



# E6 Gyllan – Kvål

Fagrapport geoteknikk, områdestabilitet Forset

---

Detaljreguleringsplan

31.08

23

Oppdragsnummer:	5207617
Oppdragsnavn:	E6 Gyllan – Kvål
Dokumentnummer:	NV50E6GK-GTK-RAP-0001
Dokumentnavn:	Fagrapport geoteknikk, områdestabilitet Forset

#### Versjonsoversikt

Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
01	20.03.2023	Til gjennomgang Nye Veier	TelKyd	KnuKje	JHSve
02	31.08.2023	Etter 3.-partskontroll	TelKyd	KnuKje	JHSve

## SAMMENDRAG

Nye Veier gjennomfører ny detaljregulering av E6 fra Gyllan til Kvål. Det skal bygges ca. 17 km ny vei som 4-felts motorvei med midtdeler. Prosjektet omfatter større bruer og tunneler, samt omlegging av flere fylkesveier og lokalveier.

Multiconsult har i forbindelse med tidligere regulering av E6-Røskaft – Skjeringstad utarbeidet en geoteknisk vurderingsrapport av områdestabiliteten for kvikkleiresonen ved Forset, og vurdert denne i forhold til planlagt vei. Multiconsults vurderinger er utført etter NVE-Veileder 7-2014, og har blitt kvalitetssikret av et uavhengig foretak. NVE-veilederen er senere revidert; 7-2019. Foreliggende rapport omhandler en vurdering av om Multiconsults konklusjoner og anbefalinger tilfredsstillende kravene i henhold til revidert NVE kvikkleireveileder.

Tidligere beregningsprofiler i kvikkleirsonen Forset fra Multiconsult og NGI har blitt kontrollert og vurdert etter nytt regelverk fra NVE 2019. Det har blitt utført en kontroll for å undersøke hvorvidt opprinnelig stabiliserende tiltak kan reduseres/fjernes ved at det nye regelverket stiller krav til robusthet og ikke reduksjon av aktiv skjærstyrke. Norconsult er enig i tidligere valgte beregningsprofiler og har kun lagt til et ekstra snitt, profil 3. Resultatet fra de oppdaterte beregningene viser at de planlagte stabiliserende tiltakene fra Multiconsult [1] fortsatt må gjennomføres og økes noe for å tilfredsstillende kravet til sikkerhet i henhold til NVE-veilederen (2019). Terrengtiltakene vil i hovedsak gjelde terrengavlastninger og motfyllinger og disse må detaljprosjekteres. I tillegg må aktuelle flombekker i området erosjonssikres før en utbygging kan starte.

Denne rapporten har blitt kontrollert av et uavhengig foretak.

*Revisjon 02: Tekst som er justert eller lagt til i forbindelse med uavhengig kontroll er gitt kursiv skrift i denne revisjonen.*

# 1 INNHOLD

2	INNLEDNING .....	5
2.1	Bakgrunn .....	5
2.2	Prosjektets formål og mål .....	6
2.3	Planprosess for detaljregulering med konsekvensutredning for E6 Gyllan – Kvål.....	6
2.4	Kvikkleiresone Forset .....	7
3	GRUNNLAG .....	8
3.1	Tidligere utførte grunnundersøkelser og oppsummering av påviste grunnforhold.....	8
3.2	Tidligere skredhendelser .....	9
4	TERRENG OG GRUNNFORHOLD .....	10
4.1	Tolking av grunnforhold i området .....	10
4.2	Erosjonsforhold og befaringsforhold .....	12
5	FARESONEAVGRENSING OG FAREGRADSKLASSIFISERING .....	13
5.1	Kvikkleirefarezone .....	13
5.2	Løsne- og utløpsområde .....	13
5.3	Faresoneklassifisering .....	13
6	SIKKERHETSPRINSIPPER.....	14
6.1	Generelt .....	14
6.2	Geoteknisk kategori og pålitelighetsklasse .....	14
6.3	Krav til stabilitetsutredning.....	14
7	GEOTEKNISKE VURDERINGER .....	16
7.1	Beregningsforutsetninger .....	16
7.2	Tidligere beregningsprofiler .....	16
7.3	Beregningsprofiler.....	17
7.4	Valg av beregningsparametere .....	17
7.5	Grunnvannstand og poretrykk .....	17
7.6	Sidefriksjon .....	17
7.7	Reduksjon av skjærstyrke ved avlastning .....	17
7.8	Beregningsresultat.....	18
7.8.1	Profil 1 (tegning V101) .....	18
7.8.2	Profil 2 (tegning V102) .....	18
7.8.3	Profil 3 (tegning V103) .....	19
7.8.4	Profil 4 (tegning V104) .....	19
8	OPPSUMMERING .....	20
8.1	Generelt .....	20
9	TEGNINGER .....	21

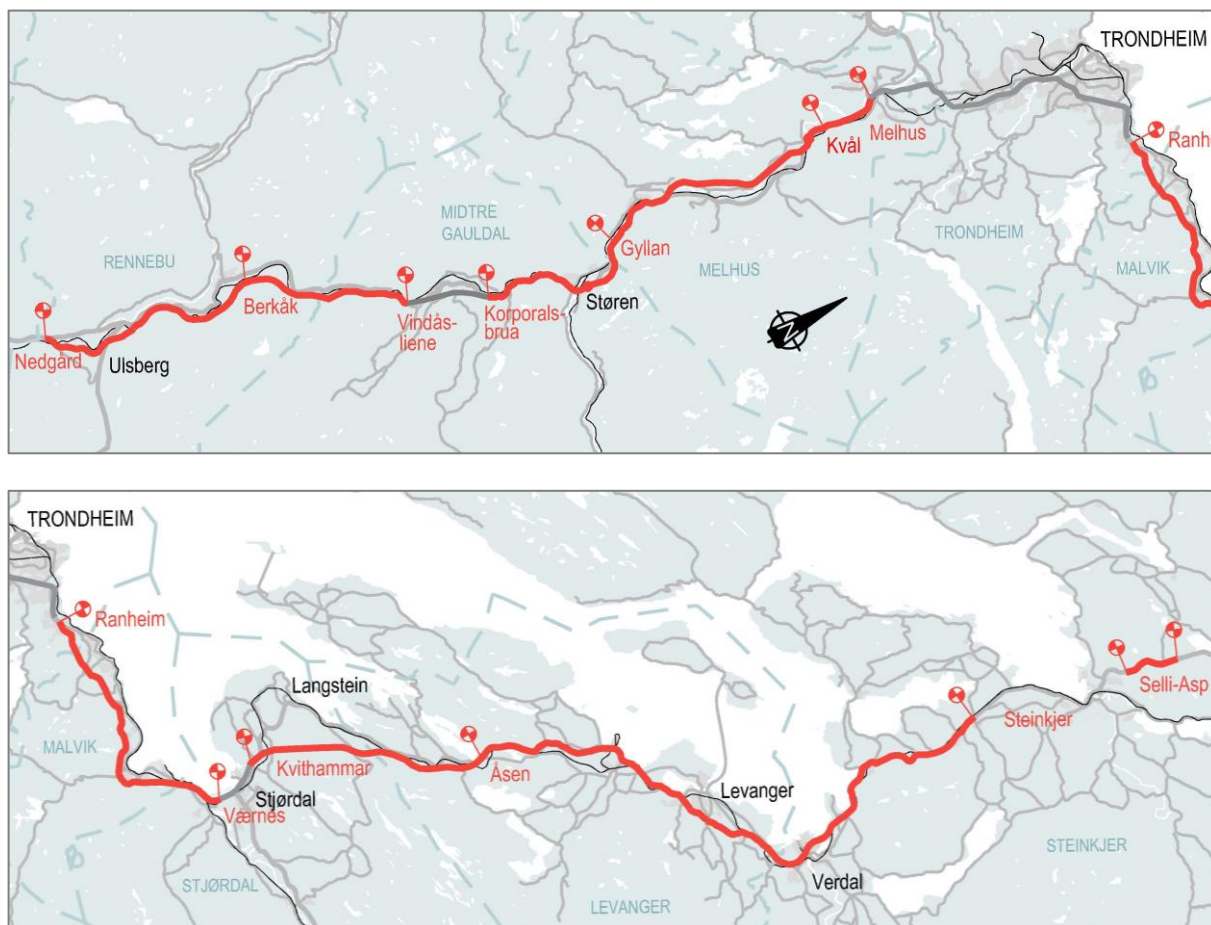
10 REFERANSELISTE.....22



## 2 INNLEDNING

### 2.1 Bakgrunn

Nye Veier har ca. 175 km ny E6 i sin portefølje i Trøndelag. Målet til Nye Veier er å bedre trafikksikkerheten, forkorte reisetiden og styrke vekst og utvikling i landsdelen. E6 Gyllan – Kvål inngår som en del av denne store oppgraderingen av E6 gjennom Trøndelag fra Nedgård i sør (Rennebu kommune) til Asp i nord (Steinkjer kommune), som vist i Figur 2-1.



Figur 2-1 Nye Veiers portefølje i Trøndelag (Illustrasjon: Nye Veier)

E6 er hovedveien i Norge mellom nord og sør. Veien er hovedtransportåre for godstrafikk til og fra, samt gjennom Trøndelag. E6 er dessuten den viktigste persontrafikkåren i regionen. E6 Gyllan – Kvål er ca. 17 km lang og ligger i sin helhet i Melhus kommune. På strekningen er det tofelts vei med randbebyggelse gjennom tettstedene Ler og Lundamo. Årsdøgntrafikken (ÅDT) for strekningen i 2020 var mellom 8 600 og 11 400 kjøretøy. Strekninger med redusert hastighet og blandet trafikk kombinert med begrensede muligheter for forbikjøring reduserer fremkommeligheten. I perioden 2011-2020 er det registrert 34 ulykker på strekningen, hvorav åtte er påkjøring bakfra, ti er møteulykker og 12 er utforkjøringer. To personer har mistet livet og tre personer har blitt hardt skadd.

## 2.2 Prosjektets formål og mål

Formålet med planarbeidet er å skaffe et formelt grunnlag for erverv av grunn og bygging av ny E6 som en firefelts motorvei. Løsningene skal bidra til å oppnå målene i Nasjonal transportplan 2022 – 2030 [2], gjengitt i Figur 2-2.



Figur 2-2 Målene for transportsektoren fra Nasjonal transportplan (Illustrasjon: Nasjonal transportplan [2]).

## 2.3 Planprosess for detaljregulering med konsekvensutredning for E6 Gyllan – Kvål

Nye Veier startet en ny planprosess i 2020 med bakgrunn i et ønske om å øke den samfunnsøkonomiske lønnsomheten, redusere kostnader, minimere jordbruksbeslag og redusere belastning på ytre miljø sammenlignet med gjeldende plan.

Det er i perioden 2021 – 2022 utarbeidet konsekvensutredning for flere alternativer på strekningen. Dimensjoneringsklasse H3, og fartsgrense 110 km/t lå til grunn for utredningen. En mulighetsstudie for fartsgrense 100 km/t inngikk også i beslutningsgrunnlaget for valg av trasé. Melhus kommune vedtok 25. oktober 2022 at alternativ 1.1A og 2.1 skulle legges til grunn for utarbeidelse av reguleringsplan på strekningen, se Figur 2-3.



Figur 2-3 Oversiktskart der alternativ som er lagt til grunn for planforslaget er vist med rød linje. Andre utredede alternativ er vist med lysere farge (Illustrasjon: Nye Veier).

Planforslaget ligger hovedsakelig i samme trasé som gjeldende plan. De største endringene er følgende:

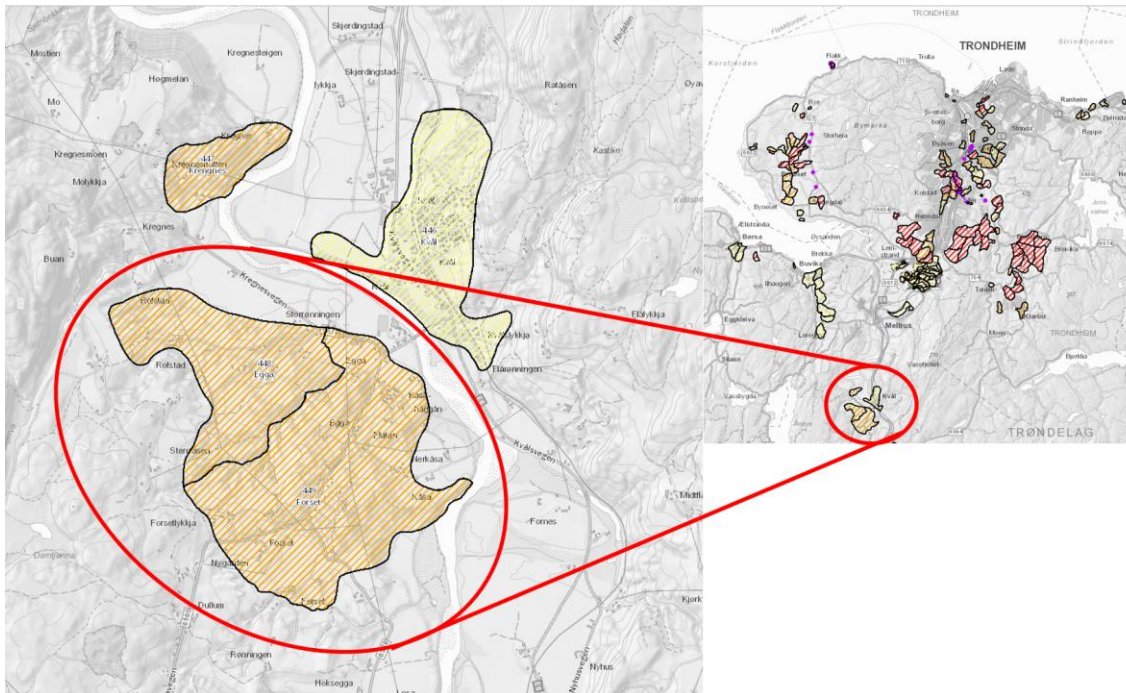
- Løsning og plassering av Fosskrysset.
- Løsningen på Røskaft der man unngår omlegging av jernbane og brusøyler i elv.
- Kryss på Losen/Ler er tatt ut.
- Løsningen ivaretar sikkerhet mot skred og flom bedre enn gjeldende plan.
- På deler av strekningen har E6 en høyere standard og høyere dimensjonerende fart.

## 2.4 Kvikkleiresone Forset

I forbindelse med tidligere regulering av E6 Røskaft – Skjeringstad utarbeidet Multiconsult en geoteknisk vurderingsrapport av områdestabiliteten for kvikkleiresonen ved Forset og vurderte denne i forhold til planlagt vei [1]. Multiconsults vurderinger ble kvalitetssikret av et uavhengig foretak. Foreliggende rapport omhandler Norconsults vurdering av om Multiconsults konklusjoner og anbefalinger tilfredsstillende kravene gitt i revidert NVE kvikkleirveileder fra 2019 [3].

Kvikkleiresonen «449 Forset» ligger omtrent 1,5 km sør for Kvål sentrum og utstrekning av sonen er vist i Figur 2-4.

Eventuelle naturfarer utover områdeskredfare er ikke behandlet i denne rapporten.



Figur 2-4 Oversikt over kvikkleirsonen Forset i Melhus kommune, Trøndelag (Kilde: NVE Atlas [4])

### 3 GRUNNLAG

#### 3.1 Tidligere utførte grunnundersøkelser og oppsummering av påviste grunnforhold

Området rundt Forset har blitt undersøkt tidligere av Statens vegvesen, NGI, Rambøll (Kummeneje og Scandiaconsult) og NOTEBY AS. Tidligere geotekniske grunnundersøkelser oppsummeres i Tabell 3-1.

Tabell 3-1 Oversikt over tidligere grunnundersøkelser ved Forset.

Rapport nr	Utførende	Oppdragsnavn	Datert
20200375-01-TN	NGI	Forset, Kvål - Utglidning og forslag til sikringstiltak.	05.15.2020
2013067522-009 (Ud1000C-03)	Statens vegvesen	E6 Melhus riggplass Eidsmo. Data og prosjekteringsrapport.	19.06.2015
2013067522-003 (Ud1000C-01)	Statens vegvesen	Datarapport E6 Haga – Skjeringstad. Fra tunnel til Kvål.	23.12.2013
2013067522-005 (Ud1000D-01)	Statens vegvesen	Datarapport E6 Kvål.	23.05.2014
20101052-00-3-R	NGI	E6 Håggåtunnelen – Skjeringstad.	01.06.2011
2009067606-006 (Ud906A-006)	Statens vegvesen	E6 Lundamo – Skjeringstad.	2009
630353A-01	Scandiaconsult (Rambøll)	Kommunedelplan Ler og Kvål. Grunnundersøkelse. Generell geoteknisk vurdering.	12.01.2004
411760	Multiconsult AS	Kvikkleirkartlegging Melhus.	03.07.2006
10743-1	Kummeneje (Rambøll)	Sikring/utbedring av adkomstvei til «Haugastølen»-65/25 Kvål.	31.08.1995
37778-1	NOTEBY AS (Multiconsult ASA)	Fv.695 Kvålsbrua – Hårråbakken. Forsterkning av eksisterende vei. Grunnundersøkelser. Stabilitetsvurdering.	30.04.1992
O.8482	Kummeneje (Rambøll)	Enebolig Nordang, Kvål.	1991
O.7921	Kummeneje (Rambøll)	Hokseggen, Kvål.	1990
81075	NGI	Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Rapporten omfatter kartblad 162 III Støren.	30.11.1990



### 3.2 Tidligere skredhendelser

Figur 3-1 viser flere tidligere skredhendelser i området, hvorav tre av skredhendelsene er fra 2016 og nyere, og omfatter hovedsakelig overflateglidninger. Skålformet terreng og ravinerte skråninger tyder på at det har gått ras her tidligere. De to høydedragene, som gårdene Flaten og Klepp ligger på, har sannsynligvis vært sammenhengende, se også Figur 4-1.



Figur 3-1 Oversikt over skredhendelser i området (Kilde: ???)

Seneste skredhendelse oppstå 24.april 2020. NGI har bistått NVE Region Midt med vurdering og oppfølging av en mindre utglijning ved kvikkleiresone Forset. NGI gjennomførte supplerende grunnundersøkelser og vurderte stabilitet, samt detaljprosjekterte sikringstiltak ved skredområdet [5]. *Ferdigstillelse av tiltaket er dokumentert i eget notat [6].* NGI har også tidligere, i 2012, utført stabilitetsberegninger i samme område, og disse vurderingene lå til grunn i Multiconsults vurdering fra 2015.

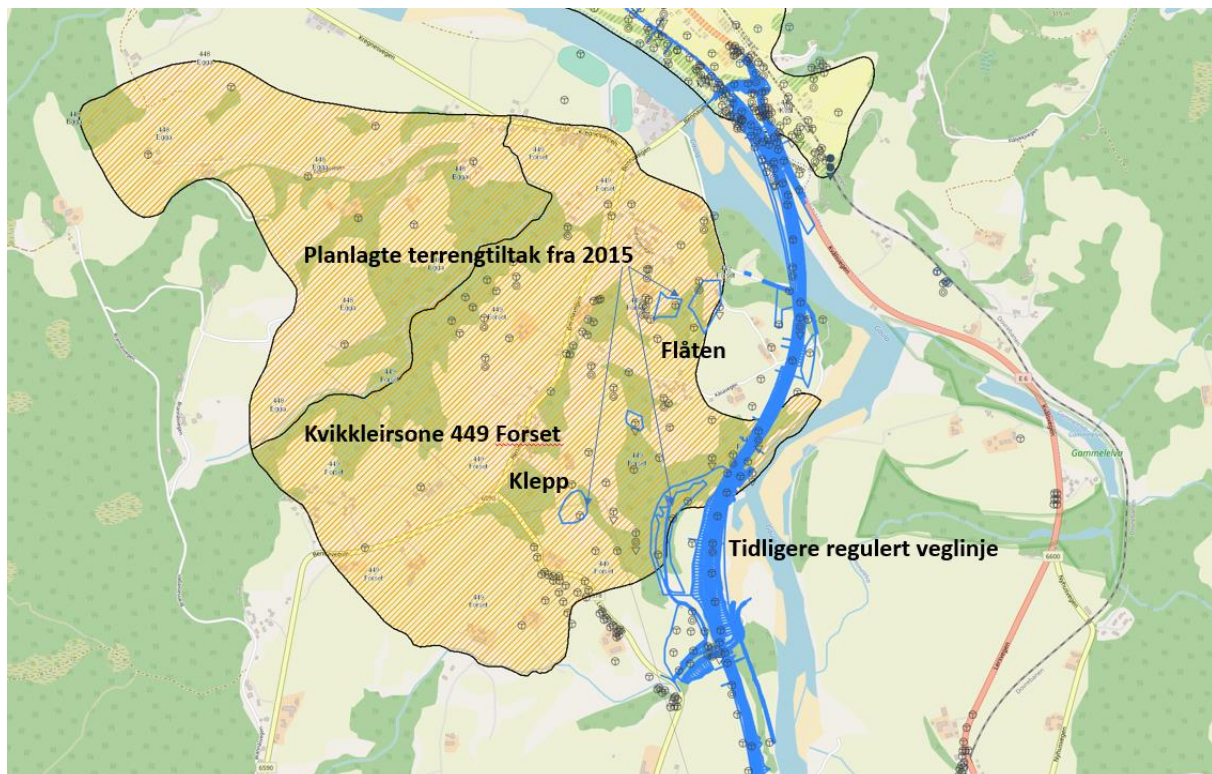


## 4 TERRENG OG GRUNNFORHOLD

Følgende kapittel omhandler topografi og grunnforhold i området rundt kvikkleiresone Forset. Multiconsult [1] som tidligere har vurdert skredfaren i området, ga følgende beskrivelse av området: «Kvikkleiresone Forset er et område på ca. 1,5 km sør for Kvål sentrum på vestsiden av Gaula. Området består av to isolerte høydedrag hvor gårdene Flåten og Klepp ligger, omgitt av et ravinert terreng rundt».

Generelt fremstår terrenget også i 2022 ravinert med store høydeforskjeller og bratte skråninger mellom terrengrygger og bunnen av raviner.

Det er etablert en 3D-modell av grunnforholdene i området, som viser mektigheten av sprøbruddsmateriale. Modellen baserer seg på grunnundersøkelsene benyttet.



Figur 4-1 Oversikt over kvikkleirsone Forset med lokalisering av de tidligere planlagte terrengtiltakene (Kilde: Norconsult)

### 4.1 Tolking av grunnforhold i området

Kvartærgeologisk kart viser at løsmassene i området domineres av hav- og fjordavsetninger. Disse massene, som består av sand, silt og leire, er registret i de aller fleste boringene i området. Mektigheten av massene er stor og det er ingen boringer der det er registret sikker fjellkontakt. Tidligere grunnundersøkelser viser at det er kvikkleire flere steder og at forekomsten ser ut til å danne et sammenhengende lag. Kvikkleiren ligger rundt 10–15 meter under terreng i området. Lagdelingen i området består generelt av to lag med sensitivt materiale mellom lag av ikke-sensitivt leire og sand/grus.



## 4.2 Erosjonsforhold og befaring

*Erosjonsforhold og nødvendige tiltak er fra tidligere beskrevet av Multiconsults rapport fra 2015 [1]. Norconsult har vært på flere befaringer i området, den siste utført 21. september 2022. Det er også etablert høydemodell for elvebunn for vurdering av erosjonsforhold og erosjonssikring - basert på tilgjengelige høydedata, som omtalt i hydrologisk rapport [7].*

*Eksisterende erosjonssikring i Gaula vurderes å ikke gi tilstrekkelig sikring mot ny E6, og det planlegges derfor etablering av ny erosjonssikring der Forset kvikkleiresone grenser mot Gaula, som omtalt i kapittel 5.3.4. i hydrologisk rapport [7].*

*For sikring av bekker i skråninger overliggende planlagt ny E6, har ikke Norconsult funnet behov ut over det som er tidligere beskrevet av Multiconsult [1] – og støtter derfor tidligere vurderinger. Områder aktuelle for sikring av bekkeløp er videreført, og skissert i tegning V100.*

## 5 FARESONEAVGRENSING OG FAREGRADSKLASSIFISERING

Kvikkleirsone 449 «Forset» er klassifisert med middels faregrad, meget alvorlig konsekvensklasse og risikoklasse 4. Kvikkleirsonen er avgrenset med et løsne- og utløpsområde. For mer detaljert faregradsevaluering av kvikkleirsonen, viser vi til kapittel 5 i tidligere vurdering fra Multiconsult [1]. Avgrensning og klassifisering gitt nedenfor er hentet fra denne rapporten.

### 5.1 Kvikkleirefaresone

En kvikkleirefaresone består av løsne- og utløpsområde. Basert på foreliggende grunnundersøkelser i området, topografi og stabilitetsberegninger er det tidligere avgrenset en kvikkleirefaresone tilknyttet området.

### 5.2 Løsne- og utløpsområde

Løsne- og utløpsområde er definert basert på topografi, tilgjengelig grunnundersøkelser og beregningsresultater fra kritiske snitt. Det er utført en rekke grunnundersøkelser, hovedsakelig totalsonderinger, i området. Det er også utført noen prøveserier, piezometere og CPT fra enkelte borpunkt. Løsneområde er basert på Multiconsult tidligere vurderinger som Norconsult er enige i. Vurdering av utløpsområde er noe endret som følge av oppdatering av regelverk i 2019 [3]. Utløpsområde bestemmes nå til å følge kriteriene for retrogressivt skred i kanalisert terreng, hvor lengden av utløpsområde settes som 3 x løsneområde. Løsne- og utløpsområde er vist i tegning V105.

### 5.3 Faresoneklassifisering

*For den aktuelle kvikkleiresonen er faregraden klassifisert i henhold til NVEs kvikkleireveileder [3] og metodikk som samsvarer med NVEs eksternrapport 2020/09 [8]. Klassifiseringen er basert på foreliggende datagrunnlag, både felt- og laboratorieforsøk. Klassifiseringen viser at dagens område som planlegges å bygges ut, har **Middels** faregrad og skadekonsekvens **Alvorlig**. Etter planlagt tiltak får sonen **Lav** faregrad og skadekonsekvens **Meget alvorlig**. Lav faregrad oppnås for planlagt tiltak ved erosjonssikring av bekker, terrengtiltak og oppgradering av erosjonssikring ned mot Gaula. Sikring mot Gaula er også omtalt i andre rapporter fra Norconsult tilknyttet nåværende detaljregulering [7], [9].*

Klassifiseringen gir kvikkleiresone 449 Forset **Risikoklasse 3** både før og etter tiltak.

Detaljert klassifisering av faregrad er vist i bilag C i Multiconsults rapport [1].

## 6 SIKKERHETSPRINSIPPER

### 6.1 Generelt

Ved utbygging i potensielt skredfarlig område må tilfredsstillende sikkerhet dokumenteres. Prinsipp for faregradsklassifisering er uendret og forblir som i Multiconsults tidlige faregradvurdering av kvikkleiresonen Forset [1]. Sikkerhetskrav relatert til områdestabilitet, vil være noe endret, da denne vurderingen baserer seg på nytt regelverk i henhold til NVEs kvikkleireveileder 1/2019 [3].

Det må da vurderes om sikkerhet mot skred, i henhold til nytt regelverk, er tilstrekkelig for tiltaket.

### 6.2 Geoteknisk kategori og pålitelighetsklasse

Valgt geoteknisk kategori gjelder generelt for ny E6 forbi kvikkleiresonen Forset. Dette forutsetter en valgt geoteknisk kategori 3 med konsekvens-/pålitelighetsklasse (CC/RC) satt til klasse 3. Dette medfører at vurderingene må kontrolleres av et uavhengig foretak.

### 6.3 Krav til stabilitetsutredning

#### For skjærflater som ikke berører veien:

For skjærflater som ikke berører veien er det NVEs regelverk som gjelder for bestemmelse av krav til beregningsmessig sikkerhet.

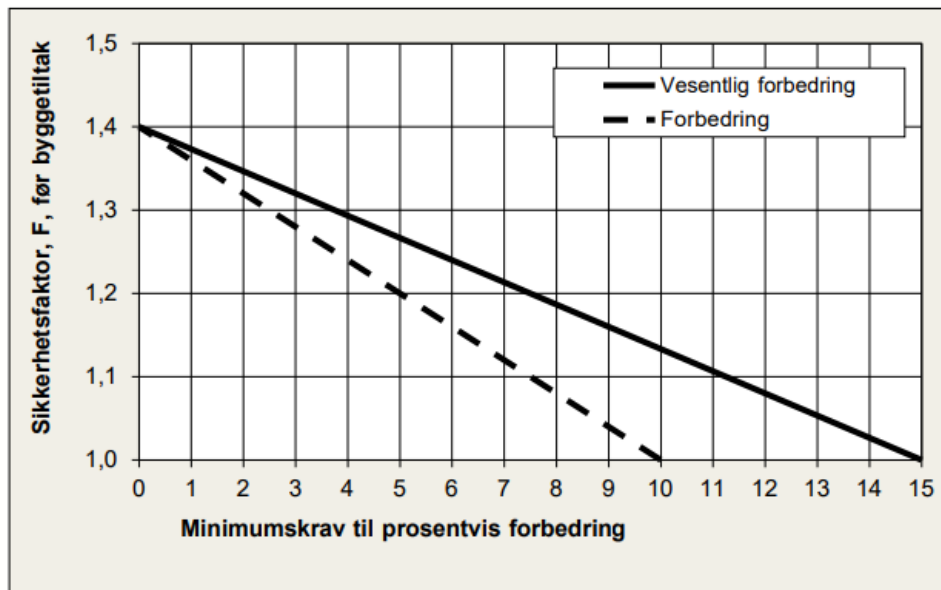
I NVEs kvikkleireveileder tabell 3.2 [3], ligger tiltaket under tiltakskategori K4. For tiltakskategori K4 i middels faregradsklasse medfører dette en stabilitetsanalyse som dokumenterer:

- Hvis tiltaket forverrer områdestabiliteten: Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet må dokumenteres  $F_{cu} \geq 1,40 \cdot fs$  og  $F_{c\phi} \geq 1,25$ , med  $fs=1,15$ . I praksis vil kravet bli  $F_{cu} \geq 1,61$ .
- For tiltak som ikke forverrer stabilitet er kravet til sikkerhet  $F_{cu} \geq 1,40$  og  $F_{c\phi} \geq 1,25$
- Prosentvis forbedring hvis  $F < 1,4$ , basert på figur 3.3 i NVEs kvikkleireveileder [3]

Kravene til sikkerhet kan differensieres avhengig av hvor tiltaket ligger i faresonen. Skråninger som ikke påvirker, eller blir påvirket av tiltaket, kan da vurderes på grunnlag av langtidsstabilitet, samt robusthet mot mindre uforutsette spenningsendringer. Kravet til robusthet innbefatter at skråninger i faresonen, som ligger utenfor influensområdet til tiltaket, har krav til sikkerhet  $F_{c\phi} \geq 1,25$ , samt krav til robusthet  $F_{cu} \geq 1,20$ .

Prosentvis forbedring kan bare oppnås ved bruk av topografiske endringer og/eller ved bruk av lette masser. Dersom man velger å bedre områdetets stabilitet ved grunnforsterkning, må en oppnå sikkerhetsfaktor  $F_{cu} \geq 1,40$  og  $F_{c\phi} \geq 1,25$  etter at sikringstiltaket er utført, se Figur 6-1.





Figur 6-1 Krav til prosentvis forbedring av sikkerhetsfaktor,  $F_{cu}$  og  $F_{c\phi}$ . Hentet fra figur 3.3 i [3] (Kilde: NVE)

#### **For skjærflater som berører veien:**

For skjærflater som berører veien er det regelverket til Statens vegvesen som gjelder [4]. For områder med påvist sprøbruddsmateriale/kvikkleire, blir kravet til partialfaktor,  $\gamma_M \geq 1,6$ . Dette som følge av geoteknisk kategori (3), skadekonsekvens (CC3 meget alvorlig) og bruddmekanisme (sprøtt, kontraktant brudd). I områder med tynnere og dyptliggende lag av slike masser, samt med leire som ikke er definert som sprøbruddsmateriale, er det tilstrekkelig med  $\gamma_M \geq 1,50$ .

## 7 GEOTEKNISKE VURDERINGER

### 7.1 Beregningsforutsetninger

Stabilitetsberegningene er utført med beregningsverktøyet GeoSuite Stability v.15.2.2.0 med beregningsmetode Beast 2003. Beregningsmetoden i GeoSuite er basert på grenselikevektsmetoden og anvender versjon av lamellemetoden som tilfredsstillende både kraft- og momentlikevekt. Programmet søker selv etter kritisk sirkulær glideflate for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også mulig å definere egne glideflater i programmet. Både «sirkulære» og «plane» rasmekanismer er vurdert hver for seg og sammenstilt ved bruk av funksjonen «optimize». Beregningene er utført med å bruke en viss sidefriksjonseffekt (3D). Dette gjelder kun for store udrenerte skjærflater. Beregningene er utført med totalspenningsanalyse for dagens situasjon, der kun det bløte leirlaget har blitt modellert med en udrenert oppførsel. Forbedringstiltaket har blitt beregnet både med effektiv- og totalspenningsanalyse.

Plaxis 2D har blitt benyttet for å kontrollere kritisk skjærflate og sikkerhet, samt kontrollere poretrykksoppbygning under etablering av motfyllinger.

### 7.2 Tidligere beregningsprofiler

Det har tidligere blitt utført stabilitetsberegninger av Multiconsult [1] og NGI [5] i området, profil 1, profil 2, profil 6 (NGI 6B) og profil 7 (NGI 6A). Tidligere beregning benyttet 15 % reduksjon av aktiv skjærstyrke i sprøbruddmateriale. Det nye regelverket benytter ikke denne reduksjonen, og beregningsprofilene har derfor blitt beregnet på nytt. Tabell 7-1 viser sikkerhetsfaktorer beregnet av Multiconsult (MC) sammen med reviderte verdier beregnet av Norconsult (NO).

Tabell 7-1 Tidligere beregningsresultat sammenlignet med reviderte verdier (MC=Multiconsult og NO=Norconsult)

Beregningssnitt	Analyse	Beskrivelse/kommentar	Sikkerhetsfaktor med 15 % reduksjon av aktiv styrke (MC)	Sikkerhetsfaktor uten 15 % reduksjon av aktiv styrke (NO)
Profil 1	ADP aΦ	Kritisk skjærflate	1,12 1,25	1,15
Profil 2	ADP aΦ	Kritisk skjærflate	1,18 1,42	1,25
P6	ADP aΦ	Kritisk skjærflate med motfylling fra NGI [5]	1,05 1,22	1,15
P7	ADP aΦ	Kritisk skjærflate	1,57 1,25	F>1,6

### 7.3 Beregningsprofiler

Det er utført en kontroll for å undersøke hvorvidt opprinnelig tiltak kan reduseres/fjernes ved at det nye regelverket stiller krav til robusthet og ikke reduksjon av aktiv skjærstyrke.

Norconsult er enig i tidligere valgte beregningsprofiler og har kun lagt til et ekstra snitt; profil 3. Samtidig har profil P7 (NGI 6A) ikke blitt kontrollert grunnet tilfredsstillende sikkerhet i henhold til nye krav. Se tegning V100 for oversikt over beregningsprofiler.

### 7.4 Valg av beregningsparametere

Begninger er utført for både total- og effektivspenningsanalyse. Beregningsparametere benyttet har tidligere blitt vurdert av Multiconsult [1] og NGI [5], og denne rapporten benytter samme underlag. Se disse for mer detaljert vurdering av beregningsparametere.

Udrenert skjærstyrke er basert på SHANSHEP-tolkning fra CPTU-sonderinger, og drenerte parametere er blitt satt i samsvar med NGIs tabell 3 i tidligere vurdering [5], da disse har blitt satt ved tilbakeregning av skredhendelsen i 2020, se Tabell 7-2.

Tabell 7-2 Drenerte parametere (Kilde: Norconsult)

Materiale	Romvekt	Friksjonsvinkel	Kohesjon
Stein/pukk/fylling	19	42	0
Leire	19.5	32	3
Kvikkleire	19.5	30	3
Sand	19	33	0

### 7.5 Grunnvannstand og poretrykk

Målinger foretatt i forbindelse med supplerende og eldre grunnundersøkelser viser generelt grunnvannstand 6–9 meter under terreng. Poretrykksgradienten er lavere enn hydrostatisk gradient. For en mer detaljert vurdering se vedlegg D fra NGI [5] og tegning RIG-TEG-254-256, 259 fra Multiconsults vurdering [1]. For profil 3 har det blitt regnet med poretrykksoppbygging i forbindelse med etablering av motfyllingen.

### 7.6 Sidefriksjon

For profil 1 og profil 2 er det tidligere tatt med en innspenningseffekt/sidefriksjon beregnet til 2 dividert på innspenningsbredden. Innspenningseffekten har tidligere blitt vurdert for en innspenningsbredde på 800 meter. Dette ga da en effekt på 0,0025. Denne effekten er kun medtatt i de udrenerte beregningene som gir store og dype skjærflater, noe som medfører at denne effekten er hensyntatt i svært få skjærflater.

### 7.7 Reduksjon av skjærstyrke ved avlastning

I henhold til ny NVE veileder [3] skal terrengendringer, som medfører en vesentlig reduksjon i effektivspenningsnivået over tid, vurderes med en redusert skjærstyrke som følge av denne reduksjonen. I denne vurderingen har formel for beregning av redusert skjærstyrke som følge av reduserte effektivspenninger over tid, se Figur 7-1, blitt benyttet der dette har vært relevant.

$$c_{u,etter} = \frac{c_{u,før}}{\left(\frac{\sigma'_{v,før}}{\sigma'_{v,etter}}\right)^{1-m}}$$

- hvor  $c_{u,etter}$  er udrenert fasthet etter avlastning
- $c_{u,før}$  er udrenert fasthet før avlastning
- $\sigma'_{v,etter}$  er vertikal effektivspenning etter avlastning og utligning av poretrykk
- $\sigma'_{v,før}$  er vertikal effektivspenning før avlastning
- $m$  er eksponenten i Shansep-formelen (46)

Figur 7-1 Formel for beregning av redusert skjærstyrke som følge av reduserte effektivspenninger over tid (Kilde: NVE [3]).

## 7.8 Beregningsresultat

Oversikt over beregningsprofilene er vist i tegning V100 og beregningsresultatene er videre vist i tegning V101-104. Samtlige profiler har skjærflater som ikke berører veien. Dette betyr at kravet til sikkerhet baserer seg på langtidsstabilitet og kravet til robusthet for mindre uforutsette spenningsendringer. Beregningsprofilene har da krav til sikkerhet  $F_{c\phi} \geq 1,25$ , samt krav til robusthet  $F_{cu} \geq 1,20$ . Der kravet til robusthet ikke er mulig å gjennomføre, er prinsippet om prosentvis forbedring benyttet.

### 7.8.1 Profil 1 (tegning V101)

Tidligere beregninger utført av Multiconsult, etter tidligere regelverk, viste en sikkerhet lik  $F_{cu} = 1,13$ . Med gjeldende regelverk, uten reduksjon av aktiv skjærstyrke, er denne nå beregnet til  $F_{cu} = 1,15$ . Dette oppfyller ikke kravet i henhold til robusthet og stabiliserende tiltak er nødvendig. Planlagte stabiliserende tiltak (erosjonssikring, motfylling og avlastning) vil oppfylle kravet til robusthet. Avlastningen må økes noe (1-2 meter) som følge av den reduserte skjærstyrken som avlastningen medfører. Da oppnås en sikkerhet på  $F_{cu} = 1,2$  for udrenert analyse og  $F_{c\phi} = 1,39$  for effektivspenningsanalyse.

### 7.8.2 Profil 2 (tegning V102)

Tidligere beregning utført av Multiconsult, etter tidligere regelverk, viste en sikkerhet lik  $F_{cu} = 1,18$ . Med gjeldende regelverk, uten reduksjon av aktiv skjærstyrke, er denne nå  $F_{cu} = 1,25$ . Den drenerte sikkerheten er derimot for lav  $F_{c\phi} = 1,18$  og videre er stabiliserende tiltak nødvendig. Planlagt stabiliserende tiltak (avlastning) vil oppfylle kravet til sikkerhet. For «udrenert med tiltak» viser tegning V102 en dyp glideflate med sikkerhet  $F_{cu} = 1,23$  etter avlastning av terreng i en kile ca. 60 meter inn i terreng, der Cu-profil er noe redusert som en ekstra kontroll. For en grunnere glideflate oppnås  $F_{cu} = 1,26$  allerede ved avlastning ca. 30 meter inn i terreng. For sistnevnte tilfelle avsluttes avlastningen ca. ved 245 m på terrengprofilens x-akse, og fremgår av en grå terrenglinje i hvitt område som skisseres avlastet.

### 7.8.3 Profil 3 (tegning V103)

Profil 3 har tidligere ikke blitt vurdert. Beregnet sikkerhetsfaktor for en udrenert situasjon gir  $F_{cu} = 1,00$ . For dimensjonering av tiltakene benyttes det krav til prosentvis forbedring av sikkerheten for skjærflater som ikke berører veien, som beskrevet i kapitel 6. For tiltak i tiltakskategori K4 med middels faregrad er kravet til prosentvis forbedring 10 % i henhold til krav til prosentvis forbedring av sikkerhetsfaktor,  $F_{cu}$  og  $F_{c\phi}$ , se Figur 6-1. Stabiliserende tiltak må da tilfredsstille et krav på udrenert sikkerhet lik  $F_{cu} = 1,10$ . Dette medfører krav om en økning av motfylling i området, da avlastning av terrenget medfører avskoging av et større område, og anses som vanskelig å gjennomføre. Poreovertrykk har blitt vurdert som følge av etableringen av motfyllingen. Profil 3 viser en kritisk udrenert bruddfigur med en sikkerhetsfaktor på 1.16, som er under kravet på 1.2. Å forbedre bruddfiguren er utfordrende på grunn av avlastning og avskoging midt i en skråning med dårlig tilgjengelighet. Bruddfiguren er relativt grunn og avskoging kan føre til en reduksjon i skjærstyrken i de øvre delene av leiren. Stabiliteten vurderes som tilstrekkelig fordi den antatt mest kritiske skjærflaten viser en forbedring på 10%, og denne er lavere enn 1.16, noe som teoretisk betyr at den vil gå i brudd først.

### 7.8.4 Profil 4 (tegning V104)

Profil 4 baserer seg på P6 og 6B i NGIs vurdering [5] i forbindelse med en utglidning i området. Tidligere beregning utført av Multiconsult, etter tidligere regelverk, viste en sikkerhet lik  $F_{cu} = 1,05$ . Med gjeldende regelverk, uten reduksjon av aktiv skjærstyrke, er denne nå  $F_{cu} = 1,15$ . Kravet til robusthet er ikke oppfylt og stabiliserende tiltak er nødvendig. Planlagt avlastning i området anses som nødvendig. Beregnet stabilitet med avlastning tilfredsstiller kravet til sikkerhet i området.



## 8 OPPSUMMERING

### 8.1 Generelt

Tiltaket ligger i et område med en potensiell skredfare og må derfor vurderes etter gjeldene regelverk. Tidligere beregningsprofiler i kvikkleirsonen Forset fra Multiconsult og NGI har blitt kontrollert og vurdert etter nytt regelverk fra NVE 2019 [3]. Resultatet fra beregningene, vist i Tabell 8-1, viser at de planlagte stabiliserende tiltakene fra Multiconsult [1] må gjennomføres, og økes noe for å tilfredsstille kravet til sikkerhet i henhold til NVE-veilederen.

Terrengtiltakene vil i hovedsak gjelde terrengavlastninger og motfyllinger. I tillegg må aktuelle flombekker i området erosjonssikres før en utbygging kan starte. Erosjonssikring i Gaula må også oppgraderes.

*For profil 1 til 4 oppfylles krav i regelverket ved at skråingene ligger utenfor influensområdet til ny E6. Planlagt vei går i skjæring gjennom en løsmasserygg i østre del av Forset kvikkleiresone, og dette området blir dermed innenfor influensområdet til E6. Stabiliteten her er ivaretatt av beregninger som omtales i rapport NV50E6GK-GTK-RAP-0004 [9].*

*Det må gjennomføres detaljprosjektering av sikringstiltakene og utarbeides kontrollplan for arbeidene. Ved arbeid i Gaula må videre detaljprosjektering også ivareta hensyn til årstidsvariasjoner med tanke på blant annet flom og fisk.*

*Miljøtekniske undersøkelser er omtalt i vår rapport NV50E6GK-YML-RAP-0003 [10].*

*Tabell 8-1 Oppsummering av resultater fra beregningsnittene, der sirkulære og plane skjærflater er benyttet. Med tiltak menes avlastning og/eller motfylling.*

Beregnings-snitt	Dagens situasjon ADP (totalspennings-analyse)	Med tiltak ADP (totalspennings-analyse)	Med tiltak a-phi (effektiv-spenningsanalyse)	Tegning
Profil 1	1.15	1.20	1.39	V101
Profil 2	1.25	1.26	1.25	V102
Profil 3	1.00	1.10 (10 % prosentvis forbedring)	1.31	V103
Profil 4	1.15	1.22	1.26	V104

## 9 TEGNINGER

1. V100: Planoversikt over utførte stabilitetsnitt med løsne- og utløpsområde og sonderingsresultater
2. V101: Stabilitetsberegninger i profil 1, dagens situasjon og med stabiliserende tiltak
3. V102: Stabilitetsberegninger i profil 2, dagens situasjon og med stabiliserende tiltak
4. V103: Stabilitetsberegninger i profil 3, dagens situasjon og med stabiliserende tiltak
5. V104: Stabilitetsberegninger i profil 4, dagens situasjon og med stabiliserende tiltak
6. V105: Planoversikt over løsne- og utløpsområde.

## 10 REFERANSELISTE

- [1] Multiconsult, «E6 Røskaft-Skjerdingstad vurdering av områdestabilitet kvikkleiresone Forset. 416746-RIG-RAP-009\_rev01.,» Multiconsult, Trondheim, 2015.
- [2] Regjeringen, «Nasjonal transportplan,» 2020-2021. [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/contentassets/fab417af0b8e4b5694591450f7dc6969/no/pdfs/stm202020210020000dddpdfs.pdf>.
- [3] NVE, Sikkerhet mot kvikkleireskred, Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat, 2019.
- [4] NVE, «NVE Atlas,» 2023. [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no>. [Funnet 08 2023].
- [5] NGI, «Forset,Kvål-Utglidning og forslag til sikringstiltak. 20200375-01-TN.,» NGI, Oslo, 2020.
- [6] NGI, «20200375-02-TN. Forset, Kvål - Utglidning. Ferdigstillelse av sikringstiltak, tegninger "som bygget".,» 2020.
- [7] Norconsult, «E6 Gyllan-Kvål. Fagrapport hydrauliske beregninger. NV50E6GK-VAA-RAP-0004.,» 2023.
- [8] NVE, «Eksternrapport nr. 9/2020. Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred. Metodebeskrivelse, NGI.,» 2020.
- [9] Norconsult, «E6 Homyrkamtunnelen N-Kvål. Geoteknisk prosjekteringsrapport. NV50E6GK-GTK-RAP-0004.,» 2023.
- [10] Norconsult, «NV50E6GK-YML-RAP-0003. Innledende miljøtekniske grunnundersøkelser.,» 2023.
- [11] Statens vegvesen, «Konsekvensanalyser, håndbok V712,» 2018.



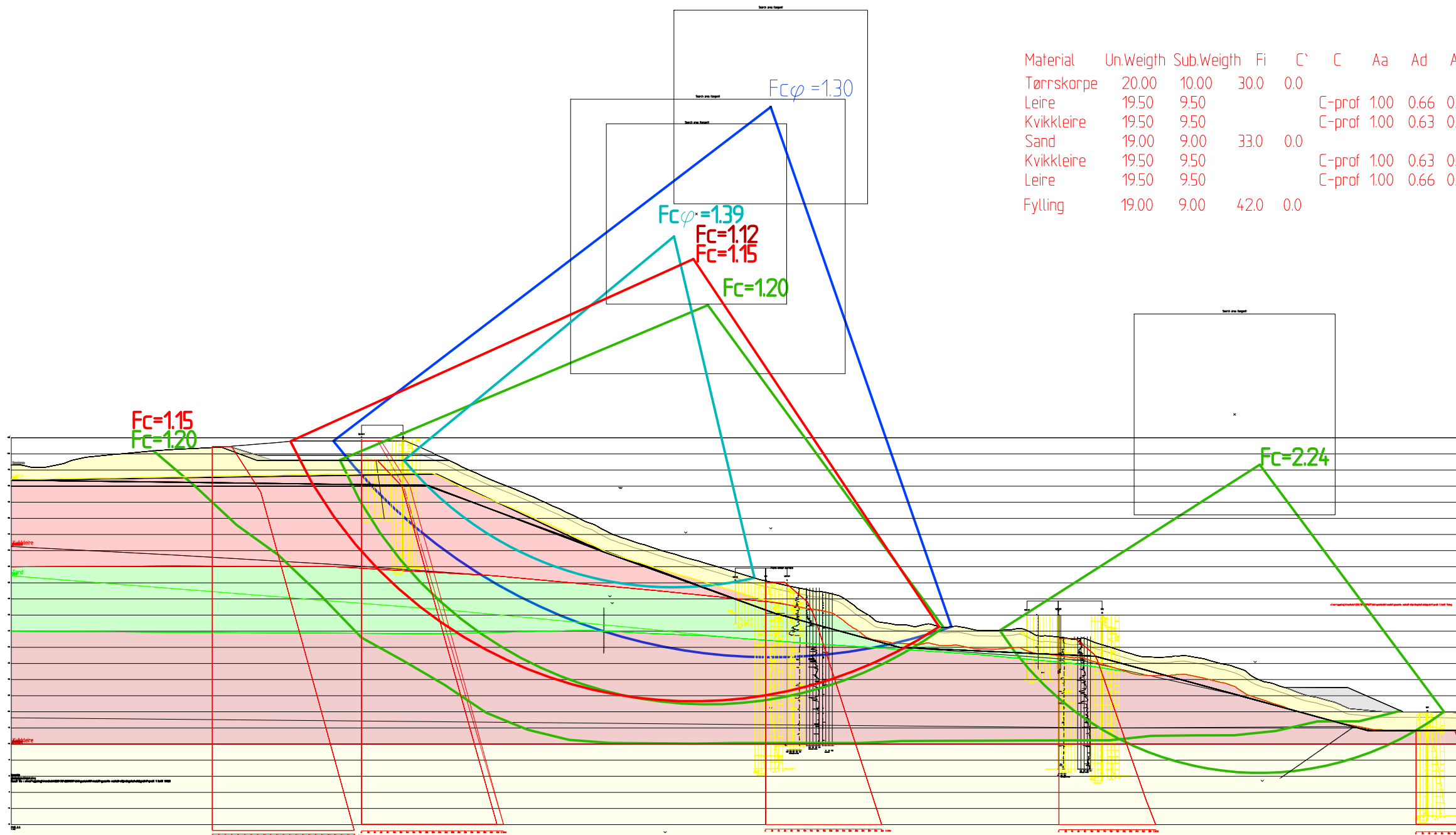




- Drenert dagens situasjon
- Udrenert dagens situasjon
- Udrenert dagens situasjon med 15% reduksjon i sprøbruddmateriale
- Drenert med tiltak
- Udrenert med tiltak

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Tørnskorpe	20.00	10.00	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	32.0	3.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	3.0				
Sand	19.00	9.00	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	3.0				
Leire	19.50	9.50	32.0	3.0				

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Tørnskorpe	20.00	10.00	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.66	0.38
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
Sand	19.00	9.00	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.66	0.38
Fylling	19.00	9.00	42.0	0.0				



DO1	Utkast	TelKyd	KnHBe	GunHen	2021-05-14
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato
		Saknr	Tegningsdato 2021-05-14		
		Bestiller	Nye Veier		
		Prosjektnummer	5207617		
		Arkivreferanse			
		Byggverk nummer			
		Koordinatsystem	NTM 10		
		Haydesystem	NN2000		
		Målestokk A1	1:750		
		Halv målestokk A3	1:375		
		Tegningsnummer/ revisjon	V101 DO		
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv		
TelKyd	GunHen	KnHBe	5207617		

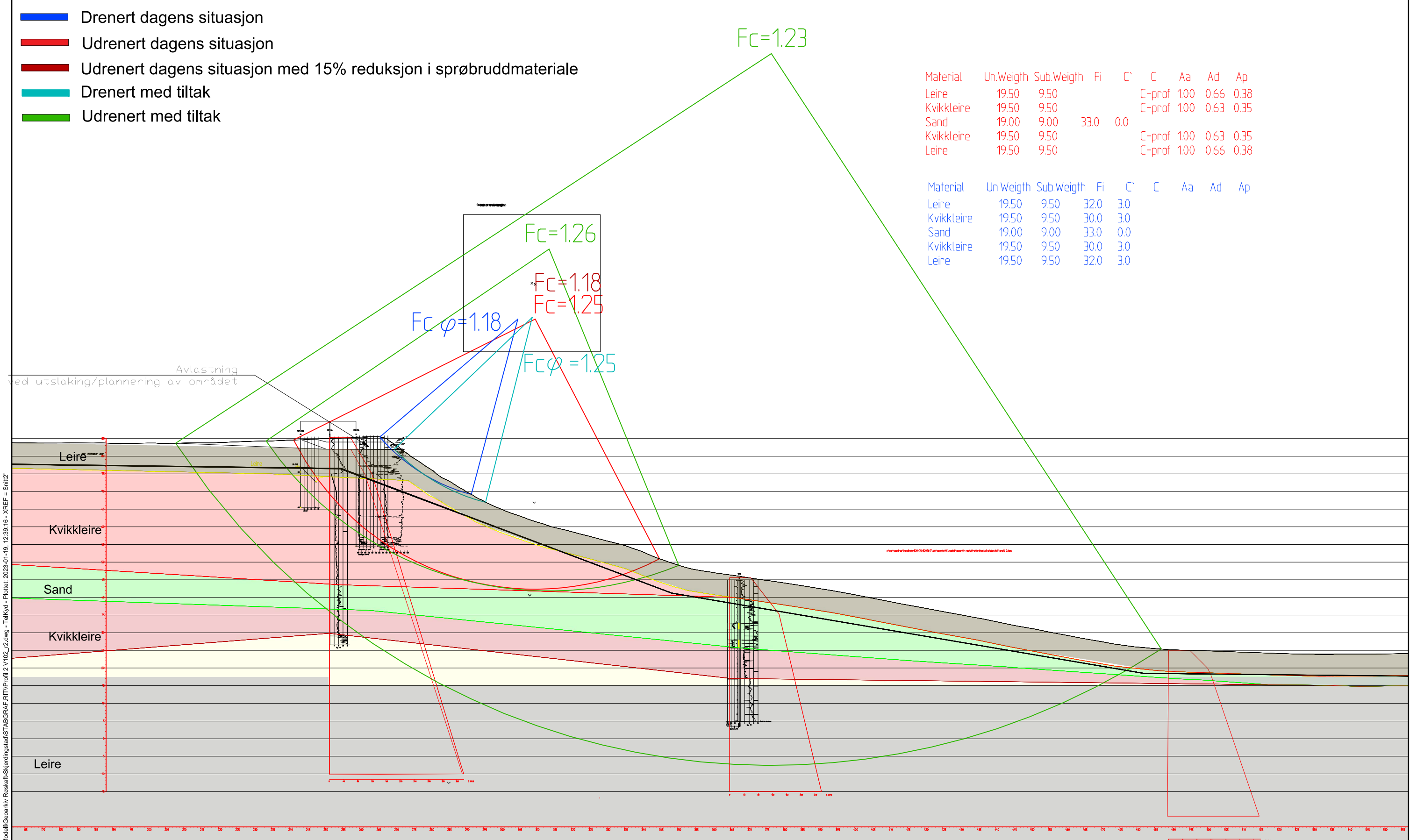
X:\trondheimsdregel\Trondheim\5207617\BIM\Geoteknikk\Modell\Geoarkiv\_Roskall\Sjeringstang\STABGRAF\_RITVPROFIL\_1\_V101.dwg - TelKyd - Plottet: 2021-05-24, 17:14:31 - LAYOUT = Layout3 - XREF = Sniitt1



- Drenert dagens situasjon
- Udrenert dagens situasjon
- Udrenert dagens situasjon med 15% reduksjon i sprøbruddmateriale
- Drenert med tiltak
- Udrenert med tiltak

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Leire	19.50	9.50			C-prof	100	0.66	0.38
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof	100	0.63	0.35
Sand	19.00	9.00	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof	100	0.63	0.35
Leire	19.50	9.50			C-prof	100	0.66	0.38

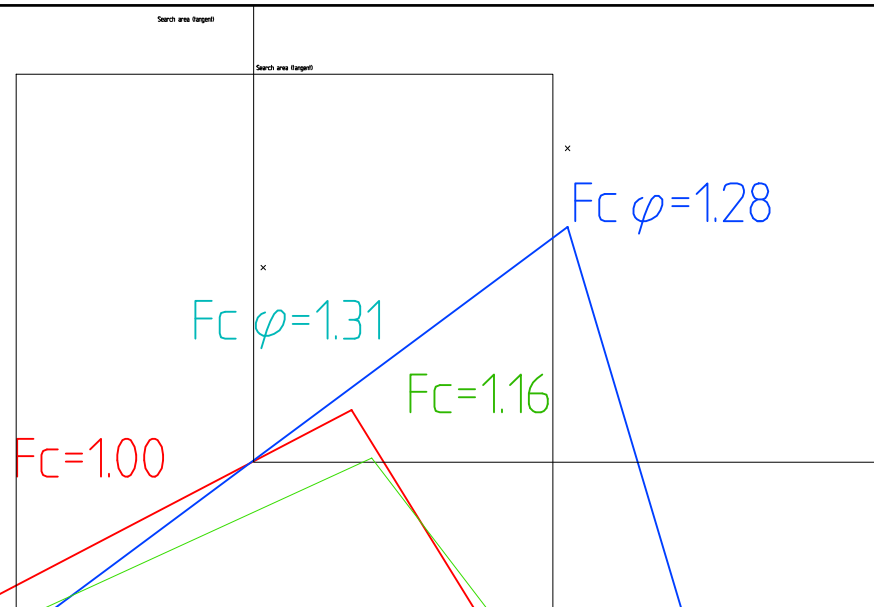
Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Leire	19.50	9.50	32.0	3.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	3.0				
Sand	19.00	9.00	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	3.0				
Leire	19.50	9.50	32.0	3.0				



X:\nor\oppdrag\Trondheim\52076\52076\BIM\Geoteknik\Modell\Geoarkiv\_Roskalf-Skjerdingsada\STABGGA-F.RTI\Profil 2 V102\_2.dwg - Talkyd - Plottet: 2023-01-19, 12:39:16 - XREF = Silt2

D03	REVIDERT_ETTER_UAK	TELKYD	KNUKJE	KNUKJE	2023-01-19
D02	Kontrollert	TelKyd	GunHen	KnuKje	2011-11-10
D01	Første utkast	TelKyd	GunHen	KnuKje	2021-05-24
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato
		Saksnr.		Tegningsdato	
		Utført av:		2023-01-19	
		Bestiller		Nye Veier	
		Produsert for		Nye Veier	
		Prosjektnummer			
		Arkivreferanse			
		Byggverk nummer			
		Koordinatsystem		NTM 10	
		Høydesystem		NN2000	
		Målestokk A1		1:500	
		Hov. målestokk A3		1:250	
		Tegningsnummer/		V102	
		revisjon		DO3	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv		
TelKyd	GunHen	KnuKje	5207617		

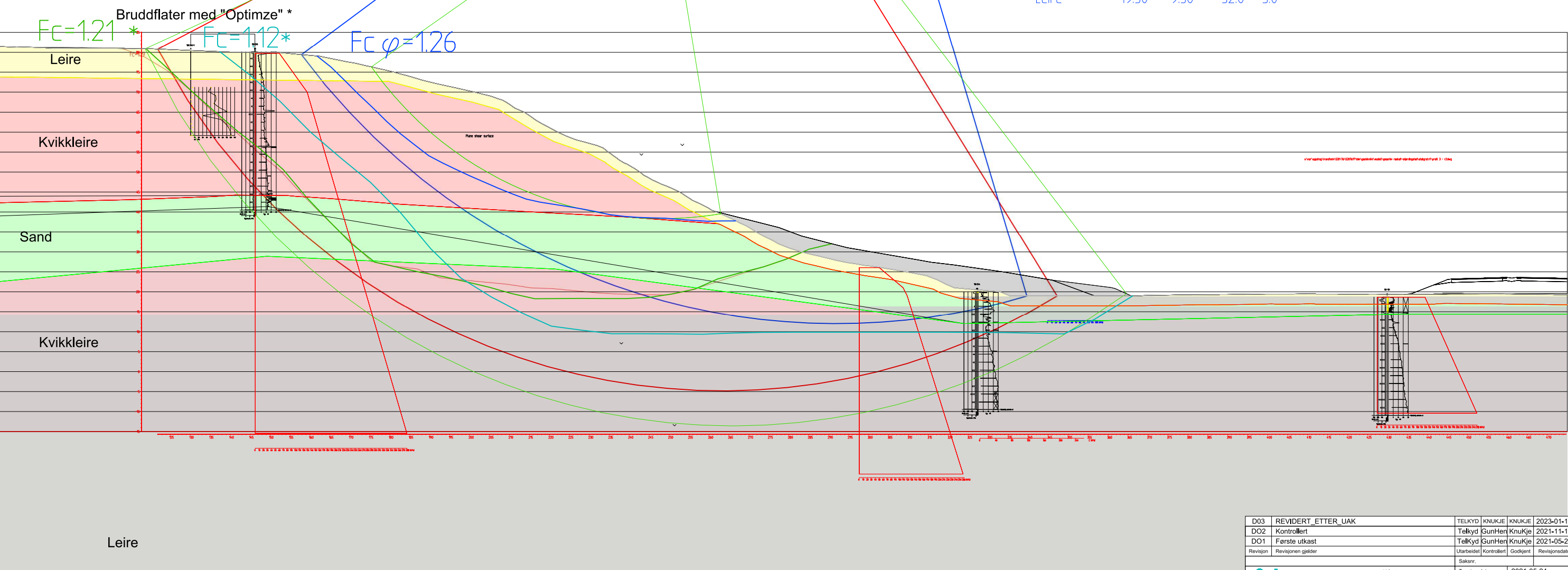
- Drenert dagens situasjon
- Udrenert dagens situasjon
- Drenert med tiltak
- Udrenert med tiltak



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	19.00	9.00	42.0	0.0				
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.66	0.38
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
Sand	19.00	9.00	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.66	0.38

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	19.00	9.00	42.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	32.0	3.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	3.0				
Sand	19.00	9.00	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	3.0				
Leire	19.50	9.50	32.0	3.0				

X:\nor\oppdrag\Trondheim\52076\5207617\BIM\Geoteknik\Modell\Geoarkiv\_Rosalf-Skjeringsgata\STABGGA-F.RIT\Tegning\_PROFIL 3\_D03.dwg - TelKyd - Plottet: 2023-01-19, 15:52:41 - XREF = Snil3



D03	REVIDERT_ETTER_UAK	TELKYD	KNUKJE	KNUKJE	2023-01-19
D02	Kontrollert	TelKyd	GunHen	KnuKje	2021-11-10
D01	Første utkast	TelKyd	GunHen	KnuKje	2021-05-24
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato
Saksnr.		Tegningsdato			
Utført av:		2021-05-24			
Bestiller		Nye Veier			
Produsert for		Nye Veier			
Prosjektnummer					
Arkivreferanse					
Byggverk nummer					
Koordinatsystem		NTM 10			
Høydesystem		NN2000			
Målestokk A1		1:500			
Høiv målestokk A3		1:250			
Tegningsnummer/ revisjon		V103   D03			

**NyeVeier** Utført av: **Norconsult**

**E6 Gyllan - Kvål**

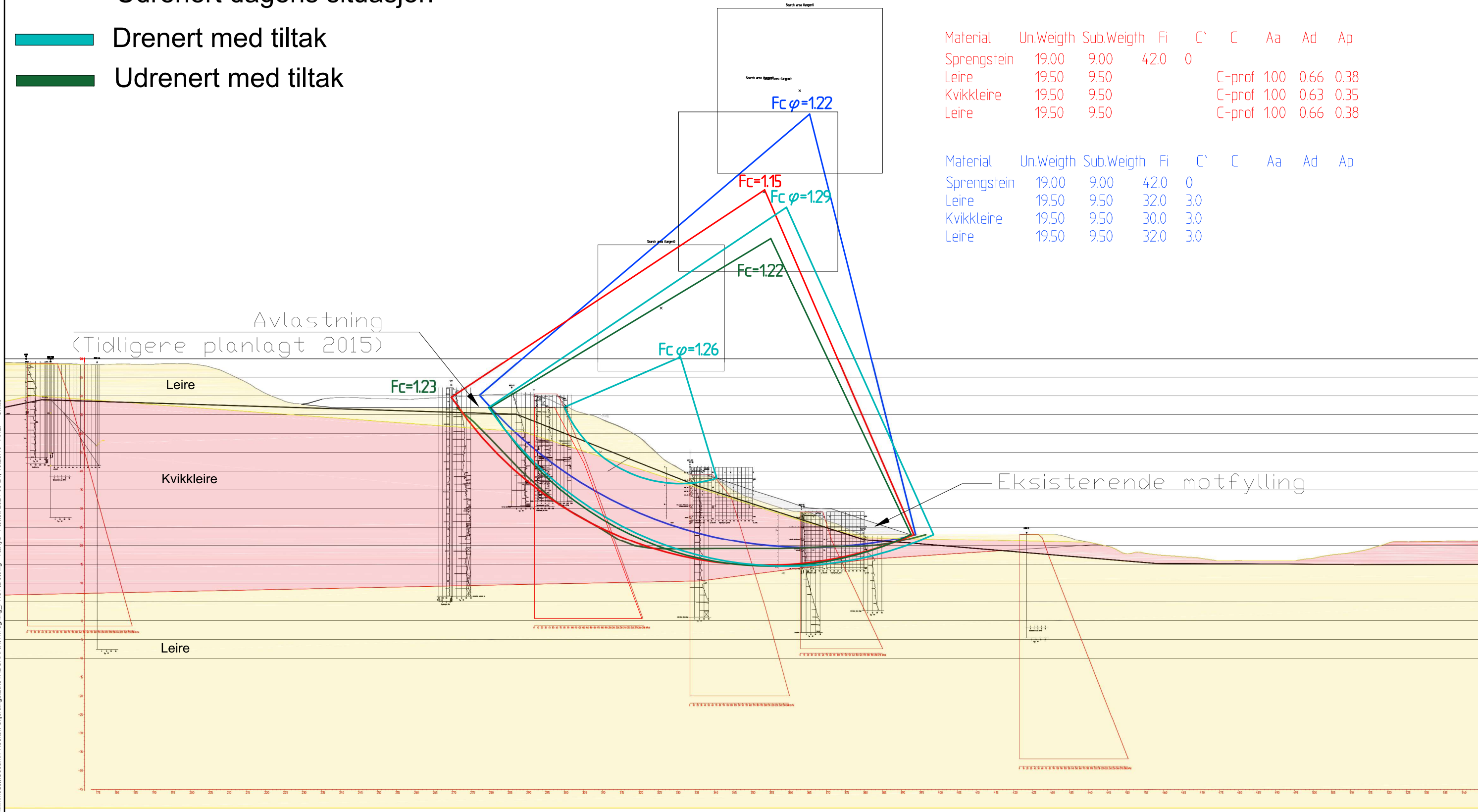
Stabilitetsberegning Profil 3  
Vurdering av område stabilitet Kvikkleiresone Forset  
Reguleringsplan

Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv
TelKyd	GunHen	KnuKje	5207617

- █ Drenert dagens situasjon
- █ Udrenert dagens situasjon
- █ Drenert med tiltak
- █ Udrenert med tiltak

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Sprengstein	19.00	9.00	42.0	0				
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.66	0.38
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.66	0.38

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Sprengstein	19.00	9.00	42.0	0				
Leire	19.50	9.50	32.0	3.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	3.0				
Leire	19.50	9.50	32.0	3.0				



X:\nor\oppdrag\Trondheim\5207\5207617\BIM\GeoteknikModell\Geoarkiv\Resistiv-Sjæringstaad\STABGGA-F.RIT\Tegning\_PROFIL\_3.dwg - Talkyd - Plottet: 2021-05-24, 16:28:19 - XREF = Silt3?

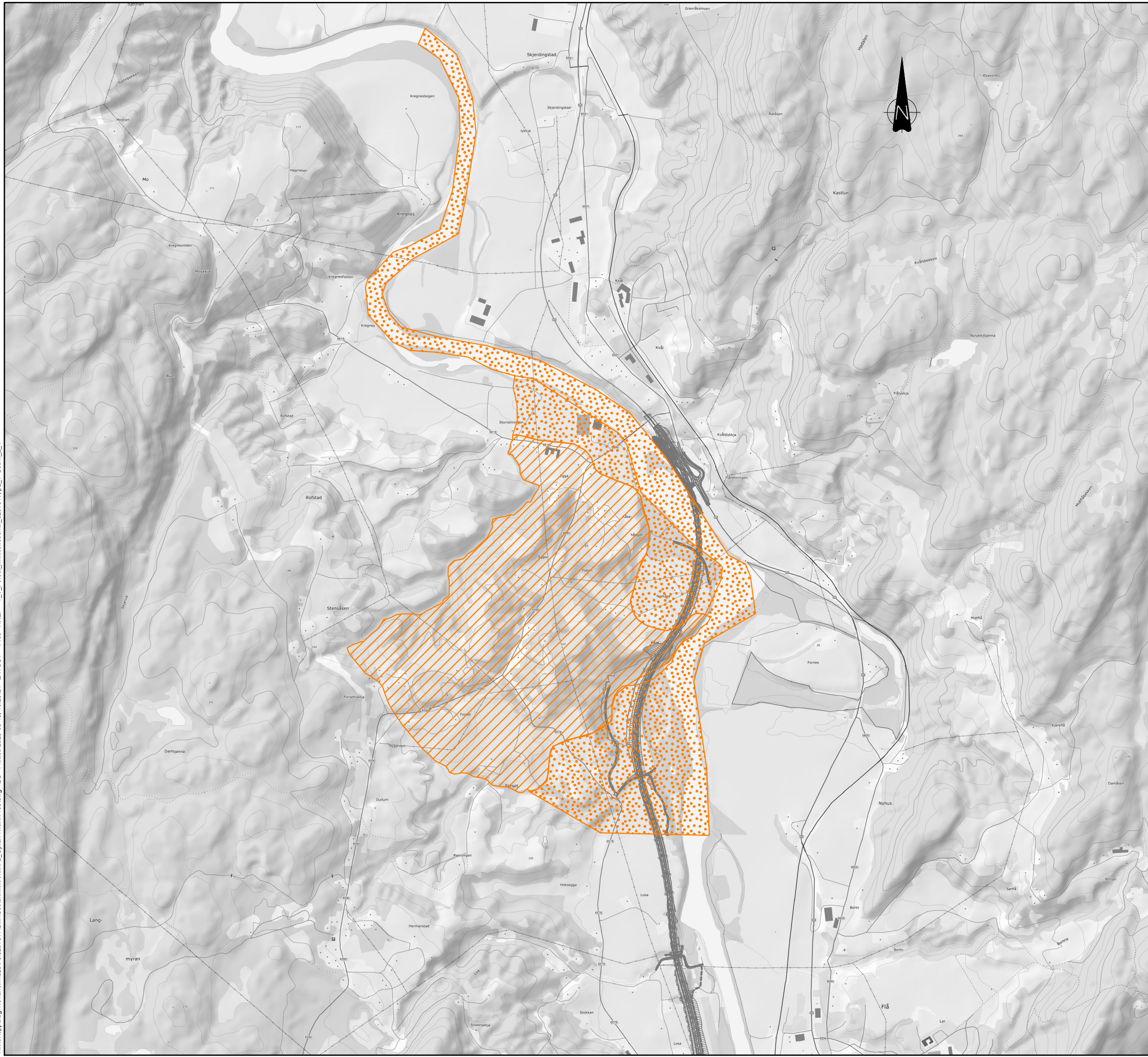
DO1	Første utkast	TelKyd	GunHen	KnHBe	2021-05-24
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato
		Saknr.		Tegningsdato	
		Utført av:		2021-05-24	
		Norconsult		Bestiller	
				Nye Veier	
				Produsert for	
				Nye Veier	
				Prosjektnummer	
				Arkivreferanse	
				Byggeværk nummer	
				Koordinatsystem	
				NTM 10	
				Høydesystem	
				NN2000	
				Målestokk A1	
				1:500	
				Høiv målestokk A3	
				1:250	
				Tegningsnummer/	
				revisjon	
				V104	
				DO1	

**E6 Gyllan - Kvål**  
 Stabilitetsberegning Profil NGI 6B  
 Vurdering av område stabilitet Kvikkleiresone Forset  
 Reguleringsplan



Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv
TelKyd	GunHen	KnHBe	5207617




X:\trondheimsregionen\5207617\BIM\Geoteknik\Kvål\IP2\_Gyllan-Kvål\105.dwg - EG - Plottet: 2023-08-18, 10:25:24 - LAYOUT = V105 - XREF = T\_V\_Forsel\_kvikkleiresone\_5207617.p2\_T-Gaem\_2\_1"



### TEGNFORKLARING:

-  Løsneområde
-  Utløpsområde



J03	Etter 3.parts kontroll	EG	KnuKje	JHSve	2023-08-10
DO2	Kontrollert	TelKyd	GunHen	KnuKje	2023-01-18
DO1	Til kontroll	TelKyd	GunHen	KnuKje	2023-01-18
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeid	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato
		Saknr			-
Uttært av:		Tegningsdato	2023-01-18		
		Bestiller	Jan Olav Svertsen		
E6 Ulsberg - Melhus		Produsert for	Nye Veier		
E6 Gyllan - Kvål		Prosjektnummer	112100		
Kvikkleiresone Forset		Arkivreferanse	-		
Reguleringsplan		Byggverk nummer	-		
Løsne- og utløpsområde		Koordinatsystem	NTM 10		
Kvikkleiresone Forset		Høydesystem	NN2000		
Reguleringsplan		Målestokk A1	1:10 000		
Utarbeidet av		Halv målestokk A3	1:20 000		
Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer/	revisjon	
TelKyd	GunHen	JHSve	5207617	V105	J03