



Vedlegg 5 til Fagrappport geoteknikk - Utredning av sikkerhet mot kvikkleireskred - Område 2.4-1, 2.5-1 og 2.5-4 - 2.5-6, Østerholt og Sundebru

E18 Tvedestrand – Bamble. Detaljreguleringsplan.

Oppdragsnr:	100411
Oppdragsnavn:	E18 Tvedestrand – Bamble. Detaljreguleringsplan.
Dokument nr.:	Vedlegg 5 til NV38E18TB-GTK-RAP-0001
Filnavn	Fagrapport geoteknikk – kvikkleireutredning_Vedlegg 5.pdf

Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Revisjon gjelder	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
0.1	11.03.21	Uavhengig kvalitetssikring	BRBU	KRTS	KALA
0.2	11.06.21	Justering etter UAK	BRBU	KRTS	KALA

Innhold

1	Sammendrag	5
2	Om dette vedlegget.....	7
3	Grunnlag og metodikk.....	8
4	Område 2.4-1	9
4.1	Oversikt over området.....	9
4.2	Terreng og grunnforhold.....	9
4.3	Aktuelle skredmekanismer, avgrensning av faresone	12
4.4	Klassifisering av faresonen og sikkerhetskrav.....	15
4.5	Konklusjon	15
5	Område 2.5-4	16
5.1	Oversikt over området.....	16
5.2	Terreng og grunnforhold.....	16
5.3	Aktuelle skredmekanismer, avgrensning av faresone	19
5.4	Klassifisering av faresonen og sikkerhetskrav.....	21
5.5	Kritisk snitt og materialparametere.....	21
5.6	Stabilitetsvurderinger.....	22
5.7	Konklusjon	22
6	Område 2.5-5	23
6.1	Oversikt over området.....	23
6.2	Terreng og grunnforhold.....	24
6.3	Aktuelle skredmekanismer, avgrensning av faresoner og aktsomhetsområder.....	31
6.4	Klassifisering av faresoner og sikkerhetskrav	36
6.5	Kritisk snitt og materialparametere.....	37
6.6	Stabilitetsvurderinger.....	38
6.7	Stabiliserende tiltak.....	39
6.8	Konklusjon	41
7	Område 2.5-6	42
7.1	Oversikt over området.....	42
7.2	Terreng og grunnforhold.....	43
7.3	Aktuelle skredmekanismer, avgrensning av faresoner.....	47
7.4	Klassifisering av faresoner og sikkerhetskrav	50
7.5	Kritisk snitt og materialparametere.....	51
7.6	Stabilitetsvurderinger.....	52
7.7	Konklusjon	53
8	Område 2.5-1	54
8.1	Oversikt over området.....	54

8.2	Terreng og grunnforhold.....	54
8.3	Avgrensning av aktsomhetsområde	57
9	Vedleggs- og tegningsliste	58
10	Referanser.....	62

1 Sammendrag

Det er utført vurdering av sikkerhet mot områdeskred for RIG-områdene 2.4-1, 2.5-1, 2.5-4, 2.5-5 og 2.5-6 ved Østerholt, Sunde og Sundebru basert på terrengforhold og tilgjengelige grunnundersøkelser, iht. NVE-veileder 1/2019, ref. [1].

I område 2.4-1 er det registrert en faresone, Østerholt 1. Faresonen er plassert i tiltaksklasse K4, og resultatet av faregradsklassifiseringen er lav faregradsklasse, mindre alvorlig skadekonsekvensklasse og risikoklasse 1. Ny E18 nord for Gamle Sørlandske etableres med fylling som ligger innenfor størstedelen av løснеområdet. Det må gjøres masseutskiftning til faste masser i hele løснеområdet før oppstart av anleggsarbeider i faresonen. Masseutskiftning må planlegges i detaljprosjekteringen, slik det ikke skapes forverring av stabiliteten.

I område 2.5-4 er det registrert en faresone, Bjørndalen. Utløp kan treffe ny bru ved Sundebru. Tiltakskategori er K4, og resultatet av faregradsklassifiseringen er lav faregradsklasse, alvorlig skadekonsekvensklasse og risikoklasse 3. Stabilitetsberegninger viser tilstrekkelig sikkerhet i faresonen.

I område 2.5-5 er det registrert tre faresoner, Sundebru 3, 4 og 5. Ny bru for E18 ved Sundebru ligger innenfor alle tre faresoner, og tiltakskategori velges til K4. Alle tre faresoner er i faregradsklassifiseringen vurdert til lav faregradsklasse, alvorlig skadekonsekvensklasse og risikoklasse 2. For faresonene Sundebru 4 og 5 er det nødvendig å gjøre stabiliserende tiltak ved bruk av terrengregulering, hvor skråning må slakes ut til en helning på 1:3. Det må i detaljprosjekteringen, når fundamenteringsmetode og plassering av fundamenter er valgt, sikres at fundamentering ikke forverrer stabiliteten. Hvis ikke forverring av stabilitet ikke kan unngås må det gjøres en utredning i henhold til gjeldende regelverk. Stabiliserende tiltak må utføres før oppstart av andre tiltak i faresonen.

I område 2.5-6 er det registrert tre faresoner, Sunde 1, 2 og 3. Faresonene er alle plassert i tiltakskategori K4, da ÅDT for Gamle sørlandske og ny sidevei i området forventes å øke til over 1500. For faresone Sunde 1 er det i faregradsklassifiseringen vurdert middels faregradsklasse, mindre alvorlig skadekonsekvensklasse og risikoklasse 2. For faresone Sunde 2 er det i faregradsklassifiseringen vurdert lav faregradsklasse, alvorlig skadekonsekvensklasse og risikoklasse 3. For faresone Sunde 3 er det i faregradsklassifiseringen vurdert lav faregradsklasse, mindre alvorlig skadekonsekvensklasse og risikoklasse 2. Det må gjøres masseutskiftning til faste masser for ny sidevei i faresonen Sunde 1. I forbindelse med masseutskiftning må det sikres at det ikke skjer forverring av stabiliteten. Dette kan f.eks. håndteres ved bruk av spunt og må dokumenteres i detaljprosjekteringsfasen. Masseutskiftning sikrer

tilstrekkelig prosentvis forbedring av stabiliteten i den permanente situasjon.
Masseutskiftning må utføres før andre anleggsarbeider starter i faresonen.
Sikkerheten i Sunde 2 og 3 er funnet tilstrekkelig.

2 Om dette vedlegget

Dette vedlegget inngår i «*Fagrapport Geoteknikk - Utredning av sikkerhet mot kvikkleire-skred*» og omhandler vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging i henhold til prosedyren gitt i NVE-veileder 1/2019, ref. [1], for RIG-områdene 2.4-1, 2.5-1, 2.5-4, 2.5-5 og 2.5-6 som ligger i varslingsområdet ved Østerholt, Sunde og Sundebru.

Ny E18 skal krysse områdene med veianlegg på land samt bru over vannet sørøst for eksisterende Sundebru. Videre vil sidevei etableres som sammenkobling mellom eksisterende E18 og Gamle Sørlandske øst for Abel skole. Gamle Sørlandske forventes etter utbygging av ny E18 å oppleve økt trafikk.

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 detaljreguleringsplan er det utført befaring for kartlegging av berg i dagen og erosjonsforhold i skråninger ved bekkeløp og innsjøer. Informasjon fra befaring er benyttet som beskrevet i hovedrapporten.

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

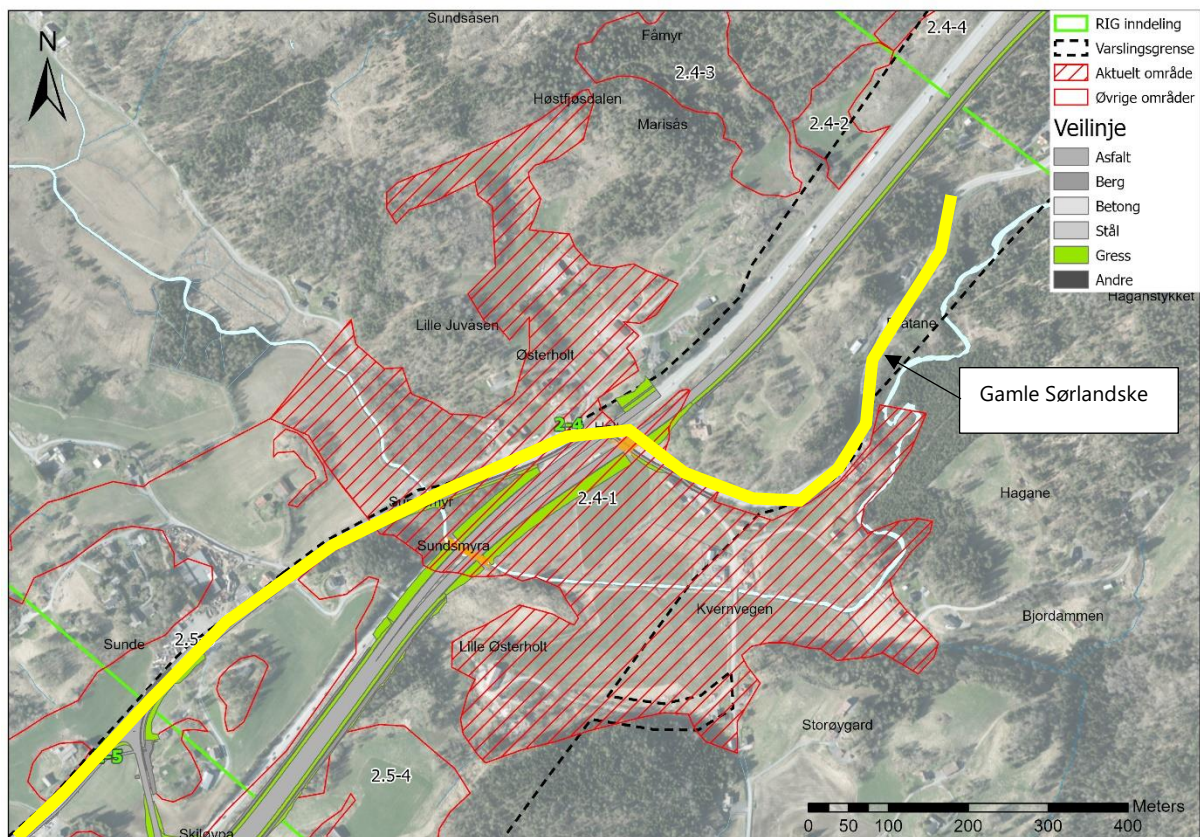
Bedrift	Rapportnavn	År	Oppdragsnr.	Omfang (relevant for området)	Kilde
Statens Vegvesen	E18 Østerholt - Brokelandsheia	1986	I-167E	Dreietrykksonderinger Prøveserier Vingeforsøk	[2]
Statens Vegvesen	E18 Østerholt – Brokelandsheia, Tilknytning RV. 417 og Rv. 418	1985	I-167D	Dreietrykksonderinger Rammesondering Prøveserier	[3]
COWI for Nye Veier	Datarapport - grunnundersøkelser	2021	A203403	Totalsonderinger Prøveserier Poretrykksmålinger CPTu	[4]

Området er i sin helhet under marin grense. Det er ikke kartlagt kvikkleiresoner i området, men i forbindelse med kommunedelplanen har NGI utarbeidet en kvikkleirefareanalyse for området, ref. [5] og [6]. Analysene viser en sannsynlighet for kvikkleireskred på 1 (sjeldnere enn hvert 500 år) og en samlet konsekvens på 5 (hendelse vil ha indirekte økonomiske kostnader på 100 MNOK) dersom et skred kan ramme veianlegg og brufundamenter.

4 Område 2.4-1

4.1 Oversikt over området

Området ligger ved Østerholt, hvor ny E18 vil gå gjennom området langs eksisterende E18, jf. Figur 4-1. Gamle Sørlandske (Fv. 3688) forventes etter ferdigstilt bygging av E18, å oppleve økning i trafikk. Det forventes derfor ÅDT over 1500 i den permanente fasen.



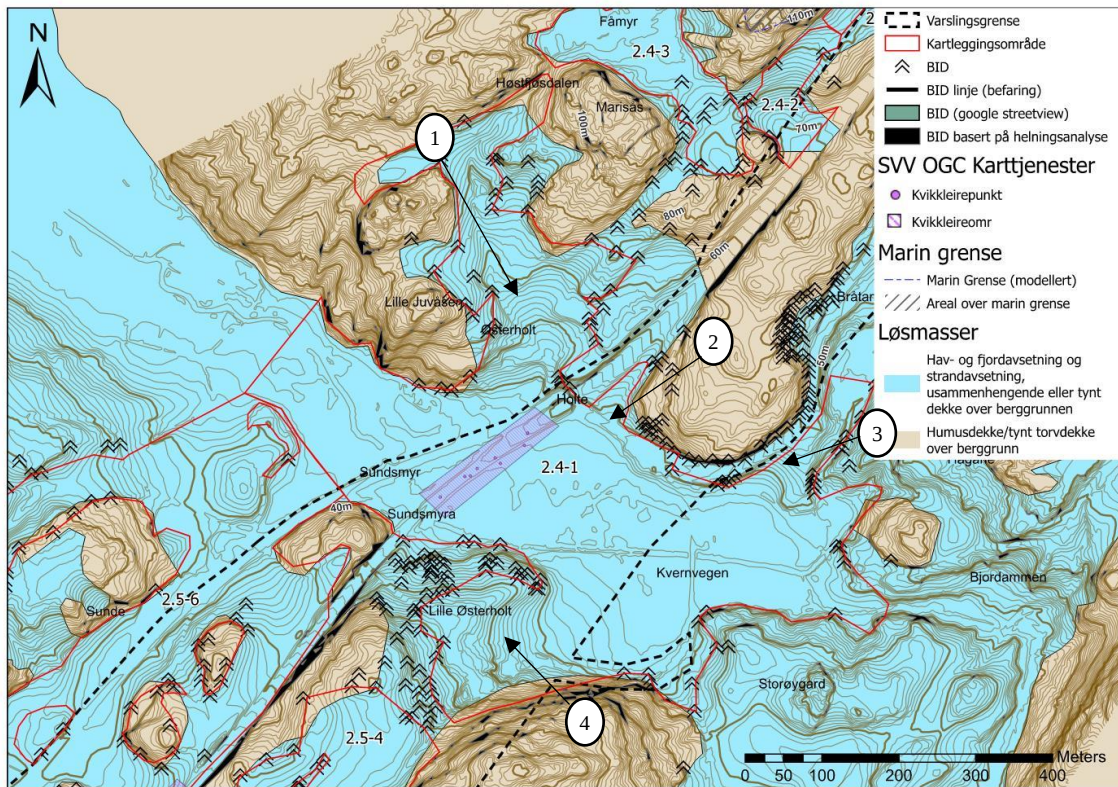
Figur 4-1: Oversiktskart over område 2.4-1 ved Østerholt.

4.2 Terreng og grunnforhold

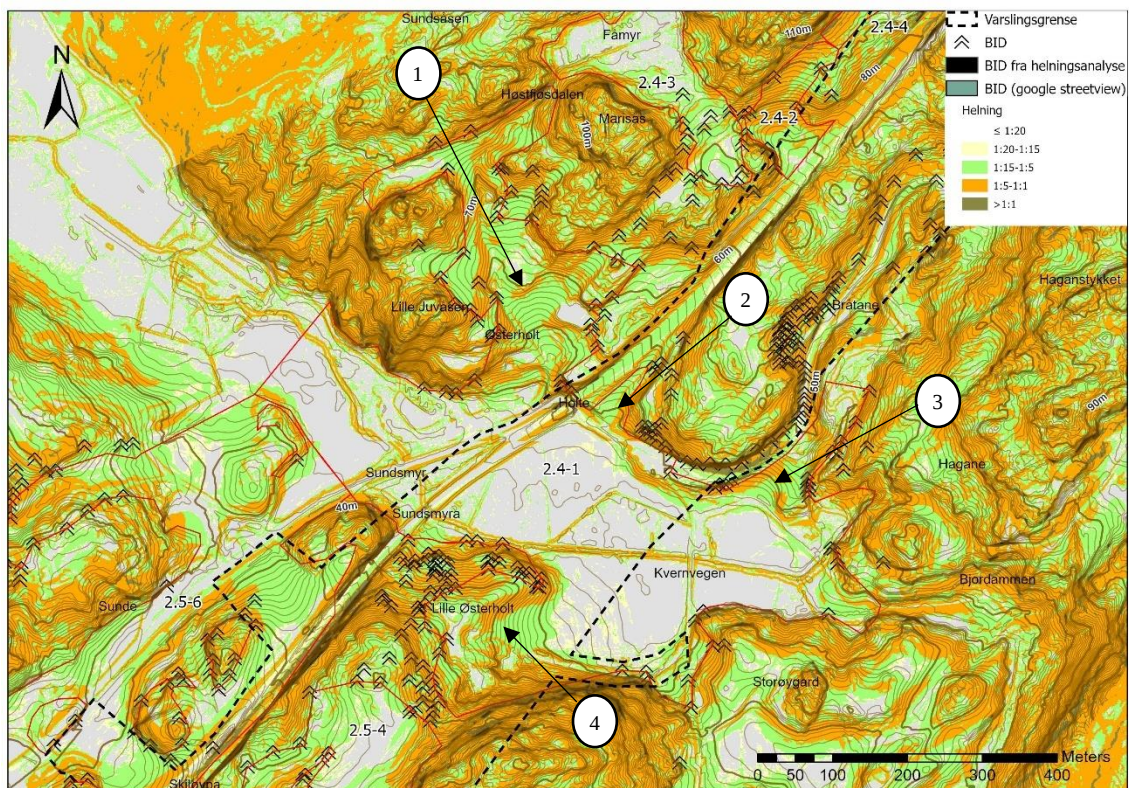
Område 2.4-1 ligger under den marine grensen, jf. kvartærgeologisk kart i Figur 4-2. Området er dominert av et større, lavtliggende, flatt område mellom fjell i nord og sør jf. helningskart i Figur 4-3. I dette flate området vil det ikke være risiko for å treffe løснеområder da det ikke eksisterer skråninger høyere enn 5 m.

Det indikeres på kvartærgeologisk kart at områder med marine avsetninger treffes i skråninger med oppstikkende berg på sidene. Skråningene er markert 1 til 4 i Figur 4-2. Helningskart i Figur 4-3 viser generelt brattere helning enn 1:15 for disse fire skråningene.

VEDLEGG 5 TIL FAGRAPPORT GEOTEKNIKK - UTREDNING AV SIKKERHET MOT KVIKLEIRESKRED – OMRÅDE 2.4-1, 2.5-1 og 2.5-4 - 2.5-6, ØSTERHOLT OG SUNDEBRU



Figur 4-2: Kvartærgeologisk kart fra NGU over område 2.4-1.



Figur 4-3: Helningskart over område 2.4-1 basert på kartdata fra høydedata.no.

Det er utført grunnundersøkelser ved skråning 1, 2 og 4. Det er gjort en vurdering av forekomst av sprøbruddmateriale/kvikkleire i borpunkter jf. Vedlegg 11, Tegning V2.4-1-01. I skråning 3 er det ikke utført grunnundersøkelser, men utelukkende gjort vurderinger basert på befaring og skrivebordsstudie.

Ved Skråning 1 er det indikasjoner på tynt lag av friksjonsmasser over berg. Det er derfor overveiende sannsynlig at det ikke treffes kvikkleire i denne skråningen. Derfor vurderes ikke denne skråningen videre i vedlegget.

I Skråning 2 er det i borpunkt 24002 påvist sprøbruddmateriale i 2,6m dybde. Det er her indikasjoner på sprøbruddsmasser i totalsonderingen fra 2,5-4,5 m dybde. Indikasjonene går igjen i totalsondering 24001. Generelt for begge borepunktene treffes det varierende lag av torvmasser og fast leire over sprøbruddmaterialet. Mot øst indikerer kvartærgeologisk kart avgrensning mot berg med tynt løsmassedecke. I tillegg viser borpunkt 24043 at det i dette område treffes friksjonsmasser over berg i 2 m dybde.

For Skråning 3 er det på befaring vurdert at Gamle Sørlandske er etablert på fjellskjæring, og vil derfor ikke påvirkes av eventuelle sprøbruddmaterialer i skråningen utenfor veifyllingen.

I bunn av Skråning 4 er det i borepunkt 24035 truffet kvikkleire i 3,4-6,5 m dybde. Boring 24020, 24034 og 24033 i toppen av skråningen viser ikke indikasjoner på sprøbruddmateriale/kvikkleire.

Poretrykksforhold er målt i 2 punkter i det flate område. Generelt viser poretrykksmålingene hydrostatisk poretrykk liggende 1 m under terreng.

OCR er vurdert til å ligge mellom 1,7 og 2 i det flate område basert på tolkning av CRS-forsøk i borepunkt 24038 jf. Vedlegg 10, Figur 2.4-1-1.1 til 2.4-1-1.3.

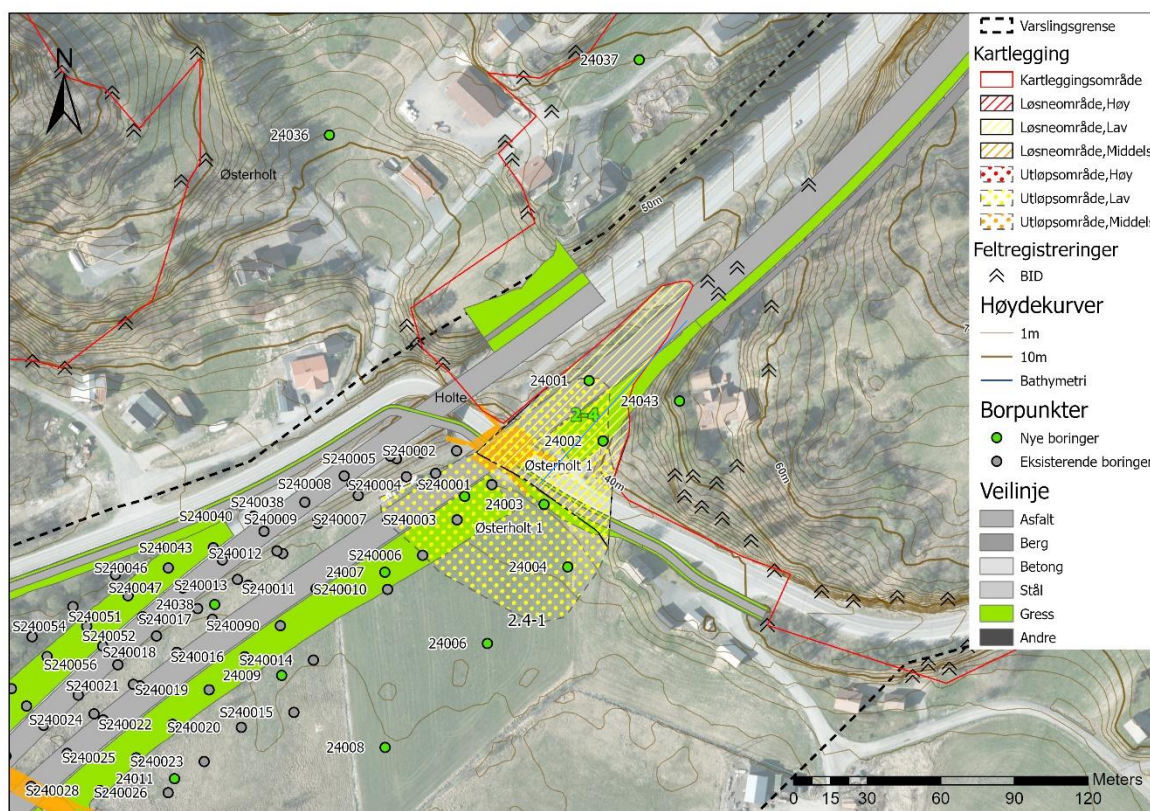
Gjennom det flate området løper en bekk fra øst mot vest. Bekken ligger ikke i nærheten av skråninger med risiko for sprøbruddmateriale og derfor vurderes det at erosjon i bekken ikke vil ha noen påvirkning av sikkerheten mot kvikkleireskred.

4.3 Aktuelle skredmekanismer, avgrensning av faresone

På bakgrunn av foregående avsnitt er det registrert tre skråninger som undersøkes videre: Skråning 2, 3 og 4. Plantegning for snitt og borepunkter samt opptegnet snitt kan ses i Vedlegg 11 på hhv. Tegning V2.4-1-01 og V2.4-1-A01.

4.3.1 Skråning 2, Snitt A-A

Det er tegnet opp Snitt A-A for Skråning 2. Det er gjort en konservativ betraktning av snittet ift. dybde til berg og mektighet på forekomst av kvikkleire. Andel av sprøbruddmateriale i Snitt A-A, der mektigheten er størst over 1:15-linje, er funnet til mindre enn 40 %. Et eventuelt skred forventes å være enten rotasjonskred eller flaskkred. Grunnet det relativt tynne laget av sprøbrudsmasser under fastere leire og torv er det overveiende sannsynlig at det vil være snakk om et flaskkred. Det er vurdert at løснеområde avsluttes ved bakkant av forventet lag med sprøbruddmateriale, dvs. en lengde på omtrent 100 m i henhold til opptegnet snitt. Her er det vurdert at "berg i dagen"-observasjoner og eksiterende E18 medfører at sprøbruddmateriale ikke treffes høyere enn dette punktet. Utløpsområde kan for flaskkred, forventes å bli opptil 0,5 x lengde som gir løsnedistans på ca. 50 m, hvor det er antatt at utløp skjer ut i åpent terreng. Utløpsområde overlapper delvis med løснеområde da det forventes at en del av skredmateriale vil bli igjen i skredgropen. Opptegnet løsne- og utløpsområde ved snitt A-A ses i Figur 4-4.

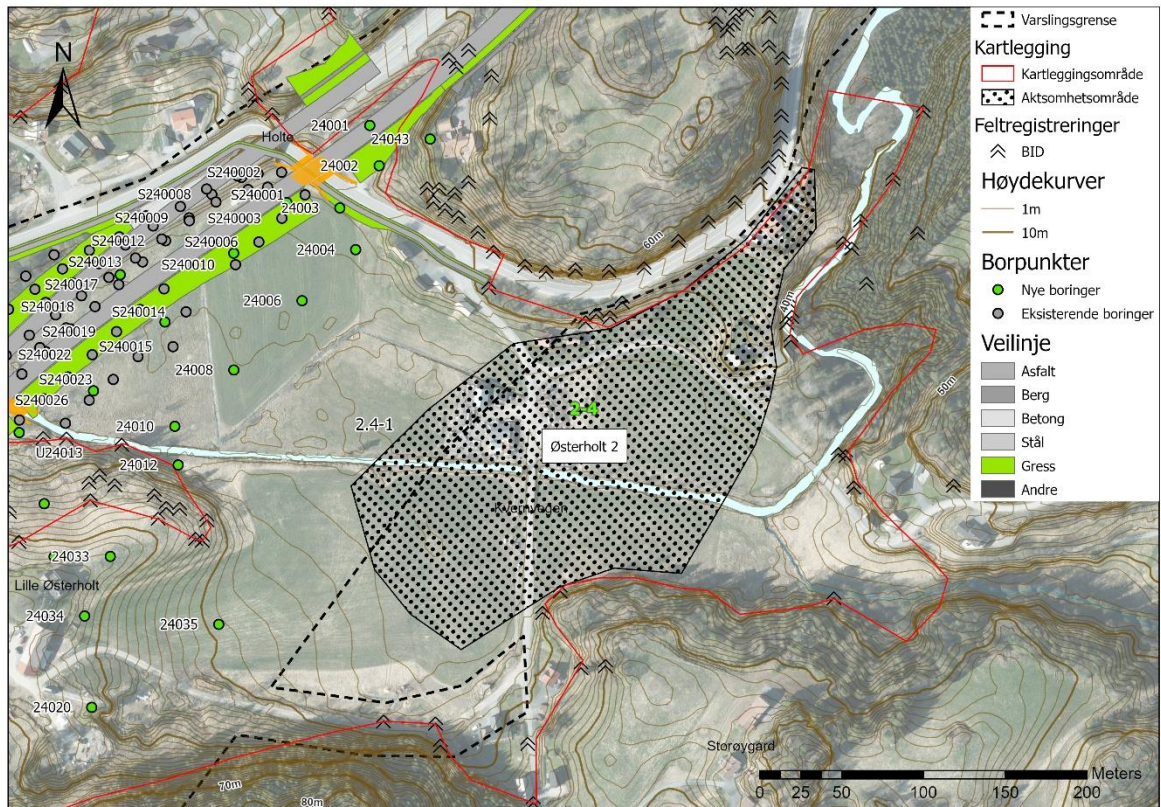


Figur 4-4: Vurdert løsne- og utløpsområde, Østerholt 1, mot ny E18 for område 2.4-1 ved Østerholt.

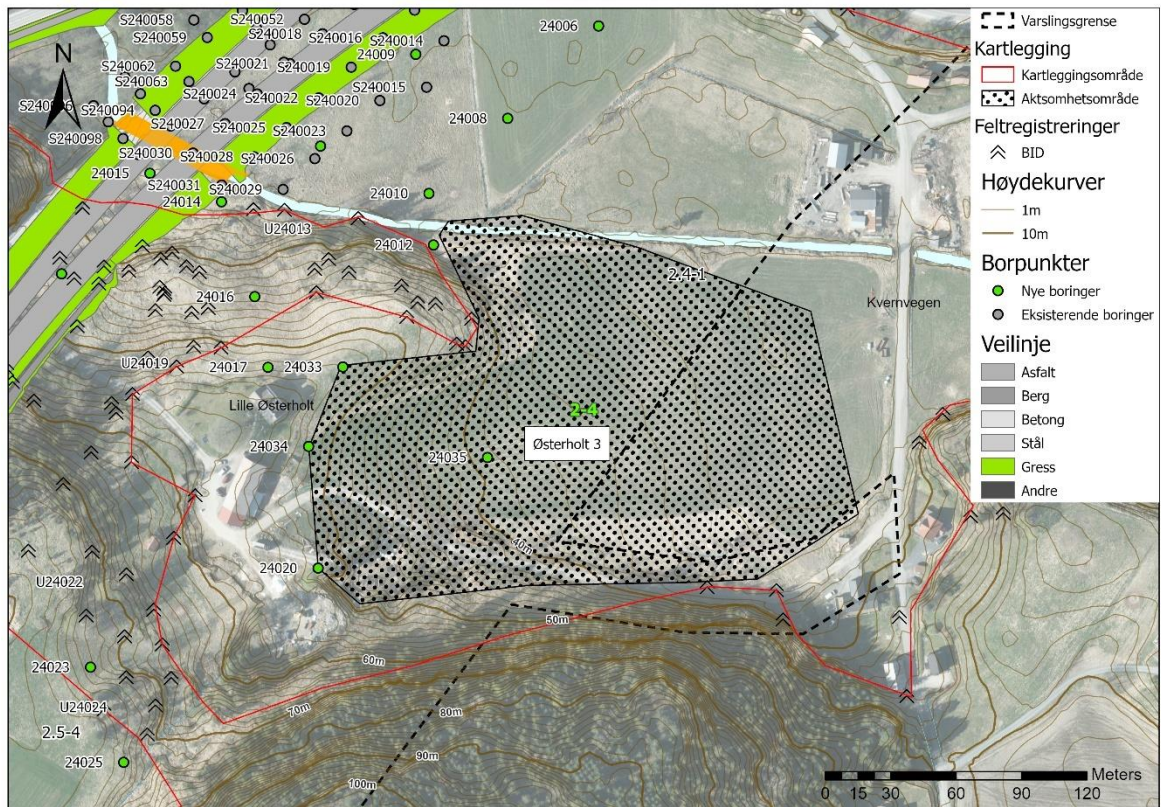
4.3.2 Skråning 3 og 4

For Skråning 3 og 4 er det gjort en konservativ betraktning av størrelsen til mulig aktsomhetsområde for kvikkleireskred ved antagelse om at det kan skje retrogressive skred i de to skråningene, da utløpsdistansen på 1,5 x løsnedistans for retrogressive skred er brukt. Områdene er tegnet opp i Figur 4-5 og Figur 4-6. Aktsomhetsområdet, Østerholt 2, for Skråning 3 er vurdert å gå opp i skråningen til skråningstoppen. Aktsomhetsområde, Østerholt 3, for Skråning 4 er vurdert å gå opp i skråningen til borepunkter hvor det ikke er truffet eller funnet indikasjoner på kvikkleire/sprøbruddmateriale. Ut fra ovenstående vurdering forventes influensområdet for planlagte tiltak ikke å ligge innenfor vurderte aktsomhetsområder. Aktsomhetsområdene vurderes derfor ikke videre i dette prosjektet, men inkluderes som hensynssoner dersom de ligger innenfor planområdet.

VEDLEGG 5 TIL FAGRAPPORT GEOTEKNIKK - UTREDNING AV SIKKERHET MOT KVIKKLEIRESKRED –
OMRÅDE 2.4-1, 2.5-1 og 2.5-4 - 2.5-6, ØSTERHOLT OG SUNDEBRU



Figur 4-5: Vurdert aksjomhetsområde, Østerholt 2, i område 2.4-1 ved Østerholt, Skråning 3.



Figur 4-6: Vurdert aksjomhetsområde, Østerholt 3, i område 2.4-1 ved Østerholt, Skråning 4.

4.4 Klassifisering av faresonen og sikkerhetskrav

Det er utført faregradsklassifisering av faresone Østerholt 1 jf. Vedlegg 12, Skjema 2.4-1-1. Resultat av klassifiseringen ses i Tabell 4-1.

Tabell 4-1: Oversikt over faregrad, konsekvens og risiko for faresone i område 2.4-1.

Sone	Faregrad	Konsekvens	Risikoklasse
Østerholt 1	Lav	Mindre alvorlig	1

Det planlagte tiltaket ligger i både løsne- og utløpsområdet for et mulig skred. Det er planlagt at det utføres masseutskiftning til faste masser/berg for veilinjens i løsneområdet. Derfor vil det i den permanente situasjon ikke lenger være risiko for kvikkleireskred og sikkerheten mot kvikkleireskred er ivaretatt. Utskiftning av masser må skje i hele løsneområdet før igangsettelse av andre anleggsarbeider i faresonen. Anleggsarbeider må i detaljprosjekteringen planlegges slik det igjennom hele anleggsgjennomføringen ikke skjer forverring av områdestabiliteten.

4.5 Konklusjon

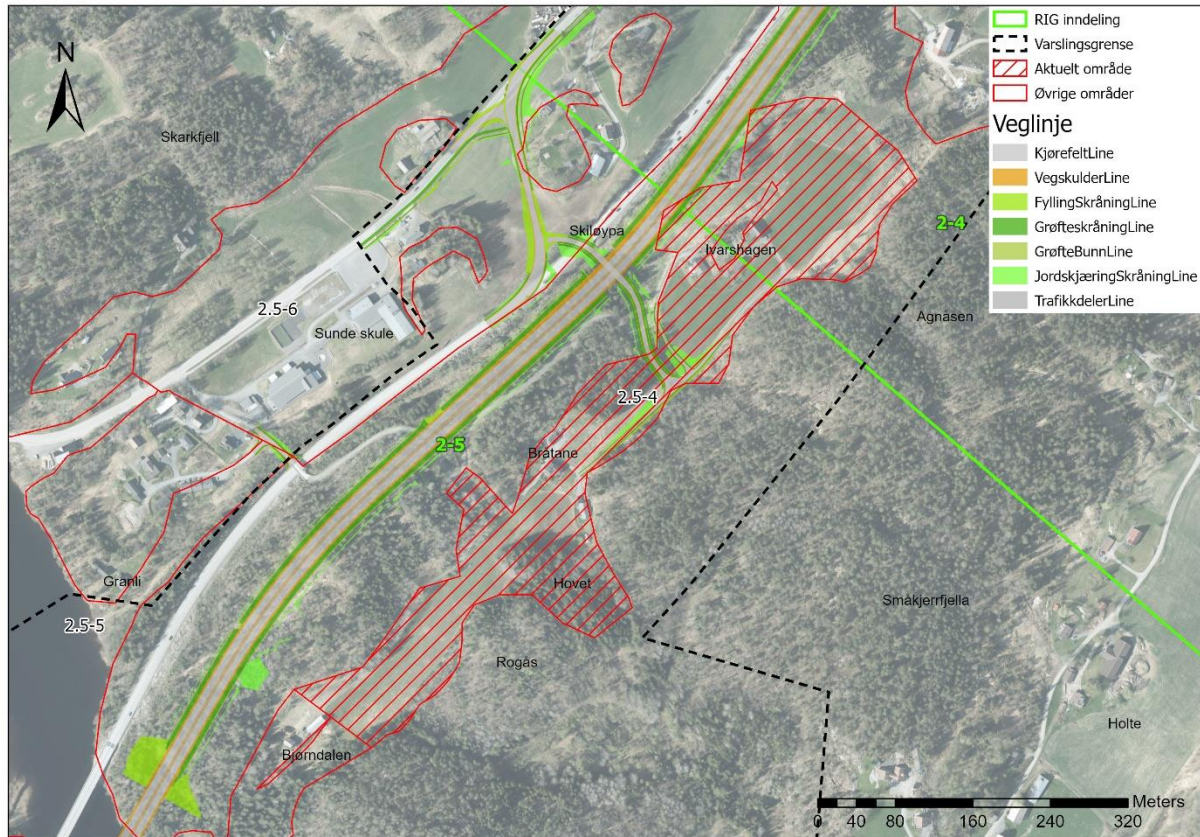
Det er registrert tre skråninger med risiko for kvikkleireskred i område 2.4-1. Sprøbruddmateriale er påvist i to av skråningene. Skred i Skråning 2 ved Snitt A-A vil treffe/påvirke utbygging av ny E18. Det er tegnet opp en faresone, Østerholt 1. Det er vurdert at det er mulig å håndtere risikoen for kvikkleireskred ved å skifte ut masser for veifyllingen i løsneområdet. Masseutskiftningen må i detaljprosjekteringen planlegges slik det ikke skjer forverring av stabiliteten. Masseutskiftning må gjøres før igangsettelse av andre anleggsarbeider i faresonen.

Det er vurdert at planlagte tiltak ikke ligger innenfor aktsomhetsområder. Dersom aktsomhetsområdene ligger innenfor planområdet, tegnes disse opp som hensynssoner med krav om full utredning hvis det i detaljprosjekteringen og anleggsfasen planlegges nye tiltak.

5 Område 2.5-4

5.1 Oversikt over området

Område 2.5-4 ligger sørøst for eksisterende og ny E18, jf. Figur 5-1. En mindre grusvei planlegges inn i området.



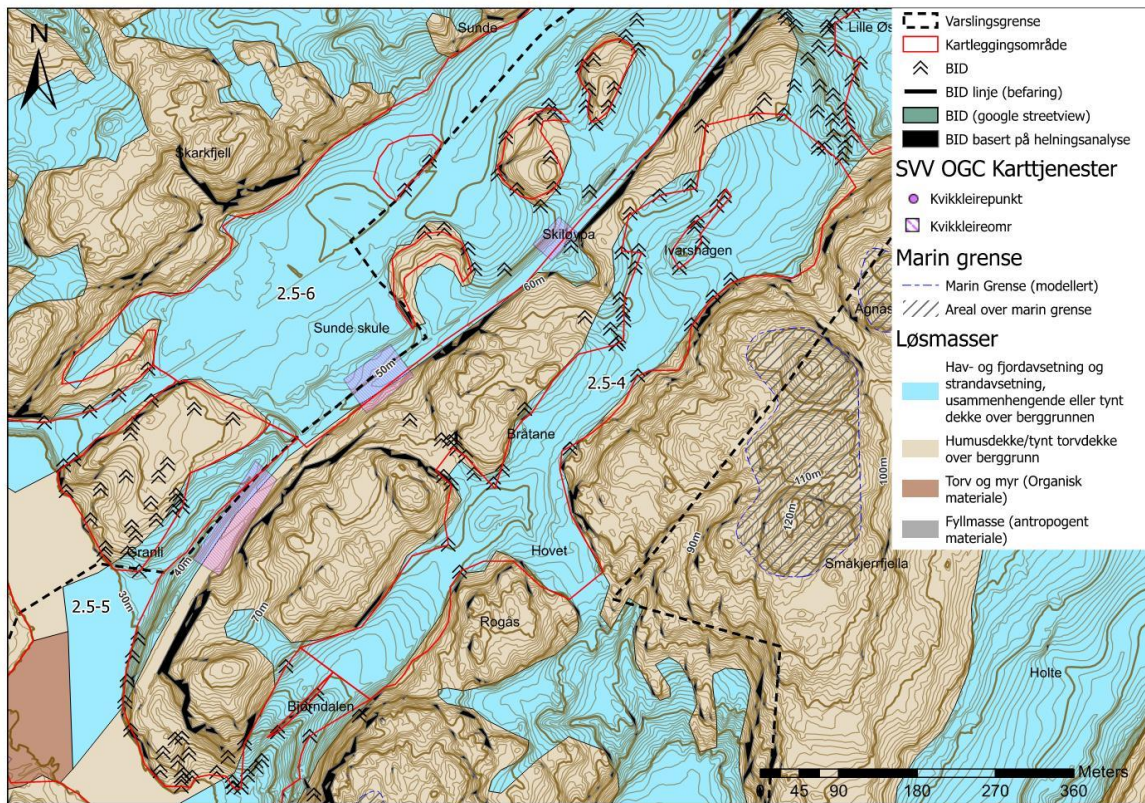
Figur 5-1: Oversiktskart over område 2.5-4 sørvest for Østerholt.

5.2 Terreng og grunnforhold

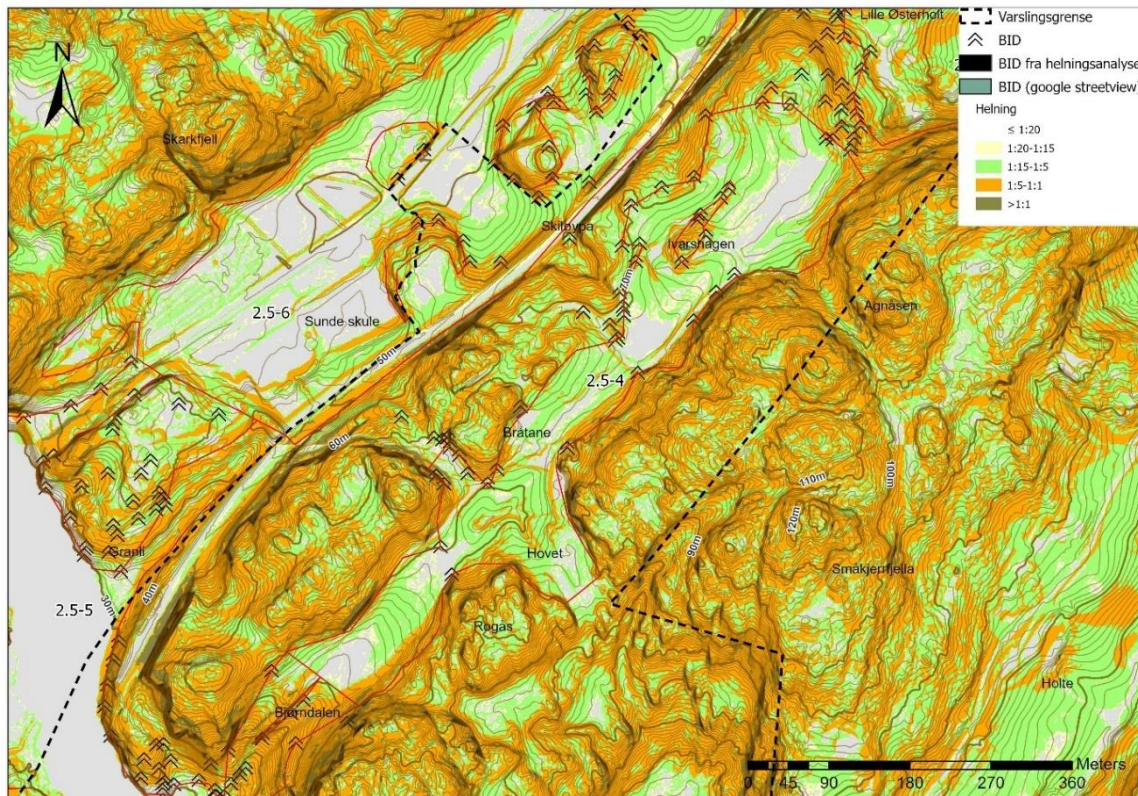
Området 2.5-4 ligger under den marine grensen, jf. kvartærgeologisk kart og opptegnet marin grense i Figur 5-2. Kvartærgeologisk kart indikerer at store deler av området har tynn havavsetning. Området er omkranset av berg i dagen.

Helningskart i Figur 5-3 viser generelt flatt terreng med enkelte skråninger hvor helning er brattere enn 1:15.

VEDLEGG 5 TIL FAGRAPPORT GEOTEKNIKK - UTREDNING AV SIKKERHET MOT KVIKKLEIRESKRED –
OMRÅDE 2.4-1, 2.5-1 og 2.5-4 - 2.5-6, ØSTERHOLT OG SUNDEBRU



Figur 5-2: Kvartærgeologisk kart fra NGU over område 2.5-4.



Figur 5-3: Helningskart over område 2.5-4 basert på kartdata fra høydedata.no.

Det er vurdert kritiske snitt jf. Vedlegg 11, Tegning V2.5-4-01. Tre kritiske snitt, E-E, F-F og J-J, er tegnet opp på henholdsvis Tegning V2.5-4-E01, Tegning V2.5-4-F01 og Tegning V2.5-4-J01.

I snitt E-E er det registrert kvikkleire i borepunkt 25003 i 3-7 m dybde. Det er ikke registrert eller funnet indikasjoner på sprøbruddmateriale i 25001 og 25002 i den nederste delen av snittet. Da det ikke er en sammenhengende mektighet av kvikkleire gjennom skråningen vurderes det at skråningshøyden reduseres til mindre enn 5 m. Det vurderes derfor at det ikke er risiko for områdeskred i dette området.

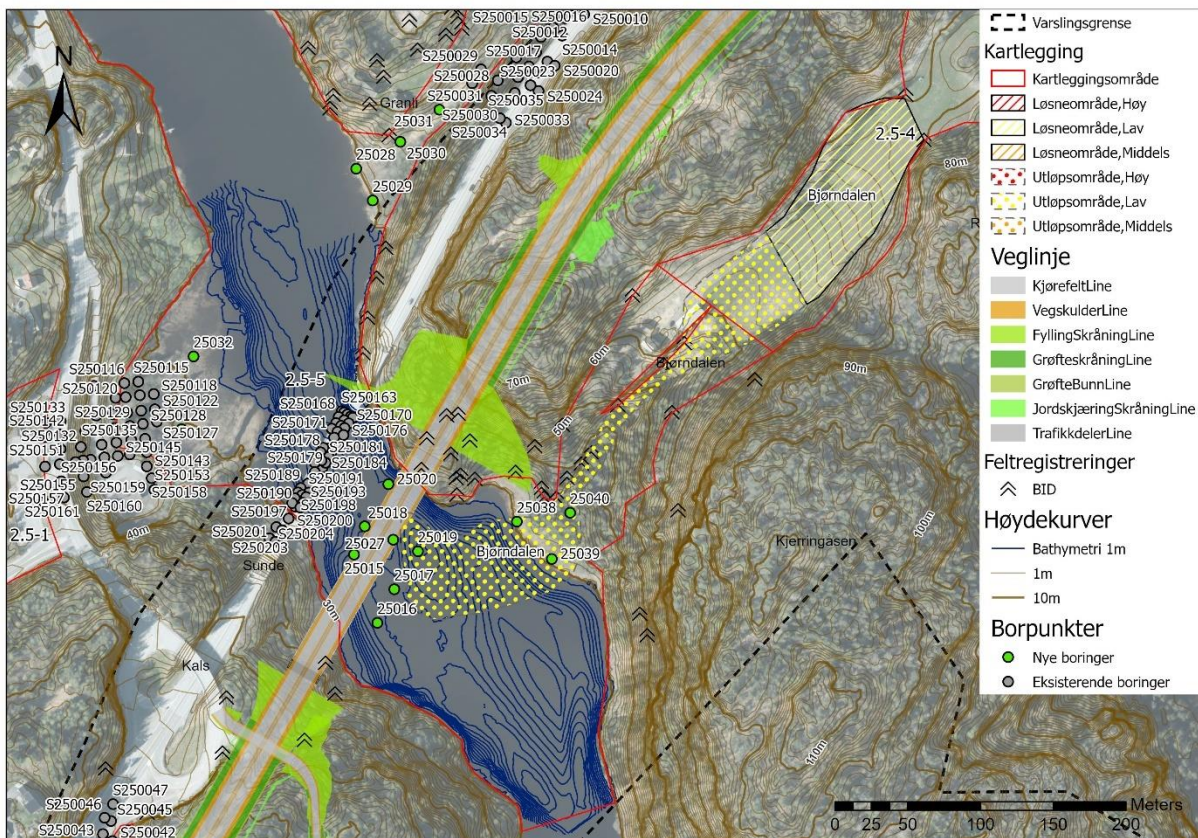
I snitt F-F er det ikke utført grunnundersøkelser. Da det er truffet sprøbruddsmasser i grunnundersøkelser utført i området ved Sundebru og Østerholt, kan ikke risiko for kvikkleire i skråningen utelukkes. Det er derfor nødvendig å vurdere løsne- og utløpsområde for et eventuelt skred.

I snitt J-J er det utført grunnundersøkelser i borepunkt 25043 hvor kvikkleire er påvist fra ca. 2,5-4 m dybde. Det er på snittet gjort en vurdering på sannsynlig utstrekning av kvikkleiren med utgangspunkt i omkringliggende grunnundersøkelser. I borepunkt 25042 er det indikasjoner på kvikkleire i 3-4 m dybde. I borepunkt 25006 er truffet sprøbruddmateriale i 3,7 m dybde og indikasjoner på sprøbruddmateriale fortsetter til 5 m dybde.

5.3 Aktuelle skredmekanismer, avgrensning av faresone

5.3.1 Snitt F-F

Det er gjort en konservativ betraktning av snitt ift. dybde til berg og mektighet på forekomst av kvikkleire. 1:15-linje er tegnet inn på snitt. Andel av sprøbruddmateriale, der mektigheten er størst over 1:15-linje, er vurdert over 40 %. Et eventuelt skred er derfor vurdert å være retrogressivt. 1:15-linje treffer terrengoverflaten 130 m bak skråningsfoten. Forventet løsnedistanse for et skred er derfor vurdert til omtrent 130 m. Utløp er vurdert i hovedsak å skje i kanalisert terreng. Utløpsdistanse forventes da å bli opptil 3 x løsnedistanse hvilket er ca. 400 m. I Figur 5-4 ses opptegnet faresone, Bjørndalen, angitt som løsne- og utløpsområde. Utløp kan treffe nær planlagt fundament til ny bru for ny E18. Det må derfor dokumenteres tilstrekkelig sikkerhet i faresonen.

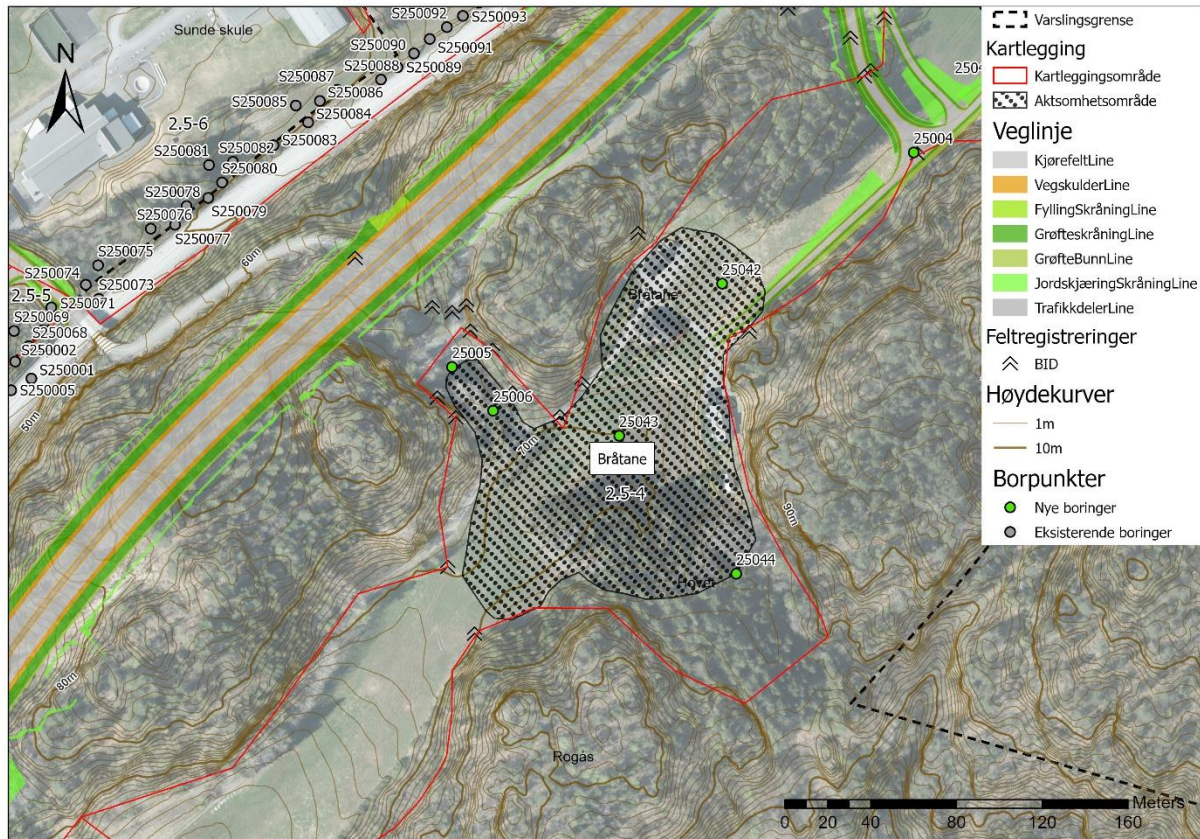


Figur 5-4: Opptegning av løsne- og utløpsområde for Bjørndalen faresone.

5.3.2 Snitt J-J

Opptegning av snitt J-J indikerer at et eventuelt skred vil være flakskred da kvikkleirelaget ligger forholdsvis dypt, og vurdert overflate på laget følger terrenghelning. Avgrensning av aktsomhetsområdet er vist på Figur 5-5. Mot nord og sør er avgrensning gjort mot vurdert berg i dagen, samt der grunnundersøkelser

indikerer at det ikke er truffet sprøbruddmateriale. Mot nord er eventuelt løsneområde avgrenset ved en distanse på 20 x skråningshøyde. Utløp er vurdert til 0,5 x løsnedistansen.



Figur 5-5: Vurdert aksomhetsområde, Bråtane, i område 2.5-4.

5.4 Klassifisering av faresonen og sikkerhetskrav

Det er utført faregradsklassifisering av faresone Bjørndalen jf. Vedlegg 12, Skjema 2.5-4-1. Resultat av klassifisering ses i Tabell 5-1. Det er ikke gjort faregradsklassifisering av aktsomhetsområdet Bråtane da tiltaket i sonen er K1 tiltak.

Tabell 5-1: Oversikt over faregrad, konsekvens og risiko for faresone i område 2.5-4.

Sone	Faregrad	Konsekvens	Risikoklasse
Bjørndalen	Lav	Alvorlig	3

5.4.1 Snitt F-F

Det planlagte tiltaket, E18, ligger i utløpsområdet for et mulig skred. Det forventes ikke at tiltakets influensområde vil påvirke skråningen i løsneområdet. Tiltaket plasseres i tiltakskategori K4. Det må derfor utføres stabilitetsanalyser som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet. Krav til sikkerhet i K4 for en skråning, hvor tiltakets influensområde ikke påvirker skråningen i løsneområdet, er i henhold til. NVE-veileder 1/2019:

- $F_{c\phi} = 1,25$ (Sikkerhetskrav)
- $F_{cu} = 1,20$ (Robusthetskrav)

Det er krav til prosentvis forbedring hvis ikke sikkerhets- og/eller robusthetskrav overholdes.

5.4.2 Snitt J-J

Det planlagte tiltaket ligger innenfor avgrenset aktsomhetsområde, men det vurderes at tiltaket ikke vil forverre stabiliteten i området. For K1-tiltak er det ikke krav til påvisning av stabilitet for skråning når tiltaket ikke forverrer stabiliteten.

5.5 Kritisk snitt og materialparametere

Det er gjort en konservativ betraktning av lagdeling i Snitt F-F, jf. Vedlegg 11 Tegning V2.5-4-F01, da det ikke er utført grunnundersøkelser i faresonen. Matjord er antatt til 1 meter under terreng, hvilket baserer seg på vurdering av mektighet i grunnundersøkelser utført i nærheten. Det er ikke vurdert dybde til berg, og kvikkleire er derfor ført til en dybde hvor berg ikke vil påvirke stabilitetsberegninger.

Styrkeparametere er basert på erfaringsparametere og grunnundersøkelser. Drenerte parametere er konservativt valgt utfra SVV V220 håndbok. Udrenert skjærstyrke i snitt F-F er basert på normalkonsolidert tilstand ved bruk av SHANSEP-verdier. Valgte parametere er vist i Tabell 5-2.

Grunnvannsnivå er konservativt plassert i topp av leiren.

Tabell 5-2: Tolkede materialparametere.

Lag	Tyngdetetthet γ/γ' [kN/m ³]	Udrenert skjærfasthet c_{uA} [kPa]	Friksjonsvinkel φ [°]	Kohesjon c' [kPa]
Matjord	19,0/9,0	-	30	0
Antatt kvikkleire*	19,0/9,0	NC-leire, $0,25 \cdot \sigma'_{p0}$	20	0

* A/D/P = 1,00/0,63/0,35

5.6 Stabilitetsvurderinger

Resultat fra drenert og udrenert stabilitetsvurdering av dagens situasjon er vist i Tabell 5-3. Sikkerhet og robusthet mot kvikkleireskred er derfor tilstrekkelig.

Tabell 5-3: Oppnådd sikkerhet ved stabilitetsberegninger for dagens situasjon.

Snitt	Situasjon	$F_{c\varphi}$	F_{cu}	Tegning
F-F	Dagens	2,81	1,25	V2.5-4-F02 V2.5-4-F03

5.7 Konklusjon

Det er registrert tre kritiske skråninger i område 2.5-4. Kvikkleiren i snitt E-E er vurdert å være av begrenset i omfang, og det treffes ikke skråningshøyder over 5 m. Derfor vurderes det at det ikke er risiko for kvikkleireskred der som kan treffe planlagte tiltak.

I Snitt F-F er det ikke utført grunnundersøkelser. Helning på terreng tilsier at det kan være risiko for kvikkleireskred i skråningen. Det er tegnet opp løсне- og utløpsområde som treffer ny bru ved Sundebu. Sikkerheten er vurdert ved konservativ betraktning av grunnforhold. Sikkerheten er funnet tilstrekkelig. Risikoen for kvikkleireskred er derfor ivaretatt.

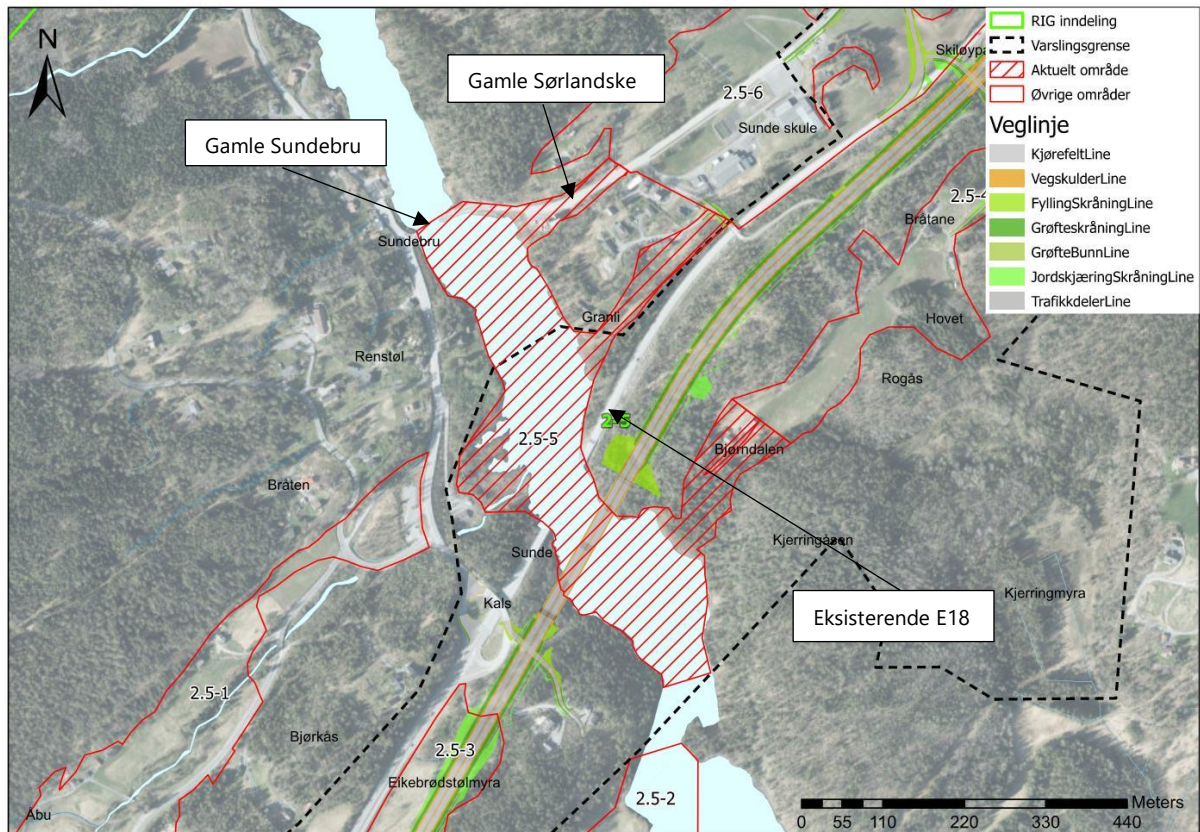
I Snitt J-J er det truffet kvikkleire. Det er gjort en vurdering av utstrekning på aktsomhetsområdet. Ny grusvei vil bli etablert innenfor aktsomhetsområdet, men plasseringen betyr at den ikke forverrer stabiliteten i aktsomhetsområdet. For K1-tiltak er sikkerheten mot kvikkleireskred derfor ivaretatt.

Hvis det i fremtiden planlegges tiltak i faresonen eller aktsomhetsområdet må vurdering av sikkerhet mot kvikkleireskred revurderes.

6 Område 2.5-5

6.1 Oversikt over området

Område 2.5-5 ligger langs vannet ved Sundebru. Det er planlagt ny bru for E18 parallelt med, og sør for eksisterende bru. Plassering av pilar i vannet er enda ikke fastlagt og det er mulig, i detaljprosjekteringen, å vurdere antall og plassering av pilarer i vannet.



Figur 6-1: Oversiktskart over område 2.5-5 ved Sundebru.

6.2 Terreng og grunnforhold

Område 2.5-5 ligger under den marine grensen, jf. kvartærgeologisk kart og opptegnet marin grense i Figur 6-2. Kvartærgeologisk kart indikerer at store deler av området har tynn havavsetning, torv, samt bart fjell med stedvis tynt dekke. Området er omkranset av berg i dagen. Jf. helningskart i Figur 6-3 treffes det brattere helninger enn 1:15 og skråningshøyder over 5 m.

Områdene med løsmasser på land vil ha utløp mot og i vannet hvis det treffes kvikkleire. Ved konservativ betraktning av utløpsområde (3 x løsnedistans) er det registrert fem kritiske områder med løsmasser som beskrives nærmere:

- 1 Området øst for den gamle Sundebru ved Gamle Sørlandske.
- 2 Området mellom Granli og eksisterende E18.
- 3 Området øst for bru for eksisterende E18 ved Bjørndalen.
- 4 Området vest for bru for eksisterende E18 ved pumpestasjonen.
- 5 Området sørvest for bru for ny E18.

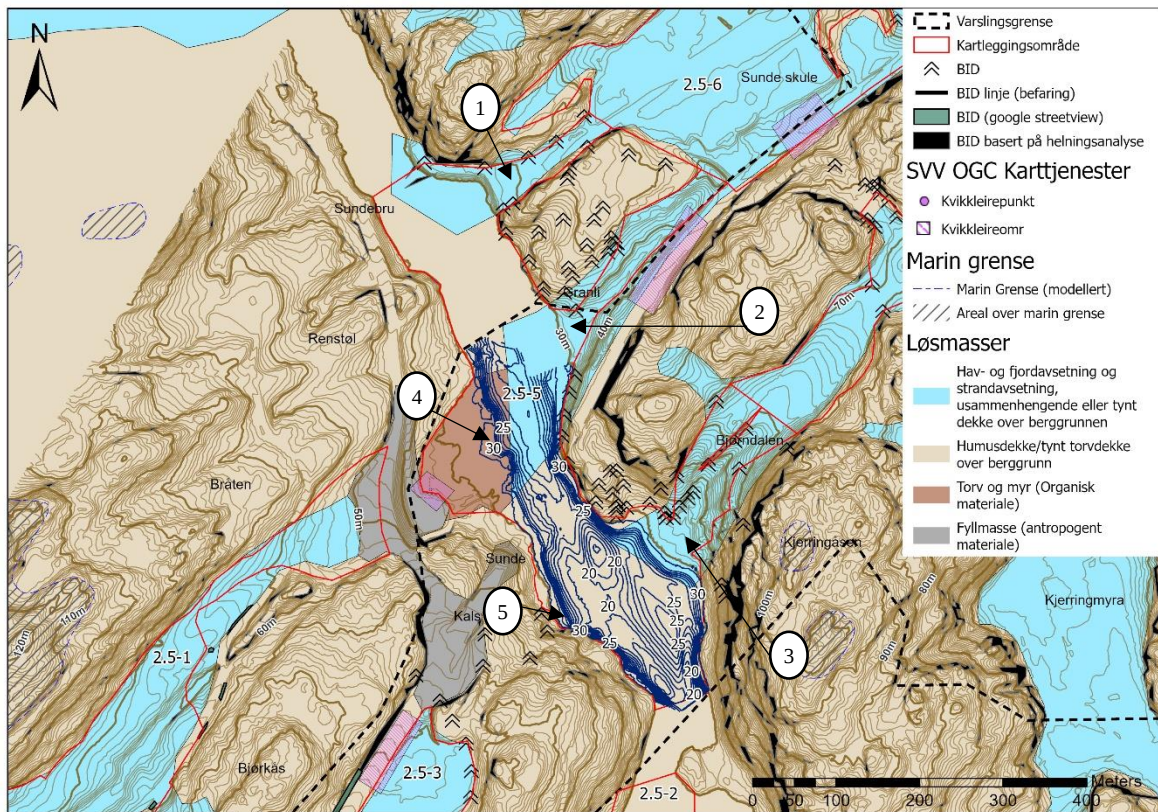
Plasseringen av områdene kan ses i Figur 6-2. Utover de fem områdene er det registrert løsmassedekke på sjøbunnen.

Jf. Vedlegg 11, Tegning V2.5-5-01 ses utførte grunnundersøkelser i og omkring vannet. Tolkning av borepunkter er markert på tegningen. I tillegg til grunnundersøkelsene i ref. [4] er det utført ERT-undersøkelser (Electrical Resistivity Tomography) jf. ref. [7]. Plassering av ERT-linjer er vist i Figur 6-4. Fjordbunnen ved Sundebru er kartlagt med multibeam ekkolodd (MBES).

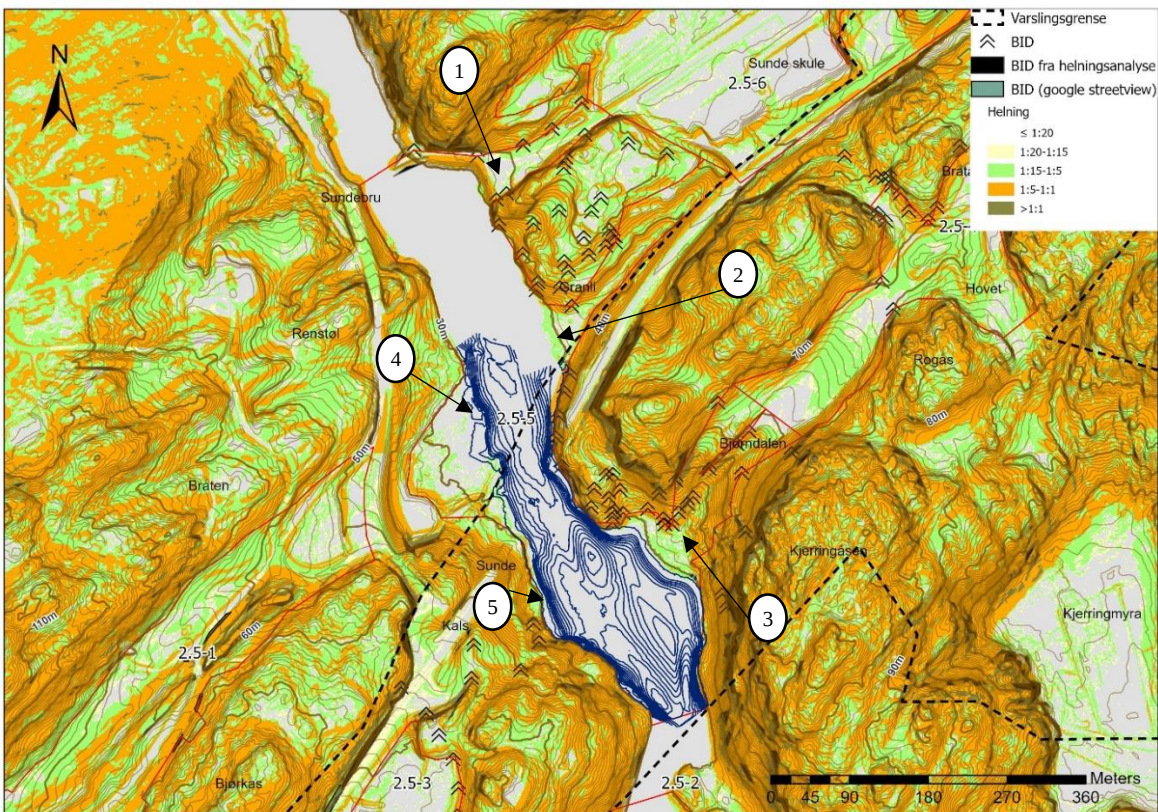
Vannstanden i vannet er regulert, og laveste regulerte vannstand er på kote +28.

Det er på befaring registrert stillestående vann i området. Erosjon er vurdert på befaring. Det er ikke funnet tegn på aktiv erosjon.

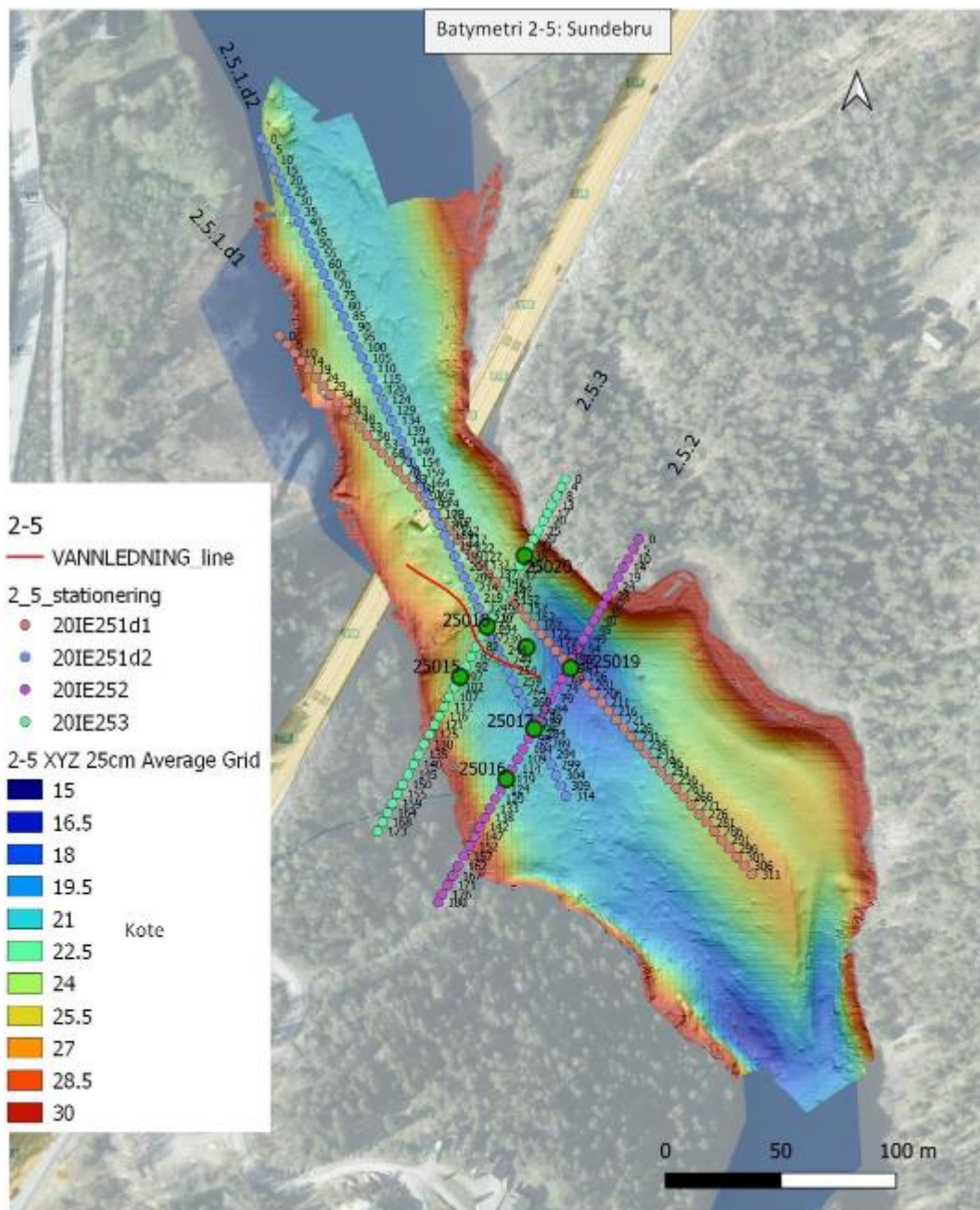
VEDLEGG 5 TIL FAGRAPPORT GEOTEKNIKK - UTREDNING AV SIKKERHET MOT KVIKKLEIRESKRED – OMRÅDE 2.4-1, 2.5-1 og 2.5-4 - 2.5-6, ØSTERHOLT OG SUNDEBRU



Figur 6-2: Kvartærgeologisk kart fra NGU over område 2.5-5.



Figur 6-3: Helningskart over område 2.5-5 basert på kartdata fra høydedata.no.



Figur 6-4: Oversikt over ERT-linjer og MBES-område ved Sundebru. Figur tatt fra ref. [7].

6.2.1 1. Området øst for den gamle Sundebru ved Gamle Sørlandske.

Gamle Sørlandske går gjennom området. Området avgrenses av berg i dagen. Videre er det på befaring observert at veien er plassert i bergskjæring, slik at det kan forventes at deler av veien er fundamentert på berg. Mot øst treffes berg i dagen på begge sider av veien. Eventuelt løsmassedekke forventes tynt og løsneområdet vil sannsynlig stoppe her. Det er ikke utført grunnundersøkelser i området.

Terrenghelningen på land er generelt flat med helninger slakere enn 1:20. Mot vannet treffes det helninger brattere enn 1:5. Høyde av skråning mot vannet er ikke kjent.

6.2.2 2. Området mellom Granli og eksisterende E18.

Området er avgrenset av sprengsteinsfylling for eksisterende E18 mot øst, jf. ref. [2], hvor det er beskrevet at veien må bygges ved masseutskiftning til berg. Mot nord viser observasjoner av berg i dagen i området at det er sannsynlig å treffe tynt løsmassedekke over berg, som angitt på kvartærgeologisk kart.

I området er det tidligere utført grunnundersøkelser i forbindelse med utbygging av eksisterende E18 jf. ref. [2]. Videre er det utført supplerende grunnundersøkelser for dette prosjektet jf. ref. [4]. Snitt B-B jf. Vedlegg 11, Tegning V2.5-5-B01, viser forventet lagdeling på bakgrunn av grunnundersøkelser samt terrenghelninger.

Terrenghelning i bunn av dalområdet er funnet til slakere enn 1:20, som angitt på Snitt B-B. Området avsluttes ut i vannet med en skråning på omtrent 9,5 meters høyde som har helning på omtrent 1:4,4.

Det er truffet sprø og kvikke masser under torv i borehull 25028-25030 fra 2 m dybde og opp til 11,5 m dybde. I 25031 er det ikke funnet indikasjoner på sprøbruddmateriale. Lengere mot nordøst, langs eksisterende E18, er det lokalt truffet sprøbruddmateriale, men det vurderes at det ikke er sammenhengende sprøbruddmateriale fra vannet og hele veien opp gjennom området. Avgrensning av lommer med kvikkleire er vurdert på Snitt B-B.

6.2.3 3. Området øst for bru for eksisterende E18 ved Bjørndalen.

Området er avgrenset av berg i dagen som angitt på kvartærgeologisk kart. Mot nordøst i området er det vurdert tynt løsmassedekke over berg. Det er på befaring registrert urmasser (stein og blokk) i bunn av ravinen.

Terrenget i vannet er bratt og faller med opptil 12 m fra vannkanten. På land treffes det et flatt platå inn mot avgrensning til berg.

Grunnundersøkelser indikerer grunnforhold tilsvarende det som treffes i område 2 ved vannet. Forventet lagdeling er tegnet opp på Vedlegg 11, Tegning V2.5-5-D01.

6.2.4 4. Området vest for bru for eksisterende E18 ved pumpestasjonen.

Området er avgrenset av Fv.418 mot vest, samt berg i dagen mot nord og sør. Terrenget faller med omtrent 1 m fra fyllingskant ved Fv.418 til vannkant ved vannet. I

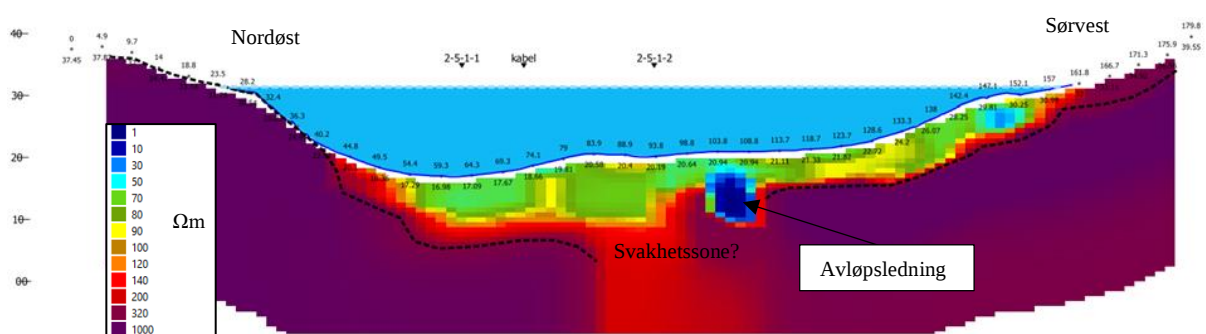
vannet faller terrenget med omtrent 10 m og bratteste helning estimeres til omtrent 1:2.

Grunnundersøkelser ble utført i forbindelse med utbygging av Fv.418. I tillegg er det utført enkelte håndholdte borer for vurdering av dybde til faste masser/berg. Kritisk snitt, Snitt A-A, jf. Vedlegg 11, Tegning 2.5-5-A01 er tegnet opp. Eksisterende borer viser omtrent like grunnforhold som i Snitt B-B. Lagdeling er antatt å være stort sett horisontal.

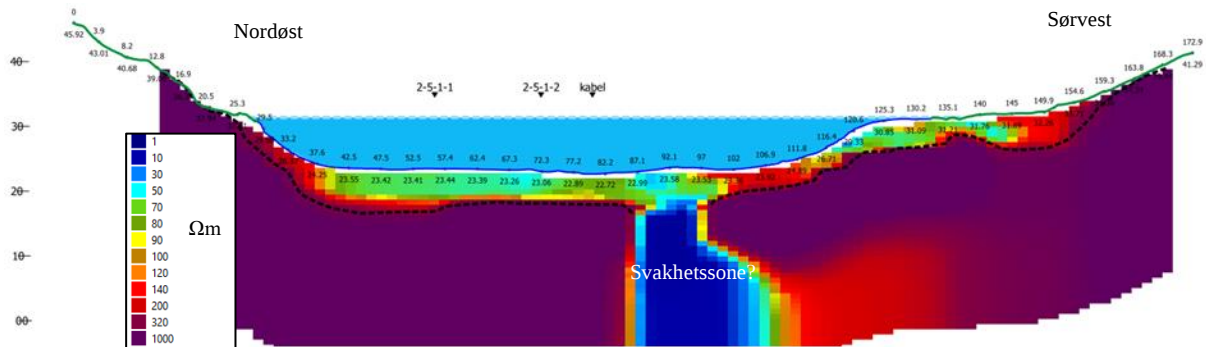
6.2.5 5. Området sørvest for bru for ny E18

ERT-profil 2-5_2 og 2-5_3 fra Figur 6-4, er vist i Figur 6-5 og Figur 6-6. Svart stiplet linje angir antatt bergoverflate. Ved større usikkerhet i bergtolkning er hvit stiplet linje benyttet. I midten av vannet indikerer ERT-profilene en svakhetssone hvor det ikke har vært mulig å vurdere bergoverflate. Tolkning av løsmassene er gjort i henhold til NGF melding 12, ref. [8]. Ωm under 10 er ofte tegn på saltholdig leire, Ωm mellom 10-100 er ofte indikasjon på utvasket leire, Ωm over 100 er ofte tegn på grovere masser, mens Ωm over 1000 ofte er indikasjon på berg.

Ut fra ovenstående indikerer tolkningen av ERT-profilene at det er omtrent samsvar med observasjoner fra utførte grunnundersøkelser i vannet. ERT-profilene indikerer at det på sørvestlig side av vannet, fra eksisterende bru til rett sør for ny planlagt bru, treffes mektigere løsmassedekke langs vannkanten. Mot sørvest er det risiko for at masser består av kvikkleire og/eller sprøbruddmasser. Skred i disse massene vil kunne påvirke fundamentering i vannet. I Vedlegg 11, Tegning V2.5-5-C01 ses forventet lagdeling i kritisk snitt samt kritiske helninger.



Figur 6-5: ERT-profil 2.5.2 fra Sundebru. Inndeling av resistivitetsverdier er gjort i henhold til NGF melding 12, ref. [8].

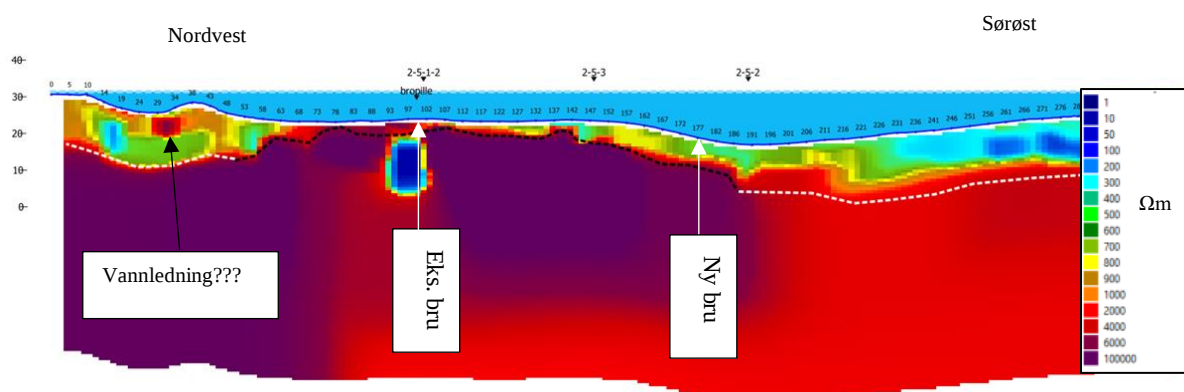


Figur 6-6: ERT-profil 2.5.3 fra Sundebru. Inndeling av resistivitetsverdier er gjort i henhold til NGF melding 12, ref. [8].

6.2.6 Området under vann

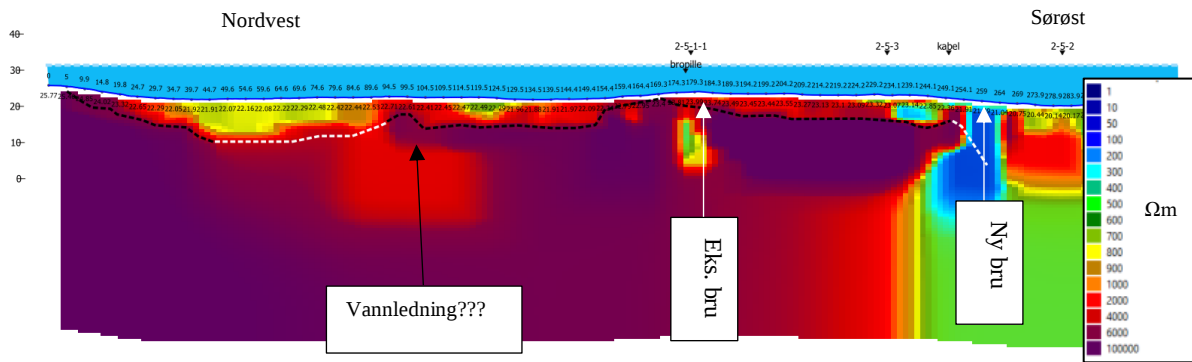
Terrenget under vann har generelt slak helning langs lengdeaksen til vannet. Fra eksisterende bru for E18 faller sjøbunn mot nord med 3 m på 150 m. Sør for eksisterende bru treffes et lokalt lavpunkt rett sørøst for planlagt bru. Høydeforskjell er omtrent 5 m.

Det foreligger eksisterende grunnundersøkelser for eksisterende bru, ref. [2]. Her er det registrert grunt berg, både i vannet og på land. Det er utført grunnundersøkelser i vannet for ny bru som viser kvikkleire fra sjøbunn til faste masser. ERT-profilene 2.5.1.d1 og 2.5.1.d2 fra Figur 6-4, jf. Figur 6-7 og Figur 6-8, samsvarer i noen grad med observasjoner fra grunnundersøkelser. Nordvest for eksisterende bru er det ikke utført grunnundersøkelser. Her er det vurdert at ERT-profilene angir omtrent forventet løsmassedekke til faste masser/berg. Massene antas å være kvikkleire da det ikke er entydige resultater på løsmassetype fra ERT-linjene.



Figur 6-7: ERT-profil 2.5.1.d1 fra Sundebru. Inndeling av resistivitetsverdier er gjort i henhold til NGF melding 12, ref. [8].

VEDLEGG 5 TIL FAGRAPPORT GEOTEKNIKK - UTREDNING AV SIKKERHET MOT KVIKKLEIRESKRED –
OMRÅDE 2.4-1, 2.5-1 og 2.5-4 - 2.5-6, ØSTERHOLT OG SUNDEBRU

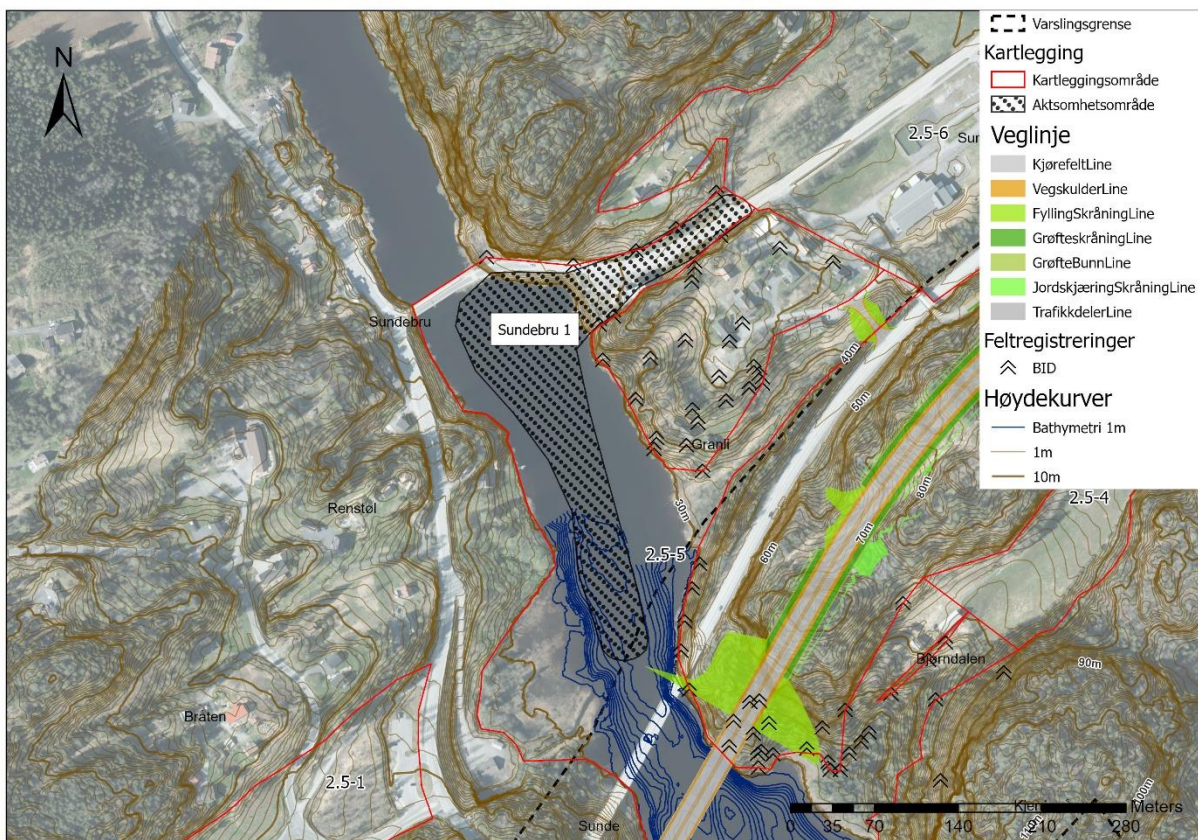


Figur 6-8: ERT-profil 2.5.1.d2 fra Sundebu. Inndeling av resistivitetsverdier er gjort i henhold til NGF melding 12, ref. [8].

6.3 Aktuelle skredmekanismer, avgrensning av faresoner og aktsomhetsområder

6.3.1 1. Området øst for den gamle Sundebru ved Gamle Sørlandske.

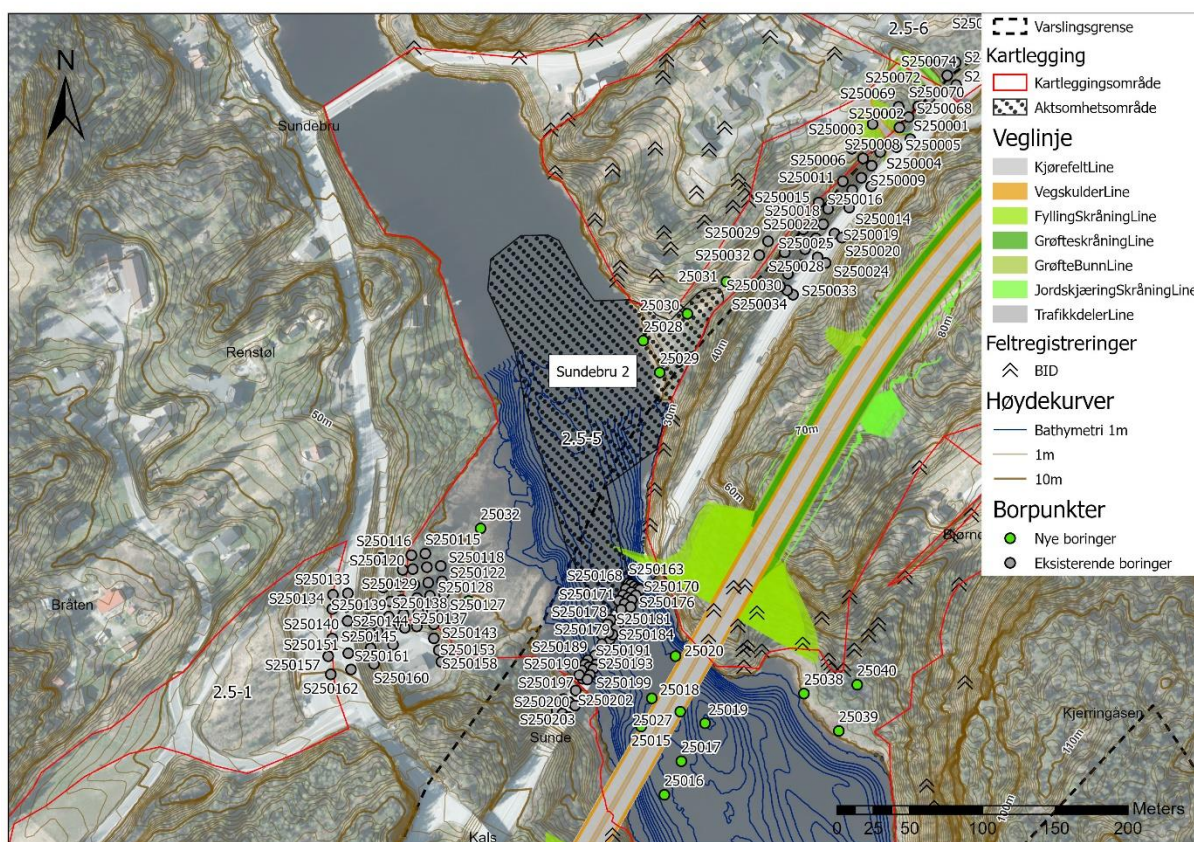
Da det ikke foreligger grunnundersøkelser i området antas det konservativt at retrogressivt skred kan forekomme. Løsnedistanse er vurdert til 170 m og blir begrenset av forventet tynt løsmassedecke mot øst. Utløp fra et slikt skred er vurdert å skje i åpent terreng. Utløpsdistanse vurderes da til 260 m, tilsvarende 1,5 x løsnedistanse. I Figur 6-9 er aktsomhetsområde tegnet opp. Planlagte tiltak ligger ikke innenfor vurdert aktsomhetsområde, og området vurderes ikke videre.



Figur 6-9: Opptegning av aktsomhetsområde Sundebru 1.

6.3.2 2. Området mellom Granli og eksisterende E18.

Snittet vist i Vedlegg 11, Tegning V2.5-5-B01 indikerer at andel av kvikkleire over 1:15-linja vil være over 40 %. Et eventuelt skred forventes å være retrogressivt. Løsneområdet er antatt å stoppe ved borepunkt 25031, hvor det ikke er truffet sprøbruddmateriale. Løsneområdet er vurdert utfra en grov volumbetraktning av utløpsmasser. Det er vurdert at utløp vil bli begrenset av eksisterende bru for E18 og at utløp primært vil skje mot nord. Aktsomhetsområdet kan ses i Figur 6-10. Planlagte tiltak ligger ikke innenfor vurdert aktsomhetsområde og området vurderes ikke videre.

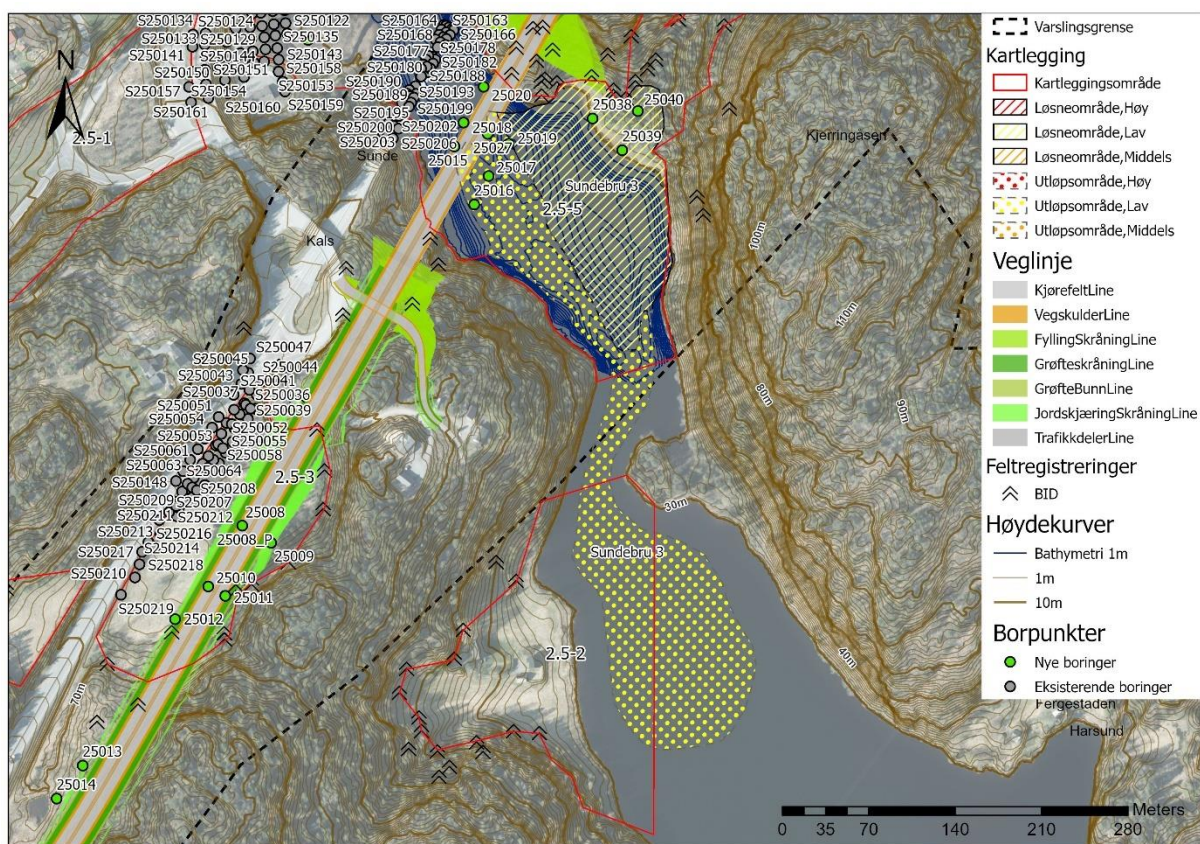


Figur 6-10: Opptegning av aktsomhetsområde Sundebru 2.

6.3.3 3. Området øst for bru for eksisterende E18 ved Bjørndalen.

Snittet vist i Vedlegg 11, Tegning V2.5-5-D01 indikerer at andelen av kvikkleire over 1:15-linja vil være over 40 %. Et eventuelt skred forventes å være retrogressivt. Løsneområdet antas å stoppe ved berg i dagen-observasjoner, samt tynt dekke over berg mot øst. Maksimal løsnedistans vurderes til omtrent 125 m. Utløp antas å skje i kanalisert terreng fra ny bru mot sør. Utløpsdistans forventes da å bli maksimalt 375 m.

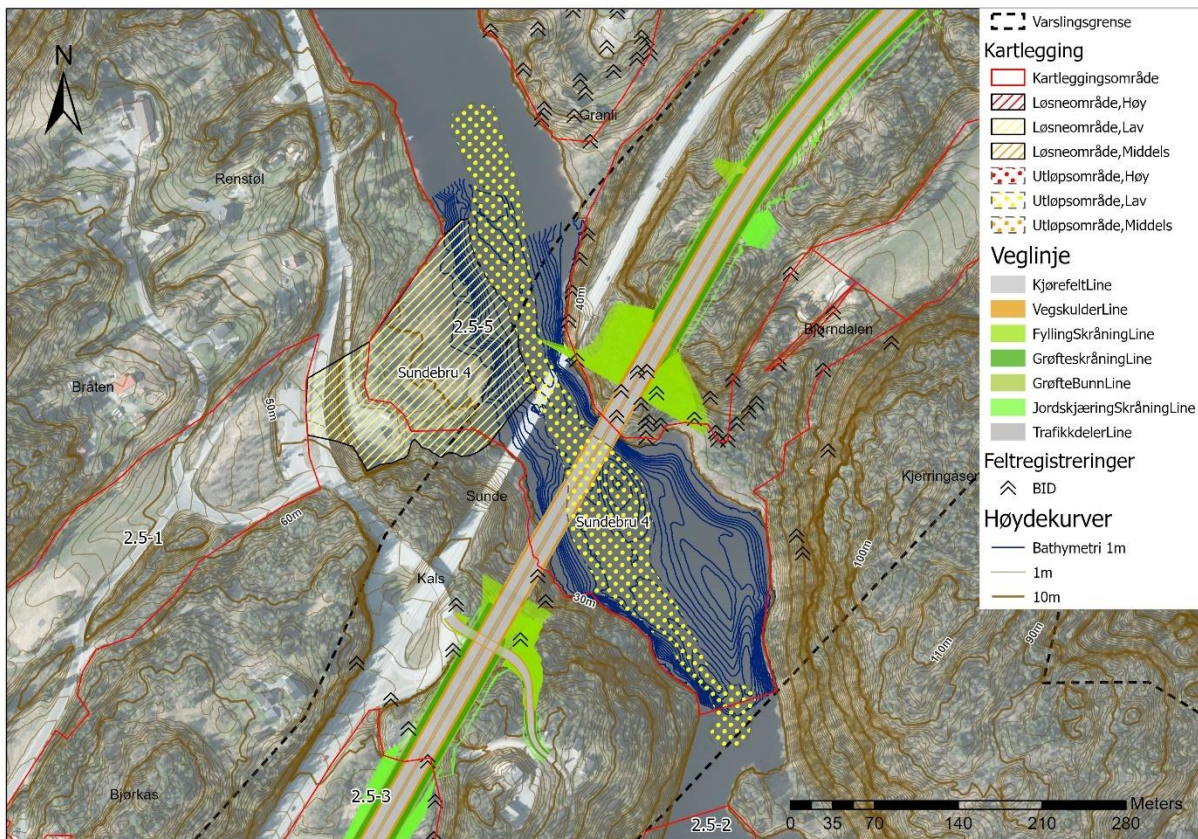
Planlagte tiltak ligger innenfor vurdert løsne- og utløpsområde og området utredes videre i påfølgende avsnitt.



Figur 6-11: Opptegning av løsne- og utløpsområde for faresonen Sundebru 3.

6.3.4 4. Området vest for bru for eksisterende E18 ved pumpestasjonen.

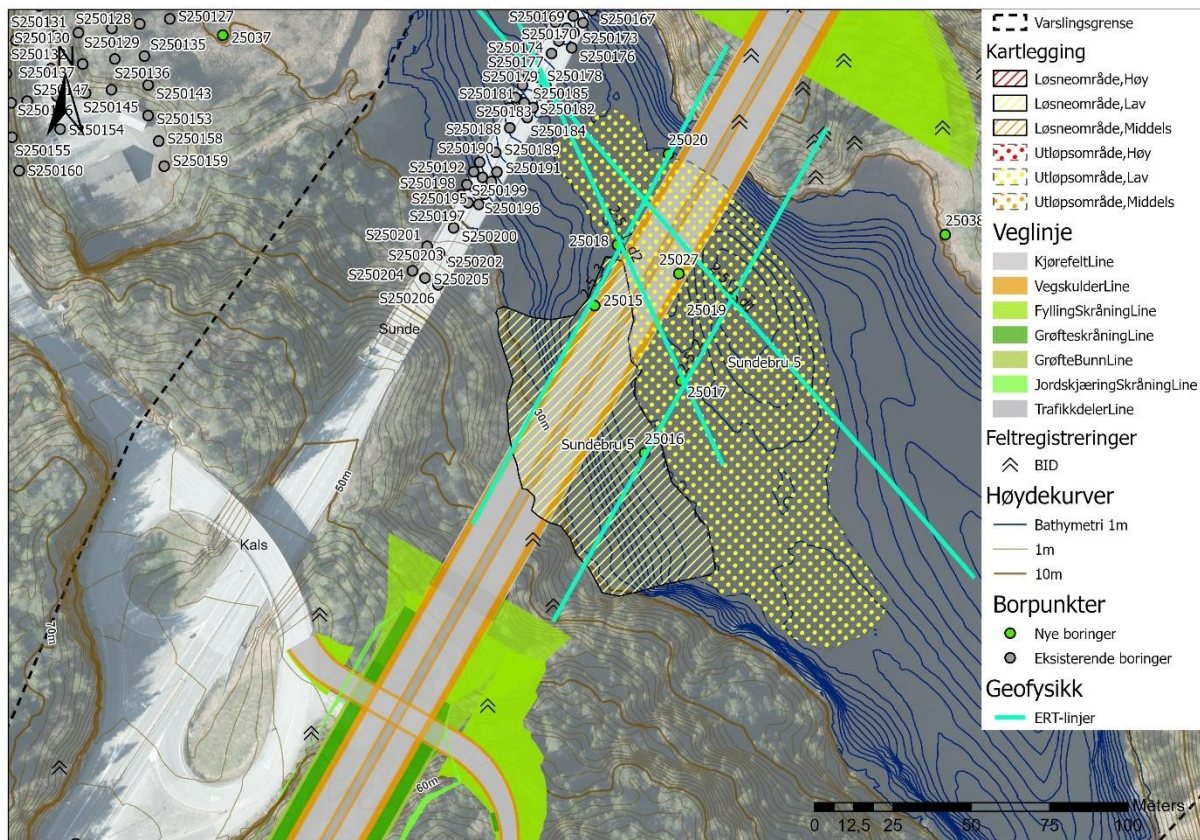
Snittegning i Vedlegg 11, Tegning V2.5-5-A01 indikerer at andelen av kvikkleire over 1:15-linja vil være over 40 %. Et eventuelt skred forventes da å være retrogressivt. Avgrensning av løsneområde vil være begrenset av 1:15- og 1:3-linje på Tegning V2.5-5-A01. Mot sør avgrenses løsneområde av berg; avgrensning er vurdert på bakgrunn av bergtolkning fra ERT-linjene i Figur 6-7 og Figur 6-8. Mot nord er avgrensning gjort mot berg registrert på relieffkart. Løsnedistanse er vurdert til 185 m. Utløp vil skje i vannet. Størrelsen på løsneområdet tilsier at utløp vil skje i kanalisert terreng. Utløpsområdet blir da omtrent 550 m. I Figur 6-12 er løsne- og utløpsområde tegnet ut fra ovenstående betraktninger. Et skred anses å ha risiko for å treffe området for brufundamenter, og området utredes videre i påfølgende avsnitt.



Figur 6-12: Opptegning av løsne- og utløpsområde for faresonen Sundebru 4.

6.3.5 5. Området sørvest for bru for ny E18

Snittegning i Vedlegg 11, Tegning V2.5-5-C01 indikerer at andelen av kvikkleire over 1:15-linja vil være over 40 %. Et eventuelt skred forventes da å være retrogressivt. Løsneområdet antas å gå opp mot berg i nord, vest og sør utfra ERT-tolkninger, sjøbunnskartlegging, samt berg i dagen-observasjoner. Maksimal løsnedistans vurderes da til omtrent 45 m. Utløp antas å skje i åpent terreng mot øst. Utløpsdistans forventes da å bli maksimalt 60 m. Ny bru ligger innenfor den vurderte faresonen, og området utredes videre i påfølgende avsnitt.



Figur 6-13: Opptegning av løsne- og utløpsområde for faresonen Sundebru 5.

6.4 Klassifisering av faresoner og sikkerhetskrav

Det er utført faregradsklassifisering av faresonene som er registrert, jf. Vedlegg 12, Skjema 2.5-5-1 til 2.5-5-3. Resultat av klassifiseringen ses i Tabell 6-1.

Tabell 6-1: Oversikt over faregrad, konsekvens og risiko for faresoner i område 2.5-5.

Sone	Faregrad	Konsekvens	Risikoklasse
Sundebru 3	Lav	Alvorlig	2
Sundebru 4	Lav	Alvorlig	2
Sundebru 5	Lav	Alvorlig	2

6.4.1 Sundebru 4 – Snitt A-A

Planlagte tiltak ligger i utløpsområdet for faresonen Sundebru 4. Det må utføres stabilitetsanalyser som dokumenterer sikkerhetsfaktor mot kvikkleireskred. Tiltaket er plassert i tiltakskategori K4. Krav til sikkerhet i K4 for en skråning, hvor skråningen ikke ligger innenfor det planlagte tiltakets influensområde, er iht. NVE-veileder 1/2019:

- $F_{c\phi} = 1,25$ (Sikkerhetskrav)
- $F_{cu} = 1,20$ (Robusthetskrav)

Det er krav til prosentvis forbedring hvis ikke sikkerhets- og/eller robusthetskrav overholdes.

6.4.2 Sundebru 3 og 5 – Snitt C-C og Snitt D-D

Det må utføres stabilitetsanalyser som dokumenterer sikkerhetsfaktor mot kvikkleireskred. Tiltaket er plassert i tiltakskategori K4.

Plassering for pilar i vannet er enda ikke fastlagt i denne fasen, så det er ikke sikkert om fundamentering vil påvirke skråningen. Det er i denne fasen kun vurdert situasjonen hvor tiltaket ikke påvirker skråningen.

Krav til sikkerhet i K4 for en skråning, hvor skråningen ikke ligger innenfor det planlagte tiltakets influensområde, er iht. NVE-veileder 1/2019:

- $F_{c\phi} = 1,25$ (Sikkerhetskrav)
- $F_{cu} = 1,20$ (Robusthetskrav)

Sikkerhetskravet i faresonen må revurderes i detaljprosjekteringen, når plassering av pilar og fundamenteringsmetode er fastlagt, og en dermed kan vurdere om:

- skråning er innenfor influensområdet til tiltaket

- tiltaket forverrer stabiliteten

Det er krav til prosentvis forbedring hvis ikke sikkerhets- og/eller robusthetskrav overholdes.

6.5 Kritisk snitt og materialparametere

Stabilitet i de kritiske snittene A-A, C-C og D-D, jf. Vedlegg 11, Tegning V2.5-5-A01, V2.5-5-C01 og V2.5-5-D01, må vurderes både i udrenert og drenert tilfelle.

Materialparametere er tolket basert på laboratorie- og CPTu-forsøk i borepunkt 25016, 25017, 25029, 25030, 25038. Videre er eksisterende prøveserie 230-21V ved borepunkt S250136 fra ref. [3] benyttet, jf. Vedlegg 10 Figur 2.5-5-10. Felt- og laboratorieforsøk er supplert med erfaringsverdier, jf. håndbok V220, ref. [9].

Borepunkt 25029, 25030, 25038 og S250136 ligger i omtrent samme kotehøyde, +31 til +33, som tilsvarer topp av skråning i snittene. Borepunkt 25016 og 25017 ligger i hhv. kote +21,2 og +19 som tilsvarer bunn av skråning i snittene.

De enaksiale trykkforsøkene viser deformasjoner på mellom 2,5-7 %, som indikerer lite prøveforstyrrelser.

Vanninnholdet i sprøbruddmaterialet varierer mellom omtrent 35-65 %.
Plastisitetsindeks varierer mellom 7 og 23 %.

Vannivået i vannet er regulert. Laveste regulerte vannivå er kote +28, som benyttes i beregningene. Vannivå er konservativt plassert i terreng på land for å simulere at vann henger igjen på land når vannet reguleres til laveste nivå. Det er antatt hydrostatisk trykk i beregningene. Grunnundersøkelsene ble utført mens områdene på land ikke stod under vann. Derfor er det benyttet grunnvannstand 1 m under terreng til tolkninger.

Ved sammenstilling av resultater fra ødometerforsøk fra borepunkt 25030, jf. Vedlegg 10, Figur 2.5-5-1.1 og 2.5-5-1.2, med resultater fra CPTu-tolkning, jf. Vedlegg 10 Figur 2.5-5-4.7 til 2.5-5-8.7, er det gjort en generell vurdering av OCR. For boringer utført i kote +31 til +33 (25029, 25030 og 25038) er det indikasjoner på at OCR ligger på 2-5 i topp og 1,5-2 i bunn. Tilsvarende estimeres OCR i bunn av skråningene ved kote +21,2 og +19 (25016 og 25017) til 4 i topp og 2 i bunn.

Udrenert styrkeprofil er tolket, jf. Vedlegg 10 Figur 2.5-5-4.5 til 2.5-5-8.5 samt 2.5-5-9. I bunn av skråningene benyttes tolket skjærstyrkeprofil fra borepunktene 25016 og

25017, jf. Vedlegg 10 Figur 2.5-5-4.5 og 2.5-5-5.5. Kotenivå ved snittene samsvarer omtrent og det er antatt lik forbelastning i området. I topp av skråning for snitt A-A og C-C benyttes sammenstilling av resultater fra prøveserie i 230 – 21V, ref. [3], samt felt- og laboratorieforsøk i borepunkt 25029 og 25030, jf. Vedlegg 10 Figur 2.5-5-9. I topp av skråningen i Snitt D-D benyttes tolket skjærstyrkeprofil i 25038, jf. Vedlegg 10 Figur 2.5-5-8.5.

Drenerte parametere for silt og leire er vurdert på bakgrunn av treaksialforsøk i tre prøver fordelt på hhv. borepunkt 25030 og 25038, jf. Vedlegg 10 Figur 2.5-5-2.1.

Tolkede parametere er vist i Tabell 6-2.

Tabell 6-2: Tolkede materialparametere for beregning i Snitt A-A, C-C og D-D.

Lag	Tyngdetetthet γ/γ' γ/γ' [kN/m ³]	Udrenert skjærfasthet c_{uA} $c_{u,A}$ [kPa]	Friksjonsvinkel φ ϕ [°]	Kohesjon c' c' [kPa]
Torv	14,0/4,0 i Snitt A-A 13,0/3,0 i Snitt C-C og D-D	-	15	0
Sprengstein	19,0/9,0	-	42	0
Silt	19,5/9,5	c_{uA} -profil iht. beskrivelse.	28	2,6
Leire*	19,5/9,5	c_{uA} -profil iht. beskrivelse.	28	2,6
Leire, kvikk**, ***	17,0/7,0	c_{uA} -profil iht. beskrivelse.	28	2,6
Morene	19,0/9,0	-	37	0

* A/D/P = 1,00/0,63/0,35 i Snitt D-D, basert på $I_p < 10\%$ jf. ref. [10].
 ** A/D/P = 1,00/0,66/0,38 i Snitt D-D og C-C, basert på $I_p = 18\%$ jf. ref. [10].
 *** A/D/P = 1,00/0,63/0,35 i Snitt A-A, basert på $I_p < 10\%$ jf. ref. [10].

6.6 Stabilitetsvurderinger

Det er utført drenerte og udrenerte stabilitetsvurderinger for dagens situasjon i Snitt A-A, C-C og D-D. Tabell 6-3 viser oppnådd sikkerhet og robusthet. Som det ses av resultatene overholdes ikke sikkerheten og robustheten i Snitt A-A. Krav til sikkerhet

overholdes ikke for Snitt C-C. Robustheten i Snitt C-C er funnet tilstrekkelig. Videre er sikkerheten og robustheten i Snitt D-D funnet tilstrekkelig.

Tabell 6-3: Oppnådd sikkerhet ved stabilitetsberegninger for dagens situasjon for Snitt A-A, C-C og D-D.

Snitt	Situasjon	$F_{c\phi}$	F_{cu}	Tegningsnr.
A-A	Dagens	1,18	0,99	V2.5-5-A02 V2.5-5-A03
C-C	Dagens	1,09	1,20	V2.5-5-C02 V2.5-5-C03
D-D	Dagens	1,56	1,80	V2.5-5-D02 V2.5-5-D03

6.7 Stabiliserende tiltak

Det benyttes terrengregulering av skråning som stabiliserende tiltak for Snitt A-A og Snitt C-C. Nødvendig tiltak vurderes ved bruk av prosentvis forbedring på hhv. 10 % og 8 %. Tabell 6-4 viser at oppnådd sikkerhet ved stabiliserende tiltak for Snitt A-A og Snitt C-C overholder krav til prosentvis forbedring.

Stabilitetsberegninger for tiltak i Snitt A-A, jf. Vedlegg 11, Tegning V2.5-5-A04 og V2.5-5-A05, viser at nødvendig stabilitet kan oppnås ved å slake ut skråningen til helning 1:3

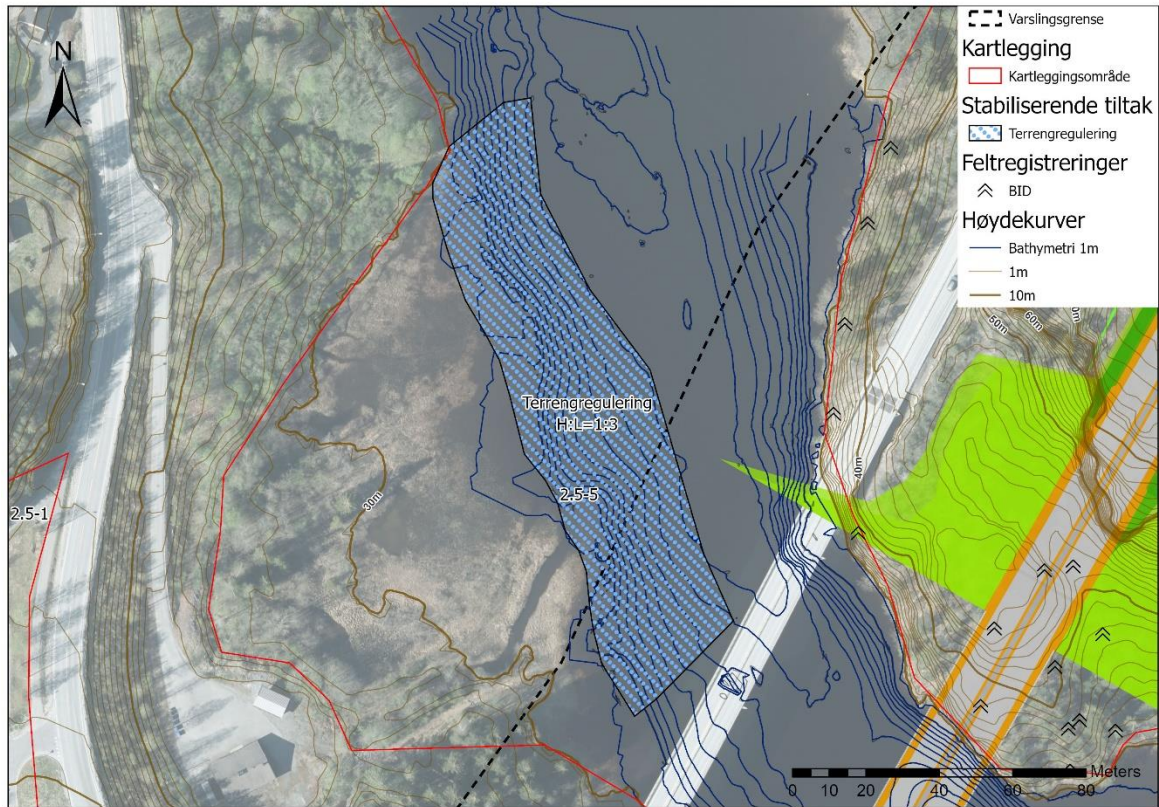
Stabilitetsberegninger for tiltak i snitt C-C, jf. Vedlegg 11, Tegning V2.5-5-C04, viser at nødvendig stabilitet kan oppnås ved å slake ut skråningen til helning 1:3. Udrenert beregning er ikke utført da det vurderes at tiltaket vil sikre sikkerhetsfaktor over kravet på 1,20. Som beskrevet tidligere må det i detaljprosjekteringen, når plassering av brupilar er fastlagt, sikres at fundamentering av pilar ikke forverrer skråningsstabilitet vurdert i denne fasen.

Hvis det i detaljprosjekteringen viser seg at skråning ligger innenfor influensområdet til tiltaket må det kreves en prosentvis forbedring av F_{cu} på 5 % (eller $F_{cu} \geq 1,40$ dersom man velger stabiliserende tiltak som krever absolutt materialefaktor).

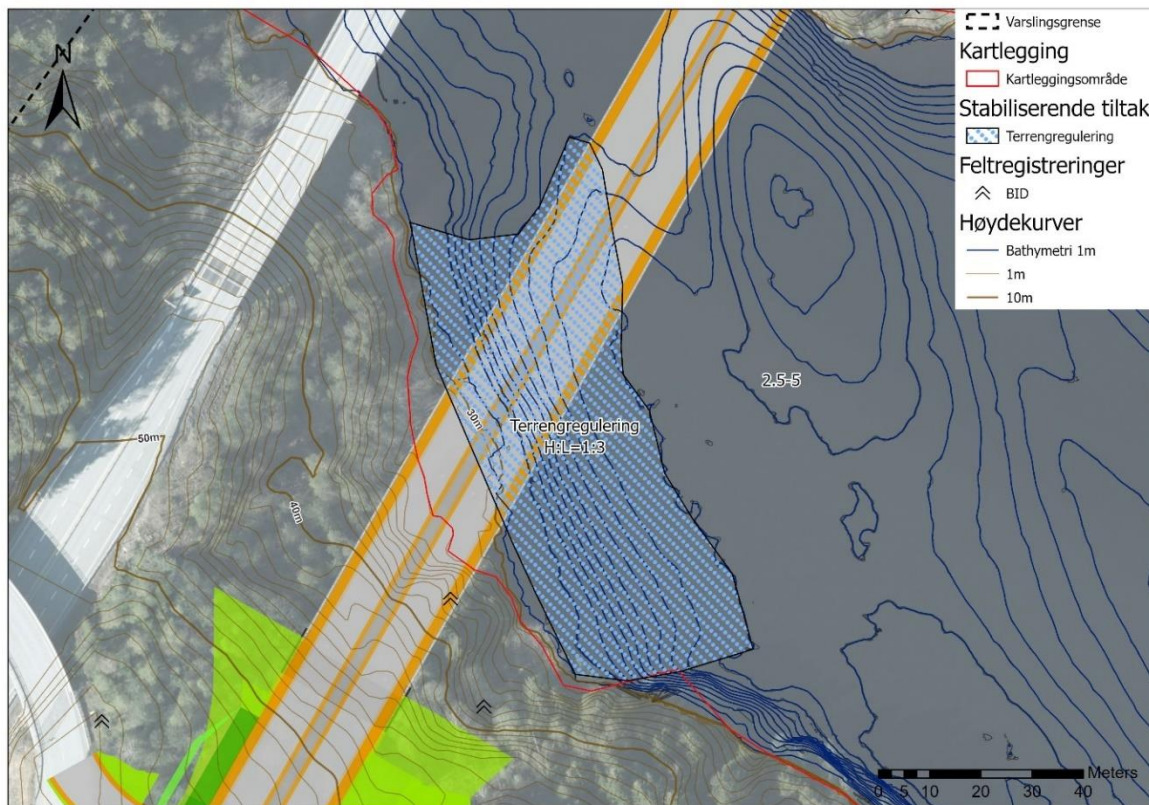
Figur 6-14 og Figur 6-15 viser grovt omriss av nødvendig terrengregulering.

Tabell 6-4: Oppnådd sikkerhet ved stabilitetsberegninger etter stabiliserende tiltak.

Snitt	Situasjon	$F_{c\phi}$	F_{cu}	Tegning
A-A	Terrengregulering skråningshelling 1:3	1,69	1,12	V2.5-5-A04 V2.5-5-A05
C-C	Terrengregulering skråningshelling 1:3	1,47	Forventes >1,20. Beregning ikke vist.	V2.5-5-C04



Figur 6-14: Omriss av stabiliserende tiltak for faresonen Sundebru 4.



Figur 6-15: Omriss av stabiliserende tiltak for faresonen Sundebru 5.

6.8 Konklusjon

Det er registrert fem kritiske skråninger i område 2.5-5. Helning på terreng tilsier at det kan være risiko for kvikkleireskred i skråningene. For tre av skråningene er det registrert faresoner. Det er tegnet opp løsne- og utløpsområder hvor fundamentering for ny bru forventes å ligge innenfor faresonene.

Stabilitetsberegninger viser at sikkerheten for Snitt A-A og Snitt C-C ikke er tilstrekkelig. Skråningene slakes ut til 1:3 for Snitt A-A og Snitt C-C.

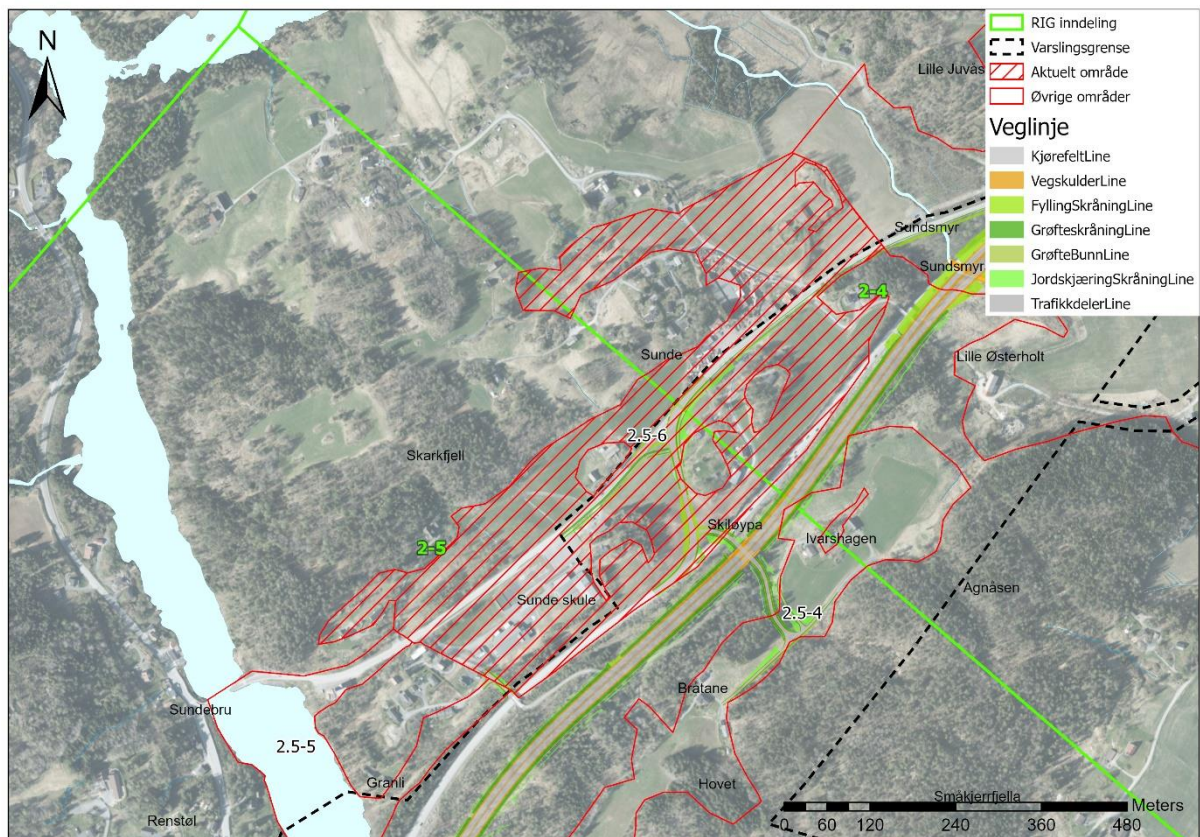
Stabilitetsberegninger i Snitt D-D viser tilstrekkelig sikkerhet.

Når plassering av brupilar er fastlagt, må det sikres at fundamentering av pilar ikke forverrer skråningsstabilitet i Snitt C-C og D-D vurdert i denne fasen.

7 Område 2.5-6

7.1 Oversikt over området

Område 2.5-6 ligger nord for eksisterende og ny E18, jf. Figur 7-1. Ny sidevei vil bli bygget mellom Sunde skole og Skiløypa og vil koble eksisterende E18 og Gamle Sørlandske sammen. Gamle Sørlandske og ny sidevei skal brukes til omkjøring under byggeperioden. Når ny E18 er ferdigstilt forventes trafikken å øke for strekningen langs Gamle Sørlandske grunnet omkjøring forårsaket av bompenger. ÅDT er i denne planfasen vurdert over 1500.

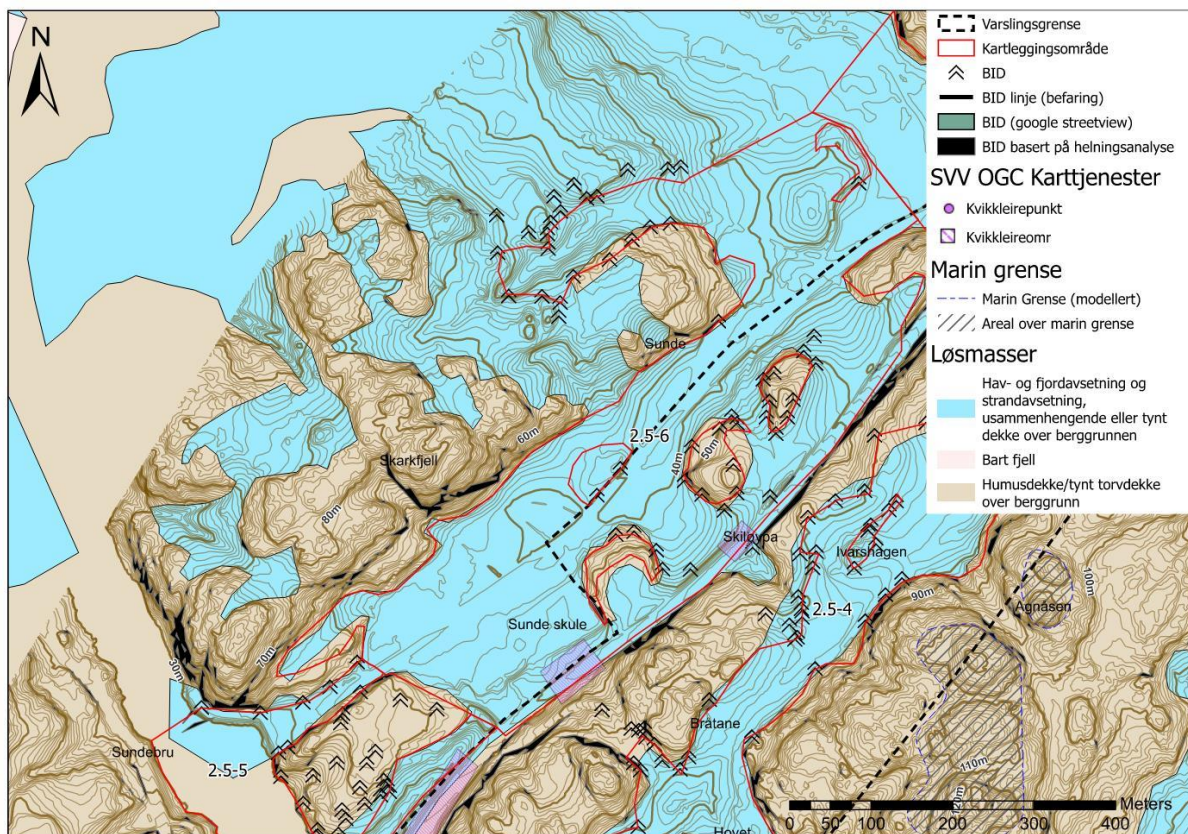


Figur 7-1: Oversiktskart over område 2.5-6 vest for Østerholt.

7.2 Terreng og grunnforhold

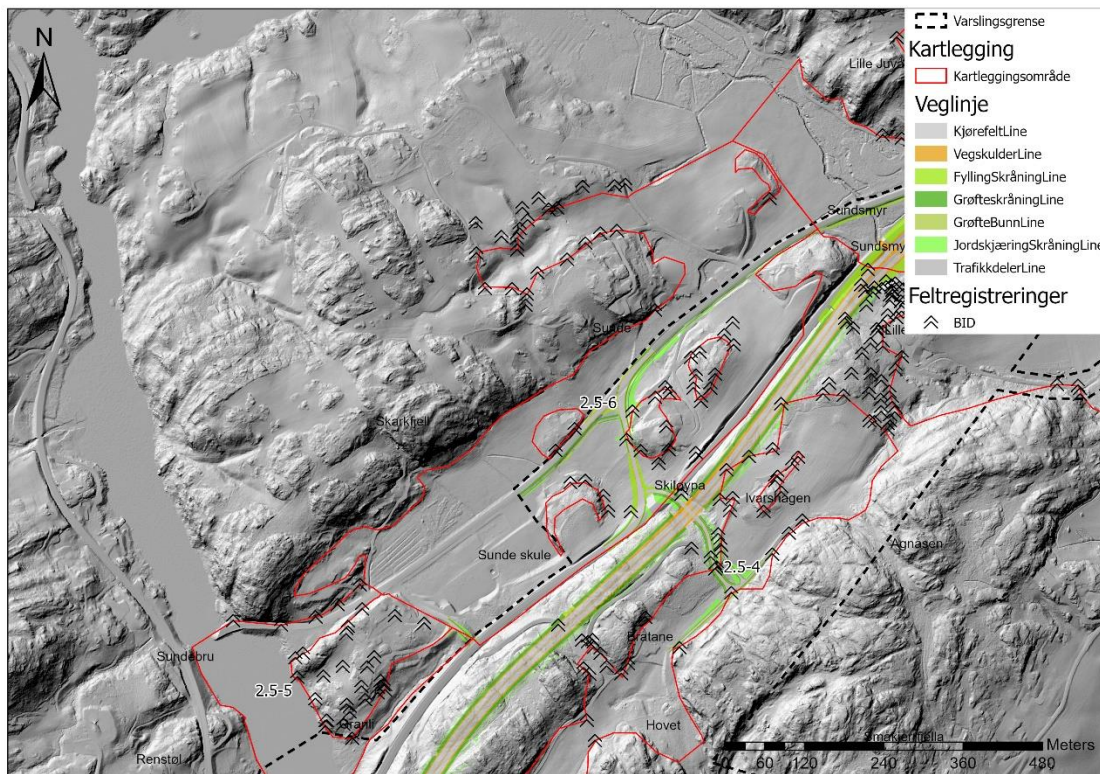
Område 2.5-6 ligger under den marine grensen, jf. kvartærgeologisk kart og opptegnet marin grense i Figur 7-2. Kvartærgeologisk kart indikerer at store deler av området har tynn havavsetning. Området er omkranset av berg i dagen, som man kan se i Figur 7-2 og skyggerelieffkart i Figur 7-3. Mot nord er området avgrenset basert på vurdering av at skred nord for denne grensen vurderes å ikke ville påvirke varslingsområdet.

Helningskart er vist i Figur 7-4. Det er lokalisert enkelte skråninger hvor helningen er brattere enn 1:15, jf. Vedlegg 11, Tegning V2.5-6-01.

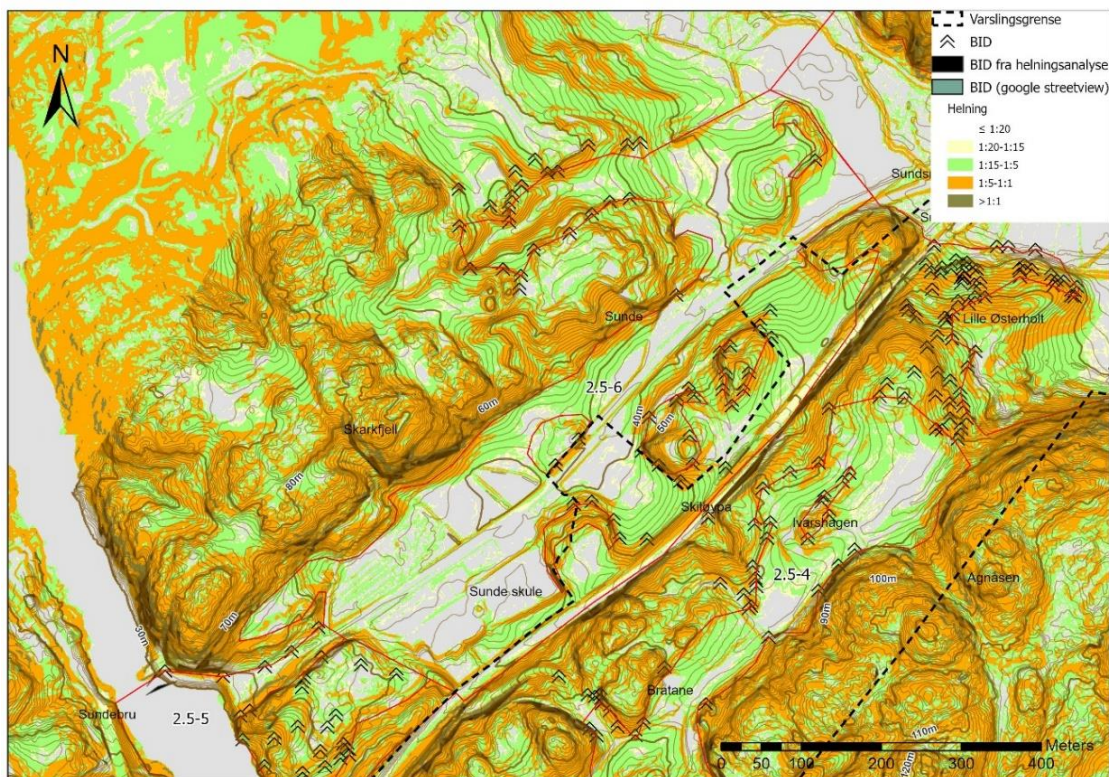


Figur 7-2: Kvartærgeologisk kart fra NGU over område 2.5-6.

VEDLEGG 5 TIL FAGRAPPORT GEOTEKNIKK - UTREDNING AV SIKKERHET MOT KVIKKLEIRESKRED –
OMRÅDE 2.4-1, 2.5-1 og 2.5-4 - 2.5-6, ØSTERHOLT OG SUNDEBRU



Figur 7-3: DTM skyggerelieff fra Kartverket



Figur 7-4: Helingskart over område 2.5-6 basert på kartdata fra høydedata.no.

Tegning V2.5-6-01 viser oversikt over grunnundersøkelser utført i området. Tolkning av borepunkter er markert på tegningen. Tegningen viser også vurderte kritiske snitt. De kritiske snitt er tegnet opp på Vedlegg 11, Tegning V2.5-6-G01, V2.5-6-H01 og V2.5-6-I01. Skråningshøydene varierer mellom 8,4 og 10 m. Helninger varierer mellom 1:7 og 1:15.

7.2.1 Snitt G-G

Skråningen ved snitt G-G går inn mot eksisterende E18 og fortsetter mot øst og vest langs eksisterende E18. Her er det utført nye boringer som supplerer til eksisterende boringer. Det er tidligere registrert kvikkleire i borepunkter, hvilket også er tilfellet i de nye utførte boringene. Ødometerforsøk og CPTu-forsøk av kvikkleiren indikerer OCR på mellom 2 og 3,2, jf. Vedlegg 10, Figur 2.5-6-1 og 2.5-6-3.7. Det er beskrevet i geoteknisk rapport I-167E rapport 1, ref. [2], at det ved bygging av eksisterende E18 måtte benyttes full massefortrengning til berg/faste masser innenfor et tverrsnitt begrenset av linjer med helning på 1:1 fra veitrase. Det antas at massefortrengning er utført og at eksisterende E18 derfor ikke vil bli påvirket av eventuelt kvikkleireskred.

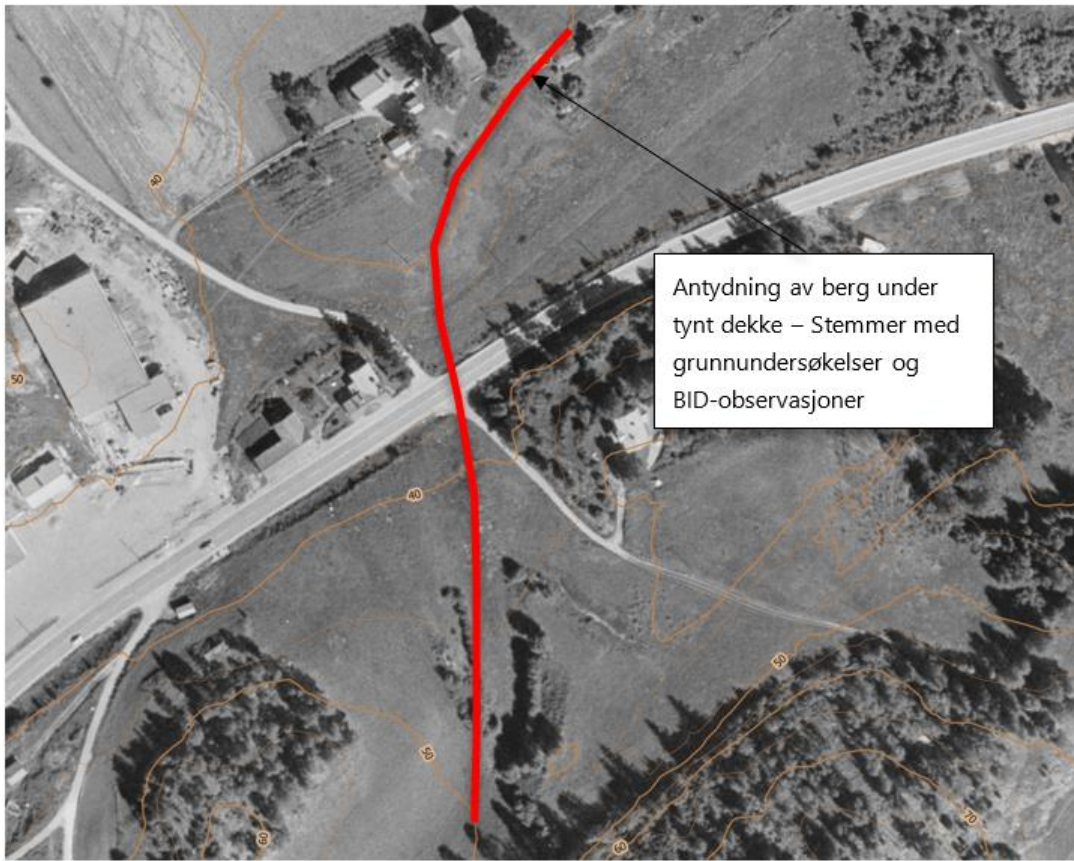
Grunnundersøkelser utført nordøst og sørvest for skråningen, langs eksisterende E18, viser ikke indikasjoner på sprøbruddmateriale.

7.2.2 Snitt H-H

Eksisterende boringer er utført i skråningen ved snitt H-H. Boringer viser at berg ligger grunt midt i skråningen. Dette gjenkjennes også på historisk kart, samt på høydekurver i Figur 7-5 og Vedlegg 11, Tegning V2.5-6-01, hvor antydning i terreng gjengir denne observasjon. Lagdeling på Snitt H-H er konservativt vurdert med bakgrunn i tilgjengelig informasjon.

7.2.3 Snitt I-I

Det er ikke utført grunnundersøkelser i skråningen ved snitt I-I. Antatt konservativt snitt er vurdert.



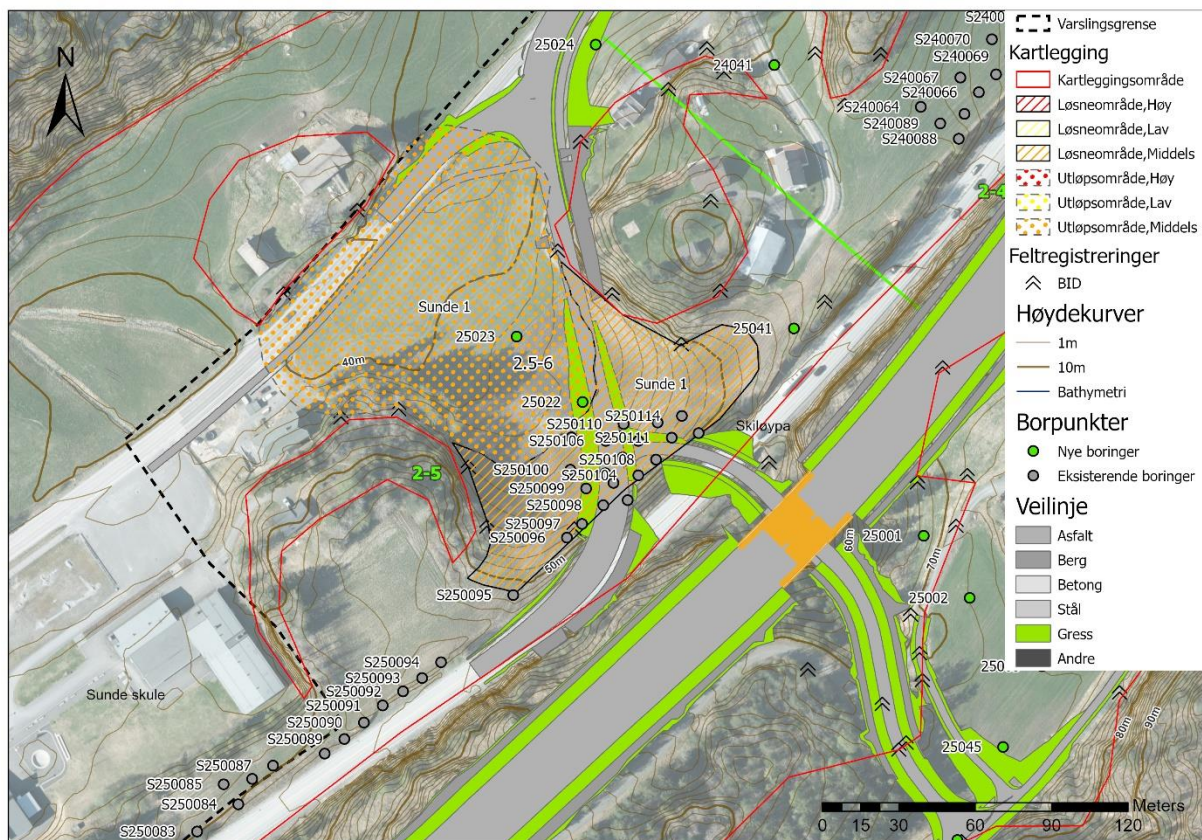
Figur 7-5: Historisk kart fra norgebilder.no. Sammenholdt med høydekurver ses antydning av berg under tynt dekke i terrenget.

7.3 Aktuelle skredmekanismer, avgrensning av faresoner

Aktuelle skredmekanismer er vurdert for hver snitt utfra Vedlegg 11, Tegning V2.5-6-G01, V2.5-6-H01 og V2.5-6-I01.

7.3.1 Snitt G-G

Opptegning av 1:15-linje indikerer at andel av kvikkleire over 1:15-linjen er over 40 %, jf. Vedlegg 11, Tegning V2.5-6-G01. Det vurderes derfor at eventuelt skred forventes å være retrogressivt. Løsneområdet antas å stoppe ved boring 25041, hvilket gir en løsnedistanse på omtrent 80 m. Utløp antas å skje i åpent terreng. Utløpsdistanse forventes da å bli maksimalt 120 m.



Figur 7-6: Opptegning av løsne- og utløpsområde for Sunde 1 faresone.

7.3.2 Snitt H-H

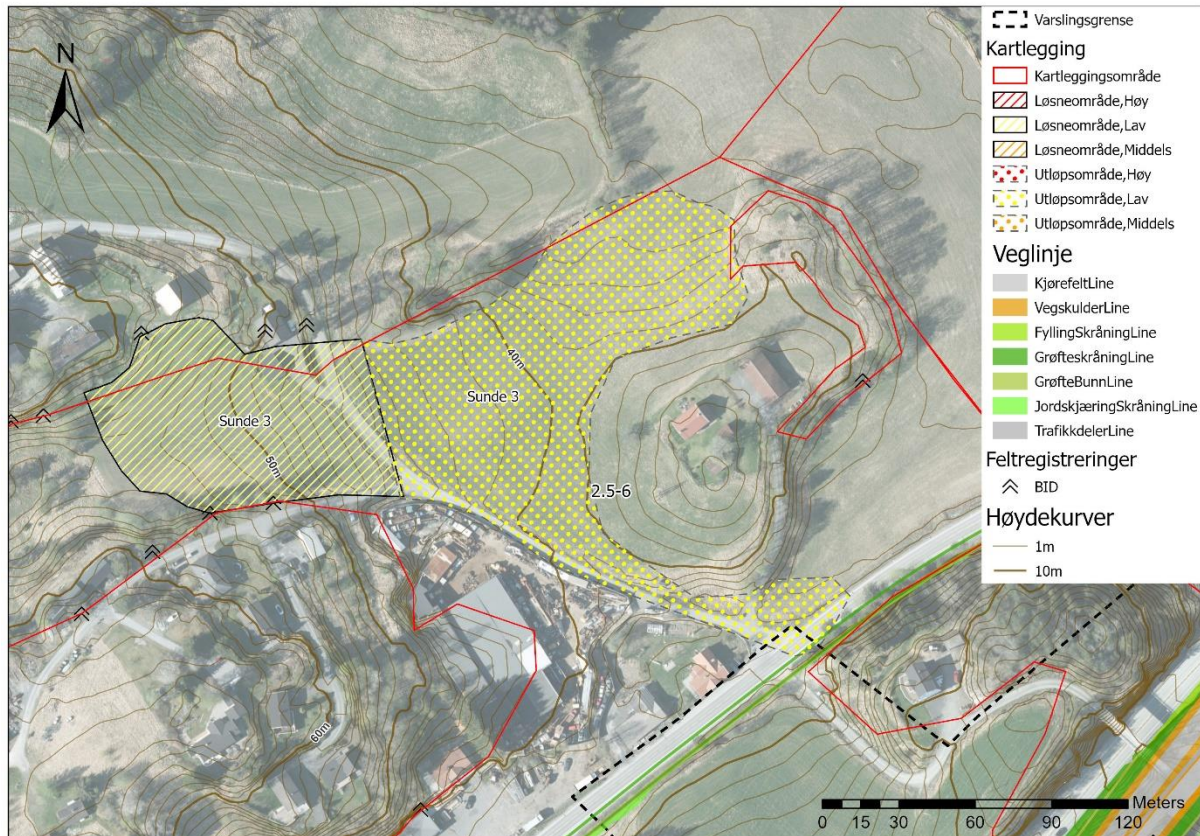
Opptegning av 1:15-linje indikerer at andel av kvikkleire over 1:15-linjen er over 40 %. Det vurderes derfor at eventuelt skred forventes å være retrogressivt. Løsneområdet antas å stoppe langs linje med antatt grunt berg, hvilket gir en løsnedistans på omtrent 80 m. Utløp antas å skje i åpent terreng. Utløpsdistans forventes da å bli maksimalt 120 m.



Figur 7-7: Opptegning av løsne- og utløpsområde for Sunde 2 faresone.

7.3.3 Snitt I-I

Opptegning av 1:15-linje indikerer at andel av kvikkleire over 1:15-linjen er over 40 %. Det vurderes derfor at eventuelt skred forventes å være retrogressivt. Løsneområdet avgrenses av berg i dagen og skråningstopp. Løsnedistanse antas da å bli omtrent 110 m. Løsneområdet vil gå ut i delvis åpent og kanalisert terreng. Antatt lengste utløpsdistanse er på mellom 155 m og 190 m.



Figur 7-8: Opptegning av løsne- og utløpsområde for Sunde 3 faresone.

7.4 Klassifisering av faresoner og sikkerhetskrav

Det er utført faregradsklassifisering av området, jf. Vedlegg 12, Skjema 2.5-6-1 til 2.5-6-3. Resultat av klassifiseringen ses i Tabell 7-1.

Tabell 7-1: Oversikt over faregrad, konsekvens og risiko for faresoner i område 2.5-6.

Sone	Faregrad	Konsekvens	Risikoklasse
Sunde 1	Middels	Mindre alvorlig	2
Sunde 2	Lav	Alvorlig	3
Sunde 3	Lav	Mindre alvorlig	2

Krav til sikkerhet og robusthet varierer for de tre faresonene.

7.4.1 Sunde 1 – Snitt G-G

Det planlagte tiltaket, sidevei mellom Gamle Sørlandske og eksisterende E18, ligger i løseområdet for mulig kvikkleireskred. Det må derfor utføres stabilitetsanalyser som dokumenterer sikkerhetsfaktor mot kvikkleireskred. Det forventes masseutskiftning til faste masser. Den permanente situasjonen er vurdert å forbedre sikkerheten i skråningen. Tiltaket er plassert i tiltakskategori K4. Krav til sikkerhet i K4 for en skråning som påvirkes av tiltakets influensområde, men forbedrer sikkerheten i permanent situasjon, er iht. NVE-veileder 1/2019:

- $F_{c\phi} = 1,25$ (Sikkerhetskrav)
- $F_{cu} = 1,40$ (Sikkerhetskrav – permanent situasjon forverrer ikke stabiliteten)

Det er krav til prosentvis forbedring hvis ikke sikkerhets- og/eller robusthetskrav overholdes.

7.4.2 Sunde 2 – Snitt H-H

Det planlagte tiltaket, ny GS-vei og utgravning til rehabilitering av eksisterende vei, ligger i løseområdet for mulig kvikkleireskred. Det må derfor utføres stabilitetsanalyser som dokumenterer sikkerhetsfaktor mot kvikkleireskred. Tiltaket er plassert i tiltakskategori K4. Krav til sikkerhet i K4 for en skråning som påvirkes av tiltakets influensområde, er iht. NVE-veileder 1/2019:

- $F_{c\phi} = 1,25$ (Sikkerhetskrav)
- $F_{cu} = 1,40 \cdot f_s = 1,61$ (Sikkerhetskrav – permanent situasjon kan forverre stabiliteten)

Det er krav til prosentvis forbedring hvis ikke sikkerhets- og/eller robusthetskrav overholdes.

7.4.3 Sunde 3 – Snitt I-I

Det planlagte tiltaket ligger i utløpsområdet for et mulig skred. Tiltakets influensområde vil ikke påvirke skråningen i løснеområdet. Tiltaket er plassert i tiltakskategori K4. Krav til sikkerhet i K4 for en skråning som ikke påvirkes av tiltakets influensområde, er i henhold til. NVE-veileder 1/2019:

- $F_{c\phi} = 1,25$ (Sikkerhetskrav)
- $F_{cu} = 1,20$ (Robusthetskrav)

Det er krav til prosentvis forbedring, hvis ikke sikkerhets- og/eller robusthetskrav overholdes.

7.5 Kritisk snitt og materialparametere

De kritiske snittene G-G til I-I jf. Vedlegg 11, Tegning V2.5-6-G01, V2.5-6-H01 og V2.5-6-I01, må vurderes både i udrenert og drenert tilfelle. Materialparametere vist i Tabell 5-2 er tolket basert på rutineforsøk og CPTu-forsøk i borepunkt 25021 (terrengkote +45,2) og 25023 (terrengkote +41,2), samt erfaringsverdier, jf. håndbok V220, ref. [9].

Det er ikke utført målinger av grunnvannsspeil i området, men det er i tolkning og beregninger antatt vannspeil plassert i overkant av leire.

De enaksiale trykkforsøkene viser deformasjoner på mellom 5,1-7,3 %. Det er dermed mindre indikasjoner på prøveforstyrrelser. Vanninnholdet i sprøbruddmateriale ligger på 26-60 %. Plastisitetsindeks er vurdert mindre enn 10 %.

Terrenget i skråningsfoten for alle tre snittene tilsvarer omtrent samme kotenivå på +41,2. Det vurderes som sannsynlig at marine avsetninger er avleiret likt i området og at materialegenskaper vurdert i 25023 tilsvarer egenskaper i skråningsfoten for alle tre snittene. Her indikerer CPTu-forsøk, jf. Vedlegg 10 Figur 2.5-6-2.7 og 2.5-6-3.7, samt ødometerforsøk i 4,5 m dypde, jf. Vedlegg 10 Figur 2.5-6-1, at OCR ligger mellom 3,2 og 2.

Likewise vurderes det at materialegenskaper for 25021 tilsvarer skråningstopp i de tre snittene. OCR er vurdert via CPTu-forsøk til å ligge på omtrent 1. Det vurderes derfor

at leiren i topp av skrånningene er normalkonsolidert. Tolket, udrenert styrkeprofil er vist på Vedlegg 10 Figur 2.5-6-2.5 og 2.5-6-3.5.

Skjærstyrkeprofil i veien i Snitt H-H er vurdert ved bruk av metoden gitt i Vedlegg 10, Avsnitt 4.3.4. POP er antatt 80 kPa og SHANSEP-parameterne er vurdert til $\alpha=0,25$ og $m=0,65$.

Drenerte parametere er vurdert på bakgrunn av CPTu-forsøk og NTNU-metoden. Tolkning av friksjonsvinkel er plassert konservativt slik at NTNU 1-3 alle ligger over tolkning. Valg av attraksjon er gjort som en middelvei av de tre tolkningene.

Tabell 7-2: Tolkede materialparametere for beregning i Snitt G-G til I-I.

Lag	Tyngdetetthet γ/γ' [kN/m ³]	Udrenert skjærfasthet c_{uA} [kPa]	Friksjonsvinkel φ [°]	Kohesjon c' [kPa]
Matjord	19,0/9,0	-	30	0
Siltig sand	19,0/9,0	-	35	0
Sprengstein	19,0/9,0	-	42	0
Leire, kvikk*	19,0/9,0**	c_{uA} -profil jf. Vedlegg 10 Figur 2.5-6-2.5 og 2.5-6-3.5	22***	3,8***
Morene	19,0/9,0	-	37	0

* A/D/P = 1,00/0,63/0,35, basert på $I_p < 10\%$ jf. ref. [10].
** Basert på vurdert middelvei i borepunkt 25021 og 25023.
*** Basert på minimumsverdi vurdert fra Vedlegg 10 Figur 2.5-6-2.6 og 2.5-6-3.6.

7.6 Stabilitetsvurderinger

Det er utført drenerte og udrenerte stabilitetsvurderinger for dagens situasjon i Snitt G-G, H-H og I-I. Tabell 7-3 viser sikkerhet i de tre snittene for dagens situasjon, utgravning for planlagt tiltak i Snitt H-H, samt permanent situasjon i Snitt G-G.

Drenerte beregninger viser at det i dagens situasjon er tilstrekkelig sikkerhet for alle tre snitt. I udrenert tilstand er sikkerheten i Snitt G-G mindre enn kravet på 1,4. Det vil være krav om at sikkerheten i Snitt G-G forbedres med omtrent 6 % i permanent situasjon.

Det er ikke mye rom for utgravning i Snitt G-G grunnet den relativt lave sikkerheten i udrenert situasjon. Det må i forbindelse med etableringen av veifylling gjøres tiltak som sikrer at stabiliteten ikke forverres i skrånningen. Mulig tiltak kan være etablering av spunt til faste masser/berg på oversiden av utgravningen. Det er funnet tilstrekkelig sikkerhet for utgravning, med helning på 1:2, for planlagt tiltak i Snitt H-H.

Udrenert beregning av permanent situasjon i Snitt G-G viser at masseutskiftning for veifylling til faste masser forventes å forbedre sikkerheten i skråningen med 11,3 %. Dermed er krav om 6 % forbedring ivaretatt. Permanent situasjon i Snitt H-H forventes lik eller bedre enn dagens situasjon.

Tabell 7-3: Oppnådd sikkerhet ved stabilitetsberegninger for dagens situasjon for Snitt G-G, H-H og I-I, samt utgravning for planlagt tiltak i Snitt H-H

Snitt	Situasjon	$F_{c\phi}$	F_{cu}	Tegning
G-G	Dagens	2,75	1,24	V2.5-6-G02 V2.5-6-G03
G-G	Permanent	-	1,38	V2.5-6-G04
H-H	Dagens	2,05	2,14	V2.5-6-H02 V2.5-6-H03
H-H	Utgravning for planlagt tiltak	1,29	1,67	V2.5-6-H04 V2.5-6-H05
I-I	Dagens	2,52	1,23	V2.5-6-I02 V2.5-6-I03

7.7 Konklusjon

Det er registrert tre kritiske skråninger i område 2.5-6. Helning på terreng tilsier at det kan være risiko for kvikkleireskred i skråningene. Det er tegnet opp løsne- og utløpsområder som treffer ny sidevei og Gamle Sørlandske, som forventes å oppleve ÅDT over 1500 etter åpning av ny E18.

Beregninger viser at sikkerheten for Snitt H-H og I-I er tilstrekkelig i alle situasjoner.

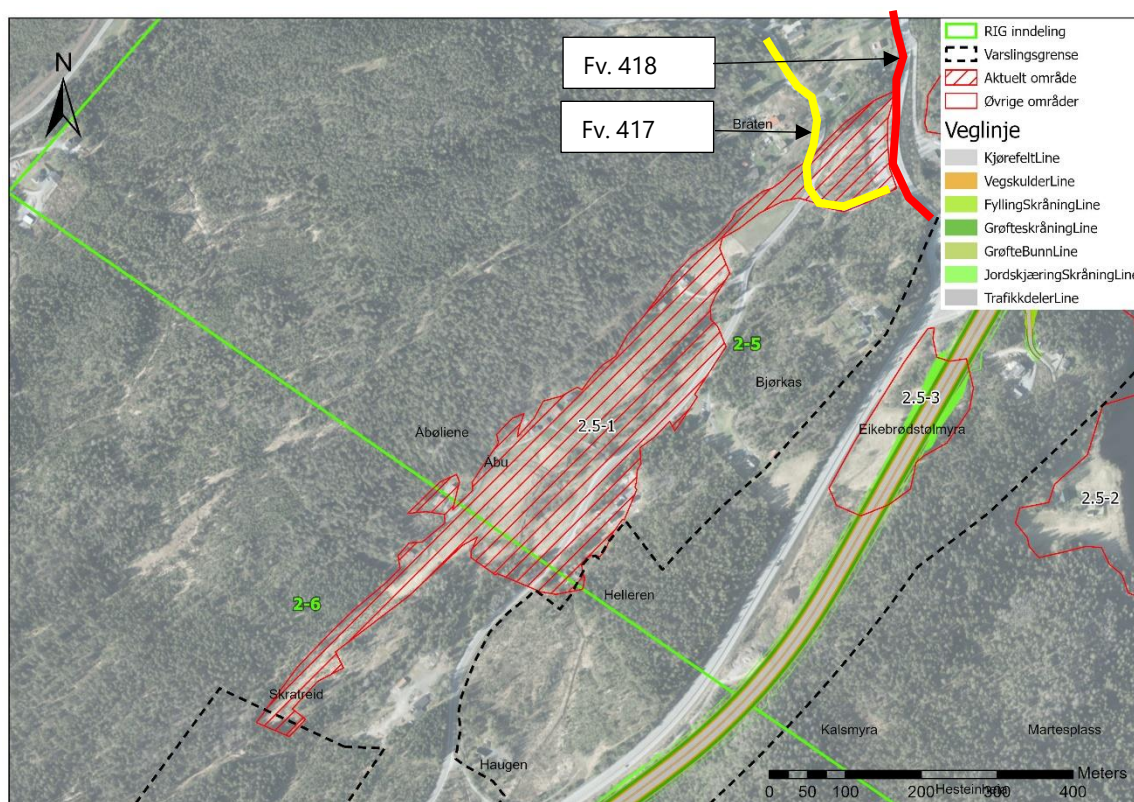
Udrenert beregning i Snitt G-G viser lavere sikkerhet enn krav på 1,4. Det er antatt masseutskiftning for ny veifylling. Masseutskiftning må skje slik at det ikke skjer forverring av stabiliteten i løsneområdet. Den lave sikkerheten i dagens situasjon krever en prosentvis forbedring av sikkerheten i permanent situasjon.

Masseutskiftning forbedrer stabiliteten med 11,3 %, som betyr at krav til sikkerhet er ivaretatt.

8 Område 2.5-1

8.1 Oversikt over området

Område 2.5-1 ligger nordøst for Brokelandsheia. Området ligger vest for eksisterende E18 og planlagt trasé for ny E18, jf. Figur 8-1. Det er ikke planlagt noen tiltak innenfor kartleggingsområdet. Mot nordøst ligger faresonen Sundebru 4 som er vurdert i Avsnitt 6.



Figur 8-1: Plassering av område 2.5-1. Områder markert med rød er kartleggingsområder som undersøkes i prosjektet.

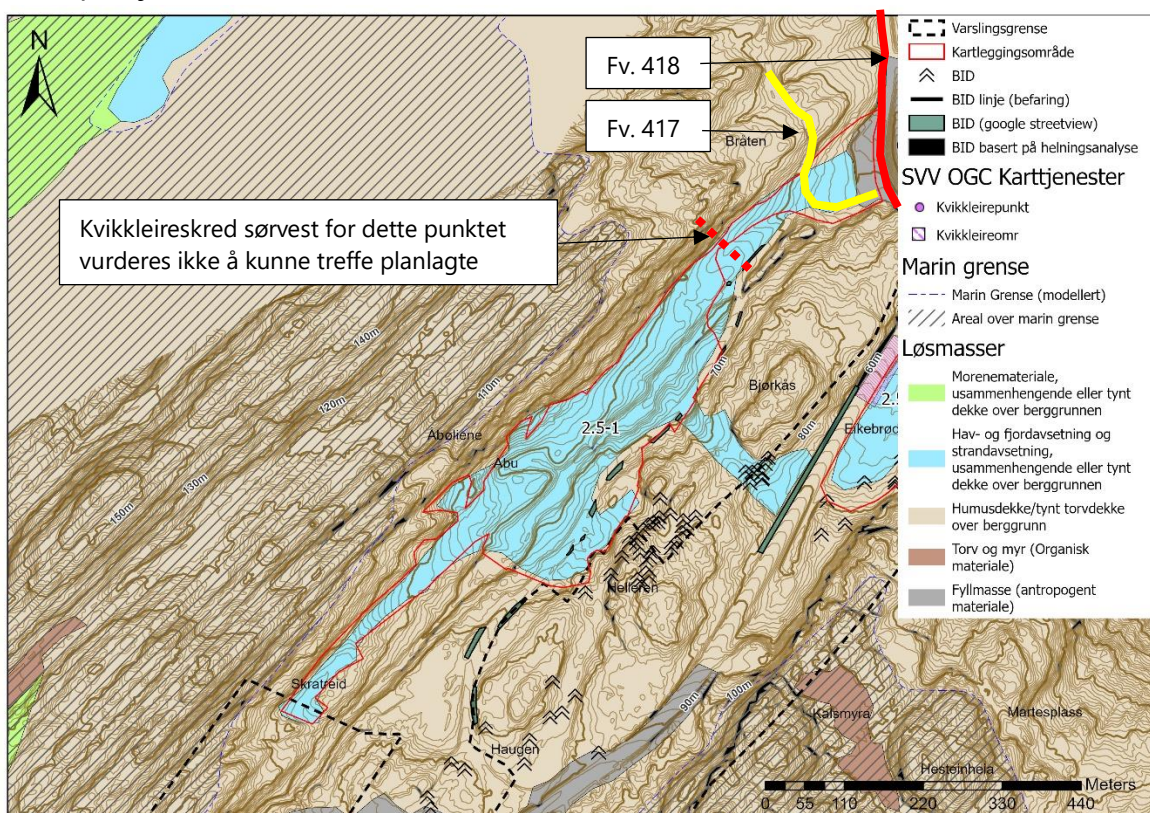
8.2 Terreng og grunnforhold

Området er avgrenset av berg i dagen, som man kan se i kvartærgeologisk kart i Figur 8-2. Dalen er tidligere beskrevet som en erosjonsdal i rapport I-167D, ref. [3]. I rapporten er det beskrevet at Fv. 418 må bygges ved masseutskiftning og massefortrengning til berg. Det er gjort lagvis utlegging/komprimering av steinmassene i fyllingen. En tidligere elv i området er lagt i rør under Fv. 418. Grunnundersøkelser fra I-167D indikerer grunt til berg i området mellom Fv. 418 og Fv. 417. Etter sammenligning mellom dagens terreng og terreng beskrevet i I-167D er

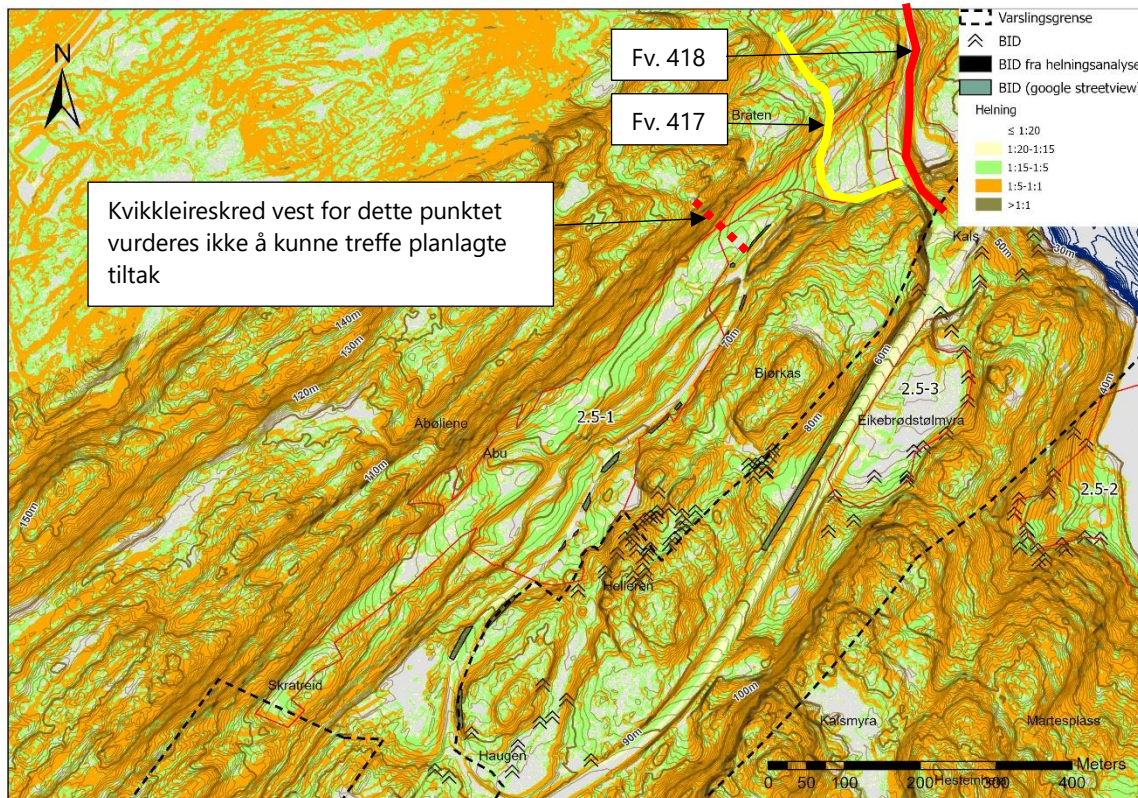
det vurdert at området mellom Fv. 418 og 417 er fylt opp med ukjente fyllmasser på grunt berg.

I området vest for Fv. 417 er det ikke utført grunnundersøkelser. Jf. helningskart i Figur 8-3 er helninger brattere enn 1:15 og skråningshøyder høyere enn 5 m, slik at området må vurderes videre.

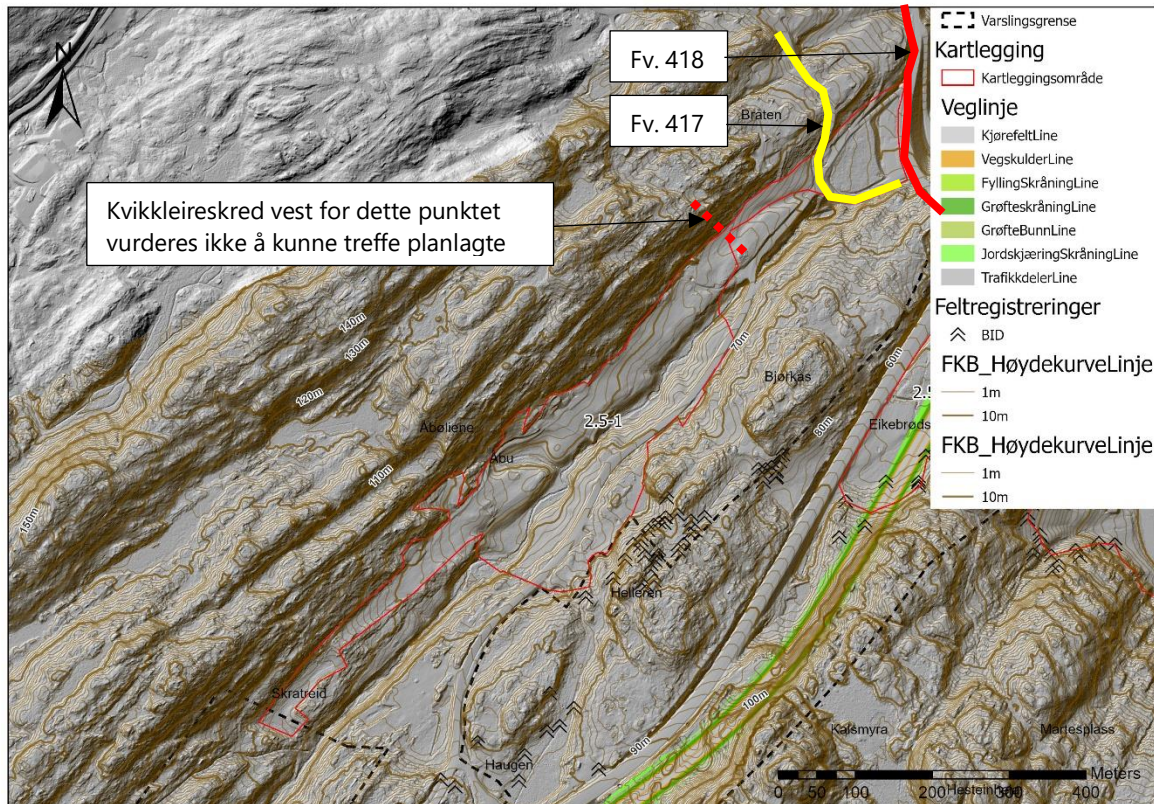
Mot sørvest er området avgrenset av fjell, jf. relieffkart i Figur 8-4, og det vurderes at kvikkleireskred ikke vil treffe planlagte tiltak. Området er derfor ikke vurdert videre i dette prosjektet.



Figur 8-2: Kvartærgeologisk kart fra NGU over område 2.5-1.



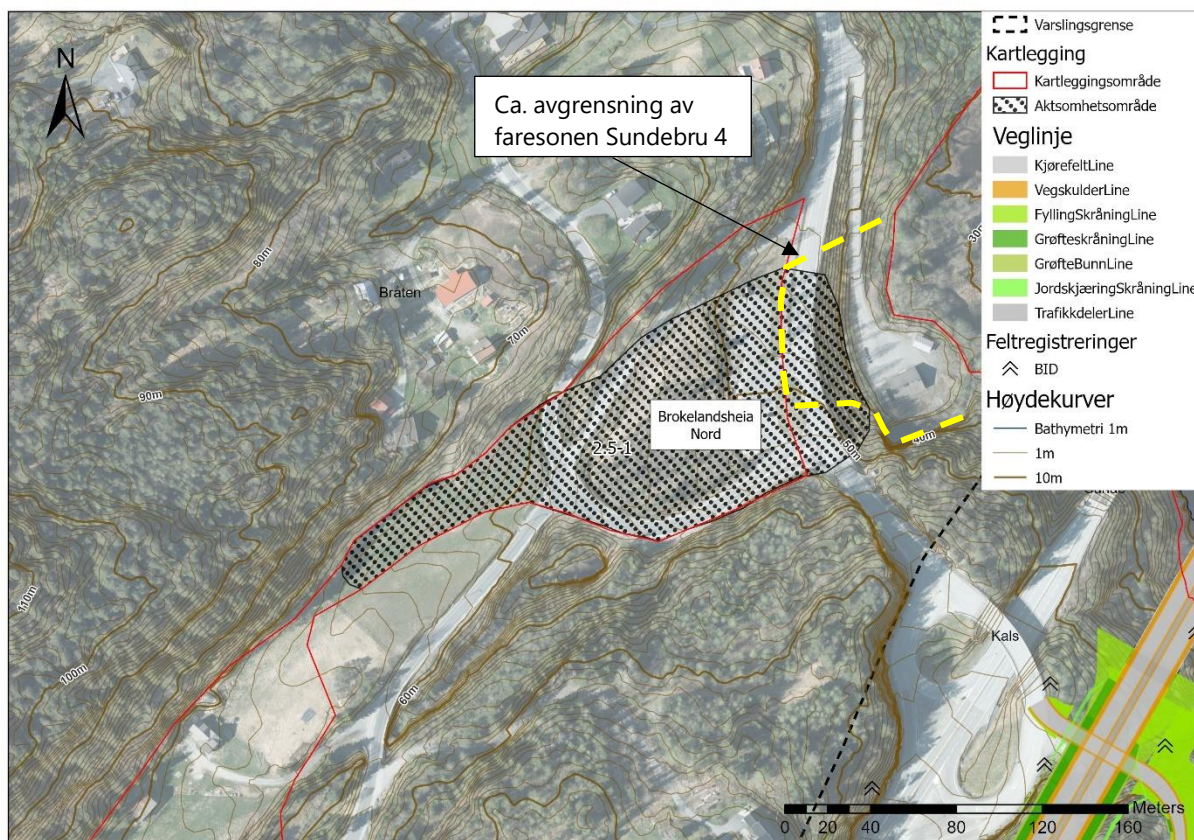
Figur 8-3: Helningskart basert på kartdata fra høydedata.no.



Figur 8-4: Relieffkart for område 2.5-1.

8.3 Avgrensning av aktsomhetsområde

Helningskartet i Figur 8-3 tilsier at det finnes et aktsomhetsområde i området rett vest for Fv. 417, som nevnt ovenfor. Vurdert aktsomhetsområde, basert på topografi og "berg i dagen"-observasjoner, er skissert i Figur 8-5. Løsneområdet er avgrenset i nord, vest og sør-vest mot oppstikkende berg observert på skyggerelieffkart og google street view, samt mot fyllmasser ved Fv. 417 i øst. Løsnedistanse er på omtrent 100 m. Utløp skjer i åpent terreng. Det vurderes at utløpsområdet er på 1,5 x løsnedistanse, hvilket gir en utløpsdistanse på 150 m. Opptegning viser at utløpssområdet er vurdert til å ikke kunne treffe planlagt tiltak. Aktsomhetsområdet treffer tidligere vurdert faresone, Sundebru 4, ved Fv. 418. Det vurderes at utløp likevel ikke vil føre til forverring av stabiliteten i den faresonen da det vurderte utløpet kun treffer området i faresonen hvor det er sprengsteinsfylling til berg/faste masser. Aktsomhetsområdet behandles derfor ikke videre i dette prosjektet.



Figur 8-5: Vurdert aktsomhetsområde, Brokelandsheia Nord, ved Sundebru.

9 Vedleggs- og tegningsliste

Vedlegg nr.	Type	Navn	Beskrivelse
10	Figur	1	Indikasjon på prøve kvalitet av treaksialforsøk iht. SVV V220 og Indikasjon på prøveforstyrrelse iht. NIFS 77/2014
10	Figur	2	Indikasjon på prøve kvalitet av ødometerforsøk iht. SVV V220 og Indikasjon på prøveforstyrrelse iht. NIFS 77/2014
10	Figur	2.4-1-1.1 – 1.3	Tolkning av ødometerforsøk, borepunkt 25038, 4,23, 6,15 og 10,22 m dybde
10	Figur	2.5-5-1.1-1.2	Tolkning av ødometerforsøk, borepunkt 25030, 2,4 m dybde og 3,43 m dybde
10	Figur	2.5-5-2.1	Tolkning av ϕ' og a fra treaksialforsøk, borepunkt 25030 og 25038
10	Figur	2.5-5-3.1-3.3	Tolkning av c_{uA} fra treaksialforsøk, borepunkt 25030 og 25038
10	Figur	2.5-5-4.1-4.7	Tolkning av CPTu-forsøk, borepunkt 25016
10	Figur	2.5-5-5.1-5.7	Tolkning av CPTu-forsøk, borepunkt 25017
10	Figur	2.5-5-6.1-6.7	Tolkning av CPTu-forsøk, borepunkt 25029
10	Figur	2.5-5-7.1-7.7	Tolkning av CPTu-forsøk, borepunkt 25030
10	Figur	2.5-5-8.1-8.7	Tolkning av CPTu-forsøk, borepunkt 25038
10	Figur	2.5-5-9	Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet - sammenstilling av resultater fra 25029, 25030 og 230 - 21V
10	Figur	2.5-5-10	Snitt og prøveserie i profil 230 fra I 167D-1
10	Figur	2.5-6-1	Tolkning av ødometerforsøk, borepunkt 25023, 4,5 m dybde
10	Figur	2.5-6-2.1-2.7	Tolkning av CPTu-forsøk, borepunkt 25021
10	Figur	2.5-6-3.1-3.7	Tolkning av CPTu-forsøk, borepunkt 25023
11	Tegning	V2.4-1-01	Plantegning område 2.4-1
11	Tegning	V2.4-1-A01	Snitt A-A område 2.4-1 Kritisk snitt, antatt lagdeling og vurdering av skredmekanisme
11	Tegning	V2.5-4-01	Plantegning område 2.5-4
		V2.5-4-E01	Snitt E-E område 2.5-4 Kritisk snitt, antatt lagdeling og vurdering av skredmekanisme
11	Tegning	V2.5-4-F01	Snitt F-F område 2.5-4 Kritisk snitt, antatt lagdeling og vurdering av skredmekanisme

VEDLEGG 5 TIL FAGRAPPORT GEOTEKNIKK - UTREDNING AV SIKKERHET MOT KVIKKLEIRESKRED –
OMRÅDE 2.4-1, 2.5-1 og 2.5-4 - 2.5-6, ØSTERHOLT OG SUNDEBRU

Vedlegg nr.	Type	Navn	Beskrivelse
11	Tegning	V2.5-4-F02	Snitt F-F område 2.5-4 Stabilitetsberegning Dagens situasjon, drenert beregning
11	Tegning	V2.5-4-F03	Snitt F-F område 2.5-4 Stabilitetsberegning Dagens situasjon, udrenert beregning
11	Tegning	V2.5-4-J01	Snitt J-J område 2.5-4 Kritisk snitt, antatt lagdeling og vurdering av skredmekanisme
11	Tegning	V2.5-5-A01	Plantegning område 2.5-5
11	Tegning	V2.5-5-A02	Snitt A-A område 2.5-5 Kritisk snitt, antatt lagdeling og vurdering av skredmekanisme
11	Tegning	V2.5-5-A03	Snitt A-A område 2.5-5 Stabilitetsberegning Dagens situasjon, drenert beregning
11	Tegning	V2.5-5-A04	Snitt A-A område 2.5-5 Stabilitetsberegning Dagens situasjon, udrenert beregning
11	Tegning	V2.5-5-A05	Snitt A-A område 2.5-5 Stabilitetsberegning Stabiliserende tiltak, drenert beregning
11	Tegning	V2.5-5-B01	Snitt A-A område 2.5-5 Stabilitetsberegning Stabiliserende tiltak, udrenert beregning
11	Tegning	V2.5-5-C01	Snitt B-B område 2.5-5 Kritisk snitt, antatt lagdeling og vurdering av skredmekanisme
11	Tegning	V2.5-5-C02	Snitt C-C område 2.5-5 Kritisk snitt, antatt lagdeling og vurdering av skredmekanisme
11	Tegning	V2.5-5-C03	Snitt C-C område 2.5-5 Stabilitetsberegning Dagens situasjon, drenert beregning
11	Tegning	V2.5-5-C04	Snitt C-C område 2.5-5 Stabilitetsberegning Dagens situasjon, udrenert beregning
11	Tegning	V2.5-5-D01	Snitt D-D område 2.5-5 Kritisk snitt og antatt lagdeling
11	Tegning	V2.5-5-D02	Snitt D-D område 2.5-5 Stabilitetsberegning Dagens situasjon, drenert beregning
11	Tegning	V2.5-5-D03	Snitt D-D område 2.5-5 Stabilitetsberegning Dagens situasjon, udrenert beregning
11	Tegning	V2.5-6-01	Plantegning område 2.5-5 Oversikt over kritisk snitt, tolkning av borepunkter
11	Tegning	V2.5-6-G01	Snitt G-G område 2.5-6 Kritisk snitt, antatt lagdeling og vurdering av skredmekanisme

VEDLEGG 5 TIL FAGRAPPORT GEOTEKNIKK - UTREDNING AV SIKKERHET MOT KVIKKLEIRESKRED –
OMRÅDE 2.4-1, 2.5-1 og 2.5-4 - 2.5-6, ØSTERHOLT OG SUNDEBRU

Vedlegg nr.	Type	Navn	Beskrivelse
11	Tegning	V2.5-6-G02	Snitt G-G område 2.5-6 Stabilitetsberegning Dagens situasjon, drenert beregning
11	Tegning	V2.5-6-G03	Snitt G-G område 2.5-6 Stabilitetsberegning Dagens situasjon, udrenert beregning
11	Tegning	V2.5-6-G04	Snitt G-G område 2.5-6 Stabilitetsberegning Permanent situasjon, udrenert beregning
11	Tegning	V2.5-6-H01	Snitt H-H område 2.5-6 Kritisk snitt, antatt lagdeling og vurdering av skredmekanisme
11	Tegning	V2.5-6-H02	Snitt H-H område 2.5-6 Stabilitetsberegning Dagens situasjon, drenert beregning
11	Tegning	V2.5-6-H03	Snitt H-H område 2.5-6 Stabilitetsberegning Dagens situasjon, udrenert beregning
11	Tegning	V2.5-6-H04	Snitt H-H område 2.5-6 Stabilitetsberegning Anleggssituasjon, stabiliserende tiltak, drenert beregning
11	Tegning	V2.5-6-H05	Snitt H-H område 2.5-6 Stabilitetsberegning Anleggssituasjon, stabiliserende tiltak, udrenert beregning
11	Tegning	V2.5-6-I01	Snitt I-I område 2.5-6 Kritisk snitt, antatt lagdeling og vurdering av skredmekanisme
11	Tegning	V2.5-6-I02	Snitt I-I område 2.5-6 Stabilitetsberegning Dagens situasjon, drenert beregning
11	Tegning	V2.5-6-I03	Snitt I-I område 2.5-6 Stabilitetsberegning Dagens situasjon, udrenert beregning
12	Skjema	2.4-1-1	Faregradsevaluering Faresone: Østerholt 1
12	Skjema	2.5-4-1	Faregradsevaluering Faresone: Bjørndalen
12	Skjema	2.5-5-1	Faregradsevaluering Faresone: Sundebru 3
12	Skjema	2.5-5-2	Faregradsevaluering Faresone: Sundebru 4
12	Skjema	2.5-5-3	Faregradsevaluering Faresone: Sundebru 5
12	Skjema	2.5-6-1	Faregradsevaluering Faresone: Sunde 1
12	Skjema	2.5-6-2	Faregradsevaluering Faresone: Sunde 2
12	Skjema	2.5-6-3	Faregradsevaluering Faresone: Sunde 3

10 Referanser

- [1] NVE, «Sikkerhet mot kvikkleireskred, Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper,» NVE, Veileder nr. 1/2019, ISSN. 1501-0678, 2019.
- [2] Statens Vegvesen, «E18 Østerholt - Brokelandsheia,» Statens Vegvesen, Oppdragsnr. I-167E, Rapport nr. 1, 1986.
- [3] Statens Vegvesen, «E18 Østerholt - Brokelandsheia, Tilknytning RV. 417 og RV. 418,» Statens Vegvesen, Oppdragsnr. I-167D, Rapport nr. 1, 1985.
- [4] COWI AS, «Datarapport - grunnundersøkelser,» Nye Veier, 2021.
- [5] NGI, «E18 Dørdal-Tvedestrand (25): 25720 - 26800 m,» Nye Veier, 2020.
- [6] NGI, «E18 Dørdal-Tvedestrand (26): 27000 - 27200 m,» Nye Veier, 2020.
- [7] COWI AS, «Geofysisk Innsamling på Vann,» COWI AS, Prosjektnr. A203403, 2021.
- [8] Norsk Geoteknisk Forening (NGF), «Veiledning for detektering av sprøbruddmateriale,» NGF, Melding nr. 12, ISBN 978-82-546-1003-9 , 2019.
- [9] Statens vegvesen, «Håndbok V220: Geoteknikk i vegbygging,» 2018.
- [10] NIFS, «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer,» NIFS, Rapport 14/2014, ISBN: 978-82-410-0962-4, 2014.