



E6 Gyllan – Kvål

Fagrapport geoteknikk

Områdestabilitet kvikkleirsone Forset

20.03

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

SAMMENDRAG

Nye Veier gjennomfører ny detaljregulering av E6 fra Gyllan til Kvål. Det skal bygges ca. 16 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 tilfredsstiller 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 stabiliserendetiltak 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 tilfredsstille 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.

1 INNHOLD

2	INNLEDNING	4
2.1	E6 Gyllan – Kvål	4
2.2	Kvikkleiresone Forset	4
3	GRUNNLAG	5
3.1	Tidligere utførte grunnundersøkelser og oppsummering av påviste grunnforhold	5
3.2	Tidligere skredhendelser	6
4	TERRENG OG GRUNNFORHOLD	7
4.1	Tolking av grunnforhold i området	7
5	FARESONEAVGRENSING OG FAREGRADSKLASSIFISERING	9
5.1	Kvikkleirefaresone	9
5.2	Løsne- og utløpsområde	9
5.3	Faresoneklassifisering	9
6	SIKKERHETSPRINSIPPER.....	10
6.1	Generelt	10
6.2	Geoteknisk kategori og pålitelighetsklasse	10
6.3	Krav til stabilitetsutredning.....	10
7	GEOTEKNISKE VURDERINGER	12
7.1	Beregningsforutsetninger	12
7.2	Tidligere beregningsprofiler	12
7.3	Beregningsprofiler.....	13
7.4	Valg av beregningsparametere	13
7.5	Grunnvannstand og poretrykk	13
7.6	Sidefriksjon	13
7.7	Reduksjon av skjærstyrke ved avlastning	13
7.8	Beregningsresultat.....	14
7.8.1	Profil 1 (tegning V101)	14
7.8.2	Profil 2 (tegning V102)	14
7.8.3	Profil 3 (tegning V103)	14
7.8.4	Profil 4 (tegning V104)	15
8	OPPSUMMERING	16
8.1	Generelt:	16
9	TEGNINGER	17
10	REFERANSELISTE.....	18

2 INNLEDNING

2.1 E6 Gyllan – Kvål

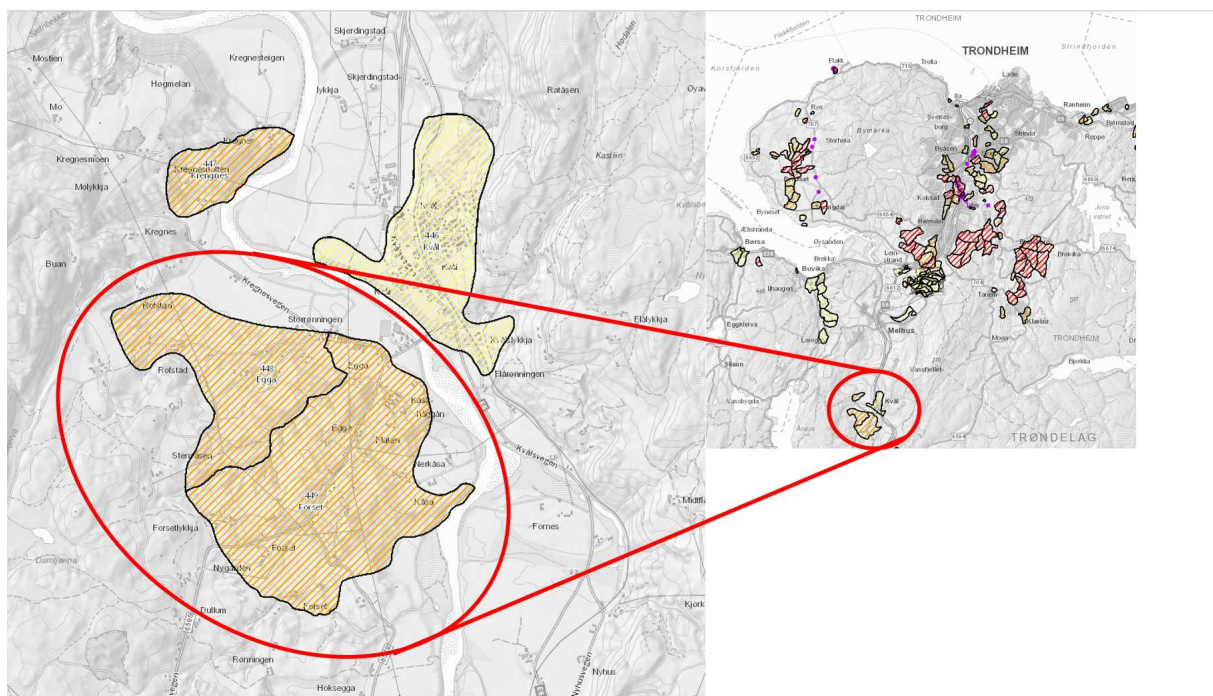
Nye Veier planlegger ny omregulering av E6 fra Gyllan til Kvål. Det skal bygges ca. 16 km ny vei som 4-felts motorvei med midtdeler. Prosjektet omfatter større bruer og tunneler, samt omlegging av flere fylkesveier og lokalveier.

Norconsult AS er engasjert av Nye Veier for å utføre supplerende grunnundersøkelser på strekningen og rapportering av disse, dette som tillegg til tidligere utførte grunnundersøkelser av Multiconsult og Statens vegvesen, og å sammenstille en geoteknisk vurdering for detaljregulering av ny vei.

2.2 Kvikkleiresone Forset

I forbindelse med tidligere regulering av E6 Røskoft – 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 tilfredsstiller kravene gitt i revidert NVE kvikkleirveileder fra 2019 [2].

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



Figur 2-1 Oversikt over kvikkleirsonen Forset i Melhus kommune, Trøndelag (Kilde: ???)

3 GRUNNLAG

3.1 Tidligere utførte grunnundersøkelser og oppsummering av påviste grunnforhold

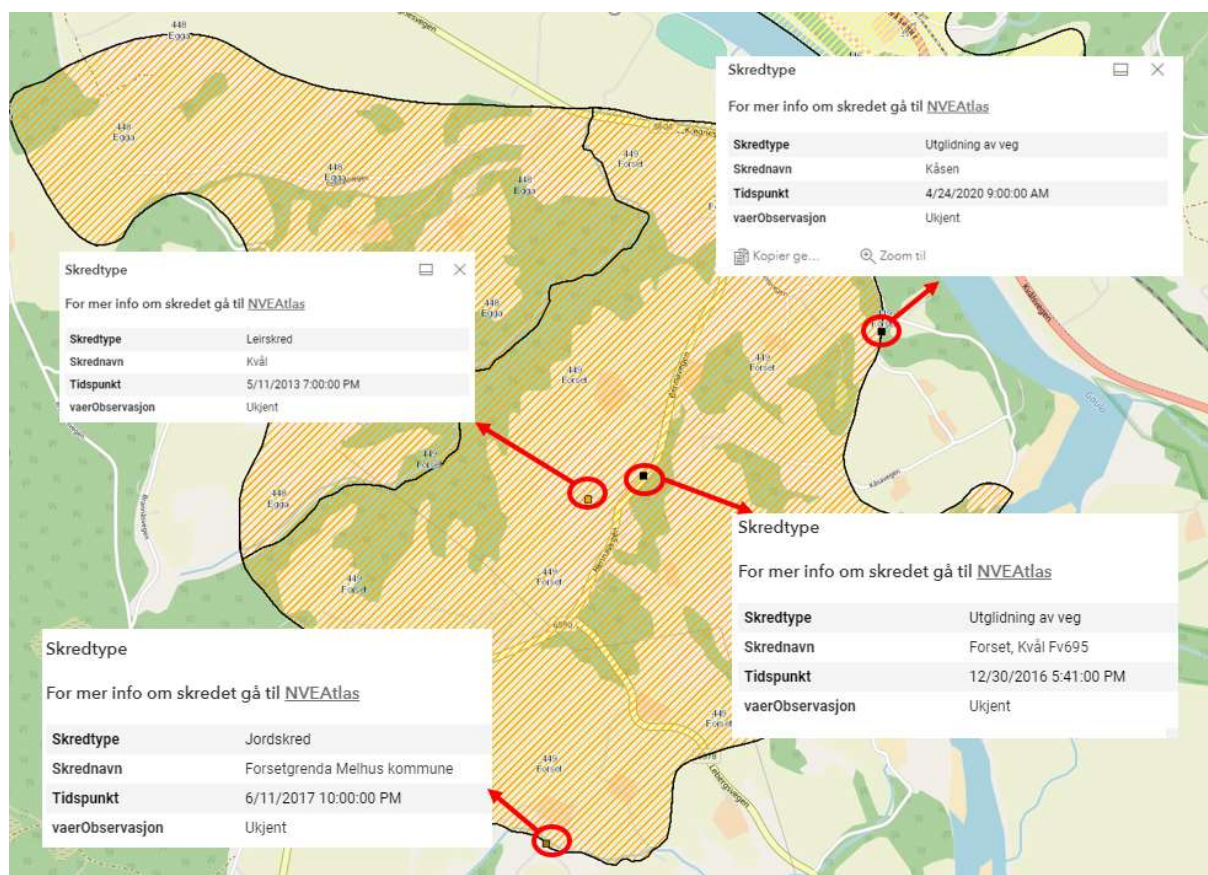
Området rundt Forset har blitt undersøkt tidligere av Statens vegvesen, NGI, Rambøll (Kommuneje og Scandiaconsult) og NOTEBY AS. Tidligere geotekniske grunnundersøkelser oppsummeres i Tabell 3-1.

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	Kommuneje (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	Kommuneje (Rambøll)	Enebolig Nordang, Kvål.	1991
O.7921	Kommuneje (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 utglidning ved kvikkleiresone Forset. NGI gjennomførte supplerende grunnundersøkelser og vurderte stabilitet, samt detaljprosjekterte sikringstiltak ved skredområdet [3].

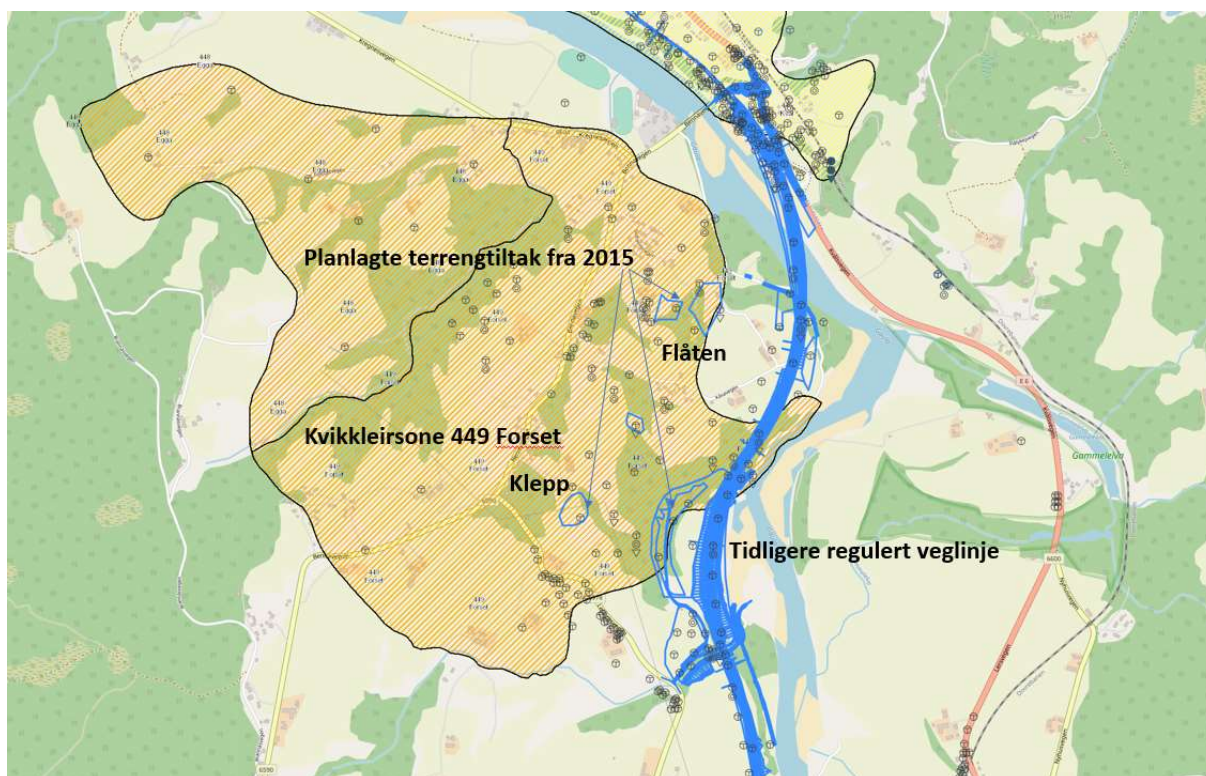
NGI har også tidligere, i 2012, utført stabilitetsberegninger i samme område, og disse vurderingene lå til grunn i Multiconsults vurdering fra 2015.

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.



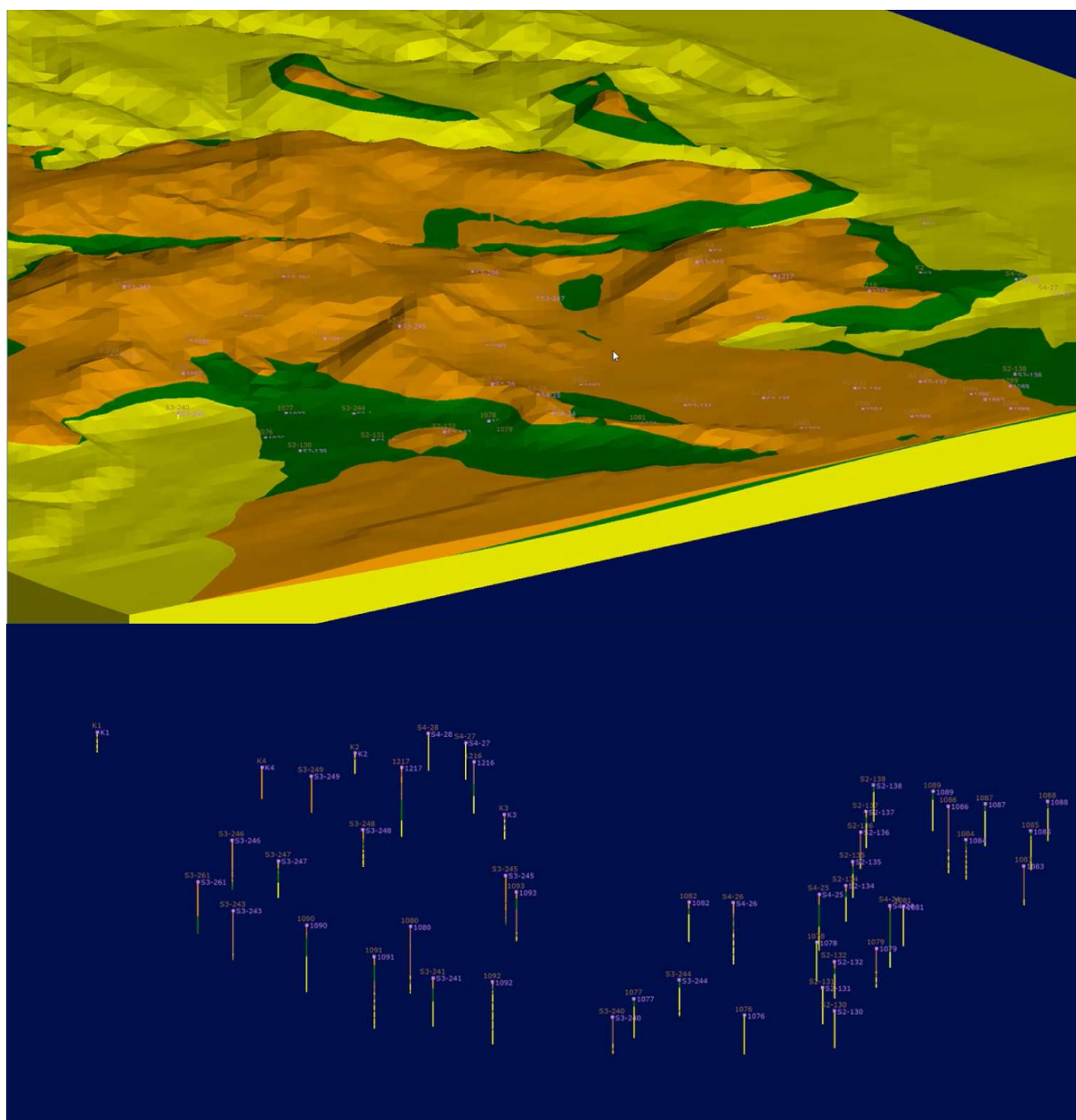
Figur 4-1 Oversikt over kvikkleirsone Forset med lokalisering av de tidligere planlagte terrengtiltakene (Kilde: Norconsult)

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.

Ødometerforsøk presentert i tidligere rapporter [1] viser at tidligere sjøbunn minst må ha ligget på kote +110 til +130 i området. Leirmassene er derfor noe overkonsolidert. Fastheten i leiren varierer fra middels til meget fast. Leiren er videre middels til meget plastisk, med unntak av kvikkleiren som er lite plastisk.

Det er etablert en 3D-modell av grunnforholdene i området, som viser mektigheten av sprøbruddsmateriale. Modellen baserer seg på grunnundersøkelsene benyttet, se Figur 4-2.



Figur 4-2 Modell over grunnforhold .Oransje farge indikerer kvikkleire, friksjonsmateriale som sand er vist med grønt og gult viser materiale av leire. Nederste bilde viser sonderingene benyttet i modellen (Kilde: Norconsult)

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]. Avgrensing 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 [2]. 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 foreslåtte nye kvikkleiresonen er faregraden klassifisert i henhold til NVEs kvikkleireveileder [2]. Klassifiseringen er basert på foreliggende datagrunnlag, både felt- og laboratorieforsøk. Klassifiseringen viser at dagens område som planlegges å bygges ut, har **Middels** faregrad. Detaljert klassifisering av faregrad er vist i vedlegg 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 tidligere 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 [2].

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 [2], ligger tiltaket-under tiltakskategori K4. For tiltakskategori K4 i middels faregradsklasse medfører dette en stabilitetsanalyse som dokumenterer:

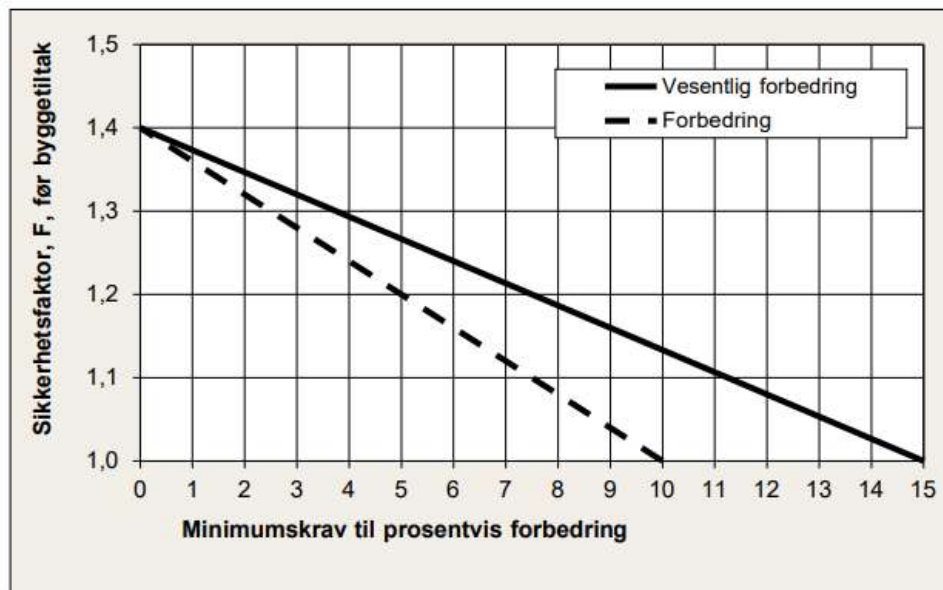
- a) Hvis tiltaket forverrer områdestabiliteten: Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet må dokumenteres $F_{cu} \geq 1,40 \cdot fs$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$, med $fs=1,15$. I praksis vil kravet bli $F_{cu} \geq 1,61$.
- b) For tiltak som ikke forverrer stabilitet er kravet til sikkerhet $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$
- c) Prosentvis forbedring hvis $F < 1,4$, basert på figur 3.3 i NVEs kvikkleireveileder [2]

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 områdets 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 [2] (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 tilfredsstiller 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 [3] 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 [3]	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 [3], 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 [3], 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 [3] 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 [2] 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 [2]).

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.

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 kapittel 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 [3] 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 [2]. 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.

Det må gjennomføres detaljprosjektering av terrengtiltakene og utarbeides kontrollplan for arbeidene.

Tabell 8-1 Oppsummering av resultater fra beregningssnittene, 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 (effektivspenningsanalyse)	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 stabilitetssnitt 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 Røskift-Skjerdingstad vurdering av områdestabilitet kvikkleiresone Forset,» Multiconsult, Trondheim, 2015.
- [2] NVE, Sikkerhet mot kvikkleireskred, Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat, 2019.
- [3] NGI, «Forset,Kvål-Utglidning og forslag til sikringstiltak,» NGI, Oslo, 2020.
- [4] Statens vegvesen, «Konsekvensanalyser, håndbok V712,» 2018.