn 1:2 for skråningshøyder inntil 2 m. Eventuelle permanente skjæringer i eksisterende masser som utføres brattere enn 1:2,5 må påregnes å bli utsatt for teleglidning. Dersom brattere skråning kreves for å gjennomføre utgravinga, bør det vurderes særskilte tiltak. Dette gjelder også hvis det påtreffes vannførende lag. Graveskråningene kan optimaliseres i detaljprosjekteringen når prosjektet er nærmere definert (plassering og fundamentnivå).

Under alle gulv på grunn legges et kapillærbrytende lag av pukk eller grov grus og det foreslås benyttet separasjonsduk overalt innenfor byggelinjen der det skal legges pukk eller grov grus over stedlige masser for å hindre inntrengning av finkornede masser.

## 7.4 Atkomstveger

Matjord og humusholdige masser under vegfyllingene må fjernes. Videre må det legges separasjonsduk mellom naturlig grunn og vegfylling (sprengstein eller grus).

All oppfylling må utføres på telefri grunn, eventuelt må telelag fjernes.

Permanente skjæringer må etableres med helning 1:2,5 eller slakere. Dersom brattere skråninger kreves for å gjennomføre utbygginga, må det vurderes særskilte tiltak. Dette gjelder også hvis det påtreffes vannførende lag.

## 7.5 Fylling D

Som nevnt i kap. 4 krever TEK17 at *bygg ikke skal bli involvert i et kvikkleireskred som starter et annet sted, men som deretter suksessivt utvider seg*. Mot nord-øst har ravinen størst skråningshøyde samt en avstand til utbyggingsområdet som ikke er tilstrekkelig lang til å utelukke at en evt. skredhendelse kan spre seg bakover og dermed utgjøre en trussel. Basert på kvartærgeologisk kart og grunnforholdene over resten av tomten, kan det ikke utelukkes sprøbruddmateriale i hele dybden i

dette området. Styrken til disse løsmassene må også antas å bare akkurat hindre skråningen fra å rase ut. Med disse antakelsene er størrelsen på *fylling D* bestemt gjennom gjennomførte stabilitetsberegninger for dagens situasjon og for en situasjon med en fylling som oppfyller kravet om prosentvis forbedring vist i Figur 4.

For å undersøke hvilke deler av tomten som kan bli inkludert i skred fra andre kvikkleireområder (eller med andre ord er en del av en annen soners løsneområde), er en beregning av løsnedistansen for denne profilen gjort etter samme metode som beskrevet i kap. 6.2. Denne løsnedistansen danner så grunnlaget for området markert som *tomtebegrensning* på tegning nr. 814608-RIG-TEG-002.

Det gjentas at hele området muligens kan bebygges uten denne motfyllingen, eller at motfyllingen kan reduseres i størrelse, om det utføres supplerende grunnundersøkelser i området øst for tomtene som avdekker en større forekomst av løsmasser som ikke har sprøbruddkarakter (ikke er kvikkleire), eller som er sterkere enn det som er antatt i beregningene.

## 8 Konklusjon og videre arbeid

Kravene nevnt i kap. 4 vil være oppfylt om de nevnte tiltakene blir gjennomført:

- Etter NVEs veileder 7/2014:
  - Forbedring hvis sikkerhetsfaktoren er under 1,4
- Etter TEK 17:
  - Det vurderes at planområdet ikke står i fare for å utløse et kvikkleireskred så lenge *fylling A* og *fylling C* bygges.
  - Det vurderes at planområdet ikke vil bli involvert i skred fra utenfor undersøkelsesområdet om *fylling D* bygges.
  - Det vurderes at topografiske forhold gjør at planområdet ikke vil bli påvirket av skredmasser fra et evt. skred i nærliggende kvikkleiresoner.

I den videre prosjekteringen bør det ses nærmere på:

- Eventuelle supplerende grunnundersøkelser for å reduserer størrelsen på *fylling D*.
- Vurdere å senke/slake ut skråningstoppen i profil C for å redusere *fylling C*.
- Bekrefte at krav til lokalstabilitet i henhold til Eurokode 7 [12] tilfredsstilles i bygge- og permanentfase.
- Fundamenteringsløsning og –nivå må vurderes i forhold til registrerte bløte og sensitive masser i dybden.
- Hensiktsmessig plassering av bygg/konstruksjoner
- Stabilitet av graveskråninger. Ved all utgraving er det viktig at sikkerheten for de som utfører arbeidene prioriteres. De graveskråningene som er gitt i teksten over er veiledende.

Videre prosjektering forutsettes utført i nært samarbeid med geotekniker.

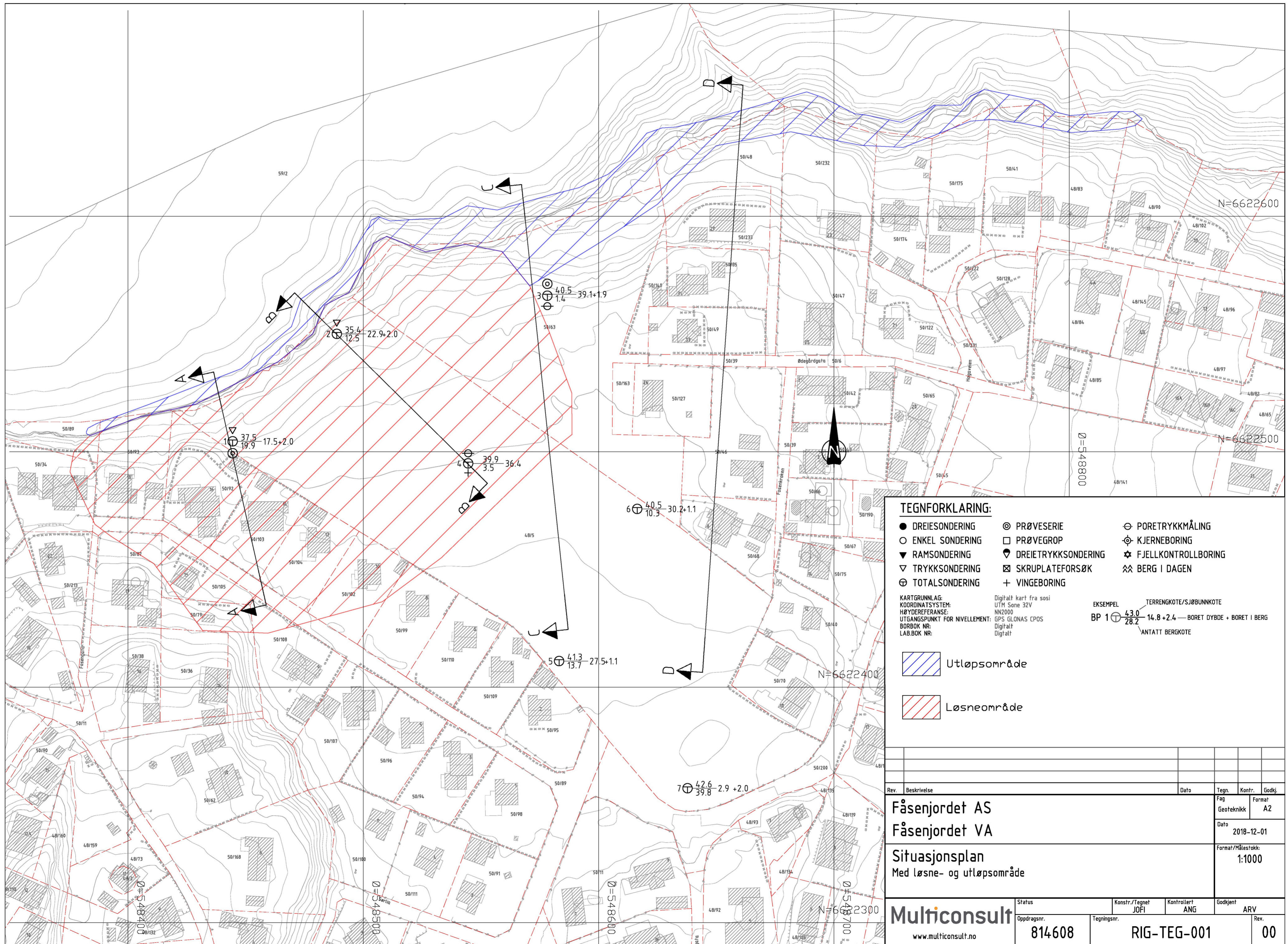
Det bemerkes at nybygg på tomta må vurderes etter krav til «ikke å utløse kvikkleireskred» i egen byggesak. For det aktuelle området er forholdene slik at dette kravet vil sammenfalle med krav i gjeldende geoteknisk prosjekteringsstandard (Eurokode 7) og således ikke ha noen praktisk betydning.



## 9 Referanser

- [1] NVE, «Sikkerhet mot kvikkleireskred», Veileder nr. 7/2014, 2014.
- [2] Kartverket, «Norgeskart», *Norgeskart*. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.norgeskart.no>.
- [3] COWI, «Fosengata 2 Vestfossen», Geotekniske grunnundersøkelser, datarapport A031517-RIG-R-01, jun. 2013.
- [4] Multiconsult, «Fosengata 2, Vestfossen», Stabilitetsvurderinger 814423-RIG-NOT-001.
- [5] «NGU kvartærgeologisk kart». [Online]. Tilgjengelig på: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>.
- [6] (NVE) Norges vassdrags- og energidirektorat, «Kvikkleirekart NVE Atlas», *NVE Atlas*. [Online]. Tilgjengelig på: <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#>.
- [7] Direktoratet for byggkvalitet, «Veiledning om tekniske krav til byggverk (TEK17)», 2017.
- [8] NIFS, «Metode for vurdering av løсне- og utløpsområder for områdeskred», 14/2016, 2016.
- [9] Jean-Sebastien L'Heureux, «Beskrivelse av L/H tabellen for vurdering av løснеområdet for områdeskred», Teknisk notat 201440848-01-TN\_rev02, sep. 2015.
- [10] NGI, «Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire. Revisjon 3», Veiledning 20001008–2, aug. 2008.
- [11] V. Statens vegvesen, «Vegbygging (Håndbok N200)», Vegdirektoratet, Oslo, Normaler, jul. 2018.
- [12] Standard Norge, «Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver (NS-EN 1997-2:2007+NA:2008)», Standard Norge, Norsk standard (Eurokode) NS-EN 1997-2:2007+NA:2008, 2008.





**TEGNFORKLARING:**

- DREIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RAMSONDERING
- ▽ TRYKKSONDERING
- ⊕ TOTALSONDERING
- ⊙ PRØVESERIE
- PRØVEGROP
- ◆ DREIETRYKKSONDERING
- ⊠ SKRUPLATEFORSØK
- + VINGEBORING
- ⊖ PORETRYKKMÅLING
- ⊕ KJERNEBORING
- ⊠ FJELLKONTROLLBORING
- ⊠ BERG I DAGEN

KARTGRUNNLAG:  
 KOORDINATSYSTEM:  
 HØYDEREFERANSE:  
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT:  
 BORBOK NR:  
 LAB.BOK NR:

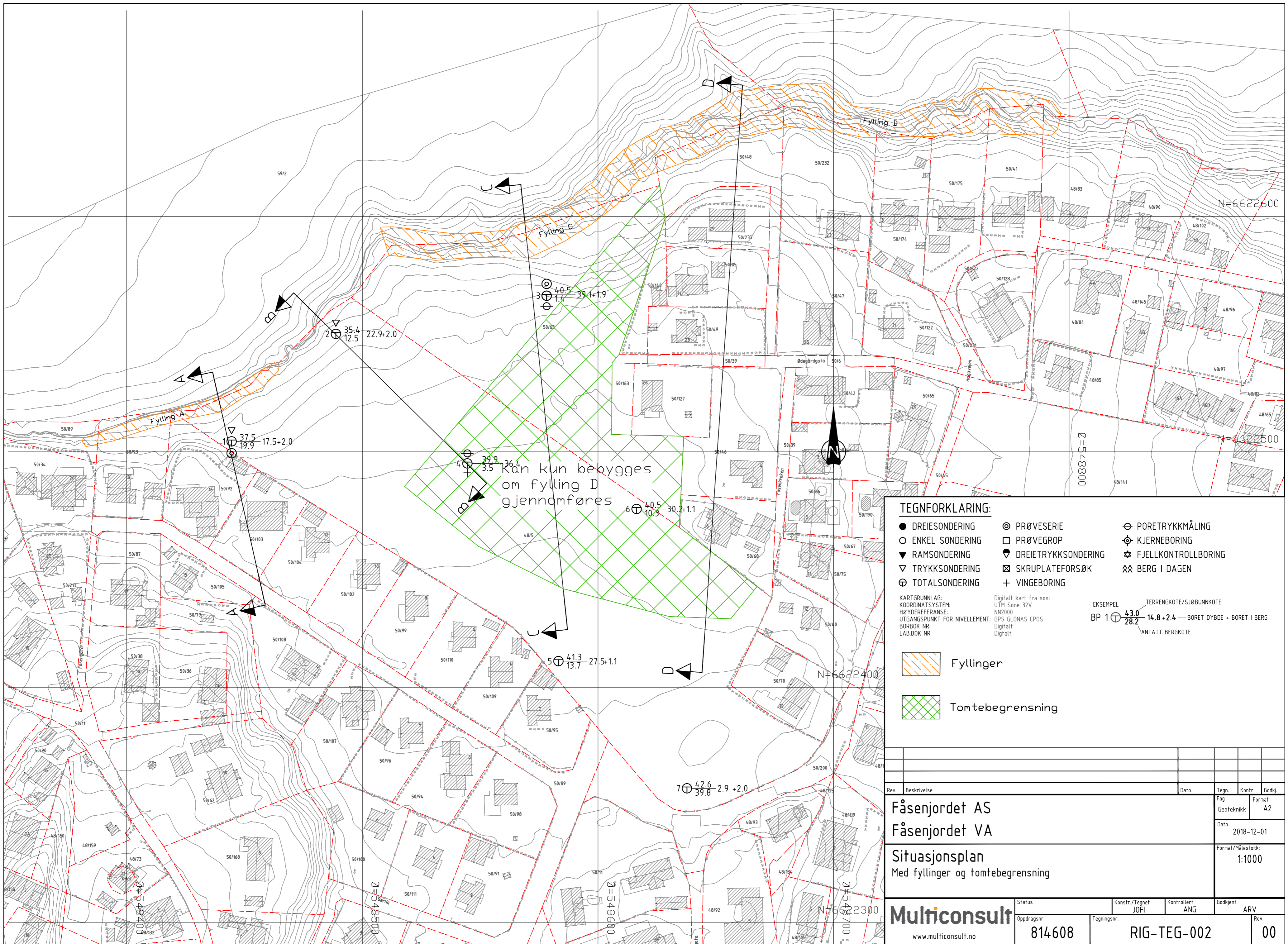
Digitalt kart fra sosi  
 UTM Sone 32V  
 NN2000  
 GPS GLONAS CPDS  
 Digitalt  
 Digitalt

EKSEMPEL  
 BP 1 ⊕  $\frac{43.0}{28.2}$  14.8 + 2.4 — BORET DYBDE + BORET I BERG  
 ANTATT BERGKOTE

- Utløpsområde
- Løsneområde

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	<b>Fåsenjordet AS</b>		Fag		Format
	<b>Fåsenjordet VA</b>		Geoteknikk		A2
	<b>Situasjonsplan</b>		Dato		
	<b>Med løsne- og utløpsområde</b>		2018-12-01		
			Format/Målestokk:		1:1000
<b>Multiconsult</b>		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		Oppdragsnr.	JOFI	ANG	ARV
		814608	<b>RIG-TEG-001</b>		<b>00</b>





**TEGNFORKLARING:**

- DREIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RAMSONDERING
- ▽ TRYKKSONDERING
- ⊕ TOTALSONDERING
- ⊙ PRØVESERIE
- PRØVEGROP
- ◆ DREIETRYKKSONDERING
- ⊠ SKRUPLATEFORSØK
- + VINGEBORING
- ⊖ PORETRYKKMÅLING
- ⊕ KJERNEBORING
- ⊠ FJELLKONTROLLBORING
- ⊠ BERG I DAGEN

KARTGRUNNLAG:  
 KOORDINATSYSTEM:  
 HØYDEREFERANSE:  
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT:  
 BORBOK NR:  
 LAB.BOK NR:

Digitalt kart fra sosi  
 UTM Sone 32V  
 NN2000  
 GPS GLONAS CPOS  
 Digitalt  
 Digitalt

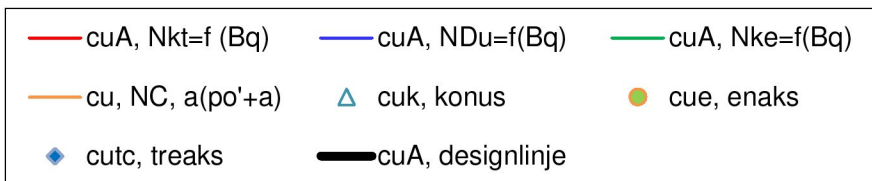
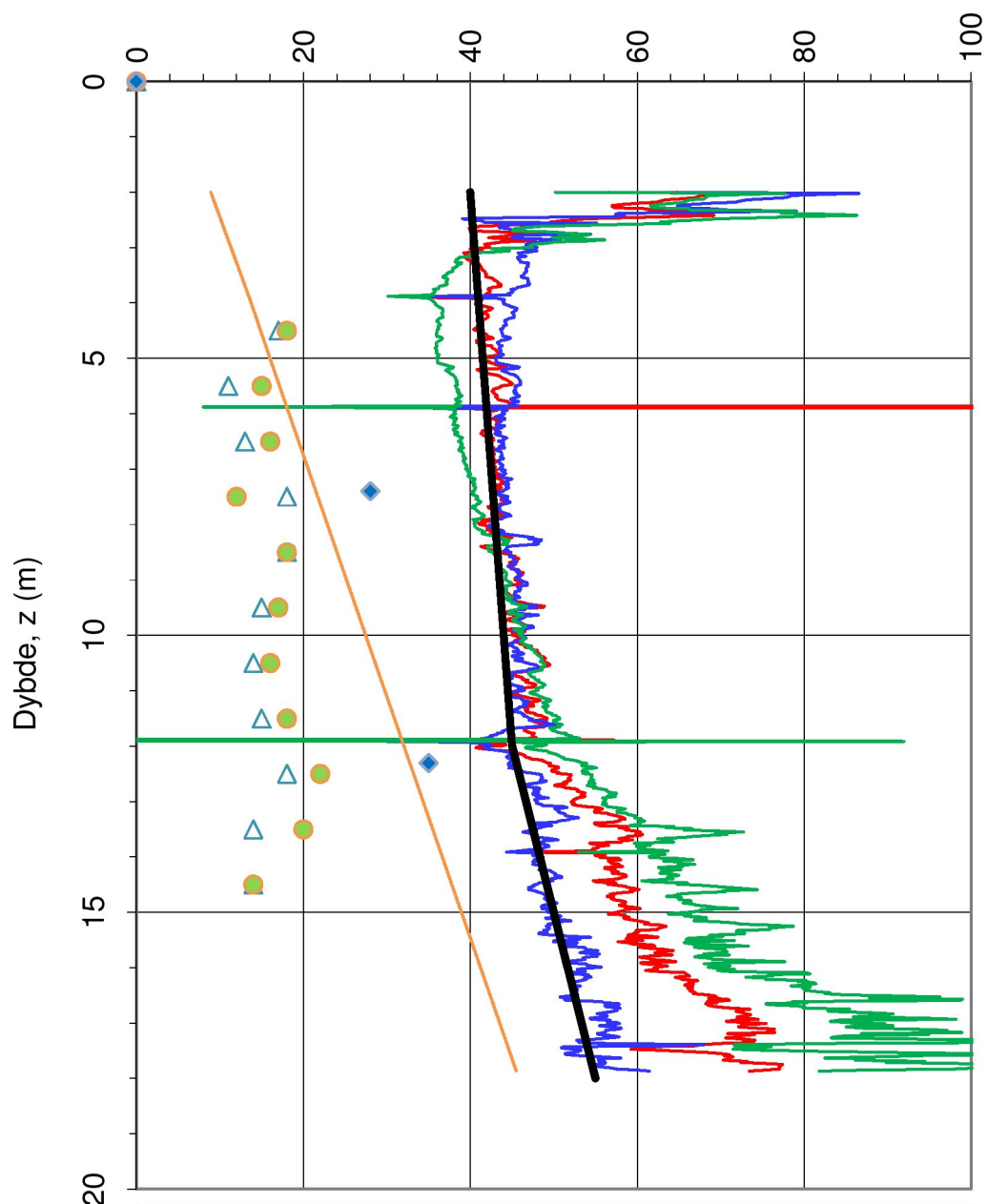
EKSEMPEL TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE  
 BP 1 ⊕  $\frac{43.0}{28.2}$  — 14.8+2.4 — BORET DYBDE + BORET I BERG  
 ANTATT BERGKOTE

- Fyllinger
- Tomtebegrensning

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.
			Fag	Format
			Geoteknikk	A2
			Dato	
			2018-12-01	
			Format/Målestokk:	
			1:1000	
<b>Fåsenjordet AS</b>				
<b>Fåsenjordet VA</b>				
<b>Situasjonsplan</b>				
Med fyllinger og tomtebegrensning				
<b>Multiconsult</b>		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert
www.multiconsult.no		Oppdragsnr.	JOFI	ANG
814608		Tegningsnr.	ANG	Godkjent
RIG-TEG-002			ARV	
00				



Udrenert skjærfasthet,  $c_{uA}$  (kN/m<sup>2</sup>)



$Nkt = (18,7-12,5 \cdot Bq)$   
 $NDu = (1,8+7,25 \cdot Bq)$   
 $Nke = (13,8-12,5 \cdot Bq)$

$\alpha_c$  valgt: **0,27**

Referansem metode: Karlsrud et al (1996)

Oppdragsgiver:

**Fåsenjordet AS**

Oppdrag:

**Fåsenjordet VA**

Tegningens filnavn:

CPTU\_EXTRA\_v5.0

Aktiv udrenert skjærfasthet  $c_{uA}$ , korrelert mot  $B_q$ .

**Multiconsult**

CPTU id.:

2

Sonde:

3243

**MULTICONSULT AS**

Dato:

2018-10-26

Tegnet:

JOFI

Kontrollert:

ANG

Godkjent:

ARV

Oppdrag nr.:

814608

Tegning nr.:

501

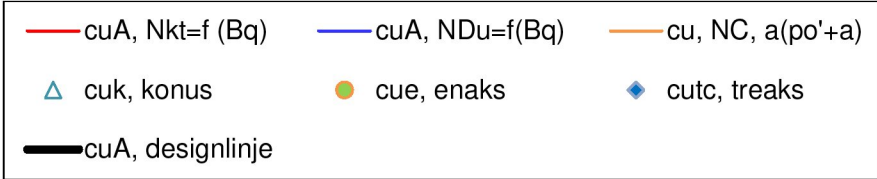
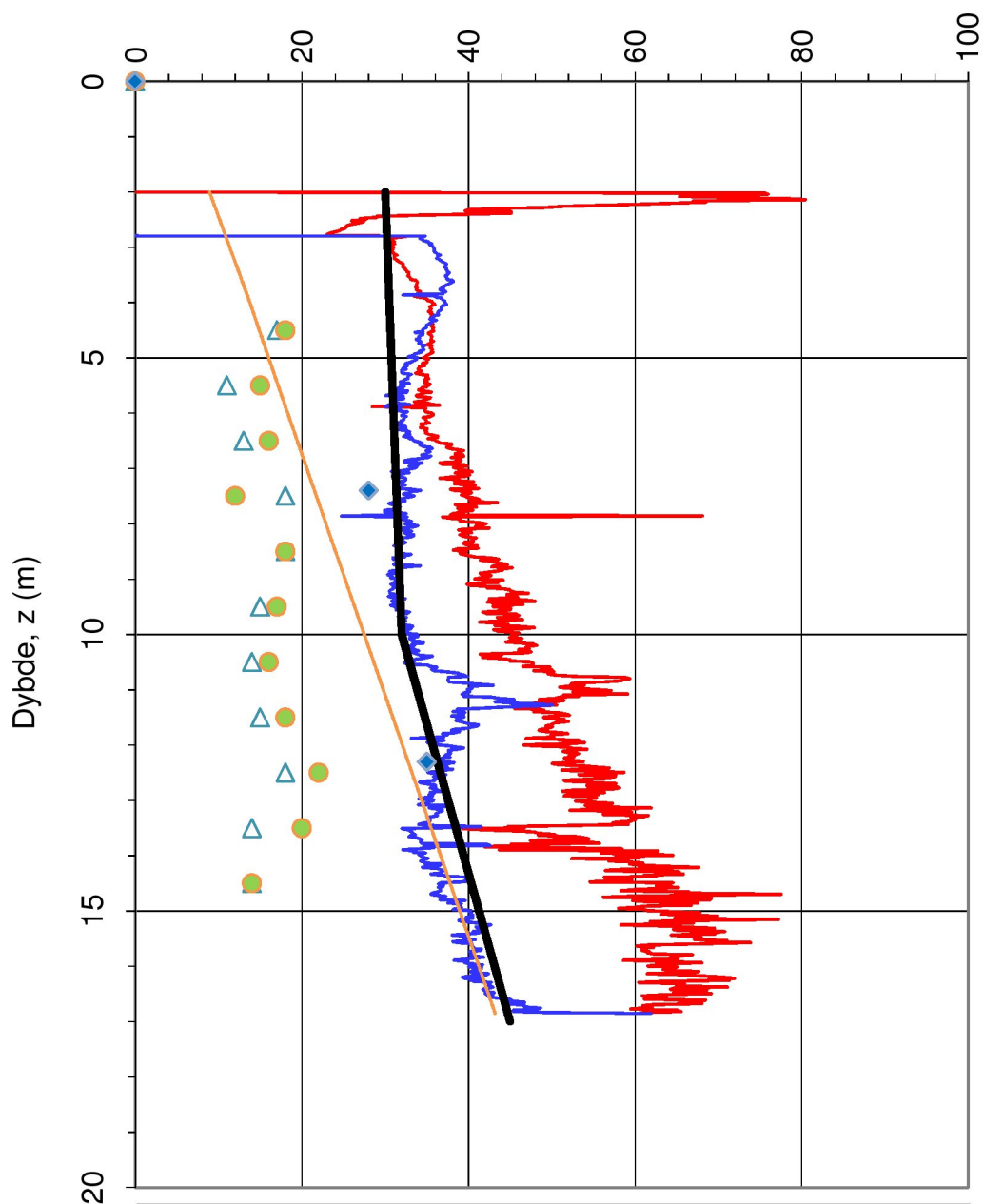
Versjon:

2015-10-02

Revisjon:

00

Udrenert skjærfasthet,  $c_{uA}$  (kN/m<sup>2</sup>)



$N_{kt} = (18,7-12,5 \cdot B_q)$   
 $N_{du} = (1,8+7,25 \cdot B_q)$   
 $N_{ke} = (13,8-12,5 \cdot B_q)$

$\alpha_c$  valgt: **0,27**

Referansem metode: Karlsrud et al (1996)

Oppdragsgiver:

**Fåsenjordet AS**

Oppdrag:

**Fåsenjordet VA**

Tegningens filnavn:

CPTU\_EXTRA\_v5.0

Aktiv udrenert skjærfasthet  $c_{uA}$ , korrelert mot  $B_q$ .

**Multiconsult**

CPTU id.:

1

Sonde:

4584

**MULTICONSULT AS**

Dato:

2018-10-26

Tegnet:

JOFI

Kontrollert:

ANG

Godkjent:

ARV

Oppdrag nr.:

814608

Tegning nr.:

500

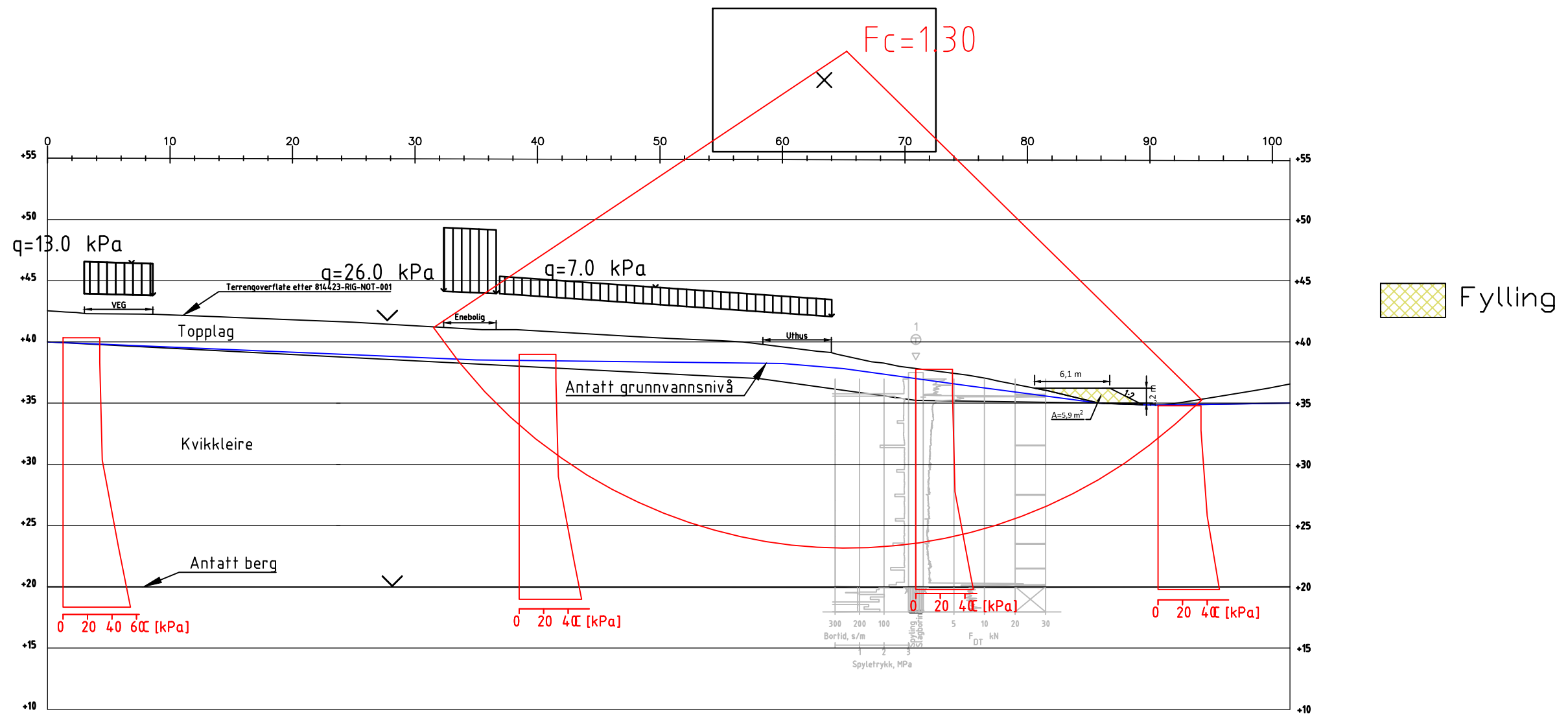
Versjon:

2015-10-16

Revisjon:

00

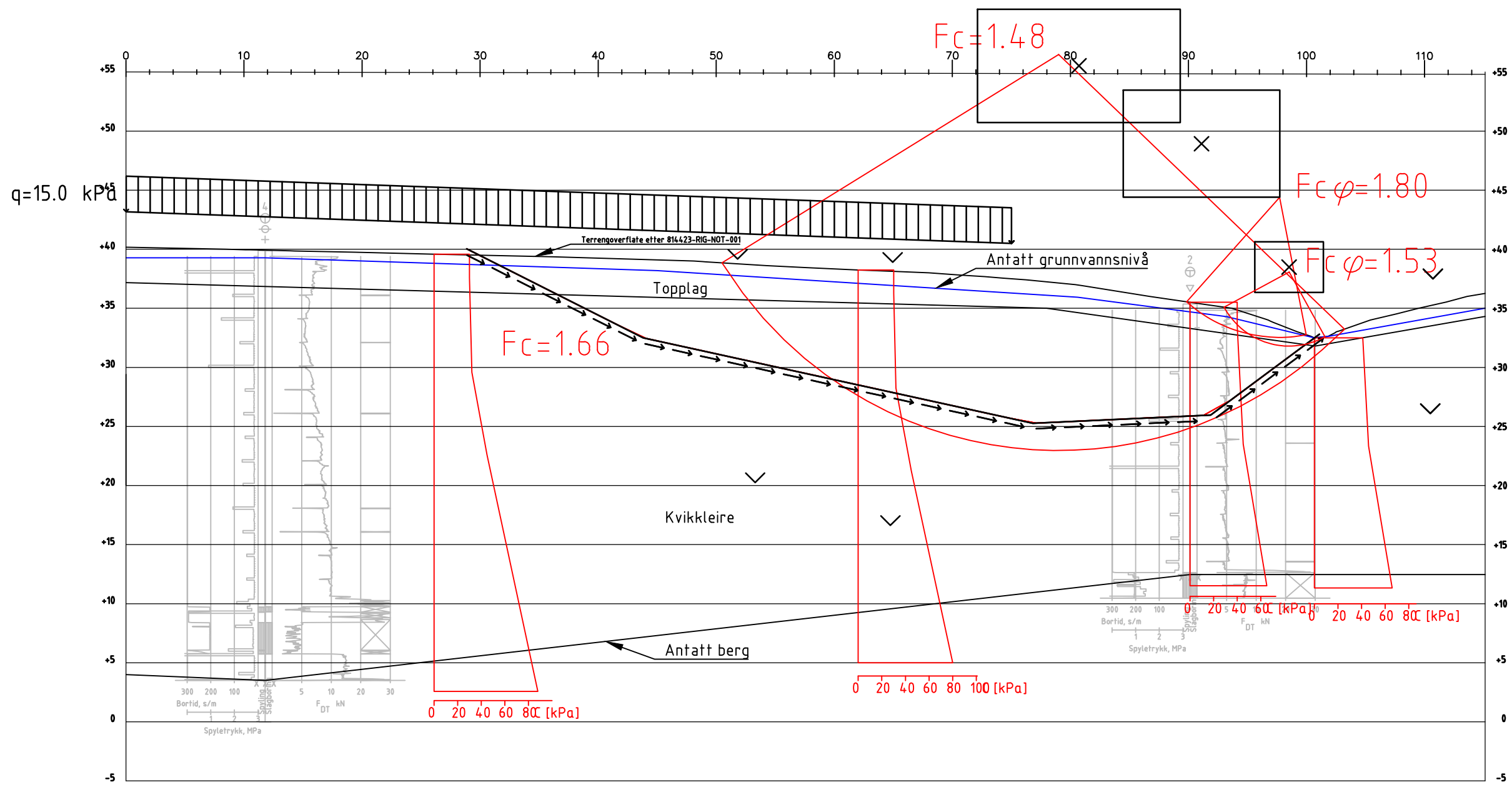




Profil A

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	19.00	9.00	42.0	0.9				
Topplag	19.00	9.00	31.0	0.6				
Kvikkleire	18.20	8.20						
				C-prof 0.85 0.63 0.35				

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Fåsenjordet AS		Fag		Format
	Fåsenjordet VA		Geoteknikk		A3
	Profil A		Dato		2018-12-01
	Stabilitetsberegning, ADP-analyse		Format/Målestokk:		1:400
	Med tiltak				
<b>Multiconsult</b> www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		Oppdragsnr.	JOFI	ANG	ARV
		814608	Tegningsnr.		Rev.
			RIG-TEG-800.2		00

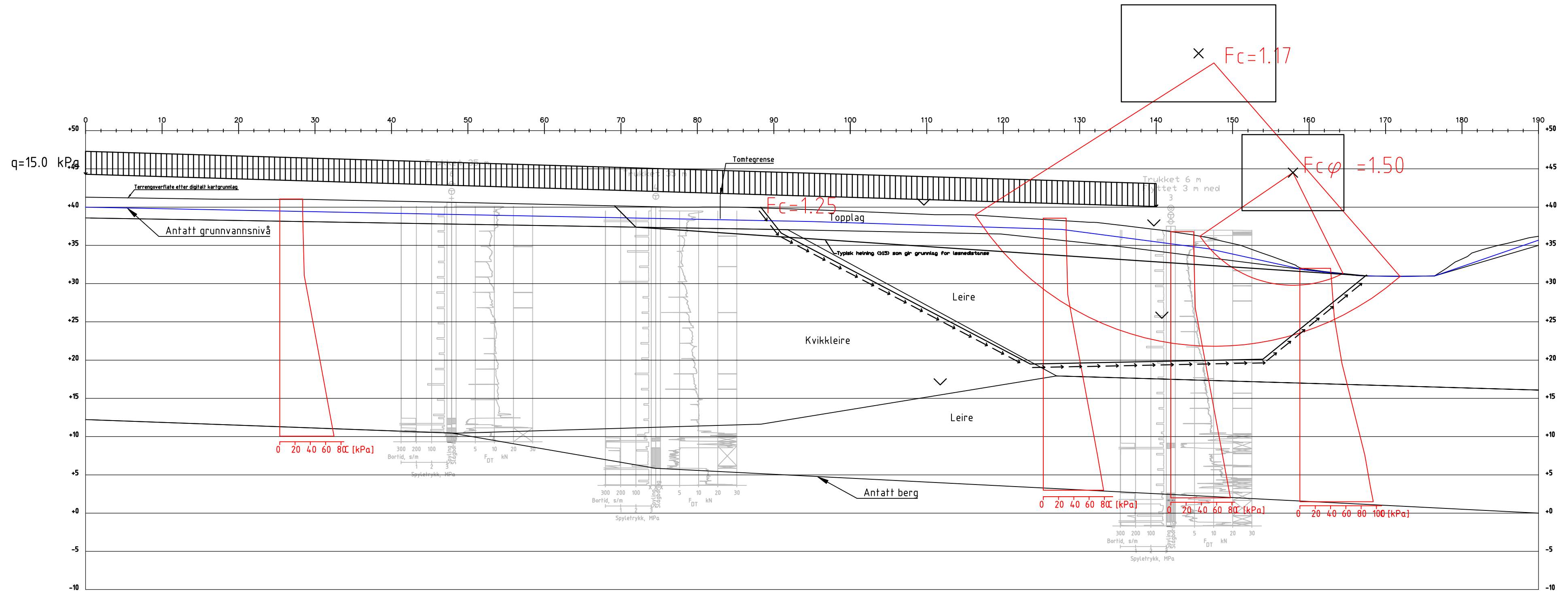


Profil B

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Topplag	19.00	9.00	31.0	0.6				
Kvikkleire	18.20	8.20	27.2	2.6	C-prof	0.85	0.63	0.35

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fåsenjordet AS Fåsenjordet VA			Fag Geoteknikk	Format A3	
Profil B Stabilitetsberegning, ADP-analyse og $\alpha\phi$ -analyse Dagens geometri			Dato 2018-12-01	Format/Målestokk: 1:400	
Multiconsult www.multiconsult.no		Status Oppdragsnr. 814608	Konstr./Tegnet JOFI	Kontrollert ANG	Godkjent ARV
		Tegningsnr. RIG-TEG-801.1			Rev. 00

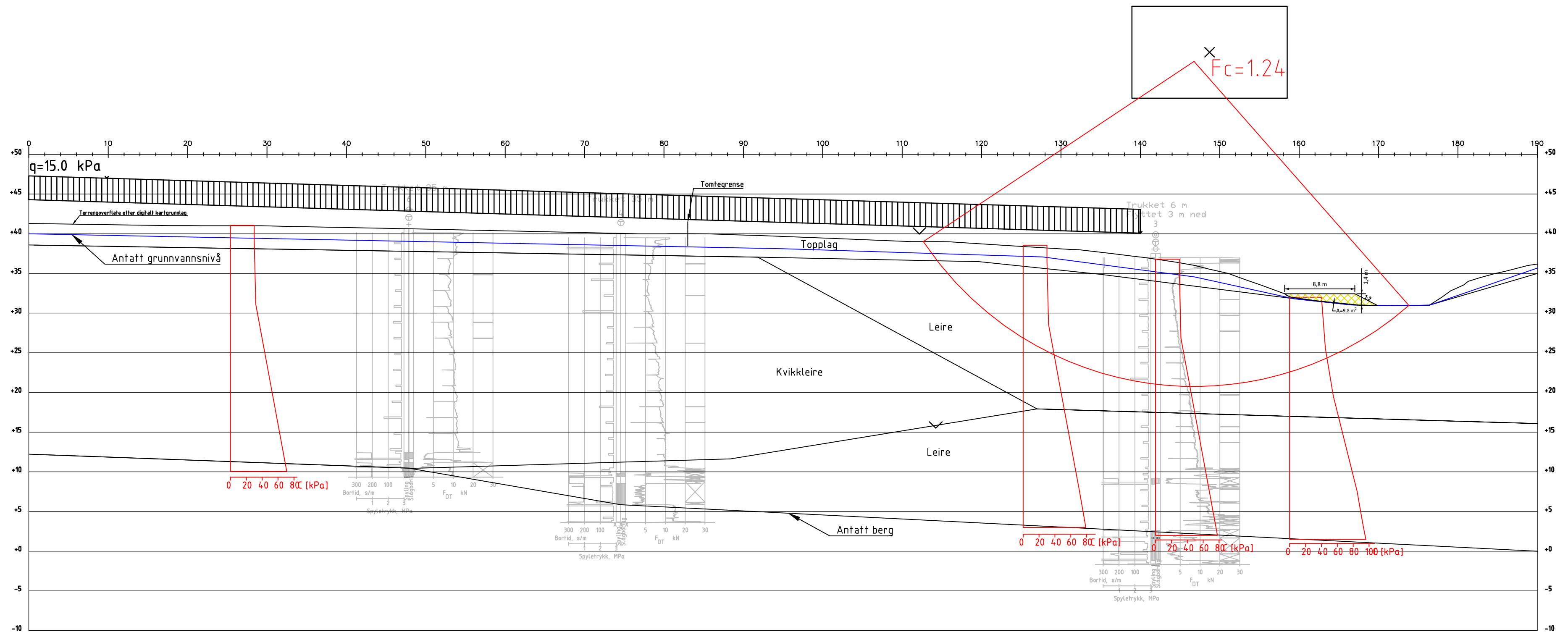




Profil C

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Topplag	19.00	9.00	31.0	0.6				
Leire	18.20	8.20	27.2	2.6	C-prof	1.00	0.67	0.39
Kvikkleire	18.20	8.20	27.2	2.6	C-prof	0.85	0.63	0.35

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Fåsenjordet AS		Fag	Format	
	Fåsenjordet VA		Geoteknikk	A3L	
			Dato		
			2018-12-01		
	Profil C		Format/Målestokk:		
	Stabilitetsberegning, ADP-analyse og aφ-analyse		1:400		
	Dagens geometri				
	Multiconsult www.multiconsult.no	Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		Oppdragsnr.	JOFI	ANG	ARV
	814608	Tegningsnr.	RIG-TEG-802.1	Rev.	00



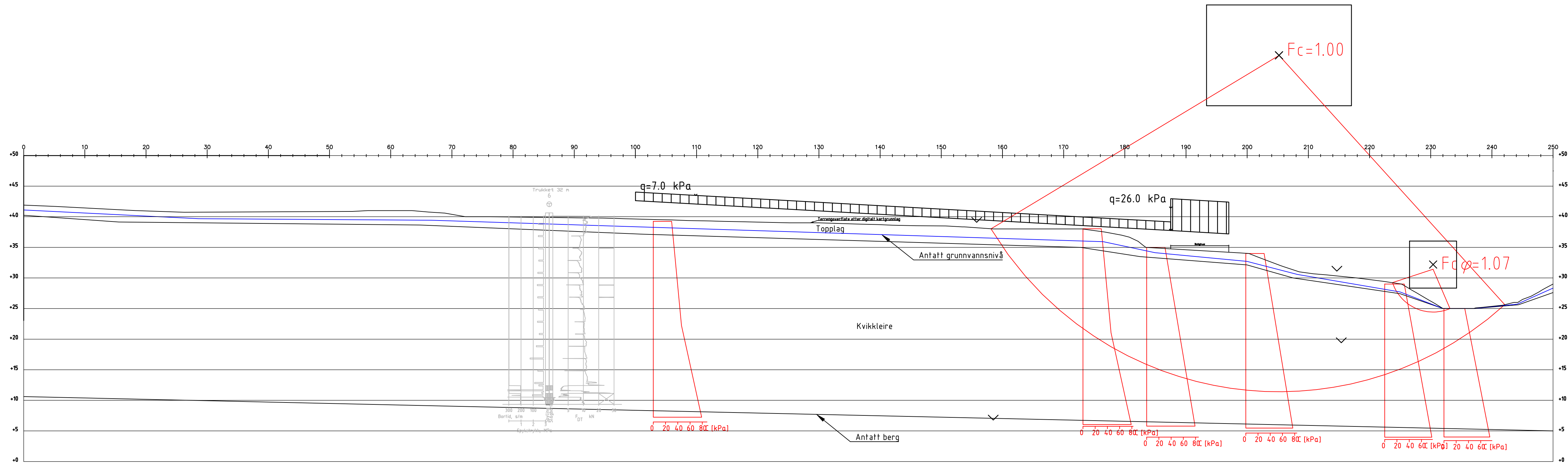
Profil C

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	19.00	9.00	42.0	0.9				
Topplag	19.00	9.00	31.0	0.6				
Leire	18.20	8.20	27.2	2.6	C-prof	1.00	0.67	0.39
Kvikkleire	18.20	8.20	27.2	2.6	C-prof	0.85	0.63	0.35

 Fylling

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Fåsenjordet AS		Fag		Format
	Fåsenjordet VA		Geoteknikk		A3L
			Dato		2018-12-01
	Profil C		Format/Målestokk:		1:400
	Stabilitetsberegning, ADP-analyse		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert
	Med tiltak		OPDRAGS NR.	JOFI	ANG
			814608		ARV
			Tegningsnr.		Rev.
			RIG-TEG-802.2		00

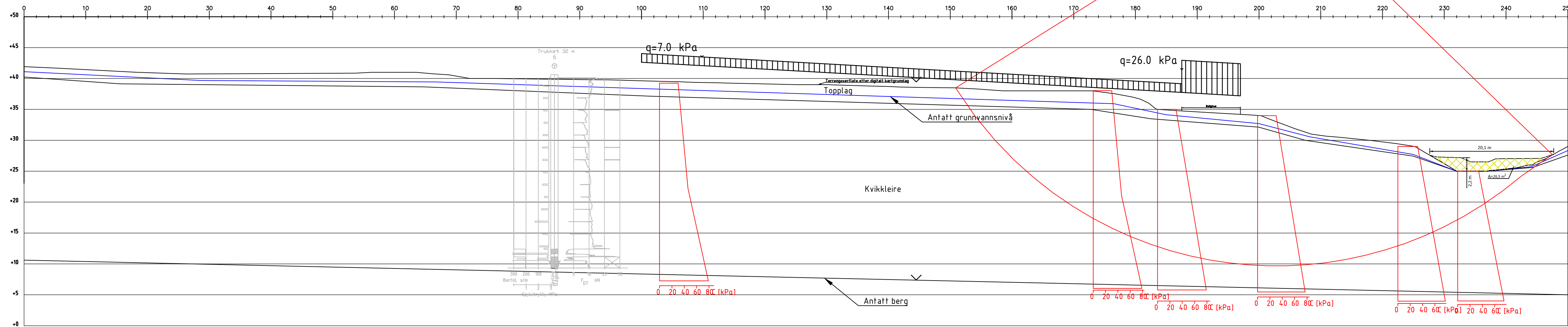
**Multiconsult**  
www.multiconsult.no



Profil D

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Topplag	19.00	9.00	31.0	0.6				
Kvikkleire	18.20	8.20	27.2	2.6	C-prof	0.85	0.63	0.35

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fåsenjordet AS Fåsenjordet VA			Fag Geoteknikk	Format A3L	
			Dato	2018-12-01	
Profil D Stabilitetsberegning, ADP-analyse og aφ-analyse Dagens geometri			Format/Målestokk: 1:400		
<b>Multiconsult</b> www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet JOFI	Kontrollert ANG	Godkjent ARV
Oppdragsnr.	814608	Tegningsnr.	RIG-TEG-803.1		Rev. 00



Profil D

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	19.00	9.00	42.0	0.9				
Topplag	19.00	9.00	31.0	0.6				
Kvikkleire	18.20	8.20			C-prof	0.85	0.63	0.35

 Fylling

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fåsenjordet AS Fåsenjordet VA			Fag Geoteknikk	Format A3	
Profil D Stabilitetsberegning, ADP-analyse Med tiltak			Dato 2018-12-01	Format/Målestokk 1:400	
Multiconsult www.multiconsult.no		Status Oppdragsnr. 814608	Konstr./Tegnet JOFI	Kontrollert ANG	Godkjent ARV
		Tegningsnr. RIG-TEG-803.2			Rev. 00

# Vedlegg 1

## Risiko- og faregradsvurdering

### 1. Skadekonsekvensklasse

Skadekonsekvensevalueringen av kvikkleiresone «Fåsenjordet» er utført iht. NGI-rapport 20001008-2, rev.3, datert 08.10.2008 «Program for økt sikkerhet mot leirskred – Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire» [1].

Evalueringene er utført iht. Tabell 1 under.

Tabell 1: Klassifisering av skadekonsekvens

Faktorer	Vekttall	Skadekonsekvens, score			
		3	2	1	0
Boligheter, antall	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	> 50	10-50	< 10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	> 5000	1001-5000	100-1000	< 100
Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning/flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
<b>Sum poeng</b>		<b>45</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>0</b>
<b>% av maksimal poengsum</b>		<b>100 %</b>	<b>67 %</b>	<b>33 %</b>	<b>0 %</b>

Skadekonsekvensklassene er inndelt inn i tre klasser:

- Skadekonsekvensklasse mindre alvorlig: Poengverdi 0-6
- Skadekonsekvensklasse alvorlig: Poengverdi 7-22
- Skadekonsekvensklasse meget alvorlig: Poengverdi 23-45

Tabell 2: Skadekonsekvensevaluering for kvikkleiresone «Fåsenjordet»

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Boligheter, antall	4	2	8	Spredt eneboligbebyggelse med over 5 boligheter.
Næringsbygg, personer	3	0	0	Ingen næringsbebyggelse i løsne- eller utløpsområde
Annen bebyggelse, verdi	1	0	0	Ingen annen bebyggelse i løsne- eller utløpsområde
Vei, ÅDT	2	0	0	Kun små gater innad i boligfeltet [2]
Toglinje, baneprioritet	2	0	0	Jernbane berøres ikke
Kraftnett	1	0	0	Kun lokalnett kan bli berørt
Oppdemning/flom	2	1	2	Liten fare for oppdemming.
<b>Sum poeng</b>			<b>10</b>	<b>Skadekonsekvens ALVORLIG</b>

«Fåsenjordet» klassifiseres med mindre alvorlig skadekonsekvens. Klassifiseringen gjelder for dagens situasjon.

## 2. Faregradsevaluering av «Fåsenjordet»

Etter tolkning av sonderinger og prøveserier er det gjort en vurdering av omfanget av sprøbruddmateriale. Denne avgrensningen er utgangspunktet for kvikkleiresoneinndelingen som vist på tegning nr. 814608-RIG-TEG-001.

Faregradsevalueringen for «Fåsenjordet» er gjort for den antatt mest ugunstige delen av sonen.

Faregradsevalueringene er utført iht. NGI-rapport 20001008-2, rev.3, datert 8.10.2008 «Program for økt sikkerhet mot leirskred – Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire».

Evalueringene er utført iht. Tabell 3. Resultat er vist i Tabell 4.

Tabell 3: Kriterier for faregradsevaluering iht. NGIs rapport 20001008-2, rev 3.

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidl. skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, m	2	> 30	20-30	15-20	< 15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	> 2,0
Poretrykk					
Overtrykk, kPa	+3	> +30	10-30	0-10	Hydrostatisk
Undertrykk, kPa	-3	> -50	-(20-50)	-(0-20)	
Kvikkleiremektighet	2	> H/2	H/2-H/4	< H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	> 100	30-100	20-30	< 20
Erosjon	3	Aktiv/glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep					
Forverring	+3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	
<b>Sum poeng</b>		<b>51</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>0</b>
<b>% av maksimal poengsum</b>		<b>100 %</b>	<b>67 %</b>	<b>33 %</b>	<b>0 %</b>

Faregradsklassene er inndelt i tre faresoner:

- Faregradsklasse LAV: Poengverdi 0-17
- Faregradsklasse MIDDELS: Poengverdi 18-25
- Faregradsklasse HØY: Poengverdi 26-51

Tabell 4: Faregradsevaluering av kvikkleiresone «Fåsenjordet»

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	1	1	Skredkanter registret på løsmassekart fra NGU ca. 700 m øst for undersøkelsesområdet. Settes som «lav».
Skråningshøyde, m	2	0	0	Drivende høydeforskjell for dagens situasjon er <15 m.
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	3	6	Ødometerforsøk viser noe overkonsoliderte forhold.
Poretrykk	+3/-3	-1	-3	Poretrykksmålinger viser et undertrykk på ca. 15 kPa på 15 m dyp på toppen.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Gjennomsnittlig mektighet av sprøbruddmateriale er >H/2.
Sensitivitet	1	3	3	Målt sensitivitet er over 100
Erosjon	3	2	6	Antas noe erosjon etter observasjoner av Knut Espedal i 2016*
Inngrep	+3/-3	0	0	Ingen inngrep på nåværende tidspunkt.
<b>Sum poeng</b>			<b>19</b>	<b>FAREGRAD MIDDELS</b>

\*Anbefales ny befaring for å avdekke erosjonsforholdene

«Fåsenjordet» klassifiseres med middels faregrad for dagens situasjon.

### 3. Risikoklasse

Vurdering av risikoklasse av kvikkleiresone «Fåsenjordet» er utført iht. NGI-rapport 20001008-2, rev.3, datert 08.10.2008 «Program for økt sikkerhet mot leirskred – Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire».

Tallverdien for risiko beregnes ved å multiplisere %-tallet for skadekonsekvens med %-tallet for faregrad. Risiko er inndelt i fem klasser:

- Risikoklasse 1 omfatter alle soner med tallverdi fra 0 til 170
- Risikoklasse 2 omfatter alle soner med tallverdi fra 171 til 630
- Risikoklasse 3 omfatter alle soner med tallverdi fra 631 til 1 900
- Risikoklasse 4 omfatter alle soner med tallverdi fra 1 901 til 3 200
- Risikoklasse 5 omfatter alle soner med tallverdi fra 3 201 til 10 000

#### Risikoklasse for kvikkleiresone «Fåsenjordet»:

- For dagens situasjon klassifiseres sonen i **Risikoklasse 3** (tallverdi 828)

### 4. Referanse

- [1] NGI, «Vurdering av risiko for skred. Metodefor klassifisering av faresoner, kvikkleire. Revisjon 3», Veiledning 20001008–2, aug. 2008.
- [2] Statens vegvesen, «Vegkart», *Vegkart*. [Online]. Tilgjengelig på: [www.vegvesen.no/vegkart](http://www.vegvesen.no/vegkart).



## Vedlegg 2

# Grunnlag for stabilitetsvurderinger

### 1. Grunnlag for stabilitetsvurderinger

Tolkning av parametere er gjort på basis av utførte laboratorieundersøkelser på opptatte 54 mm prøveserier, trykksonderinger (CPTU) og erfaringsverdier iht. Statens vegvesen Håndbok V220 [1].

#### 1.1 Kvalitet av undersøkelser

Enaksiale trykkforsøk og ødometerforsøk har forholdsvis klare knekkpunkt og er ansett til å være i akseptabel kvalitet. 2 av triaksialforsøkene vurderes å ha ikke-akseptabel kvalitet (PR1, d=12,30 m og PR3, d=7,40 m) basert på spenningskurver og endring i poretrykk, og tillegges derfor liten vekt. Det siste triaksialforsøket (PR1, d=7,40 m) vurderes å ha akseptabel kvalitet.

#### 1.2 Lagdeling

Lagdelingen er basert på sonderingsprofiler og klassifisering av prøveserier i laboratoriet. Bergoverflatens forløp er antatt på de totalsonderingene som har boret i berg der det finnes, og er ellers antatt konservativt. Se tegning nr. 814608-RIG-TEG-800.1 t.o.m. -803.1 for benyttet lagdeling.

#### 1.3 Tyngdetetthet

Målt tyngdetetthet på opptatte prøver er benyttet som grunnlag. Se tegning nr. 125517-RIG-TEG-10 og -11 i rapport nr. A031517-RIG-R-01 for geotekniske data.

#### 1.4 Laster

Ugunstig i profilene er det antatt 10 kPa trafikklast, 10 kPa last per etasje for eneboliger og en generell nyttelast på 5 kPa. Alle med partialfaktor 1,3.

I profil B og C er det antatt en generell ekstralast på 15 kPa ugunstig i profilet for å representere tilleggslasten som kan tilkomme ved utbygging.

#### 1.5 Grunnvannsnivå og poretrykksfordeling med dybden

I stabilitetsberegningene er grunnvannstanden antatt å ligge ca. 1 m under terrengoverflaten i toppen av skråningene og i terrengoverflaten i bunn. Det er antatt hydrostatisk poretrykksfordeling med dybden over hele profilet, i alle profilene.

#### 1.6 Effektivspenningsparametere

Valg av effektivspenningsparametere for kvikkleiren er basert på triaksialforsøket med akseptabel kvalitet (PR1 d=7,40 m). Effektivspenningsparametere for topplaget og fyllingen er basert på erfaringsverdier iht. Statens vegvesen Håndbok V220, samt erfaringer fra lignende grunnforhold. Parameterne er oppsummert i Tabell 1.

Tabell 1: Materialparametre Fåsenjordet

Materiale	Tyngdetetthet, $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Friksjon, $\tan \varphi_k$ [-]	Attraksjon, $a$ [kPa]
Topplag	19,0	0,60 ( $\phi_k = 31,0^\circ$ )	1
Kvikkleire	18,2	0,52 ( $\phi_k = 27,2^\circ$ )	5
Leire	18,2	0,52 ( $\phi_k = 27,2^\circ$ )	5
Fylling	19,0	0,90 ( $\phi_k = 42,0^\circ$ )	1

## 1.7 Udrenert skjærfasthet

### $c_u$ fra enaks og konus

Verdier for  $c_u$  fra rutineundersøkelser på opptatte prøver (enaks og konus) er inkludert i vurderingen av opptredende udrenert skjærfasthet, men ikke tillagt særlig vekt.

### $c_u$ fra vertikal effektivspenning

Det er antatt at skjærstyrken ikke overgår følgende konservative anslag med dybden:

$$c_u = \alpha \cdot (\sigma'_{v0} + a)$$

der

$\alpha$  = normalkonsolideringsforholdet, valgt  $\alpha=0,27$

$\sigma'_{v0}$  = effektiv in-situ vertikalspenning

$a$  = attraksjon, antatt 5

Profiler for udrenert skjærfasthet hentet fra CPTU er presentert på tegning nr. -TEG-500 og 501, disse er så tilpasset noe for å samsvare med hverandre og terrengforhold.

For profil D, der datagrunnlaget er meget begrenset, ble udrenert skjærfasthet antatt konservativt og tilpasset slik at sikkerhetsfaktoren ble 1,00.

Benyttede profiler er vist i tegning nr. 814608-RIG-TEG-800.1 t.o.m. 803.1.

## 1.8 Anisotropi

Det er ikke utført parallelle aktive og passive treaksialforsøk for vurdering av anisotropiforhold. Anisotropiforholdet er vurdert ut fra NIFS-rapport nr. 14/2014: «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer» [3].

Tabell 2: Omforent anbefaling av anisotropifaktorer (ADP-faktorer). Hentet fra Tabell 1 i NIFS-rapport nr. 14/2014: «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer».

$I_p$	$C_{uD}/C_{uC}$	$C_{uE}/C_{uC}$
$I_p \leq 10 \%$	0,63	0,35
$I_p > 10 \%$	$0,63+0,00425 \cdot (I_p-10)$	$0,35+0,00375 \cdot (I_p-10)$

Basert på prøveseriene i BP1 og BP3 som viser en plastisitetsindeks på henholdsvis <10 % og ca. 20 % gir det følgende ADP-faktorer i kvikkleire og leire:

*Kvikkleire:*

$$\frac{C_{uD}}{C_{uA}} = 0,63$$

$$\frac{C_{uP}}{C_{uA}} = 0,35$$

*Leire:*

$$\frac{C_{uD}}{C_{uA}} = 0,67$$

$$\frac{C_{uP}}{C_{uA}} = 0,39$$

Etter anbefaling i NVEs rapport 7/2014 er den aktive skjærfastheten redusert på 15 % i kvikkleiren.

## 1.9 Beregningsverktøy

Stabilitetsberegningene er utført med beregningsprogrammet «GeoSuite Stability» versjon 16.0.0.0 med beregningsmetode Beast 2003. Beregningsmetoden er basert på grenselikevektsmetode, og anvender en versjon av lamellmetoden som tilfredsstiller både kraft- og momentlikevekt.

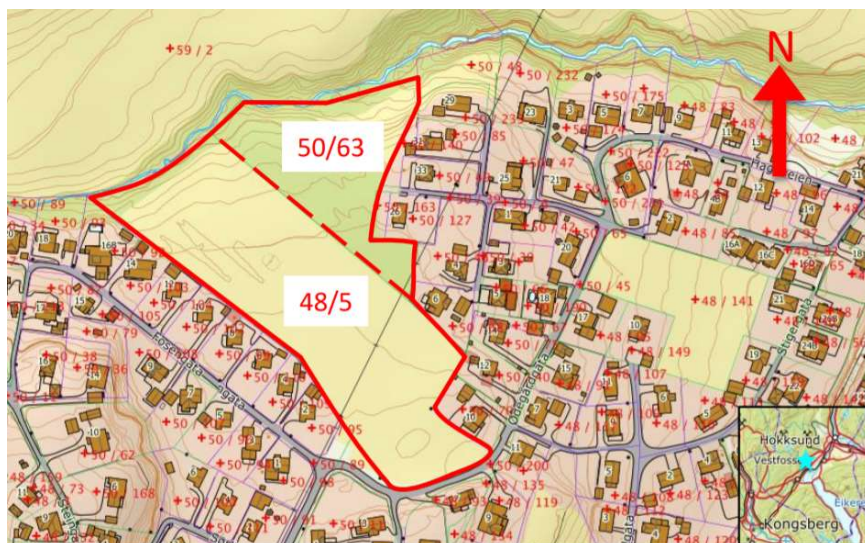
Programmet søker selv etter kritisk sirkulærsylindrisk glideflate for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også søkt etter sammensatte skjærflater der det er funnet relevant.

## 2. Referanser

- [1] Statens vegvesen, Vegdirektoratet, «Geoteknikk i vegbygging (Håndbok V220)», Vegdirektoratet, Oslo, Veiledning, jun. 2010.
- [2] TrønderEnergi, «Simsfossen», *Simsfossen*. [Online]. Tilgjengelig på: <https://tronderenergi.no/produksjon/kraftverk/simsfossen>.
- [3] V. Thakur *mfl.*, «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer», Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Statens Vegvesen (SVV) og Jernbaneverket (JV), NIFS rapport 14/2014, jan. 2014.

# Kvalitetssikring av geoteknisk vurdering

## Fosenjordet



Geoteknisk vurdering Fosenjordet

Dato: 16.09.2019	Utarb. Av Runar Aarseth Gausdal	
Ant. sider	2	
Kontrollør:		
Prosjekt nr:22268		
Tiltakshaver: Fosenjordet AS		



## Oppsummering kvalitetssikring av utredning av områdestabilitet

Tiltak/prosjekt: Geoteknisk vurdering	Ansvarlig for kvalitetssikringen: WSP Norge AS
Gnr/Bnr:	Kontrollområde: Geoteknikk- utredning av områdestabilitet for reguleringsplan
Tiltakshaver:  Fosenjordet AS Arbeidergata 15 3050 Mjøndalen	Kontrollert foretak: Multiconsult AS

### Gjennomført kvalitetssikring

Kvalitetssikringen er utført i henhold til NVE VEILEDER 7 2014:

Sikkerhet mot kvikkleireskred, vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper

#### Konklusjon

Gjennomført kvalitetssikring viser at: Utredningen utarbeidet av Multiconsult AS er i samsvar med veilederen og har tilstrekkelig kvalitet.

Kvalitetssikringen omfatter følgende vurderinger:

- Om faresonen er korrekt avgrenset og klassifisert etter faregrad, og at rett tiltakskategori er valgt.
- Om utførte grunnundersøkelser gir tilstrekkelig grunnlag for de geotekniske vurderingene.
- Tolkningen av jordparametere basert på tilgjengelig informasjon.
- Vurdering av utførte stabilitetsanalyser inklusiv benyttede lagdelinger/parametre og regnemodeller, med enkle overslagsbetraktninger for grov stikkprøvekontroll (uten egne detaljerte stabilitetsanalyser på terrengmodellen).
- Om valgte kritiske profiler for stabilitetsanalyser er dekkende, og vurdering av konklusjoner og begrunnelser ut fra situasjon og beregningsresultater.
- Vurdering av nødvendighet/effekt av foreslåtte og/eller planlagte stabiliserende tiltak og prinsipp for utførelse av disse.

Åpne avvik: Ingen.

Sted/dato: Tønsberg 16.09.2019

WSP Norge AS