



Vedlegg 9 til Fagrappport geoteknikk - Utredning av sikkerhet mot kvikkleireskred - Område 1.10-2, Bjørnstad og Fosstveit

E18 Tvedestrand – Bamble. Detaljreguleringsplan.

Oppdragsnr:	100411
Oppdragsnavn:	E18 Tvedestrand – Bamble. Detaljreguleringsplan.
Dokument nr.:	Vedlegg 9 til NV38E18TB-GTK-RAP-0001
Filnavn	Fagrapport geoteknikk - kvikkleireutredning_Vedlegg 9.pdf

Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Revisjon gjelder	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
0.1	12.03.21	Uavhengig kvalitetssikring	KRTS	KALA	BRBU
0.2	11.06.21	Justering etter UAK	KRTS/BRBU/TOBS	KALA	BRBU

Innhold

1	Sammendrag.....	4
2	Om dette vedlegget.....	5
3	Grunnlag og metodikk.....	5
4	Område 1.10-2 ved Bjørnstad.....	6
4.1	Oversikt over området.....	6
4.2	Terreng og grunnforhold.....	6
4.3	Avgrensning av aktsomhetsområde.....	10
4.4	Aktuelle skredmekanismer, avgrensning av faresone.....	12
4.5	Klassifisering av faresone og sikkerhetskrav.....	14
4.6	Foreløpig vurdering av mulig lokalvei – tilkobling til Gamleveien.....	15
4.7	Konklusjon.....	17
5	Område 1.10-2 ved Fosstveit.....	18
5.1	Oversikt over området.....	18
5.2	Terreng og grunnforhold.....	18
5.3	Aktuelle skredmekanismer, avgrensning av aktsomhetsområde.....	21
5.4	Konklusjon.....	23
6	Vedleggs- og tegningsliste.....	24
7	Referanser.....	25

1 Sammen drag

Det er utført vurdering av sikkerhet mot kvikkleireskred i område 1.10-2. Basert på terrengforhold og resultater fra grunnundersøkelser er det vurdert om det er risiko for kvikkleireskred i dette området.

I område 1.10.2 ved Bjørnstad (sør for Storelva) er det påvist kvikkleire, flere sonderinger i området indikerer sprøbruddmateriale og terrenget tilsier mulighet for skred. Det er definert tre aktsomhetssoner i området. Det må utføres full utredning av disse områdene hvis det i senere fase av prosjektet planlegges tiltak her. Videre er det avgrenset og faregradsklassifisert en faresone hvor det skal etableres nytt kryss ved Bjørnstad og Tveitehallingene. Tiltaket er i tiltakskategori K3 og resultatet av faregradsklassifiseringen er lav faregradsklasse, mindre alvorlig skadekonsekvensklasse og risikoklasse 2. Det er ikke utført stabilitetsberegninger da det settes krav til ikke forverring, som må dokumenteres i detaljprosjekteringsfasen.

I tillegg er det gjort en vurdering på detaljregulert gang- og sykkelvei på eksisterende sprengsteinsfylling. Tiltaket plasseres i tiltakskategori K1. Her er det vurdert at stabiliteten ikke forverres med planlagt plassering, noe som innebærer at områdestabiliteten er ivaretatt.

I område 1.10-2 ved Fosstveit (nord for Storelva) er det truffet kvikkleire ved sørlig del av Modalsveien, som skal brukes som tilkomstvei for anleggsområdet ved Modal. Det er avgrenset en aktsomhetszone i området, men både løsne- og utløpsområdet ligger utenfor varslingsområdet. Det er derfor ikke laget full utredning med stabilitetsberegninger for aktsomhetssonen.

2 Om dette vedlegget

Dette vedlegget inngår i «Fagrapport Geoteknikk - Utredning av sikkerhet mot kvikkleireskred» og omhandler vurdering av aktsomhetsområder og utredning av faresoner i henhold til prosedyren gitt i NVE-veileder 1/2019, [1], for RIG-område 1.10-2 som ligger øst for ny E18 ved Bjørnstad og Fosstveit. Skred i området kan ikke påvirke ny E18, men det er mindre lokalveier i området som skal sikres mot kvikkleireskred.

3 Grunnlag og metodikk

Det henvises til hovedrapport for beskrivelse av gjeldende regelverk, veiledninger og metodikk som er benyttet for utredning av områdestabilitet.

Tabell 3-1 viser oversikt over tilgjengelige grunnundersøkelser for området. I forbindelse med detaljreguleringsplanen er det utført befaringskartlegging av berg i dagen og erosjonsforhold i skråninger ved bekkeløp og elver. Informasjon fra befaringskartlegging er benyttet slik beskrevet i hovedrapport.

Tabell 3-1: Oversikt over rapporter med tilgjengelige grunnundersøkelser.

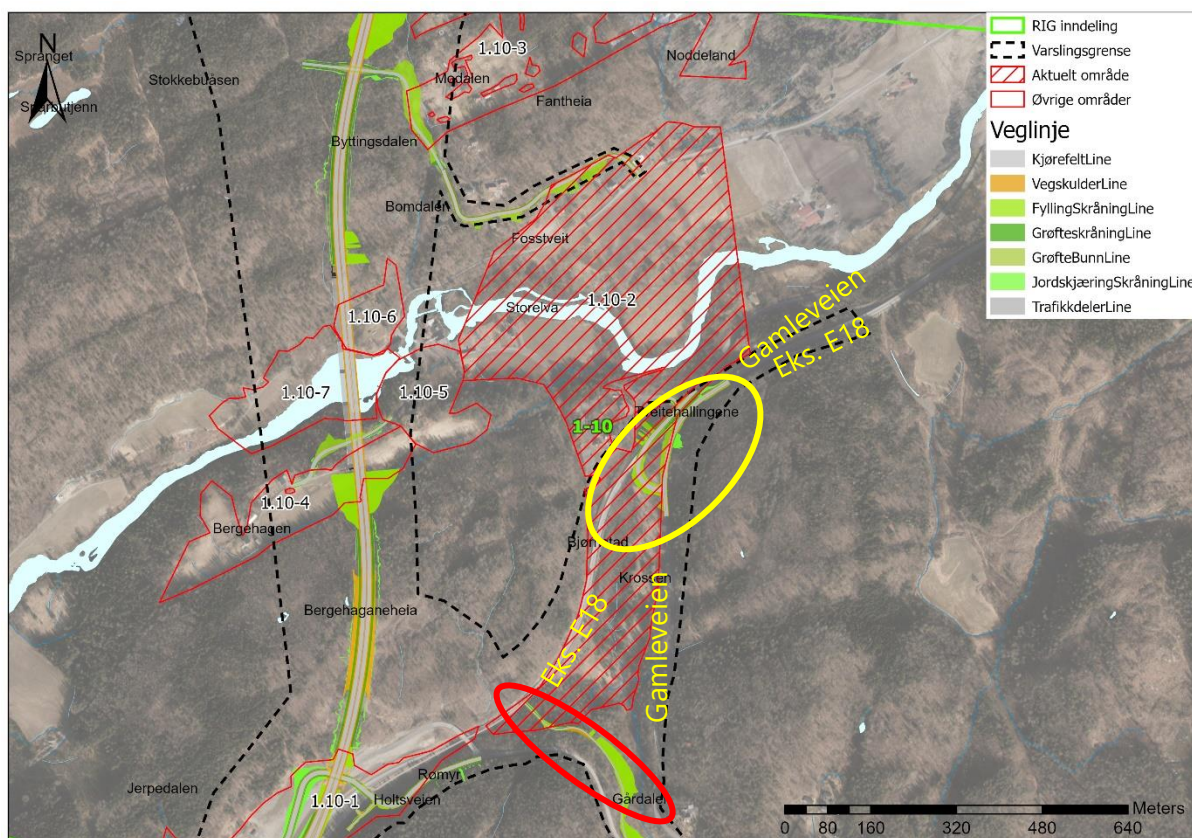
Bedrift	Rapportnavn	År	Oppdragsnr.	Omfang (relevant for området)	Kilde
Veglaboratoriet	Grunnundersøkelse for fylkesveganlegget Fosstveit-Sandvad Pel 0-108	1968	47-193	5 dreiesonderinger Vingebor	[2]
Veglaboratoriet	E18 Tveithallingene – Rømyr Fylling ved ca. profil 300	1985	I-228A	9 enkeltsonderinger 5 dreietrykksonderinger 4 fjellkontrollboringer 8 prøveserier Skovlprøver	[3]
Veglaboratoriet	E18 Lunde-Tveithallingene. Profil 580 - 2940	1990	I-37B nr. 3	Beskrivelse av grunnforhold og deponiplass	[4]
Statens Vegvesen	E18 Tveithallingene (mp4 video)	1990	-	Video som beskriver og viser massefortrengning for eks. E18	[5]
SWECO for Statens vegvesen	E18 Tvedestrand-Arendal. Grunnundersøkelser Rømyr.	2011	167610	16 totalsonderinger 3 CPTu	[6]
COWI for Nye Veier	Datarapport - grunnundersøkelser	2021	100411	15 totalsonderinger Befaring (berg i dagen)	[7]

Område 1.10-2 sør (Bjørnstad) og nord (Fosstveit) for Storelva er vurdert i henholdsvis kapittel 4 og 5.

4 Område 1.10-2 ved Bjørnstad

4.1 Oversikt over området

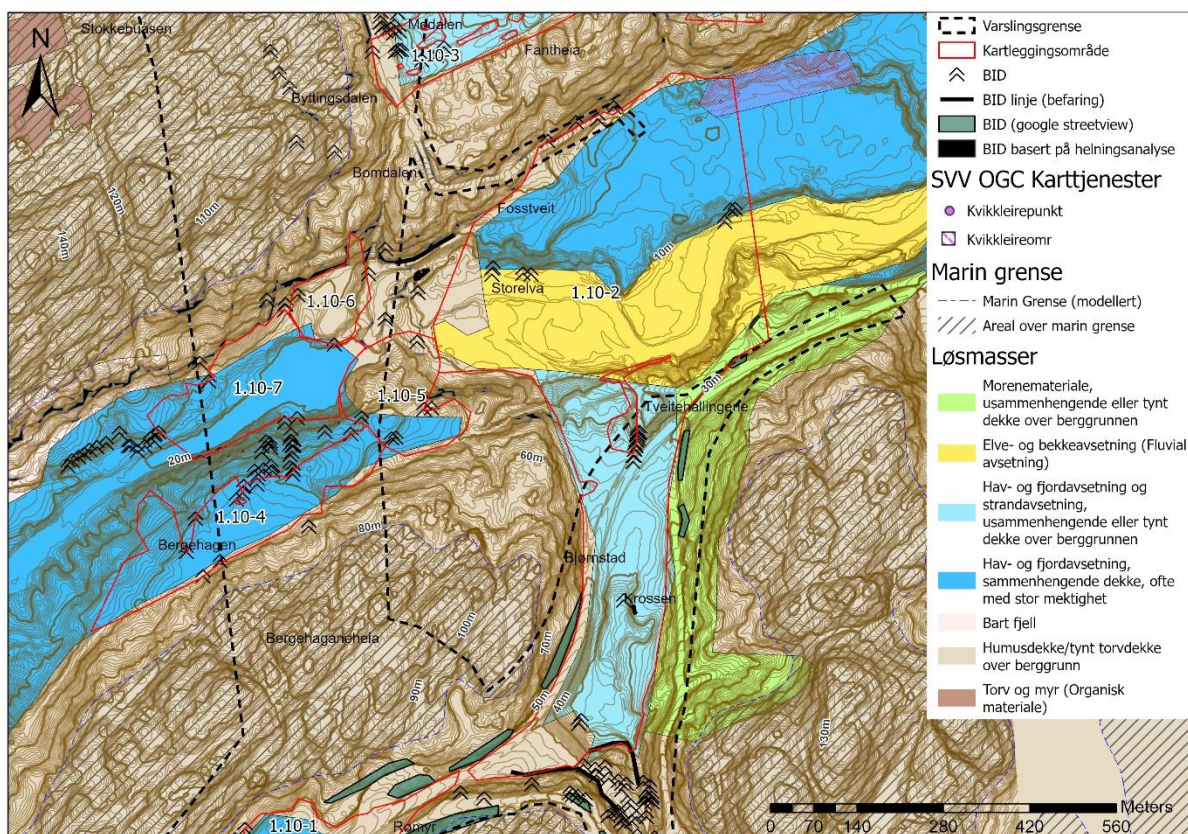
Området ligger sør for Storelva ved eksisterende E18, jf. Figur 4-1. Eksisterende Gamleveien skal kobles på eksisterende E18 i nordgående retning (gul markering i Figur 4-1). Videre skal det etableres en gang og sykkelvei i sørvest av området (rød markering i Figur 4-1). Det er ikke planlagt øvrige tiltak i dette området men mulighet for å forbinde eksisterende Gamleveien med eksisterende E18 i sørlig ende av området er også vurdert, se avsnitt 4.6.



Figur 4-1: Oversiktskart over område 1.10-2 ved Bjørnstad. Ny forbindelse mellom eksisterende E18 og Gamleveien er angitt med gul markering, mens gang- og sykkelvei er markert med rød.

4.2 Terreng og grunnforhold

I Figur 4-2 ses kvartærgeologisk kart fra NGU. Vest for Gamleveien (Fv. 3486) finnes hav- og fjordavsetning, øst for veien finnes tynn morene og mot nord ved Storelva finnes elveavsetning. Befaring har vist at det er berg i dagen i skråningen nordvest for eksisterende E18 og at Gamleveien går delvis på berg og grove fyllingsmasser.



Figur 4-2: Kvartærgeologisk kart fra NGU over område 1.10-2 ved Bjørnstad.

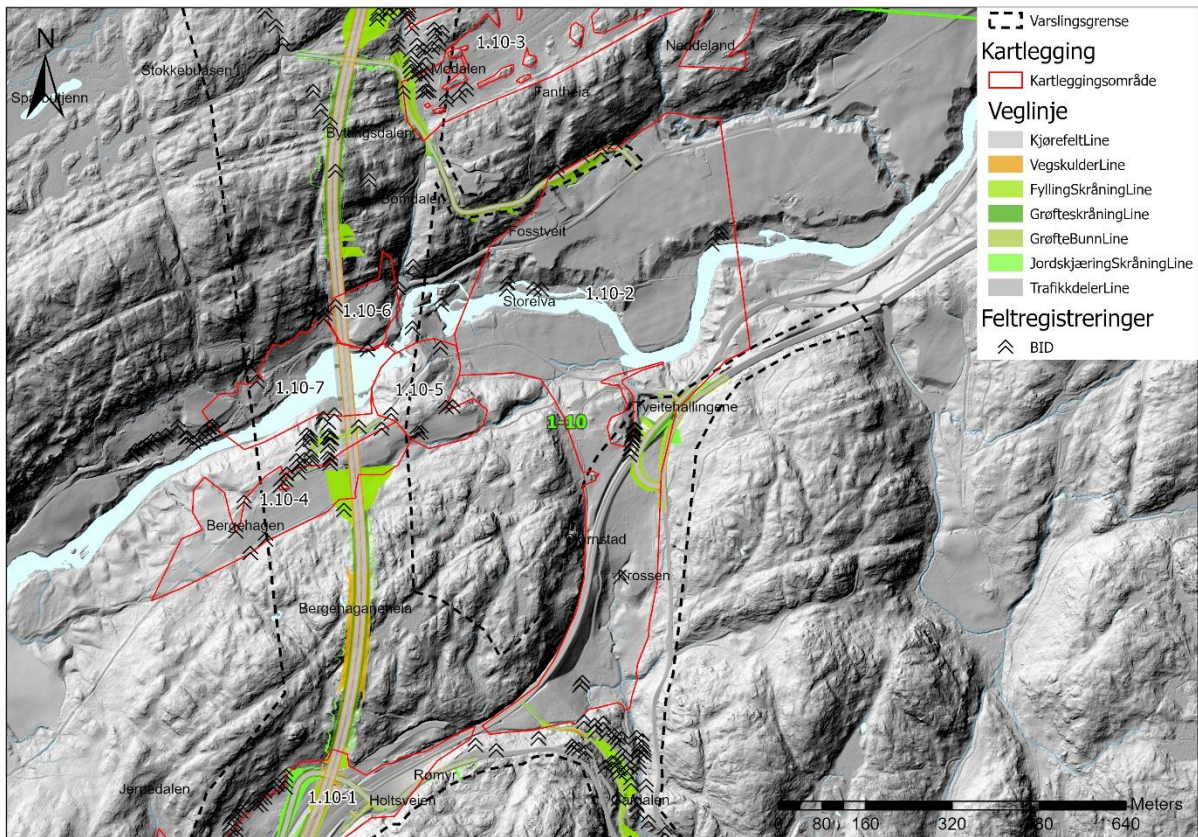
Skyggerelieffkart i Figur 4-3 gir oversikt over terrenget i området. Figur 4-4 viser oversiktskart med skråningshelninger i området.

Platået som ligger nordvest for eksisterende E18, har helning slakere enn 1:20 frem til ca. 100 m nordover mot Storelva. Herfra faller terrenget med helning mellom 1:5 og 1:1 ned til et platå langs Storelva. Den totale skråningshøyden fra eksisterende E18 til platået ved Storelva er ca. 30 m.

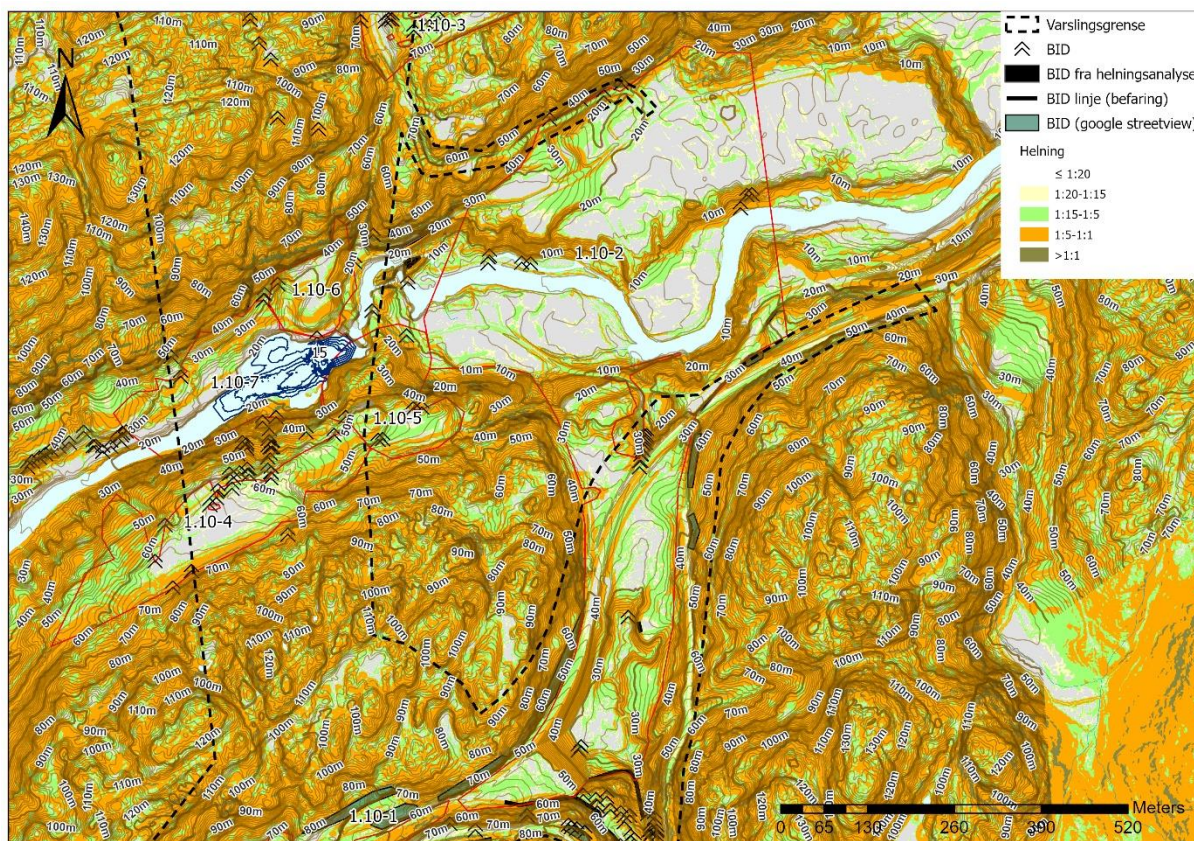
Terrenget nord for eksisterende E18 ved Tveitehallingene og sør for Storelva skråner generelt mellom 1:15-1:1 mot Storelva.

I den nordlige delen av området fra Tveitehallingene mellom Gamleveien og eksisterende E18 går det en dal som er delvis fylt med løsmasser. Eksisterende E18 ligger noen få meter høyere enn det oppfylte området. Mot øst/Gamleveien skråner terrenget mellom 1:15-1:5, med skråningshøyde opptil ca. 6 m.

Resten av området (dalen) mellom Gamleveien og eksisterende E18 er, langs ca. 150 m, tilnærmet flat. Herfra faller terrenget videre med skråningshelning mellom 1:15-1:1 mot sør til bunnen av dalen 8 m lavere. Dalbunnen ligger mellom 20-30 m under nivå for eksisterende E18 og Gamleveien. Området avgrenses mot sør av en 20 m høy steinfylling.



Figur 4-3: DTM skyggerelieff fra Kartverket.



Figur 4-4: Helningskart basert på kartdata fra høydedata.no.

Det er utført flere boringer i området både i forbindelse med etablering eksisterende E18 og i forbindelse med dette prosjektet, jf. Vedlegg 11, Tegning V1.10-2-01.

Geotekniske boringer utført i området nord for eksisterende E18 ved Tveitehallingene viser 6-12 m dybde til fjell, jf. [3]. De øvre lagene består av fast leire over meget faste masser, trolig friksjonsmasser. Det er ikke truffet sprøbruddmasser.

Geoteknisk rapport for eksisterende E18 [4] angir at det er truffet bløt og kvikk leire i dalen mellom eksisterende E18 og Gamleveien, men at veilinen for E18 er etablert på fast morene over fjell. Dette er bekreftet med nye totalsonderinger i borepunktene 110058 – 110060 i nordlige ende området. Sonderingene for eksisterende E18 i dalområdets nordlige ende viser bløt kvikkleire over fjell inntil 12 m dybde.

Tegning nr. 1-37B-39 i ref. [4] viser at den nordlige delen av området mellom Gamleveien og eksisterende E18 er benyttet som deponi for overskuddsmasser. Deponeringsmassene er angitt i ref. [4] å være av svært varierende kvalitet, bl.a. sprengstein, masser fra fjellrensk og utgravd kvikkleire. Dette kan forklare de blandede og inkonsistente lagdelingene som ses i totalsonderingene 1701-1706. Totalsonderingene 1702-1703 indikerer delvis bløte masser over nivå tilsvarende terrengnivå før oppfylling med fyllmasser. Totalsondering 1704 viser antatt kvikkleire.

Totalsonderingene 1705-1708 viser faste friksjonsmasser over berg.

I bunn av dalen mot sør viser totalsonderingene 1710-1712 og 1714-1715 bløt og trolig kvikk leire fra kote ca. 27 m ned til 7,5-18 m dybde. Under dette kommer et 2-3 m tykt gruslag over berg. Etter opplysninger fra SVV er det for eksisterende E18 utført massefortrengning ved sprengning i den sørligste delen av dalen. Dette er bekreftet av nye totalsonderinger som viser at det gjort bra fortrengning iht. krav fra SVV N200, men at det registreres en kile med indikasjoner på kvikkleire under kanten av fyllingen (borpunkt 1713, 110095, 110098, 110102, 110103, 110104).

Totalsonderingene 110099 og 110105 i sprengsteinsfylling mot sør, utenfor eksisterende E18, indikerer at leire går inn under fyllingen. Det kan ikke avvises at denne leiren er kvikk eller sprø. Derfor kan det være risiko for kvikkleireskred i dette område. Det er truffet gode masser til berg i borpunkt 1716 og 110106 og et eventuelt skred kan derfor avgrensnes rundt disse borpunktene.

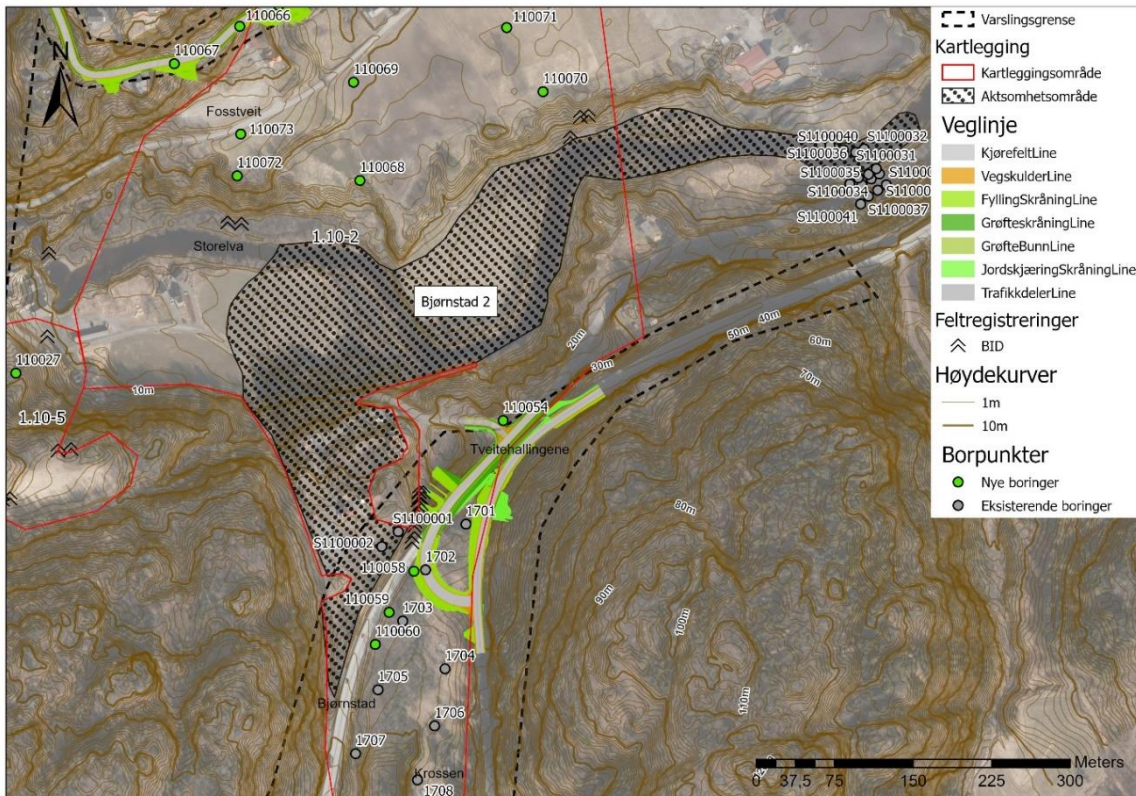
4.3 Avgrensning av aktsomhetsområde

Det er ikke planlagt tiltak i området nord og vest for eksisterende E18.

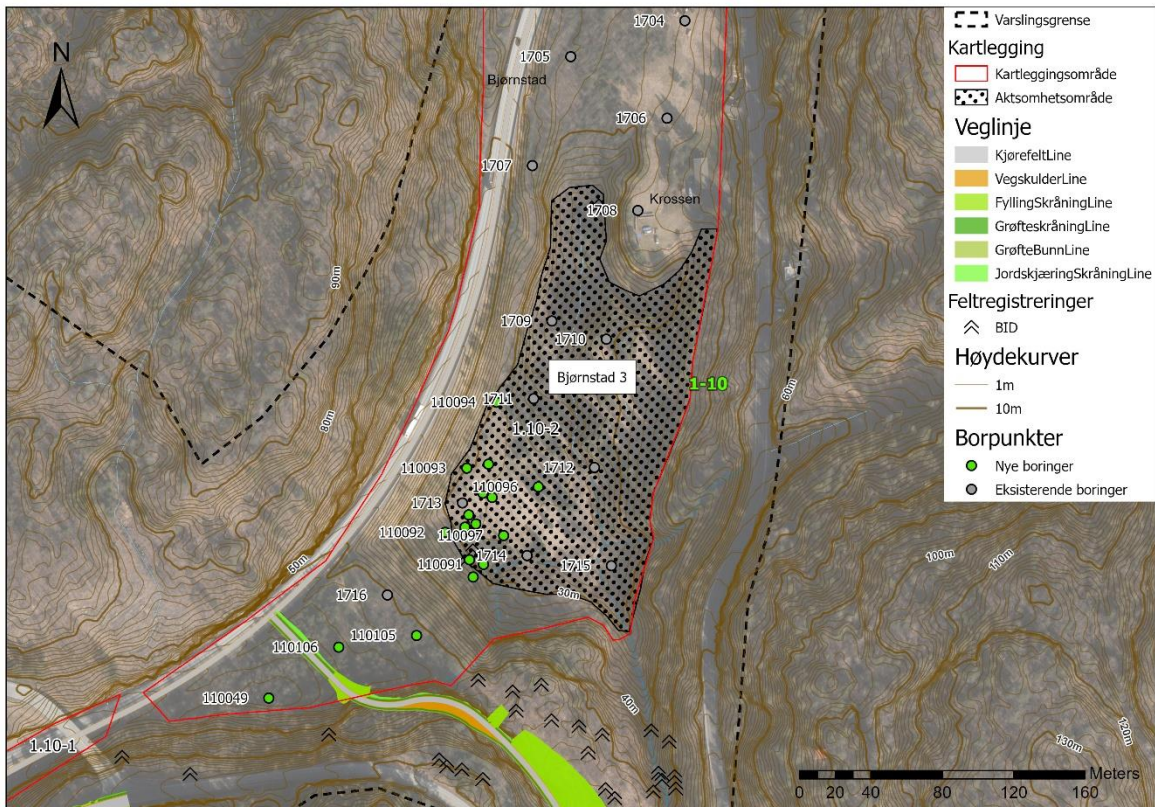
Basert på topografi og grunnundersøkelser er det risiko for kvikkleireskred i begge områdene, men skred vil ikke kunne påvirke planlagte tiltak. Der det i detaljprosjekteringsfasen planlegges tiltak i disse områdene må det utføres en full utredning av områdene iht. NVE-veileder 1/2019, [1]. Områdene angis derfor som aktsomhetsområder jf. Figur 4-5 og Figur 4-6.

På fyllingen mot sør planlegges en gang- og sykkelvei. Denne plasseres i tiltakskategori K1. Aktsomhetsområde vist på Figur 4-7 viser avgrensning av aktsomhetsområde mot sør.

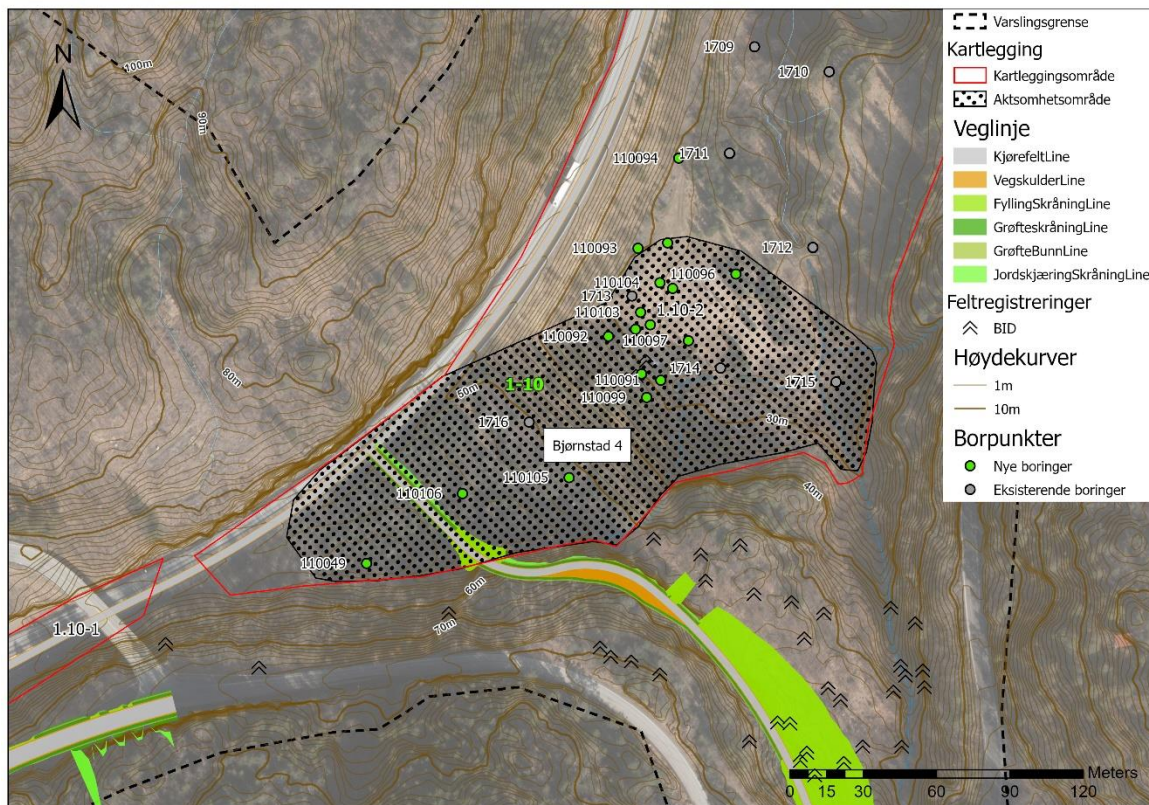
VEDLEGG 8 TIL FAGRAPPORT GEOTEKNIKK - UTREDNING AV SIKKERHET MOT KVIKKLEIRESKRED - OMRÅDE 1.10-2, BJØRNSTAD OG FOSSTVEIT



Figur 4-5: Oversiktskart med aktsomhetsområde, Bjørnstad 2.



Figur 4-6: Oversiktskart med aktsomhetsområde, Bjørnstad 3.



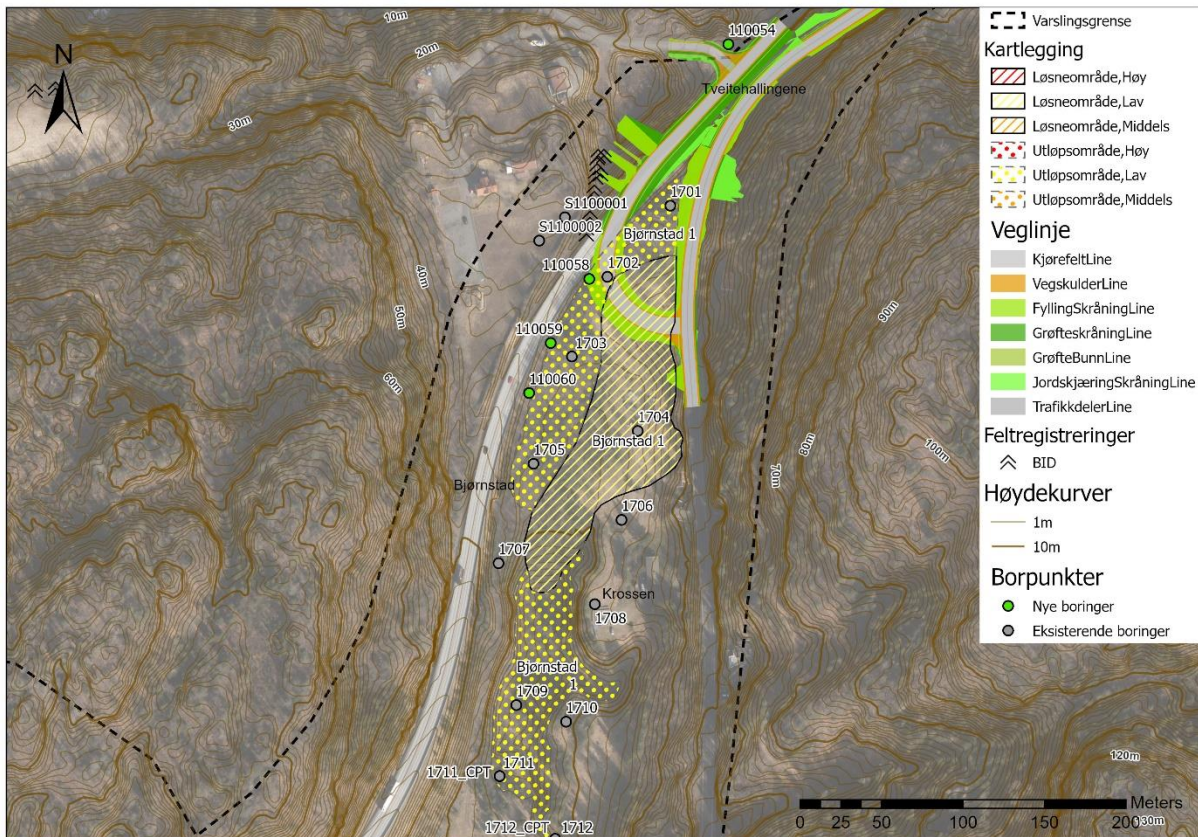
Figur 4-7: Oversiktskart med aktsomhetsområde, Bjørnstad 4.

4.4 Aktuelle skredmekanismer, avgrensning av faresone

Ut fra topografi og truffet kvikkleire i området er det vurdert at et mulig kvikkleireskred kan påvirke planlagt tiltak i den nordlige delen av dalen mellom eksisterende E18 og Gamleveien.

Det er ikke utført grunnundersøkelser for vurdering av aktuell skredmekanisme. Mulig løsne- og utløpsområde vurderes derfor konservativt ut fra antakelse om retrogressivt skred og lengde av løsneområde på 20 ganger høydeforskjell.

Figur 4-8 viser vurdert løsne- og utløpsområde. Løsneområdet er avgrenset mot øst av Gamleveien som går delvis på berg og delvis på grove fyllmasser. Mot nord og vest er løsneområdet avgrenset av utførte grunnundersøkelser som ikke har identifisert sprøbruddmaterialer i grunnen. Mot sør er løsneområdet avgrenset av dalbunnen og boring 1706/1708 der det er grunt til berg. Utløpsområdet er avgrenset av skråninger rundt dalbunnen mot sør.



Figur 4-8: Vurdert løsne- og utløpsområde, Bjørnstad 1.

Befaring har avdekket et utløp fra en rørlagt bekk i toppen av skråningen vest for borepunkt 1706. Det er observert noe erosjon og forandring i terrenget ved rørmunningen. Erosjon og terrengforandringer har her pågått over nivå av truffet kvikkleire og i område med liten dybde til berg. Bekken løper nedover skråningen og i det åpne, veldig grunne bekkefarene i bunnen av dalen er det observert begrenset erosjon innen løsneområdet. Det vurderes at den observerte erosjonen er så liten og av en slik karakter at den ikke vil ha innvirkning på stabiliteten i løsneområdet.



Figur 4-9: Munning av rørlagt bekk (Venstre). Bekkefar i bunn av dal nedenfor rørmunning. (Høyre)

4.5 Klassifisering av faresone og sikkerhetskrav

Koblingen mellom Gamleveien og eksisterende E18 mot nord ligger i opptegnet faresone (Bjørnstad 1) for kvikkleireskred, jf. Figur 4-8. Forventet ÅDT er 1000 for denne nye veistrekningen. Basert på forventet ÅDT, klassifiseres den i henhold til Tabell 0-2 i håndbok V220 til tiltakskategori K3, ref. [8]. Ny gang- og sykkelvei i sør ligger i identifisert aktomshetsområde (Bjørnstad 4) og klassifiseres som tiltakskategori K1.

Det er utført faregradsklassifisering av området for kobling mellom Gamleveien og eksisterende E18, jf. Vedlegg 12, skjema 1.10-2-1. Resultatet av klassifiseringen ses i Tabell 4-1.

Tabell 4-1: Oversikt over faregrad, konsekvens og risiko for faresone i område 1.10-2.

Sone	Faregrad	Konsekvens	Risikoklasse
Bjørnstad 1	Lav	Mindre alvorlig	2

For tiltakskategori K3, dersom tiltaket ikke forverrer stabiliteten, er kravet til sikkerhet $F_{c\phi} \geq 1,25$ og $F_{cu} \geq 1,40$. Hvis sikkerheten blir lavere enn dette, kan det gjøres prosentvis forbedring. For K3 tiltak og lav faregrad kan kravet til sikkerhet i henhold til Tabell 3.3 i NVE veileder 1/2019 sikres ved "ikke forverring". "Ikke forverring" kan i dette tilfellet kun benyttes ved topografiske endringer inkl. bruk av lette masser. Planlagt veifylling kan derfor utføres ved delvis utskiftning av stedlige masser og oppbygging av fylling med lette masser og etablering av slakt skråningsutslag som sikrer "ikke forverring".

Fyllmasser i dalen der ny vei er planlagt, kan føre til setninger av den nye veien, og bruk av lette masser er derfor aktuelt. Alternativt kan det utføres masseutskiftning av sprøbruddmasser til morene eller berg dersom mektighet/dybde under fylling tillater dette. Det er ikke gjennomført grunnundersøkelser under østre del av planlagt veifylling. Det

anbefales i forbindelse med detaljprosjektering å gjennomføre supplerende grunnundersøkelser her, for bestemmelse av beste metode for sikring av stabilitet. I den forbindelsen bør det gjøres en revurdering av faregradsevalueringen.

For tiltakskategori K1 er kravet til sikkerhet oppfylt dersom det kan dokumenteres at det ikke skapes forverring av stabiliteten. Videre må det gjøres erosjonssikring dersom det registreres aktiv erosjon. Ny gang- og sykkelvei i sør på toppen av eksisterende sprengsteinsfylling ligger mer enn 40 m unna toppkanten av den 20 m høye fyllingen. Det vil si at tiltaket ligger 2 ganger skråningshøyden bak skråningskant, og skråningen ligger dermed utenfor tiltakets influensområde jf. NVE veileder 1/2019 kapittel 3.3.7. Derfor vurderes det at plasseringen av gang- og sykkelveien ikke vil forverre stabiliteten i området, og det gjøres ikke ytterligere vurderinger for aktsomhetsområdet Bjørnstad 4. Dersom ny gang- og sykkelvei flyttes nærmere skråning for eksisterende fylling skal det gjennomføres ny vurdering av risiko for kvikkleireskred.

Det skal ved detaljprosjektering dokumenteres at tiltak ikke forverrer stabilitet både i midlertidig og permanent situasjon før anleggsarbeidene starter.

4.6 Foreløpig vurdering av mulig lokalvei – tilkobling til Gamleveien

Det er gjort vurdering av en alternativ kobling mellom eksisterende E18 og Gamleveien i sør langs Amtmannsvingen. Trase for veiens plassering er ikke fastlagt og denne vurderingen er derfor kun foreløpig. Denne vurdering inngår derfor ikke i detaljreguleringsplanen for ny E18. Veien er forutsatt plassert delvis på utvidelse av dagens fylling som vist på Figur 4-10. Når/hvis det planlegges å flytte lokalveien til dette området må det gjøres en full utredning i henhold til NVE veileder 1/2019.

Jf. Vedlegg 11 Tegning V1.10-2-01 er det tegnet opp to snitt for vurdering av stabilitet i permanent situasjon (Snitt C-C og D-D). Styrkeparametere er vurdert ut ifra CPTu og prøveserier i borpunkt 110096, jf. Vedlegg 10 Figur 1.10-2-1, Figur 1.10-2-2, Figur 1.10-2-3.1-3.2 og Figur 1.10-2-4.1-4.7, samt erfaringsverdier. Styrkeparametere eksisterende sprengsteinsfylling utenfor eksisterende E18 er vurdert lavere en eksisterende sprengsteinsfylling under E18, da det er identifisert dårligere fyllmasser og forventet dårligere kontroll på utfylling.

Benyttet krav til sikkerhet for tiltak i tiltakskategori K3 er, dersom det skapes forverring av stabiliteten,

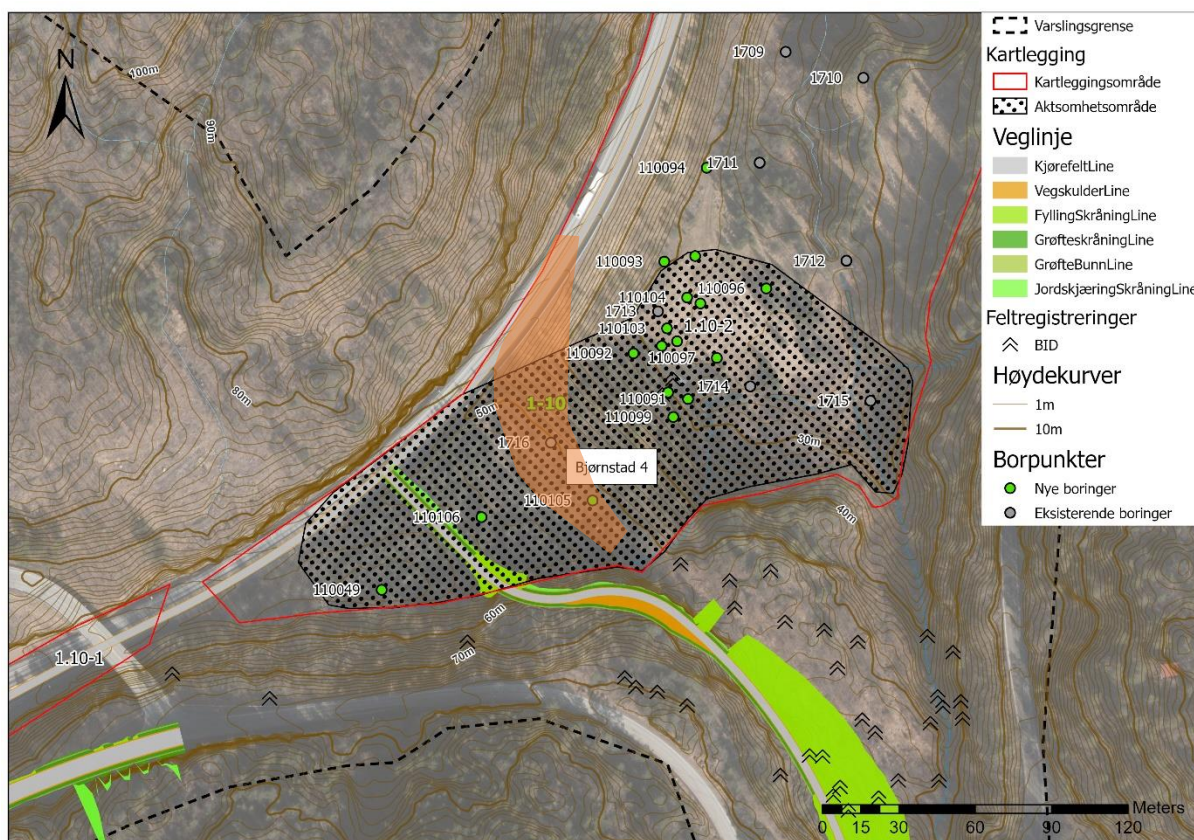
- $F_{c\phi} \geq 1,25$ (Sikkerhetskrav)
- $F_{cu} \geq 1,61$ (Sikkerhetskrav)

Dette gjelder også for stabiliserende tiltak (motfylling). Faregrad er på nåværende tidspunkt ikke fastlagt.

I Tabell 4-2 ses resultatene fra stabilitetsberegningene. For Snitt C-C er en foreløpig løsning å etablere en motfylling for å sikre tilstrekkelig stabilitet for en plassering av lokalvei på topp av eksisterende skråning. Motfyllingen er i beregningen vurdert å være 80 m lang og 5 m høy.

Løsningen omfatter også motfylling i to nivåer. Bruddfiguren er av en utstrekning som inkluderer bekken, som løper ned gjennom dalen. Det er på befaring av bekken registrert aktiv erosjon. Derfor må erosjonssikring etableres dersom denne foreslåtte løsningen utføres. Motfyllingens utstrekning er vist på Figur 4-11.

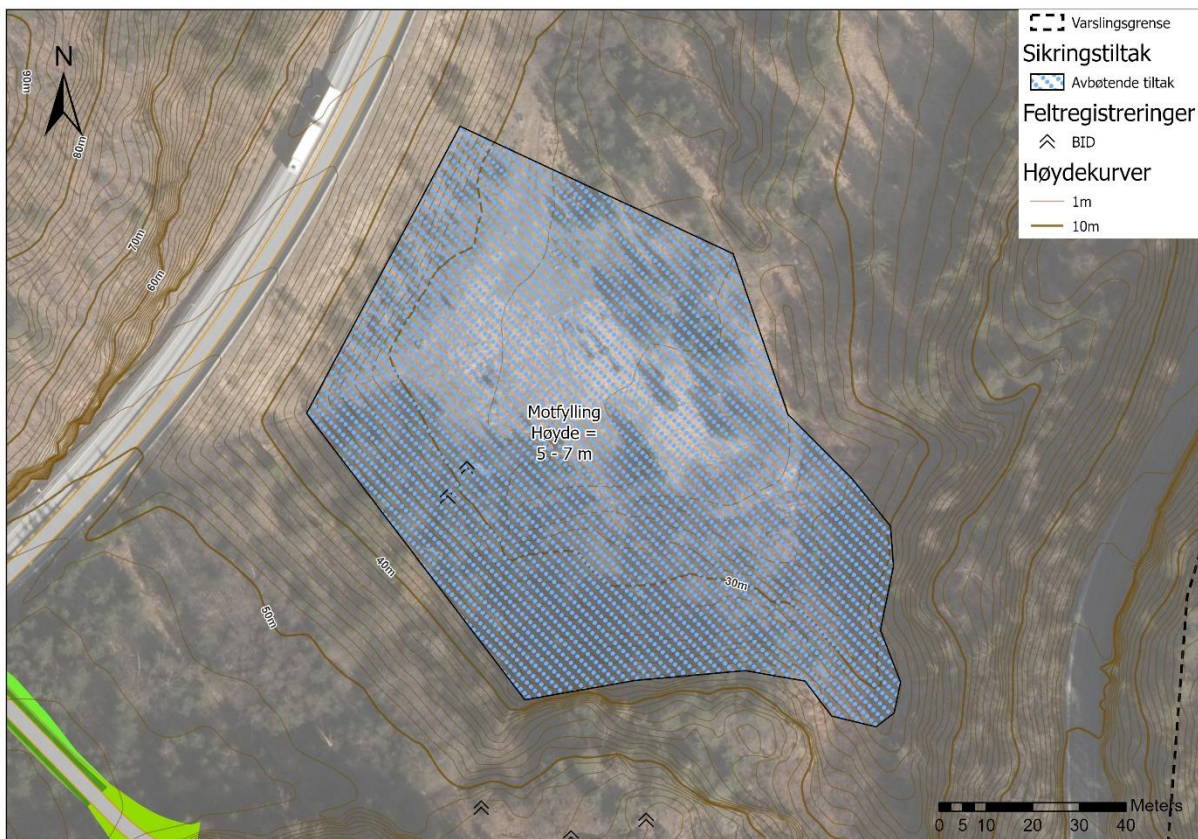
Beregning i Snitt D-D viser at det i den permanente situasjonen kan oppnås tilstrekkelig sikkerhet uten bruk av motfylling, noe som gjør at det ikke behøves å gjøres tiltak for denne fyllingen ved antatt fyllingsutvidelse. Motfylling for Snitt C-C vil uansett bli en motfylling i Snitt D-D hvilket forbedrer sikkerhetsnivået.



Figur 4-10: Oversiktskart med aktsonhetsområde, Bjørnstad 4 samt vurdert plassering av ny bilvei (rød markering).

Tabell 4-2: Oppnådd sikkerhet ved stabilitetsberegninger for permanent situasjon.

Snitt	Situasjon	$F_{c\phi}$	F_{cu}	Tegning
C-C	Ferdig utvidelse (uten motfylling)	1,61 (krav 1,25)	1,01 (krav 1,61)	V1.10-2-C01 V1.10-2-C02
C-C	Ferdig utvidelse (motfylling)	-	1,62 (krav 1,61)	V1.10-2-C03
D-D	Ferdig utvidelse (uten motfylling)	2,15 (krav 1,25)	1,71 (krav 1,61)	V1.10-2-D01 V1.10-2-D02



Figur 4-11: Omriss av motfylling som stabiliserende tiltak for eksisterende fylling mot sør. Motfylling må detaljreguleres og detaljprosjekteres når endelig plassering av vei er fastlagt.

4.7 Konklusjon

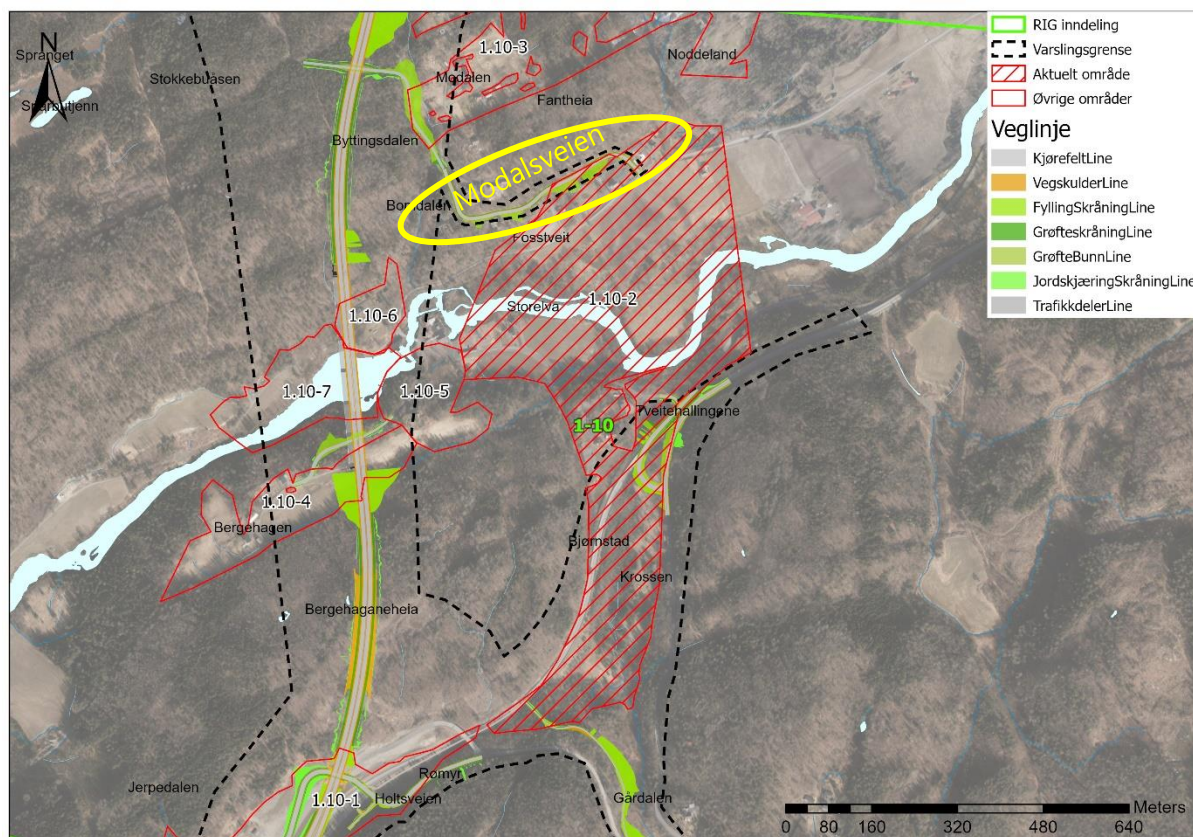
Det er truffet kvikkleire i området ved Bjørnstad. Det er identifisert tre aktsomhetsområder og en faresone med risiko for kvikkleireskred i området. Tiltak i faresonen skal utføres slik at stabiliteten ikke forverres både i midlertidig og permanent situasjon. Tiltakene må utføres med enten topografiske endringer og/eller lettfyll.

En foreløpig vurdering er gjort for alternativ tilkobling mellom eksisterende E18 og Gamleveien i sørlig ende av området ved Gamleveien. Det må etableres en motfylling mot den sørlige fyllingen på 5 m høyde og 80 m utbredelse. Bekken gjennom dalen må erosjonssikres. Gang- og sykkelveien på topp av eksisterende fylling mot sør må etableres slik den ikke forverre stabiliteten.

5 Område 1.10-2 ved Fosstveit

5.1 Oversikt over området

Modalsveien ligger nord for Storelva ved Fosstveit, jf. Figur 5-1. Veien er planlagt som adkomstvei i forbindelse med etablering av ny E18. Reguleringsområde er begrenset til Modalsveien og Angelstadveien i sørlig ende av Modalsveien er ikke inkludert i vurderingene.

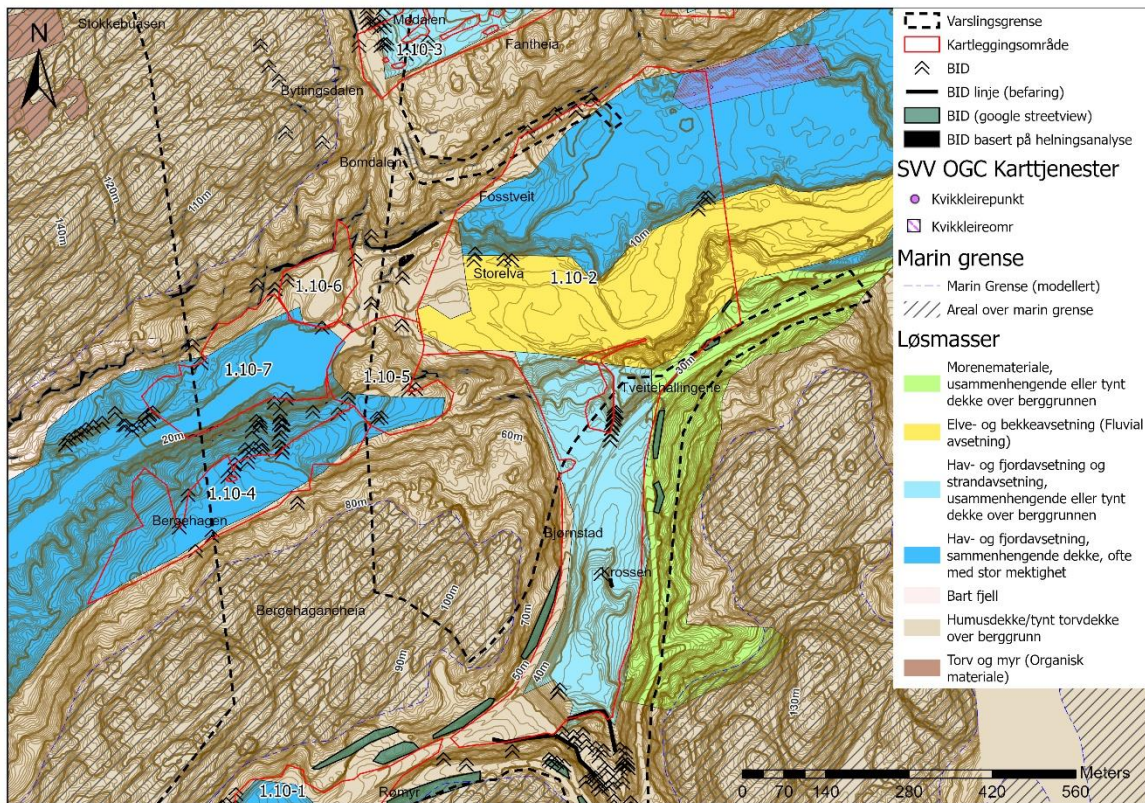


Figur 5-1: Oversiktskart over område 1.10-2 Modalsveien ved Fosstveit.

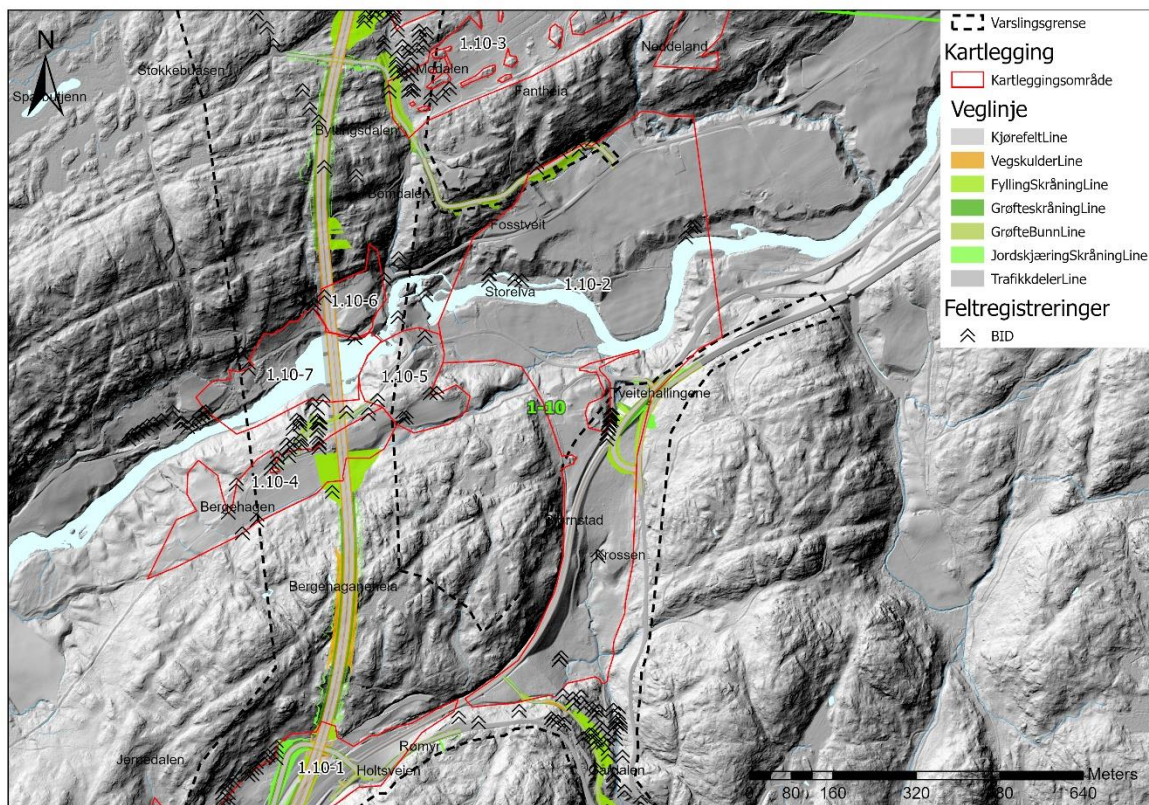
5.2 Terreng og grunnforhold

I Figur 5-1 ses kvartærgeologisk kart fra NGU som viser tynt humus-/torvdekke over berggrunn for strekningen av Modalsveien som går parallelt med Angelstadveien. Avslutningen av Modalsveien mot Angelstadveien ligger i et område hvor NGU-kartet viser tykt dekke av hav- og fjordavsetning. Det vil si at det er risiko for marin leire i dette området.

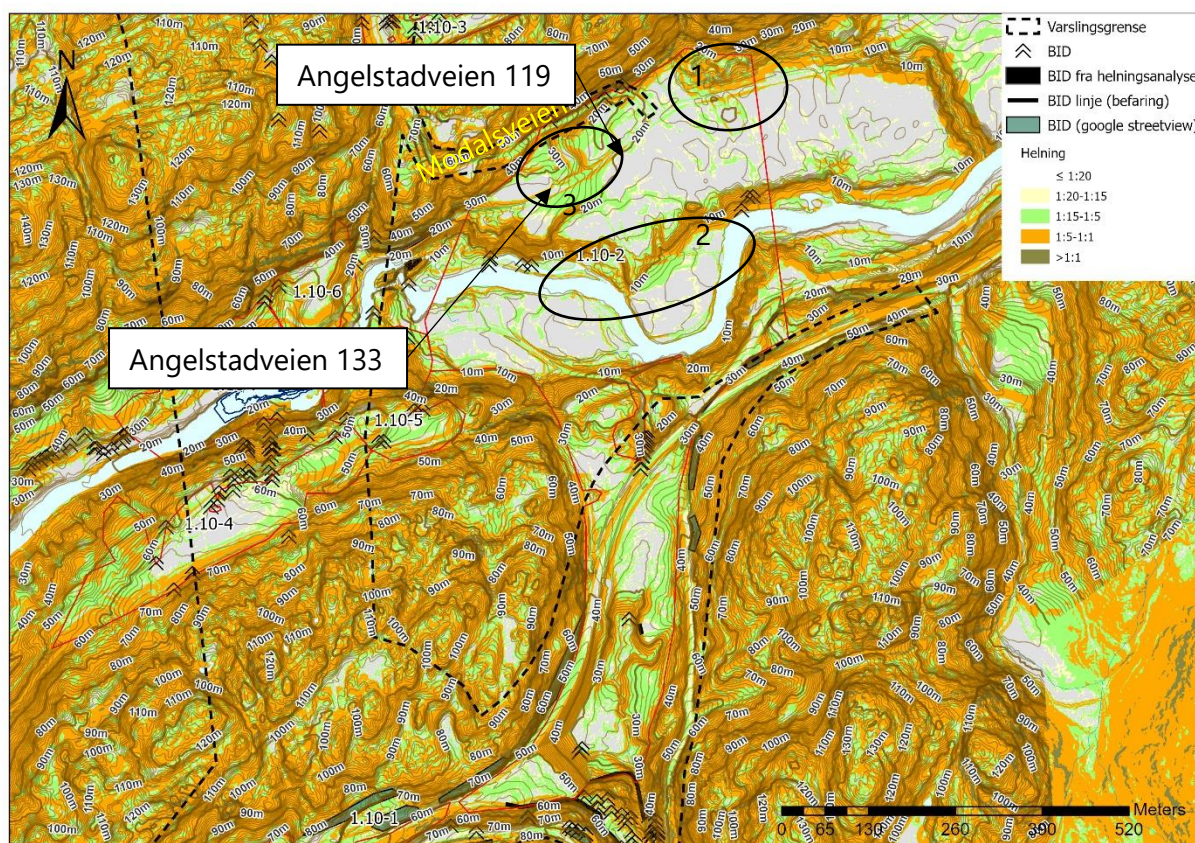
VEDLEGG 8 TIL FAGRAPPORT GEOTEKNIKK - UTREDNING AV SIKKERHET MOT KVIKKLEIRESKRED - OMRÅDE 1.10-2, BJØRNSTAD OG FOSSTVEIT



Figur 5-2: Kvartærgeologisk kart fra NGU over område 1.10-2 Modalsveien ved Fosstveit.



Figur 5-3: DTM skyggerelieff fra Kartverket.



Figur 5-4: Helningskart basert på kartdata fra høydedata.no.

Skyggerelieffkart i Figur 5-3 og helningskart i Figur 5-4 gir overblikk over terrenget i området. Det er identifisert tre skråninger i området som må vurderes. De er markert med sirkler i Figur 5-4.

5.2.1 Skråning 1

Ved skråning 1 er det truffet kvikkleire ved bunnen av en bekk, jf. ref. [2]. Høydeforskjellen er ca. 5 m som vil si at det ikke er risiko for områdeskred som kan påvirke varslingsområdet.

5.2.2 Skråning 2

Ved skråning 2 mot Storelva er høydeforskjellen 12-16 m. Totalsonderingene 110068-110072 utført mellom Angelstadveien og skråningen indikerer friksjonsmasser øverst etterfulgt av antatt kvikkleire med stor mektighet, 7-20 m, over berg.

5.2.3 Skråning 3

Ved skråning 3 faller terrenget fra Modalsveien mot Angelstadveien. Dessuten faller terrenget fra hus i Angelstadveien 133 mot øst til hus i Angelstadveien 119. Skråningshellene er på 1:5-1:1 med skråningshøyde på ca. 8-10 m.

NVE Atlas angir en historisk jordskredhendelse i området som kan ha funnet sted i forbindelse med en stor flom i 1789.

Ved befaring i området er det registrert erosjon i forbindelse med et lite bekkeløp i bunnen av skråningen mot Modalsveien. Erosjonsskråningen viser friksjonsmasser i de øverste lagene og nederst et lag med veldig bløt leire, jf. Figur 5-5. Den bløte leiren vurderes å ligge i ca. kote +22, tilsvarende nivået til terrenget nedenfor skråningen.

Ved befaringen er det videre registrert berg i dagen mot nord langs Modalsveien, se Figur 5-7.

Det er utført åtte totalsonderinger i området, jf. Vedlegg 11, Tegning V1.10-2-01. Totalsondering 110064-110067 i Modalsveien indikerer fyllmasser over berg i 1-2 m dybde. Totalsondering 110063 i østlig ende av Modalsveien indikerer friksjonsmasser over berg i 7 m dybde. Totalsonderingene 110061, 110069 og 110073 langs Angelstadveien indikerer friksjonsmasser til 6-11 m dybde, fulgt av sprøbruddmateriale/kvikkleire til 22-31 m dybde over antatt morene og berg.



Figur 5-5: Erosjonsgrøft nedenfor Modalsveien

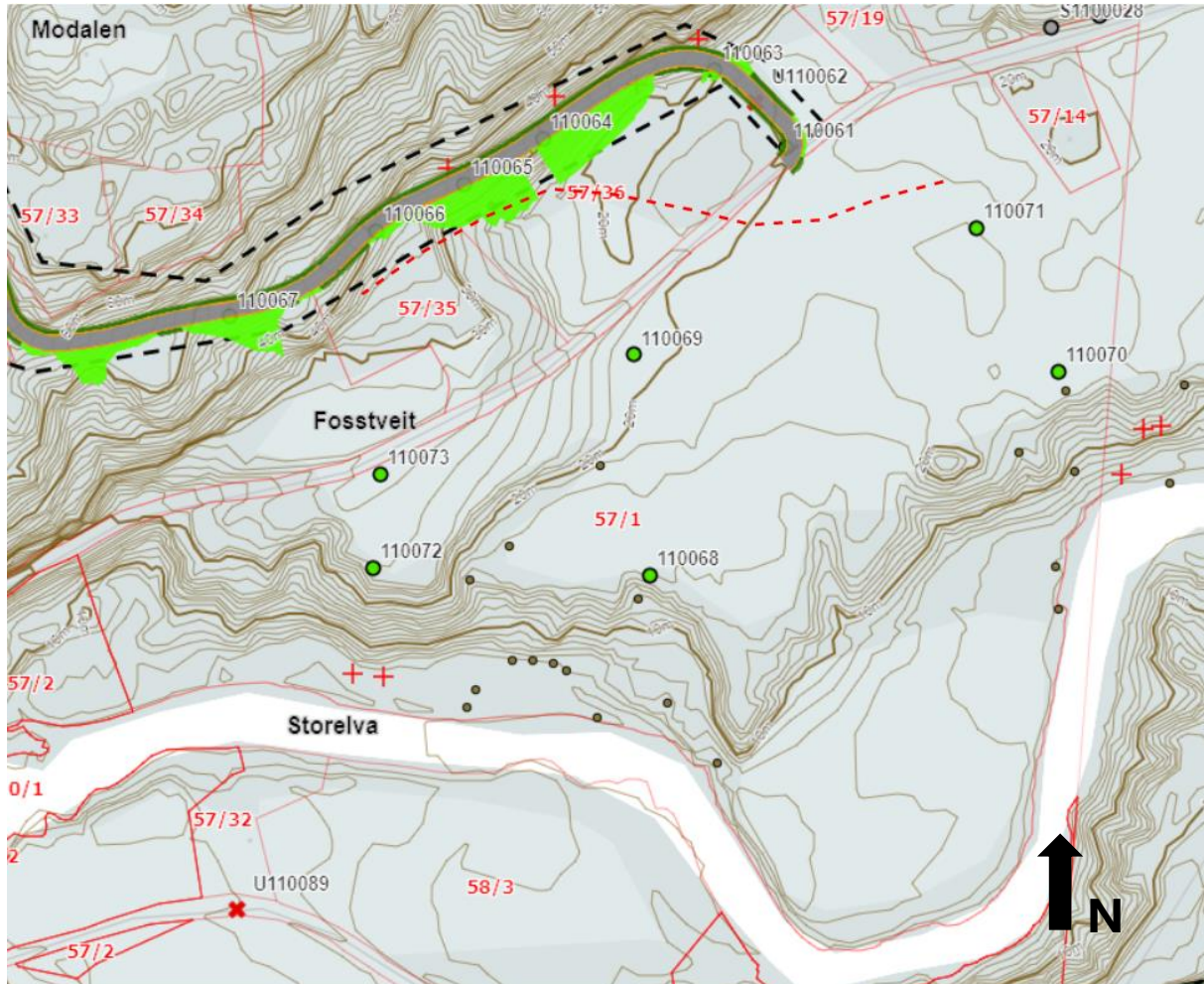
5.3 Aktuelle skredmekanismer, avgrensning av aktsomhetsområde

Det er vurdert på skredmekanismer for skråning 2 og 3.

5.3.1 Skråning 2

Basert på grunnundersøkelsene og 1:15-linja er det vurdert om et mulig skred forårsaket av f.eks. erosjon i elva kan påvirke planlagte tiltak. Vedlegg 11, Tegning V1.10-2-A01 og Tegning V1.10-2-B01 viser snitt A-A og snitt B-B. Plasseringen til disse snittene er angitt i Vedlegg 11, Tegning V1.10-2-01. Snittene viser at det er mer en 40 % sprøbruddmasser over 1:15-linja og sannsynlig bruddmekanisme er et retrogressivt skred. Snittene viser at mulige skred kan bevege seg 145-190 m bakover fra skråningsfot. I Figur 5-6 angir den røde, stiplede streken antatt øvre grense for løснеområdet. Altså vil ikke et skred som beveger seg bakover ramme

planlagt tiltak. Det er derfor ikke nærmere vurdert på utbredelse av aktsomhetsområde sør for stiplet strek på Figur 5-6.



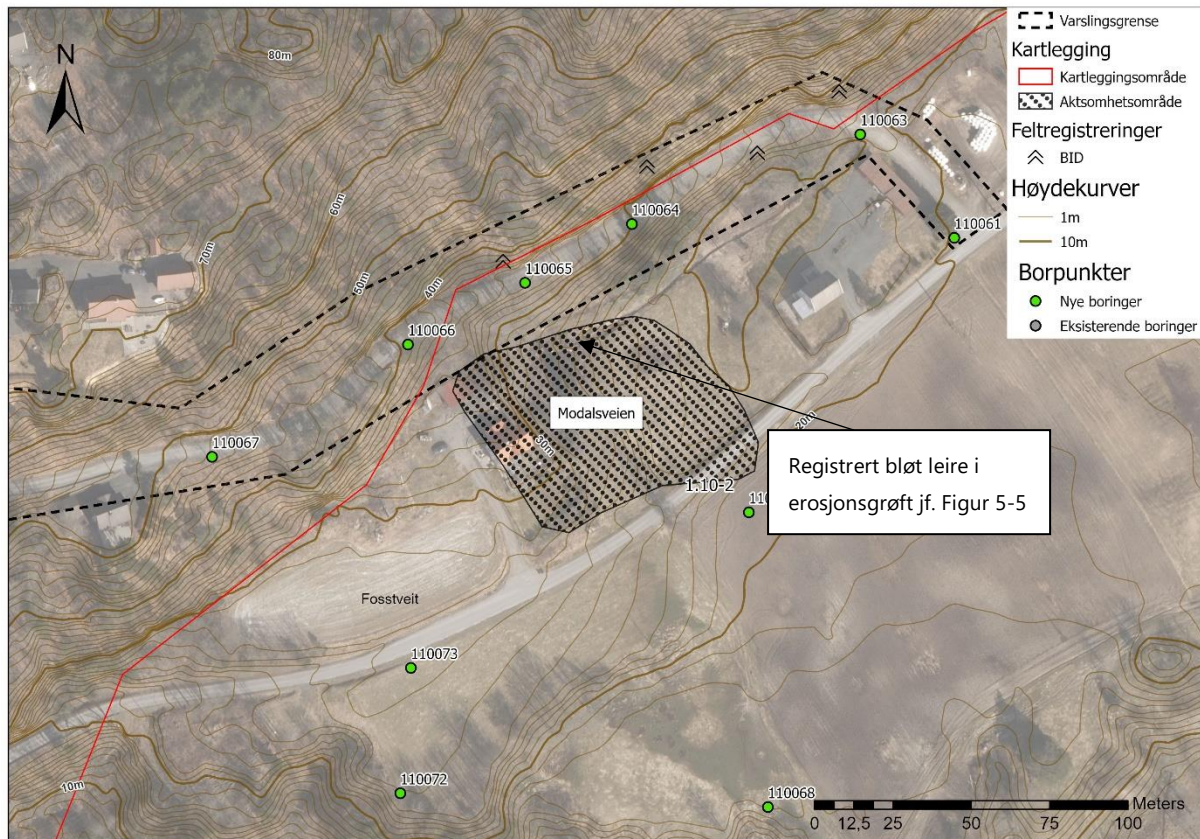
Figur 5-6: Den stiplede, røde streken angir, vurdert utstrekning av et skred i skråningen ved Storelva. Området sør for Modalsveien er identifisert som aktsomhetsområde.

5.3.2 Skråning 3

Basert på grunnundersøkelsene vurderes det at skråningen mot Modalsveien består av friksjonsmasser over berg. Her er det derfor ikke risiko for et kvikkleireskred.

Basert på grunnundersøkelser og observasjon av erosjonsgrøft nedenfor Modalsveien ved befaring, vurderes skråningen mot huset i Angelstadveien 133 (sør for borepunkt 110065) å bestå av friksjonsmasser over kvikkleire og at kvikkleiren ligger under nivå for terreng på det flate partiet nedenfor for skråningen. Den mest sannsynlige skredmekanismen vil da være et rotasjonskred i henhold til figur 4.8 i NVE-veileder 1/2019 [1]. Utbredelsen av løснеområdet, L er vurdert ut fra $L < 5 \cdot H = 50$ m. Utløpsområdet avgrenses ved $0,5 \cdot L = 25$ m, jf. ref. [1].

Figur 5-7 viser at skred i skråningen ikke vil påvirke Modalsveien eller varslingsområdet.



Figur 5-7: Vurdert aktsomhetsområde, Modalsveien.

5.4 Konklusjon

Det er truffet kvikkleire i stor mektighet rett utenfor varslingsområdet. Avgrensning av aktsomhetsområder viser at et eventuelt skred ikke vil påvirke varslingsområdet. Mulig skred pga. erosjon i skråningen ved Storelva vil heller ikke påvirke varslingsområdet.

6 Vedleggs- og tegningsliste

Vedlegg nr.	Type	Navn	Beskrivelse
10	Figur	1.10-2-1	Tolkning av ødometerforsøk, borepunkt 110096
10	Figur	1.10-2-2	Tolkning av φ' og a fra treaksialforsøk, borepunkt 110096
10	Figur	1.10-2-3.1-3.2	Tolkning av c_{uA} fra treaksialforsøk, borepunkt 110096
10	Figur	1.10-2-4.1-4.7	Tolkning av CPTu-forsøk, borepunkt 110096
11	Tegning	V1.10-2-01	Plantegning område 1.10-2
11	Tegning	V1.10-2-A01	Snitt A-A område 1.10-2 Kritisk snitt, antatt lagdeling og vurdering av skredmekanisme
11	Tegning	V1.10-2-B01	Snitt B-B område 1.10-2 Kritisk snitt, antatt lagdeling og vurdering av skredmekanisme
11	Tegning	V1.10-2-C01	Snitt C-C område 1.10-2 Stabilitetsberegning Permanent situasjon, drenert beregning
11	Tegning	V1.10-2-C02	Snitt C-C område 1.10-2 Stabilitetsberegning Permanent situasjon, udrenert beregning
11	Tegning	V1.10-2-C03	Snitt C-C område 1.10-2 Stabilitetsberegning Permanent situasjon, stabiliserende tiltak, drenert beregning
11	Tegning	V1.10-2-D01	Snitt D-D område 1.10-2 Stabilitetsberegning Permanent situasjon, drenert beregning
11	Tegning	V1.10-2-D02	Snitt D-D område 1.10-2 Stabilitetsberegning Permanent situasjon, udrenert beregning
12	Skjema	1.10-2-1	Faregradsevaluering Faresone: Bjørnstad 1

7 Referanser

- [1] NVE, «Sikkerhet mot kvikkleireskred, Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper,» Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Veileder nr. 1/2019, ISSN: 1501-0678, 2019.
- [2] Veglaboratoriet, «Grunnundersøkelse for fylkesveganlegget Fosstveit-Sandvad Pel 0-108,» Vegdirektoratet, 1968.
- [3] Veglaboratoriet, «E18 Tveitehallingene – Rømyr, Fylling ved ca. profil 300,» Vegdirektoratet, 1985.
- [4] Veglaboratoriet, «E18 Lunde-Tveitehallingene Profil 580 - 2940,» Vegdirektoratet, 1990.
- [5] *Ras E-18, Tveitehallingene, Aust-Agder, Oktober 1990.* [Film]. Norge: Statens Vegvesen, 1990.
- [6] SWECO, «E18 Tvedestrand-Arendal. Grunnundersøkelser Rømyr,» Rapport nr. 02, Oppdrag nr. 167610, Statens vegvesen, 2011.
- [7] COWI AS, «Datarapport - grunnundersøkelser,» Nye Veier, 2021.
- [8] SVV, «Håndbok V220: Geoteknikk i vegbygging,» Statens vegvesen (SVV), 2018.