

Østfoldbanen

Ny avgrening Østre linje

Utredning av områdestabilitet

- ☒ Akseptert
- ☐ Akseptert m/kommentarer
- ☐ Ikke akseptert / kommentert
Revider og send inn på nytt
- ☐ Kun for informasjon

Sign:
Rajesh Narsinh Sharma, 10.05.2023
14:00:07

00A	Konsept/løsningsforslag	31.03.2023	SOHJ	JAJE	TTR
Revisjon	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
Tittel: Østfoldbanen (Ski) – (Sarpsborg) østre linje, Ny avgrening Østre linje Utredning av områdestabilitet		Antall sider:			
		155			
		Produsent:	NIRAS Norge AS		
		Erstatning for:	MIP-00-A-05417		
		Erstattet av:			
Prosjektnr. 900078 Parsell: 00 Planfase: Detaljplan		Dokument-/tegningsnummer: UNA-00-A-10021		Revisjon: 00A	
		FDV-dokument-/tegningsnummer: N/A		FDV-rev.: N/A	

SAMMENDRAG

Denne rapporten har til hensikt å vurdere områdestabilitet i relasjon til prosjekt «Ski Østre linje» i forbindelse med detaljplan. Prosjektet omhandler etablering av ny jernbanetrasé mellom Ski sentrum og Kråkstad. Som en del av prosjektet skal det i tillegg etableres flere konstruksjoner og veger. Formålet med rapporten er å identifisere og utrede faresoner med mulig konsekvens for de planlagte tiltakene. Rapporten omfatter vurderinger relatert til dagens situasjon, permanent fremtidig situasjon og i relevant omfang en vurdering ift. midlertidig anleggsfase.

Områdestabilitetsvurderingene som er presentert i denne rapporten er utført i henhold til NVE veileder 1/2019 [1] med tilhørende NVE ekstern rapport 9/2020 [2]. NVE veileder 1/2019 utdyper byggt teknisk forskrift (TEK § 7-3) [3] med tilhørende veiledning og NVE retningslinjer 2/2011 [4]. Ved å følge NVE veileder 1/2019 innfris i tillegg kravet i Plan og bygningsloven (PBL) vedrørende gjennomføring av skredfareutredning for kvikkleireskred.

Områdestabilitetsvurderingene gjelder i hovedsak tiltak i tiltakskategori K3 (ny jernbane).

Rapporten er bygget opp med grunnlag i Vedlegg 1 i NVE veileder 1/2019, der den anbefalte kapitteinndelingen er benyttet. Utredningen av områdeskredfare er utført fra steg 1 til 10 i henhold til prosedyren gitt i tabell 3.1 i NVE veileder 1/2019 [1]. Befaring og klassifisering av de ulike faresonene er utført i henhold til prosedyrer i NVE eksternrapport 9/2020 [2].

Utrede faresoner i denne rapporten klassifiserer fra lav til middels faregrad.

Nødvendige tiltak i prosjektet med tanke på områdestabilitet

- Erosjonssikring langs deler av Engsbekken og Kråkstadelva
- Det trenges ikke erosjonssikring langs Østensjøbekken
- Det er ikke behov for grunnstabilisering utenom det omfang som er planlagt med tanke på lokalstabilitet i permanent situasjon. Det er imidlertid relevant å benytte grunnstabilisering for å sikre områdestabilitet i anleggsfasen.
- Stabiliteten til planlagte tiltak (spor, veger, konstruksjoner, deponi, etc.) vil bli ivaretatt i henhold til krav om lokalstabilitet.

Kapittel 2 i nærværende dokument omfatter en større gjennomgang av relevant regelverk og en rekke begrepsdefinisjoner som det har vært nødvendig å tydeliggjøre for å sikre en omforent forståelse mellom prosjekterende, byggherre og uavhengig kontrollør.

I henhold til føringene gitt i NVE veileder 1/2019 prosedyre steg 11 har gjennomførte prosjektspesifikke grunnundersøkelser blitt opplastet til NADAG. Områdestabilitetsutredning og kartlagte faresoner har pr. 31.03.2023 ikke blitt innmeldt i NVE sin faresonedatabase. Utredning og faresoner vil bli opplastet når det foreligger kontrollrapport med godkjenning for gjennomført uavhengig kontroll.

REVISJONSHISTORIKK

Rev.	Prosjekt-fase	Beskrivelse av endring	Dato	Forfatter
00A	Teknisk detaljplan	Konsept/løsningsforslag	31.03.2023	SOHJ

INNHOOLD

SAMMENDRAG	2
REVISJONSHISTORIKK	3
1 INNLEDNING.....	7
2 REGELVERK OG KRAV FOR PLANLAGTE TILTAK	9
2.1 REGELVERK	9
2.2 KRAV TIL SIKKERHET OG KVALITETSSIKRING	9
2.2.1 <i>Krav til sikkerhet</i>	10
2.2.2 <i>Krav til kvalitetssikring</i>	13
2.3 VESENTLIGE DEFINISJONER, BEGREPER OG PRINSIPPER	14
2.3.1 <i>Bruk av begrepet «influensområde»</i>	14
2.3.2 <i>Prinsipper for avgrensning av «relevant del» av faresone</i>	15
2.3.3 <i>Begrepet «planlagt tiltak» og vurdering av forverring/ikke forverring</i>	17
3 GRUNNLAG	19
3.1 GRUNNLAGSDOKUMENTER	19
3.2 TOPOGRAFI	21
3.3 MARIN GRENSE	22
3.4 KVARTÆRGEOLOGI	22
3.5 GRUNN- OG PORETRYKKSFORHOLD	24
3.5.1 <i>Grunnforhold</i>	24
3.5.2 <i>Påviste forekomster av sprøbruddmateriale og kvikkleire</i>	27
3.5.3 <i>Poretrykksforhold</i>	29
3.6 IDENTIFIKASJON AV KRITISKE SKRÅNINGER OG MULIG LØSNEOMRÅDE	32
3.7 TIDLIGERE KARTLEGGING	32
3.8 OMRÅDEINDELING	33
4 DELOMRÅDE O1	35
4.1 IDENTIFISERING AV KRITISKE SKRÅNINGER OG AKTSOMHETSOMRÅDER.....	35
4.2 BEFARING	35
4.3 GRUNNUNDERSØKELSER	36
4.4 AKTUELLE SKREDMEKANISMER OG AVGRENSNING AV FARESONE	37
4.5 KONKLUSJON	37
5 DELOMRÅDE O2	38
5.1 IDENTIFIKASJON AV KRITISKE SKRÅNINGER OG AKTSOMHETSOMRÅDER	38
5.2 BEFARING	39
5.3 GRUNNUNDERSØKELSER	47
5.4 AKTUELLE SKREDMEKANISMER OG AVGRENSNING AV FARESONE	49
5.5 KLASSIFISERING AV FARESONE.....	51
5.5.1 <i>Faregradsklassifisering av faresone O2.01</i>	51
5.6 KRITISKE SNITT OG MATERIALPARAMETERE	53
5.7 STABILITETSVURDERINGER	54
5.8 STABILISERENDE TILTAK.....	55
5.9 KONKLUSJON	57
6 DELOMRÅDE O3	58
6.1 IDENTIFIKASJON AV KRITISKE SKRÅNINGER OG AKTSOMHETSOMRÅDER	58
6.2 BEFARING	58
6.3 GRUNNUNDERSØKELSER	59
6.4 AKTUELLE SKREDMEKANISMER OG AVGRENSNING AV FARESONE	60
6.4.1 <i>Faresone O3.06</i>	62
6.4.2 <i>Faresone O3.07</i>	62
6.5 KLASSIFISERING AV FARESONE.....	63
6.6 KRITISKE SNITT OG MATERIALPARAMETERE	63
6.7 STABILITETSVURDERINGER	63
6.8 STABILISERENDE TILTAK.....	63

6.9	KONKLUSJON	63
7	DELOMRÅDE O4	64
7.1	IDENTIFIKASJON AV KRITISKE SKRÅNINGER OG AKTSOMHETSOMRÅDER	64
7.2	BEFARING	64
7.3	GRUNNUNDERSØKELSER	72
7.4	AKTUELLE SKREDMEKANISMER OG AVGRENSNING AV FARESONE	74
7.4.1	<i>Faresone O4.01</i>	<i>74</i>
7.4.2	<i>Faresone O4.02</i>	<i>75</i>
7.5	KLASSIFISERING AV FARESONE	76
7.5.1	<i>Faregradsklassifisering av faresone O4.01</i>	<i>76</i>
7.5.2	<i>Faregradsklassifisering av faresone O4.02</i>	<i>77</i>
7.6	KRITISKE SNITT OG MATERIALPARAMETERE	79
7.7	STABILITETSVURDERINGER	83
7.7.1	<i>Lokalstabilitet innenfor O4</i>	<i>84</i>
7.8	STABILISERENDE TILTAK	85
7.9	KONKLUSJON	87
8	DELOMRÅDE O5	88
8.1	IDENTIFIKASJON AV KRITISKE SKRÅNINGER OG AKTSOMHETSOMRÅDER	88
8.2	BEFARING	89
8.3	GRUNNUNDERSØKELSER	106
8.4	AKTUELLE SKREDMEKANISMER OG AVGRENSNING AV FARESONE	107
8.4.1	<i>Faresone O5.01</i>	<i>108</i>
8.4.2	<i>Faresone O5.02</i>	<i>109</i>
8.4.3	<i>Faresone O5.04</i>	<i>110</i>
8.4.4	<i>Faresone O5.05</i>	<i>111</i>
8.4.5	<i>Faresone O5.06</i>	<i>111</i>
8.4.6	<i>Faresone O5.07</i>	<i>111</i>
8.5	KLASSIFISERING AV FARESONE	113
8.5.1	<i>Faregradsklassifisering av faresone O5.01</i>	<i>113</i>
8.5.2	<i>Faregradsklassifisering av faresone O5.02</i>	<i>114</i>
8.5.3	<i>Faregradsklassifisering av faresone O5.04</i>	<i>115</i>
8.5.4	<i>Faregradsklassifisering av faresone O5.05</i>	<i>116</i>
8.6	KRITISKE SNITT OG MATERIALPARAMETERE	117
8.7	STABILITETSVURDERINGER	121
8.8	STABILISERENDE TILTAK	124
8.9	KONKLUSJON	127
9	DELOMRÅDE O6	129
9.1	IDENTIFIKASJON AV KRITISKE SKRÅNINGER OG AKTSOMHETSOMRÅDER	129
9.2	BEFARING	130
9.3	GRUNNUNDERSØKELSER	130
9.4	AKTUELLE SKREDMEKANISMER OG AVGRENSNING AV FARESONE	131
9.4.1	<i>Skredmekanisme faresone O6.02</i>	<i>136</i>
9.4.2	<i>Skredmekanisme faresone O6.07</i>	<i>137</i>
9.4.3	<i>Skredmekanisme faresone O6.08</i>	<i>138</i>
9.4.4	<i>Skredmekanisme faresone O6.10</i>	<i>139</i>
9.4.5	<i>Skredmekanisme faresone O6.11</i>	<i>139</i>
9.5	KLASSIFISERING AV FARESONE	140
9.5.1	<i>Faregradsklassifisering av faresone O6.02</i>	<i>140</i>
9.5.2	<i>Faregradsklassifisering av faresone O6.07</i>	<i>142</i>
9.5.3	<i>Faregradsklassifisering av faresone O6.08</i>	<i>143</i>
9.5.4	<i>Faregradsklassifisering av faresone O6.10</i>	<i>144</i>
9.5.5	<i>Faregradsklassifisering av faresone O6.11</i>	<i>145</i>
9.6	KRITISKE SNITT OG MATERIALPARAMETERE	147
9.7	STABILITETSVURDERINGER	153
9.8	STABILISERENDE TILTAK	153
9.9	VIDERE ARBEID	153
9.10	KONKLUSJON	154

10 REFERANSER 155

VEDLEGG (UNA-00-A-10074)

VEDLEGG A (Plan og profil m. kritiske snitt).....A1-A11

VEDLEGG B (SuA-profil, CPTu m. labdata og NIFS tolkning).....B1-B266

VEDLEGG C (Stabilitetsberegninger kritiske snitt).....C1-C67

VEDLEGG D (Tabell m. sprøbrudd/ikke sprøbrudd og begrunnelse).....D1-D11

VEDLEGG E (Oversiktskart over midlertidige tiltak).....E1-E5

VEDLEGG F (Tolkning av sprøbruddmateriale i profil).....F1-F2

1 INNLEDNING

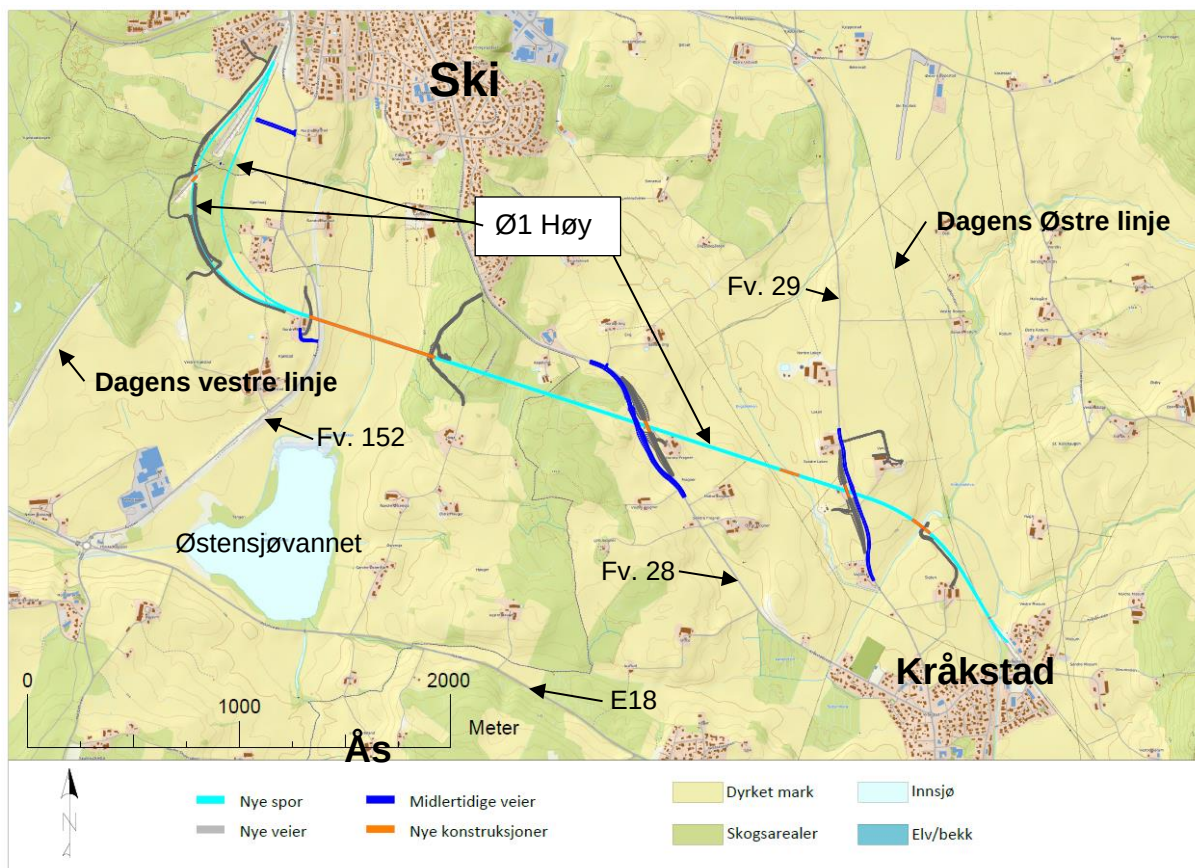
Denne rapporten inneholder områdestabilitetsvurderinger for etablering av ny avgrening Østre linje i området mellom Ski og Kråkstad. I forbindelse med etablering av ny trasé for Østre linje vil det bli etablert et større antall bru- og kulvertkonstruksjoner for kryssing av veg, bekk- og elveløp. Plassering av den nye avgreningen til Østre linje fremgår i Figur 1.1, mens plassering av de nye vegene og konstruksjonene fremgår i Figur 1.2. Ny Østre linje vil bli etablert med dobbeltspor.

Utredningen er utført i forbindelse med teknisk detaljplan for Bane NORs prosjekt «Ski ny avgrening Østre linje». Formålet med rapporten er å identifisere og utrede faresoner med mulig konsekvens for de planlagte tiltakene. Rapporten omfatter vurderinger relatert til dagens situasjon, permanent fremtidig situasjon og i relevant omfang en vurdering ift. midlertidig anleggsfase.

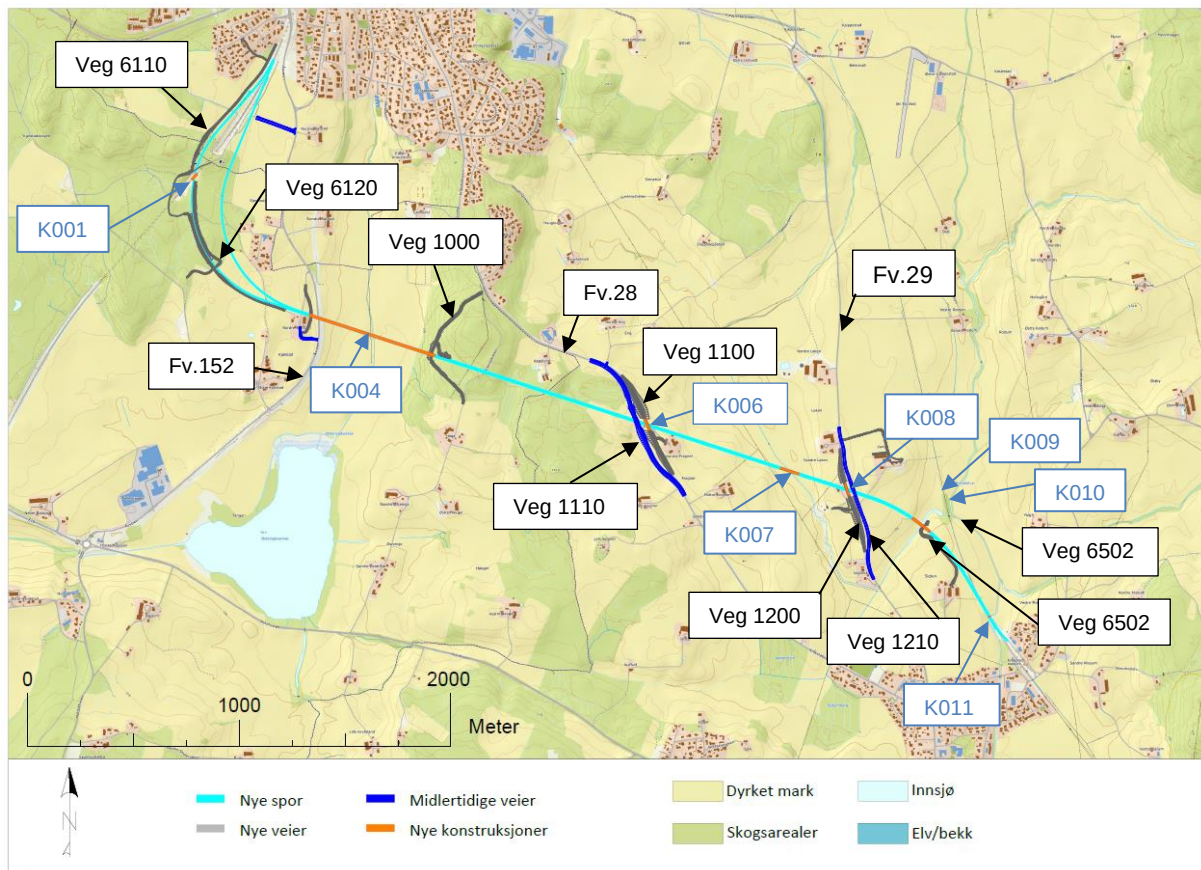
Områdestabilitetsvurderingene som presenteres i denne rapporten er utført for tiltak i tiltakskategori K3 (ny jernbane) samt enkelte tiltak i lavere tiltakskategori (K0-K2) i henhold til prosedyren for utredning av aktsomhetsområder og faresoner beskrevet i NVE veileder 1/2019 [1] og Bane NORs Tekniske regelverk kap. 8.5 [5].

Utredningen av områdeskredfare er utført fra steg 1 til 10 i henhold til prosedyren gitt i tabell 3.1 i NVE veileder 1/2019 [1]. Befaring og klassifisering av de ulike faresoner er utført i henhold til føringer gitt i NVE eksternrapport 9/2020 [2].

Rapporten følger kapitteinndelingen gitt i vedlegg 1 til NVE veileder 1/2019 [1].



Figur 1.1 Utsnitt av planområdet med plassering av de planlagte tiltaket Ø1 Høy.



Figur 1.2 Oversikt over de ulike vegene (Veg xxxx) som skal krysse over/under Østre linje, samt konstruksjonene (K0xx) som skal etableres.

Følgende fagrapporter utgjør sammen med denne rapporten de geotekniske forutsetninger og vurderinger for dette prosjektet på detaljplannivå:

- Geoteknisk prosjektforutsetninger, UNA-00-A-10025, Teknisk detaljplan [6]
- Geoteknisk vurderingsrapport, UNA-00-A-10024, Teknisk detaljplan [7]

For å bedre kunne vurdere områdestabiliteten er det vesentlig å se gjøre seg bekjent med de planlagte tiltakene. Vesentlige tiltak med tanke på områdestabilitet er skjæringer og fyllinger, men også etablering av konstruksjoner og kalksementpeler kan medføre midlertidige situasjoner med fare for redusert områdestabilitet. For en nærmere beskrivelse av de planlagte tiltakene vises det til kap. 1.2 i geotekniske prosjektforutsetninger [6].

2 REGELVERK OG KRAV FOR PLANLAGTE TILTAK

2.1 Regelverk

Områdestabilitetsvurderingene som presenteres i denne rapporten er utført i henhold NVE veileder 1/2019 [1] og tilhørende NVE ekstern rapport 9/2020 [2]. Veilederen utdyper byggt teknisk forskrift (TEK § 7-3) med tilhørende veiledning og NVE retningslinjer 2/2011 [3] [4]. NVE veileder 1/2019 [1] gjelder som veileder til TEK17, som er teknisk forskrift til Plan & Bygningslovens (PBL) § 28-1: «Krav til byggetomta og ubebyggt areal». Ved å følge NVE veileder 1/2019 [1] innfris kravet i PBL vedrørende gjennomføring av skredfareutredning for kvikkleireskred.

2.2 Krav til sikkerhet og kvalitetssikring

Krav til sikkerhet i områdestabilitetsberegninger avhenger av valgt tiltakskategori i henhold NVE veileder 1/2019 [1]. Tiltakskategorien (TEK § 7-3) fastsettes ut fra konsekvens for tiltaket ved skred. Avhengig av tiltakskategori vil også krav til kvalitetssikring variere. Veilederen viser til at valg av tiltakskategori for bane skal ses sammen med aktørens regelverk. I dette tilfelle Bane NORs Tekniske regelverk.

I henhold til Bane NOR sitt Tekniske regelverk kapittel 8.5 (TRV:08110) [5] skal utbygging av ny jernbane utenfor stasjonsområder plasseres i tiltakskategori K3. Se Figur 2.2. Iht. avklaring med Bane NOR plasseres tekniske hus for jernbane under tiltakskategori K1. Utenom etablering av jernbane omfatter prosjektet også etablering av deponi. I henhold til tabell 3.2 i NVE veileder 1/2019 [1] bør massedeponier plasseres i tiltakskategori K2. Private og kommunale veger kan plasseres i tiltakskategori K1. Deler av de midlertidige tiltak i forbindelse med anleggsarbeidene kan trolig plasseres under tiltakskategori K0 og K1. Presis hvilke midlertidige tiltak som plasseres inn under hvilke tiltakskategorier må fastlegges videre frem i prosjektet. Beskrivelse av forutsetninger for valg av de ulike tiltakskategorier K0-K3 fremgår av Figur 2.1.

Tiltaks-kategori	Type tiltak
K0	Små tiltak som medfører svært begrensede terrenginngrep. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer Garasjer, naust, tilbygg/påbygg til eksisterende bebyggelse, frittstående uthus, redskapsbod, landbruk- og skogsveger
K1	Tiltak av begrenset størrelse. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer Mindre driftsbygninger i landbruket, lagerbygg av begrenset verdi, <u>lokale VA-anlegg, private og kommunale veger</u> , mindre parkeringsanlegg og trafiksikkerhetstiltak (G/S-veg, midtdeler)
K2	Tiltak som kun innebærer terrengendring; utgraving, opp- og utfylling og masseflytting <u>Massedeponier</u> , komposteringsanlegg, <u>bakkeplanering/nydyrking</u> , massetak, andre massefyllinger
K3	Tiltak som medfører tilflytting av personer med inntil to boenheter, større byggverk med begrenset personopphold eller tiltak med stor verdi Bolighus/fritidsbolig med inntil to boenheter, større driftsbygninger i landbruket, lagerbygg med større verdi, mindre nærings- og industribygg, mindre utendørs publikumsanlegg, større VA-anlegg

Figur 2.1 Tiltakskategori K0-K3 i henhold til NVEs veileder 1/2019 med eksempler på type tiltak [1].

8.5 Områdestabilitet i kvikkleireområder

TRV:08107

a) Ved jernbanetiltak i områder med kvikkleire skal områdestabiliteten utredes etter retningslinjer gitt i NVEs veileder Nr. 1/2019 «Sikkerhet mot kvikkleireskred». Den lokale stabiliteten ved tiltaket skal prosjekteres med absolutte krav til partialkoeffisient i samsvar med TRV:01975 og etter øvrige krav i Teknisk regelverk og norske standarder, herunder Eurokoden.

1. Utførelse: NVE 1/2019 nevner fem tiltakskategorier, K0 til K4, og angir at tiltakskategori (se også TEK17 §7-3) skal fastsettes ut fra konsekvens for tiltaket ved skred. NVE 1/2019 sine eksempler på tiltakskategori for ulike tiltak er veiledende også i jernbaneprosjekter
2. Utførelse: Fastsettelse av tiltakskategori skal alltid begrunnes.

TRV:08110

b) For jernbanetiltak gis følgende anbefalinger utover det som er gitt i NVEs veileder Nr. 1/2019 «Sikkerhet mot kvikkleireskred»:

1. Nye stasjoner, plattformer og godsterminaler bør plasseres i tiltakskategori K4
2. Ny utbygging generelt utenfor stasjonsområder bør plasseres i tiltakskategori K3 eller etter særskilt vurdering høyere.

Relevant krav

Som støtte for valg av tiltakskategori utover kravene som er gitt ovenfor gis noen eksempler, men vurdering av de lokale forholdene kan tilsa at det er fornuftig å velge andre (gjør høyere) kategorier. (Eksempelene er ikke uttømmende).

- Etablering av mastefundamenter langs eksisterende spor foreslås plassert i tiltakskategori K1
- Forlengelse av eksisterende plattformer og etablering av kulverter under spor i eksisterende jernbanefyllinger foreslås plassert i tiltakskategori K2
- Følgende tiltak foreslås plassert i tiltakskategori K3: Forlengelse eller nyetablering av kryssingsspor langs eksisterende jernbane. Utvidelse av eksisterende stasjoner i sammenheng med økt trafikkmengde. Etablering av hensettingsområder

Figur 2.2 Utklipp av Bane NORs Tekniske regelverk kapittel 8.5 (TRV:08110) [5] som omhandler valg av tiltakskategori

2.2.1 Krav til sikkerhet

Krav til sikkerhet for de ulike tiltakskategorier K0-K3 gjengis iht. NVE veileder 1/2019 [1] kapittel 3.3.

For tiltak i tiltakskategori K0 er krav til sikkerhet som følger:

- For tiltak som forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ og $F_{\phi p} \geq 1,25$, hvor f_s er sprøhetsforholdet som korrigerer sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene.
- For tiltak som ikke forverrer stabiliteten oppfylles krav til sikkerhet.
- Hvis tiltaket kan gjennomføres iht. føringene gitt i vedlegg 2 til NVE veileder 1/2019 [1] er det ikke krav om å innhente vurdering fra geotekniker utenom i de tilfeller hvor vedlegg 2 eksplisitt viser til at det er krav.
- Det er ikke krav til soneutredning eller erosjonssikring.
- Kvalitetssikring av eventuelle geotekniske vurderinger kan gjennomføres internt (egenkontroll og sidemannskontroll).

For tiltak i tiltakskategori K1 er krav til sikkerhet som følger:

- For tiltak som forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$, hvor f_s er sprøhetsforholdet som korrigerer sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene.
- For tiltak som ikke forverrer stabiliteten oppfylles krav til sikkerhet.
- Erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket må forebygges
- Kvalitetssikring kan gjennomføres internt (egenkontroll og sidemannskontroll)

For tiltak i tiltakskategori K2 er krav til sikkerhet som følger:

- For tiltak som forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$, hvor f_s er sprøhetsforholdet som korrigerer sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene.
- For tiltak som ikke forverrer stabiliteten oppfylles krav til sikkerhet.
- Det er ikke krav til soneutredning eller erosjonssikring
- Kvalitetssikring kan gjennomføres internt (egenkontroll og sidemannskontroll)

For tiltak i tiltakskategori K3 er krav til sikkerhet som følger:

- For tiltak som forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$, hvor f_s er sprøhetsforholdet som korrigerer sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene.
 - For tiltak som ikke forverrer stabiliteten er kravet til sikkerhet $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$. Ved lavere sikkerhet må F_{cu} og $F_{c\phi}$ økes prosentvis i henhold til Tabell 2.1 og Figur 2.3.
 - For skråninger i faresonen som ligger utenfor influensområdet til tiltaket, gjelder krav til sikkerhet $F_{c\phi} \geq 1,25$ og krav til robusthet $F_{cu} \geq 1,20$. Ved lavere sikkerhet må F_{cu} og $F_{c\phi}$ økes prosentvis i henhold til Tabell 2.1 og Figur 2.3. Viser også til prinsipp gjengitt i NVE veileder 1/2019 [1] figur 3.5.
 - For tiltak i tiltakskategori K3 ved lav faregrad gjelder kravene til sikkerhet lik som for tiltakskategori K1. Se nærmere beskrivelse av krav til sikkerhet og kontroll på neste side.
 - Erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket må forebygges
 - Det er krav om kontroll ved uavhengig foretak
-

For tiltak i tiltakskategori K1 (iht. reglene for K3 ved lav faregrad) er krav til sikkerhet som følger:

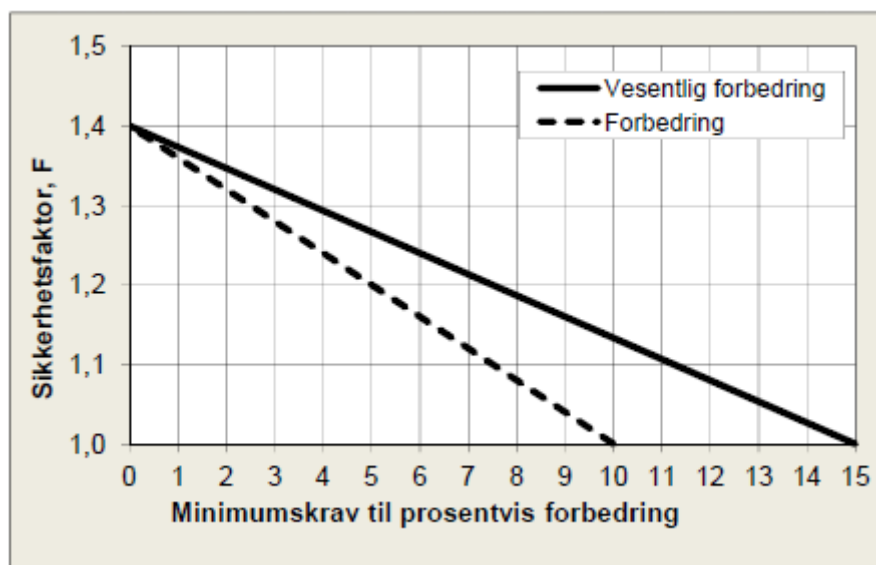
- All erosjon som kan utløse skred som kan ramme planlagte tiltak må forebygges.
- For tiltak som forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot fs$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$, hvor fs er sprøhetsforholdet som korrigerer sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene.
- For tiltak som ikke forverrer stabiliteten er krav til sikkerhet oppfylt.
- Kvalitetssikring gjennomføres av uavhengig foretak (tilsvarende som for K3).

Det anvendes i alle ovenstående tilfeller (K0-K3) sprøhetsforhold $fs=1,15$.

Det bemerkes, at metodene med prosentvis forbedring og vesentlig prosentvis forbedring bare kan benyttes dersom det gjøres topografiske endringer og/eller benyttes lette masser. Dersom det benyttes grunnforsterkning (f.eks. kalksementstabilisering) for å bedre stabilitetsforholdet må en oppnå beregningsmessig sikkerhetsfaktor på $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$ etter at sikringstiltaket er utført (se kapittel 6.2.3 i NVE veileder 1/2019 [1]).

Tabell 2.1 Krav til forbedring av sikkerhet for tiltakskategori K3 i henhold til NVEs veileder 1/2019 [1].

Tiltakskategori	Lav faregrad	Middels faregrad	Høy faregrad
K3	Ikke forverring	Forbedring	



Figur 2.3 Krav til prosentvis forbedring ved topografiske endringer eller bruk av lette masser i henhold til NVEs veileder 1/2019 [1].

2.2.2 Krav til kvalitetssikring

For tiltak i tiltakskategori K3 forutsettes i henhold til NVE veileder 1/2019 [1] at utredningen må kvalitetssikres av uavhengig foretak. I henhold til veilederens kap. 5.3 gis følgende anbefalinger rundt prinsippene for den uavhengige kontroll:

Hovedformålet med den uavhengige kvalitetssikringen er å kontrollere at følgende utredninger er i samsvar med veilederen og har tilstrekkelig kvalitet:

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

Utført kvalitetssikring må beskrives og dokumenteres av det uavhengige foretaket som utfører kvalitetssikringen.

Den prosjekterende (NIRAS Norge AS) har ansvar for å følge opp innspill fra den uavhengige kvalitetssikringen og står ansvarlig for det endelige produktet.

2.3 Vesentlige definisjoner, begreper og prinsipper

I forbindelse med utarbeidelsen av nærværende områdestabilitetsutredning har det fortløpende vært behov for diskusjoner med bl.a. uavhengig kontrollør (Norconsult), oppdragsgiver (Bane NOR) og NVE for å sikre en tilnærmet omforent forståelse av ulike deler av NVE veileder 1/2019 [1]. Følgende delkapitler har til hensikt å kortfattet redegjøre for NIRAS sin bruk av en rekke vesentlige definisjoner, begreper og prinsipper som benyttes videre gjennom rapporten.

2.3.1 Bruk av begrepet «influensområde»

NVE veileder 1/2019 [1] som utkom i 2020 introduserte begrepet «influensområde». Begrepet omtales først i kapittel 3.3.6 og beskrives/defineres etter hvert i mer detalj i kapittel 3.3.7. I det følgende er gjengitt vesentlige deler av de to kapitler.

Tekstbit fra NVE veileder 1/2019 [1] kapittel 3.3.6:

«For skråninger i faresonen som ligger utenfor influensområdet til tiltaket, gjelder krav til sikkerhet $F_{c\phi} \geq 1.25$, samt krav til robusthet $F_{cu} \geq 1.20$. Ved lavere sikkerhet og/eller robusthet skal $F_{c\phi}$ og F_{cu} økes prosentvis iht. Tabell 3.3 og Figur 3.3. Kriteriene for hva som kan regnes som skråninger utenfor influensområdet til tiltaket fremgår av kap. 3.3.7.»

Tekstbit fra NVE veileder 1/2019 [1] kapittel 3.3.7:

«Kravene til sikkerhet kan differensieres avhengig av hvor tiltaket ligger i faresonen. Bakgrunnen for at veilederen åpner for denne differensieringen er arbeidet som ble gjort i forbindelse med NIFS rapport 15/2016 (22). Rapporten anbefaler at en skråning vurderes som upåvirket av tiltaket så lenge det ikke bygges i eller nært skråningen, det vil si at skråningen ligger utenfor influensområdet til tiltaket. Skråningens sikkerhet kan da vurderes på grunnlag av langtidsstabilitet, samt robusthet mot mindre uforutsette spenningsendringer. Hvis tiltaket ligger i skråningen eller nær skåningstopp, kan ikke dette prinsippet benyttes.»

Det vil i denne rapport bli lagt til grunn at ethvert tiltak som etableres i skråningen i en faresone eller nærmere enn $2xH$ bakom skråningstopp innenfor faresonen helhetlig utelukker muligheten til å benytte seg av de «lempeligere» robusthetskravene gjeldende for skråninger utenfor influensområdet til planlagte tiltak. I praksis medfører dette, at såfremt et planlagt K3-tiltak krysser gjennom en skråning i en faresone med middels eller høy faregrad må det dokumenteres tilstrekkelig stabilitet iht. $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ (ved forverring), $F_{cu} \geq 1,40$ (ved ikke-forverring) eller tilstrekkelig sikkerhet iht. reglene for prosentvis forbedring. Viser til samlet gjennomgang av de ulike stabilitetskrav i kapittel 2.2.1.

Iht. kapittel 4.8 i NVE veileder 1/2019 [1] kan dokumentasjon av stabilitet begrenses til å omfatte de deler av en faresone som kan ha konsekvens for planlagte tiltak. Viser til nærmere beskrivelse i påfølgende kapittel 2.3.2.

2.3.2 Prinsipper for avgrensning av «relevant del» av faresone

Tekstbit fra NVE veileder 1/2019 [1] kapittel 4.8:

«Når tiltaket ligger i en registrert faresone (løsne- eller utløpsområde), må geotekniker vurdere hvilke deler av faresonen som kan utgjøre en fare for tiltaket. Dersom det kan dokumenteres at skred som utløses andre steder i faresonen ikke kan medføre konsekvenser for det aktuelle tiltaket, holder det å dokumentere tilstrekkelig sikkerhet for den delen av faresonen som er relevant for tiltaket.»

Tekstbit fra NVE veileder 1/2019 [1] kapittel 4.5.2:

«For å estimere sideveis utbredelse av et skred er det anbefalt å gjøre en samlet vurdering av terreng- og grunnforhold. Ved homogene forhold langs vassdrag/sjø kan dette medføre svært brede faresoner. I teorien er utbredelsen ubegrenset for en uendelig lang skråning med jevn topografi og homogene grunnforhold. I praksis vil sideveis utbredelse stoppe opp pga. topografiske begrensninger, som f.eks. raviner, lavere skråningshøyde, overgang til slakere terreng. Likedan kan begrenset utstrekning av kvikkleire, varierende sensitivitet, endret lagdeling, berg i dagen og menneskelige inngrep stoppe videre utvikling av skred.»

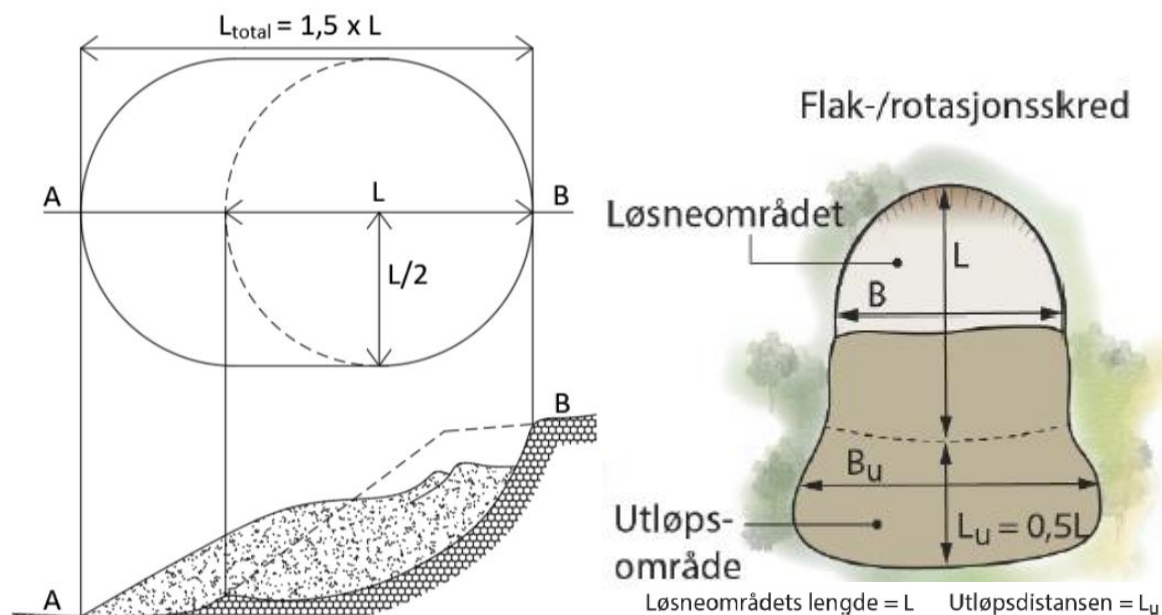
I denne rapport vil maksimal bakovergripende skredutbredelse bli vurdert iht. føringene gitt i NVE veileder 1/2019 [1] kapittel 4.5. Avgjørende faktorer for å fastlegge aktuell skredmekanisme og påfølgende maksimal bakovergripende skredutbredelse er omrørt skjærfasthet, andel sprøbruddmateriale innenfor kritisk bruddfigur og sprøbruddmaterialets geometriske plassering/utstrekning innover/oppover i skråningen.

For fastlagt retrogressiv skredmekanisme vil det i utgangspunktet bli forutsatt potensial til ubegrenset utstrekning av sideveis skredutbredelse innenfor faresonen. Etter hvert vil maksimal sideveis skredutbredelse bli forsøkt avgrenset ut ifra topografiske begrensninger (raviner, lavere skråningshøyde, slakere terreng) og/eller endringer i grunnforhold (påvist ikke sprøbruddmateriale, endret lagdeling, endret sensitivitet, berg i dagen).

Det bemerkes at avgrensningskriteriene som nevnes for retrogressiv skredmekanisme typisk vil resultere i en oppdeling av enkelte store løsneområder til et større antall mindre løsneområder. Forutsetningen for oppdelingen vil være, at et initialskred i ethvert punkt innenfor hver av de mindre løsneområder vil kunne medføre et helhetlig skred innenfor det aktuelle løsneområde, men samtidig at et sådant helhetlig skred innenfor det enkelte løsneområde ikke vil kunne spre seg videre til de øvrige løsneområder.

For rotasjonsskred som fastlagt skredmekanisme vil det i tillegg til avgrensningskriteriene som beskrives for retrogressiv skredmekanisme bli forutsatt en maksimal sideveis skredutbredelse tilsvarende halvparten av lengden på den maksimale bakovergripende skredutbredelse (L). Se prinsippskisse i Figur 2.4 (til venstre). Denne forutsetning antas å være til dels konservativ og samsvarer godt med det generelle bilde av et rotasjonsskred som skålformet i både lengde- og bredderetningen. Forutsetningen likner også å samsvare godt med skissen gjeldende for flak-/rotasjonsskred gitt i NVE veileder 1/2019 figur 4.1, se utklipp av denne figur i Figur 2.4 (til høyre).

Gjør oppmerksom på at NVE sin definisjon av L avviker fra Cruden & Varnes 1996 [8] sin definisjon som typisk benyttes i internasjonale studier av sammenhengen mellom bredde og lengde på rotasjonsskred (se for eksempel ref. [9]).



Figur 2.4 Til venstre i figur: Forutsatt maksimal sideveis skredutbredelse av rotasjonsskred der L samsvarer med NVE sin definisjon av løsneområdets lengde. Til høyre i figur: Utklipp av figur 4.1 fra NVE veileder 1/2019 [1]

Det bemerkes at det supplerende avgrensningskriteriet som gjelder særskilt for rotasjonsskred medfører muligheten til å se bort fra stabiliteten til deler av et løsneområde der et evt. initialskred ikke vil kunne spre seg langt nok sideveis til å kunne få konsekvens for planlagte tiltak.

2.3.3 Begrepet «planlagt tiltak» og vurdering av forverring/ikke forverring

I NVE veileder 1/2019 [1] anvendes begrepet «planlagte tiltak» mye, og hvorvidt et «planlagt tiltak» forverrer eller ikke forverrer stabiliteten er avgjørende for hvilke krav til stabilitet som må dokumenteres. I det følgende redegjøres for NIRAS sin forståelse av begrepene «planlagt tiltak», «sikringstiltak» og til slutt diskuteres kortfattet forverring/ikke forverring basert på et konkret eksempel.

Begrepet «planlagt tiltak»

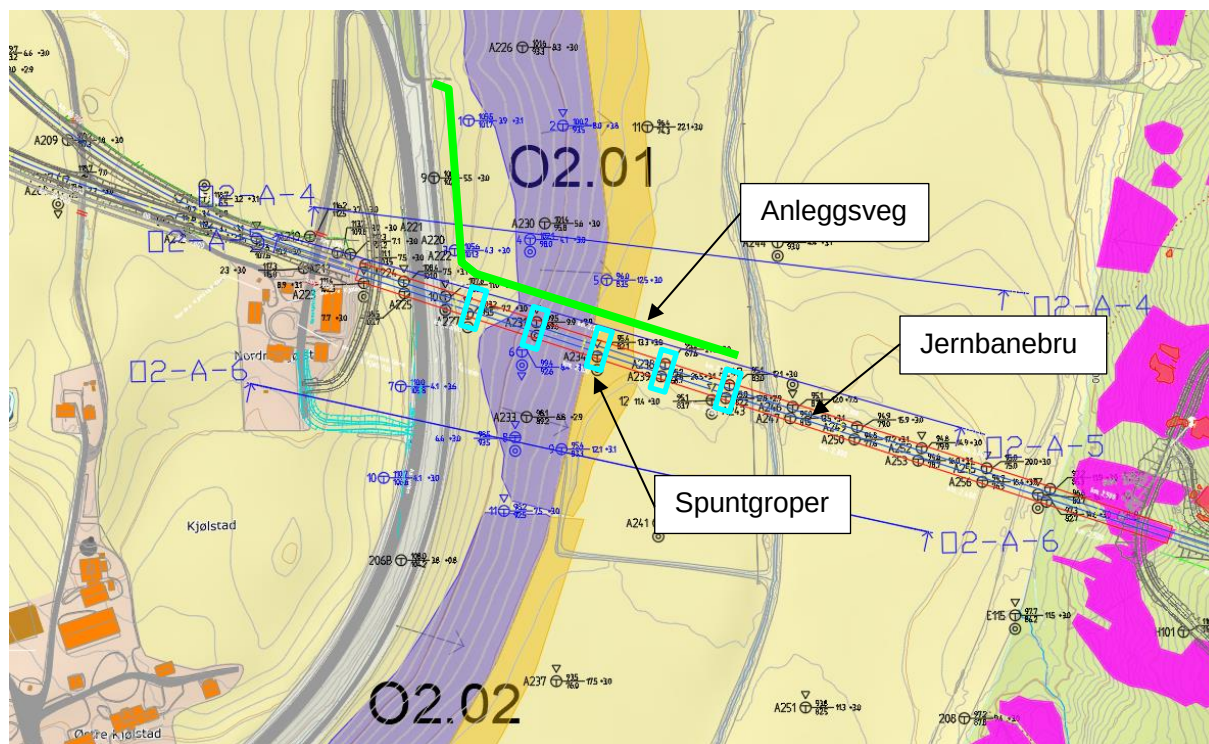
Omfatter det som ønskes bygd. Eksempelvis jernbanebru fundamentert på peler til berg gjennom faresone O2.01.

Begrepet «sikringstiltak»

Omfatter tiltak som må etableres i midlertidig eller permanent fase for å imøtekomme krav til stabilitet samt tiltak mot erosjon for å imøtekomme krav om «sikring mot erosjon som kan utløse skred som kan ramme planlagte tiltak».

Forverring/ikke forverring og konkret eksempel basert på faresone O2.01

Planlagte tiltak i faresone O2.01 omfatter en jernbanebru som fundamenteres på peler til berg. Fordi jernbanebruen innenfor faresonen fundamenteres på peler til berg vil bruen ikke forverre stabiliteten innenfor faresonen. Jernbanebruen henføres til tiltakskategori K3 og krav til sikkerhet fremkommer av kapittel 2.2.1. Stabilitetsberegninger for kritiske snitt i dagens situasjon og fremtidig permanent situasjon innenfor relevante deler av faresone O2.01 dokumenterer tilstrekkelig stabilitet iht. kravene $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{\varphi} \geq 1,25$.



Figur 2.5 Oversiktskart faresone O2.01. Se flere detaljer for faresone O2.01 inn under kapittel 5

I anleggsfasen vil det bli behov for å etablere en rekke spuntgroper og en anleggsveg. Spuntgropene har til formål å muliggjøre etablering av fundamenteringen for jernbanebruen og anleggsvegen skal benyttes i forbindelse med etablering av spuntgropene og de påfølgende arbeider med etablering av fundamentering og brua. I det omfang at spuntgroper og anleggsvegen påregnes å forverre stabiliteten innenfor faresonen vil kravet til stabilitet bli $F_{cu} \geq$

$1,40 \cdot f_s$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$ eller prosentvis forbedring. For å unngå krav om en helhetlig forbedring av stabiliteten utover $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$ innenfor relevante deler av faresone O2.01 i anleggsfasen gjøres følgende distinksjon fra regelverk ift. midlertidige tiltak:

- 1) Ethvert midlertidig tiltak som forverrer stabiliteten (f.eks. last på anleggsveg) må kompenseres med stabiliserende tiltak i et slik omfang at det samlet sett resulterer i en ikke forverring eller en forbedring. Summen av midlertidig tiltak og stabiliserende tiltak betraktes da å medføre ikke forverring og imøtekommer med dette krav til sikkerhet gjeldende for K0-K2 tiltak.
- 2) Unntaket er midlertidige tiltak i områder med dokumentert stabilitet $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$ der stabiliteten inkl. den forverrende effekt av det midlertidige tiltak fortsatt imøtekommer krav til stabilitet $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$. Her kan prinsipielt aksepteres noe forverring.

Viser til oversiktskart med plassering av jernbanebru, spuntgroper og anleggsveg samt utstrekning til faresone O2.01 i Figur 2.5.

3 GRUNNLAG

Som grunnlag for de videre geotekniske vurderingene er det i de neste delkapitlene gjort kort redegjort for grunnlagsdokumenter, topografi, marin grense, kvartærgeologi samt grunn- og poretrykksforhold. I tillegg er det gitt en kort oppsummering av utførte grunnundersøkelser, identifisering av kritiske skråninger og mulige løснеområder samt en gjennomgang av tidligere kartlegging av området. Helt til slutt introduseres en områdeinndeling av prosjektområde (6 delområder) som blir benyttet videre i rapporten.

3.1 Grunnlagsdokumenter

Tabell 3.1 Samlet oversikt over anvendte geotekniske datagrunnlag

Nr.	Tegning/dokument	Tittel, Utarbeidet av: Årstall
[10]	125103-RIG-RAP-001	Geoteknisk Datarapport 1, E18 Retvet – Vinterbro, Multiconsult: 2015
[11]	125103-RIG-RAP-002	Geoteknisk Datarapport 2, E18 Retvet – Vinterbro, Multiconsult: 2015
[12]	Gk 4330-1	DOBBELTSPOR SKI – MOSS, Grunnundersøkelser, NSB ENGINEERING: 1989
[13]	2013046361	E18 Retvet-Vinterbro: Datarapport, Runde 5 Grunnundersøkelser, SVV: 2015
[14]	978-82-410-1737-7	Risiko for kvikkleireskred i Ski, Ås, Vestby og Frogn kommuner, NGI: 2018
[15]	MIP-00-V-00048	Hensetting Ski Syd og ny avgrening Østre linje, Geoteknisk datarapport, Løvlien Georåd, 2019.
[16]	20180739-01-R	Ski Hensetting – Helikopter Geoskanning, Tolket Bergmodell, NIRAS: 2019
[17]	UNA-00-A-10029	Østfoldbanen Hensetting Ski Syd og ny avgrening Østre linje, Kartlegging av berg i dagen, NIRAS: 2020
[18]	UNA-00-A-10028	Østfoldbanen Østre linje (Ski) – (Sarpsborg), ny avgrening Østre linje, Innsamling og tolkning av refraksjonsseismikk, NIRAS Norge AS, 2022.
[19]	UNA-00-A-10020	Østfoldbanen Østre linje (Ski) – (Sarpsborg), ny avgrening Østre linje, Fagrapport, geoteknisk datarapport, NIRAS Norge AS, 2022.
[20]	UNA-00-A-10030	Østfoldbanen Østre linje (Ski) – (Sarpsborg), ny avgrening Østre linje, Teknisk notat for oppdatert bergmodell, NIRAS Norge AS, 2022.

I det følgende gis en kortfattet oppsummering av innholdet i de ulike rapportene:

[10] Rapporten er hentet fra NADAG og inneholder grunnundersøkelser for området sør og vest for Østensjøvannet. Grunnundersøkelsene er utført med hensyn på etablering av ny E18. Feltundersøkelsene omfatter totalsondering, CPTu, piezometere, samt opptak av pose- og sylinderprøver. Laboratorieanalysene omfatter rutineundersøkelser, samt kornfordeling, treaks- og ødometerforsøk og konsistensgrenser.

[11] Rapporten er hentet fra NADAG og inneholder blant annet grunnundersøkelser fra umiddelbart sør for Østensjøvannet og sør-øst over imot Kråkstad. Grunnundersøkelsene er utført med hensyn på etablering av ny E18. Feltundersøkelsene omfatter fjellkontrollboring, totalsondering, CPTu, piezometere, samt opptak av pose og sylinderprøver. Laboratorieanalysene omfatter rutineundersøkelser av pose- og sylinderprøver samt kornfordeling, treaks og ødometerforsøk og konsistensgrenser for deler av prøvene.

[12] Rapporten hentet fra NADAG og inneholder grunnundersøkelser langs eksisterende vestre jernbane fra skjæringen med Søndre Tverrvei og til Kjølstad. Rapporten inneholder 6 fjellkontrollboringer på borplan «Tegn. Nr. 3» som har blitt digitalisert og gjengitt med ID NSB100, NSB101, NSB102, NSB103, NSB104 og NSB121. Resterende enkel- og dreiesonderinger har blitt digitalisert og gjengitt med ID NSB1, NSB2, etc. Rapporten inneholder ingen totalsonderinger, prøveserier eller registreringer av grunnvann. Det finnes noe beskrivelse av lagfølge og registrert skjærstyrke fra vingebooring.

[13] Rapporten er hentet fra NADAG og inneholder grunnundersøkelser for deponi nord for Holstad i området mellom eksisterende E18 og vestre jernbane. Rapporten inneholder totalsonderinger og 1 prøveserie for det relevante området. Prøveserien viser bløte leire fra 2-6 meter. Rapporten inneholder ikke informasjon om utførte laboratoriearbeider eller innmålt grunnvannstand.

[14] Rapporten er hentet fra NADAG og inneholder en oversiktskartlegging av områder med potensiell fare for store kvikkleireskred i Vestby, Ski, Ås og Frogn kommune. De kartlagte faresonene i rapporten omfatter ingen områder innen det relevante planområdet. Rapporten kan med fordel leses i sammenheng med rapportene «NGI befaringsrapport» [21] og «Geoteknisk datarapport Ås, Ski, Frogn og Vestby» [22].

[15] Denne prosjektspesifikke rapport inneholder grunnundersøkelser utført i hovedplanfasen for en grov kartlegging av grunnforholdene i planområdet for «Hensetting Ski Syd og ny avgrening Østre linje» med fokus på områder med spesielt utfordrende grunnforhold. Feltundersøkelsene omfatter totalsondering, CPTu, piezometere samt opptak av pose- og sylinderprøver. Laboratorieanalysene omfatter rutineundersøkelser av pose- og sylinderprøver samt kornfordeling, ødometerforsøk og konsistensgrenser for deler av prøvene.

[16] Denne prosjektspesifikke rapporten inneholder dokumentasjon for den bergflate som er brukt som grunnlag for modellering, beregninger og vurderinger gjort i forbindelse med teknisk hovedplan for prosjektet «Hensetting Ski syd og ny avgrening Østre linje». Rapporten er basert på resultater fra en rekke vanlige grunnundersøkelser kombinert med data fra helikopterbasert geoskanning (AEM). Rapporten redegjør for metode og usikkerheter.

[17] Denne prosjektspesifikke rapporten inneholder kartlegging av berg i dagen tar for seg observasjoner gjort under feltkartlegging i perioden 14.-16. sept. 2020. Det ble registrert bergartstyper og innmåling av berg i dagen og strøk/fall-målinger av geologiske strukturer. Resultatene ble brukt for å kunne si noe om bergmassekvaliteten og muligheter for utglidinger ved etablering av bergskjæringer.

[18] Denne prosjektspesifikke rapport inneholder seismikk utført i forbindelse med prosjektet «Hensetting Ski syd og ny avgrening Østre linje» av Argeo våren 2020. Rapporten omfatter 1920 effektive lengdemeter refraksjonsseismikk som er tolket for å avdekke lokale forhold i løsmasser og berg. Geofysiske termer og beskrivelser av metoder, utstyr og krever geofysisk og geologisk kompetanse for videre bruk i prosjekteringssammenheng. Rapporten har ingen vurdering av byggbarhet, metoder eller tiltak. Resultatene fra dataprosesseringen av de seismiske profilene benyttes videre til å gi en generell beskrivelse av grunnforholdene i området.

[19] Denne prosjektspesifikke rapport inneholder grunnundersøkelser utført i forbindelse med detaljplanfasen for prosjektet «Hensetting Ski syd og ny avgrening Østre linje». Omfang og plasseringer av undersøkelsene er utarbeidet med bakgrunn i plassering av det bestemte alternativer, resultater fra forrige fase og befaring av stedet. Feltundersøkelsene omfatter bl.a. totalsonderinger, CPTu, piezometer og prøvetaking. Laboratorieanalysene omfatter rutineundersøkelser av prøvene samt avanserte lab tester, herunder treacksforsøk, ødometerforsøk og kalksement iblanding.

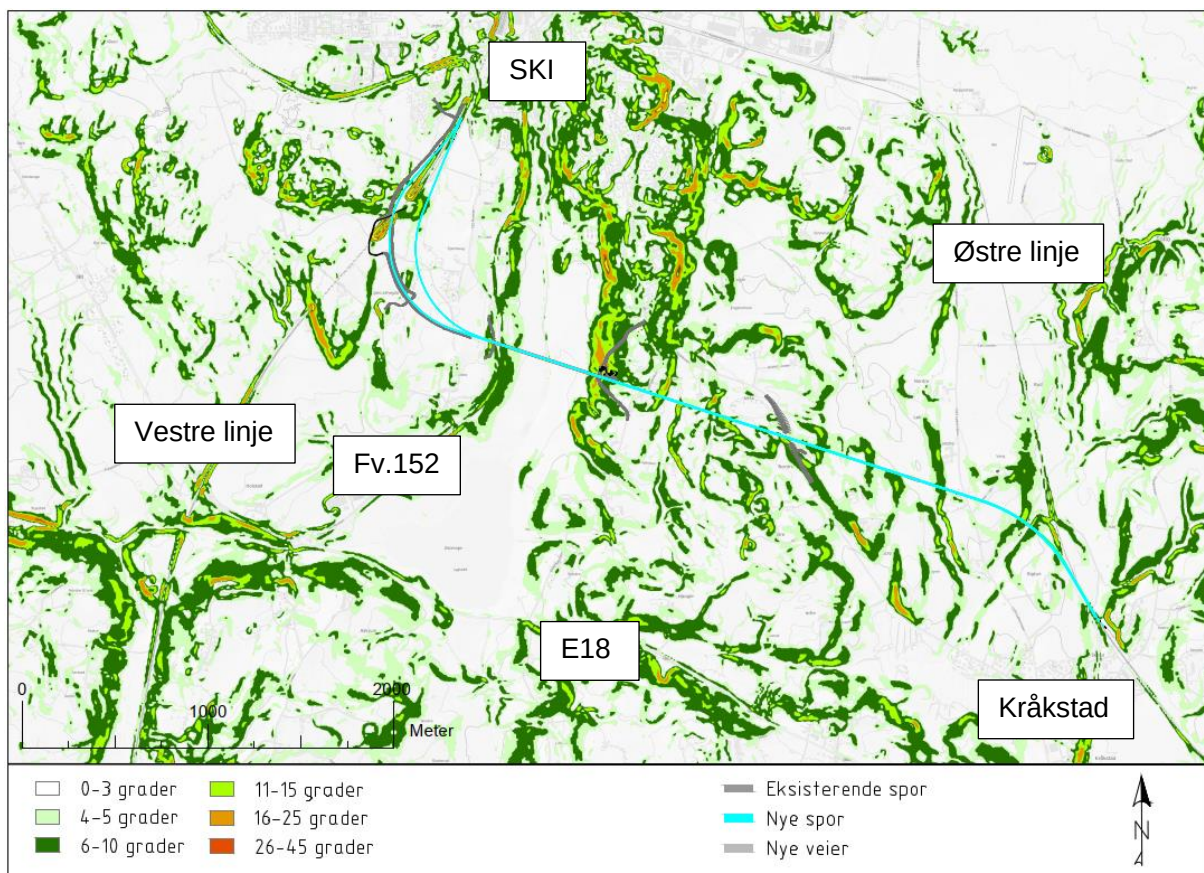
[20] Denne prosjektspesifikke rapport inneholder en beskrivelse av grunnlaget for den samtolkede bergflatemodell som har blitt benyttet i forbindelse med detaljplanfasen for prosjektet «Hensetting Ski syd og ny avgrensning Østre linje». Arbeidet med sammenstilling av en helhetlig tredimensjonal bergflatemodell er utført av Emerald.

3.2 Topografi

Østre linje (Ø1 Høy) er lokalisert sør Ski sentrum, og avgrenses av dagens E18 i sør (Ås) og Kråkstad i øst. Prosjektet ligger således delvis i Nordre Follo og Ås kommune. Området har noe spredt bebyggelse og infrastruktur (veg og bane), mens størsteparten av arealene består av landbruk (dyrket mark) og skogsområder.

Terrenget er noe kupert i området, men består i all hovedsak av slakt hellende terreng med søkk/dalsøkk, skråninger og lokale forhøyninger. Generelt ligger terrenget høyere i nordvest enn i sørøst, og toppene strekker seg opp imot høydekote +150 til +160. Høydedragene er bebygde enkelte steder, mens det andre steder er skog og bart fjell. Opp mot toppene er topografien enkelte steder bratt med opp mot 1:1 helning og med flere skrenter. Dagens Østre- og Vestre linje er delt av Tandberggløkka som er et høydedrag orientert N-S. På hver side av Tandberggløkka faller terrenget ned mot lavbrekk med åpne bekker og Østensjøvannet i sørvest. Det lavereliggende terrenget ligger ned mot kote +90 til kote +100. Typisk terrenghelning på terrenget i lavbrekkene er slakt og ligger på helning mellom 1:8 og 1:15, og disse områdene er hovedsakelig utnyttet til jordbruk. Traséen krysser Fv. 152 i en høy betongkassebru (K004), og videre går traséen i bergskjæring/fylling. Figur 1.2 viser et topografisk kart over prosjektområdet og plassering av de planlagte tiltakene.

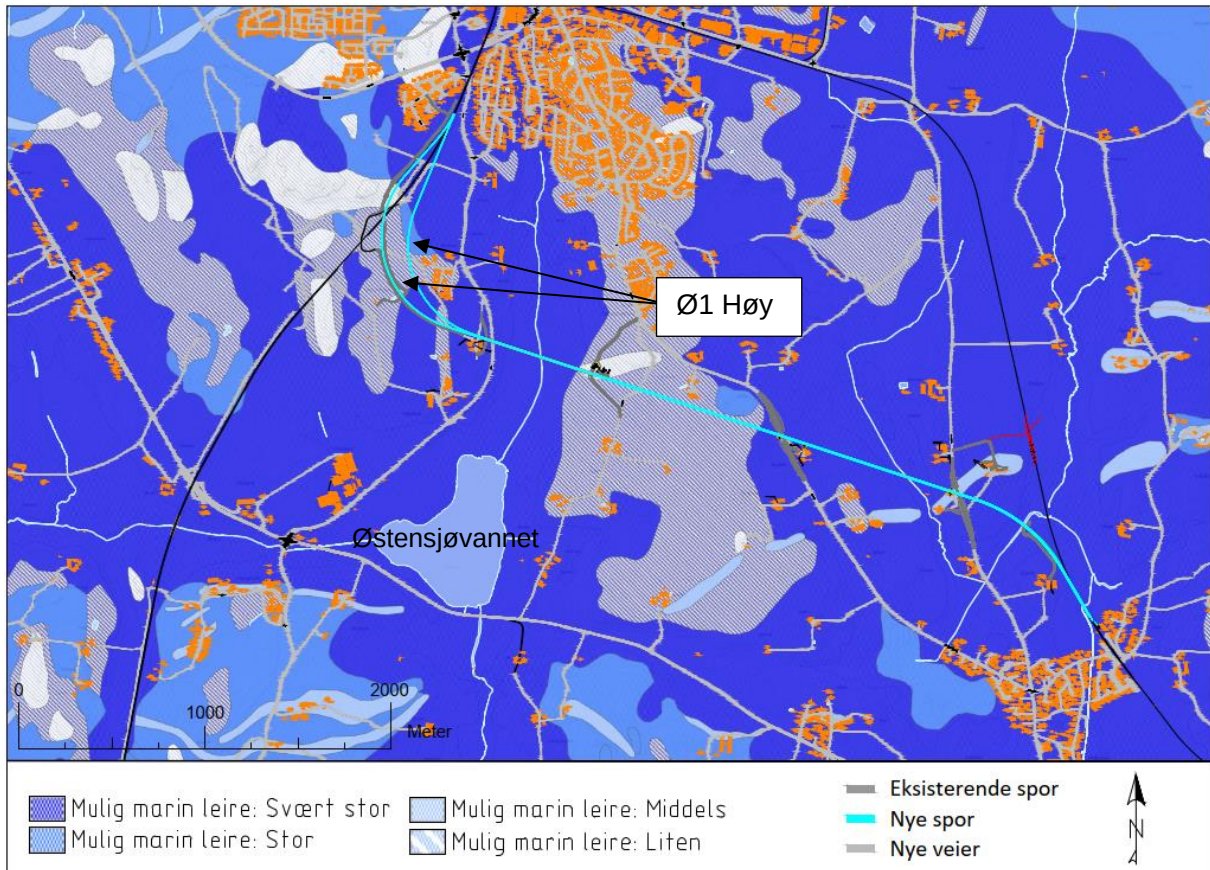
Figur 3.1 viser et kart over helningen i terrenget. Fra kartet kommer det tydelig frem at terrenget heller mer enn 3 grader flere steder langs traséen til ny Østre linje.



Figur 3.1 Kart over helning av terreng (grader) fra NVE. Kilde: <https://atlas.nve.no/>

3.3 Marin grense

Den marine grensen (MG) i området er i henhold til opplysninger fra NGU på rundt kote +215 moh. Hele prosjektområdet ligger dermed i sin helhet under marin grense. Kartet i Figur 3.2 viser muligheten for å treffe på forekomster av marin leire i henhold til NGU sitt MML kart. Som det fremgår av kartet vurderer NGU sannsynligheten for å treffe på forekomster av marin leire som svært stor for store deler av Østre linje. I henhold til NGU er sannsynligheten for å treffe marine leire ved høydedragene ansett som liten.



Figur 3.2 Kart over sannsynlighet for marine avsetninger i grunnen ved prosjektområdet. Kilde: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>

3.4 Kvartærgeologi

Fra det kvartærgeologiske kartet i Figur 3.3 kan man se at prosjektområdet ligger i et område som hovedsakelig består av marine avsetninger (hav- og fjordavsetninger). Ifølge kartet til NGU vil prosjektområdet også strekke seg ut over mindre områder med humusdekke, bart fjell, randmorene og marine strandavsetninger. NGU definerer de ulike typer løsmassene som forekommer i prosjektområdet slik:

Hav- og fjordavsetninger, strandavsetninger, tynt dekke: Normalt mindre enn 0,5 m tykkelse på avsetningene (kan lokalt være større). Grunnflendte områder/hyppige fjellblotninger.

Hav- og fjordavsetninger, tykt dekke: Finkornige, marine avsetninger med mektighet fra 0,5 m til flere ti-tall meter. Avsetningstypen omfatter også skredmasser fra kvikkleireskred. Få eller ingen fjellblotninger.

Marine strandavsetninger: Marine strandvaskede sedimenter med mektighet større enn 0,5 m, dannet av bølge- og strømkraft i strandsonen, stedvis som strandvoller. Materialet er ofte

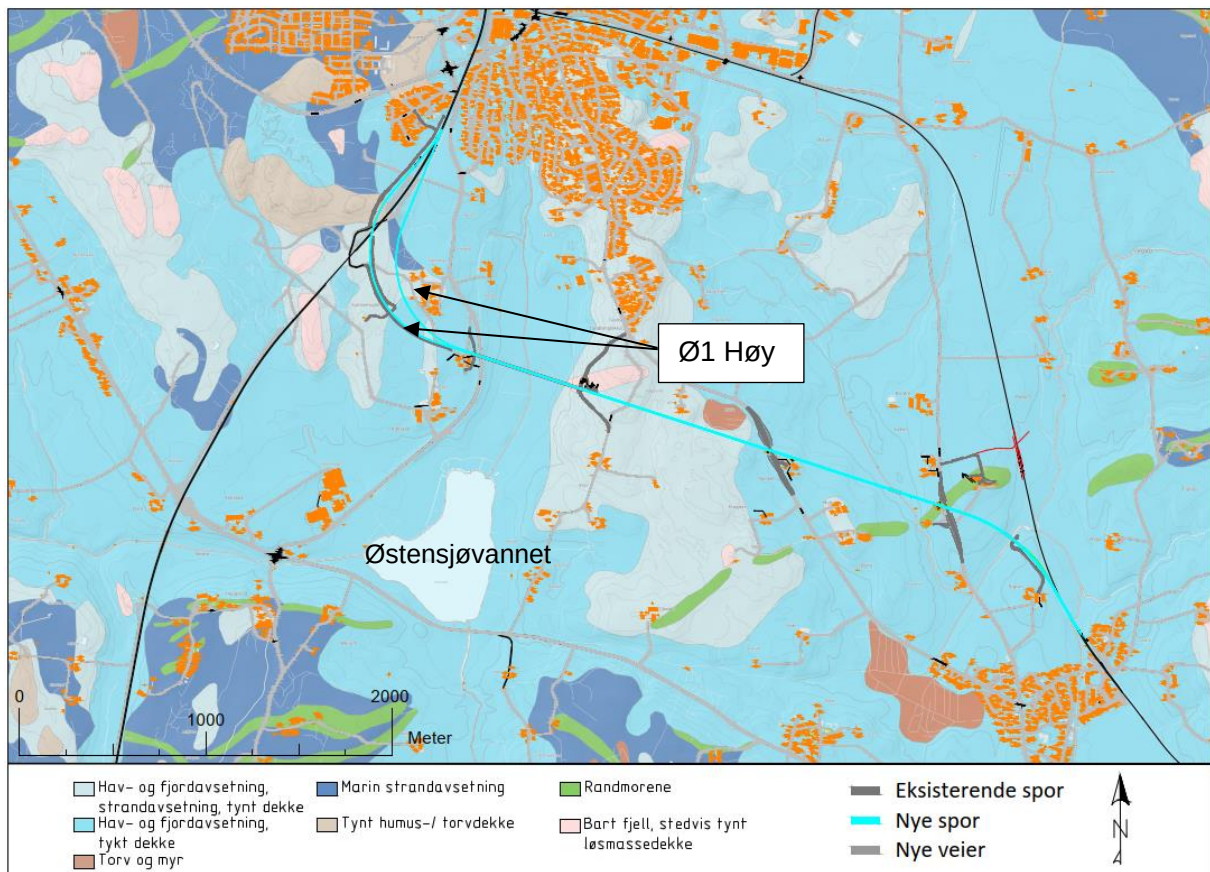
rundet og godt sortert. Kornstørrelsen varierer fra sand til blokk, men sand og grus er vanligst. Strandavsetninger ligger som et forholdsvis tynt dekke over berggrunnen eller andre sedimenter.

Randmorene: Rygger eller belter av morenemateriale som er skjøvet opp foran brefronten. Materialet er usortert og inneholder alle kornstørrelser fra leir til blokk. Noen steder kan morenematerialet finnes i vekslings med breelvmateriale.

Tynt humus-/torvdekke: Området hvor humusdekket ligger rett på berggrunnen. Mektigheten av humusdekket er vanligvis 0,2-0,5 m, men kan lokalt være tykkere. Fjellblotninger opptre hyppig innen slike områder.

Kvartærgeologiske kart kan gi en indikasjon på hvilke løsmasser en kan forvente å treffe på, men gir begrenset informasjon om lagdeling og mektighet. Andre typer løsmasser kan befinne seg under avsetningene som er vist i kvartærgeologiske kart. Prosjektområdet ligger i sin helhet under marin grense (MG) og det vil derfor være potensiale for forekomster av kvikkleire eller sprøbruddmateriale.

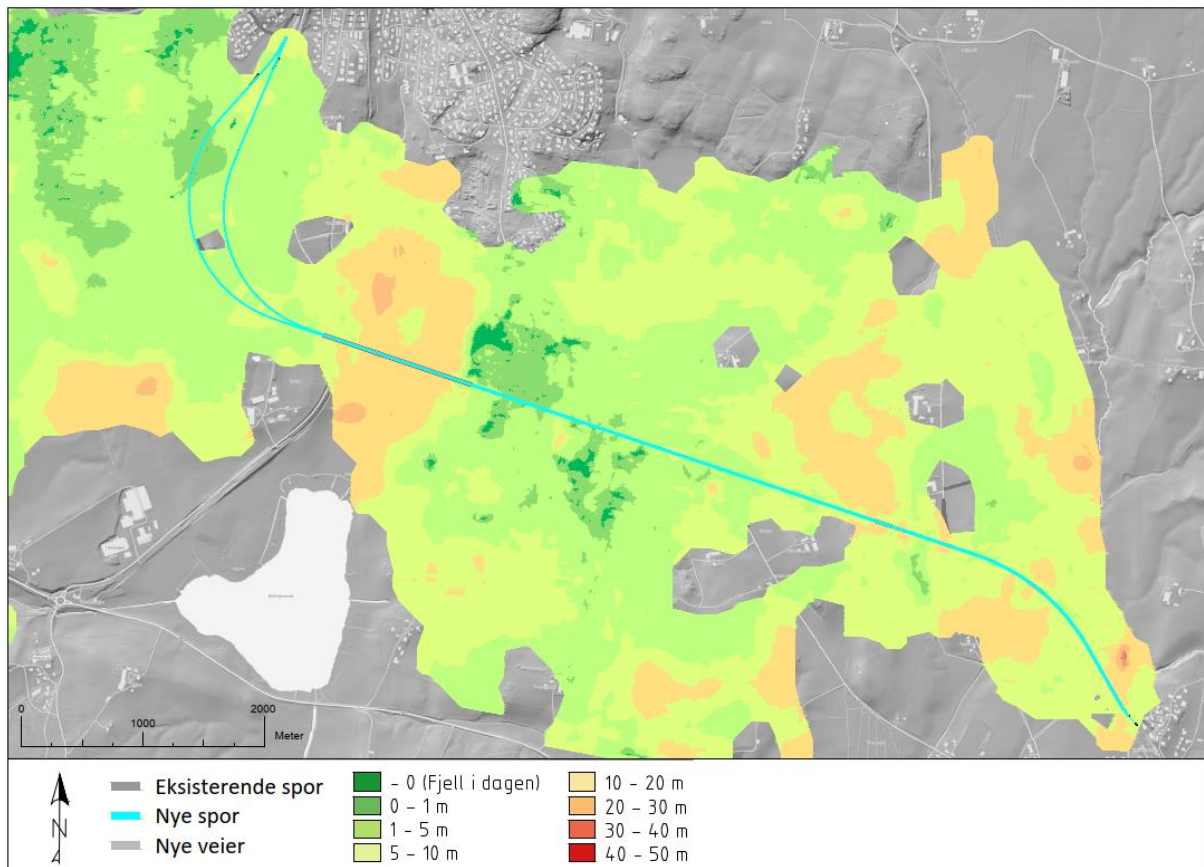
Fra utført prøvetaking i prosjektområdet er det påvist kvikkleire eller sprøbruddmateriale i flere borhull. En samlet oversikt over punkter med «påvist kvikkleire eller sprøbruddmateriale», «ikke sprøbruddmateriale» og «mulig sprøbruddmateriale» fremgår av tabellen i vedlegg E.



Figur 3.3 Kvartærgeologisk kart (1:50 000) over prosjektområdet. Kilde: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>

Fra de utførte grunnundersøkelsene er det påvist at løsmassene varierer i mektighet fra 0 til mer enn 30 m innom prosjektområdet. De største mektighetene er funnet i dalsøkkene mens de mindre mektighetene typisk er påvist langs høydedragene. Figur 3.4 viser antatt løsmassemekthet i området og er basert på den modellerte bergoverflate fra Emerald [20]. Bergoverflaten er kalibrert ut fra alle utførte grunnundersøkelser frem til våren 2021 sammen med

AEM-skanning og seismikk. De supplerende grunnundersøkelsene som er utført sommer og høst 2021 med tanke på områdestabilitet er ikke inkludert i den nye kalibreringen av bergmodellen. Der bergmodellen hovedsakelig er basert på data fra AEM-skanningen og bergflaten har blitt vurdert til å være kritisk, har det enkelte steder blitt antatt en mer konservativ bergflate i beregningssnittene enn det AEM-skanningen tilsier. Dette har blitt gjort ettersom AEM-skanning ikke er egnet til å fange opp lokale variasjoner i bergflaten. Løsmassene i de lavtliggende områdene består for det meste av øvre lag med tørrskorpeleire over et underliggende lag med leire, som flere steder er bløt og kvikk. I de høytliggende områdene består løsmassene i hovedsak av et lag med tørrskorpe over morenemateriale.



Figur 3.4 Kart som viser antatt løsmassemekthet i området modellert ut fra utførte geotekniske grunnundersøkelser i hovedplan- og detaljplanfasen og er vist over DTM-kart som underlag.

3.5 Grunn- og poretrykksforhold

Følgende delkapitler inneholder en nærmere beskrivelse av grunn- og poretrykksforhold som er relevante for områdestabilitetsvurderingene.

3.5.1 Grunnforhold

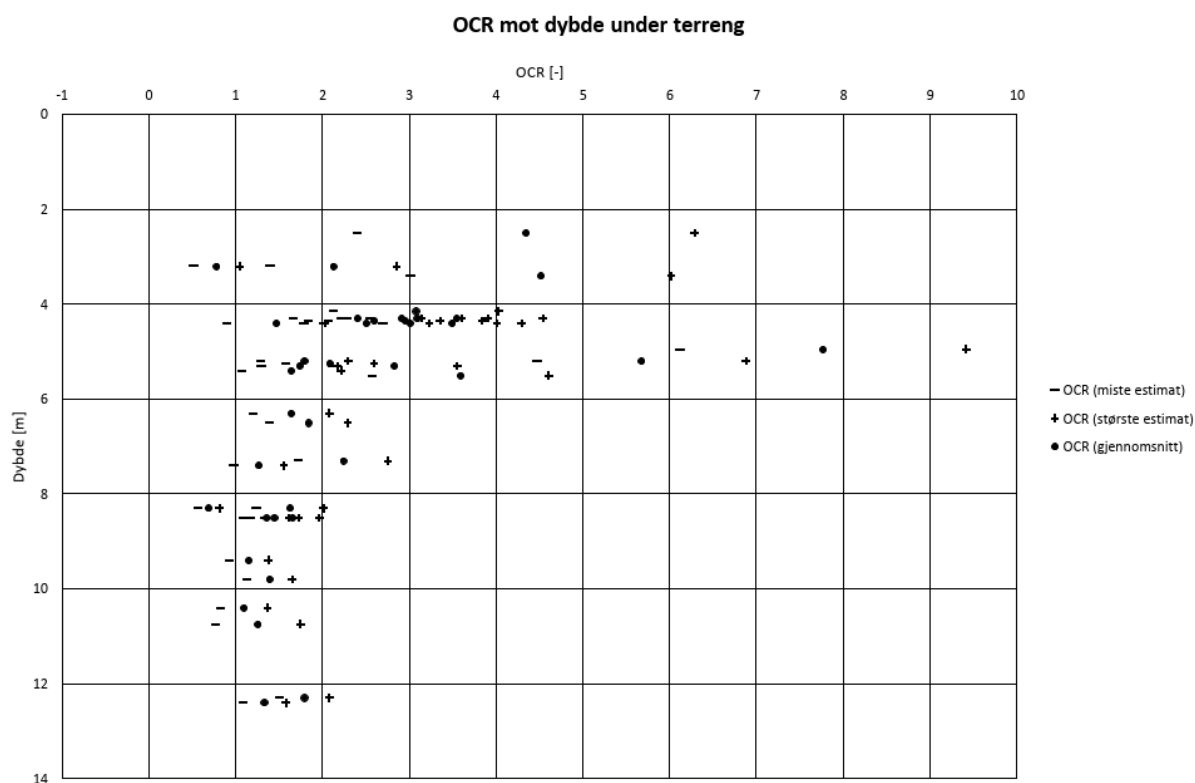
Generelt har hele prosjektområdet fått utført AEM-skanning med tanke på å få en overordnet kartlegging av bergflaten. AEM-skanningen er utført av NGI og det er utarbeidet en egen datarapport med resultater fra skanningen [16]. Dataen som er innsamlet indikerer ganske store variasjoner i løsmassemektheten i de ulike delområdene. Ved høydedrag er mektigheten til løsmassene mindre og enkelte steder er det berg i dagen, mens de i kløfter og forsenkninger mellom bergkoller ble registrert tykkere løsmassemekthet (>18 m). I tillegg er det utført refraksjonseismikk langs deler av Østre linje av Argeo. Innsamlet data fra dette er benyttet for å kartlegge løsmasser og berg langs viktige strekninger og kan leses i en egen datarapport [18]. All innsamlet data fra utførte grunnundersøkelser er implementert i prosjektet for å få best grunnlag til tolkning av løsmasser og en mest mulig oppdatert bergmodell. Videre er det for hver delområde utført en rekke totalsonderinger, CPTu sonderinger og prøveserier.

Det generelle bilde av grunnforholdene innenfor prosjektområdet er at lagdelingen består av et øvre lag med tørrskorpe før et lag med leire som kan ha sprøbruddegenskaper. Fra utførte grunnundersøkelser kan en se at tykkelsen på tørrskorpen er på rundt to meter i lavtliggende/flate områder over et tykt lag av leire (sprøbruddmateriale). I de lavtliggende områdene er løsmassemektingen stor og mektigheten samsvarer med de kartlagte svakhetssonene i berget. For de områdene som ligger på høydedragene er tykkelsen på tørrskorpen større opp mot 3-4 m, samtidig er det påvist at leiren er fastere og mindre sprø.

Som grunnlag for de videre faregradevalueringer og stabilitetsberegninger er det i det følgende et utplukk av plots fra geoteknisk vurderingsrapport [7].

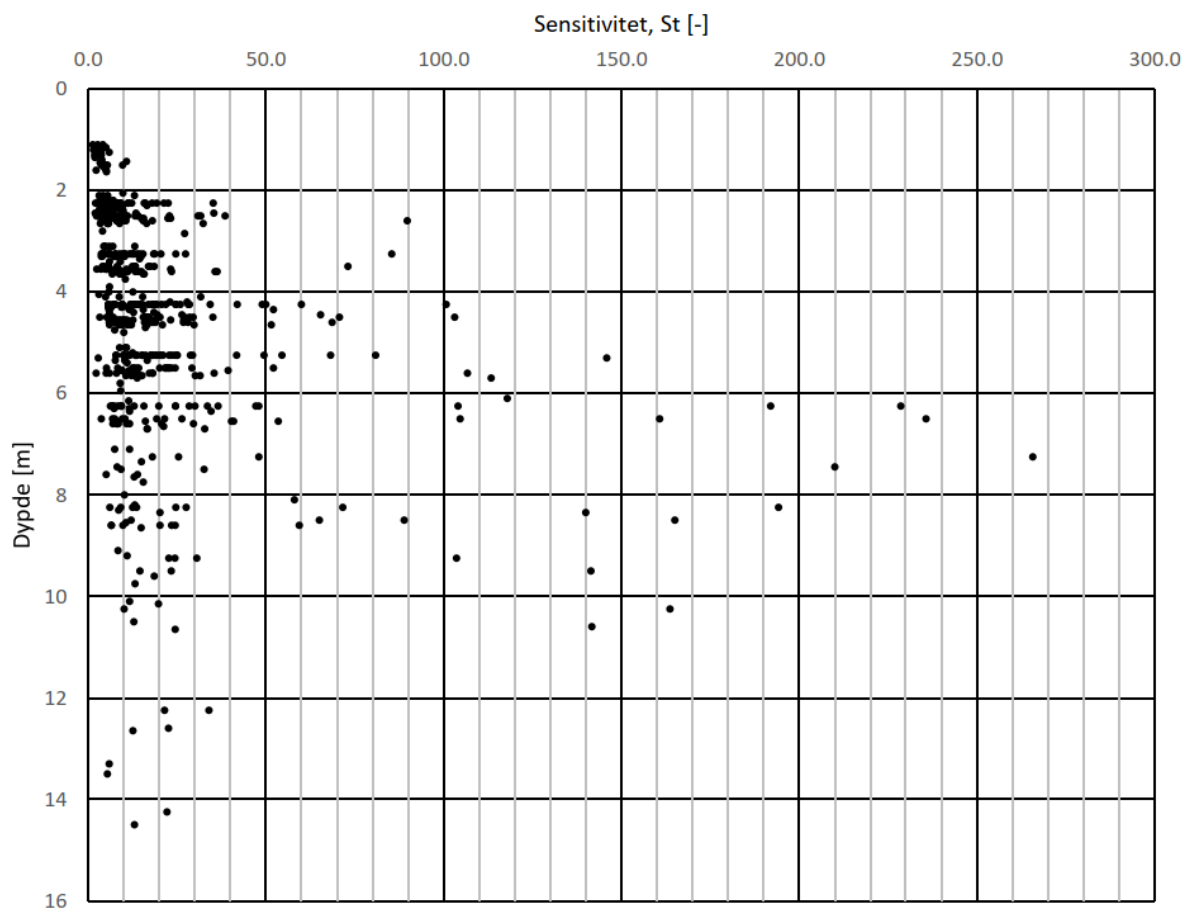
Generelt grunnlag for faregradsevaluering

Figur 3.5 inneholder et plott med OCR som funksjon av dybden basert på tolkning av data fra samtlige CRS ødometerforsøk som har blitt utført på leiremasser i prosjektet. Grafen viser, at det generelt må forventes en overkonsolideringsgrad på rundt 1-2 (konservativt estimat med tanke på faregradsevaluering).



Figur 3.5 OCR mot dybde under terreng (plot med basis i tolkning av samtlige CRS ødometerforsøk som har blitt utført på leiremasser i prosjektet).

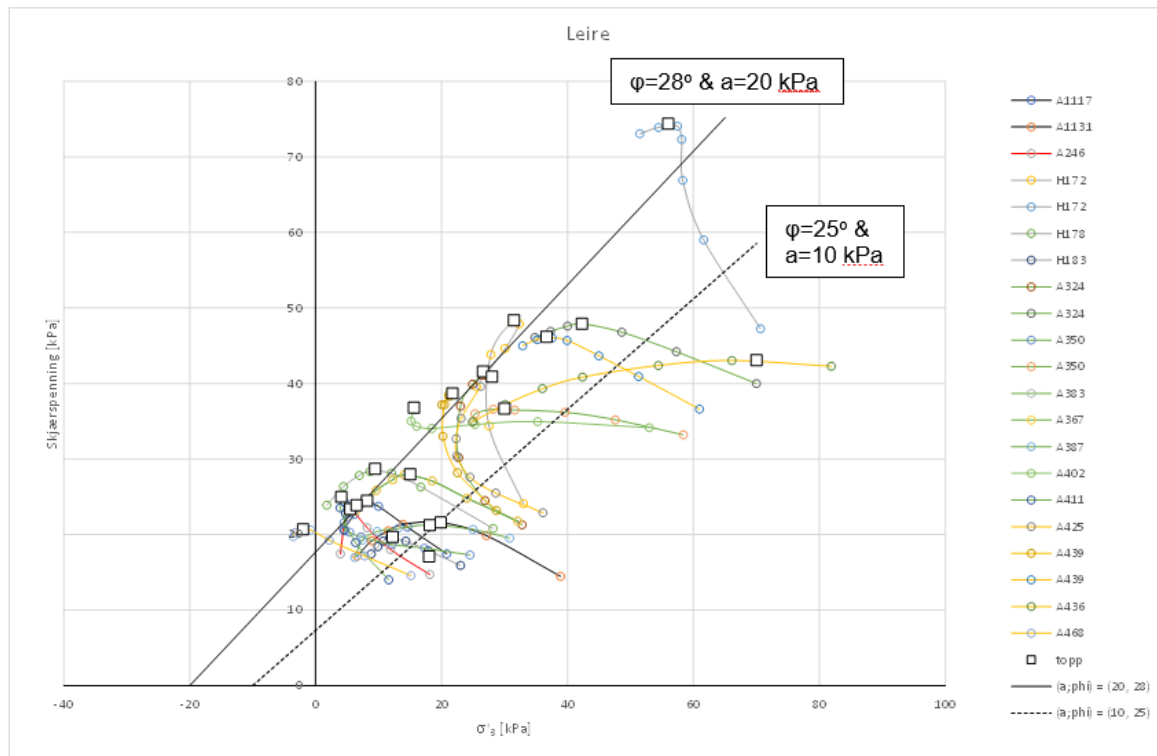
Figur 3.6 inneholder et plott med registrert sensitivitet som funksjon av dybden med data fra samtlige konusforsøk som har blitt utført på leiremasser i prosjektet. Grafen viser, at det generelt må forventes en sensitivitet opp imot 100 (konservativt øvre estimat med tanke på faregradsevaluering).



Figur 3.6 Sensitivitet mot dybde under terreng (plot med basis i samtlige konus forsøk utført på intaktprøver med leire i prosjektet).

Generelt grunnlag for stabilitetsberegninger

Figur 3.7 inneholder en sammenstilling av samtlige treaksialforsøk (CAUA) som har blitt utført på leiremasser i prosjektet. Grafen indikerer, at $\phi'=25^\circ$ og $a=10$ kPa vil utgjøre en konservativ tolkning av effektive parametere.



Figur 3.7 Sammenstilling av samtlige treaksialforsøk (CAUA) utført på leire.

3.5.2 Påviste forekomster av sprøbruddmateriale og kvikkleire

I forbindelse med hoved- og detaljplan har det blitt utført en rekke totalsonderinger, trykksunderinger og prøveserier. Alle undersøkelsene er benyttet for tolking av forekomster av sprøbruddmateriale og kvikkleire. Nedenfor er det gitt en kort beskrivelse til grunnlaget til tolkingen basert på hvilken grunnundersøkelse som er utført. Resultatene av påvisning av forekomster av sprøbruddmateriale og kvikkleire er vist i vedlegg E og oppsummert i et oversiktskart i Figur 3.9.

Påviste forekomster av sprøbruddmateriale og kvikkleire

Utførte geotekniske grunnundersøkelser har påvist kvikkleire og sprøbruddmateriale i en rekke punkter. Videre har det blitt påvist et stort antall punkter med omrørt skjærstyrke $\leq 2,0$ kPa (NS8015).

Formålet med følgende gjennomgang er å påvise og avgrense områder med forekomst av sprøbruddmateriale og kvikkleire. Grunnlaget for vurderingene er laborietester utført på Ø54 sylinderprøver samt tolkning av CPTu sonderinger. Laborietestene som blir tatt i betraktning i denne sammenhengen er konus, enaks og treaks.

Kriteriene for klassifikasjon av henholdsvis kvikkleire og sprøbruddmateriale er angitt i NVE sin veileder 1/2019 [1] som følger:

Kvikkleire: Leire som i omrørt tilstand har omrørt skjærfasthet $c_{u,r} \leq 0,5$ kPa i henhold til NS8015 (dvs. «gammel konusstandard»). Etter ISO 17892-6:2017 tilsvarer dette omrørt skjærfasthet på 0,33 kPa (9,0 mm inntrykk på 10g 60° konus).

Sprøbruddmateriale (jordarter med sprøbruddegenskaper): I geoteknisk sammenheng er dette definert som løsmasser (leire og silt) som utviser en utpreget sprøbruddsoppførsel, dvs. en betydelig reduksjon i fasthet ved tøyninger ut over tøyning ved maksimal fasthet. Kvikkleire er den mest ekstreme typen sprøbruddmateriale.

Veilederen skal fange opp alle typer skred i leir- og siltmaterialer som kan utvikle til større områdeskred. Det er lagt til grunn at slike områdeskred vil kunne oppstå i materiale med omrørt skjærfasthet $c_{u,r} \leq 2,0$ kPa i henhold til NS8015 (dvs. «gammel konusstandard»). Etter ISO 17892-6:2017 tilsvarer dette omrørt skjærfasthet på 1,27 kPa (11,2 mm inntrykk på 60g 60° konus).

Det bemerkes at sensitivitet, St, ikke lengre er et delkriterie for sprøbruddmateriale i den nye NVE veileder 1/2019 [1]. Videre har det som nytt blitt innført standardspesifikke grenseverdier for omrørt skjærstyrke (gjeldende for henholdsvis NS og ISO).

Vurdering av risiko for sprøbruddmateriale og kvikkleire basert på totalsonderinger.

I forbindelse med teknisk hoved- og detaljplan har det blitt utført totalt 550 totalsonderinger, 128 CPTu-sonderinger og 178 prøveserier. Det betyr at det finnes et stort antall borpunkter der det alene er utført totalsondering.

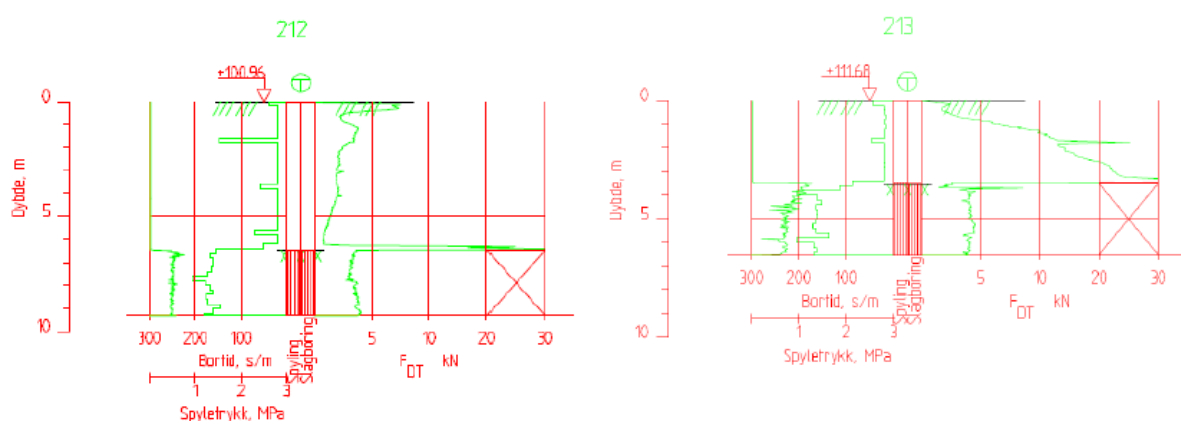
Med tanke på å hente ut informasjon fra disse totalsonderingene har det blitt satt opp følgende kriterier for å vurdere om det i de enkelte borpunkt er «ikke sprøbruddmateriale» eller om det er indikasjon på «mulig sprøbruddmateriale».

Ikke sprøbruddmateriale: Omfatter totalsonderinger med konstant økende matekraft med dybden og sonderinger med kontinuerlig bruk av slag, spyling eller økt rotasjon. Også borpunkter med løsmassemengde < 2 m omfattes i utgangspunktet av denne kategori (i henhold til tabell 3.1 pkt. 2 i NVE Veileder 1/2019 [1]).

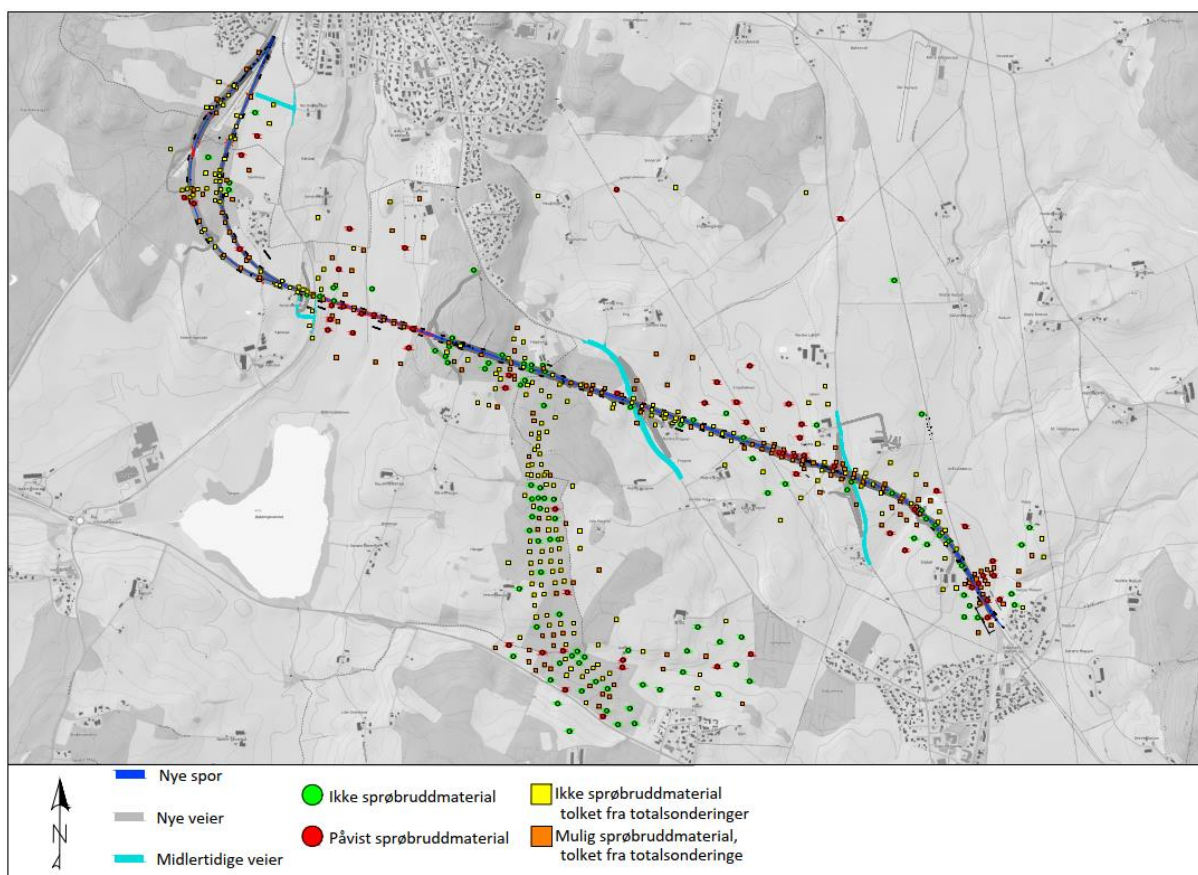
Mulig sprøbruddmateriale: Omfatter totalsonderinger med konstant eller fallende matekraft med dybden samtidig som det ikke er brukt slag, spyling eller økt rotasjon.

I forbindelse med ovenstående inndeling er det generelt sett bort fra de øverste 2-3 m i hver sondering.

Det bemerkes, at tolkning av totalsondering alene ikke er en egnet metode for påvisning av kvikkleire eller sprøbruddmateriale og ovenstående kriterier skal alene brukes på et indikativ nivå. Dersom det i enkelte punkter er vesentlig med sikkerhet å bekrefte eller avkrefte forekomst av kvikkleire eller sprøbruddmateriale må det gjennomføres prøvetaking, CPTu eller vingeforsøk. Viser til eksempler på totalsonderingsprofiler som har blitt tolket på ulik vis i Figur 3.8.



Figur 3.8 Eksempel på totalsondering 212 (til venstre) som faller innunder definisjonen for «mulig sprøbruddmateriale» og totalsondering 213 (til høyre) som faller innunder definisjonen for «ikke sprøbruddmateriale».

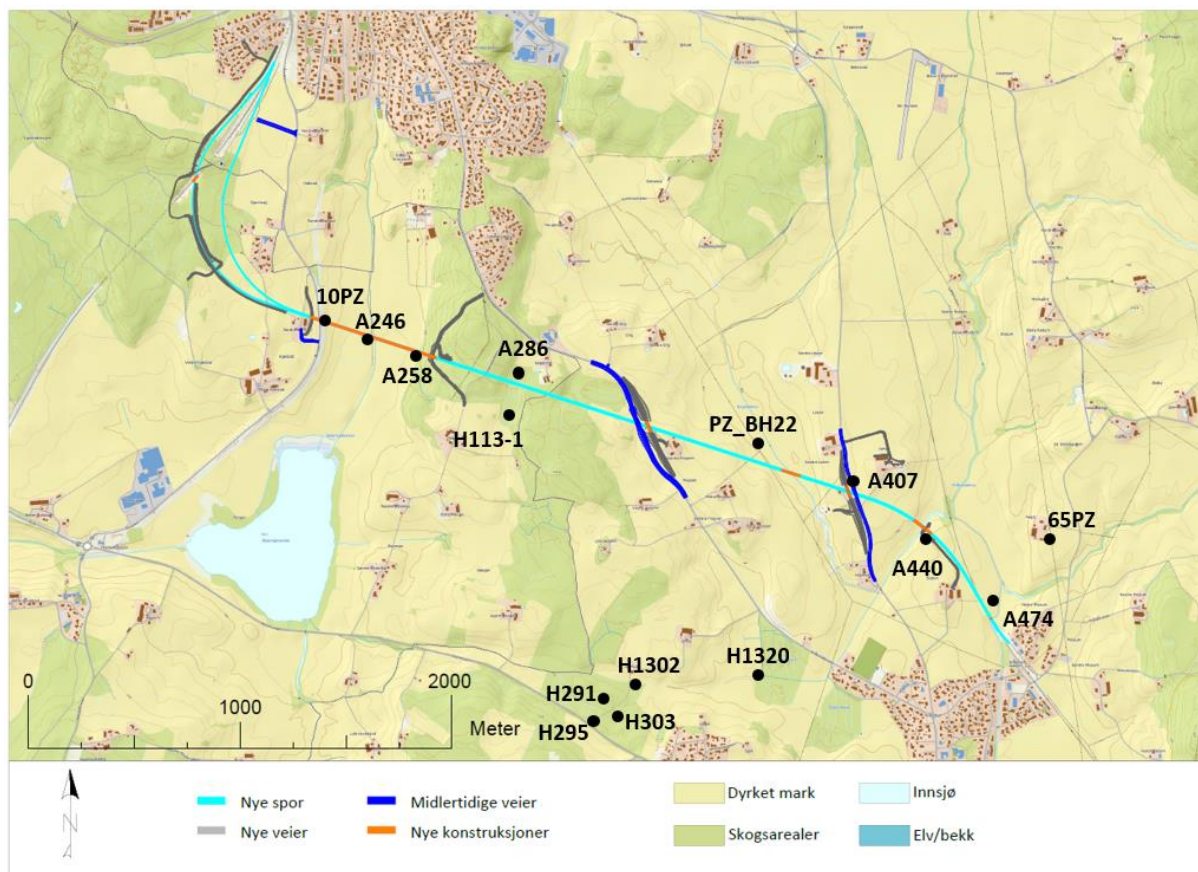


Figur 3.9 Kart som gir et overblikk på hvor det er påvist og ikke påvist sprøbruddmateriale, samt hvor tolkninger fra totalsonderinger har gitt indikasjon på hvor det kan være mulig sprøbruddmateriale eller ikke i området. Figuren baserer seg på opplysningene i vedlegg E.

3.5.3 Poretrykksforhold

I forbindelse med hovedplanfasen ble det satt ut i alt 1 hydraulisk poretrykksmåler. Med den nåværende sporgeometrien er innhentede opplysninger fra denne poretrykksmåleren ikke lenger relevant.

Det ble satt ut 24 poretrykksmålere fordelt på 15 borpunkt i forbindelse med detaljplanfasen. De fleste poretrykksmålerne er plassert relativt lavt i terrenget. Samtlige poretrykksmålere er elektriske med minne. Omtrentlig plassering av poretrykksmålerne fremgår i Figur 3.10 og en oversikt over måleperiode og målt grunnvannstand er gitt i Tabell 3.2.



Figur 3.10 Omtrentlig plassering av poretrykksmålere i prosjektområdet.

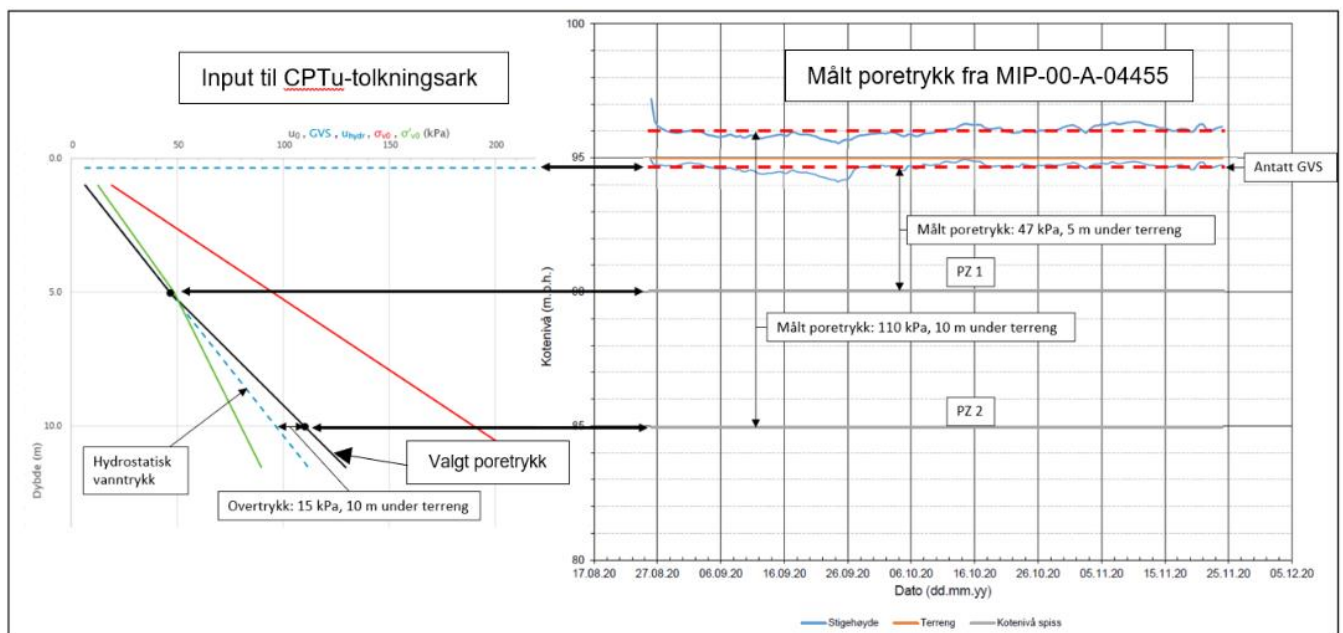
Tabell 3.2 Oversikt over alle poretrykksmålere i prosjektområdet.

Borpunkt [terrengkote] (spiss dybde [m])	Måleperiode	Målt ift. terreng (forutsatt hydrostatisk poretrykk over spiss)
A246 [+95] (5)	26.08.20 - 20.09.21	0,1-0,9 m under
A246 [+95] (10)	26.08.20 - 20.09.21	0,5-1,4 m over
A258 [+97,2] (5)	26.08.20 - 20.09.21	0,1-0,6 m under
A258 [+97,2] (9)	26.08.20 - 20.09.21	1,5-2,4 m over
A286 [+119,4] (3)	08.12.20 - 20.09.21	0,2-0,3 m over
A286 [+119,4] (5)	08.12.20 - 20.09.21	0,7-1,1 m over
A407 [108,8] (8)	01.09.20 - 20.09.21	0,1-1,6 m over
A440 [+95,6] (3)	10.09.20 - 20.09.21	0,5-1,0 m under
A440 [+95,6] (6,5)	10.09.20 - 20.09.21	0,4 m under til 0,1 m over
A474 [+92,3] (5)	14.10.20 - 20.09.21	1,7-0,7 m over
A474 [+92,3] (10)	14.10.20 - 20.09.21	2,8-3,1 m over
H113-1 [+118,3] (5)	23.09.20 - 20.09.21	0,0-0,5 m over
H113-1 [+118,3] (14)	09.10.20 - 20.09.21	2,2-2,6 m over
H291 [+118,3] (5)	28.09.20 - 20.09.21	1,1 m under til 0,1 m over
H295 [113] (5,7)	29.09.20 - 20.09.21	0,2-0,4 m under
H303 [+116] (3,8)	29.09.20 - 20.09.21	0,5-1,3 m under
H1320 [+94,3] (5,3)	28.06.21 – 20.09.21	0,2-0,5 m under

H1302 [+102,6] (7)	08.02.21 – 20.09.21	0,2-0,3 m over
H1302 [+102,6] (15,2)	08.02.21 – 20.09.21	1,5-2,0 m over
65PZ [+94,8] (8,3)	30.06.21 – 21.09.21	4,0-5,0 m under
10PZ [+104,6] (5)	07.09.21 – 20.09.21	1,0-1,8 m under
10PZ [+104,6] (9)	07.09.21 – 20.09.21	2,5-2,8 m under
PZ_BH22 [+98,5] (5)	31.08.21 – 20.09.21	0,0-0,5 m over
PZ_BH22 [+98,5] (10)	31.08.21 – 20.09.21	0,0-0,5 m over

I borpunktene der det er plassert ut to poretrykksmålere viser resultatene tydelig at det er et overtrykk. Resultatene tyder på at grunnvannstanden ligger rundt 0,5-1 meter under terreng i de lavtliggende områdene. For poretrykksmåleren (65PZ) som er plassert på toppen av en skråning viser det at grunnvannstanden står 4-5 m under terreng. I de områdene hvor det er mangelfull informasjon fra poretrykksmålere er det benyttet en konservativ grunnvannstand i stabilitetsberegningene. I disse områdene er grunnvannstanden satt til 0,5 m under terreng i bunnen og 1 m under terreng i toppen av skråningen.

Vanntrykk/poretrykk vurderes med grunnlag i poretrykksmålere plassert i utvalgte borpunkter. Figur 3.11 viser tolkningsprinsippet som har blitt brukt ved fastsettelse av poretrykksprofil i dybden basert på resultater fra poretrykksmålere. De fleste poretrykksmålere er plassert lavt i terrenget og i bunnen av en skråning. I toppen av skråninger eller generelt høytliggende områder har det blitt antatt en grunnvannstand på 1 meter under terreng med hydrostatisk trykkfordeling i dybden. I midten av skråninger har det blitt antatt en grunnvannstand mellom 1 meter under terreng og målt grunnvannstand fra en nærliggende poretrykksmåler.



Figur 3.11 Eksempel på hvordan data fra to poretrykksmålere fra samme borhull har blitt benyttet i tolkningen av CPTu. Borpunkt A246 blir brukt som eksempel. Dataen er hentet inn fra Geoteknisk datarapport [19].

3.6 Identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løsneområde

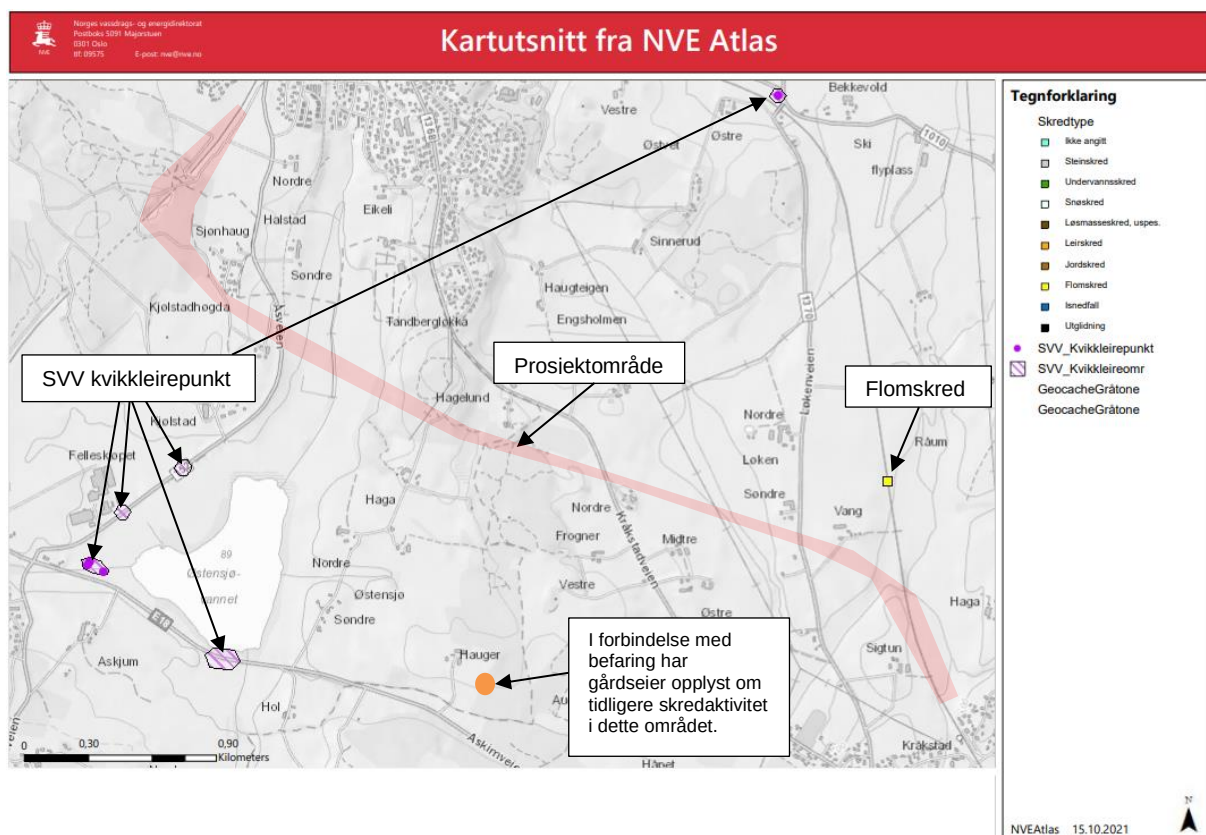
Topografien i området er vurdert ved topografisk bratthetskart fra NVE Atlas. Dette er benyttet for å kunne se hvor i området de bratteste og høyeste skråningene er lokalisert, se Figur 3.1 for bratthetskart. Det er flere skråninger som kan være kritiske for stabiliteten av området og mange steder skal de planlagte tiltakene bygges i de eller i nærheten.

Ettersom at prosjektet strekker seg over et større område er det valgt å dele inn prosjektområdet i mindre delområder for å få en oversiktlig gjennomgang og lettere se på kritiske skråninger, løsneområder, utløpsområder og gi en klassifisering av faresoner. Kap. 3.8 gir en kort innføring i hvert delområde, før de neste hovedkapitlene 4 til 9 tar for seg hvert enkelt delområde i en mer detaljert grad. En nærmere identifisering av kritiske skråninger er utført i kapittel X.1 for hvert delområde.

3.7 Tidligere kartlegging

Det er sett på tidligere kartlagte kvikkleiresoner i området ved å benytte databasen til NVE. Figur 3.12 viser de nærmeste sonene til det planlagte tiltaket hvor det er påvist kvikkleire samt posisjonen til et tidligere flomskred. Undersøkelsene viser at det har blitt registrert punkter og områder med kvikkleire på vest- og sørsiden av Østensjøvannet. Det er også registrert ett kvikkleirepunkt nord for de planlagte tiltakene og et flomskred nord for Kråkstad.

I forbindelse med befaring av området, ble det informert om et tidligere kvikkleireskred på jordet ved Vestre Hauger av bonden på gården. Området er markert med oransje i Figur 3.12. Nærmeste kartlagte løsneområde ligger utenfor kartutsnittet i Figur 3.12 og er registrert ved Øvre Tømt ca. 2 km nordøst for Kråkstad.



Figur 3.12 Kart over posisjon til tidligere påviste kvikkleirepunkter og skredhistorikk

Kilde: <https://atlas.nve.no/>

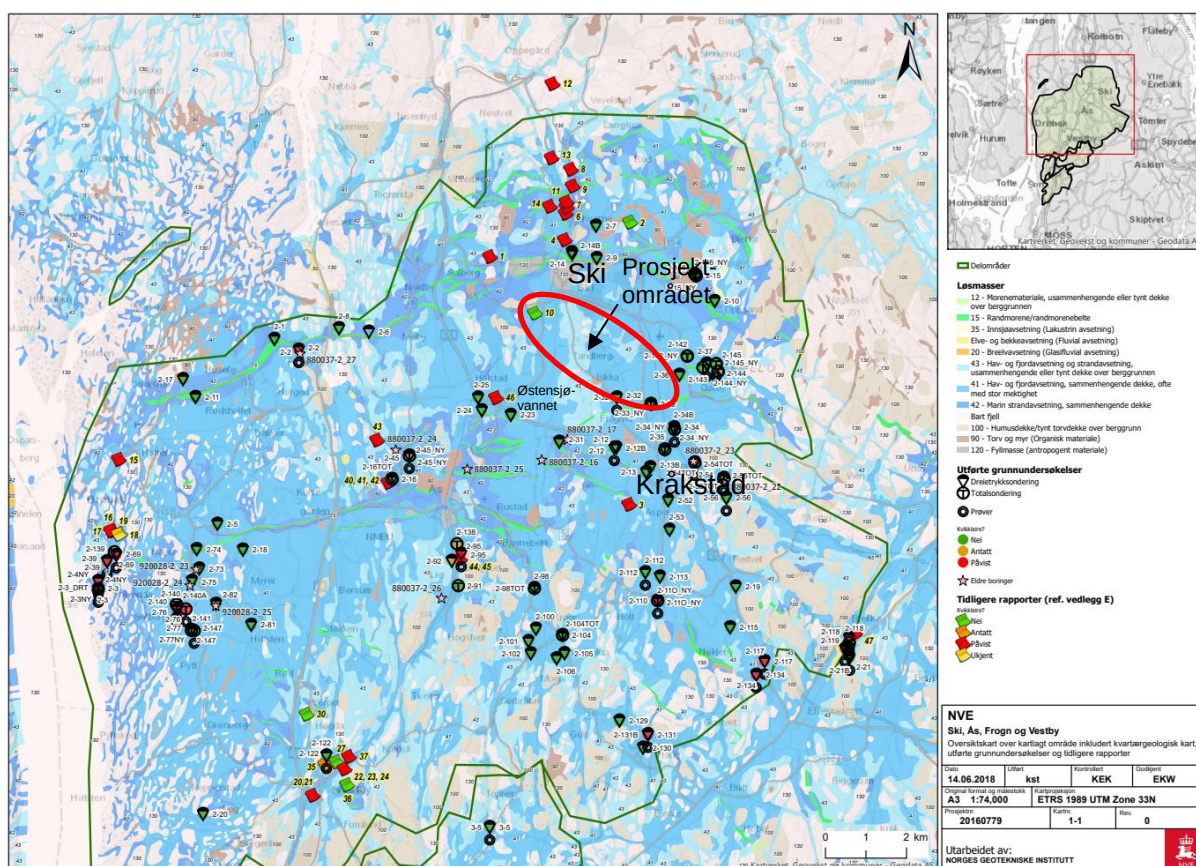
Som en del av skredforvaltningsarbeidet har det i NVE regi blitt utført skredfarekartlegging for kommunene Ski, Ås, Vestby og Frogn. Kartleggingen er sammenfattet i følgende 3 rapporter.

- Kvikkleirekartlegging Ski, Frogn, Ås og Vestby, Risiko for kvikkleireskred, 2018 [14]
- Kvikkleirekartlegging Ski, Frogn, Ås og Vestby, Geoteknisk datarapport, 2018 [22]
- Kvikkleirekartlegging Ski, Frogn, Ås og Vestby, NGI befaringsrapport, 2017 [21]

Kartleggingen konkluderer med at det er 18 potensielle skredfarlige soner med tilhørende potensielle utløpssoner. Ingen av de kartlagte sonene finnes i prosjektområdet. Det bemerkes, at den utførte kartlegging er en oversiktskartlegging som ikke har hatt som formål å påvise samtlige områder med sprøbruddmaterialer i de 4 kommunene.

Figur 3.13 viser utførte grunnundersøkelser i forbindelse med kartleggingen samt hvorvidt det er påvist kvikkleire i de enkelte punktene. I kartet er punkter med påvist kvikkleire markert med rød farge, mens grønn farge indikerer at det ikke skal være kvikkleire.

Som det fremgår ligger de utførte grunnundersøkelser utenfor prosjektområdet og de som er utført i nærheten har ikke påvist forekomst av kvikkleire.



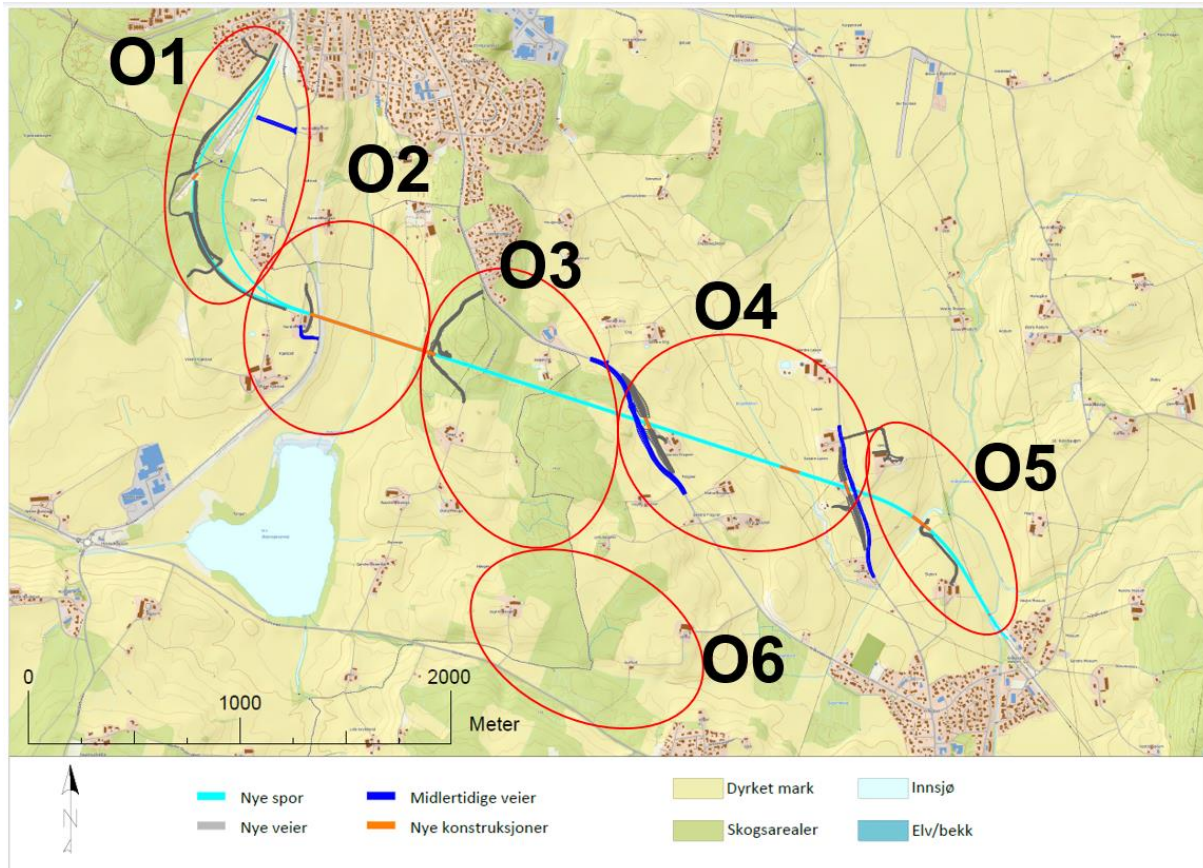
Figur 3.13 Oversiktskart over kartlagt område inkludert kvartærgeologisk kart og utførte grunnundersøkelser av NGI. Figuren er hentet fra vedlegg 1 i rapport [14].

Det konkluderes med at den tidligere kartleggingen i området vil være tilstrekkelig grunnlag for utredning av områdestabiliteten på detaliplannivå.

3.8 Områdeinndeling

Med tanke på å få til en oversiktlig gjennomgang er prosjektområdet blitt inndelt i mindre delområder, O1 til O6, se Figur 3.14.

Dette for å få en oversiktlig gjennomgang og lettere se på kritiske skråninger, løseområder, utløpsområder og gi en klassifisering av faresoner. De neste hovedkapitlene 4 til 9 tar for seg hvert enkelt delområde i en mer detaljert grad der oppsetningen til vedlegg 1 (kap. 4 til 11) i NVEs veileder 1/2019 er førende for innholdet. Hvert delområde vil bli utredet grundig med indentifisering av aktsomhetsområder, informasjon fra befarings, utførte grunnundersøkelser indentifisering av potensielle faresoner, klassifisering av faresoner, materialparametere, stabilitetsvurderinger og tiltak, før konklusjon.



Figur 3.14 Anvendt områdeinndeling O1 til O6 langs de planlagte tiltakene. Den viste inndelingen er indikativ.

De ulike delområdene er inndelt som følger

- **O1:** Strekningen fra Ski langs ny østre linje frem til der landkaret for den planlagte dalbruen skal plasseres (høytliggende).
- **O2:** Dalen avgrenset i øst og vest av landkarene for den planlagte dalbroen (lavtliggende).
- **O3:** Felles for området er at størstedelen av de planlagte tiltak her ligger i skjæring (høytliggende).
- **O4:** Strekningen etter høydedraget på Hagelundåsen frem til Fv. 29 (lavtliggende).
- **O5:** Strekningen fra kryssing av Fv. 29 frem til Kråkstad (lavtliggende).
- **O6:** Det er ingen planlagte tiltak i delområde O6 per dags dato. Tidligere i prosjektet har det vært planlagt deponi i dette delområdet.

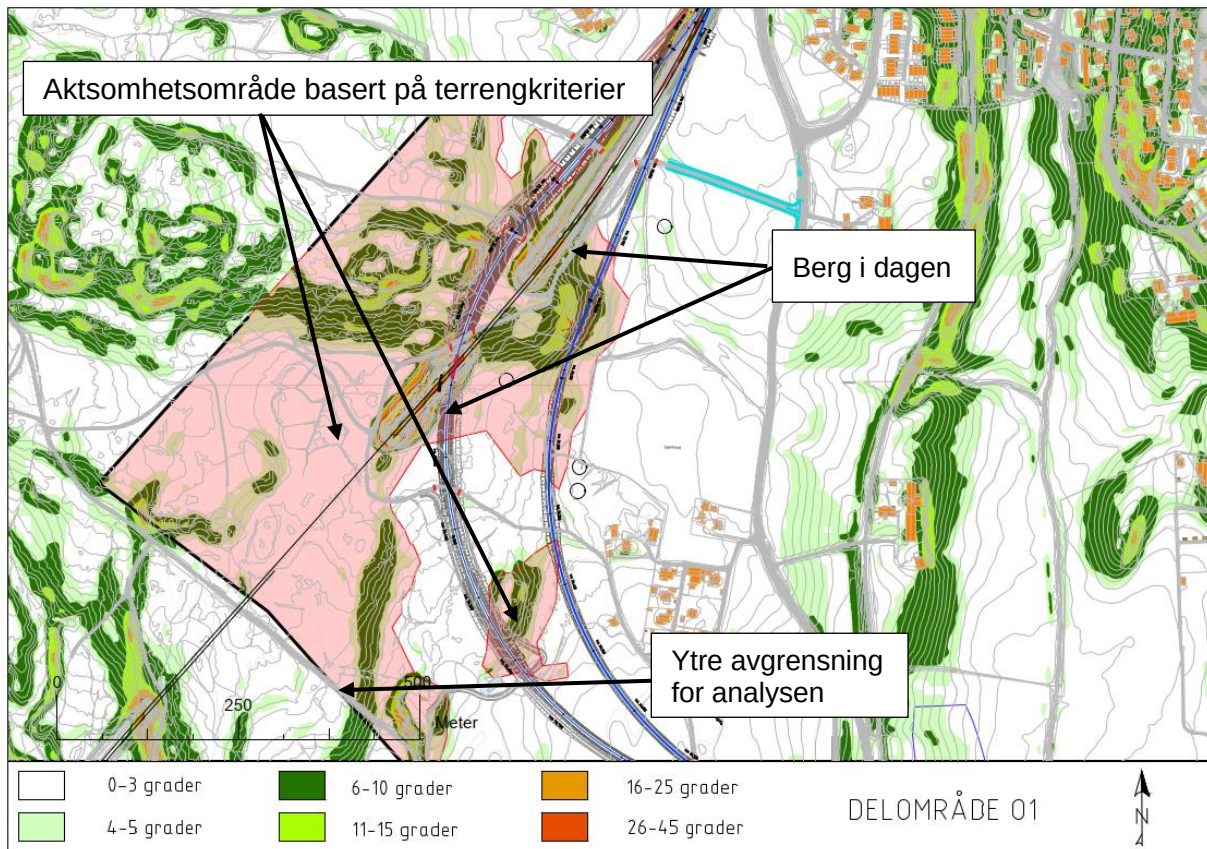
4 DELOMRÅDE O1

4.1 Identifisering av kritiske skråninger og aktsomhetsområder

Delområdet O1 ligger under marin grense og kvartærgeologisk kart (Figur 3.3) viser at løsmassene i området varierer mellom hav- og fjordavsetning, humusdekke/ tynt torvdekke over berggrunn, marin strandavsetning, og hav- og fjordavsetning og strandavsetning. Det er registrert bart fjell vest for planområdet, hvor deler av dagens Vestre linje går i tunnel.

Det er utført en terrengeanalyse for å identifisere kritiske skråninger og å begrense aktsomhetsområdene til de områdene hvor topografien gir mulighet for fare for områdeskred, se Figur 4.1. I delområdet O1 er det enkelte områder med hellende terreng brattere enn 1:20 (3 grader) og total skråningshøyde som er mer enn 5 m. Det kan ikke utelukkes at det ikke er fare for områdeskred i delområdet O1 basert på bare terrengeanalyse av området.

Figur 4.1 viser at et potensielt aktsomhetsområde basert på terrengekriterier ligger vest for starten av avgrensning for ny Østre linje. I dag ligger eksisterende Vestre linje i dette området, hvor deler av banen går i tunnel og langs banen er det bergskjæring. Eventuelle utløpsmasser fra skred her kan ha potensiale til å nå sporet. Tilsvarende gjelder for et mindre aktsomhetsområde i mellom de to traséene som kommer av en liten forhøyning i terrenget.



Figur 4.1 Utstrekning av aktsomhetsområde (rødt) for O1 basert på bare terrengekriterier.

4.2 Befaring

Det er utført befaring av området våren 2021 av området. Fra befaring av området er det observert berg i dagen i den nordvestlige enden av delområdet O1, og traséen til Vestre linje ligger delvis i bergskjæring. Dette er noen av de samme områdene som har blitt identifisert som kritiske skråninger og en del av aktsomhetsområdet i Figur 4.1. Observasjonene av bergblotninger er med på å avgrense løснеområdet. Resterende del av området er relativt flatt.

Det er ikke observert tegn på skredaktivitet i nyere tid. I eksisterende drenggrøfter er det observert erosjon i ganske begrenset omfang.

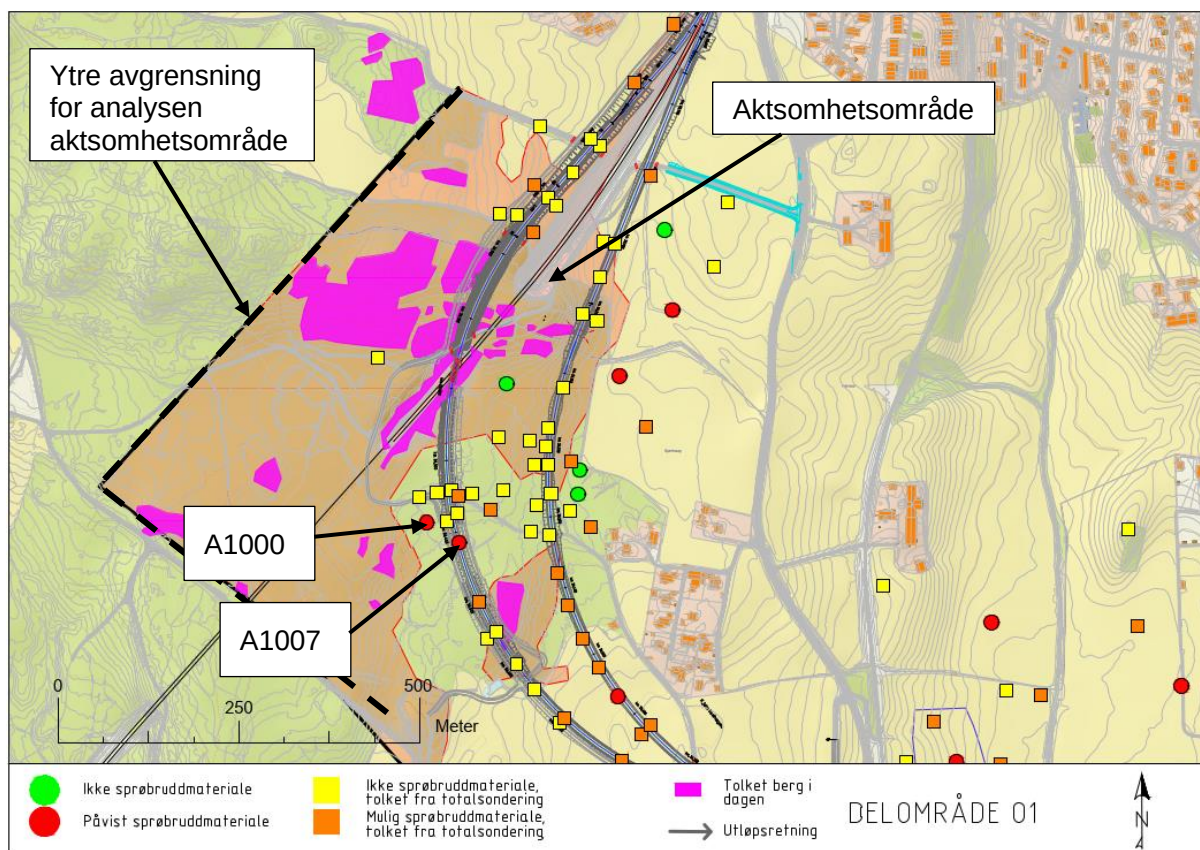
4.3 Grunnundersøkelser

Det er utført en stor mengde geotekniske grunnundersøkelser i delområde O1. Totalt er det utført 66 totalsonderinger, 4 CPTu sonderinger, tatt opp 13 stk. Ø54 sylinderprøver i 7 posisjoner og 31 stk. naverprøver i 13 posisjoner. Rutineundersøkelser er utført på sylinderprøvene. Det er utført korngraderingsanalyser samt plastisitetsindeks tester og ødometer- og treaksialforsøk. De utførte grunnundersøkelsene er egnet for å påvise forekomster av sprøbruddmateriale.

Tolkning av grunnundersøkelsene i henhold til kap. 3.5.1. Grunnundersøkelser viser at det i området er veldig grunt til berg, og i alle sonderinger treffes berg med en dybde mindre enn 10 m. Det er påvist potensielle sprøbruddmaterialer i to tynne lag i kun 2 prøveserier fra 2 borpunkter (ca. 2,5 m fra A1000 og ca. 2,8 m fra A1007). Det er for de to totalsonderingene påvist berg i ca. 4 meters dybde.

Ut ifra sonderingsprofiler og jordartsbeskrivelser fra prøveseriene er det konkludert at den lave omrørte skjærfastheten påvist fra prøveserien skyldes mest sannsynligvis det betydelige innslag av sandig- og grusig innholdet i leiren, og ikke representerer reel sprøbruddoppførsel. Den påviste sprøbruddegenskapen av disse to prøveseriene er ikke representativ for grunnforhold i dette området, aktsomhetsområdet utvides derfor ikke til å inkludere dette området.

En oversikt over en tolkning og påvisning av grunnforholdene er vist i Figur 4.2 sammen med aktsomhetsområdene.



Figur 4.2 Utstrekning av aktsomhetsområdet (rødt) basert på bare terrengkriterier sammenstilt med tolke grunnforholdene fra grunnundersøkelsene som er oppsummert i vedlegg E.

4.4 Aktuelle skredmekanismer og avgrensning av faresone

Utførte grunnundersøkelser vurderes som representative for aktsomhetsområdet, og grunnlaget for den videre analysen vurderes som tilstrekkelig. Det er registrert mye berg i dagen og liten løsmassemektighet i de identifiserte aktsomhetsområdene. Med bakgrunn i dette er det ikke potensielle faresoner for områdeskred i delområde O1, og videre utredning er derfor ikke relevant.

4.5 Konklusjon

Tilgjengelig geoteknisk grunnlag for delområde O1 vurderes som tilstrekkelig for å understøtte de relevante vurderinger i henhold til NVE veileder 1/2019 [1] og NVE eksternrapport 9/2020 [2].

Det er ikke identifisert faresoner (løsne- eller utløpsområder) for områdeskred i delområde O1.

Stabiliteten til planlagte tiltak i delområde O1 (spor, veger, deponi og midlertidig riggplass) vil bli ivarettatt i henhold til gjeldende krav til lokalstabilitet.

Erosjonssikring av planlagte skjæringer, fyllinger og drengrofter etableres i henhold til føringer gitt i Teknisk regelverk og SVV sine veiledere.

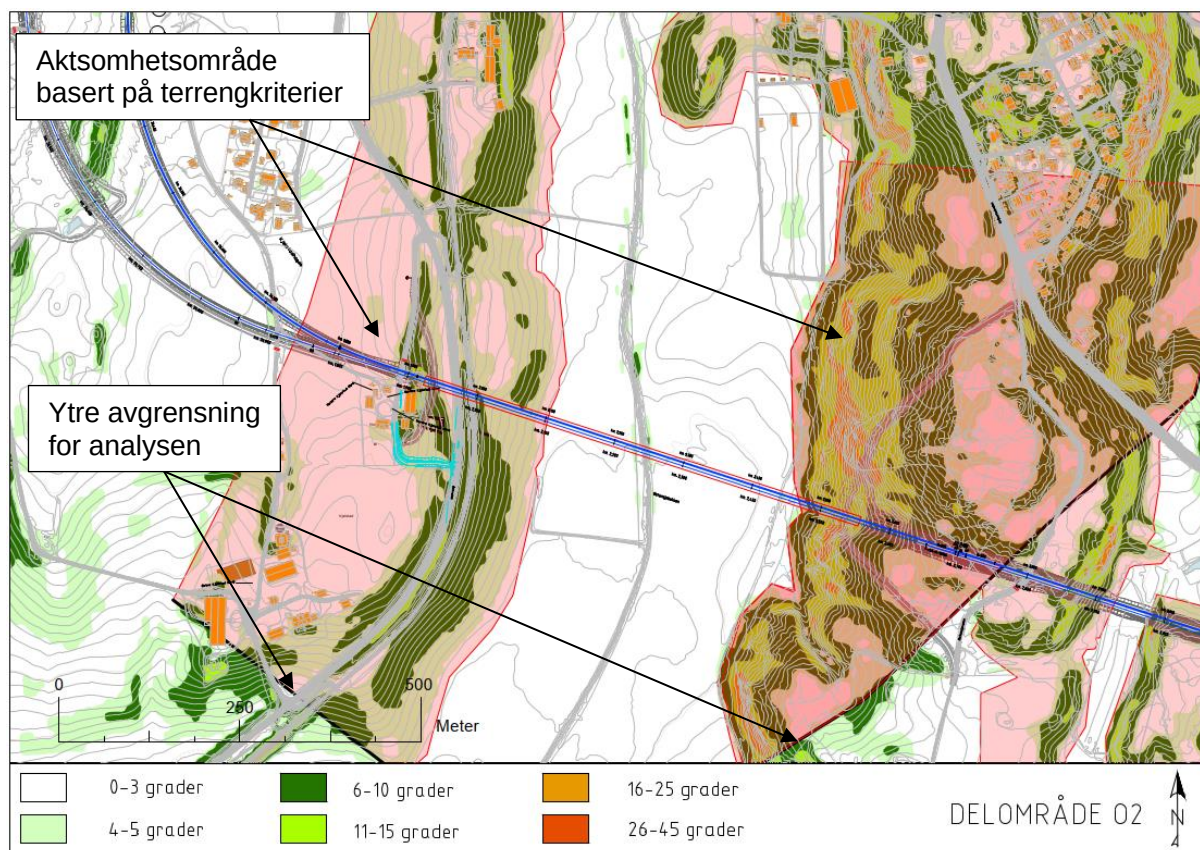
5 DELOMRÅDE O2

5.1 Identifikasjon av kritiske skråninger og aktsomhetsområder

Delområde O2 ligger under marin grense, og kvartærgeologisk kart (Figur 3.3) viser at området består av hav- og fjordavsetninger. NGU har klassifisert at sannsynligheten er svært stor for å treffe på marin leire i hele delområdet, se Figur 3.2.

Det er utført en terrengeanalyse for å identifisere kritiske skråninger og begrense aktsomhetsområdene til de områdene hvor topografien gir mulighet for fare for områdeskred. Terrengekriteriene i punkt 3 i NVE sin prosedyre for utredning av områdeskredfare har blitt benyttet for å tegne inn aktsomhetsområder for løснеområder. Aktsomhetsområdene er vist i Figur 5.1. Delområdet O2 har et relativt flatt område (dalsøkk i terrenget) hvor det blir avgrenset av hellende terreng på begge dalsider. Det kan ikke utelukkes at det er fare for områdeskred i delområdet O2 basert på bare terrengeanalyse av området.

Figur 5.1 viser at det er to potensielle aktsomhetsområder basert på terrengekriterier, en på hver side av dyrket mark. Det er gitt en avgrensning til de to aktsomhetsområdene enten sideveis eller bakover, da områdene har en veldig stor utstrekning. For aktsomhetsområdet øst i Figur 5.1 er avgrensningen satt fordi området strekker seg inn i delområde O3 samt terrengekriterier, og blir derfor analysert i kap. 6.



Figur 5.1 Utstrekning av aktsomhetsområder for løснеområde (rødt) for O2 basert på bare terrengekriterier.

5.2 Befaring

Det er utført to befaringer av området våren 2021, de befarte strekningene kan ses i Figur 5.2. Fra befaring av området er det observert at det flate området i dalbunnen er dyrket mark, hvor den dyrkede marken blir delt av Østensjøbekken i midten. På den vestlige siden av dalsøkket går dagens Fv. 152. I skråningen øst for Østensjøbekken er det observert bergblotninger på de høyeste «toppene». Det er ikke observert tegn til på skredaktivitet i nyere tid.

Befaring av Østensjøbekken er utført 22.04.2021 av geoteknikker Jakob Bitsch Jensen fra NIRAS Norge AS i en periode med antatt normal vannføring. Befaringen ble utført med henblikk på å undersøke/dokumentere dagens forhold langs bekken, herunder særlig erosjonsforhold og eksisterende plastring.

Bekkeløpet ligger i en skjæring omtrent 2-3 m under det omkringliggende terreng. Vanndybden varierer noe langs strekningen, men er trolig ikke mer enn rundt 30 cm der det er dypest.

På strekningen ble det observert spredt plastring. Noen plasser er det plastring på begge sider av bekken over lengere strekninger, andre steder er det bare ensidig plastring. Noen plasser er plastring etablert lokalt omkring drenerør. 4 – 5 plasser er det etablert plastring både på sidene og i bunnen av bekkeløpet. Disse steder er det større strømningshastighet og noe gradient. På de resterende deler av strekningen er det typisk lite strømningshastighet og begrenset gradient. Vannet fremsto noe uklart. Totalt sett vurderes det at opp imot 1/3 av strekningen er plastret i større eller mindre grad (ensidig eller tosidig). Plastringen er etablert med sprengstein i varierende størrelse. Det er ikke observert fiberduk.

På strekningen finnes en del større trær og busker (i hovedsak bjørk og pil). Det står igjen enkelte stubber fra større trær som har veltet ut over bekken og etterpå blitt tatt bort. Enkelte trær langs skråningen til bekken har skrå stamme. Dette gir indikasjon på at det skjer/har skjedd en langsom bevegelse av skråningen over tid som følge av erosjon. Skråningene fremstår generelt med et tykt organisk dekke. Det er i tillegg observert erosjon i skråningsfot inntil 20-30 cm over vannlinjen.

Bunn og sider i bekkeløpet består i all hovedsak av leire og finkornige friksjonsmasser. Det er ikke indikasjon på tidligere skredd langs bekkeløpet.

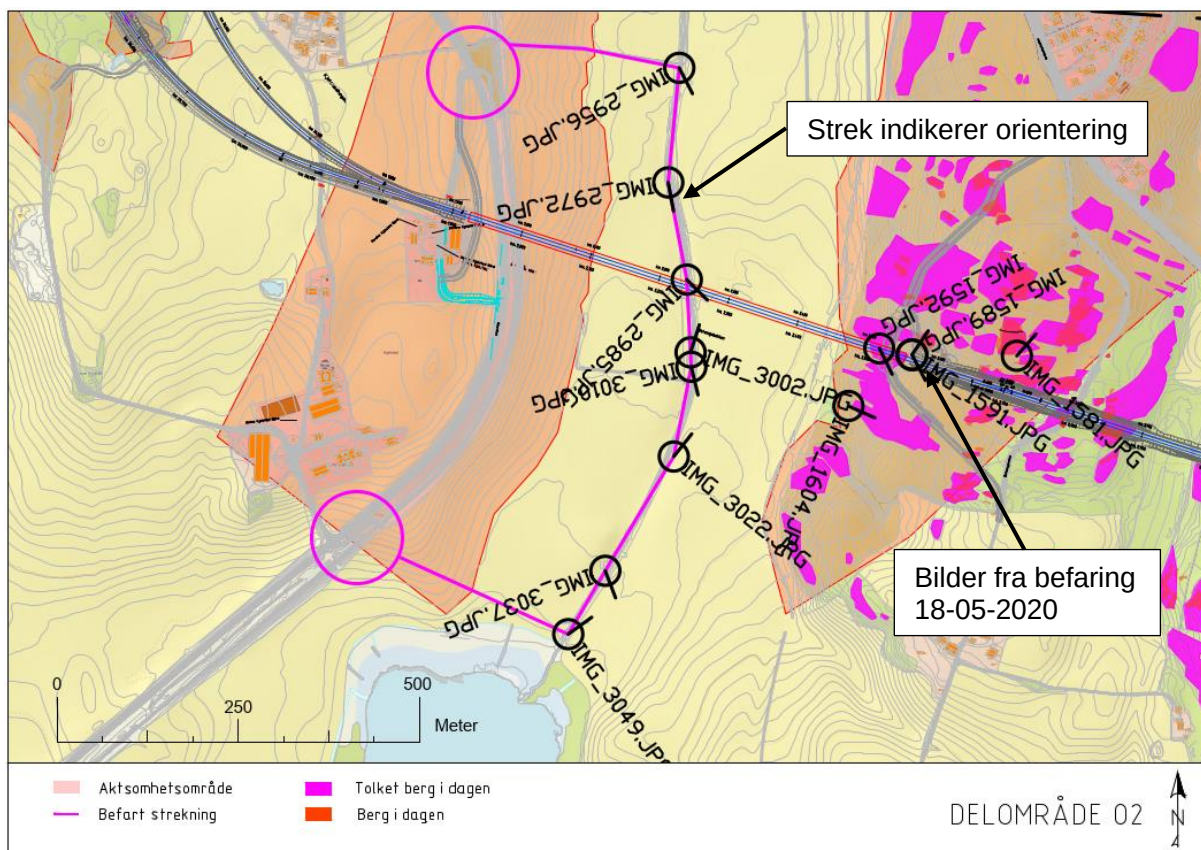
Prosjektet har for nåværende ikke informasjon om når eller av hvem den eksisterende spredte plastring har blitt etablert, men basert på omfang av plantevekst etc. skal plastringen trolig være etablert innenfor de siste årene.

Erosjonsforholdene har blitt vurdert i henhold til kriteriene (bildeeksempler og tabell) i vedlegg A (A1 – A5) til NVE eksternrapport 9/2020 [2]. Erosjonsgraden vurderes som «ingen til lite erosjon» (poeng score 0-1).

Befaringen på strekningen langs Østensjøbekken er dokumentert med totalt 94 georefererte bilder. EXIF data omfatter posisjon og orientering.

18.05.2020 ble det utført befaring i området øst for dalstrøket i forbindelse med utstikking av grunnundersøkelser. De fleste av de planlagte boringene i området utgikk pga. berg i dagen og antatt grunt berg. Et mindre utvalg av bilder er tatt med her for å dokumentere forekomsten av berg i dagen.

Et representativt utvalg av bilder fra befaringene er gjengitt i det følgende, Figur 5.3 til Figur 5.15.



Figur 5.2 Kartet viser rute for befaring, samt posisjon, orientering og navn til bildene som er gjengitt på de neste sidene.



Figur 5.3 Bilde: IMG_2956.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 5.4 Bilde: IMG_2972.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 5.5 Bilde: IMG_2985.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 5.6 Bilde: IMG_3002.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 5.7 Bilde: IMG_3010.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 5.8 Bilde: IMG_3022.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 5.9 Bilde: IMG_3037.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 5.10 Bilde: IMG_3049.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 5.11 Bilde: IMG_1581.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 18.05.2020)



Figur 5.12 Bilde: IMG_1589.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 18.05.2020)



Figur 5.13 Bilde: IMG_1591.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 18.05.2020)



Figur 5.14 Bilde: IMG_1592.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 18.05.2020)



Figur 5.15 Bilde: IMG_1604.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 18.05.2020)

5.3 Grunnundersøkelser

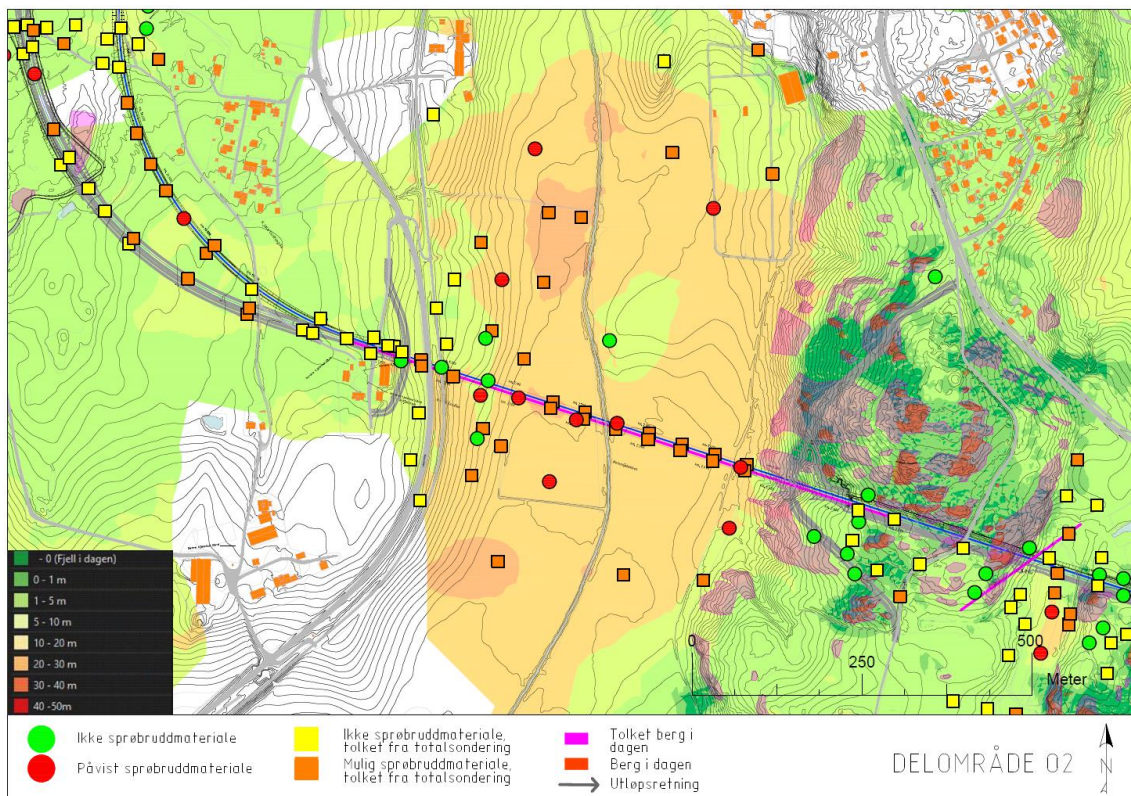
Det er utført geotekniske grunnundersøkelser i delområde O2 som er egnet til å påvise forekomster av sprøbruddmateriale. Det er utført 63 totalsonderinger, 14 CPTu sonderinger, tatt opp 33 stk. Ø54 sylinterprøver i 12 borehull og 3 stk. naverprøver fra 1 borehull. Rutineundersøkelser er utført på sylinterprøvene. I tillegg er det utført korngraderingsanalyser, ødometer- og treaksialforsøk samt fastsettelse av plastisitetsindeks.

Tolkning av grunnundersøkelsene er i henhold til beskrivelse gitt i kap. 3.5.1.

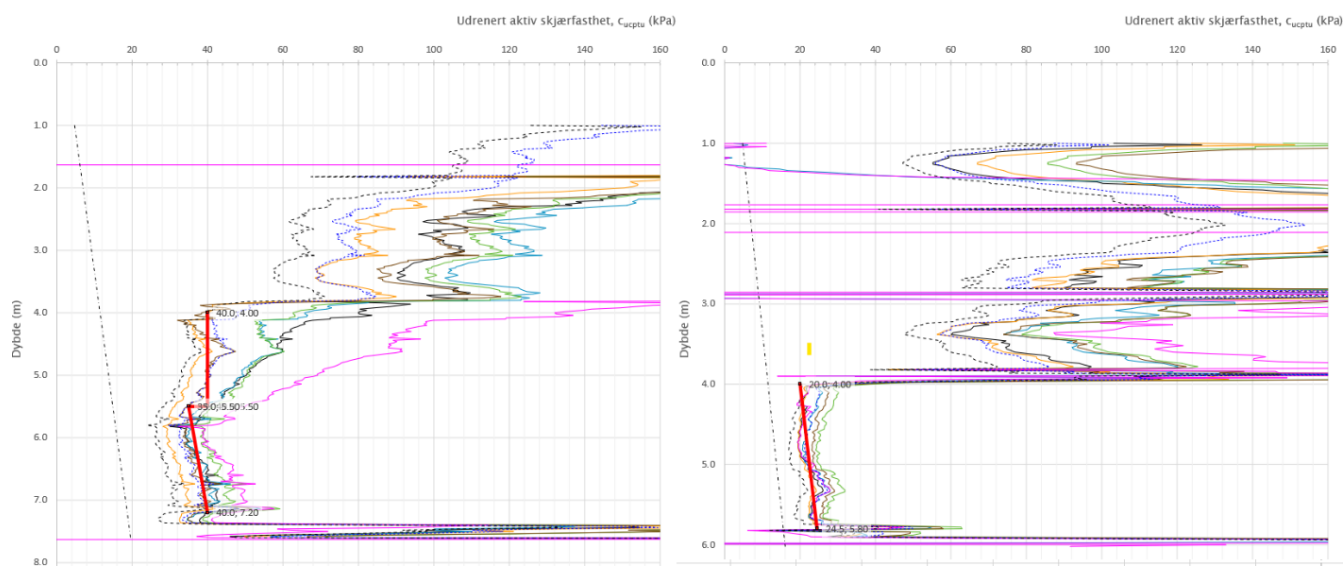
Grunnundersøkelsene viser at grunnforholdene i hele dalbunnen består av sprøbruddmateriale og kvikkleire med skjærstyrke rundt 20-25 kPa med noe styrketilvekst med dybden. Dybde til berg er generelt stor og i enkelte områder opp mot 30 m. Det er relativt stor mektighet av sprøbruddmateriale i området. Figur 5.16 gir en oversikt over modellert løsmassemektighet, samt plassering av borpunkt.

Opp langs den vestre skråningen blir løsmassemektingheten mindre og grunnundersøkelser viser at leirmassene blir fastere og mindre sprø. Grunnundersøkelser indikerer hovedsakelig fastere masser i skråningen mot nord, se Figur 5.17 for en sammenligning av CPTu profil fra borpunkt 2 mot nord og borpunkt 11 mot sør i området. I toppen av skråningen er det ikke påvist sprøbruddmateriale eller kvikkleire. Skråningen har en helning på ca. 1:12 og en total høydeforskjell på ca. 20 m. Det er påvist sprøbruddmateriale i nedre del av skråningen i området rundt planlagte tiltak og faren for områdeskred kan derfor ikke utelukkes for skråningen vest for Østensjøbekken.

For østre skråning er det ikke fare for områdeskred basert på observasjoner av mye berg i dagen under befaring. Berg ligger veldig grunt i området hvor terrenget er hellende i den nedre delen av skråningen. Grunnundersøkelser har ikke påvist sprøbruddmateriale eller kvikkleire i den øvre delen av østre skråning, og det er grunt til berg (maks. ca. 3 m).



Figur 5.16 Kartet viser antatt løsmassemektighet basert på grunnundersøkelser i delområde O2.

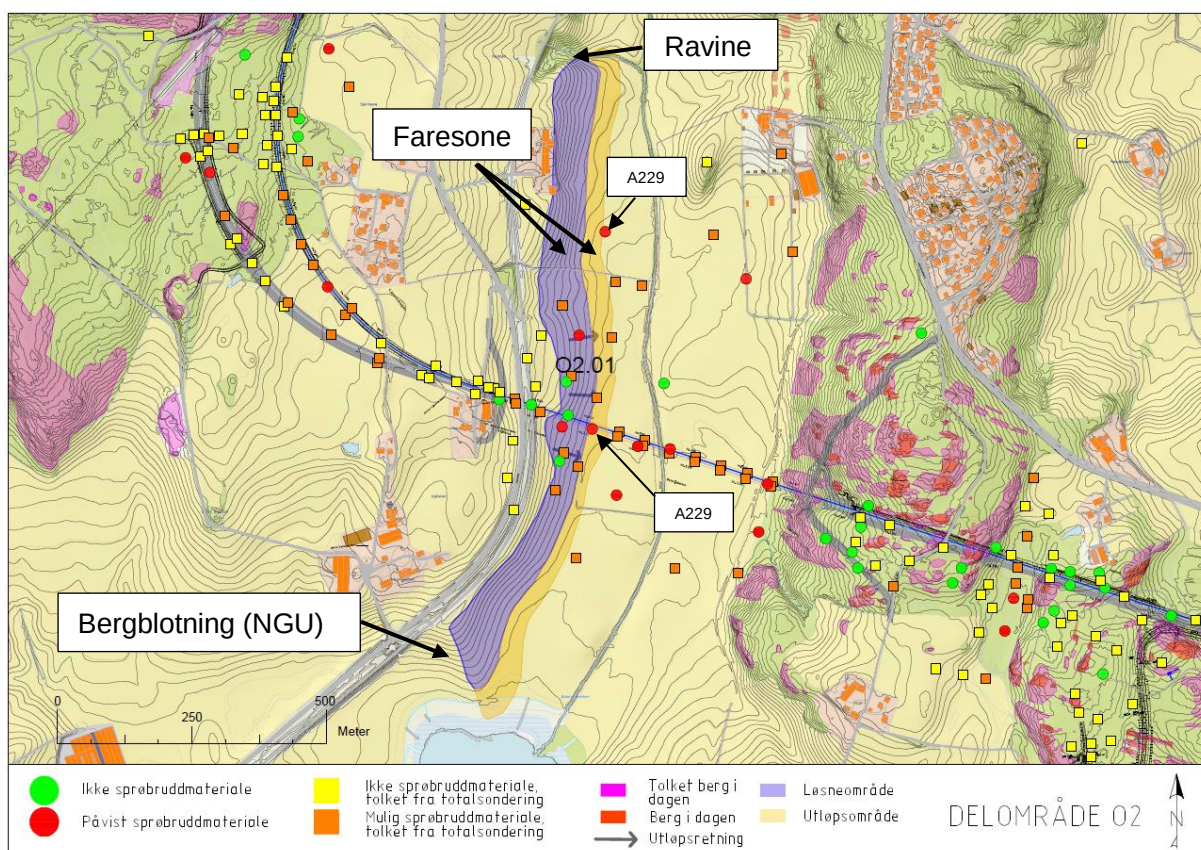


Figur 5.17 A) CPTu profil fra borpunkt nr.2, indikerer generelt leirer med $S_uA \sim 40$ kPa. B) CPTu profil fra borpunkt nr.11, indikerer leire med $S_uA \sim 20$ kPa mot dypet.

5.4 Aktuelle skredmekanismer og avgrensning av faresone

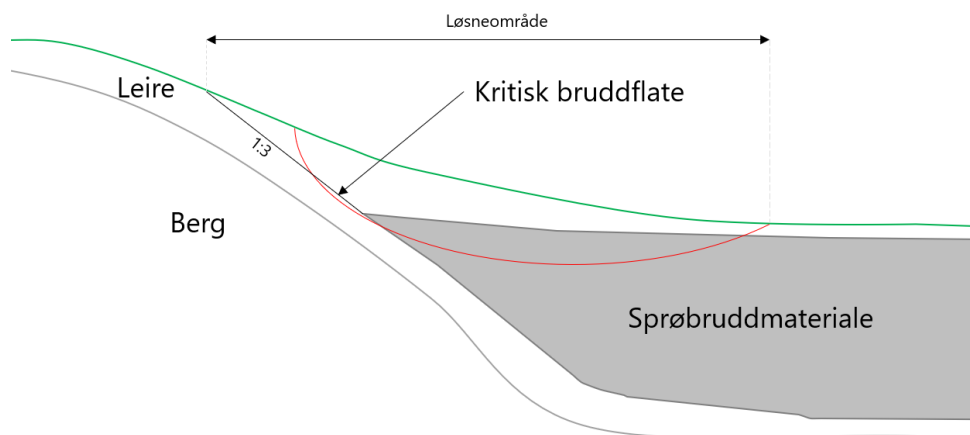
Med bakgrunn i det ovenstående delkapitlene er det i delområde O2 identifisert en faresone i den vestre delen av dalsiden. På østsiden av dalsiden kan aktsomhetsområdet utelukkes da det er observert mye berg i dagen, flere steder med løsmassemekktigheten mindre enn 2 m, samt grunnundersøkelser som viser at det ikke er sprøbruddmateriale. Figur 5.18 viser faresoner i delområde O2 og resultater fra grunnundersøkelser.

Faresone O2.01 er avgrenset sideveis mot nord av en ravine og mot sør er faresonen sideveis avgrenset av kartlagte bergblotninger fra NGU sitt løsmassekart. Bakkant av løsneområdene har blitt avgrenset ved å tegne en linje med helning 1:3 fra der det antas at sprøbruddmateriale utkiles i skråningen og opp til terreng, som illustrert i Figur 5.19.



Figur 5.18 Kartet viser mulig løsneområde (markert i blått) og tilhørende utløpsområde (markert med gul) i delområde O2.

I borpunkt A234 og A229 som ligger i bunnen av den vestlige skråningen er omrørt skjærfasthet målt til å være under 1 kPa (iht. ISO 17892-6:2017). Utførte grunnundersøkelser tyder på at sprøbruddmateriale kun strekker seg opp langs den nedre delen av skråningen. Stabilitetsberegningene i faresonen tyder på at mest kritisk brudd går der det er antatt at sprøbruddmaterialet kiles ut i skråningen, slik at det ikke befinner seg sprøbruddmateriale i bakkant av bruddfiguren. Tolket utstrekning av sprøbruddmateriale i profil er vist i vedlegg F. Ettersom det ikke finnes sprøbruddmateriale bak bruddflaten vurderes det at videre retrogressiv skredutvikling ikke vil være mulig. Relevant skredmekanisme vurderes derfor til å være flak- eller rotasjonsskred for faresone O2.01.



Figur 5.19 Prinsippskisse av utstrekning av sprøbruddmateriale i skråningen vest for Østensjøbekken

Utløpsområde har blitt tegnet inn med lengde lik halvparten av lengden til løsneområde i henhold til kap. 4.6 i NVE veileder 1/2019 [1] for rotasjonsskred.

Det er planlagt tiltak innenfor løsne- og utløpsområde O2.01 og det stilles derfor krav til videre utredning av faresonen i henhold til NVE veileder 1/2019 [1]. Tiltakene omfatter etablering av jernbanebru som skal fundamenteres på peler til berg. I anleggsfasen skal det etableres spuntgroper i forbindelse med etablering av brufundamenter og en anleggsvei. Midlertidige tiltak er skissert i Figur 2.5.

5.5 Klassifisering av faresone

5.5.1 Faregradsklassifisering av faresone O2.01

Faregraden av løснеområdet O2.01 er klassifisert i henhold til tabell 1 i NVE Eksternrapport 9/2020 [2]. Tabell 5.1 viser de faktorene som ligger til grunn for faregradsklassifiseringen i delområdet O2. Det påpekes at utførte grunnundersøkelser er konsentrert ved planlagte tiltak og at grunnforholdene nord i faresone O2.01 er i mindre grad kjent. Faregradsklassifiseringen for faresonen tar derfor utgangspunkt i delen av skråningen som ligger nær planlagte tiltak.

Tabell 5.1 Faktorer som medgår i faregradsklassifisering og valg av faregrad for O2.01. Rød markering viser valgt faktor.

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score				Poeng
		3	2	1	0	
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	0
Skråningshøyde, meter	2	>30	20-30	15-20	<15	4
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	2
Poretrykk. Overtrykk, kPa:	3	> +30	10,0-30,0	0,0-10,0	>2,0	9
Undertrykk, kPa:		> -50	- (20-50)	- (0-20)	Hydrostatisk	
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	4
Sensitivitet	1	>100	30 - 100	20 - 30	<20	2
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	0
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Lite	Ingen	3
Forbedring	-3	Stor	Noe	Lite	Ingen	
Sum						24

Tidligere skredaktivitet: Det er ikke registrert noen skredhendelser i nærheten av O2.01 fra NVE Atlas og det er heller ikke observert noe under befaring av området. Faregraden er satt til 0.

Skråningshøyde: Skråningshøyden er på det høyeste 25 m (inkluderer den øvre skråningen hvor det er grunt til berg og ikke påvist sprøbruddmateriale). Faregraden er konservativt satt til 2.

Tidligere/nåværende terrengnivå: Det er utført ødometerforsøk på prøvene som er tatt fra toppen av skråningen (A223), nedre delen av skråningen (A231) og i foten av skråningen (A241). Prøvene er enten forstyrret, eller så ser de ikke tydelig overkonsolidert ut. Ut fra resultatet fra andre prøver som er tatt fra nærområdet (A208, A246 og 8) er leiren overkonsolidert, og OCR ligger mellom 1,5-2,0. I kapittel 3.5.1 blir innsamlet OCR for prosjektet fremstilt og forklart nærmere. Basert på innsamlet data fra prosjektområdet er faregraden satt til 1.

Poretrykk: Det er ikke installert noen piezometer i foten av skråningen. Østensjøbekken ligger ca. 100 m fra bunn av skråningen. Det kan forventes poreovertrykk i foten av skråningen. Det er plassert ut et piezometer i toppen av skråningen (10PZ) med målt grunnvannstand på rundt 2 m i enden av løснеområdet. Faregraden er konservativt satt til 3.

Kvikkleiremektighet: I foten av skråningen er mektigheten av sprøbruddmaterialet påvist fra blant annet sonderinger A234, A238 og A237, som ganske stor, hvor mektigheten er >H/2. I nedre delen av skråningen avtar mektigheten av sprøbruddmateriale opp langs skråningen. Det finnes ikke sprøbruddmateriale eller kvikkleire i øvre delen av skråningen. Faregraden er satt til 2.

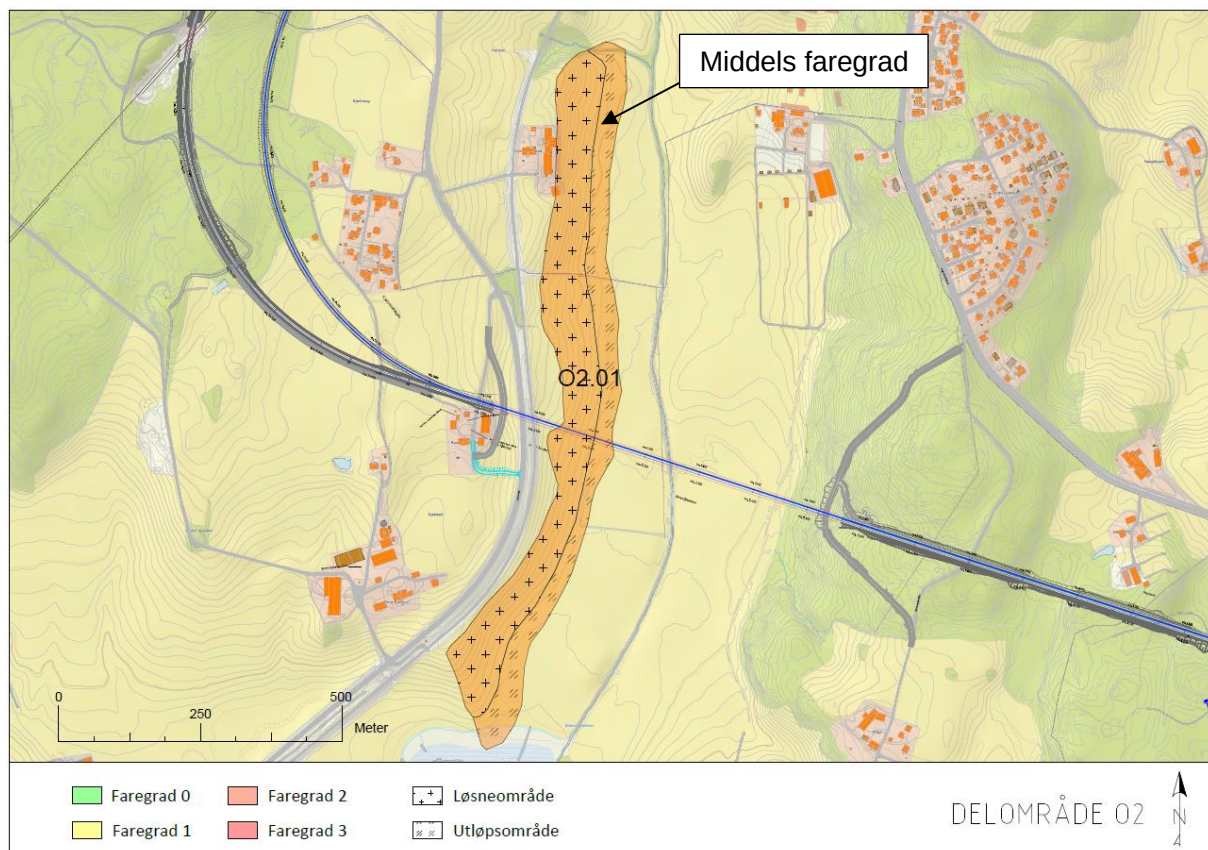
Sensitivitet: Prøveserien fra punkt A234 viser at sensitivitet er lavere enn 30 for alle de tre forskjellige dybder hvor det er påvist sprøbruddmateriale, men massene er påvist bløtere i de andre borpunkter i foten av skråningen. Faregraden er satt til 2.

Erosjon: Det er en bekk i bunnen av skråningen. Erosjonsevnen til bekken antas å være svært begrenset grunnet størrelsen og lav gradient i området. Eventuelt mindre omfang av erosjon i bekken vil ikke ha betydning for løsneområdet som omhandles her. Faregraden er satt til 0. Observasjoner fra befarings langs bekken er dokument i kapittel 5.2.

Inngrep: Brufundament skal direktefundamenteres i toppen av skråningen på berg og i forbindelse med dette vil det bli etablert en byggegrop. Dette skal ikke ha betydelig innvirkning på områdestabiliteten. Pelefundament i skråning og i foten av skråningen kan forverre stabiliteten i anleggsfasen med tanke på forverring av poretrykksforhold, selv om forverring skal være begrenset med stålkjernepeler. Faregraden er satt til 1.

Med en samlet poengsum på 24 plasseres O2.01 i middels faregrad. Figur 5.20 viser plassering og faregrad for faresone O2.01.

Man kan forvente at faresone O2.02 ville hatt lik faregrad som faresone O2.01 ettersom det ikke er vesentlig forskjell i skråningshøyde og erosjonsforhold. Avsetningene i faresone O2.02 forventes også å være lik som i faresone O2.01.



Figur 5.20 Kart over faregradsklassifiserte faresoner i delområde O2.

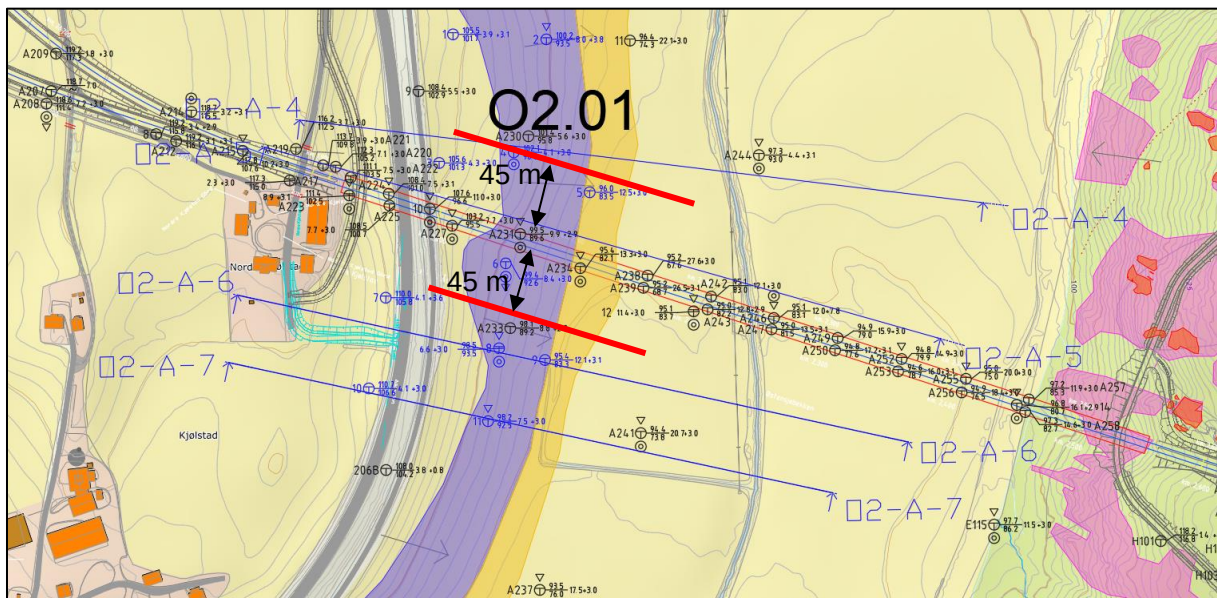
5.6 Kritiske snitt og materialparametere

Det er vurdert at sideveis utbredelse av et rotasjonsskred ikke vil være større enn lengden til den bakovergripende skredutbredelse. Faresonen strekker seg på det meste 90 meter opp i skråningen. Det har blitt antatt at et rotasjonsskred som starter 45 meter nord eller sør for det planlagte tiltaket kan ha konsekvens for tiltaket og at det er denne delen av faresone O2.01 som kan utgjøre en fare for det planlagte tiltaket. Det henvises til kap. 2.3.2 for nærmere beskrivelse av antatt maksimal sideveis utbredelse for rotasjonsskred.

Stabiliteten er beregnet langs 4 snitt i faresone O2.01. Plasseringen av snittene er vist i Figur 5.21. Benyttede materialparametere i de kritiske snittene O2-A-4, O2-A-5 og O2-A-6 fremkommer av Tabell 5.2 og Tabell 5.3. Det henvises til relevante SuA-profil i vedlegg B side B1-12 og side B79.

Det anvendes effektive parametere som angitt i kapittel 3.5.1.

Plastisitetsindeks for leirene i faresone O2.01 ligger i gjennomsnitt på 15%. På bakgrunn av målingene av plastisitetsindeks har leirene i O2.01 blitt modellert med ADP-faktorer $c_{UD}/c_{UC} = 0,65$ og $c_{UE}/c_{UC} = 0,37$, som er i henhold til tabell 1 i NIFS rapport 14/2014 [23].



Figur 5.21 Kartet viser plassering av kritiske snitt og maksimal utstrekning til sideveis skredutbredelse i faresone O2.01

Tabell 5.2 Styrkeparametere som ble benyttet i stabilitetsberegningene for profil O2-A-4 og O2-A-5.

Materialnavn	Tyngdetetthet	Attraksjon	Friksjonsvinkel	Udrenert skjærstyrke
	γ/γ'	a	Φ	S_u
[-]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kPa]
Tørrskorpeleire	19/9	0	30	-
Leire SuA 23 + 0	19/9	10	25	23 kPa
Leire SuA 23 + 2	19/9	10	25	23+2,0 kPa/m
Leire SuA 35 + 2	19/9	10	25	35+2,0 kPa/m

Tabell 5.3 Styrkeparametere som ble benyttet i stabilitetsberegningene for profil O2-A-6.

Materialnavn	Tyngdetetthet	Attraksjon	Friksjonsvinkel	Udrenert skjærstyrke
	γ/γ'	a	Φ	S_u
[-]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kPa]
Tørrskorpeleire	19/9	0	30	-
Leire SuA 23 + 2	19/9	10	25	23+2 kPa/m
Leire SuA 20 + 3.6	19/9	10	25	20+3,6 kPa/m
Leire SuA 20	19/9	10	25	20

5.7 Stabilitetsvurderinger

Stabiliteten er undersøkt i dagens situasjon langs snitt O2-A-4, O2-A-5, O2-A-6 og O2-A-7. Resultatene av utførte totalspenningsanalyser er vist i vedlegg C side C1-C18. Resultatene fra utførte stabilitetsberegninger er oppsummert i Tabell 5.4. Beregningene viser at stabiliteten i dagens situasjon lever opp til krav for områdestabilitet $F_{cu} \geq 1.4$ og $F_{c\phi} \geq 1.25$.

I anleggsfasen har påvirkningen av etablering av anleggsvei blitt undersøkt i snitt O2-A-5. Det planlegges å etablere anleggsveien parallelt med snitt O2-A-5 og det er valgt å belaste skråningen med en flatelast på 19,5 kN/m² med en lengde på 8 meter i stabilitetsberegningene som skal representere tunge anleggsmaskiner. Stabilitetsberegningene viser at anleggsveien vil kunne redusere stabiliteten i skråningen. Beregning vist på side C7-C14 i vedlegg C viser at det er mulig å oppnå tilstrekkelig stabilitet ved å etablere kalksementpeler i nedre del av skråningen eller å etablere motfylling i bunnen av skråningen.

Tabell 5.4 Forutsetninger og resultater av stabilitetsberegninger i slide2.

Vedlegg	Snitt	Tilstand	SF*	Note
[-]		[-]	[-]	[-]
C1	O2-A-4	Udrenert	1.61	Dagens situasjon
C2	O2-A-4	Drenert	4.51	Dagens situasjon
C3	O2-A-5	Udrenert	1.64	Dagens situasjon
C4	O2-A-5	Drenert	4.12	Dagens situasjon
C6	O2-A-5	Udrenert	1.43	Midlertidig situasjon med anleggsvei mest kritiske plasserte last
C9	O2-A-5	Udrenert	1.61	Midlertidig situasjon med anleggsvei, med KS-stabilisering
C13	O2-A-5	Udrenert	1.62	Midlertidig situasjon med anleggsvei mest kritisk plasserte last, med motfylling
C15	O2-A-6	Udrenert	1.50	Dagens situasjon
C16	O2-A-6	Drenert	1.44	Dagens situasjon
C17	O2-A-7	Udrenert	1.47	Dagens situasjon
C18	O2-A-7	Drenert	2.24	Dagens situasjon
* Rød farge angir beregning med utilstrekkelig stabilitet og grønn farge angir beregning med stabilitet svarende krav for K3.				

Vedlegg E side E2 viser et kart over planlagte midlertidige tiltak i delområde O2 og kartlagte faresoner for løsneområde. Fra kartet kan man se at det er planlagt å benytte arealer delvis innenfor faresone O2.01 for lagring av matjord i ranker. Midlertidig lagring av matjord plasseres i tiltakskategori K2. Det anbefales å ikke benytte arealer innenfor kartlagte faresoner for løsneområde til lagring av matjord eller andre masser. Dersom det likevel bestemmes å benytte arealer innfor faresoner for løsneområde for lagring av matjord skal det dokumenteres at massene legges ut på en slik måte at stabiliteten i faresonene ikke forverres. Det er da viktig at rekkefølgen massene blir lagt ut på blir vurdert slik at man alltid sikrer seg at stabiliteten av skråningen ikke forverres.

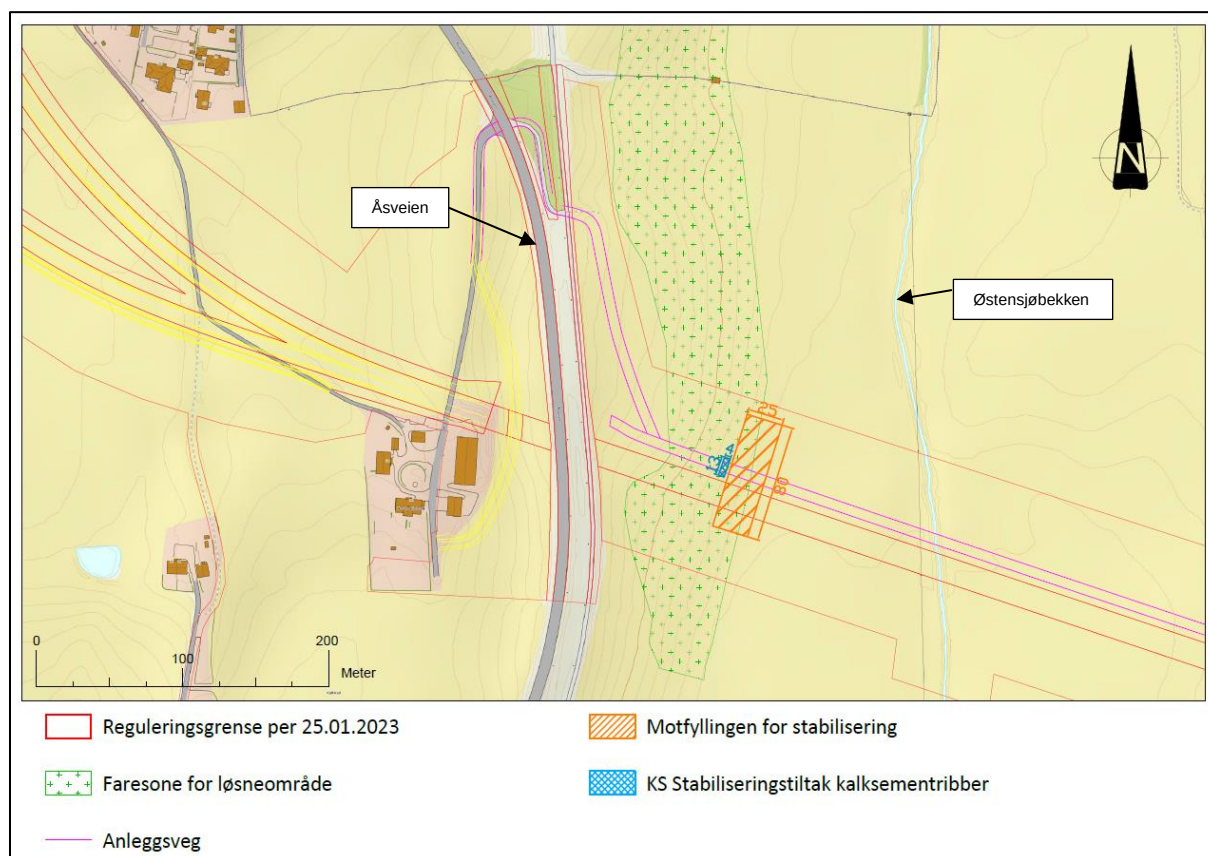
5.8 Stabiliserende tiltak

Da dagens situasjon tilfredsstiller sikkerhetskravet for områdestabilitet og at de planlagte tiltak ikke vil forverre stabiliteten i permanent situasjon, vil det ikke være behov for særskilte sikringstiltak i permanent situasjon med tanke på områdestabilitet i delområde O2.

I byggefasen skal det utarbeides faseplaner der det sikres at man ikke forverrer stabilitet innenfor faresone O2.01 i alle faser. Dersom det ikke er mulig å unngå en forverring av stabiliteten i en fase, kreves det at man kan dokumentere sikkerhetsfaktor i faresonen på $F_{cu} \geq 1,4 \cdot f_s$ og $F_{\phi p} \geq 1,25$. Hvis dette ikke lar seg dokumentere skal det etableres sikringstiltak for å heve stabiliteten i faresonen til et nivå som tilfredsstiller krav om områdestabilitet. Sikringstiltak (og oppnådd tilstrekkelig sikkerhetsfaktor) må etableres før arbeid som kan medføre redusert stabilitet i faresonen kan starte. Det er viktig at faseplanene følges nøye opp i anleggsperioden. Det henvises til beskrivelser i kap. 2.3.3.

For å ivareta områdestabiliteten i midlertidig fase viser utførte stabilitetsberegninger at det vil være nødvendig med stabiliserende tiltak for midlertidig anleggsvei. Stabiliserende tiltak kan være i form av KS-stabilisering eller motfylling som vist i beregning C8- C14 i vedlegg C. Det vurderes at det vil være tilstrekkelig å etablere en motfylling som strekker seg 40 meter nord og sør for planlagt anleggsvei langs skråningen. Lengden til motfyllingen vil da være omtrent lik den bakovergripende lengden til faresonen. Plassering og utbredelse av motfylling og KS-stabilisering er skissert sammen med reguleringsgrensene i Figur 5.22.

Dersom det skal utføres grunnforsterkning i form av kalksementstabilisering innenfor faresone O2.01 skal det planlegges et overvåkningsprogram for poretrykk i forbindelse med etablering av kalksementpeler. Dette for å sikre at økt poretrykk som følge av etablering av kalksementpeler ikke reduserer områdestabiliteten. Det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{\phi p} \geq 1,25$ når kalksementstabilisering benyttes. Det henvises til kap. 6.2.3 i NVE veileder 1/2019 [1]. Den midlertidige destabiliserende effekten av etablering av KS-peler forventes å kun ha en lokal virkning.



Figur 5.22 Skissert utstrekning og plassering av motfylling og KS-stabilisering

5.9 Konklusjon

Tilgjengelig geoteknisk grunnlag for delområde O2 vurderes som tilstrekkelig for å understøtte de relevante vurderingene i henhold til NVE veileder 1/2019 [1] og NVE eksternrapport 9/2020 [2].

Det er identifisert en faresone (løsne- eller utløpsområde) for områdeskred i delområde O2. Se Figur 5.20. Det er planlagt tiltak innenfor faresone O2.01.

For deler av faresone O2.01 der et skred kan få konsekvens for planlagte tiltak er det dokumentert at stabiliteten tilfredsstiller krav for områdestabilitet i dagens situasjon og permanent situasjon uten stabiliserende tiltak. Tiltaket vil i permanent situasjon ikke forverre stabiliteten innenfor faresonen og det konkluderes derfor med at det ikke vil være behov for særskilte sikringstiltak i permanent fase med tanke på områdestabilitet i delområde O2. Det skal sikres at områdestabiliteten til enhver tid er ivarettatt i anleggsperioden som beskrevet i kap. 5.8. For å sikre at områdestabiliteten er ivarettatt i anleggsperioden for planlagt anleggsvei må det utføres stabiliserende tiltak, enten i form av motfylling eller KS-stabilisering som beskrevet i kap. 5.8.

Erosjon langs Østensjøbekken vil ikke ha betydning for stabiliteten innenfor kartlagt faresone. Det stilles derfor ikke krav om økt omfang av erosjonssikring langs bekken.

Erosjonssikring av planlagte skjæringer, fyllinger og drengrofter etableres i henhold til føringer gitt i Teknisk regelverk og SVV sine veiledere.

Arbeidene innenfor faresone O2.01 skal utføres i følgende rekkefølge:

- 1) Dersom KS-stabilisering benyttes som stabiliserende tiltak for midlertidig anleggsvei skal det innen etablering utarbeides et overvåkingsprogram med predefinerte grenseverdier for oppbygging av poretrykk.

Det anbefales å etablere testpeler med monitorering av utbredelse av poretrykksoppbygging og dissipasjonstid for å bedre kunne planlegge anleggsfasen.

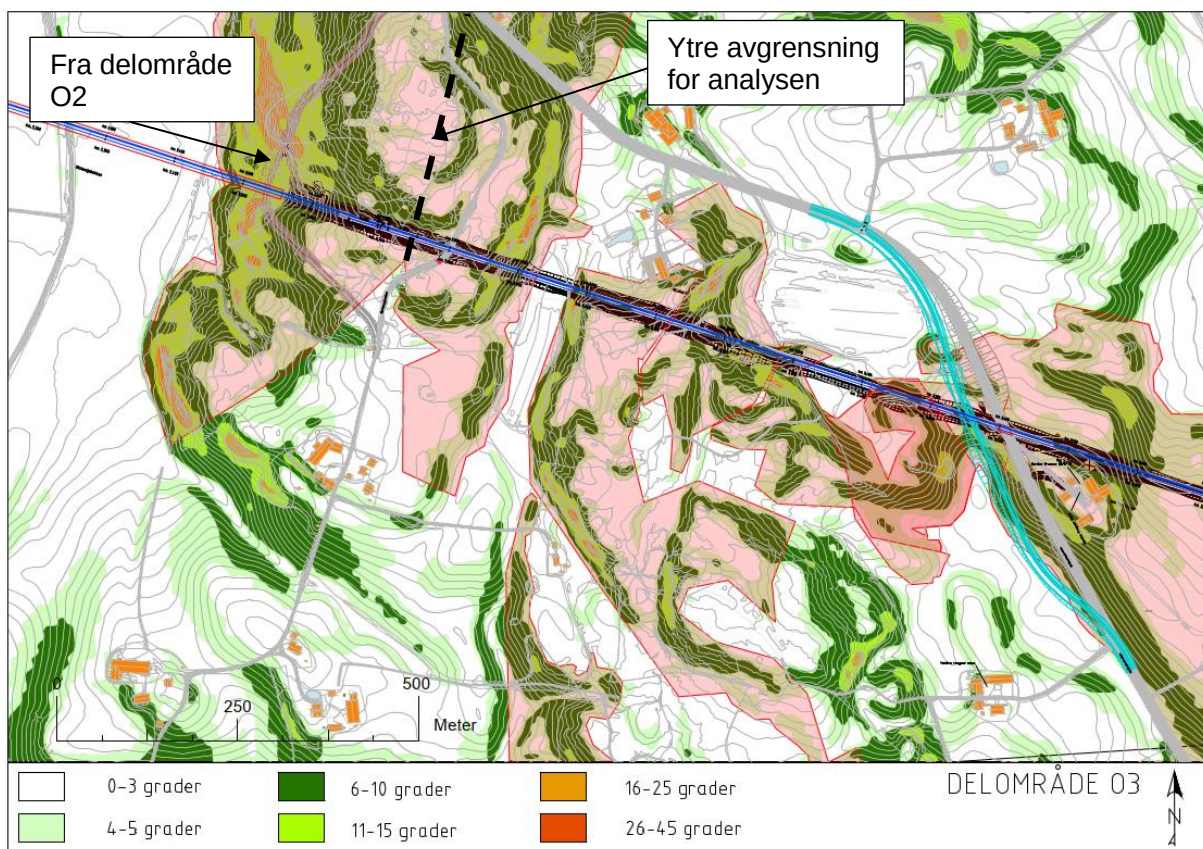
- 2) Stabiliserende tiltak i form av KS-stabilisering og/eller motfylling etableres. Ved bruk av KS-stabilisering skal poretrykk i grunnen omkring overvåkes kontinuerlig. Dersom måleprogrammet avdekker uakseptabel poretrykksoppbygging som følge av KS-stabiliseringen skal arbeidet stanses i påvente av dissipasjon av poretrykk. Etablering av vertikaldren kan være relevant for å få fortgang i utjevning av poretrykk og redusere influenssonen fore poretrykksoppbygging til den enkelte pel.
- 3) Ved bruk av KS-peler skal ikke påføres last oppå pelene innen stabilisert materiale har oppnådd tilstrekkelig styrke. For nåværende forutsettes en ventetid på 28 døgn. Innblandingmengde kan tilpasses for kortere ventetid.
- 4) Anleggsvei etableres og tas i bruk
- 5) Øvrige arbeider i relasjon til fundamentering av K009 gjennomføres. De deler av arbeidene som skjer innenfor faresone O2.01 må planlegges og gjennomføres på slik vis at kravene i NVE veileder 1/2019 etterleves.

6 DELOMRÅDE O3

6.1 Identifikasjon av kritiske skråninger og aktsomhetsområder

Delområde O3 ligger under marin grense, men området ligger i et høydedrag sammenlignet med områdene rundt. Området består ifølge NGUs kvartærgeologiske kart (Figur 3.3) hovedsakelig av bart fjell og tynn hav- og fjordavsetninger. I tillegg er det klassifisert at delområdet O3 ligger i et område der sannsynligheten er liten for å påtreffe marin leire, se Figur 3.2.

I delområde O3 er det identifisert flere kritiske skråninger basert på terrengkriteriene, som har gitt flere potensielle aktsomhetsområder. Utstrekningen av de ulike aktsomhetsområdene fremgår av Figur 6.1. Identifisering og avgrensning av aktsomhetsonene har blitt gjort med utgangspunkt i de topografiske kriteriene gitt i steg 3 i tabell 3.1 i NVEs veileder 1/2019 [1]. Det er gitt en avgrensning for enkelte av aktsomhetsområdene basert på terrengkriteriene og/eller påviste grunnforhold.



Figur 6.1 Utstrekning av aktsomhetsområder (rødt) for delområde O3 basert på terrengkriterier.

6.2 Befaring

Deler av område O3 ble befart av Jakob Bitsch Jensen 18.05.20 ved utplassering av borpunkter. Fra befaring ble det i den nordlige delen observert berg i dagen flere steder. I tillegg er det utført kartlegging av berg i dagen av NIRAS Norge sine ingeniørgeologer (Martine Baklien og Sondre Hjelmeland) i den nordlige delen av området i september 2020. Området består av tett skog.

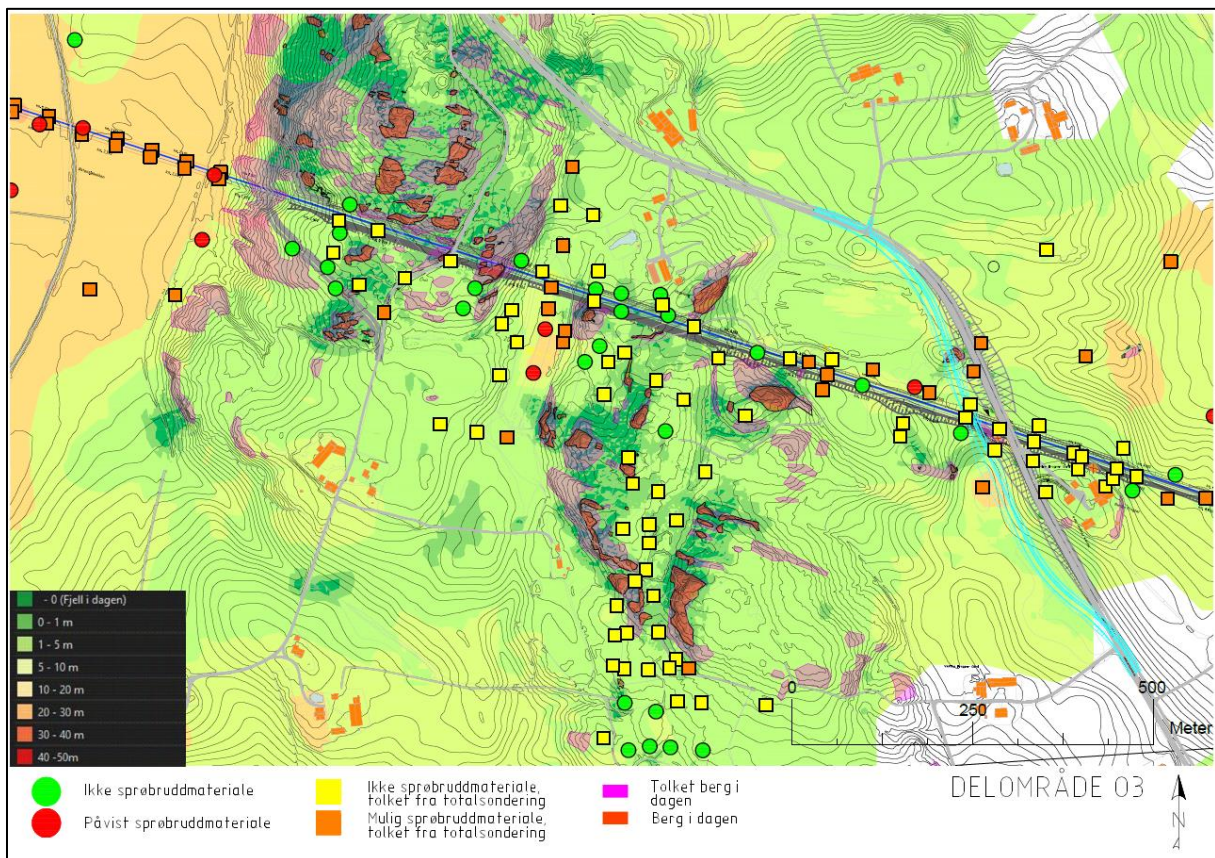
Fra begge befaringene er det registrert berg i dagen og mye morenemateriale på dette høydedraget. Det ble ikke observert tidligere skredaktivitet i nyere tid og erosjon er observert i begrenset omfang rundt eksisterende drengrofter i skillet mellom dyrket mark og skogsareal.

6.3 Grunnundersøkelser

Det er utført store mengder grunnundersøkelser i delområde O3. Enkelte planlagte borpunkter har utgått i den nordlige enden da det ble observert berg i dagen. Det er utført totalsonderinger, trykksonderinger, sylinder- og naverprøver, samt utplassering av flere poretrykksmålere. Det er utført korngraderingsanalyser, samt plastisitetsindekstester og ødometer- og treaksialforsøk. De utførte grunnundersøkelsene er egnet for å påvise sprøbruddmateriale.

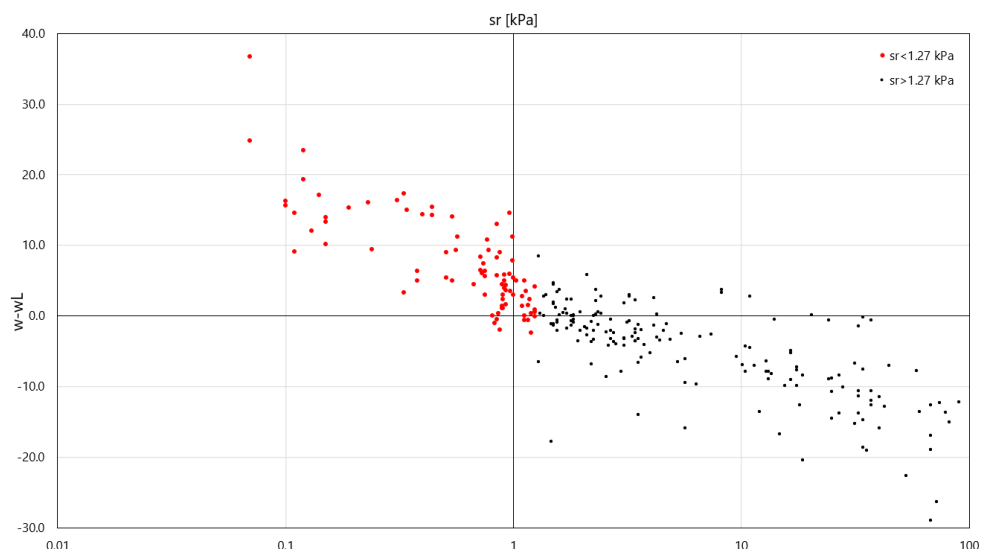
Tolkning av grunnundersøkelsene i henhold til kap. 3.5.1. Grunnundersøkelsene viser at grunnforholdene i store deler av delområde O3 består av bedre løsmasser. Det er imidlertid enkelte punkter som der det har blitt påvist sprøbruddmateriale.

Løsmassemektheten varierer mellom 0 til 15 meter delområdet O3. Det er fortrinnsvis grunt til berg og det har blitt observert berg i dagen over store deler av delområde O3. Figur 6.2 viser modellert løsmassemekthet og tolkede grunnundersøkelser i delområde O3.



Figur 6.2 Kartet viser antatt løsmassemekthet basert på grunnundersøkelser i delområde O3.

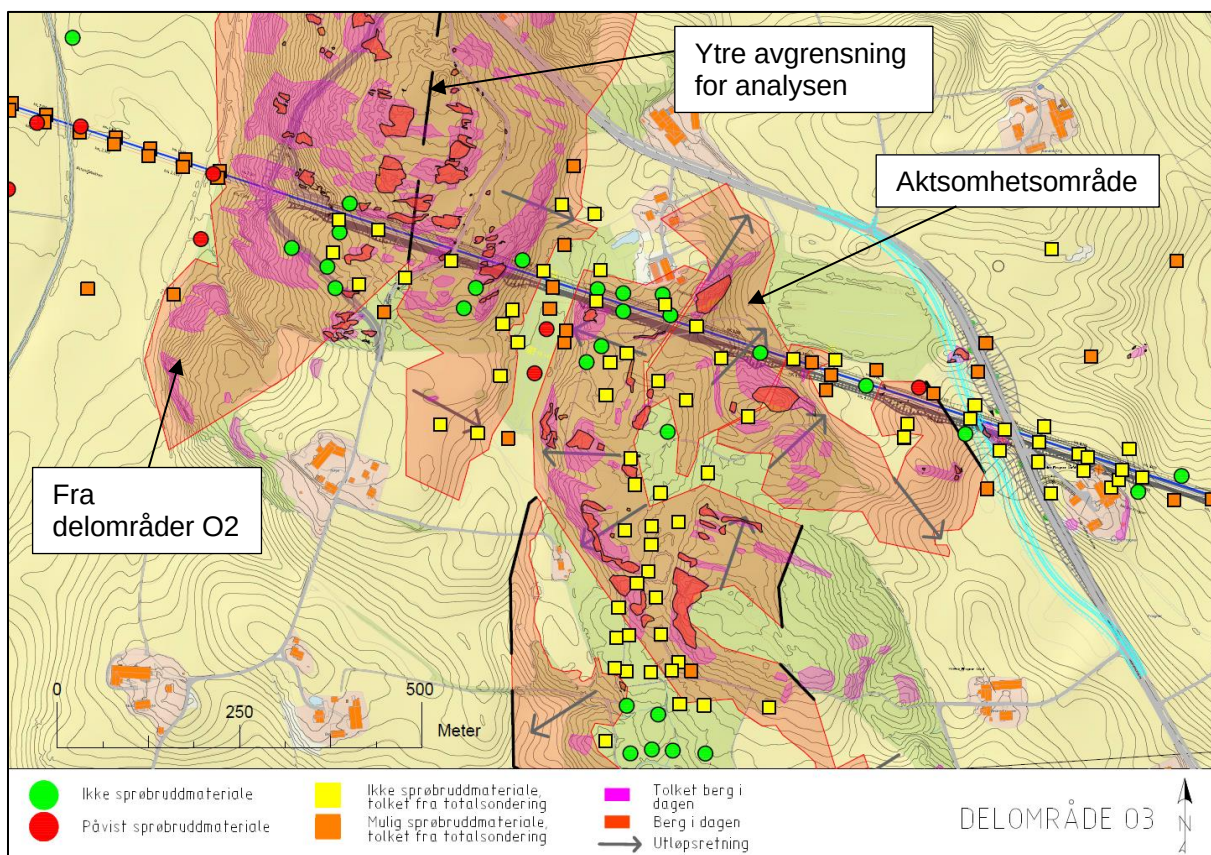
I enkelte borpunkt har det vært utfordringer med å ta opp uforstyrrede prøveserier. I disse punktene har det isteden blitt tatt opp poseprøver der vanninnhold, plastisitetsgrense og flytegrense har blitt målt. Omrørt skjærfasthet har ikke blitt målt på prøvemateriale fra poseprøvene (grunnundersøkelsene ble utført før definisjonen på sprøbruddmateriale ble endret), men sammenhengen mellom differansen vanninnhold – flytegrense og omrørt skjærstyrke er undersøkt for leirene i prosjektområde. Fra Figur 6.3 kan man se at korrelasjonen er god mellom differansen vanninnhold – flytegrense og omrørt skjærstyrke. For borpunkt i delområde O3 der vanninnhold og flytegrense til leiren er målt, og vanninnholdet er målt å til å være 4% lavere enn flytegrensen, har leiren ikke blitt klassifisert som sprøbruddmateriale. Disse borpunktene har blitt markert med grønn sirkel i Figur 6.2.



Figur 6.3 Samplott av differanse mellom vanninnhold og flytegrense og omrørt skjærstyrke fra konusforsøk på leirer i prosjektområde

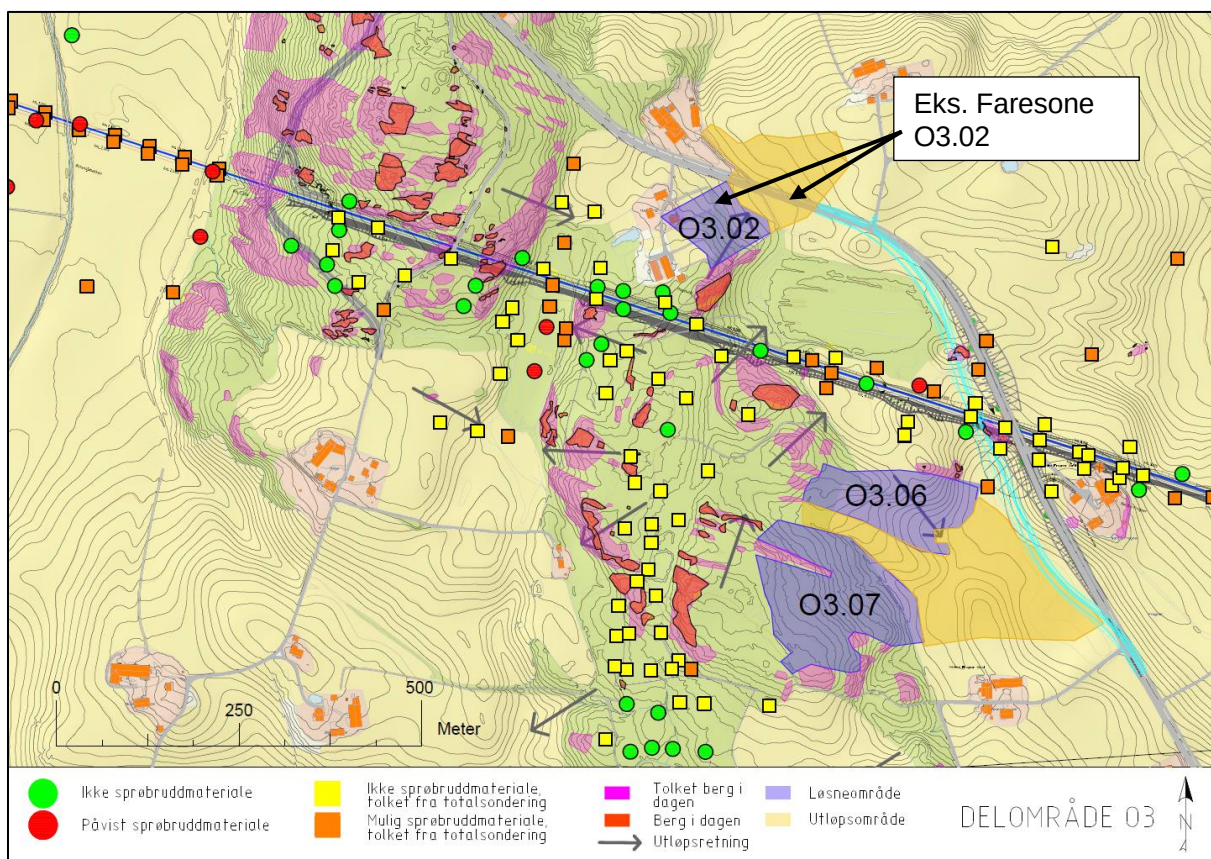
6.4 Aktuelle skredmekanismer og avgrensning av faresone

Med informasjonen i de forrige delkapitlene er det identifisert flere potensielle faresoner i delområde O3 basert på aktsomhetsområdene fra terrengkriteriene i NVEs veileder 1/2019 [1]. Den største delen av aktsomhetsområdet i vest har blitt utelukket grunnet kartlagt berg i dagen og lav løsmassemeknighet. Fra Figur 6.4 kan enn se at grunnundersøkelsene i de identifiserte aktsomhetsområdene består av løsmasser som ikke er sprøbruddmateriale. I tillegg er det observert mye berg i dagen eller tolket berg i dagen basert på DTM-kart.



Figur 6.4 Utstrekning av potensielle aktsomhetsområder basert på terrengkriterier sammenstilt med tolket grunnforhold fra grunnundersøkelsene som er oppsummert i vedlegg D.

Det er identifisert 3 faresoner basert på inntegnet potensielle aktsomhetsonene i Figur 6.4. Utstrekningen til de ulike faresonene fremgår i Figur 6.5. Et skred i faresone O3.02 vil trolig ikke ha konsekvens for de planlagte tiltak og undersøkes ikke nærmere. Det er planlagt å etablere en midlertidig vei i faresone for utløpsområde O3.06 og O3.07.



Figur 6.5 Kartet viser mulige løsneområder (markert i blått) og tilhørende utløpsområder i delområde O3.

6.4.1 Faresone O3.06

Faresonen er sideveis avgrenset mot nord av kartlagt berg i dagen og i sør er faresonen avgrenset av slakere terreng. Kartlagt berg i dagen avgrenser lengden til faresonen. Det påpekes at det ikke er utført grunnundersøkelser i faresonen og at det ikke er påvist sprøbruddmateriale i borpunkt A324 som er plassert midt i den samme skråningen. Resultatene fra totalsonering A331 indikerer mulig sprøbruddmateriale i bunnen av skråningen. Faresonen og faresonens utbredelse er på den måte fastsatt konservativt.

En midlertidig vei er planlagt plassert i faresone for utløpsområde. Veien skal etableres på fylling. Den midlertidige veien plasseres i tiltakskategori K1. For tiltak i tiltakskategori K1 er krav til sikkerhet av faresone oppfylt dersom tiltaket ikke forverrer stabiliteten. Ettersom veien skal etableres på fylling utenfor faresone for løsneområde vil ikke stabiliteten av skråningen bli redusert og kravet til sikkerhet er dermed oppfylt. Det er ikke registrert erosjonsforhold som kan utløse skred ved faresonen. Faresonen vil ikke bli vurdert nærmere med NVE sin prosedyre for utredning av områdeskredfare.

6.4.2 Faresone O3.07

Faresonen er sideveis avgrenset mot kartlagt berg i dagen og utslakning av terreng. Faresonen er konservativt antatt ettersom det ikke er utført grunnundersøkelser i sonen og at det generelt forventes lav løsmassemekktighet i skogområdet basert på utførte grunnundersøkelser vest for faresonen.

I likhet med faresone O3.06 vil det planlagt å etablere en midlertidig vei i faresone for utløpsområde. Ettersom tiltaket ikke skal plasseres i faresone for løsneområde vil ikke stabiliteten til faresone O3.07 bli påvirket. Faresonen vil ikke bli vurdert nærmere med NVE sin prosedyre for utredning av områdeskredfare.

6.5 Klassifisering av faresone

Ikke relevant for kartlagte faresoner i delområde O3.

6.6 Kritiske snitt og materialparametere

Ikke relevant for kartlagte faresoner i delområde O3. Stabilitetskrav for tiltakskategori K1 er oppfylt for faresone O3.06 og O3.07. Dette forutsetter at det ikke blir etablert noe form for tiltak i løснеområde O3.06 og O3.07.

6.7 Stabilitetsvurderinger

Ikke relevant for kartlagte faresoner i delområde O3. Stabilitetskrav for tiltakskategori K1 er oppfylt for faresone O3.06 og O3.07. Dette forutsetter at det ikke blir etablert noe form for tiltak i løснеområde O3.06 og O3.07.

Vedlegg E side E3 viser et kart over planlagte midlertidige tiltak i delområde O3 og kartlagte faresoner for løснеområde. Fra kartet kan man se at det ikke er planlagt midlertidige tiltak innenfor kartlagte faresoner i delområde O3.

6.8 Stabiliserende tiltak

Da dagens situasjon tilfredsstiller sikkerhetskravet for områdestabilitet og det ikke er planlagt tiltak som vil kunne redusere stabiliteten i kartlagte faresoner, vil det ikke være behov for sikringstiltak i området.

6.9 Konklusjon

Tilgjengelig geoteknisk grunnlag for delområde O3 vurderes som tilstrekkelig for å understøtte de relevante vurderingene i henhold til NVE veileder 1/2019 [1] og NVE eksternrapport 9/2020 [2].

Det er identifisert tre faresoner (løсне- eller utløpsområde) for områdeskred i delområde O3. Utstrekning og plassering fremgår av Figur 6.5.

Stabilitetskrav for tiltakskategori K1 er oppfylt for faresone O3.06 og O3.07 uten behov for stabiliserende tiltak.

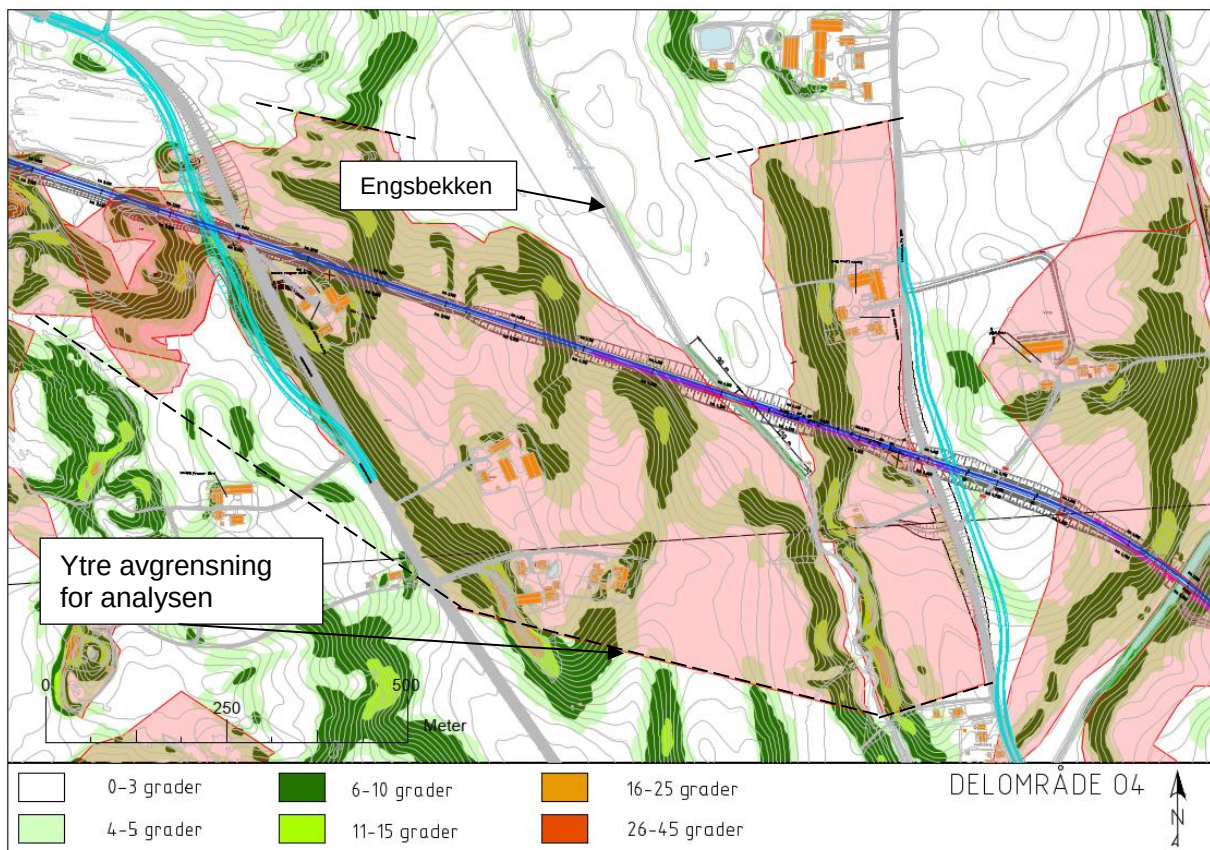
Det er ikke registrert erosjonsforhold som kan utgjøre fare for områdeskred i delområde O3.

7 DELOMRÅDE O4

7.1 Identifikasjon av kritiske skråninger og aktsomhetsområder

Delområde O4 ligger helhetlig under marin grense. Området består ifølge NGUs kvartærgeologiske kart (Figur 3.3) av et tykt dekke av hav- og fjordavsetninger og en mindre randmoreneavsetning. I tillegg er det klassifisert at delområdet O4 ligger i et område der sannsynligheten er svært stor for å påtreffe marin leire med unntak av områdene med morene der sannsynligheten er middels stor, se Figur 3.2.

Det er flere kritiske skråninger i delområde O4 basert på de topografiske kriteriene gitt i steg 3 i tabell 3.1 i NVEs veileder 1/2019 [1]. Dette har gitt flere potensielle aktsomhetsområder, og utstrekningen til disse fremgår av Figur 7.1.



Figur 7.1 Utstrekning av aktsomhetsområder (rødt) for delområde O4 basert på terrengkriterier.

7.2 Befaring

22.04.2021 ble det utført befaring langs Engsbekken av geoteknikker Jakob Bitsch Jensen fra NIRAS Norge AS i en periode med antatt normal vannføring. Generelt fra befaring er det observert at terrenget er hellende ned mot Engsbekken før terrenget igjen heller litt oppover. Området i dag består av for det meste dyrket mark.

Befaringen ble utført med henblikk på å undersøke/dokumentere dagens forhold langs bekken, herunder særlig erosjonsforhold og eksisterende plastring. Den følgende beskrivelse omhandler alene den del av Engsbekken som ligger vest for Løkenveien, mens det resterende delen østover mot dagens Østre linje og Kråkstadelva beskrives i kapittel 8.2.

Strekningen som ble befart kan overordnet sett deles i to deler som angitt i Figur 7.2. Den nordlige delen som går med dyrket mark på begge sider, og den sørlige delen som går mellom trær og busker gjennom noe som likner på et ravinelandskap.

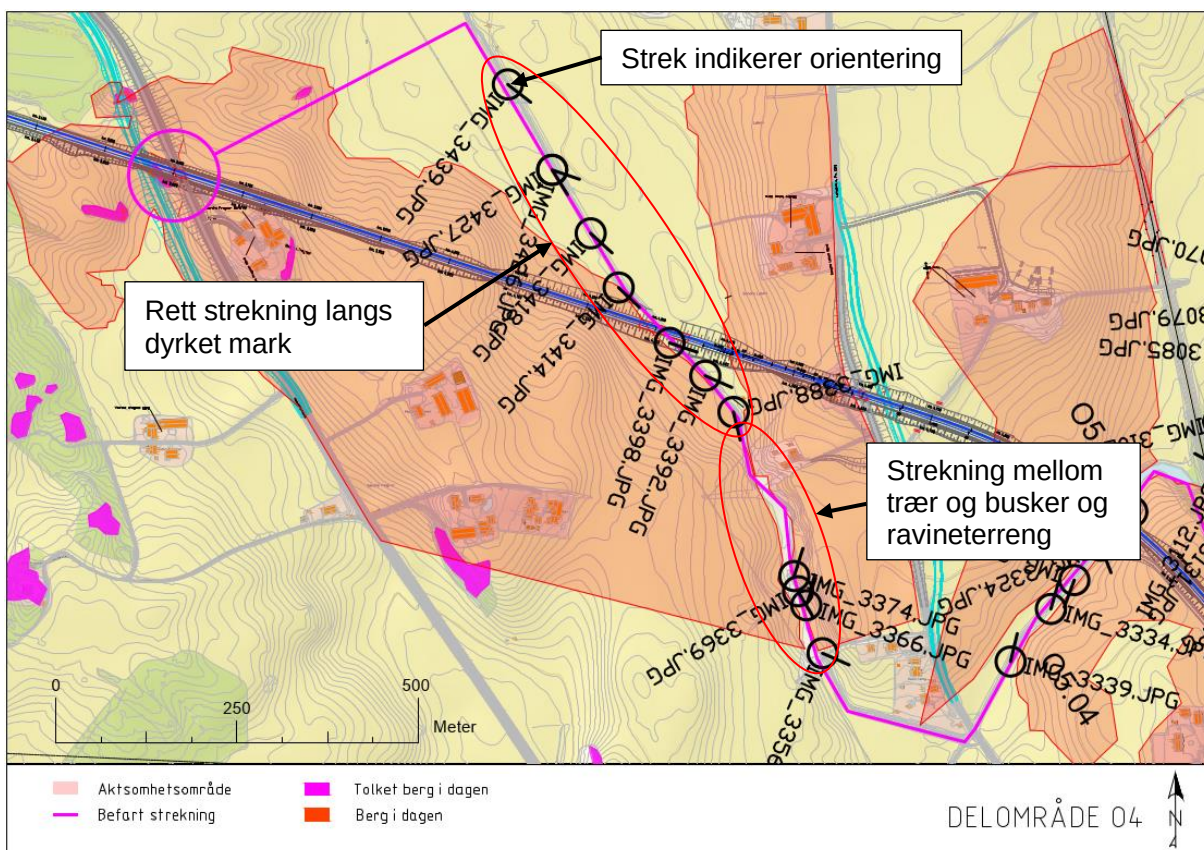
På den nordlige delen ligger bekken på en omtrent rett linje, i en skjæring rundt 2 m under det omkringliggende terrenget. Vanndybden varierer noe her, men er trolig ikke mer enn rundt 30 cm på det dypeste. Det finnes ingen plastring, men det finnes naturlig erosjonssikring på skråningene i form av et tykt organisk dekke. Det ble observert en god del erosjon i skråningsfot og flere steder var større deler av det organiske dekke sklidt ut i bekkeløpet. De få større trær (pil) som ble observert på strekningen, sto i hovedsak skjevt med helning i retning ned mot bekkeløpet. Det ble konkludert med at det ikke var vind som var årsaken til at de var skjeve, siden det var trær på begge sider av bekkeløpet som sto skjevt i ulik retning. På strekningen ble det observert en god del drenerør som kom ut av skråningene. Bekkeløpets bunn og sider består i hovedsak av leire og finkornige friksjonsmasser. Det ser ikke ut som at bekkeløpet (drenergrøften) nylig har blitt rensket opp.

På den sørlige delen ligger bekken i noe som likner på et ravinelandskap mellom trær og busker. Bekkens sider og bunn har her større andel av friksjonsmasser og det finnes også stein og blokk i bekkeløpet. Det finnes tydelig erosjon her, men trær, busker og den naturlige erosjonssikring i form av stein og blokk hjelper trolig til å minske erosjonen på denne strekning. Skråningene i sideterrenget har i denne delen høyder inntil 5-6 m.

Erosjonsforholdene har blitt vurdert i henhold til kriteriene (bildeeksempler og tabell) i vedlegg A (A1 – A5) til NVE eksternrapport 9/2020 [2]. Erosjonsgraden vurderes til «lite erosjon» (poeng score 1).

Befaringen på strekningen er dokumentert med totalt 89 georefererte bilder. EXIF data omfatter posisjon og orientering.

Et representativt utvalg av bildene er gjengitt i det følgende (se Figur 7.2 til Figur 7.14)



Figur 7.2 Kartet viser rute for befaring, samt posisjon, orientering og navn til bildene som er gjengitt på de neste sidene.



Figur 7.3 Bilde: IMG_3439.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 7.4 Bilde: IMG_3426.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 7.5 Bilde: IMG_3427.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 7.6 Bilde: IMG_3418.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 7.7 Bilde: IMG_3414.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 7.8 Bilde: IMG_3398.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 7.9 Bilde: IMG_3392.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 7.10 Bilde: IMG_3388.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 7.11 Bilde: IMG_3374.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 7.12 Bilde: IMG_3369.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 7.13 Bilde: IMG_3366.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 7.14 Bilde: IMG_3356.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)

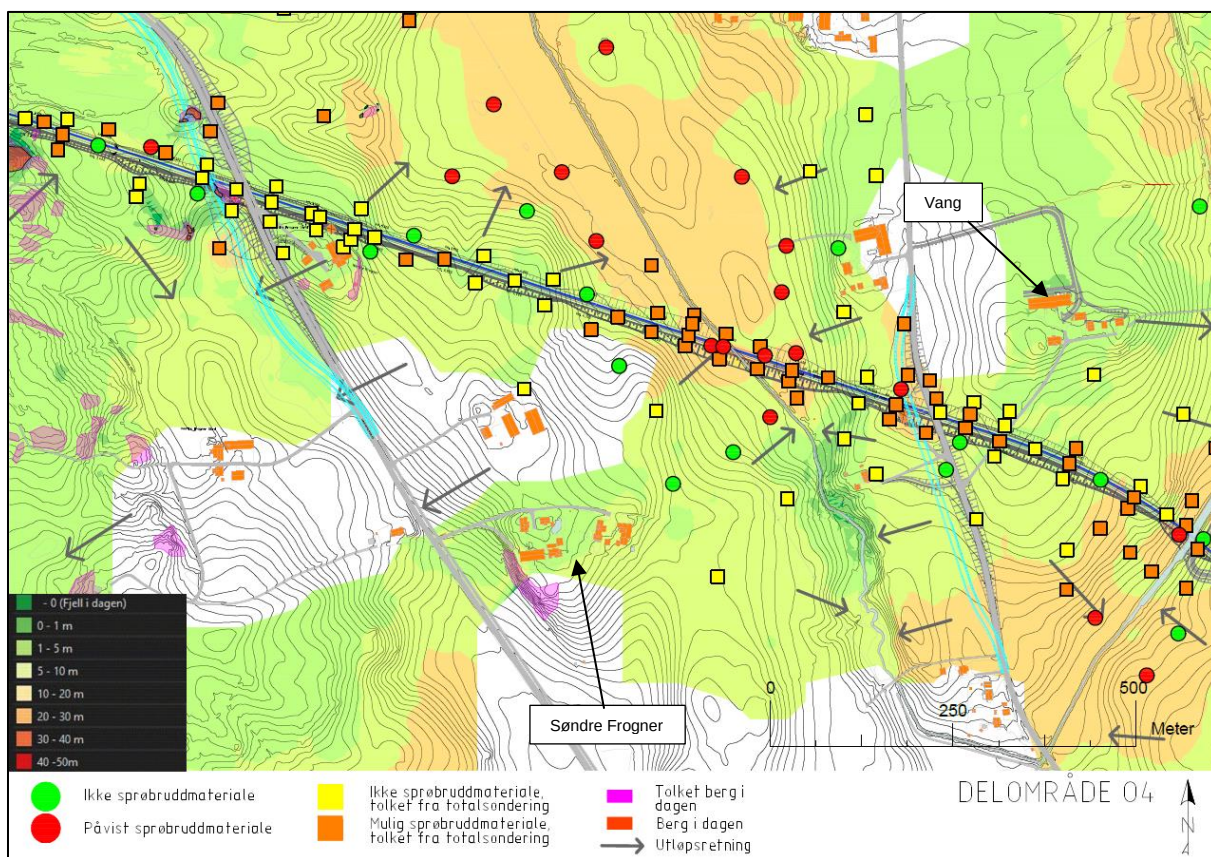
7.3 Grunnundersøkelser

Det er utført store mengder geotekniske grunnundersøkelser i delområdet O4 som er egnet til å påvise forekomst av sprøbruddmateriale. Det er i alt utført 90 totalsonderinger, 24 CPTu sonderinger, og det er tatt ut 59 Ø54 sylinderprøver i 20 borpunkter. Videre er det tatt ut 22 naverprøver i 10 posisjoner. I etterkant av feltarbeidet er samtlige sylinderprøver analysert i henhold til standard rutine + plastisitetsindeks og kornfordeling. I tillegg er det utført avanserte tester i form av ødometer- og treksialforsøk.

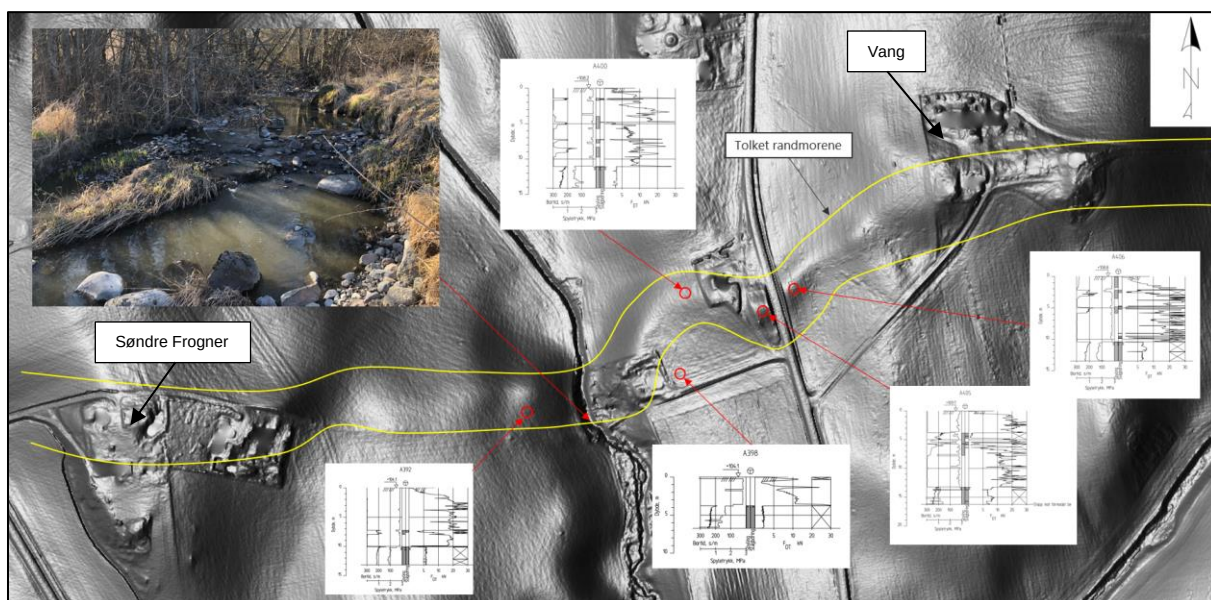
Utførte grunnundersøkelser viser at grunnen hovedsakelig består av marine leirer over et usammenhengende dekke av bunnmorene som ligger over berg. Mektigheten til de marine leirene varierer men er størst i de lavtliggende områdene rundt Engsbekken som følger svakhetsoner i berggrunnen. Enkelte steder er det på det største opptil 18 m løsmassemekthet. Leirene rundt Engsbekken er bløte og klassifiseres som sprøbruddmateriale. Figur 7.15 viser modellert løsmassemekthet og tolkning av utførte grunnundersøkelser med tanke på sprøbruddmateriale i delområde O4. Opp langs skråninger er det påvist fastere leire som typisk ikke klassifiseres som sprøbruddmateriale. Løsmassemektheten avtar typisk opp langs skråningene og er typisk lav (rundt 0-4 meter) i de mest høytliggende områdene og langs de bratteste delene av skråningene.

I retning øst-vest strekker det seg en randmorene fra Søndre Frogner og mot Vang som er synlig i terrenget som en oppstikkende rygg. Omtrentlig plassering av avsetningen i delområde O4 i tillegg til en sammenstilling av totalsonderingsprofil innenfor tolket utstrekning av randmorene og befaringsbilde er vist i Figur 7.16. Totalsonderinger innenfor denne sonen viser at disse massene er fastere enn omkringliggende masser. Fra grunnundersøkelsene ser det ut til at de marine leirene er avsatt over randmorenen og at randmorenen er avsatt direkte på berg. Under befarings ble det observert blokker, stein og grus i bekkeløpet til Engsbekken der den kutter randmorenen. Randmorenen er en del av Ås-Ski-trinnet som er avsatt under sen fase av Yngre Dryas.

Grunnundersøkelsene stemmer godt overens med NGU sitt løsmassekart.



Figur 7.15 Kartet viser antatt løsmassemektighet i delområde O4.

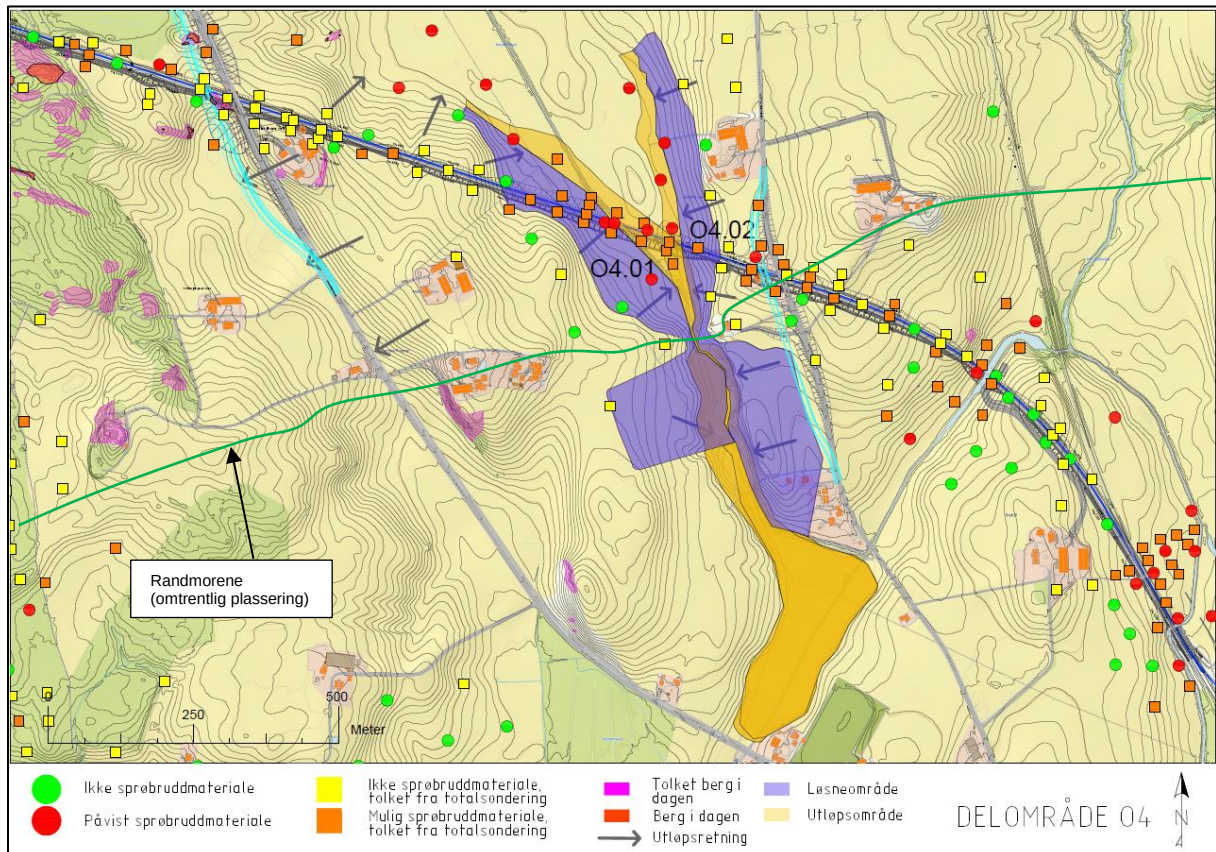


Figur 7.16 Skyggerelieffkart over delområde O4. Omtrentlig plassering av randmorene er skissert i gul

7.4 Aktuelle skredmekanismer og avgrensning av faresone

Basert på utførte grunnundersøkelser og observasjoner under feltarbeid (kartlegging av berg i dagen) har fare for områdeskred rundt planlagte tiltak blitt utelukket for store deler av aktsomhetsområdene i Figur 7.1. I delområde O4 er det identifisert 2 faresoner som kan ha påvirkning på planlagt tiltak og nærområdet rundt.

De to faresonene er navngitt, O4.01 og O4.02 og er vist i Figur 7.17 sammen med tolkning av forekomst av sprøbruddmateriale fra utførte grunnundersøkelser. Faresonene er nærmere beskrevet i de neste delkapitlene.



Figur 7.17 Kartet viser mulige løsneområder (markert i blått) og tilhørende utløpsområder (gult) i delområde O4.

7.4.1 Faresone O4.01

Utførte grunnundersøkelser viser at det befinner seg sprøbruddmateriale i foten av skråningen og de flate partiene rundt Engsbekken. I øvre deler av skråningen viser grunnundersøkelsene at leirmassene ikke har sprøbruddsegenskaper og at løsmassemeknikken avtar.

I nord er faresonen sideveis avgrenset ved borpunkt 20 der det er påvist leirmasser som ikke klassifiseres som sprøbruddmateriale, i tillegg til at foten av skråningen slaker ut. I sør er faresonen avgrenset av et søkk i skråningen. Randmorenen vist i Figur 7.17 markerer et tydelig lokal endring i grunnforhold i faresonen og potensielle skred i faresonen vil sannsynlig bli avgrenset opp mot moreneryggen. Det er likevel valgt å være konservativ og ikke avgrense faresonen langs moreneryggen.

Faresonen er avgrenset opp langs skråningen på grunnlag av utførte grunnundersøkelser som viser at løsmassene ikke klassifiseres som sprøbruddmateriale. En linje med helning på 1:3 har

blitt tegnet opp fra punktet der det antas at sprøbruddmateriale kiles ut som illustrert i Figur 5.19. I den sørlige delen av faresonen (sør for randmorenen) er lengden konservativt avgrenset mot borpunkt A386.

Basert på konustester utført på samtlige prøveserier fra faresonen vil aktuell skredmekanisme hovedsakelig være flak- eller rotasjonsskred for faresonen ($0.69 < \text{Sur} < 1.27$; ISO Standard. Jfr. Figur 4.3 NVE 1/2019 [1]). Foruten en konustest fra borepunkt 22 som indikerer fare for retrogresjon ($\text{Sur} < 0.69$, ISO standard. Jfr. Figur 4.3 NVE 1/2019 [1]). Stabilitetsberegningene i faresonen tyder på at mest kritisk brudd går der det er antatt at sprøbruddmaterialet kiles ut i skråningen, slik at det ikke befinner seg sprøbruddmateriale i bakkant av bruddfiguren. Tolket utstrekning av sprøbruddmateriale i profil er vist i vedlegg F. Ettersom det ikke finnes sprøbruddmateriale bak bruddflaten vurderes det at videre retrogressiv skredutvikling ikke vil være mulig. Relevant skredmekanisme vurderes derfor til å være flak- eller rotasjonsskred nord for randmorenen i faresone O4.01. Sør for randmorenen er det få grunnundersøkelser og det er derfor konservativt antatt retrogressiv skredmekanisme.

Utløpsområde har blitt tegnet inn med lengde lik halvparten av lengden til løsneområde i henhold til kap. 4.6 i NVE veileder 1/2019 [1] for rotasjon- eller flakskred for den nordlige delen av faresonen. I den sørlige delen av faresonen har det blitt antatt retrogressiv skredmekanisme og lengde til utløpsområdet er satt til 3 ganger lengden til løsneområde.

Det er planlagte å etablere en jernbanefylling og jernbanebru (K007) innenfor løsne- og utløpsområde til faresone O4.01.

7.4.2 Faresone O4.02

Utførte grunnundersøkelser viser at det befinner seg sprøbruddmateriale i foten av skråningen og de flate partiene rundt Engsbekken. Lengre opp i skråningen viser grunnundersøkelsene at løsmassemektighet avtar og at massene er faste rundt kote +105.

Faresone for løsneområde O4.02 er avgrenset sideveis i nord og sør av at terrenget slaker ut. Maksimal bakovergripende skredutbredelse er avgrenset der det er funnet faste masser og/eller lav løsmassemektighet. Likt som for faresone O4.01 er det sannsynlig at potensielle skred i faresonene O4.02 vil bli avgrenset opp mot moreneryggen. Det er også her valgt å være konservativ og ikke avgrense faresonen langs moreneryggen.

Basert på utførte grunnundersøkelser i den nordlige delen av faresone O4.02 er det sannsynlig at det finnes faste masser eller løsmasser uten sprøbruddegenskaper i øvre del av skråningen, sør i faresone O4.02, som kan ytterligere avgrense faresonen i lengden. Lengden til den sørlige delen av faresone O4.02 er på den måte konservativt satt.

Det er målt omrørt skjærfasthet helt ned til 0,4 kPa i borpunkt langs bunnen av skråningen øst for Engsbekken. Stabilitetsberegningene i den nordlige delen av faresonen tyder på at mest kritisk brudd går der det er antatt at sprøbruddmaterialet kiles ut i skråningen, slik at det ikke befinner seg sprøbruddmateriale i bakkant av bruddfiguren. Tolket utstrekning av sprøbruddmateriale i profil er vist i vedlegg F. Ettersom det ikke finnes sprøbruddmateriale bak bruddflaten vurderes det at videre retrogressiv skredutvikling ikke vil være mulig nord for randmorenen. Relevant skredmekanisme vurderes derfor til å være flak- eller rotasjonsskred nord for randmorenen i den nordlige delen av faresone O4.02. Sør for randmorenen er det få grunnundersøkelser og det er derfor konservativt antatt retrogressiv skredmekanisme.

Det er planlagte å etablere en jernbanefylling i nedre del av faresonen og i øvre del av faresonen er det planlagt å etablere løsmasseskjæringer for planlagt jernbane. I den sørlige delen av faresonen planlegges det med midlertidig omlegging av Løkenveien i anleggsfasen, der omleggingen fører til at veien havner delvis innenfor faresone for løsneområde. Veien skal legges tilbake etter at arbeidene langs Østre linje er fullført. Tiltaket plasseres i tiltakskategori K1. For tiltak i tiltakskategori K1 er krav til sikkerhet oppfylt dersom tiltaket ikke forverrer stabiliteten. Det planlegges ikke å etablere permanente tiltak i den sørlige delen av faresone O4.02.

NVEs veileder 1/2019 [1] foreslår at tiltaket ikke vil påvirke skråningen dersom tiltaket ligger i en avstand større enn 2 ganger skråningshøyden fra skråningstopp. Den midlertidige veien er planlagt plassert rundt 90 meter fra skråningstoppen, som er mer enn 2 ganger skjæringshøyden. Det vurderes derfor at den planlagte omleggingen av Løkenveien ikke vil føre til forverring av stabilitet av faresone O4.02 og at NVE veileder 1/2019 [1] sine stabilitetskrav for tiltak i tiltakskategori K1 er oppfylt.

Erosjonsforholdene i Engsbekken ved faresone O4.02 er kartlagt og observasjonene er beskrevet og dokumentert med bilder i kap. 7.2. Det ble observert lite erosjon langs Engsbekken i området ved sørlige del av faresone O4.02. Med bakgrunn av observert erosjon og med tanke på at omleggingen er midlertidig vurderes det at det ikke vil være nødvendig å erosjonssikre Engsbekken sør for randmorenen.

7.5 Klassifisering av faresone

Faregraden av faresonene O4.01 og O4.02 er klassifisert i henhold til NVE Eksternrapport 9/2020 [2]. Faktorene som er lagt til grunn for faresonene er beskrevet i de to neste delkapitlene.

7.5.1 Faregradsklassifisering av faresone O4.01

Tabell 7.1 Faktorer som medgår i faregradsklassifisering og valg av faregrad for O4.01.

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score				Poeng
		3	2	1	0	
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	0
Skråningshøyde, meter	2	>30	20-30	15-20	<15	0
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	6
Poretrykk. Overtrykk, kPa:	3	> +30	10,0-30,0	0,0-10,0	>2,0	6
Undertrykk, kPa:		> -50	- (20-50)	- (0-20)	Hydrostatisk	
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	6
Sensitivitet	1	>100	30 - 100	20 - 30	<20	1
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	3
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Lite	Ingen	3
Forbedring	-3	Stor	Noe	Lite	Ingen	0
Sum						25

Tidligere skredaktivitet: Det er ingen markerte skredgroper i nærheten av O4.01 i NGUs kvartærgeologiske kart. Faregraden er satt til 0.

Skråningshøyde: Skråningen er mindre enn 15 m. Faregraden er satt til 0.

Tidligere/nåværende terrengnivå: Det er utført to ødometerforsøk på sylinderprøver fra borpunkt A380 i dybde 5,2 og 9,4 m. Gjennomsnittlig beregnet OCR i dette punktet er 1,79. Det er også utført ødometerforsøk i borpunkt 22 i dybde 7,7 m hvor gjennomsnittlig beregnet OCR er 1,09. Basert på dette er det valgt faregrad 3.

Poretrykk: Det er satt et poretrykksmåler i bunnen av skråningen ved borpunkt 22, samt to poretrykksmålere i toppen av skråningen på motsatt side av faresone O4.01 i borpunkt A407. De foreløpige resultatene fra poretrykksmålerne viser et tydelig overtrykk. I A407 viser det et overtrykk på 6 kPa ved 6 meters dyp. Det antas at overtrykket øker med 1 kPa pr meter under terreng. Den største løsmassemektighet i O4.01 er 16 m og det antas med bakgrunn i dette et overtrykk på rundt 16 kPa. Faregrad er derfor satt til 2.

Kvikkleiremektighet: Det er utført CPTu sonderinger i borpunkt 22, 23, A352, A367, A369, A350 og tatt ut sylinderprøver i borpunkt A346, A350, A367 og A380 som kan si noe om forventet

mektighet av sprøbruddmateriale i skråningen i aktsomhetsområde O4.01. Det er påvist sprøbruddmateriale som ligger fra kote +103 nedover. Grunnundersøkelser som er gjort høyere i terrenget har ikke påvist sprøbruddmateriale. Tolkning av CPTu fra borpunkt 23 og laboratorieresultater fra sylinderprøver fra borpunkt A380 tyder på at mektigheten til leiren i bunnen av skråningen som har sprøbruddsegenskaper er 10,3 m. Lenger opp i terrenget tyder grunnundersøkelser i A367, A369, A352 at mektigheten til sprøbruddmateriale avtar og det er bare påvist tynne lag med sprøbruddmateriale. Faregraden er satt til 3.

Sensitivitet: Det er tatt 3 sylinderprøver fra borpunkt A352, 2 sylinderprøver fra A367 og 4 sylinderprøver fra 22. Høyeste målte sensitivitet fra de nevnte borpunktene er 24. Faregraden er satt til 1.

Erosjon: Det er en bekk i bunnen av skråningen. Erosjonsevnen til bekken antas å være svært begrenset grunnet størrelsen og lav gradient i området. Faregraden er satt til 1.

Inngrep: Sporet som er planlagt skal etableres direkte gjennom faresonen. Inngrepet i skråningen vil trolig ha noe innvirkning på områdestabiliteten i aktsomhetsområdet O4.01. Faregraden er satt til 1.

Samlet sett plasseres O4.01 i middels faregrad da samlet poengsum er 25, se Figur 7.18

7.5.2 Faregradsklassifisering av faresone O4.02

Tabell 7.2 Faktorer som medgår i faregradsklassifisering og valg av faregrad for O4.02.

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score				Poeng
		3	2	1	0	
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	0
Skråningshøyde, meter	2	>30	20-30	15-20	<15	0
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	6
Poretrykk. Overtrykk, kPa:	3	> +30	10,0-30,0	0,0-10,0	>2,0	6
Undertrykk, kPa:		> -50	- (20-50)	- (0-20)	Hydrostatisk	
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	4
Sensitivitet	1	>100	30 - 100	20 - 30	<20	1
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	3
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Lite	Ingen	3
Forbedring	-3	Stor	Noe	Lite	Ingen	0
Sum						23

Tidligere skredaktivitet: Det er ingen markerte skredgroper i nærheten av O4.02 i NGUs kvartærgeologiske kart. Faregraden er satt til 0.

Skråningshøyde: Skråningen er på det høyeste 11 m. Faregraden er satt til 0.

Tidligere/nåværende terrengnivå: 3 ødometerforsøk har blitt utført fra sylinderprøve tatt fra borpunkt A385 og A387. Minsteestimatet for OCR for de tre prøvene er 1,8, 1,0 og 1,0. Største estimatet for prøvene er 3,2, 2,3 og 1,6. Faregraden er satt til 3.

Poretrykk: Det er ikke satt ut noen poretrykksmålere i bunnen av skråningen, men det er satt 2 poretrykksmålere i toppen av skråningen i borpunkt A407. De foreløpige resultatene fra målingene tyder på et overtrykk på 6 kPa ved 6 meters dyp. Det antas at overtrykket øker med 1 kPa pr meter under terreng. I O4.02 er det største målte løsmassemektighet målt til ca. 8 m og det løsmassemekteighetskartet indikerer noe større mektighet. Med bakgrunn i dette er det antatt at overtrykket kan være mellom 10 til 30 kPa. Faregraden er satt til 2.

Kvikkleiremektighet: Det er utført CPTu-sonderinger i borpunkt A385, A387, A390 og A399 og tatt ut sylinderprøver fra borpunkt A385, A387, A402, A408 og A411. Det er påvist

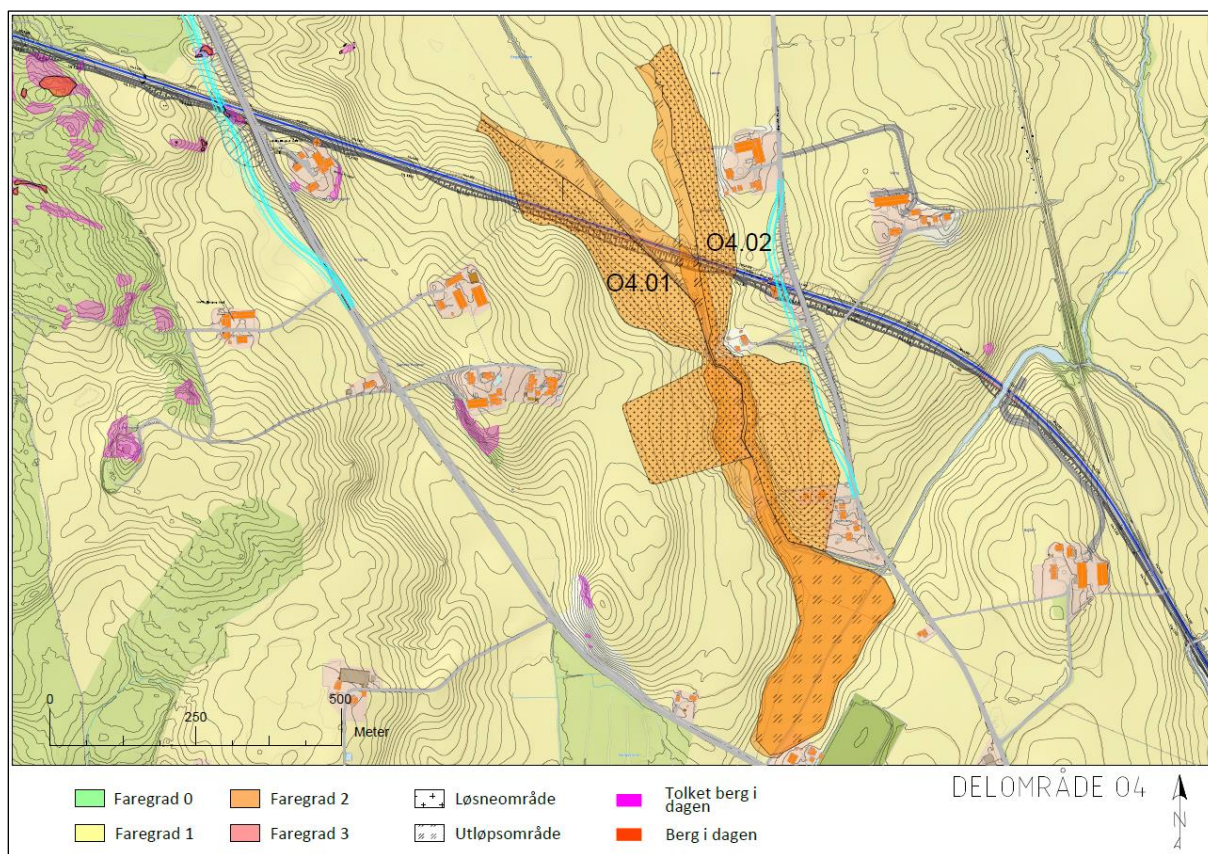
sprøbruddmateriale i alle de nevnte borpunkt med unntak av A411. Tolkning av CPTu og resultater av forsøk på sylinderprøvene fra borpunktene stemmer ikke godt overens med hverandre. Fra laboratorium resultatene kan man se at sensitiviteten til leiren i dette området ofte ligger rundt grensen som definerer sprøbruddmateriale og er sannsynligvis årsaken til uoverensstemmelsen mellom CPTu-tolkninger og laboratorieresultatene av sylinderprøvene. Mektigheten til sprøbruddmateriale ser ut til å være på 3-4 meter i bunnen av skråningen. Faregraden er satt til 2.

Sensitivitet: Det er tatt 3 sylinderprøver fra borpunkt A385, 4 sylinderprøver fra A387 og 3 sylinderprøver fra A402. Det har blitt utført konusforsøk på alle sylinderprøvene. Høyeste målte sensitivitet var på 26. Faregraden er satt til 1.

Erosjon: Det er en bekk i bunnen av skråningen. Erosjonsevnen til bekken antas å være liten grunnet størrelse og lav gradient i terrenget. Det forutsettes at bekken erosjonssikres innen utbygging. Faregraden er satt til 1.

Inngrep: Sporet som er planlagt skal etableres direkte gjennom faresonen. Inngrepet i skråningen vil trolig ha noe innvirkning på områdestabiliteten i aktsomhetsområdet O4.02. Faregraden er satt til 1.

Samlet sett plasseres O4.02 i middels faregrad da samlet poengsum er på 23, faresonen er vist i Figur 7.18.



Figur 7.18 Kart over faregradsklassifiserte faresoner i delområde O4. Begge er klassifisert som middels faregrad (3).

7.6 Kritiske snitt og materialparametere

Faresone O4.01

Tverrsnittene som er analysert i løseområde O4.01 er profil O4-02-B, O4-02-C, O4-02-D og O4-02-E og er indikert i plan og profiltegning A3-A5 i Vedlegg A. Generelt viser grunnundersøkelsene svært bløt leire i bunnen av skråningen under tørrskorpe med en mektighet på rundt 2 meter. Leirmassene er fastere og mindre sprø opp langs skråningen og tørrskorpemektigheten øker noe. Rundt kote +102 ser det ut til å være et skille der grunnundersøkelser som er utført høyere ikke viser tegn til sprøbruddmateriale, mens borpunkter under kote +102 viser tegn til sprøbruddmateriale. Der skråningen har størst helning viser grunnundersøkelsene generelt lavere løsmassemekktighet og fastere masser.

Det har blitt antatt at grunnvannstanden ligger rundt 0,5 m under terreng i bunnen av skråningen og at grunnvannstanden ligger rundt 1 m under terreng i toppen av skråningen for alle tverrsnittene i faresone O4.01. Antatt grunnvannstand er basert på resultater fra utsatte poretrykksmålere i borpunkt 22.

Tverrsnitt O4-02-B

Snittet er plassert i midten av faresone O4.01. Skråningen har en helning på 1:7 i det bratteste partiet. Løsmassemekktigheten er på 7-8 meter i midten av skråningen. Løsmassemekktigheten øker betraktelig i bunnen av skråningen ved bekken og er målt til å være 17,8 meter i borpunkt A371. Grunnundersøkelser i borpunkt 29, A367, A369 og 22 har blitt brukt ved valg av styrkeparametere langs snittet. Valgte materialparametere langs tverrsnitt O4-02-B er oppsummert i Tabell 7.3. Det henvises til vedlegg B side B43, B91, B95 og B27 for relevante SuA-profiler.

Tabell 7.3 Styrkeparametere som ble benyttet i stabilitetsberegningene for profil O4-02-B

Material	Tyngdetetthet γ/γ'	Attraksjon a	Friksjonsvinkel ϕ	Udrenert skjærstyrke Su
[-]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kPa]
Tørrskorpeleire	19	0	30	-
Leire 1	19	-	-	40+2,4 kPa/m
Leire 2	19	-	-	25
Leire 3	19	-	-	16+2,0 kPa/m
Leire drenert tilstand	19	10	25	-

*Det henvises til kapittel 3.5.1 for bakgrunn av valg for drenerte styrkeparametere til leire.

Tverrsnitt O4-02-C

Profilen er tatt sør i løseområde O4.01. Helningen til skråningen varierer noe men er typisk på rundt 1:13. Helningen er størst øverst i den øvre delen av skråningen. Løsmassemektingen er på typisk rundt 11 meter i selve skråningen.

Benyttede materialparametere i tverrsnittet fremkommer av Tabell 7.4. Det henvises til vedlegg B side B47, B51, B55 og B98 for relevante SuA-profiler.

Tabell 7.4 Styrkeparametere som ble benyttet i stabilitetsberegningene for profil O4-02-C.

Materialnavn	Tyngdetetthet γ/γ'	Attraksjon a	Friksjonsvinkel Φ	Udrenert skjærstyrke S_u
[-]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kPa]
Tørrskorpeleire	19	0	30	-
Leire SuA 9 + 2.1	19	-	-	9 + 2.1 kPa/m
Leire SuA 20 + 0.9	19	-	-	20 + 0.9 kPa/m
Leire SuA 35 + 1.9	19	-	-	35 + 1.9 kPa/m
Leire (drenert tilstand)	19	10	25	-

*Det henvises til kapittel 3.5.1 for bakgrunn av valg for drenerte styrkeparametere til leire.

Tverrsnitt O4-02-D

Profilen er tatt nord i løseområde O4.01. Helningen til skråningen varierer noe men er på det bratteste rundt 1:6. Helningen er størst øverst i den øvre delen av skråningen.

Lagdeling og styrkeparametere er hovedsakelig basert på grunnundersøkelser utført i borpunkt 22, A367, A364, A360 og A356. Benyttede materialparametere i tverrsnittet fremkommer av Tabell 7.4. Det henvises til vedlegg B side B27 og B91 for relevante SuA-profiler.

Tabell 7.5 Styrkeparametere som ble benyttet i stabilitetsberegningene for profil O4-02-D.

Materialnavn	Tyngdetetthet γ/γ'	Attraksjon a	Friksjonsvinkel Φ	Udrenert skjærstyrke S_u
[-]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kPa]
Tørrskorpeleire	19	0	30	-
Leire SuA 25 + 0	19	-	-	25 kPa
Leire SuA 16 + 2	19	-	-	16 + 2.0 kPa/m
Leire (drenert tilstand)	19	10	25	-

*Det henvises til kapittel 3.5.1 for bakgrunn av valg for drenerte styrkeparametere til leire.

Tverrsnitt O4-02-E

Profilen ligger i den bratteste delen av faresone O4.01. Helningen langs profilen er på det bratteste rundt 1:4,5. Grunnundersøkelsene viser at det befinner seg svært bløt leire i bunnen av skråningen (borpunkt A376, 23, A380 og A381) med sprøbruddegenskaper. Borpunkt 29, 31, 32 og A369 som ligger noen meter opp i skråningen indikerer at det befinner seg fastere leire uten sprøbruddegenskaper i midtre del av skråningen. I toppen av skråningen er det påvist faste masser og lav løsmassemekting (2,7 meter) i borpunkt 30. Antatt lagdeling for snitt O4-02-E er vist på side A4 i vedlegg A.

Tabell 7.6 oppsummerer materialparametere som har blitt benyttet i stabilitetsberegningene.

Skjærstyrken til den bløte leiren i snittet (Leire SuA 5 + 2) er definert fra nivå med terreng og ikke overside lag som de fleste materialene har blitt modellert i prosjektet.

Tabell 7.6 Styrkeparametere som ble benyttet i stabilitetsberegningene for profil O4-02-E.

Materialnavn	Tyngdetetthet γ/γ'	Attraksjon a	Friksjonsvinkel Φ	Udrenert skjærstyrke S_u
[-]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kPa]
Tørrskorpeleire	19	0	30	-
Leire SuA 40 + 0	19	-	-	40 kPa
Leire SuA 5 + 2*	19	-	-	5 + 2.0 kPa/m
Leire (drenert tilstand)**	19	10	25	-

* Definert fra dybde under terreng

**Det henvises til kapittel 3.5.1 for bakgrunn av valg for drenerte styrkeparametere til leire.

Faresone O4.02

For løsneområde O4.02 har det blitt tatt ut to kritiske snitt, O4-03-A og O4-03-I som er presentert i vedlegg A, side A3 og A5. Som man kan se fra snittene så viser grunnundersøkelsene en terskel rundt kote +100, der løsmassemektigheten er lokalt lav og totalsonderingene viser slag, spyling og økt rotasjon. Disse massene har blitt tolket til å være bunnmorene. Bak terskelen flater terrenget ut og løsmassemektigheten øker og massene består av leire under tørrskorpe eller faste masser. Dette er typisk for hele skråningen i løsneområdet. Leirmassene ser ut til å være bløtere i den sørlige delen av O4.02. Henviser til tolket SuA-profil i vedlegg B side B31, B39, B269, B273 og B98. Kritiske snitt er derfor satt i den sørlige delen av O4.02, nær planlagte tiltak.

Det er satt ut piezometere i borpunkt 22 (lavtliggende i terreng) og A407 (høytliggende i terreng). Resultatene fra piezometerene tyder på at grunnvannsspeilet ligger nært terreng. Grunnvannstanden er satt til 0,5 meter under terreng i bunnen av skråningen og 1 meter under terreng i øvre del av skråningen.

Tverrsnitt O4-03-A

Snittet er plassert nord for de planlagte tiltakene og er vist i vedlegg A, side A3. Skråningen heller 1:7 på det bratteste. Lagdelingen og parametere er hovedsakelig tolket på grunnlag av grunnundersøkelsene som er utført i borpunkt A387, 28 og A399. Det henvises til relevante SuA-profil i vedlegg B, side B273 og B101. Benyttede materialparametere i tverrsnittet fremkommer av Tabell 7.7.

Tabell 7.7 Styrkeparametere som ble benyttet i stabilitetsberegningene for profil O4-03-A.

Material	Tyngdetetthet γ/γ'	Attraksjon a	Friksjonsvinkel ϕ	Udrenert skjærstyrke Su
[-]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kPa]
Tørrskorpeleire	19	0	30	-
Leire 1	19	-	-	10+2,0 kPa/m
Leire 2	19	-	-	23+1,9 kPa/m
Morene	18	16	32	-
Leire drenert tilstand	19	10	25	-

*Det henvises til kap. 5.6 for bakgrunn av valg for drenerte styrkeparametere til leire.

Tverrsnitt O4-03-I

Snittet er plassert sør for de planlagte tiltakene og er vist i vedlegg A, side A5. Skråningen heller 1:7,5 på det bratteste. Lagdelingen og parametere er hovedsakelig tolket på grunnlag av grunnundersøkelsene som er utført i borpunkt A390, A395, A401, A402, A407 og A410.

Lagdelingen er tolket konservativt med tanke på at totalsonderinger utført i A400, A401 og A402 viser mye bruk av spyling og økt rotasjon, men er satt til å være leire. Løsmassemekkigheten ved borpunkt A395 er også satt til å være dypere enn totalsonderingen viser. Dette har blitt gjort for å undersøke om det kan være et områdestabilitetsproblem dersom bergflaten og lagdelingen er mer kritisk langs løsneområde O4.02 enn det de utførte grunnundersøkelsene tyder på. Det henvises til relevante SuA-profil i vedlegg B, side B98 og B101. Benyttede materialparametere i tverrsnittet fremkommer av Tabell 7.8.

Tabell 7.8 Styrkeparametere som ble benyttet i stabilitetsberegningene for profil O4-03-I.

Material	Tyngdetetthet γ/γ'	Attraksjon a	Friksjonsvinkel ϕ	Udrenert skjærstyrke Su
[-]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kPa]
Tørrskorpeleire	19	0	30	-
Leire 1	19	-	-	9+1,3 kPa/m
Leire 2	19	-	-	24
Leire 3	19	-	-	36
Sand	18	0	36	-
Leire drenert tilstand	19	10	25	-

*Det henvises til kap. 5.6 for bakgrunn av valg for drenerte styrkeparametere til leire.

7.7 Stabilitetsvurderinger

Med bakgrunn i tverrprofil O4-02-B, O4-02-D, O4-02-D, O4-02-C, O4-03-A og O4-03-I (C19-C39 i vedlegg C) er stabiliteten i dagens situasjon tilstrekkelig for å opprettholde kravet om $F_{cu} \geq 1.4$ og $F_{cp} \geq 1.25$.

Resultatet fra stabilitetsanalysene er fremlagt i vedlegg C (C19-C39) og gjengitt i Tabell 7.9.

I anleggsfasen har påvirkningen av etablering av anleggsvei i faresone for løснеområde O4.01 og O4.02 blitt undersøkt i henholdsvis snitt O4-03-A og O4-02-D. Planlagt plassering av anleggsvei er vist i vedlegg E side E4. Det er valgt å belaste skråningen med en flatelast på $19,5 \text{ kN/m}^2$ med en lengde på 8 meter i stabilitetsberegningene som skal representere tunge anleggsmaskiner. Stabilitetsberegningene viser at anleggsveiene vil kunne redusere stabiliteten i skråningen dersom anleggsveien etableres i nivå med terreng (beregning vist i side C24 og C32 i vedlegg C). Beregningene vist på side C25 og C35 i vedlegg C viser at det er mulig å ikke forverre stabiliteten i faresonen dersom anleggsveiene etableres på en 0,5 meter høy fylling i bunnen av skråningen som vist i stabilitetsberegningene.

Tabell 7.9 Forutsetninger og resultater av stabilitetsberegninger i slide2.

Vedlegg	Snitt	Tilstand	SF*	Note
[-]		[-]	[-]	[-]
C19	O4-02-B	Udrenert	2.01	Dagens situasjon, brudd venstre mot høyre.
C20	O4-02-B	Effektiv	3.15	Dagens situasjon, brudd venstre mot høyre. Drenert tilstand.
C21	O4-02-B	Udrenert	1.63	Påregnet last fra nytt spor ($57.2 \text{ kN/m}^2 + 46.8 \text{ kN/m}^2$). Brudd venstre mot høyre. KS og fylling analysert for å bekrefte sikkerhet mot områdeskred i permanent situasjon.
C22	O4-02-B	Effektiv	1.63	Påregnet last fra nytt spor ($57.2 \text{ kN/m}^2 + 46.8 \text{ kN/m}^2$). Brudd venstre mot høyre. Drenert tilstand. KS og fylling analysert for å bekrefte sikkerhet mot områdeskred i permanent situasjon.
C23	O4-02-D	Udrenert	1.43	Dagens situasjon
C24	O4-02-D	Udrenert	1.35	Mest kritisk plassering av veilast på anleggsvei. Anleggsvei antatt plassert i nivå med terreng.
C25	O4-02-D	Udrenert	1.48	Mest kritisk plassering av veilast på anleggsvei. Anleggsvei etablert på 0,5 meter høy fylling i nedre del av skråning
C28	O4-02-C	Udrenert	2.22	Dagens situasjon, bruddretning høyre mot venstre.
C29	O4-02-C	Udrenert	2.91	Dagens situasjon, bruddretning venstre mot høyre. Smalere limits for å tvinge bruddet mot høyre av profil. Store bruddet er viktig her.
C30	O4-02-C	Effektiv	3.09	Dagens situasjon, drenert tilstand. Bruddretning venstre mot høyre.
C31	O4-02-C	Effektiv	8.23	Dagens situasjon, drenert tilstand. Bruddretning venstre mot høyre. Smalere limits for å tvinge bruddet mot høyre av profil. Store bruddet er viktig her.
C26	O4-02-E	Udrenert	1.54	Dagens situasjon.
C27	O4-02-E	Effektiv	2.05	Dagens situasjon
C32	O4-03-A	Udrenert	1.42	Dagens situasjon, bruddretning høyre mot venstre. Venstre side av profil O4-03-A.
C33	O4-03-A	Effektiv	3.22	Dagens situasjon, drenert tilstand bruddretning høyre mot venstre. Venstre side av profil O4-03-A. Store bruddet er viktig her.
C34	O4-03-A	Udrenert	1.26	Mest kritisk plassering av veilast på anleggsvei. Anleggsvei antatt plassert i nivå med terreng.
C35	O4-03-A	Udrenert	1.46	Mest kritisk plassering av veilast på anleggsvei. Anleggsvei etablert på 0,5 meter høy fylling i nedre del av skråning
C38	O4-03-I	Udrenert	1.57	Dagens situasjon, bruddretning høyre mot venstre.
C39	O4-03-I	Effektiv	4.40	Dagens situasjon i drenert tilstand, brudd høyre mot venstre.
* Rød farge angir beregning med utilstrekkelig stabilitet og grønn farge angir beregning med stabilitet svarende krav for K3. **Brudd i tørrskorpe, krav om $1.25 \leq SF$.				

Vedlegg E side E4 viser et kart over planlagte midlertidige tiltak i delområde O4 og kartlagte faresoner for løsneområde. Fra kartet kan man se at det er planlagt å benytte arealer delvis innenfor faresone O4.01 og O4.02 for lagring av matjord i ranker. Midlertidig lagring av matjord plasseres i tiltakskategori K2. Det anbefales å ikke benytte arealer innenfor kartlagte faresoner for løsneområde til lagring av matjord eller andre masser. Dersom det likevel bestemmes å benytte arealer innenfor faresoner for løsneområde for lagring av matjord skal det dokumenteres at massene legges ut på en slik måte at stabiliteten i faresonene ikke forverres. Det er da viktig at rekkefølgen massene blir lagt ut på blir vurdert slik at man alltid sikrer seg at stabiliteten av skråningen ikke forverres.

Fra kartet på side E4 i vedlegg E kan man se at mindre deler av et planlagt riggområde ligger innenfor øvre del av faresone for løsneområde O4.02. Riggområde bør plasseres helhetlig utenfor faresone O4.02. Dersom riggområde delvis plasseres innenfor løsneområde O4.02 skal tilstrekkelig områdestabilitet dokumenteres i henhold til NVE veileder 1/2019 [1].

7.7.1 Lokalstabilitet innenfor O4

I den prosjektspesifikke geotekniske vurderingsrapporten (UNA-00-A-10024 [7]) er det hentet ut tverrprofil i forbindelse med vurderinger av lokalstabiliteten. De snittene som faller innenfor en identifisert faresone i O4 vil her bli presentert.

O4.01

Snitt O4-02-A – O4-02-G (fra UNA-00-A-10024 [7]) befinner seg innenfor faresonen O4.01. Stabilitetsberegninger fra samtlige snitt indikerer en $F_{cu} > 1.6$. Se vedlegg E65 – E88 [7], Vedlegg D24 – D27 [7] og kap. 4.2.1 i UNA-00-A-10024 [7] for ytterligere informasjon.

7.8 Stabiliserende tiltak

Stabiliserende tiltak

Da dagens situasjon tilfredsstiller sikkerhetskravet for områdestabilitet vil det ikke være behov for sikringstiltak i området utover nødvendige stabiliserende tiltak for lokalstabilitet i permanent situasjon.

I byggefasen skal det utarbeides faseplaner der det sikres at man ikke forverrer stabilitet innenfor faresone O4.02 og O4.03 i alle faser. Dersom det ikke er mulig å unngå en forverring av stabiliteten i en fase, kreves det at man kan dokumentere sikkerhetsfaktor i faresonen på $F_{cu} \geq 1,4 \cdot f_s$ og $F_{c\varphi} \geq 1,25$. Hvis dette ikke lar seg dokumentere skal det etableres sikringstiltak for å heve stabiliteten i faresonen til et nivå som tilfredsstiller krav om områdestabilitet. Sikringstiltak (og oppnådd tilstrekkelig sikkerhetsfaktor) må etableres før arbeid som kan medføre redusert stabilitet i faresonen kan starte. Det er viktig at faseplanene følges nøye opp i anleggsperioden. Det henvises til beskrivelser i kap. 2.3.3.

Anleggsveier innenfor løsneområde O4.02 og O4.03 skal etableres på en slik måte at stabiliteten i skråningene ikke forverres. Det henvises til beskrivelse i kap.7.7 om utforming av anleggsvei.

Erosjonssikring

Erosjon langs Engsbekken vil kunne ha betydning for stabiliteten innenfor kartlagt faresone (O4.01). Det vurderes derfor hensiktsmessig å etablere erosjonssikring langs bekken på en strekning som indikert i Figur 7.19.

Erosjonssikring må etableres på sider og bunn. Eksakt dimensjonering av D30 og minimum lagtykkelse bør fastlegges med basis i flomberegninger (200 års flomhendelse inkl. klimafaktor).

Erosjonssikring må føres til nivå 200-årsflom eller skjæringstopp drenggrøft (laveste av de to).

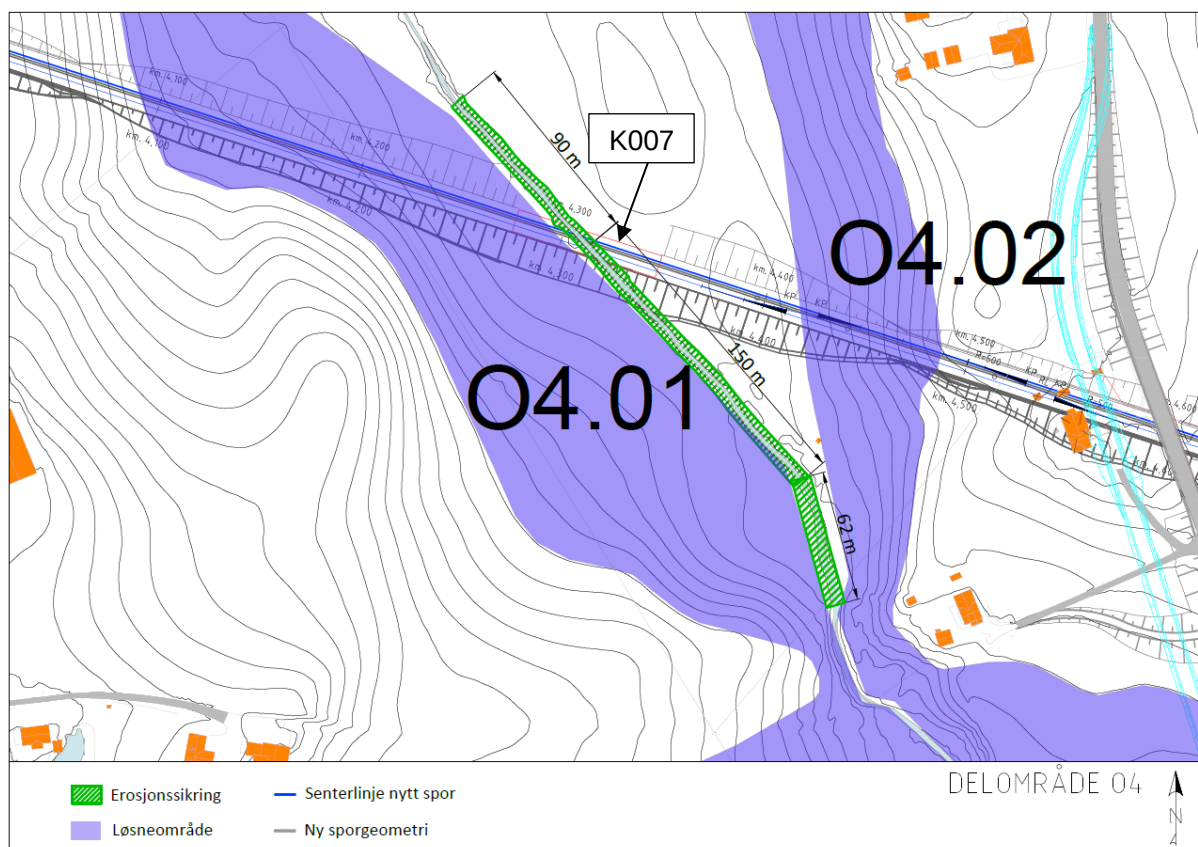
Det anbefales foreløpig at erosjonssikring etableres med samfengt sprengstein med følgende spesifikkasjon:

- $D_{30} \geq 200$ mm
- $D_{50} \leq 333$ mm
- $D_{100} \leq 500$ mm
- Minimum lagtykkelse 0,5 m (sider og bunn)

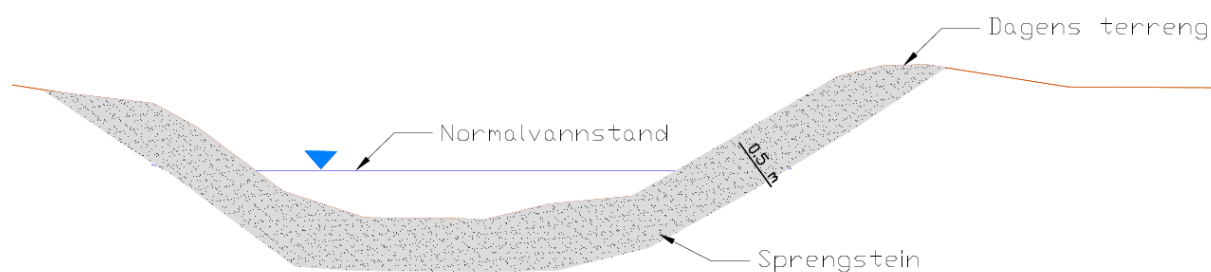
For etablering av erosjonssikring med samfengt sprengstein vil det ikke være krav om bruk av fiberduk eller filtermasser. Erosjonssikring kan ikke etableres brattere enn 1:1.5. Det forutsettes, at erosjonssikringen etableres seksjonsvis pr. 5 m i bekkens lengderetning.

For å unngå at laget med samfengt sprengstein medfører en reduksjon av dagens tverrsnitts areal må intakte masser bortgraves på sider og bunn innen erosjonssikringen etableres. I forbindelse med gravearbeidene er det vesentlig, at det sikres plass for en solid fotgrøft i overgang mellom bunn og sider.

Viser til prinsippskisse i Figur 7.20 og nærmere beskrivelse i NVE veileder 4/2009 [24] kapittel 3.2.1.



Figur 7.19 Området langs Engsbekken som må erosjonssikres (grønn skravur).



Figur 7.20 Prinsippskisse for erosjonssikring i Engsbekken.

7.9 Konklusjon

Tilgjengelig geoteknisk grunnlag for delområde O4 vurderes som tilstrekkelig for å understøtte de relevante vurderingene i henhold til NVE veileder 1/2019 [1] og NVE eksternrapport 9/2020 [2].

Det er identifisert tre faresoner (løsne- eller utløpsområde) for områdeskred i delområde O4. Se Figur 7.19. Konklusjon rundt sikkerhet mot områdestabilitet er gitt for hvert enkel faresone under.

Faresone O4.01

Stabiliteten til faresone O4.01 er undersøkt med stabilitetsberegninger i 3 snitt (O4-02-B, O4-02-C og O4-02-D). Dersom stabiliserende tiltak for lokalstabilitet (KS-stabilisering) etableres som beskrevet i UNA-00-A-10024 [7] vil krav om $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$ være oppfylt for snitt O4-02-B i permanent situasjon. Det henvises til beregninger vist i vedlegg C side C21 og C22. Sikkerhetskrav for tiltak som ikke forverrer stabilitet ($F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$) er oppfylt for snitt O4-02-C, O4-02-D og O4-02-E. Det henvises til beregninger vist i vedlegg C side C23-C31.

Det konkluderes med at det ikke er behov for stabiliserende tiltak med tanke på områdestabilitet i permanent situasjon utover planlagte stabiliserende tiltak for lokalstabilitet.

I byggefasen er det planlagt å etablere en midlertidig anleggsvei innfor faresone for løснеområde O4.01. Utførte stabilitetsberegninger viser at en anleggsvei ikke vil leve opp til sikkerhetskrav for K1-tiltak dersom midlertidig vei etableres i nivå med terreng. Beregningen vist på side C25 i vedlegg C viser at det er mulig å etablere en anleggsvei på en slik måte at stabiliteten i faresonen ikke forverres og dermed lever opp til stabilitetskrav for K1-tiltak.

Erosjon langs Engsbekken vil kunne ha betydning for stabiliteten innenfor kartlagt faresone (O4.01). Det stilles derfor krav om etablering av erosjonssikring langs bekken på en ca. 240 m lang strekning. Viser til nærmere beskrivelse i kapittel 7.8.

Øvrig erosjonssikring av planlagte skjæringer, fyllinger og drengrofter etableres i henhold til føringer gitt i Teknisk regelverk og SVV sine veiledere.

Faresone O4.02

Stabiliteten til den nordlige delen av faresone O4.02 er undersøkt med stabilitetsberegninger i 2 snitt (O4-03-A og O4-03-I). Beregnet sikkerhet for områdeskred i faresone O4.02 lever opp til krav om absolutt sikkerhet ved ikke forverring av stabilitet, $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$.

Planlagte tiltak som ligger innenfor den sørlige delen av faresone O4.02 (midlertidig omlegging av Løkenveien) ligger utenfor skråningens influenssone og vil derfor ikke påvirke stabiliteten til faresone O4.02. Sikkerhetskrav for K1-tiltak i den sørlige delen av faresone O4.02 ansees derfor som oppfylt.

Det konkluderes med at det ikke er behov for stabiliserende tiltak med tanke på områdestabilitet i permanent situasjon utover planlagte stabiliserende tiltak for lokalstabilitet.

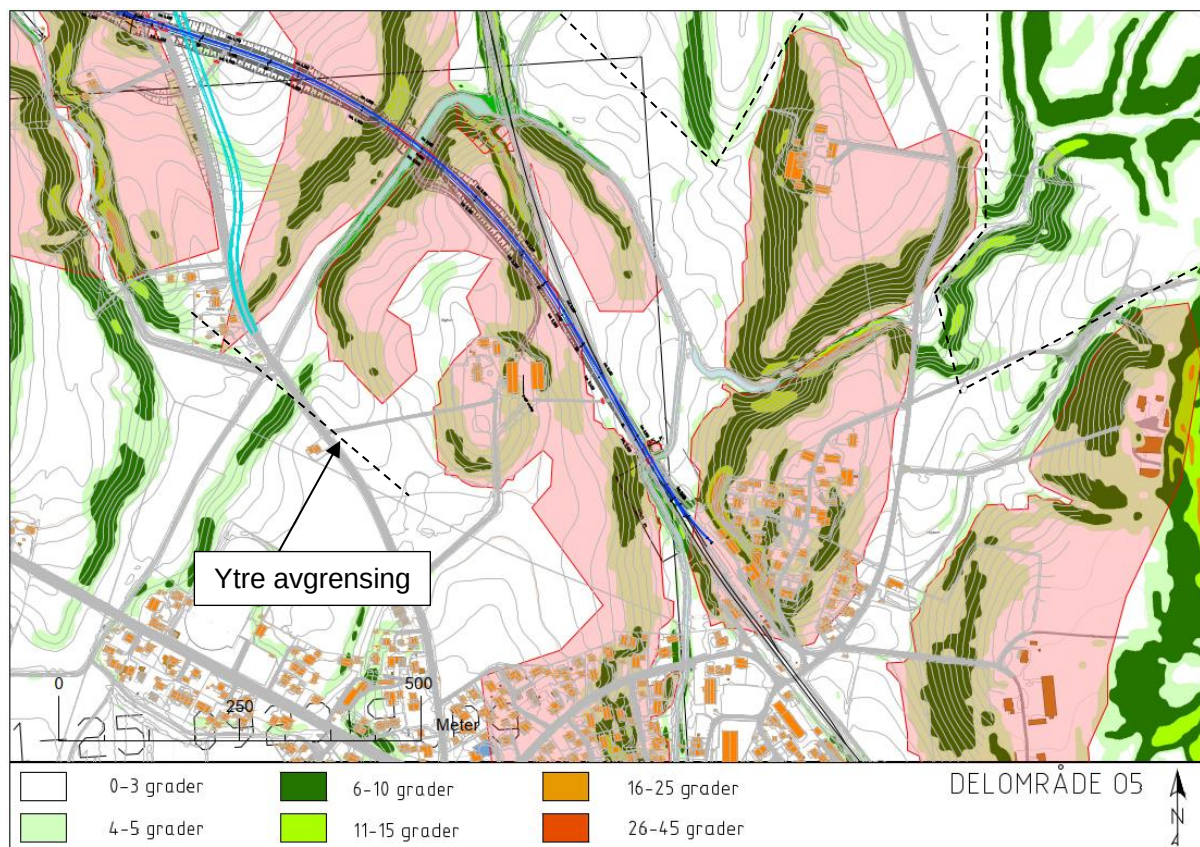
I byggefasen er det planlagt å etablere en midlertidig anleggsvei innfor faresone for løснеområde O4.02. Utførte stabilitetsberegninger viser at en anleggsvei ikke vil leve opp til sikkerhetskrav for K1-tiltak dersom midlertidig vei etableres i nivå med terreng. Beregningen vist på side C35 i vedlegg C viser at det er mulig å etablere en anleggsvei på en slik måte at stabiliteten i faresonen ikke forverres og dermed lever opp til stabilitetskrav for K1-tiltak.

8 DELOMRÅDE O5

8.1 Identifikasjon av kritiske skråninger og aktsomhetsområder

Delområde O5 ligger under marin grense. Området består ifølge NGUs kvartærgeologiske kart (Figur 3.3) av et tykt dekke av hav- og fjordavsetninger og enkelte steder av randmorene. I tillegg befinner delområdet O5 seg i et område klassifisert som å ha svært stor sannsynlighet for å påtreffe marin leire, med unntak av der det er kartlagt morenemateriale, se Figur 3.2.

Det er flere kritiske skråninger i delområde O5 basert på de topografiske kriteriene gitt i steg 3 i tabell 3.1 i NVEs veileder 1/2019 [1]. Ved bruk av disse har det blitt påvist flere potensielle aktsomhetsområder for løснеområde, utstrekningen til disse fremgår av Figur 8.1.



Figur 8.1 Utstrekning av aktsomhetsområder for løснеområde (rødt) for delområdet O5 basert på terrengkriterier.

8.2 Befaring

Våren 2021 (22.04.21) ble det utført befaring langs Engsbekken og Kråkstadelva av geoteknikker Jakob Bitsch Jensen fra NIRAS Norge AS i en periode med antatt normal vannføring. Befaringen ble utført med henblikk på å undersøke/dokumentere dagens forhold langs bekken, herunder særlig erosjonsforhold og eksisterende erosjonssikring. Den følgende beskrivelse omhandler bare den del av Engsbekken som ligger øst for Løkenveien, mens det resterende strekk vestover beskrives i kapittel 7.2.

Strekningene som ble befart i delområde O5 kan overordnet deles inn i 5 deler som angitt i Figur 8.2 (navngitt S.A, S.B, S.C, S.D og S.E). De ulike delene kommenteres enkeltvis i de følgende avsnitt.

S.A: Denne strekningen er lite relevant for de påviste faresonene og kommenteres bare kortfattet. På denne strekningen ligger Kråkstadelva rundt 1 – 2 m under omkringliggende terreng. På den nordligste delen kan det se ut som at elven nylig har blitt rensket og at det har blitt etablert spredt plastring. Det har blitt benyttet fiberduk under plastringen. Plastringen er utført med runde steiner, noe som betyr at stabiliteten kan ses noe dårlig i dette området. På den sørligste delen av strekningen parallelt med banen finnes det plastring (naturlig?) av elvens sider og bunn med runde steiner. Enkelte steder er det erosjon i sidene i retning mot banen. Særlig på den sørligste del finnes det mange større og mindre trær. Trærne langs denne strekningen står i store trekk vertikalt.

S.B: På denne strekning ligger Kråkstadelva på en omtrent rett linje i en skjæring rundt 2 m under det omkringliggende terreng. Vanndybden varierte noe her, men var trolig ikke mer enn rundt 50 cm på det dypest. Det finnes ingen plastring, men det er naturlig erosjonssikring på skråningene i form av et tykt organisk dekke. Det er observert litt erosjon i skråningsfot og flere steder har større deler av det organiske dekke sklidd ut i bekkeløpet. Det finnes ikke trær på strekningen. Det ser ikke ut som at elven (drensgrøften) nylig har blitt rensket opp på denne strekning. Elvesider og -bunn består trolig av leire og finkornige friksjonsmasser.

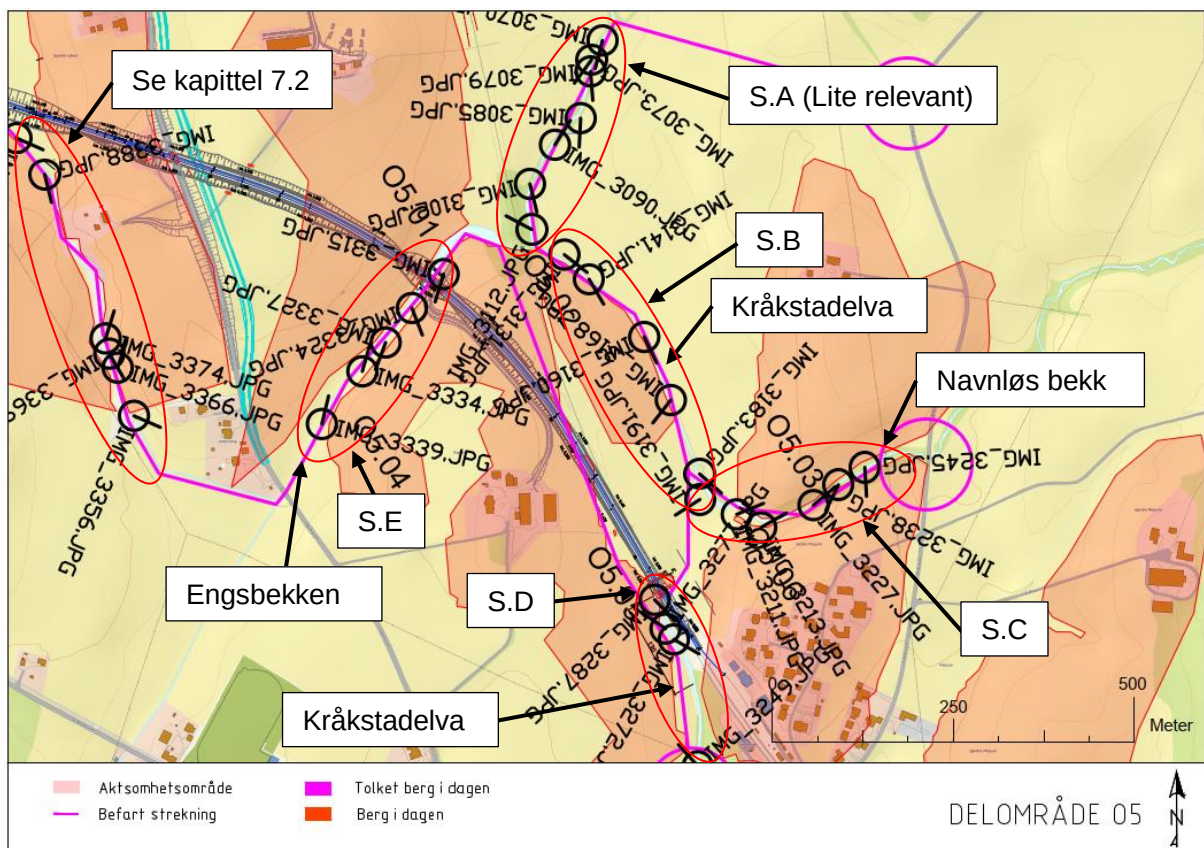
S.C: Den vestligste delen av denne strekningen består av en rekke mindre dammer som har blitt demmet opp med sprengstein og blokk. Det var bjørk på siden av dammene og enkelte områder fremstår som ganske gjengrodd med dunkjevler (særlig den vestligste dammen). Bunn og sider består trolig av leire og finkornige friksjonsmasser. Det er noe gradient nedover i retning mot Kråkstadelva, men størstedelen av høydeforskjellen er tatt opp i områdene med sprengstein. Det er observert begrenset erosjon. Det er liten strømningshastighet gjennom dammene. Det er relativt flatt i sideterrenget. Den østlige delen går på bunnen av et søkk, men med ganske sidebratt terreng på begge sider. Særlig den sørlige skrenten er bratt og bekken ligger opp mot 8 m under omkringliggende terrengnivå. Søkket er tett gjengrodd med trær, og det er observert en del nedfall av trær. På strekningen er det naturlig erosjonssikring i form av berg i dagen, røtter og enkelte partier med stein. Det er trolig pågående erosjon på denne strekningen.

S.D: Strekningen går parallelt med dagens Østre linje på strekningen fra Kråkstad og nordover inntil Kråkstadelva krysser under banen umiddelbart nord for Kråkstad stasjon. På den sørlige delen ligger elven bare 1-2 m under omkringliggende terreng. Her er det ikke noe plastring, men det finnes naturlig erosjonssikring på skråningene i form av et tykt organisk dekke. På østsiden finnes en del større trær. Trærne står i all hovedsak vertikalt. Sider og bunn består trolig av leire og finkornige friksjonsmasser. Det er observert noe erosjon i foten av skråningene umiddelbart over vannlinjen. Gradienten er ganske begrenset og strømningshastigheten relativt lav. På den nordlige delen finnes noe som kan likne på plastring med stein. Gradienten på denne delen er større og strømningshastigheten er høyere. Nåværende forløp av bekken går delvis innenfor og delvis utenfor plastringen. Det er pågående kritisk erosjon i retning mot dagens spor umiddelbart sør for kulverten. Dette forhold har blitt varslet til Bane NOR. Erosjonsomfanget vurderes til «noe erosjon» (poeng score 2).

S.E: Engsbekken går her gjennom område med relativt slakt sideterreng i et bredt dalstrøk. Området er kraftig gjengrodd med dunkjever. Langs strekningen har det innenfor de siste tiårene blitt plantet trær, trolig med tanke på erosjon. På deler av strekningen er det sprengstein i sideterrenget, trolig menneskeskapt erosjonssikring. Erosjonssikringen er veldig gjengrodd og er trolig mer enn 10 år gammel. Omfang av erosjonssikrende tiltak og det slake terrenget kan tyde på at det tidligere har vært problemer med stabilitet (små skred) på denne strekningen. Gradienten er relativt liten og det er ikke observert noe særlig omfang av erosjon. Det likner ikke at bekkeløpet (drensrøften) nylig har blitt rensket opp.

Erosjonsforholdende har blitt vurdert i henhold til kriteriene (bildeeksempler og tabell) i vedlegg A (A1 – A5) til NVE eksternrapport 9/2020 [2]. Erosjonsgraden vurderes til «ingen til noe erosjon» (poeng score 0 - 2).

Befaringen på strekningen er dokumentert med totalt 296 georefererte bilder. EXIF data omfatter posisjon og orientering. Et representativt utvalg av bildene er gjengitt i det følgende (se Figur 8.2 til Figur 8.29).



Figur 8.2 Kartet viser rute for befaring samt posisjon, orientering og navn til bildene som er gjengitt på de neste sider.



Figur 8.3 Bilde: IMG_3070.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.4 Bilde: IMG_3073.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.5 Bilde: IMG_3079.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.6 Bilde: IMG_3085.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.7 Bilde: IMG_3090.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.8 Bilde: IMG_3102.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.9 Bilde: IMG_3112.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.10 Bilde: IMG_3131.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.11 Bilde: IMG_3141.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.12 Bilde: IMG_3160.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.13 Bilde: IMG_3168.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.14 Bilde: IMG_3183.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.15 Bilde: IMG_3191.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.16 Bilde: IMG_3211.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



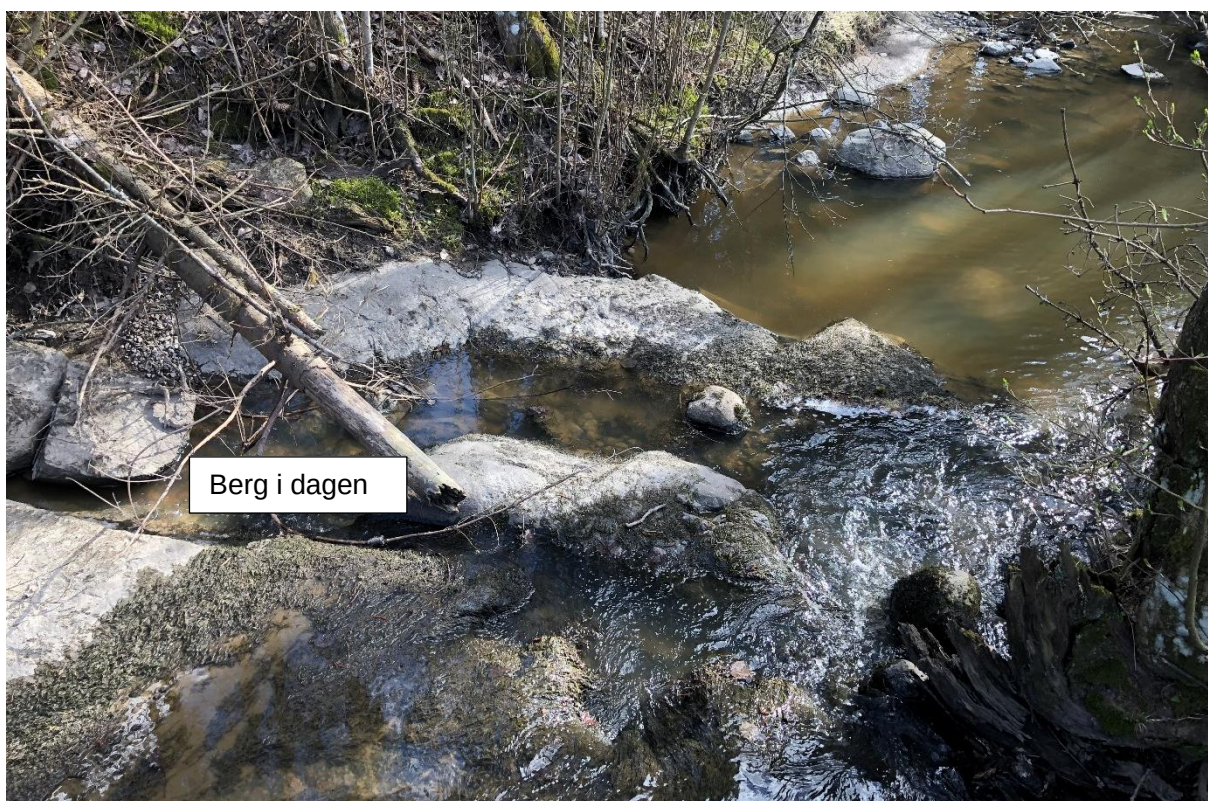
Figur 8.17 Bilde: IMG_3213.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.18 Bilde: IMG_3227.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.19 Bilde: IMG_3238.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.20 Bilde: IMG_3245.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.21 Bilde: IMG_3249.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.22 Bilde: IMG_3272.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.23 Bilde: IMG_3277.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.24 Bilde: IMG_3287.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.25 Bilde: IMG_3315.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.26 Bilde: IMG_3324.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.27 Bilde: IMG_3327.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.28 Bilde: IMG_3334.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)

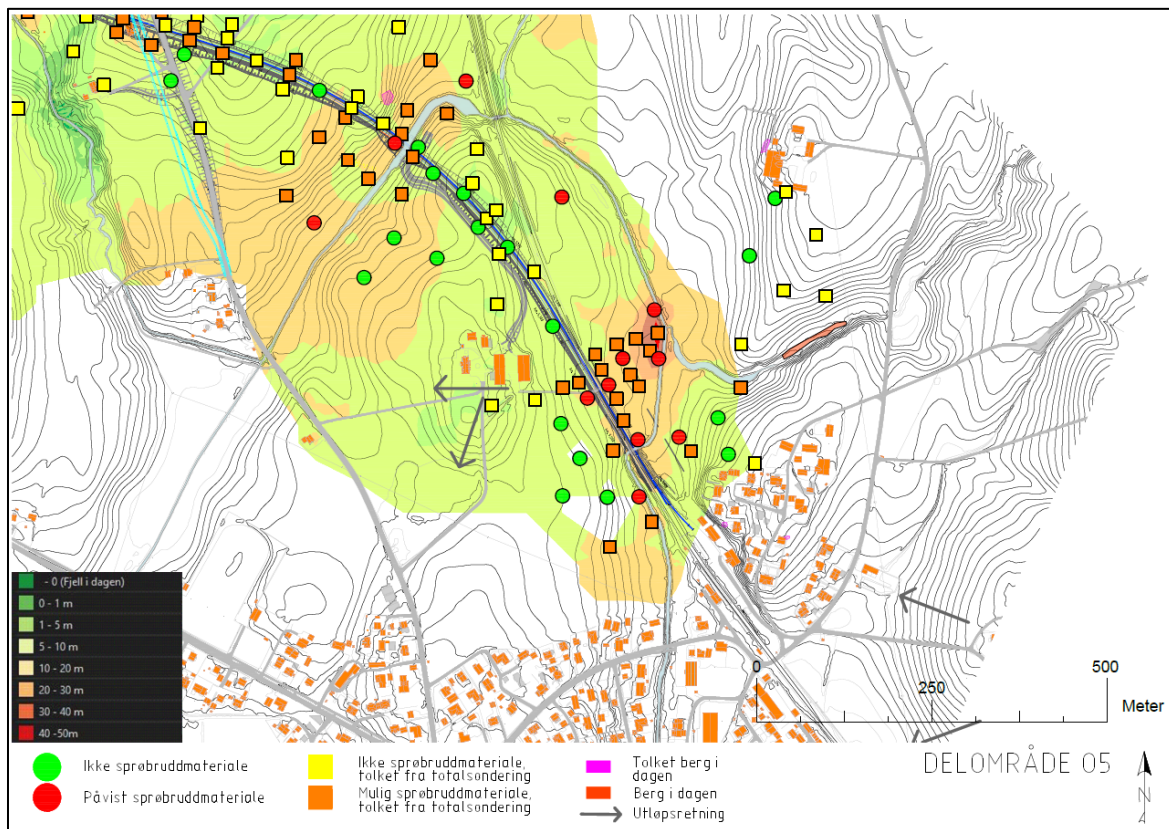


Figur 8.29 Bilde: IMG_3339.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)

8.3 Grunnundersøkelser

Det er utført store mengder geotekniske grunnundersøkelser i delområdet O5 som er egnet til å påvise forekomst av sprøbruddmateriale. Det er i alt utført 83 totalsonderinger, 28 CPTu sonderinger, og det er tatt ut 96 Ø54 sylinderprøver i 30 borpunkter. Videre er det tatt ut 14 naverprøver i 4 posisjoner. I etterkant av feltarbeidet er samtlige sylinderprøver analysert i henhold til standard rutine + plastisitetsindeks og kornfordeling. I tillegg er det utført avanserte tester i form av ødometer- og treaksialforsøk.

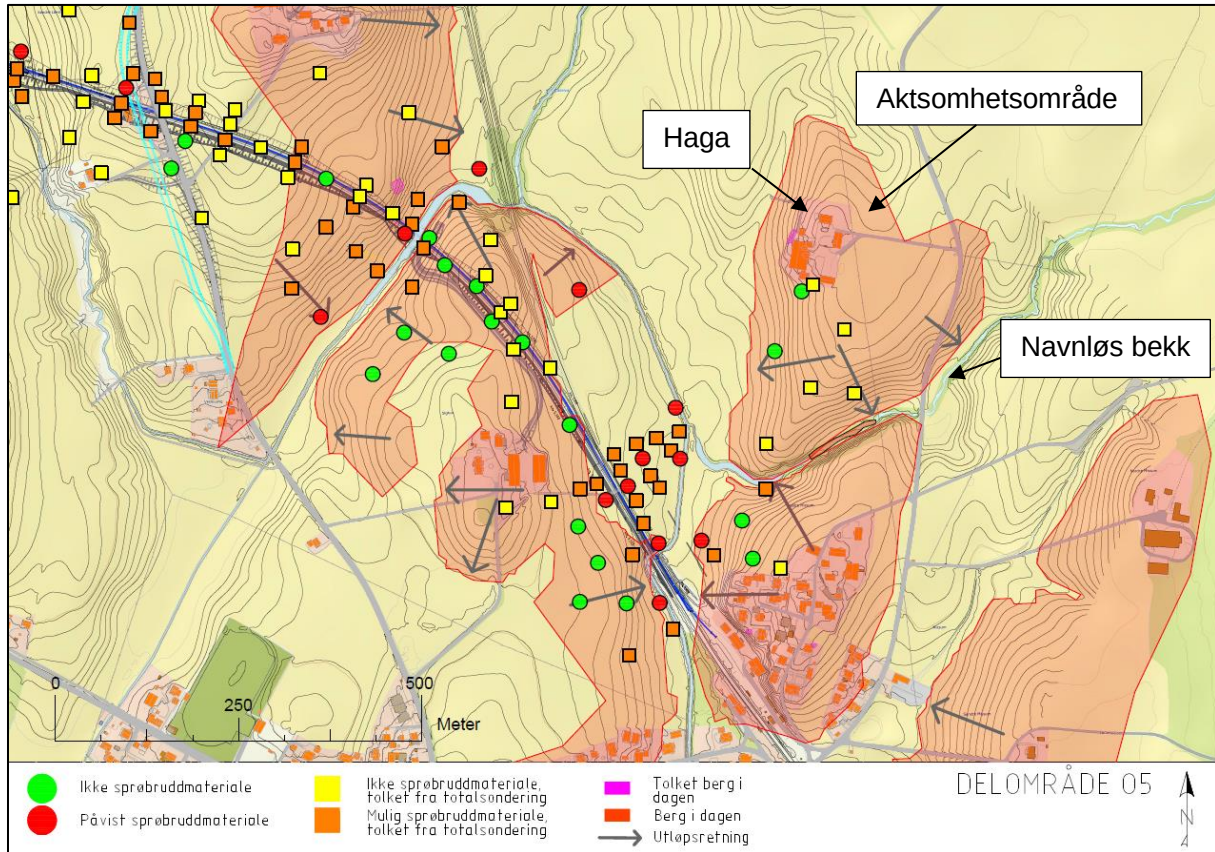
Tolkningen av grunnundersøkelsene er i henhold til kap. 3.5.1. Grunnundersøkelsene viser at det er påvist sprøbruddmateriale i et større område på hver side av Engsbekken og Kråkstadelva. Litt høyere opp i terrenget er det påvist noe bedre løsmasser. Det er stor variasjonen i løsmassemekktigheten i området. Den største løsmassemekktigheten er registrert til rundt 38 m i området. Figur 8.30 viser modellert løsmassemekktighet og tolkning av utførte grunnundersøkelser.



Figur 8.30 Kartet viser antatt løsmassemekktighet basert på grunnundersøkelser utført i delområde O5.

8.4 Aktuelle skredmekanismer og avgrensning av faresone

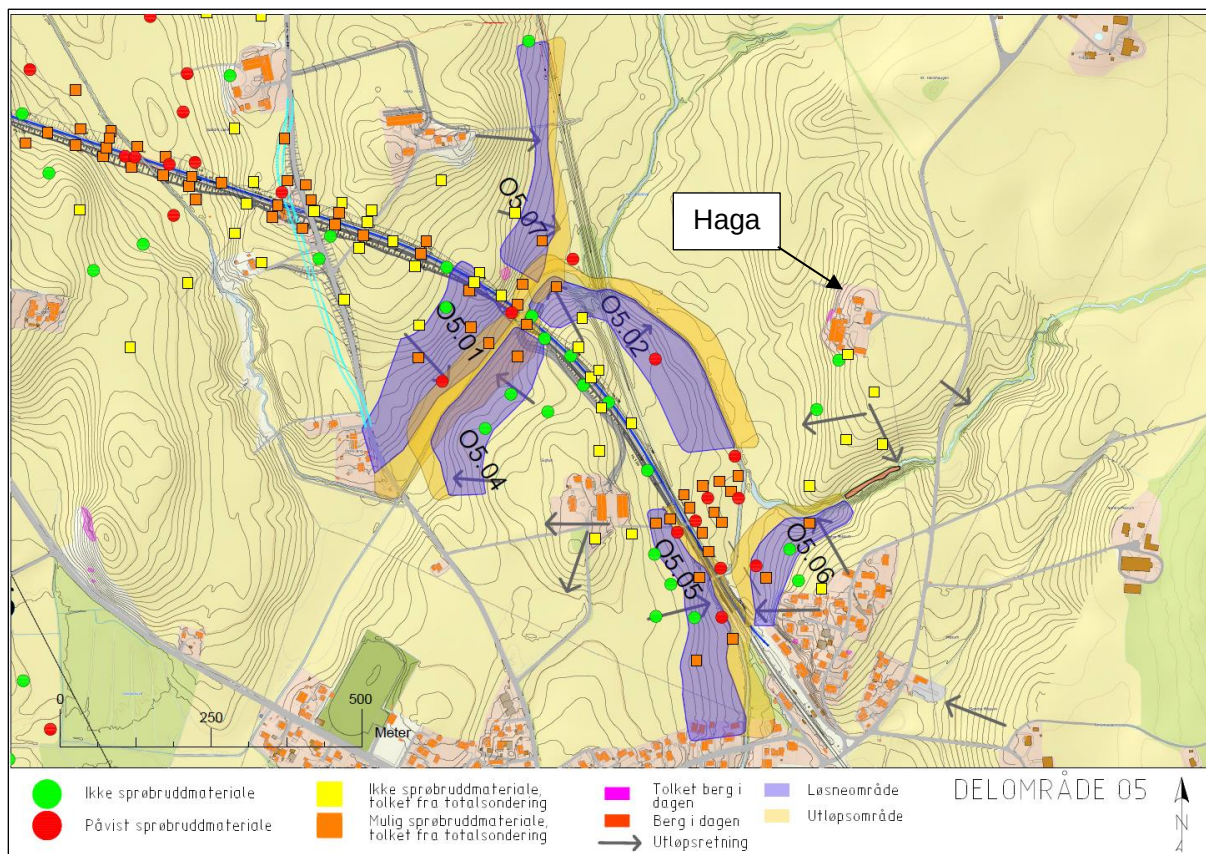
Med bakgrunn i informasjonen gitt i de ovenstående delkapitlene er det i delområde O5 identifisert flere aktsomhetsområder basert på terrengkriteriene gitt i NVEs veileder 1/2019 [1]. Figur 8.31 viser aktsomhetsområder basert på NVE sine terrengkriterier og tolket grunnforhold basert på utførte grunnundersøkelser.



Figur 8.31 Utstrekning av potensielle aktsomhetsområder for løснеområde basert på terrengkriterier sammenstilt med tolket grunnforhold fra grunnundersøkelser i området som er oppsummert i vedlegg D.

Det er identifisert 6 potensielle faresoner innenfor O5. Utstrekningen av de 6 ulike faresonene og navngivning O5-01-O5.07 fremgår av Figur 8.32. Identifisering og avgrensning av faresonene har blitt gjort med utgangspunkt i de topografiske kriteriene gitt i steg 3 i tabell 3.1 i NVEs veileder 1/2019 [1].

Aktsomhetsområde ved Haga er utelukket helhetlig på bakgrunn av utførte grunnundersøkelser og observasjoner av berg i dagen fra befaring langs den navnløse bekken.



Figur 8.32 Kartet viser mulige løsneområder (markert i blått) og tilhørende utløpsområder (markert i gult) i delområde O5.

8.4.1 Faresone O5.01

I faresone O5.01 er det påvist sprøbruddmateriale i bunnen av skråningen i borpunkt A436 og 43. Faresone for løsneområde O5.01 er sideveis avgrenset av faste masser og lav løsmassemektighet mot nord og i sør er faresonen avgrenset sideveis av slakere terreng. Faresone for løsneområde er avgrenset i lengden av grunnundersøkelser som viser at løsmassene ikke består av sprøbruddmateriale lenger opp i skråningen.

Omrørt skjærstyrke fra konustester og flyteindeks (fra borpunkt A436) indikerer at et mulig skred kan utvikle seg retrogressivt. Stabilitetsberegningene i faresonen tyder på at det ikke befinner seg sprøbruddmateriale bak kritisk bruddflate. Tolket utstrekning av sprøbruddmateriale i profil er vist i vedlegg F. Ettersom det ikke finnes sprøbruddmateriale bak bruddflaten vurderes det at videre retrogressiv skredutvikling ikke vil være mulig. Relevant skredmekanisme vurderes derfor til å være flak- eller rotasjonsskred i faresone O5.01.

Utløpsområde er antatt å være halvparten av lengden til faresone for løsneområde, ettersom skredmekanismen er vurdert til å være rotasjonsskred.

Det planlagte tiltaket ligger innenfor en faresone for løsneområde O5.01. Det skal etableres dobbeltspor i det øvre nordlige hjørnet av faresone O5.01. Spor skal etableres i løsmasseskjæring med skjæringshøyde på rundt 2-3 meter i toppen av faresonen. Det skal også etableres en brokonstruksjon (K009) innenfor faresone for utløpsområde. Det planlegges også å etablere en anleggsvei langs planlagt togtrasé. Faresonen har skråningsfot i Engsbekken.

8.4.2 Faresone O5.02

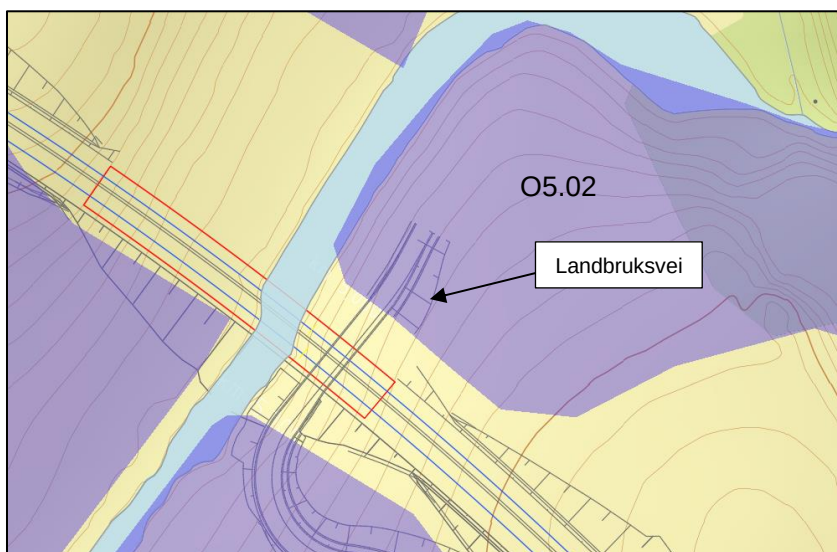
Faresonen ligger langs Engsbekken/Kråkstadbekken. Det er påvist sprøbruddmateriale med konusforsøk i borpunkt A451 ved 4-5 meters dyp. Basert på grunnundersøkelser i området forventes det også at det befinner seg sprøbruddmateriale omkring bekken i foten av skråningen. Faresonen er sideveis avgrenset av utslaking av terreng mot øst og i vest er faresonen avgrenset av A439 er det har blitt påvist masser som ikke klassifiseres som sprøbruddmateriale. Lengden til faresonen er avgrenset av en generell betraktning av utførte grunnundersøkelser i område (f.eks. borpunkt A441, A446, A448, A453) som viser at øvre del av skråningen består av masser uten sprøbruddsegenskaper.

Omrørt skjærstyrke fra konustester indikerer en omrørt skjærstyrke på mellom $0.69 < Sur < 1.27$ (ISO Standard), dette indikerer at flak- eller rotasjonsskred vil være aktuell skredmekanisme for delområdet (Jfr. Figur 4.3 NVE 1/2019 [1]). CPTu utført innenfor sonen indikerer mulig sprøbruddmateriale dypere enn utført konus, men andel sprøbruddmateriale over mest kritisk glideflate er under 40% av løsmassemekanismen. Derfor vil flak- og rotasjonsskred være aktuelle skredmekanismer for sonen.

Utløpsområde er antatt å være halvparten av lengden til faresone for løснеområde, ettersom skredmekanismen er vurdert til å være rotasjonsskred.

Planlagt jernbanebru (K009) ligger delvis innenfor en potensiell utløpssone til faresone O5.02 (nordvestligste delen vest for dagens jernbane). Det skal også etableres en landbruksvei som havner innenfor den vestlige enden av faresone for løśnieområde. Faresonen har skråningsfot i Engsbekken.

Delen av landbruksveien som ligger delvis innenfor løśnieområde O5.02 må tilpasses slik at den etableres i nivå med dagen terreng og ikke etableres i løsmasseskjæring som vist i Figur 8.33. Dersom landbruksveien etableres i nivå med terreng forventes det ikke at landbruksveien vil føre til forverring av stabilitet i skråningen sett opp mot dagens situasjon ettersom området i dag er et jorde der det kjøres med traktor. Det forutsettes at landbruksveien etableres på slik vis at stabiliteten i skråningen ikke forverres. I permanent situasjon vil da stabiliteten i faresone O5.02 være upåvirket av planlagte tiltak.



Figur 8.33 Kartutsnitt av området rundt K009. Faresoner for løśnieområde er vist i blå

8.4.3 Faresone O5.04

Basert på konusforsøk utført på prøveserier fra faresonen vil det ikke være fare for områdestabilitet ($Sur > 1.27$; ISO standard) jfr. Figur 4.3 NVE 1/2019 [1]. Det er utført CPTu i borpunkt A440 og A444. A440 indikerer ingen sprøbruddmateriale men er av dårlig kvalitet, A444 indikerer kun en tynn sone på 4 cm med mulig sprøbruddmateriale. Grunnundersøkelser utført rett på den andre siden av Engsbekken har påvist sprøbruddmateriale og det er derfor grunn til å tro at det befinner seg sprøbruddmateriale i bunnen av skråningen på østsiden av Engsbekken også. Basert på dette er det valgt å tegne opp en faresone i område som avgrenses av bedre masser opp i skråningen. Faresone for løснеområde er sideveis avgrenset i nord av grunnundersøkelser som har påvist masser som ikke klassifiseres som sprøbruddmateriale. Mot sør er faresonen sideveis avgrenset av en utslaking av terrenget.

Stabilitetsberegningene i faresonen tyder på at det ikke befinner seg sprøbruddmateriale bak kritisk bruddflate. Tolket utstrekning av sprøbruddmateriale i profil er vist i vedlegg F. Ettersom det ikke finnes sprøbruddmateriale bak bruddflaten vurderes det at videre retrogressiv skredutvikling ikke vil være mulig. Relevant skredmekanisme vurderes derfor til å være flak- eller rotasjonsskred i faresone O5.04.

Utløpsområde er antatt å være halvparten av lengden til faresone for løснеområde, ettersom skredmekanismen er vurdert til å være rotasjon- eller flakskred.

Det er planlagt å etablere en landbruksvei i den nordlige delen av faresonen. Landbruksveien er planlagt å etableres i skjæring i øvre del av faresonen og på en mindre fylling i bunnen av faresonen. Det forventes ikke at landbruksveien vil føre til en forverring av stabilitet i skråningen, ettersom terrenget blir avlastet i øvre del av skråningen. Den planlagte brukonstruksjonen vil muligens ligge delvis i utløpsområdet til faresone O5.04. Faresonen har skråningsfot i Engsbekken.

8.4.4 Faresone O5.05

Det er påvist sprøbruddmateriale i bunnen av skråningen med konusforsøk fra borpunkt A482 og A471. Lenger opp i skråningen er det påvist leire som ikke klassifiseres som sprøbruddmateriale. Faresonen er avgrenset opp i skråningen av påviste masser uten sprøbruddsegenskaper. Faresonen er sideveis avgrenset i nord og sør av slakere terreng.

Omrørt skjærstyrke fra konustester peker på fare for retrogresjon ($Sur < 0.69$; ISO standard). CPTu utført innenfor sonen indikerer i tillegg mulig sprøbruddmaterial dypere enn utført konus. Stabilitetsberegningene i faresonen tyder på at det ikke befinner seg sprøbruddmateriale bak kritisk bruddflate. Tolket utstrekning av sprøbruddmateriale i profil er vist i vedlegg F. Ettersom det ikke finnes sprøbruddmateriale bak bruddflaten vurderes det at videre retrogressiv skredutvikling ikke vil være mulig. Relevant skredmekanisme vurderes derfor til å være flak- eller rotasjonsskred i faresone O5.05.

Utløpsområde er antatt å være halvparten av lengden til faresone for løснеområde, ettersom skredmekanismen er vurdert til å være rotasjon eller flakskred.

I faresone O5.05 er det planlagt å etablere dobbeltspor i en faresone for utløpsområde. Faresonen har skråningsfot ned mot Kråkstadelva langs deler av faresonen.

8.4.5 Faresone O5.06

Det er påvist sprøbruddmateriale i bunnen av skråningen i borpunkt 57. I øvre del av skråningen er det påvist masser uten sprøbruddegenskaper. Bakkant av løśnieområdene har blitt avgrenset ved å tegne en linje med helning 1:3 fra der det antas at sprøbruddmateriale utkiles i skråningen og opp til terreng, som illustrert i Figur 5.19. Faresone for løøgneområde er sideveis avgrenset i sør av utslaking av terrenget. I nord er faresonen sideveis avgrenset av kartlagt berg i dagen.

Omrørt skjærstyrke fra konustester tyder på fare for retrogresjon ($Sur < 0.69$; ISO standard). CPTu utført innenfor sonen indikerer i tillegg mulig sprøbruddmaterial dypere enn utført konus. Stabilitetsberegningene i faresonen tyder på at det ikke befinner seg sprøbruddmateriale bak kritisk bruddflate. Tolket utstrekning av sprøbruddmateriale i profil er vist i vedlegg F. Ettersom det ikke finnes sprøbruddmateriale bak bruddflaten vurderes det at videre retrogressiv skredutvikling ikke vil være mulig. Relevant skredmekanisme vurderes derfor til å være flak- eller rotasjonsskred i faresone O5.06.

Lengden til faresone for utløpsområde er satt til 0,5 ganger lengden av løøgneområde ettersom relevant skredmekanisme er vurdert til å være flak- eller rotasjonsskred.

Det planlegges ikke å etablere nye tiltak i faresone O5.06. Faresonen blir derfor ikke vurdert nærmere i henhold til NVE sin prosedyre for utredning av områdestabilitetsfare.

8.4.6 Faresone O5.07

Det er ikke påvist sprøbruddmaterial i faresone for løøgneområde O5.07, men totalsondering utført i borpunkt 40 indikerer at det befinner seg sprø masser i nedre del av skråningen. Det er også påvist kvikkleire i borpunkt 214 som ligger på nedsiden av faresonen. Lengden til faresonen er avgrenset med borpunkt A429 som har påvist en løsmassemekthet på 1,4 meter og kartlagte morenemasser ved Vang som er vist i NGU sitt løsmassekart (Figur 3.3). Faresonen er sideveis avgrenset mot sør av en liten bergblotning som er kartlagt i NGU sitt løsmassekart. Mot nord er faresonen sideveis avgrenset mot borpunkt NG17, der det er påvist leire uten sprøbruddsegenskaper.

Stabilitetsberegningen på side C40 i vedlegg C er benyttet for å undersøke relevant skredmekanisme. Skredmekanismen er vurdert i henhold til figur 4.6 i NVE veileder 1/2019 [1]. d/D-forholdet over 1:15-linja er under 40% og det konkluderes derfor at relevant skredmekanisme

er rotasjon eller flakskred. Lengden til faresone for utløpsområde er satt til 0,5 ganger lengden til løsneområdet ettersom skredmekanismen er vurdert til å være rotasjon- eller flakskred.

Planlagt tiltak ligger ikke innenfor faresone for løsneområde eller utløpsområde O5.07. Faresonen blir derfor ikke vurdert nærmere i henhold til NVE sin prosedyre for utredning av områdestabilitetsfare.

8.5 Klassifisering av faresone

Det er gjort en samlet vurdering av faregraden til løснеområdene O5.01, O5.02, O5.04 og O5.05 i henhold til NVE Eksternrapport 9/2020 [2]. Faktorene som er lagt til grunn for klassifiseringen av de ulike faresonene er beskrevet i de neste delkapitlene.

8.5.1 Faregradsklassifisering av faresone O5.01

Tabell 8.1 Faktorer som medgår i faregradsklassifisering og valg av faregrad for O5.01.

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score				Poeng
		3	2	1	0	
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	0
Skråningshøyde, meter	2	>30	20-30	15-20	<15	2
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	4
Poretrykk. Overtrykk, kPa:	2	> +30	10,0-30,0	0,0-10,0	>2,0	2
Undertrykk, kPa:		> -50	- (20-50)	- (0-20)	Hydrostatisk	
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	6
Sensitivitet	1	>100	30 - 100	20 - 30	<20	2
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	3
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Lite	Ingen	3
Forbedring	-3	Stor	Noe	Lite	Ingen	0
Sum						23

Tidligere skredaktivitet: Det er ingen markerte skredgroper i nærheten av O5.01 i NGUs kvartærgeologiske kart. Faregraden er satt til 0.

Skråningshøyde: Skråningen er på det høyeste 15 m. Faregraden er satt til 2.

Tidligere/nåværende terrengnivå: Ødometerforsøk har blitt utført på en sylinderprøve tatt opp fra dybde 8,5 meter i borpunkt A436 og i dybde 5,5 m i borpunkt 43. Minste og største estimat for OCR er på henholdsvis 1,2 og 1,7 for A436 og 1,96 for 43. Faregraden er derfor satt til 2.

Poretrykk: Det er satt ut 2 poretrykksmålere i en dybde på 3 og 6 meter i borpunkt A440. Resultatene fra poretrykksmålerne i A440 tyder på et lite overtrykk på 6 kPa ved 6 meters dyp. Faregraden er satt til 1.

Kvikkleiremektighet: Det er utført CPTu-sondering i borpunkt A425, A430, A436, A435 og 43 som er egnet for å vurdere mektigheten til sprøbruddmaterialet. 3 Ø54 er også tatt fra borpunkt A436. Mektigheten med sprøbruddmateriale er stor i bunnen av skråningen, men mektigheten avtar raskt opp langs skråningen og sprøbruddmateriale er ikke påvist ved en skråningshøyde over 13 meter. Sprøbruddmateriale er ikke påvist i borpunkt A425, et lag med tykkelse på 0,4 meter er påvist i borpunkt A430 og et lag med sprøbruddmateriale på 6,1 m er påvist i borpunkt A436. Borpunkt A435 har påvist vekslende lag med sprøbruddmateriale fra 2-17 meters dybde. Borpunkt 43 har påvist et sprøbruddlag fra 3,5-13 m dybde. Faregraden er satt til 3.

Sensitivitet: Høyeste målte sensitivitet er på 70,7 i dybde 4,5 i borpunkt A436. Faregraden er satt til 2.

Erosjon: Engsbekken befinner seg i bunnen av skråningen. Erosjonsevnen til bekken antas å være liten grunnet størrelsen og gradienten i terrenget. Faregraden er satt til 1.

Inngrep: Spor blir etablert langs fallretningen til skråningen. Sporet skal gå i skjæring i øvre del av skråningen og det blir etablert en bru over dagens bekk. Erfaringsmessig vil kalksementstabilisering med trykkluft medføre poretrykksøkning som har negativ innvirkning på områdestabiliteten. For å imøtegå dette bør det etableres poretrykksmålere for å overvåke endringer i poretrykket og tilpasse hastigheten på anleggsarbeidet, etablere vertikaldren og planlegge etableringsrekkefølgen på kalksementpelene. En nærmere beskrivelse av dette er gitt i geoteknisk vurderingsrapport kap. 7.1.1 [7] og det henvises i tillegg til NGM 2016 artikkel «Bruk av vertikaldren og poretrykkskontroll for bløt leire som er stabilisert med kalk-sementpeler» [25]. Med bakgrunn i dette er faregraden satt til 1.

Samlet sett plasseres O5.01 i faregradsklasse 2, middels faregrad da samlet poengsum er 23. Faregradssonen er vist i Figur 8.34.

8.5.2 Faregradsklassifisering av faresone O5.02

Tabell 8.2 Faktorer som medgår i faregradsklassifisering og valg av faregrad for O5.01.

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score				Poeng
		3	2	1	0	
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	0
Skråningshøyde, meter	2	>30	20-30	15-20	<15	0
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	2
Poretrykk. Overtrykk, kPa:	2	> +30	10,0-30,0	0,0-10,0	>2,0	2
Undertrykk, kPa:		> -50	- (20-50)	- (0-20)	Hydrostatisk	
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	2
Sensitivitet	1	>100	30 - 100	20 - 30	<20	1
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	3
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Lite	Ingen	3
Forbedring	-3	Stor	Noe	Lite	Ingen	0
Sum						13

Tidligere skredaktivitet: Det er ingen markerte skredgroper i nærheten av O5.02 i NGUs kvartærgeologiske kart. Faregraden er satt til 0.

Skråningshøyde: Skråningen er på det høyeste 7 m. Faregraden er satt til 0.

Tidligere/nåværende terrengnivå: Det er ikke utført ødometerforsøk på prøvene som er tatt i faresonen. Det er derfor valgt å benytte en gjennomsnittsverdi på OCR basert på alle ødometerforsøk som er utført i prosjektområdet, det vises til kap. 3.5.1. Basert på dette er det valgt en OCR som ligger mellom 1,5 til 2,0. Faregradscore er satt til 2.

Poretrykk: Den nærmeste poretrykksmåleren er satt ut i en dybde på 3 og 6 meter i borpunkt A440. Resultatene fra poretrykksmåleren i A440 tyder på et lite overtrykk på 6 kPa ved 6 meters dyp. Faregradscore er satt til 2.

Kvikkleiremektighet: Det er utført CPTu-sondering i borpunkt A451 som er egnet for å vurdere mektigheten til sprøbruddmaterialet. Basert på dette er det tolket et tynt lag med sprøbruddmateriale med en tykkelse på rundt 1 m i en dybde fra 7,5 m. Faregraden er satt til 2.

Sensitivitet: Høyeste målte sensitivitet i borpunkt A451 er 28 i dybden 4,5 m. Faregraden er satt til 1.

Erosjon: Engsbekken/ Kråkstadelva befinner seg i bunnen av skråningen. Erosjonsevnen til bekken antas å være liten grunnet størrelsen og gradienten i terrenget. Faregraden er satt til 1.

Inngrep: Spor blir etablert nesten rett bak løснеområdet, men dagens Østre linje er i mellom. Inngrepet for nytt planlagt tiltak vil påvirke dette området i liten grad og faregraden er satt til 1.

Samlet sett plasseres O5.02 i faregradsklasse 1, lav faregrad da samlet poengsum er 13. Faregradssonen er vist i Figur 8.34. Kravet til sikkerhet for tiltak i tiltakskategori K3 med lav faregrad er ikke forverring av stabilitet. På bakgrunn av dette ansees kravet til sikkerhet å være oppfylt i permanent situasjon for faresone O5.02.

8.5.3 Faregradsklassifisering av faresone O5.04

Tabell 8.3 Faktorer som medgår i faregradsklassifisering og valg av faregrad for O5.04.

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score				Poeng
		3	2	1	0	
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	0
Skråningshøyde, meter	2	>30	20-30	15-20	<15	0
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	4
Poretrykk. Overtrykk, kPa:	2	> +30	10,0-30,0	0,0-10,0	>2,0	2
Undertrykk, kPa:		> -50	- (20-50)	- (0-20)	Hydrostatisk	
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	4
Sensitivitet	1	>100	30 - 100	20 - 30	<20	2
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	3
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Lite	Ingen	3
Forbedring	-3	Stor	Noe	Lite	Ingen	0
Sum						18

Tidligere skredaktivitet: Det er ingen markerte skredgroper i nærheten av O5.04 i NGUs kvartærgeologiske kart. Faregraden er satt til 0.

Skråningshøyde: Skråningen er på det høyeste 10 m. Faregraden er satt til 0.

Tidligere/nåværende terrengnivå: Ødometerforsøk har blitt utført fra sylinderprøve tatt i dybde 5 meter fra borpunkt 48. Gjennomsnittlig estimat for OCR er på 2.6. Da dette bare er en måling er det valgt å velge en gjennomsnittlig OCR på 1,5-2,0 basert på hele området, det vises til kap. 3.5.1. Faregraden er derfor satt til 1.

Poretrykk: Det er satt ut 2 poretrykksmålere i en dybde på 3 og 6 meter i borpunkt A440. Resultatene fra poretrykksmålerne t i A440 tyder på et lite overtrykk på 6 kPa ved 6 meters dyp. Faregraden er satt til 1.

Kvikkleiremektighet: Det er utført CPTu-sondering i borpunkt A444 og A440. Det er også tatt utført ødometerforsøk i A444. Mektigheten på sprøbruddmateriale er nesten 2 meter i A444 i en dybde fra 4,5 m, mens tykkelsen er litt større nederst i skråningsfoten. Faregraden er satt til 2.

Sensitivitet: Høyeste målte sensitivitet er på 5,5 i borpunkt A444. Da det bare er en måling er det vagt å benytte en gjennomsnittsverdi for hele området. Faregraden er satt til 2.

Erosjon: Engsbekk er i bunnen av skråningen. Erosjonsevnen til bekken antas å være liten grunnet størrelsen og gradienten i terrenget. Faregraden er satt til 1.

Inngrep: Denne faresonen blir ikke påvirket direkte av det nye tiltaket. Faregraden er satt til 1.

Samlet sett plasseres O5.04 i faregradsklasse 2, middels faregrad da samlet poengsum er 18. Faregradssonen er vist i Figur 8.34.

8.5.4 Faregradsklassifisering av faresone O5.05

Tabell 8.4 Faktorer som medgår i faregradsklassifisering og valg av faregrad for O5.05.

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score				Poeng
		3	2	1	0	
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	0
Skråningshøyde, meter	2	>30	20-30	15-20	<15	0
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	4
Poretrykk. Overtrykk, kPa:	2	> +30	10,0-30,0	0,0-10,0	>2,0	6
Undertrykk, kPa:		> -50	- (20-50)	- (0-20)	Hydrostatisk	
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	4
Sensitivitet	1	>100	30 - 100	20 - 30	<20	2
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	3
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Lite	Ingen	3
Forbedring	-3	Stor	Noe	Lite	Ingen	0
Sum						22

Tidligere skredaktivitet: Det er ingen markerte skredgroper i nærheten av O5.05 i NGUs kvartærgeologiske kart. Faregrad satt til 0.

Skråningshøyde: Skråningshøyden er på 10 m. Faregraden er satt til 0.

Tidligere/nåværende terrengnivå: Ødometerforsøk har blitt utført på sylindrerprøver fra borpunkt A471 og A482. Misteestimatet for OCR for prøvene fra borpunkt A471 og A482 er henholdsvis 2,6 og 1,7. Faregraden er satt til 1.

Poretrykk: Det er satt ut to poretrykksmålere i dybde 5 og 10 m i borpunkt A474. Resultatene fra poretrykksmålerne tyder på et overtrykk på 40 kPa ved 10 meters dybde. Faregrad satt til 3.

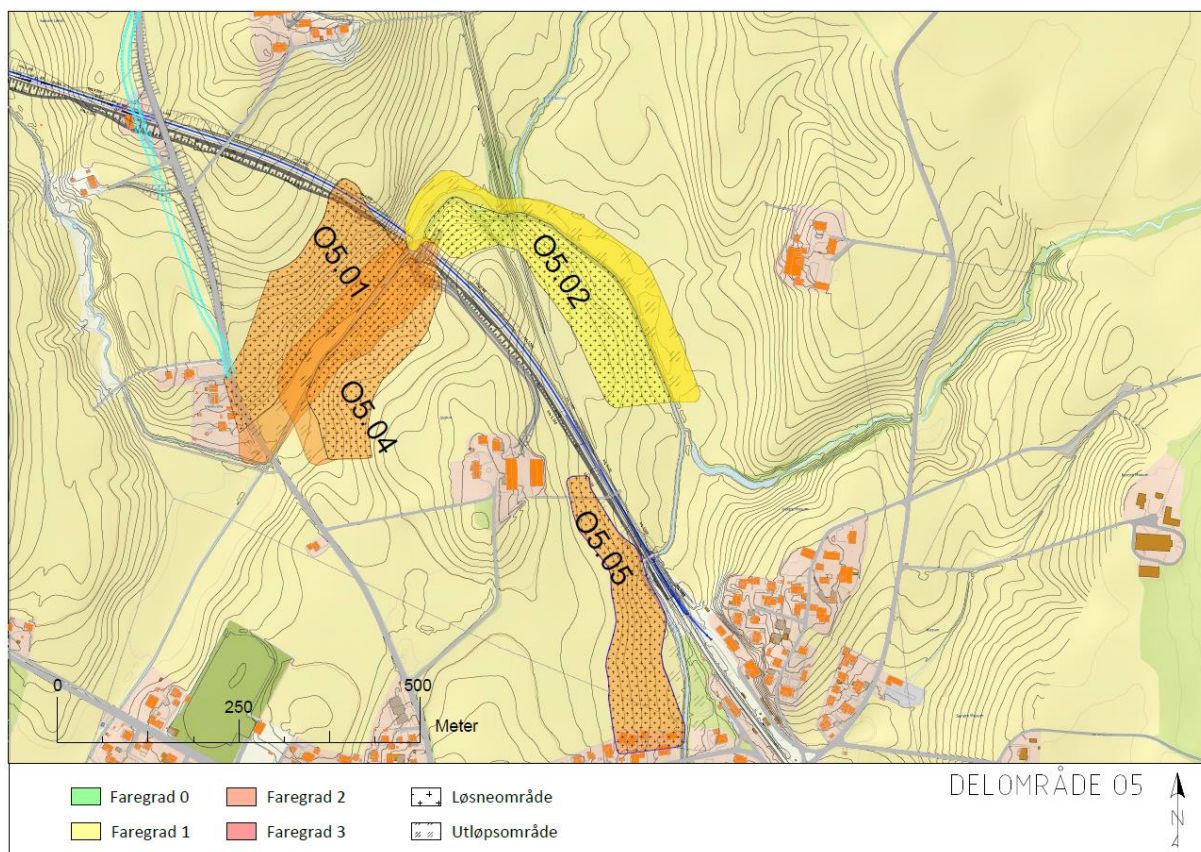
Kvikkleiremektighet: Det er utført en rekke CPTu-sonderinger i og rundt O5.05 som er egnet for å vurdere kvikkleiremektighet. Mekktigheten med sprøbruddmateriale er stor i bunnen av skråningen (rundt 6 m), men mektigheten avtar raskt opp langs skråningen og forsvinner nærmere toppen. Det er påvist et lag med sprøbruddmateriale med mektighet på 1,5 meter i borpunkt A485 som ligger ca. i midten av skråningen. Faregrad er satt til 2.

Sensitivitet: Høyeste målte sensitivitet er på 48 og ble målt på en sylindrerprøve tatt i dybde 7,25 meter i borpunkt A478. Faregrad satt til 2.

Erosjon: Det er en bekk i bunnen av skråningen. Erosjonsevnen til bekken antas å være liten grunnet størrelsen og gradienten i terrenget. Faregradscoren er satt til 1.

Inngrep: Det skal etableres et nytt spor langs eksisterende spor i grensen på faresonen. Inngrepet vil trolig ha noe innvirkning på dagens områdestabilitet i aktsomhetsområdet O5.05. Faregrad satt til 1.

Samlet sett plasseres O5.05 i faregradsklasse 2, middels faregrad da samlet poengsum er 22.



Figur 8.34 Kart over faregradsklassifiserte faresoner i delområde O5.

8.6 Kritiske snitt og materialparametere

Tverrsnitt O5-01-D

I løснеområde O5.01 har det blitt tatt et kritisk snitt og snittet krysser det planlagte tiltaket. Snittet har blitt valgt ettersom terrenget er bratt og massene i bunnen av bekken ser ut til å være bløtere enn massene lenger sør. Det henvises til SuA-profil i vedlegg B, side B117 og B59.

Styrkeparameterne er tolket fra borpunkt A425, A430 og A436. CPTu-sonderingen som er utført i borpunkt A435 har blitt sett bort fra ettersom kvaliteten ikke er god. Styrkeparameterne som er benyttet i stabilitetsberegningene er oppsummert i Tabell 8.5.

ADP-faktor er satt til $c_{uD}/c_{uC} = 0,65$ og $c_{uE}/c_{uC} = 0,37$ for leire 2 og 3 basert på målt I_p i borpunkt A436. For leire 1 er ADP-faktor satt til $c_{uD}/c_{uC} = 0,63$ og $c_{uE}/c_{uC} = 0,35$. Sammenheng mellom I_p og ADP-faktorer som er foreslått i NIFS-rapport nr. 14, ref. [23] er benyttet.

Det er satt ut to piezometere i borpunkt A440. Resultatene fra avlesning tyder på en grunnvannstand rundt 1 meter under terreng med rundt 6 kPa poreovertrykk ved 6 meters dyp. Grunnvannstanden er satt konservativt til 0,6 meter under terreng langs hele skråningen.

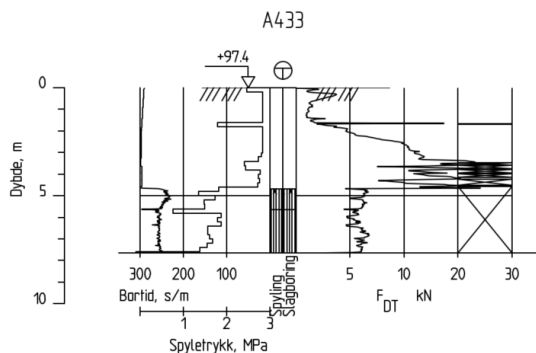
Tabell 8.5 Styrkeparametere som ble benyttet i stabilitetsberegningene for profil O5-01-D, O5-01-E og O5-1.

Material	Tyngdetetthet γ/γ'	Attraksjon a	Friksjonsvinkel ϕ	Udrenert skjærstyrke Su
[-]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kPa]
Tørreskorpeleire	19	0	30	-
Leire 1	19	-	-	35+2,45 kPa/m
Leire 2	19	-	-	25
Leire 3	19	-	-	25+4,2 kPa/m
Leire drenert tilstand	19	10	25	-

*Det henvises til kapittel 3.5.1 for bakgrunn av valg for drenerte styrkeparametere til leire.

Tverrsnitt O5-01-E

Snittet er tatt ut parallelt med planlagt spor delvis innenfor løснеområde O5.01. På det bratteste heller skråningen med 1:3,5 langs snittet. Borpunkt A425, A430, A431, A433, A436, A437 og A439 har blitt brukt ved tolkning av lagdeling og styrkeparametere. Som vist i Figur 8.35 tyder totalsonderingen i A433 på at løsmassemektingen er på kun 4,7 m og at massene er gode i det bratteste partiet i skråningen. Lagdelingen er tolket relativt konservativt sør for nedenfor borpunkt A433. For morene har det blitt benyttet en friksjonsvinkel på 32 grader og en attraksjon på 16 kPa, ellers er styrkeparameterne som er benyttet i stabilitetsberegningene identisk med parameterne listet opp i Tabell 8.5.



Figur 8.35 Totalsondering fra borpunkt A433.

Tverrsnitt O5-02-A

Snittet er tatt ut i løснеområde O5.02, som er vist i vedlegg A side A8. Helningen på skråningen er på det bratteste 1:2. Lagdeling er hovedsakelig tolket på grunnlag av borpunkt A446, A447, A443, 45 og 214. For å bestemme styrkeparametere har det blitt sett på borpunkt A444, A439, 214 og A451 som alle er plassert i omtrent samme høyde i skråningen. Grunnundersøkelsene tyder på at det typisk er et lag med leire under tørreskorpe som har en styrke på 30-40 kPa. Under dette leirlaget ser det ut til å være et leirlag med styrke på rundt 20 kPa med økende styrke med dybden. Styrkeparameterne som er benyttet i stabilitetsberegningene fremgår i Tabell 8.6. Det henvises til SuA-profil i vedlegg B, side B124, B121, B133 og B265.

Tabell 8.6 Styrkeparametere som ble benyttet i stabilitetsberegningene for profil O5-02-A.

Material	Tyngdetetthet γ/γ'	Attraksjon a	Friksjonsvinkel ϕ	Udrenert skjærstyrke Su
[-]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kPa]
Tørrskorpeleire	19	0	30	-
Leire 1	19	-	-	20+4,6 kPa/m
Leire 2	19	-	-	30
Leire drenert tilstand	19	10	25	-

*Det henvises til kapittel 3.5.1 for bakgrunn av valg for drenerte styrkeparametere til leire.

Tverrsnitt O5-04-A og B

Det er tatt ut to tverrsnitt i løseområde O5.04. Tverrsnitt O5-04-A og B er vist i vedlegg A, side A7. Helningen til skråningen er på rundt 1:6 på det bratteste. Lagdeling og styrkeparametere er tolket fra borpunkt A444. Styrkeparametere som er benyttet i stabilitetsberegningene er vist i Tabell 8.7. Det henvises til relevant SuA-profil i vedlegg B, side B124. Grunnvannstanden er satt til 0,6 meter under terreng og er basert på resultatene fra piezometere som er plassert i borpunkt A440.

Tabell 8.7 Styrkeparametere som ble benyttet i stabilitetsberegningene for profil O5-04-A og B.

Material	Tyngdetetthet γ/γ'	Attraksjon a	Friksjonsvinkel ϕ	Udrenert skjærstyrke Su
[-]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kPa]
Tørrskorpeleire	19	0	30	-
Leire 1	19	-	-	40
Leire 2	19	-	-	20+4,26 kPa/m
Leire drenert tilstand	19	10	25	-

*Det henvises til kapittel 3.5.1 for bakgrunn av valg for drenerte styrkeparametere til leire.

Tverrsnitt O5-05-J

Profilen er plassert i den sørlige delen av O5.05 som vist i vedlegg A, side A6. Snittet ansees som det mest kritiske i løseområde O5-05 ettersom det er der skråningen har brattest helning og det bratte partiet er nær bekken. På det bratteste er helningen på 1:6. Tolkning av lagdeling og styrkeparametere er basert på borpunkt A479, 54, 55, 56, A482, 26, A482, A478, A483-2 og 57. Tre aksialforsøk på leire ved borpunkt 54 og 55 viser en styrke på henholdsvis 38 kPa ved 5,5 meter dyp og 39 kPa ved 4,2 meters dyp. Styrkeparametere som har blitt brukt i stabilitetsberegningene langs snitt O5-05-J er oppsummert i Tabell 8.8. Det vises til relevante SuA-profil i vedlegg B, side B63, B149, B153 og B165.

Grunnvannstanden er satt til 0,5 meter under terreng i nedre del av skråning og i øvre del av skråningen er grunnvannstanden satt til 3 meter under terreng. Valg av GSV for beregningsprofilene er basert på resultatene fra piezometere som er plassert ved borpunkt A474 og 65_PZ.

Tabell 8.8 Styrkeparametere som ble benyttet i stabilitetsberegningene for profil O5-05-J.

Material	Tyngdetetthet γ/γ'	Attraksjon a	Friksjonsvinkel ϕ	Udrenert skjærstyrke Su
[-]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kPa]
Tørrskorpeleire	19	0	30	-
Leire 1	19	-	-	35+2,25 kPa/m
Leire 2	19	-	-	25
Leire 3	19	-	-	22+1,13 kPa/m
Leire 4	19	-	-	30+1,27 kPa/m
Leire drenert tilstand	19	10	25	-

*Det henvises til kapittel 3.5.1 for bakgrunn av valg for drenerte styrkeparametere til leire.

Tverrsnitt O5-06-M

Det er tatt ut ett snitt i løseområde O5.06, som er vist i vedlegg A, side A7. Skråningen har en helning på det bratteste på 1:7 langs snittet. Lagdeling og styrkeparametere er tolket ut fra borpunkt A486, 59, 58, A480 og 57. Tabell 8.8 gir en oppsummering av styrkeparametere som har blitt benyttet i stabilitetsberegningene langs snitt O5-06-M. Viser til relevante SuA-profiler i vedlegg B, side B63 og B67.

GSV er satt til 0,5 meter under terreng i nedre del av skråningen og er basert på resultater fra piezometerene ved borpunkt A474. I den øvre delen av skråningen er GSV satt til 4,5 meter under terreng, basert på PZ65.

Tabell 8.9 Styrkeparametere som ble benyttet i stabilitetsberegningene for profil O5-06

Materialnavn	Tyngdetetthet γ/γ'	Attraksjon a	Friksjonsvinkel ϕ	Udrenert skjærstyrke Su
[-]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kPa]
Tørrskorpeleire	19.00	0	30	-
Leire 1	19.00	-	-	37 + 1.67 kPa/m
Leire 2	19.00	-	-	22 + 1.13 kPa/m
Leire 3	19.00	-	-	30 + 1.13 kPa/m
Leire (drenert tilstand)	19.00	10	25	-

8.7 Stabilitetsvurderinger

Med bakgrunn i utførte stabilitetsberegninger i snitt O5-2, O5-01-D, O5-04-A, O5-04-B og O5-05-J (C41-C57 i vedlegg C) er stabiliteten i dagens situasjon tilstrekkelig for å opprettholde kravet om $F_{cu} \geq 1.4$ og $F_{\phi} \geq 1.25$.

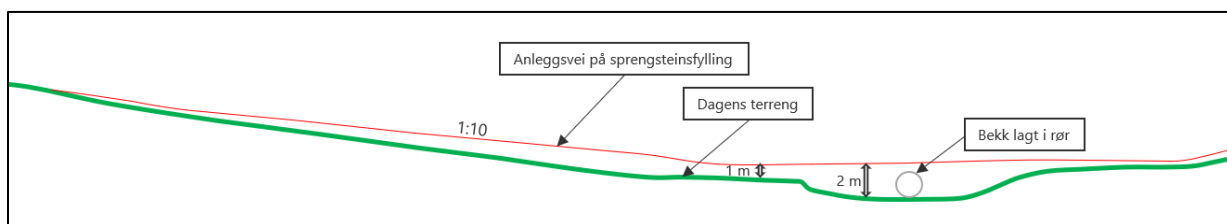
Resultatet fra stabilitetsanalyser er fremlagt i vedlegg C (C41-C57) og gjengitt i Tabell 8.10.

I anleggsfasen har påvirkningen av etablering av anleggsvei blitt undersøkt i snitt O5-01-D. Det planlegges å etablere anleggsveien parallelt med snitt O5-01-D og det er valgt å belaste skråningen med en flatelast på $19,5 \text{ kN/m}^2$ med en lengde på 8 meter i stabilitetsberegningene som skal representere tunge anleggsmaskiner. Planlagt plassering av anleggsvei er vist i vedlegg E side E4. Stabilitetsberegningene viser at anleggsveien vil kunne redusere stabiliteten i skråningen (beregning vist i side C43 i vedlegg C). Beregning vist på side C44 i vedlegg C viser at det er mulig å ikke forverre stabiliteten i faresonen dersom anleggsveien etableres på en fylling med høyde på 1 meter i bunnen av skråningen og med helning på 1:10 der terrenget begynner å stige, slik at fyllingshøyden avtar oppover i skråningen som skissert i Figur 8.36. Det forutsettes at det er mulig å legge Engsbekken i rør og etablere anleggsveien på en fylling over bekken.

Tabell 8.10 Forutsetninger og resultater av stabilitetsberegninger i slide2.

Vedlegg	Tilstand	SF*	Note
[-]	[-]	[-]	[-]
O5-01			
C40	Udrenert	1.63	Dagens situasjon, bruddretning venstre mot høyre.
O5-02			
C41	Udrenert	1.57	Dagens situasjon, bruddretning venstre mot høyre.
O5-01-D			
C42	Udrenert	1.40	Dagens situasjon, bruddretning venstre mot høyre. Grunnvannstand 1 m under terreng øverst i skråningen og 0.6 m nederst i skråningen.
C45	Effektiv	2.28	Dagens situasjon, bruddretning venstre mot høyre. Drenert tilstand.
C43	Udrenert	1.16	Midlertidig situasjon med anleggsvei (i nivå med terreng)
C44	Udrenert	1.42	Midlertidig situasjon med anleggsvei (på fylling i bunn av skråning)
O5-04-A			
C46	Udrenert	2.06	Dagens situasjon, bruddretning høyre mot venstre.
C47	Effektiv	3.31	Dagens situasjon, bruddretning høyre mot venstre. Drenert tilstand.
O5-04-B			
C48	Udrenert	2.18	Dagens situasjon, bruddretning høyre mot venstre
C49	Effektiv	1.91	Dagens situasjon, bruddretning høyre mot venstre. Drenert tilstand.
O5-05-J			
C50	Udrenert	1.49	Dagens situasjon, bruddretning venstre mot høyre.
C51	Effektiv	1.77	Dagens situasjon, bruddretning venstre mot høyre. Drenert tilstand.
O5-06-M			
C52	Udrenert	1.95	Dagens situasjon, bruddretning høyre mot venstre .
C53	Effektiv	3.37	Dagens situasjon, bruddretning høyre mot venstre. Drenert tilstand.
O5-02-A			
C54	Udrenert	1.08	Dagens situasjon, bruddretning venstre mot høyre.
C55	Udrenert	1.22	Planering av skråning, prosentvis forbedring over 10% gir tilfredsstillende stabilitet.
O5-01-E			
C56	Udrenert	1.34	Dagens situasjon, bruddretning venstre mot høyre.
C57	Udrenert	1.46	Fremtidig situasjon med nedplanering til planum. Tiltak fører til forbedret SF, det stilles derfor ikke krav til absolutt sikkerhet. GV senket grunnet antatt økt drenering ved konstruksjon av spor.

* Rød farge angir beregning med utilstrekkelig stabilitet og grønn farge angir beregning med stabilitet svarende krav for K3.



Figur 8.36 Skissert lengdesnitt av anleggsvei

Det bemerkes, at det i en enkelt snitt har blitt identifisert lav stabilitet (ca. $F_{cu}=1.0$) innom faresone O5.02 umiddelbart sør-vest for eksisterende brukonstruksjon (østfoldbanen østre linje km 5.024). Se profil O5-02-A og bilder av dagens konstruksjon i Figur 8.37, Figur 8.38 og Figur 8.39.



Figur 8.37 Eksisterende brukonstruksjon, bilde tatt fra østlig side av banen. Østfoldbanen østre linje km 5.024. Bilde: IMG_3117.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)



Figur 8.38 Eksisterende brukonstruksjon, bilde tatt fra østlig side av banen. Østfoldbanen østre linje km 5.024. Bilde: IMG_3123.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021)

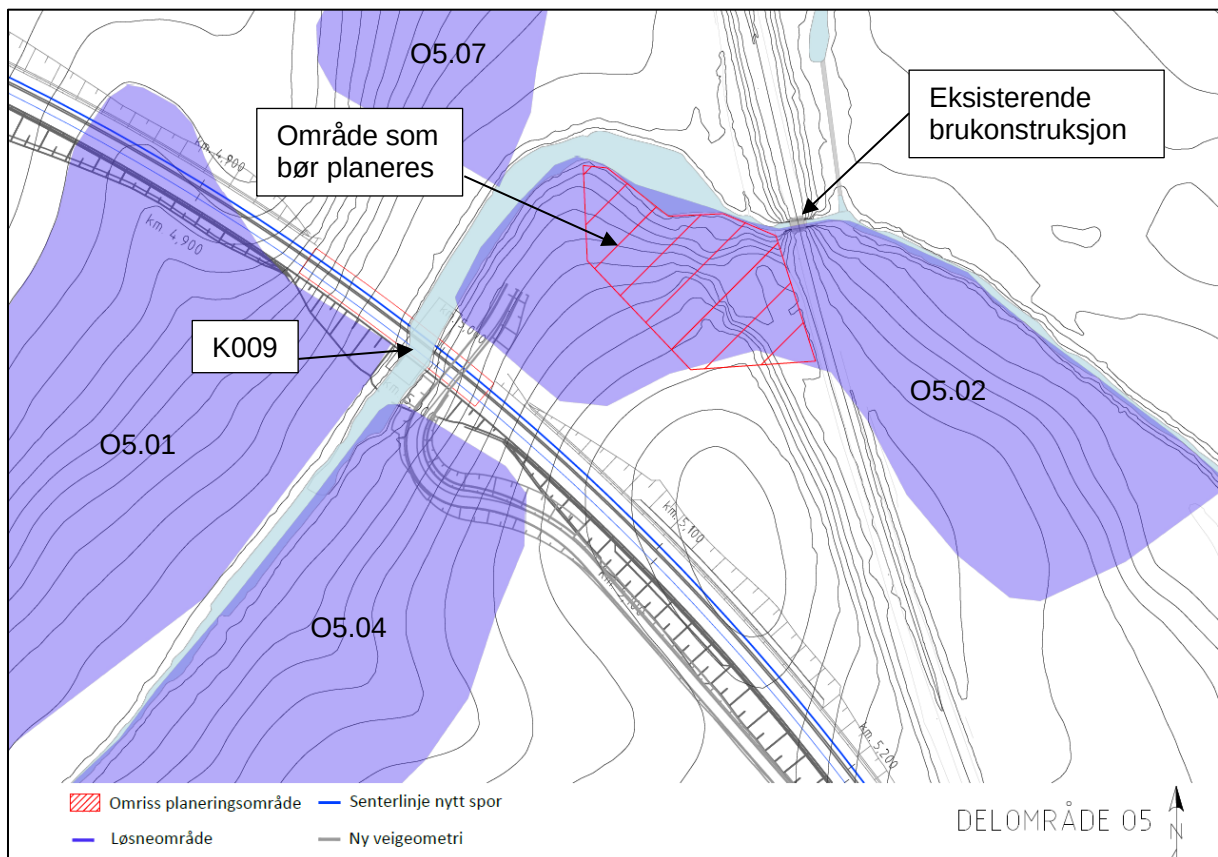


Figur 8.39 Eksisterende brukonstruksjon, bilde tatt fra østlig side av banen. Østfoldbanen østre linje km 5.024. Bilde: IMG_3126.JPG (Jakob Bitsch Jensen, 22.04.2021).

Vedlegg E side E5 viser et kart over planlagte midlertidige tiltak i delområde O5 og kartlagte faresoner for løснеområde. Fra kartet kan man se at det er planlagt å benytte arealer delvis innenfor faresone O5.05 og O5.06 for riggområder og midlertidig lagring av matjord. Midlertidig lagring av matjord plasseres i tiltakskategori K2. Det anbefales å ikke benytte arealer innenfor kartlagte faresoner for løснеområde til riggområder eller lagring av matjord. Dersom det likevel bestemmes å benytte arealer innfor faresoner for løснеområde for lagring av matjord og riggområder skal tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred dokumenteres i henhold til NVE veileder 1/2019 [1].

8.8 Stabiliserende tiltak

Det har ikke blitt avdekket behov for stabiliserende tiltak med tanke på områdestabilitet i permanent situasjon i delområde O5. Det har i midlertid blitt avdekket at en del av skråningen i faresone O5.02 står med dårlig stabilitet i dagens situasjon. Viser til stabilitetsberegning C54 i vedlegg C. Dersom det ikke utføres tiltak som kan forverre dagens stabilitet i faresone for løснеområde O5.02 er krav til sikkerhet mot områdeskred oppfylt fordi faregraden til faresonen har blitt satt til lav faregrad. Det anbefales likevel å planere skråningen i område som er vist i Figur 8.40 ned til en helning tilnærmet 14° (1:4) i forbindelse med etablering av erosjonssikring. Stabiliteten vil da bli forbedret med ca. 14 % (se beregning C55 i vedlegg C).



Figur 8.40 Omriss av område som behøves nedplanert for å ivareta stabiliteten i O5.02

Erosjonssikring

I delområde O5 er det observert ingen til noe erosjon langs bekker/drensgrøfter. Alle faresoner i delområde O5 ligger delvis langs en bekk. Det vurderes derfor hensiktsmessig å etablere erosjonssikring langs bekker i delområde O5 som vist i Figur 8.41 og Figur 8.42.

Langs faresone O5.01 og O5.04 har det blitt observert ingen erosjon (score 0) og det har blitt observert erosjonssikring i form av utlagt sprengstein langs sidene av bekken og planting av trær. Gradienten er lav i dette området og bekken er rett uten større buktninger. Observerte erosjonsforhold langs faresone O5.01 og O5.04 tilsier ikke at man forventer forverring av stabilitet i faresonene. For områder der det skal utføre arbeid i forbindelse med etablering av konstruksjon K009 og landbruksvei som kan påvirke effekten av eksisterende erosjonssikring, skal det utføres ny erosjonssikring.

Det vurderes at det er behov for erosjonssikring langs bekken som vist i Figur 8.41. Dette fordi utførte stabilitetsberegninger langs snitt O5-02-A viser at deler av faresone O5.02 forventes å stå med dårlig stabilitet og bekken bukte seg i dette område. Det har blitt observert noe erosjon ved eksisterende konstruksjon for østre linje. Lengre mot øst er det observert lite erosjon og det vurderes at det ikke er behov for erosjonssikring langs bekken ved den østlige delen av faresone O5.02. Erosjonssikringen skal utføres etter at skråningen i faresone O5.02 er avlastet som beskrevet i avsnittet over. Etablering av erosjonssikring bør vurderes nøye med tanke på den kritiske tilstand til dagens konstruksjon (se bilder i Figur 8.37, Figur 8.38 og Figur 8.39) og ses i sammenheng med forestående sanering av dagens spor.

Langs faresone O5.05 går Kråkstadelva langs foten av faresonen. Det har blitt observert noe erosjon ved Kråkstadelva langs denne strekningen. Det vurderes at det er behov for erosjonssikring langs Kråkstadelva langs strekningen som er vist i Figur 8.42.

Det henvises til kap. 8.2 for nærmere beskrivelser av erosjonsforhold i delområde O5.

Erosjonssikring må etableres på sider og bunn. Eksakt dimensjonering av D30 og minimum lagtykkelse bør fastlegges med basis i flomberegninger (200 års flomhendelse inkl. klimafaktor).

Erosjonssikring må føres til nivå 200-årsflom eller skjæringstopp drenggrøft (laveste av de to).

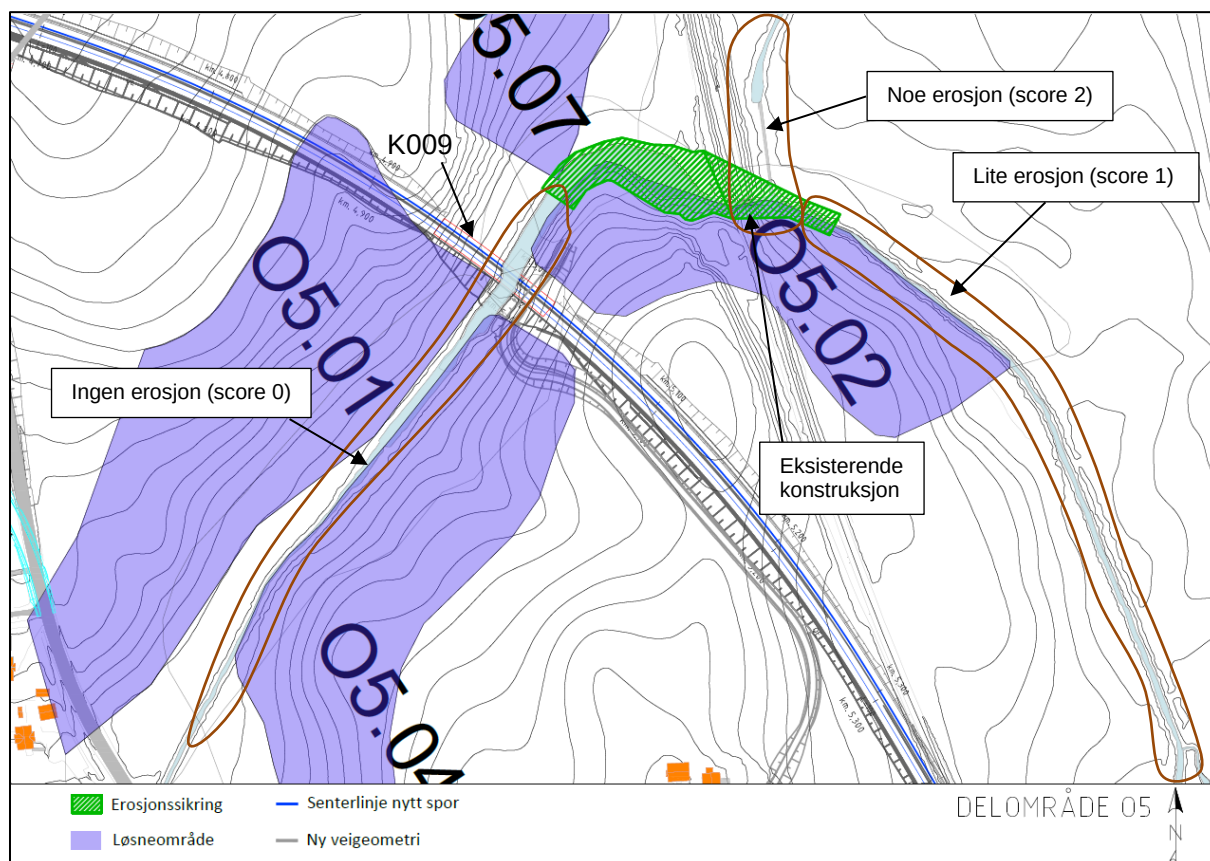
- Det anbefales foreløpig at erosjonssikring etableres med samfengt sprengstein med følgende spesifikasjon:
- $D_{30} \geq 200$ mm
- $D_{50} \leq 333$ mm
- $D_{100} \leq 500$ mm
- Minimum lagtykkelse 0,5 m (sider og bunn)

For etablering av erosjonssikring med samfengt sprengstein vil det ikke være krav om bruk av fiberduk eller filtermasser. Erosjonssikring kan ikke etableres brattere enn 1:1.5.

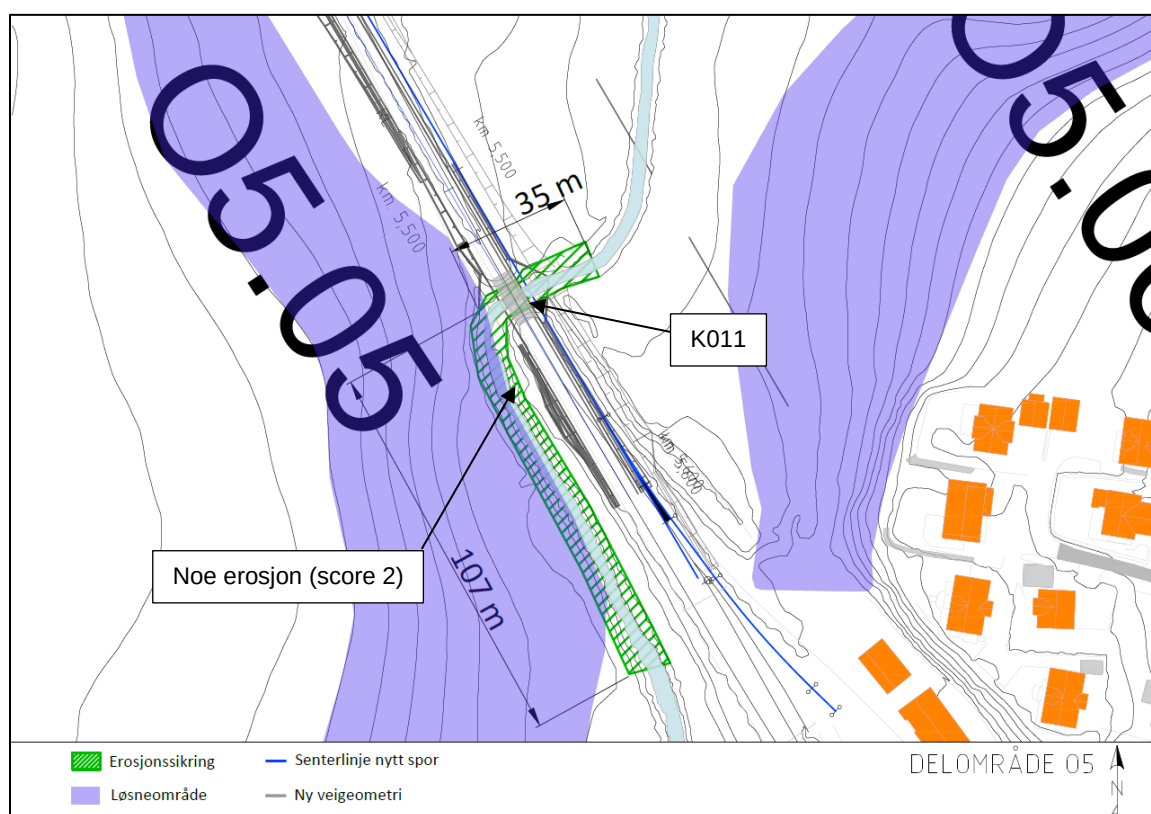
Det forutsettes, at erosjonssikringen etableres seksjonsvis pr. 5 m i bekkens lengderetning.

For å unngå at laget med samfengt sprengstein medfører en reduksjon av dagens tverrsnitts areal må intakte masser graves bort på sider og bunn innen erosjonssikringen etableres. I forbindelse med gravearbeidene er det vesentlig, at det sikres plass for en solid fotgrøft i overgang mellom bunn og sider.

Viser til prinsipskisse i Figur 7.20 og nærmere beskrivelse i NVE veileder 4/2009 [24] kapittel 3.2.1.



Figur 8.41 Området som må erosjonssikring langs Kråkstadelva i den nordlige delen av delområde O5.



Figur 8.42 Området som må erosjonssikres langs Kråkstadelva i den sørlige delen av delområde O5.

8.9 Konklusjon

Det er identifisert seks faresoner (løsne- eller utløpsområde) for områdeskred i delområde O5. Se Figur 8.34. Konklusjon rundt sikkerhet mot områdestabilitet er gitt for hvert enkel faresone under.

Faresone O5.01

Det har blitt vurdert at planlagte tiltak ikke vil føre til forverring av stabilitet i faresonen i permanent situasjon. Faresonen lever opp til sikkerhetskravet om $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$ ved ikke forverring av stabilitet. Det henvises til stabilitetsberegning på side C42 og C45 i vedlegg C.

Det antas fundamenteringsarbeid kan utføres uten å forverre stabiliteten innenfor faresone O5.01.

Det er ikke behov for stabiliserende tiltak for å sikre tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred i permanent situasjon.

Det planlegges å etablere en midlertidig anleggsvei i den nordlige delen av O5.01. Plassering av anleggsvei fremgår i vedlegg E side E5. Stabilitetsberegning på side C44 i vedlegg C viser at det er mulig å etablere en anleggsvei på en slik måte at stabiliteten i faresone O5.01 ikke forverres. Det henvises til beskrivelse i kap. 8.7. Det er viktig at arbeidet med anleggsveien starter med å etablere veifylling i bunnen av skråningen ved Engsbekken før anleggsveien etableres gradvis videre opp langs skråningen.

Faresone O5.02

Faresonen er faregradsklassifisert til lav faregrad. Dersom man gjør mindre tilpasninger av landbruksveien som er omtalt i kap. 8.4.2 slik at veien går i nivå med terreng forventes det ikke at planlagte tiltak vil forverre stabiliteten innfor faresonen. Faresonen vil da leve opp til sikkerhetskrav om ikke forverring av stabilitet som er gjeldene for faresoner med lav faregrad.

Stabilitetsberegninger (vist på side C54 i vedlegg C) viser at deler av faresonen står med lav sikkerhet og det anbefales at det gjennomføres en beskjeden terrengavlastning som stabiliserende tiltak. Det henvises til kap. 8.8 for nærmere beskrivelse. Det påpekes at det ikke stilles krav om terrengavlastning i faresone O5.02 i NVE veileder 1/2019 [1].

Det er ikke behov for stabiliserende tiltak for å sikre tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred i permanent situasjon.

Faresone O5.04

Faresonen lever opp til sikkerhetskravet om $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$ ved ikke forverring av stabilitet. Det henvises til stabilitetsberegninger på side C46-C49 i vedlegg C. Det vurderes at landbruksveien som skal etableres i den nordlige delen av O5.04 ikke vil forverre stabiliteten i faresonen.

Det er ikke behov for stabiliserende tiltak for å sikre tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred i permanent situasjon.

Faresone O5.05

Faresonen lever opp til sikkerhetskravet om $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$ ved ikke forverring av stabilitet. Tilstrekkelig stabilitet i faresonen er dokumentert med stabilitetsberegninger på side C50 og C51 i vedlegg C.

Faresone O5.06

Planlagte tiltak ligger ikke innenfor løse- eller utløpsområde.

Det er ikke krav til stabiliserende tiltak i faresonen.

Faresone O5.07

Planlagte tiltak ligger ikke innenfor løse- eller utløpsområde.

Det er ikke krav til stabiliserende tiltak i faresonen.

Dersom man benytter seg av arealer innenfor kartlagte faresoner for løsneområde (f.eks. jordranker, riggplass eller anleggsvei) i anleggsfasen skal tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred dokumenteres.

Erosjon langs Engsbekken og Kråkstadelva vil kunne ha betydning for stabiliteten av faresone O5.02 og O5.05. Det stilles derfor krav om etablering av erosjonssikring langs Engsbekken på en ca. 170 m lang strekning, samt erosjonssikring langs Kråkstadelva på to mindre delstrekk (totalt ca. 140 m). Viser til nærmere beskrivelse i kapittel 8.8.

Øvrig erosjonssikring av planlagte skjæringer, fyllinger og drenggrøfter etableres i henhold til føringer gitt i Teknisk regelverk og SVV sine veiledere.

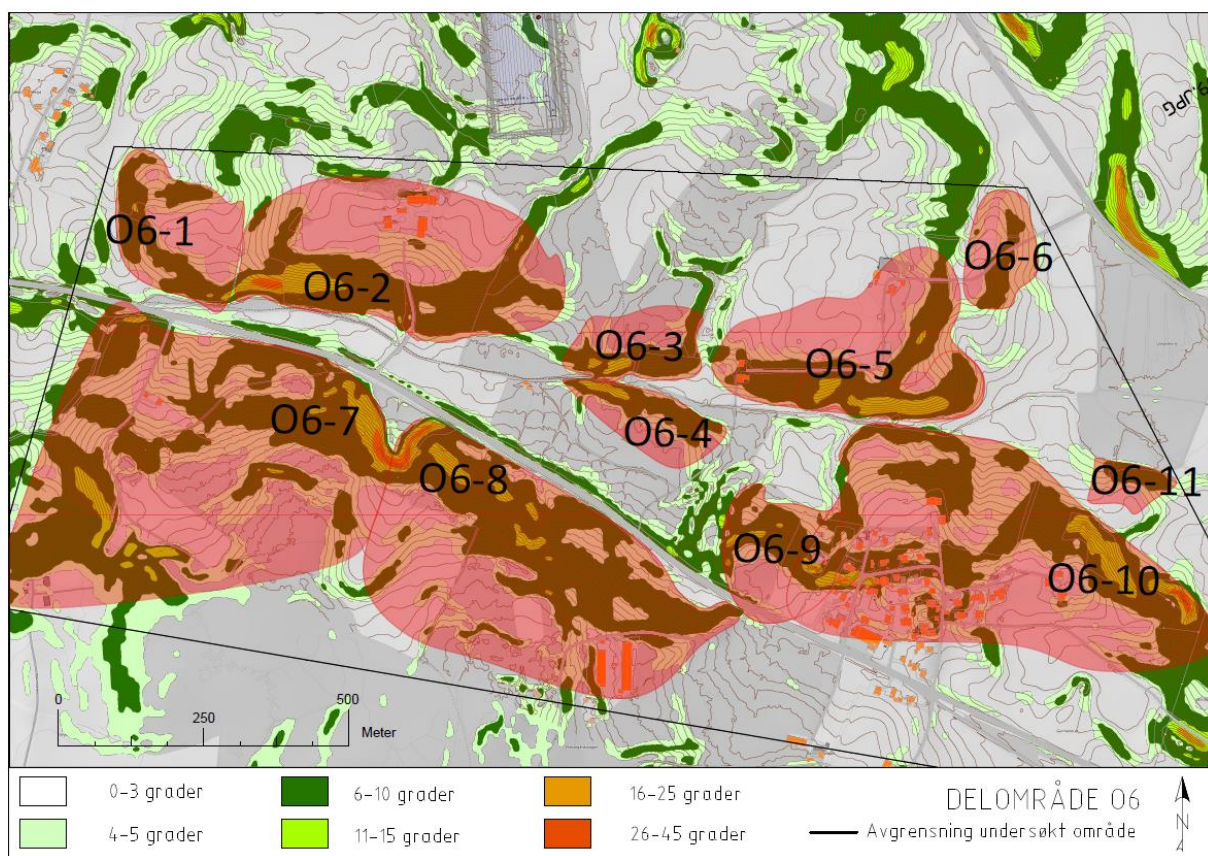
9 DELOMRÅDE O6

Per dags dato er det ikke planlagt tiltak i delområde O6. Tidligere i prosjektet har det vært planer om å etablere et massedeponi i delområde O6. I den forbindelse har områdestabiliteten i delområde O6 blitt undersøkt. I dette kapittelet er vurderingene rundt områdestabilitet for delområde O6 presentert.

9.1 Identifikasjon av kritiske skråninger og aktsomhetsområder

Delområde O6 ligger under marin grense, og ifølge NGUs kvartærgeologiske kart (Figur 3.3) består løsmassene i området av tynt og tykt lag med hav- og fjordavsetninger og noe randmorene. I tillegg er delområdet O6 klassifisert til å være i et område hvor sannsynligheten for marin leire er svært stor i sørlig del og liten i nordlig del, se Figur 3.2.

Det er flere kritiske skråninger i delområde O6 basert på terrengkriteriene i tabell 3.1 i NVEs veileder 1/2019 [1]. Dette har gitt flere aktsomhetsområder for løснеområde omkring tidligere deponialternativer. Utstrekning av aktsomhetsområdene fremgår i Figur 9.1, utstrekningen er basert på 20 x H som det fremgår av tabell 3.1 i NVE veileder 1/2019 [1].



Figur 9.1 Utstrekning av aktsomhetsområder for løснеområde (rødt) for delområde O6 basert på terrengkriteriene.

9.2 Befaring

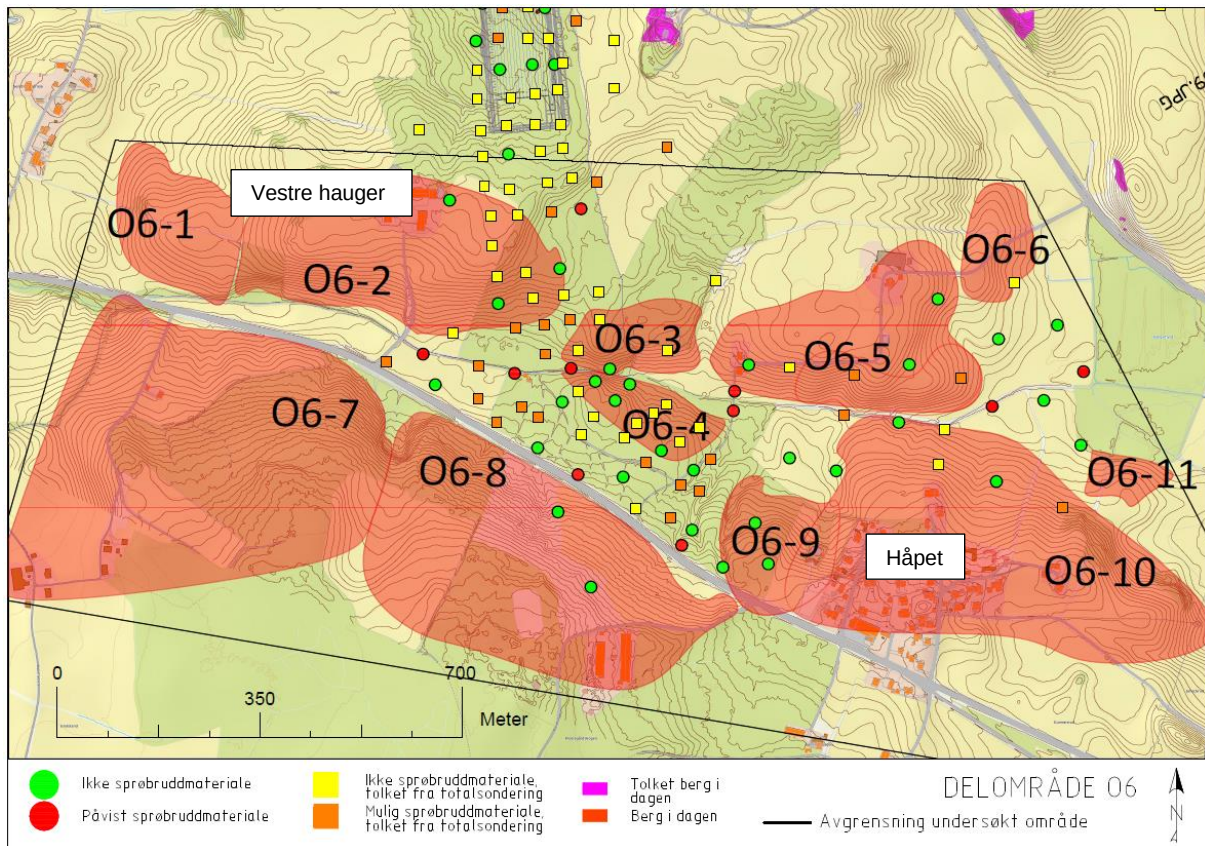
Det er gjort befaring av området av ingeniørgeolog Martine Baklien fra NIRAS Norge AS våren og sommeren 2020. Befaringen ble utført med henblikk på utplassering av borpunkt. Området består av mye tett skog og det er en del nedfall av trær som følge av vind. Helt sør i området er det en del gamle drenggrøfter hvor mye er gjengrodd av busker. Det er ikke tegn til skredaktivitet i nyere tid og erosjon er observert i begrenset omfang rundt eksisterende drenggrøfter i skillet mellom dyrket mark og skogsareal.

9.3 Grunnundersøkelser

Det er utført geotekniske grunnundersøkelser som er egnet til å påvise forekomst av sprøbruddmateriale innenfor delområde O6. Det er i alt utført 80 totalsonderinger, 19 CPTu sonderinger, og det er tatt ut 33 Ø54 sylinderprøver i 13 borpunkt. Videre er det tatt ut 54 naverprøver i 20 posisjoner. I etterkant av feltarbeidet er samtlige sylinderprøver analysert i henhold til standard rutine + plastisitetsindeks og kornfordeling. I tillegg er det utført avanserte tester i form av ødometer- og treaksialforsøk. Figur 9.2 gir et overblikk over plasseringen til utførte grunnundersøkelser i delområde O6.

9.4 Aktuelle skredmekanismer og avgrensning av faresone

Med bakgrunn i informasjonen gitt i de ovenstående delkapitlene er det i delområde O6 identifisert flere aktsomhetsområder for løснеområde basert på terrengkriteriene gitt i NVEs veileder 1/2019 [1]. Figur 9.2 viser tolkede aktsomhetssoner for løśnieområde og tolket grunnforhold basert på utførte grunnundersøkelser. Grunnundersøkelsene er oppsummert i Vedlegg D.



Figur 9.2 Utstrekning av aktsomhetsområder for løśnieområde basert på terrengkriterier sammenstilt med tolket grunnforhold fra grunnundersøkelser i området som er oppsummert i vedlegg D.

Som det fremgår av Figur 9.2 finnes det ikke påvist forekomst av sprøbruddmateriale (røde punkter) innom identifiserte aktsomhetsområder. Derimot er det fra totalsonderinger tolket mulig sprøbruddmateriale enkelte steder innenfor aktsomhetsområdene. For de punktene der det er påvist forekomst av sprøbruddmateriale med konusforsøk ligger de alle i en kile langs en bekk.

Videre blir antagelser og tolkninger for hver sone gjennomgått:

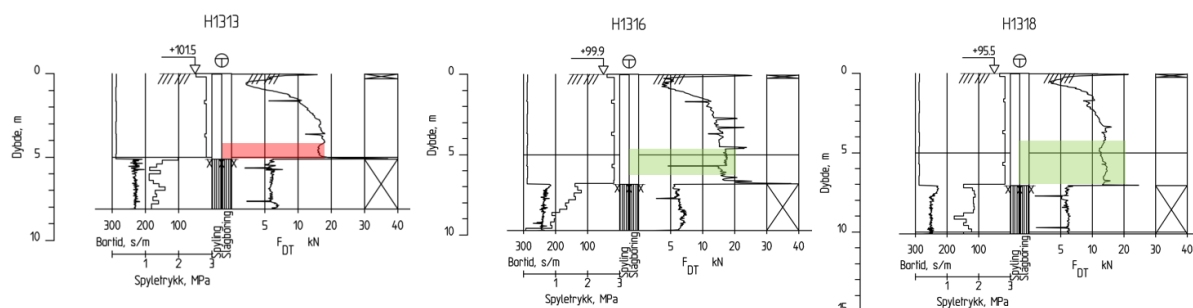
O6-1: Aktsomhetsområdet O6-1 blir ikke vurdert videre ettersom løśnieområdet og tilhørende utløpsområde antas å være utenfor prosjektområdet. Det er ikke utført grunnundersøkelser i dette området.

O6-2: Det er ikke påvist sprøbruddmateriale i aktsomhetsområde O6-2. Det er godt med grunnundersøkelser i den østre delen, men det er ikke utført grunnundersøkelser i den vestre delen av O6-2. Basert på utførte grunnundersøkelser avgrenses O6-2 mot øst, mens den vestlige delen beholdes ettersom det ikke er tilstrekkelig grunnlag for å avkrefte forekomster av sprøbruddmateriale.

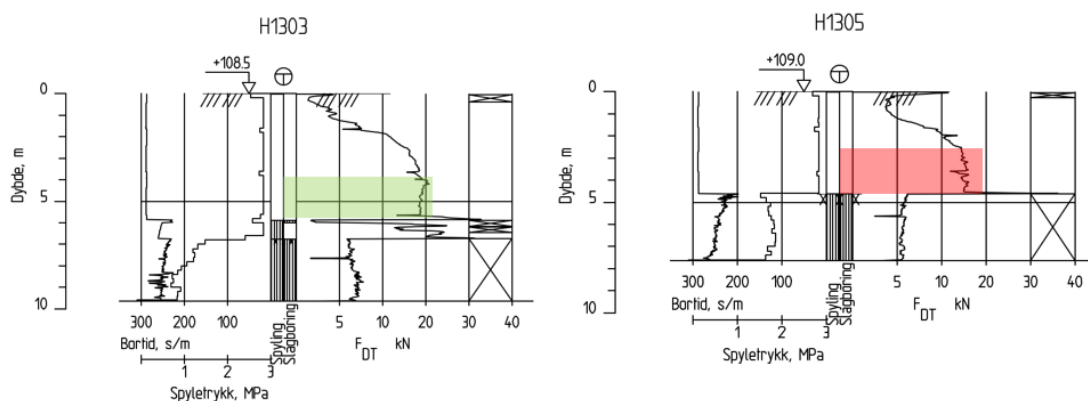
O6-3: Det er utført 4 totalsonderinger i aktsomhetsområde O6-3. Alle 4 totalsonderinger viser en klar økning i sonderingsmotstand. Målt løsmassemekthet er mellom 1-4,4 meter. Det vurderes at datagrunnlaget er tilstrekkelig for å utelukke O6-3 som løøgneområde for områdeskred.

O6-4: Det er 10 borpunkt innenfor aktsomhetsområde O6-4. Det er ikke påvist sprøbruddmateriale i området. Grunnundersøkelsene viser at løsmassemekktigheten typisk er mellom 1-3 meter. 2 borpunkter viser en løsmassemekktighet på rett over 5 meter. CPTu og prøvetagning (forstyrrede og uforstyrrede prøver) er utført i disse to borpunktene. Det vurderes at datagrunnlaget er tilstrekkelig for å utelukke O6-3 som løsneområde for områdeskred

O6-5: I aktsomhetsområde O6-5 er det 6 borpunkt. I 4 av borpunktene kan man utelukke forekomst av sprøbruddmateriale basert på CPTu-sonderinger, labforsøk på sylinderprøver i relevante dyp eller totalsonderingsresultater. I borpunkt H1313 og H1305 er det kun utført totalsonderinger der man ikke kan utelukke forekomst av sprøbruddmateriale alene basert på totalsonderingene. Nærliggende borpunkter viser også lignende fall i motstand i totalsonderingene rundt 4-5 meters dyp, med konusforsøk og resultater fra CPTu viser ikke tegn til sprøbruddmaterialer rundt denne dybden. Totalsondering H1313 og nærliggende borpunkt (H1316 og H1318) er vist i Figur 9.3 og totalsondering H1305 med nærliggende borpunkt er vist i Figur 9.4. Ettersom disse borpunktene ligger i omtrent samme kote konkluderes det med at det er svært usannsynlig at det befinner seg sprøbruddmateriale i H1313 og H1305.



Figur 9.3 Totalsonderinger i aktsomhetsområde O6-5. Rød og grønn markering viser deler av totalsondering som kan se ut som sprøbruddmateriale. For totalsonderinger med grønn markering har det blitt utført grunnundersøkelser som er egnet til å påvise sprøbruddmateriale. H1316: Omrørt skjærstyrke på leire fra rundt 5,2 meters dyp er målt til å være rundt 4,3 kPa. NIFS 2015 (Bq1-Nmc) gir ikke utslag på sprøbruddmateriale for CPTu-sondering i H1316 og H1318.



Figur 9.4 Totalsonderinger i aktsomhetsområde O6-5. Rød og grønn markering viser deler av totalsondering som kan se ut som sprøbruddmateriale. For totalsonderinger med grønn markering har det blitt utført grunnundersøkelser som er egnet til å påvise sprøbruddmateriale. NIFS 2015 (Bq1-Nmc) gir ikke utslag på sprøbruddmateriale for CPTu-sonderingen i H1303.

O6-6: Det er utført én totalsondering i aktsomhetsområde O6-6. Løsmassemekktigheten i dette punktet er målt til å være 3,9 m og sonderingsmotstanden øker tydelig med dybden. Massene tolkes til å være tørrskorpeleire over berg. Totalsonderingen er utført i den nedre delen av aktsomhetsområde. Generelt er det erfart fra prosjektet at tørrskorpelag er tykkere og løsmassemekktigheten avtar høyere opp i terrenget. Aktsomhetsområde O6-6 blir ikke vurdert videre ettersom området og tilhørende utløpsområde antas å være utenfor prosjektområdet.

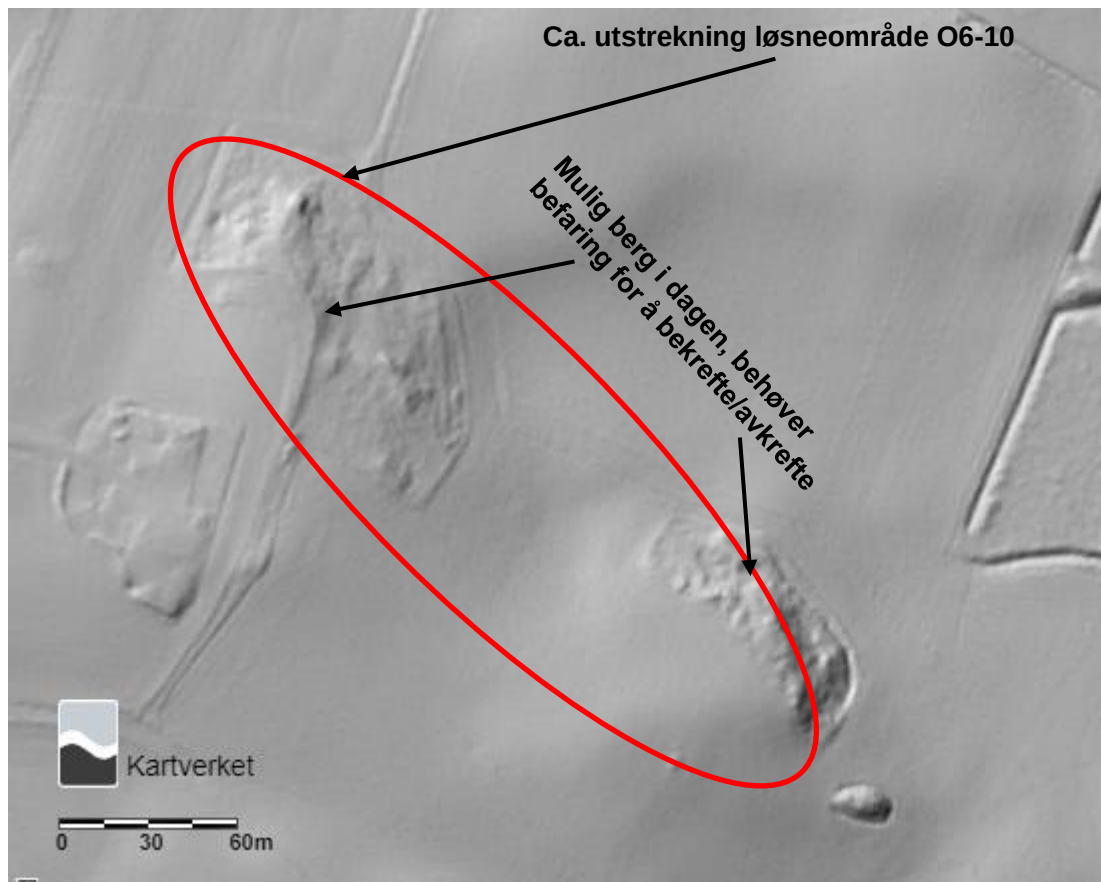
O6-7: Det er ingen borpunkter innenfor aktsomhetsområde for løsneområde. Det generelle bilde av grunnforholdene i prosjektet er at løsmassemekktigheten er langt lavere høyt i terrenget sammenlignet med de flate og lavtliggende områdene. Generelt er det i de flate og lavtliggende områdene det er påvist sprøbruddmateriale, men det påpekes at det er unntak. Ettersom det ikke er utført grunnundersøkelser for å bekrefte antatt gode masser i O6-7, kan man ikke utelukke forekomster av sprøbruddmateriale.

O6-8: Det er utført 2 borpunkt i O6-8. Totalsondering og prøvetagning i borpunkt H293 (nordligste borpunktet i O6-8) viser at massene består av morene over berg og løsmassemekktigheten ved borpunktet er 5,6 m. I borpunkt H308 er det kun utført totalsondering som indikerer morenemasser og en løsmassemekktighet på 1,7 meter. NIFS 2015 (Bq1-Nmc) gir utslag på sprøbruddmateriale for CPTu-sonderingen i H306 og H289 som ligger nedenfor O6-8. Nærliggende borpunkter tyder på at dette er isolerte soner med sprøbruddmateriale. Fra totalsonderingene H311 og H306 er det tydelig at det er morenemasser over berg. Basert på resultatene fra grunnundersøkelsene i området har aktsomhetsområde blitt avgrenset mot øst. Det er sannsynlig at resterende del av O6-8 også består av morenemasser, men ettersom det ikke er utført grunnundersøkelser i den vestlige delen av O6-8 kan man ikke utelukke forekomster av sprøbruddmateriale i dette området. Det blir derfor valgt å ikke utelukke den vestlige delen av O6-8.

O6-9: Det er 3 borpunkter i O6-9. Påvist løsmassemekktighet varierer fra 10,5-1,5 m. Totalsonderingene viser at massene består av morenemasser fra rundt 2 meters dybde. Det vurderes at datagrunnlaget er tilstrekkelig for å utelukke faren for områdeskred i O6-9.

O6-10: Det er 5 borpunkt i O6-10. H1311 og H1310 viser en klart økende sonderingsmotstand med dybden. I borpunkt H1315 er det utført CPTu-sondering og det er tatt ut naverprøver. NIFS 2015 (Bq1-Nmc) gir ikke utslag på sprøbruddmateriale for CPTu-sonderingen i H1315. Som man kan se fra Figur 9.17 kan det se ut til å være sprøbruddmateriale under tørrskorpe 2 meter over berg fra totalsondering i H1322. Det er ikke utført grunnundersøkelser som er egnet til å bekrefte eller avkrefte forekomster av sprøbruddmateriale i borpunkt H1322. Basert på resultatene fra grunnundersøkelsene i området har aktsomhetsområdet blitt avgrenset mot vest.

Det er observert mulig berg i dagen fra DTM-kart over løsneområdet for O6-10 (se Figur 9.5), dette må bekreftes ved eventuell befaring. Ved funn av berg i dagen kan sonen potensielt utgå.

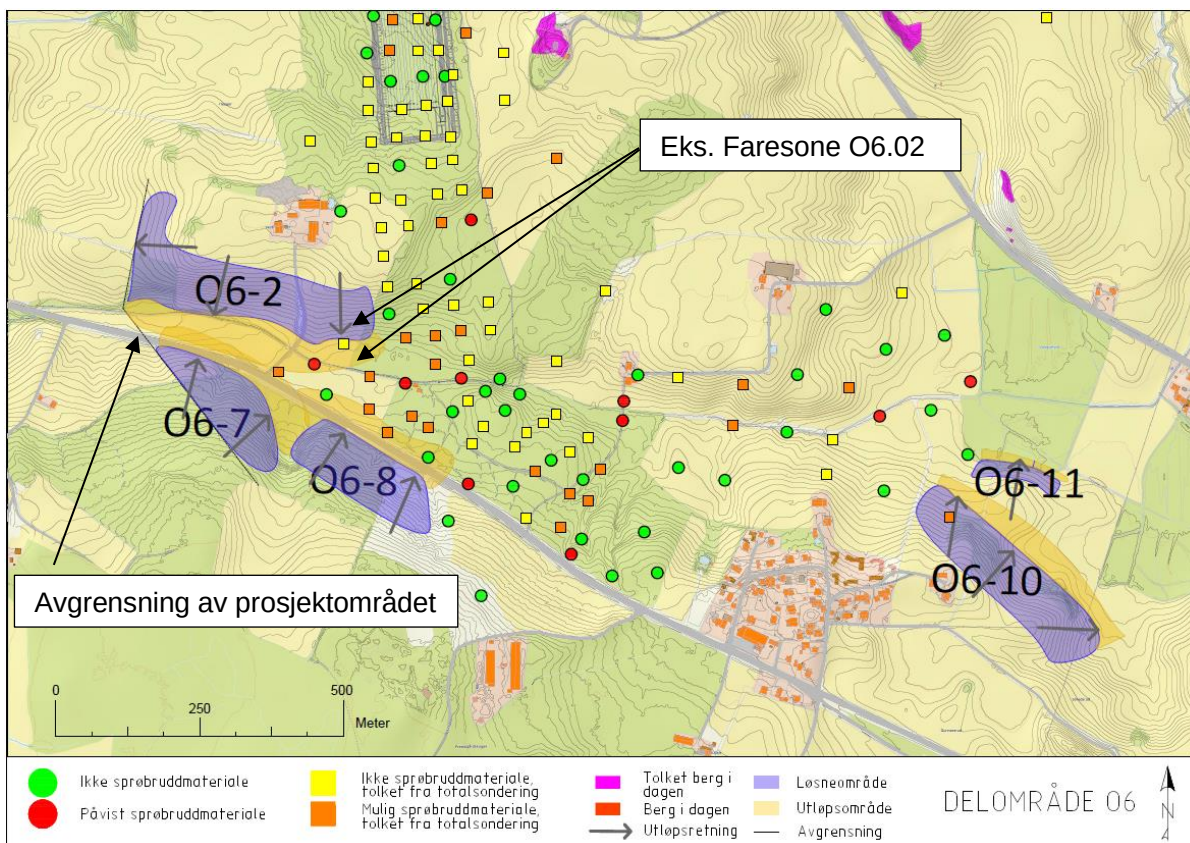


Figur 9.5 Mulig berg i dagen innenfor løснеområdet O6-10, må bekreftes ved eventuell befarig.

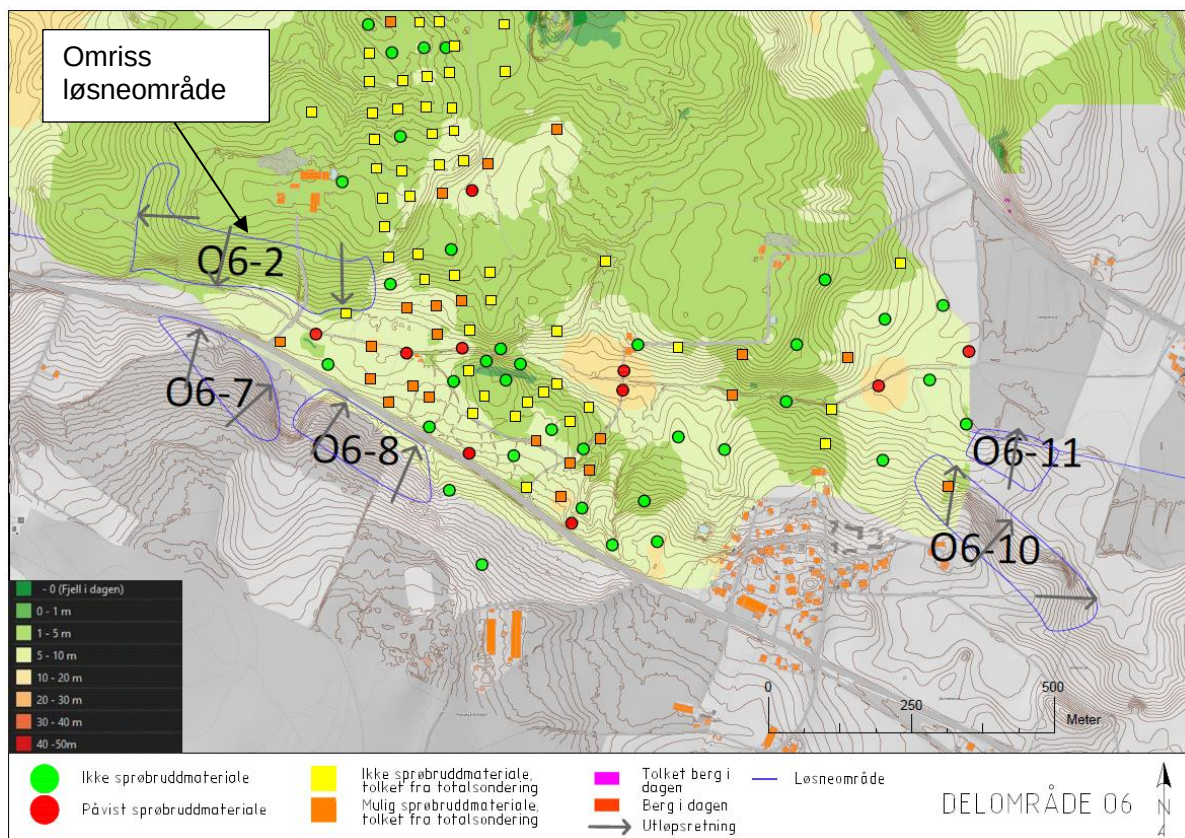
O6-11: Det er ingen borpunkter innenfor aktsomhetsområde for løснеområde. Ettersom det ikke er utført grunnundersøkelser for å bekrefte antatt gode masser i O6-11, kan man ikke utelukke forekomster av sprøbruddmateriale. En faresone er opptegnet i området.

Det er i delområde O6 identifisert 5 potensielle faresoner med konsekvens for ett eventuelt deponi i området (aktsomhetsområdene O6-1 og bakkant av O6-7 er antatt å ligge utenfor prosjektområdet og/eller antatt å ikke ha konsekvens for prosjektområdet). Det bemerkes at det ikke er påvist sprøbruddmaterialer i disse områdene, men det har heller ikke blitt utført grunnundersøkelser som kan utelukke forekomst av sprøbruddmateriale. Utstrekningen av de 5 ulike faresonene fremgår av Figur 9.6 og Figur 9.7. Identifisering og avgrensning av faresonene har blitt gjort med utgangspunkt i kriteriene gitt i kap. 4.5 i NVE veileder 1/2019 [1].

Figur 9.7 viser løснеområdet til faresonene og et løsmassemekktighetskart basert på utførte grunnundersøkelser. Som det fremgår av figuren dekker ikke løsmassemekktighetskartet (AEM-scanning) faresonene O6-7, O6-8 og O6-11 samt kun deler av O6-10.



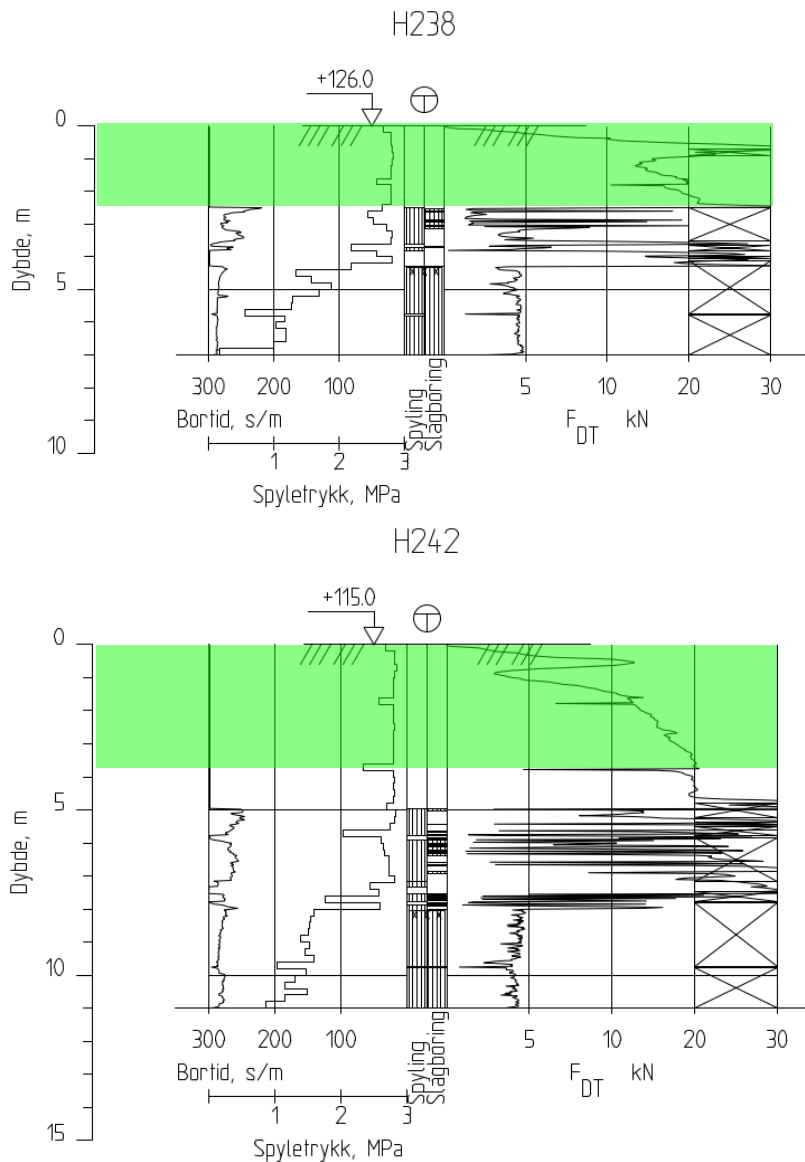
Figur 9.6 Kartet viser faresoner for løснеområde (markert i blått) og tilhørende faresoner for utløpsområde i delområde O6.



Figur 9.7 Kartet viser mulig løснеområder (omriss markert med blå farge) og antatt løsmasse maktighet basert på grunnundersøkelser og AEM-scanning i delområde O6.

9.4.1 Skredmekanisme faresone O6.02

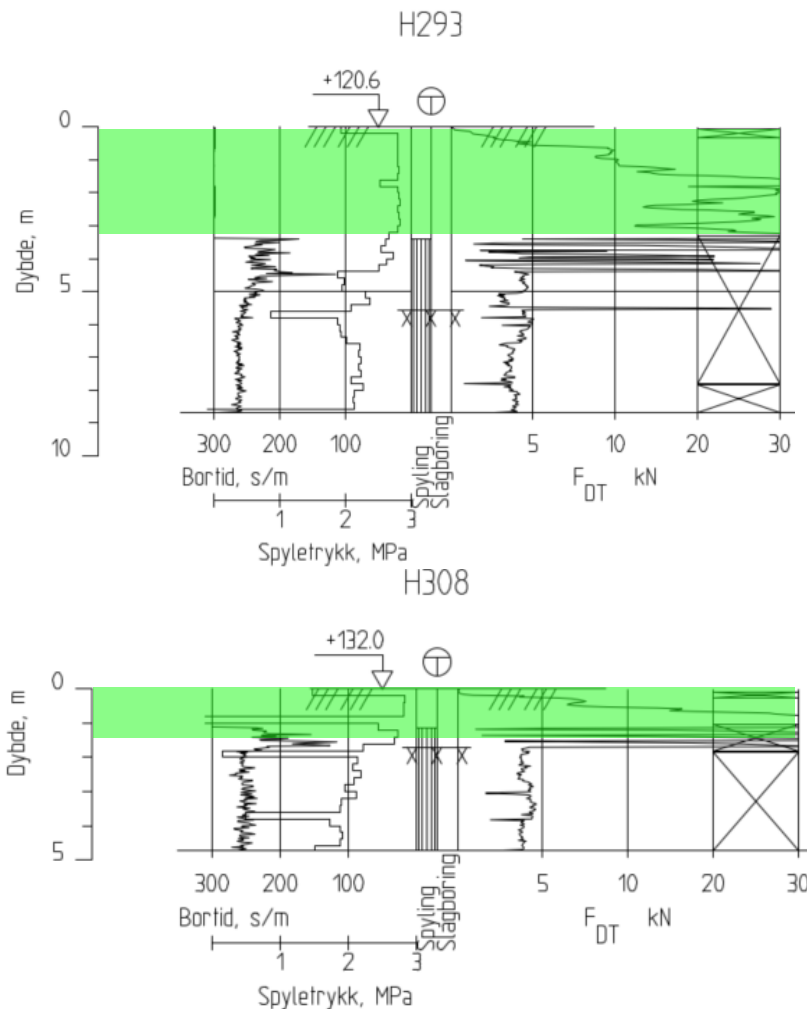
Det er ikke utført grunnundersøkelser innenfor omrisset av faresonen for løснеområde (se figur Figur 9.7). Som det fremgår av nærliggende totalsonderinger er tørrskorpemektigheten ca. 3 meter tykk (se Figur 9.8). Løsmassemektigheten i området er på rundt 5 meter jfr. Figur 9.7. Det anses derfor som usannsynlig at 40% av løsmassemektigheten er sprøbruddmateriale innenfor faresonen for løснеområde. Om så vil det ikke være fare for retrogressiv skredutvikling og flak- og rotasjonsskred er antatt for nåværende. Maksimal utstrekning av løснеområdet er satt til $5 \times H$, følgende er utløpsdistansen til maksimal lengde for rotasjonsskred i åpent terreng ($0,5 \times L$).



Figur 9.8 Tolket tørrskorpemektighet (grønn) fra borpunkt nær O6.02.

9.4.2 Skredmekanisme faresone O6.07

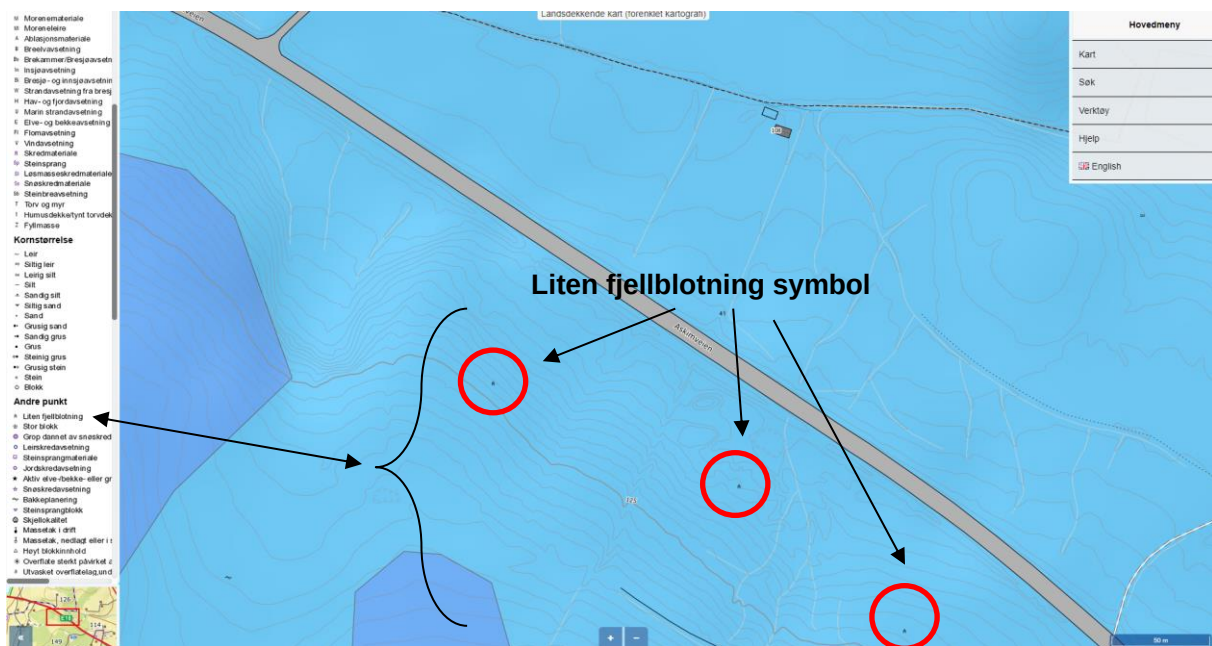
Det er ikke utført grunnundersøkelser innenfor omrisset av faresonen for løснеområde (se figur Figur 9.7). Det er antatt liten løsmassemektighet i området anslått fra nærliggende borpunkt (H293 & H308). Tørrskorpemektigheten er ca. 3 meter i området (se Figur 9.9). Det er også kartlagte forekomster av marin strandavsetninger innenfor faresonen (se Figur 3.3). Grunnet dette anses det som usannsynlig at mer en 40% av løsmassemektighet er sprøbruddmaterial og flak- og rotasjonsskred anses derfor som aktuell skredmekanisme. Maksimal utstrekning av løснеområdet er satt til $5 \times H$, følgende er utløpsdistansen satt til maksimal lengde for rotasjonsskred i åpent terreng ($0,5 \times L$).



Figur 9.9 tolket tørrskorpemektighet (grønn) for borpunkt i / nær O6.07 / O6.08.

9.4.3 Skredmekanisme faresone O6.08

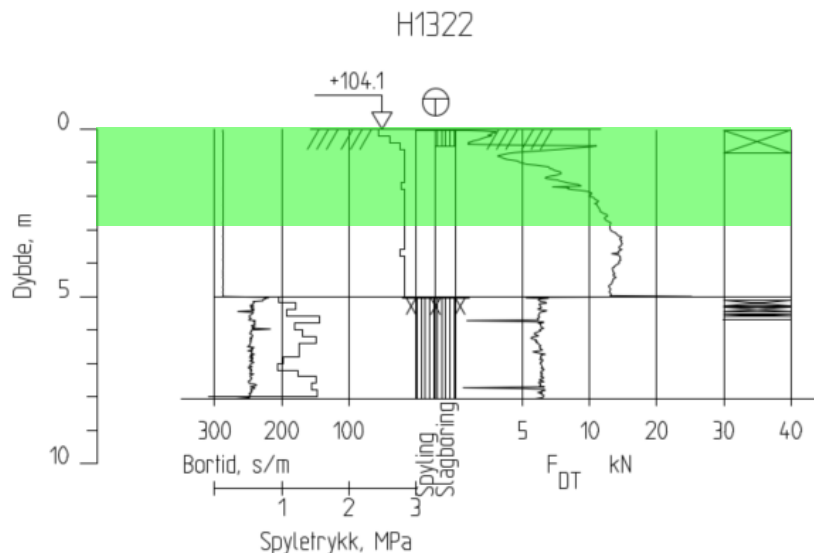
Det er ikke utført grunnundersøkelser innenfor omrisset av faresonen for løснеområde (se figur Figur 9.7). Det er antatt liten løsmassemekktigheten i området anslått fra nærliggende borpunkt (H293 og H308). Tørrskorpemektigheten er ca. 3 meter i området (se Figur 9.9). Det er også påvist flere små fjellblotninger innenfor faresonen fra NGU sine kvartærgeologiske kart (se Figur 9.10). Grunnet dette anses det som usannsynlig at mer en 40% av løsmassemekktigheten er sprøbruddmateriale og flak- og rotasjonsskred anses derfor som aktuell skredmekanisme. Maksimal utstrekning av løснеområdet er derfor satt til $5 \times H$, følgende er utløpsdistansen satt til maksimal lengde for rotasjonsskred i åpent terreng ($0,5 \times L$).



Figur 9.10 Kartutklipp fra NGU sitt løsmassekart (Kilde: [NGU.no](https://www.ngu.no)) fra faresonen O6.08.

9.4.4 Skredmekanisme faresone O6.10

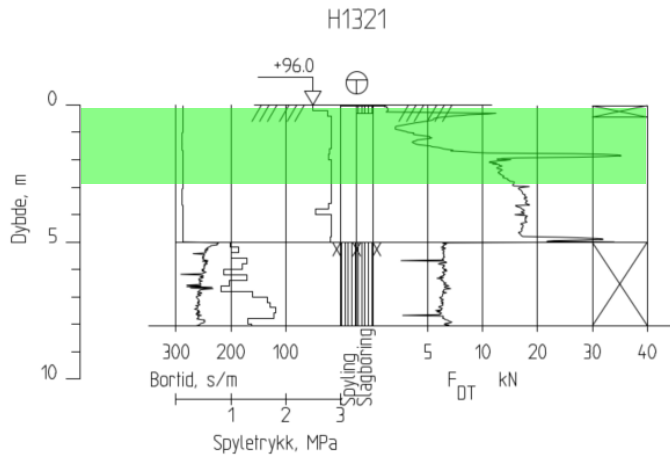
Det er ikke tatt opp prøveserier innenfor omrisset av faresonen for løснеområde (se Figur 9.7), men en totalsondering innenfor sonen (H1322) indikerer mulig sprøbruddmateriale. Det er antatt liten løsmassemektighet med basis i nærliggende grunnundersøkelser (H1315, H1321 og H1322). Tørrskorpemektigheten er antatt ca. 3 m (se Figur 9.11). Det er også mulig berg i dagen innenfor faresonen (se Figur 9.5). Det anses derfor som usannsynlig at mer enn 40% av løsmassemektighet er sprøbruddmateriale, derfor er flak- og rotasjonsskred antatt aktuell skredmekanisme. Maksimal utstrekning av løснеområdet er derfor satt til $5 \times H$, følgende er utløpsdistanse satt til maksimal lengde for rotasjonsskred i åpent terreng ($0,5 \times L$).



Figur 9.11 Tolket tørrskorpemektighet (grønn) fra O6.10.

9.4.5 Skredmekanisme faresone O6.11

Det er ikke tatt opp prøveserier innenfor omrisset av faresonen for løснеområde (se Figur 9.7) som betyr at grunnforholdene ikke er kjent. Det er antatt liten løsmassemektighet (~6 m) med basis i nærliggende grunnundersøkelser (H1315, H1321 og H1322). Tørrskorpemektigheten er antatt ca. 3 m (se Figur 9.11). Det anses derfor som usannsynlig at mer enn 40% av løsmassemektighet er sprøbruddmateriale, aktuell skredmekanisme er antatt flak- og rotasjonsskred. Løснеområdet er satt til $5 \times H$ og utløpsområdet er satt til rotasjonsskred i åpent terreng ($0,5 \times L$).



Figur 9.12 Antatt tørrskorpemektighet (grønn) fra borpunkt nær O6.11.

9.5 Klassifisering av faresone

Det er gjort en samlet vurdering av faregraden til løснеområdene O6.02, O6.07, O6.08, O6.10 og O6 i henhold til NVE Eksternrapport 9/2020 [2]. Faktorene som er lagt til grunn for klassifiseringen av de ulike faresonene er beskrevet i det neste delkapitlet.

9.5.1 Faregradsklassifisering av faresone O6.02

Tabell 9.1 Faktorer som medgår i faregradsklassifisering og valg av faregrad for O6.02.

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score				Poeng
		3	2	1	0	
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	1
Skråningshøyde, meter	2	>30	20-30	15-20	<15	2
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	2
Poretrykk. Overtrykk, kPa:	2	> +30	10,0-30,0	0,0-10,0	>2,0 Hydrostatisk	2
Undertrykk, kPa:		> -50	- (20-50)	- (0-20)		
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	4
Sensitivitet	1	>100	30 - 100	20 - 30	<20	2
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	3
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Lite	Ingen	0
Forbedring	-3	Stor	Noe	Lite	Ingen	0
Sum						16

Tidligere skredaktivitet: Det er fra DTM-kart funnet en nedsynkning innenfor sonen, denne er tolket som en tidligere skredgrop. Se kart i Figur 9.13. Faregrad satt til 1.

Skråningshøyde: Skråningen er på det høyeste ca. 16 m. Faregraden er satt til 1.

Tidligere/nåværende terrengnivå: Ødometerforsøk har blitt utført fra sylinderprøve tatt i dybde 3,2 meter fra borpunkt H269. OCR er estimert til 1,92. Faregraden er satt til 1.

Poretrykk: Det er satt ut flere poretrykksmålere i området O6. Samtlige piezometre indikerer et lite overtrykk (< 10 kPa). Faregraden er derfor er satt til 1.

Kvikkleiremektighet: Det er utført CPTu-sondering i borpunkt H246, H262. Begge sonderingene indikerer tynne lag med kvikkleire rundt 5 – 6 meters dyp. Men da kvikkleiremektighet innenfor selve faresonen ikke er kjent er det antatt en konservativ mektighet på H/2 – H4. Faregraden er satt til 2.

Sensitivitet: Høyeste målte sensitivitet er på rundt 20 i de nærmeste borpunktene (H262, H269 og H246). Men det er ingen prøver innenfor faresonen, derfor er en konservativ verdi på $\sigma = 30 - 100$ antatt. Faregraden er satt til 2.

Erosjon: Det er en bekk/drensgrøft i bunn av faresoneskråningen. Erosjonsevnen til bekken antas å være liten grunnet størrelsen og gradienten i terrenget. Faregraden er satt til 1.

Inngrep: Det vil ikke bli utført inngrep i forbindelse med faresonen. Faregrad satt til 0.

Samlet sett plasseres O6.02 i faregradsklasse 1, lav faregrad da samlet poengsum er 16. Faregradssonen er vist i Figur 9.14.

9.5.2 Faregradsklassifisering av faresone O6.07

Tabell 9.2 Faktorer som medgår i faregradsklassifisering og valg av faregrad for O6.07.

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score				Poeng
		3	2	1	0	
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	1
Skråningshøyde, meter	2	>30	20-30	15-20	<15	2
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	2
Poretrykk. Overtrykk, kPa:	2	> +30	10,0-30,0	0,0-10,0	>2,0	2
Undertrykk, kPa:		> -50	- (20-50)	- (0-20)	Hydrostatisk	
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	4
Sensitivitet	1	>100	30 - 100	20 - 30	<20	2
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	0
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Lite	Ingen	0
Forbedring	-3	Stor	Noe	Lite	Ingen	0
Sum						13

Tidligere skredaktivitet: Det er fra DTM-kart funnet enkelte søkk innenfor faresonen, disse er tolket som tidligere skredaktivitet. Se kart i Figur 9.13. Faregrad satt til 1.

Skråningshøyde: Skråningen er på det høyeste ca. 20 m. Faregraden er satt til 1.

Tidligere/nåværende terrengnivå: Nærmeste utførte ødometerforsøk har blitt utført fra sylinderprøve tatt i dybde 3,2 meter fra borpunkt H269. OCR er her estimert til 1,92. Faregraden er derfor satt til 1.

Poretrykk: Det er satt ut flere poretrykksmålere i området nær faresonen. Samtlige piezometre indikerer et lite overtrykk (< 10 kPa). Faregraden er derfor er satt til 1.

Kvikkleiremektighet: Det er utført CPTu-sondering i borpunkt H246, H262. Begge sonderingene indikerer tynne lag med kvikkleire på rundt 5 – 6 meters dyp. Men da kvikkleiremektighet innenfor selve faresonen ikke er kjent er det antatt en konservativ mektighet på H/2 – H4. Faregraden er satt til 2.

Sensitivitet: Høyeste målte sensitivitet er på rundt 20 i de nærmeste borpunktene (H262, H268). Men det er ingen prøver innenfor faresonen, derfor er en konservativ verdi på $\sigma_t = 30 - 100$ antatt. Faregraden er satt til 2.

Erosjon: Det er ingen bekker/drensgrøfter i nærheten av faresonen jfr. norgeskart. Det antas derfor ingen fare for erosjon. Faregraden er satt til 0.

Inngrep: Det vil ikke bli utført inngrep i forbindelse med faresonen. Faregrad satt til 0.

Samlet sett plasseres O6.07 i faregradsklasse 1, lav faregrad da samlet poengsum er 13. Faregradssonen er vist i Figur 9.14.

9.5.3 Faregradsklassifisering av faresone O6.08

Tabell 9.3 Faktorer som medgår i faregradsklassifisering og valg av faregrad for O6.08.

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score				Poeng
		3	2	1	0	
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	1
Skråningshøyde, meter	2	>30	20-30	15-20	<15	2
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	2
Poretrykk. Overtrykk, kPa:	2	> +30	10,0-30,0	0,0-10,0	>2,0	2
Undertrykk, kPa:		> -50	- (20-50)	- (0-20)	Hydrostatisk	
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	4
Sensitivitet	1	>100	30 - 100	20 - 30	<20	2
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	0
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Lite	Ingen	0
Forbedring	-3	Stor	Noe	Lite	Ingen	0
Sum						13

Tidligere skredaktivitet: Det er fra DTM-kart funnet enkelte søkk innenfor faresonen, disse er tolket som tidligere skredaktivitet. Se kart i Figur 9.13. Faregrad satt til 1.

Skråningshøyde: Skråningen er på det høyeste ca. 20 m. Faregraden er satt til 1.

Tidligere/nåværende terrengnivå: Nærmeste utførte ødometerforsøk har blitt utført fra sylinderprøve tatt i dybde 3,2 meter fra borpunkt H269. OCR er her estimert til 1,92. Faregraden er derfor satt til 1.

Poretrykk: Det er satt ut flere poretrykksmålere i området nær faresonen. Samtlige piezometre indikerer et lite overtrykk (< 10 kPa). Faregraden er derfor er satt til 1.

Kvikkleiremektighet: Det er utført CPTu-sondering i nærliggende borpunkt H289. Sonderingen indikerer kvikkleiremektighet på ca 1 meter usammenhengende. Men da kvikkleiremektighet innenfor selve faresonen ikke er kjent er det antatt en konservativ mektighet på H/2 – H4. Faregraden er satt til 2.

Sensitivitet: Høyeste målte sensitivitet er på 36 ved ca. 3.5 meters dyp i nærmeste borpunkt (H283). Faregraden er satt til 2.

Erosjon: Det er ingen bekker/drensgrøfter i nærheten av faresonen jfr. norgeskart. Det antas derfor ingen fare for erosjon. Faregraden er satt til 0.

Inngrep: Det vil ikke bli utført inngrep i forbindelse med faresonen. Faregrad satt til 0.

Samlet sett plasseres O6.08 i faregradsklasse 1, lav faregrad da samlet poengsum er 13. Faregradssonen er vist i Figur 9.14.

9.5.4 Faregradsklassifisering av faresone O6.10

Tabell 9.4 Faktorer som medgår i faregradsklassifisering og valg av faregrad for O6.10.

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score				Poeng
		3	2	1	0	
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	1
Skråningshøyde, meter	2	>30	20-30	15-20	<15	2
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	2
Poretrykk. Overtrykk, kPa:	2	> +30	10,0-30,0	0,0-10,0	>2,0	2
Undertrykk, kPa:		> -50	- (20-50)	- (0-20)	Hydrostatisk	
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	4
Sensitivitet	1	>100	30 - 100	20 - 30	<20	2
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	0
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Lite	Ingen	0
Forbedring	-3	Stor	Noe	Lite	Ingen	0
Sum						13

Tidligere skredaktivitet: Det er fra DTM-kart funnet enkelte søkk i området rundt faresonen, disse er tolket som tidligere skredaktivitet av lav magnitude. Se kart i Figur 9.13. Faregrad satt til 1.

Skråningshøyde: Skråningen er på det høyeste ca. 15 m. Faregraden er satt til 1.

Tidligere/nåværende terrengnivå: Nærmeste utførte ødometerforsøk har blitt utført fra en sylinderprøve tatt i dybde 8,5 meter fra borpunkt H1314. OCR er her estimert til 1,98. Faregraden er derfor satt til 1.

Poretrykk: Det er satt ut flere poretrykksmålere i området nær faresonen. Samtlige piezometre indikerer et lite overtrykk (< 10 kPa). Faregraden er derfor er satt til 1.

Kvikkleiremektighet: Det er ikke utført CPTu-sondering som indikerer sprøbruddmaterial i umiddelbar nærhet til faresonen. kvikkleiremektighet innenfor selve faresonen er konservativt antatt å ha en mektighet på H/2 – H4. Faregraden er satt til 2.

Sensitivitet: Høyeste målte sensitivitet i nærheten er på 28 ved ca. 4 meters dyp i borpunkt H1321. Men det er ingen prøver innenfor selve faresonen, derfor er en konservativ verdi på st = 30 -100 antatt. Faregraden er satt til 2.

Erosjon: Det er ingen bekker/drensgrøfter i nærheten av faresonen jfr. norgeskart. Det antas derfor ingen fare for erosjon. Faregraden er satt til 0.

Inngrep: Det vil ikke bli utført inngrep i forbindelse med faresonen. Faregrad satt til 0.

Samlet sett plasseres O6.10 i faregradsklasse 1, lav faregrad da samlet poengsum er 13. Faregradssonen er vist i Figur 9.14.

9.5.5 Faregradsklassifisering av faresone O6.11

Tabell 9.5 Faktorer som medgår i faregradsklassifisering og valg av faregrad for O6.11.

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score				Poeng
		3	2	1	0	
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	1
Skråningshøyde, meter	2	>30	20-30	15-20	<15	0
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	2
Poretrykk. Overtrykk, kPa:	2	> +30	10,0-30,0	0,0-10,0	>2,0	2
Undertrykk, kPa:		> -50	- (20-50)	- (0-20)	Hydrostatisk	
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	4
Sensitivitet	1	>100	30 - 100	20 - 30	<20	2
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	0
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Lite	Ingen	0
Forbedring	-3	Stor	Noe	Lite	Ingen	0
Sum						11

Tidligere skredaktivitet: Det er fra DTM-kart funnet enkelte søkk i området rundt faresonen, disse er tolket som tidligere skredaktivitet av lav magnitude. Se kart i Figur 9.13. Faregrad satt til 1.

Skråningshøyde: Skråningen er på det høyeste ca. 7 m. Faregraden er satt til 0.

Tidligere/nåværende terrengnivå: Nærmeste utførte ødometerforsøk har blitt utført fra sylinderprøve tatt i dybde 8,5 meter fra borpunkt H1314. OCR er her estimert til 1,98. Faregraden er derfor satt til 1.

Poretrykk: Det er satt ut flere poretrykksmålere i området nær faresonen. Samtlige piezometre indikerer et lite overtrykk (< 10 kPa). Faregraden er derfor er satt til 1.

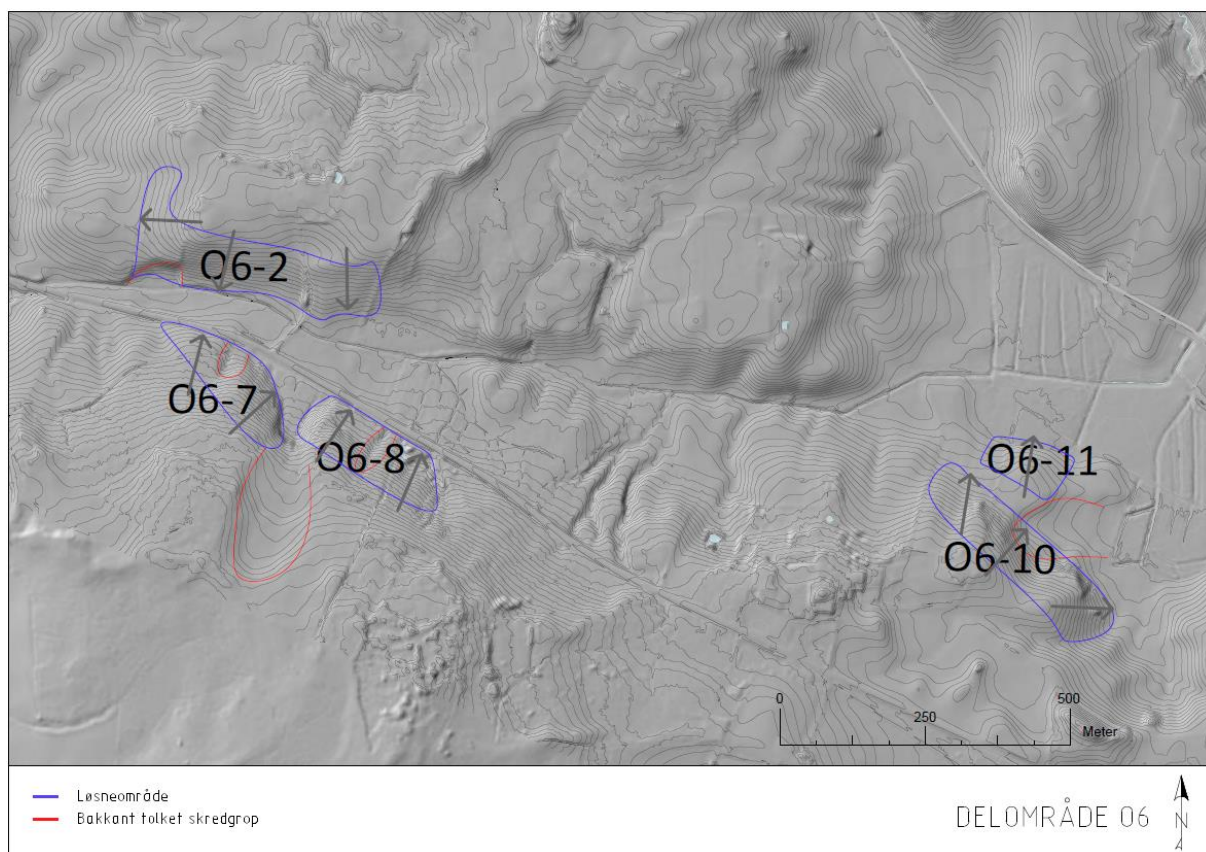
Kvikkleiremektighet: Det er ikke utført CPTu-sondering som indikerer sprøbruddmaterial i umiddelbar nærhet til faresonen. kvikkleiremektighet innenfor selve faresonen er konservativt antatt å ha en mektighet på H/2 – H4. Faregraden er satt til 2.

Sensitivitet: Høyeste målte sensitivitet i nærheten er på 28 ved ca. 4 meters dyp i borpunkt H1321. Men det er ingen prøver innenfor selve faresonen, derfor er en konservativ verdi på st = 30 -100 antatt. Faregraden er satt til 2.

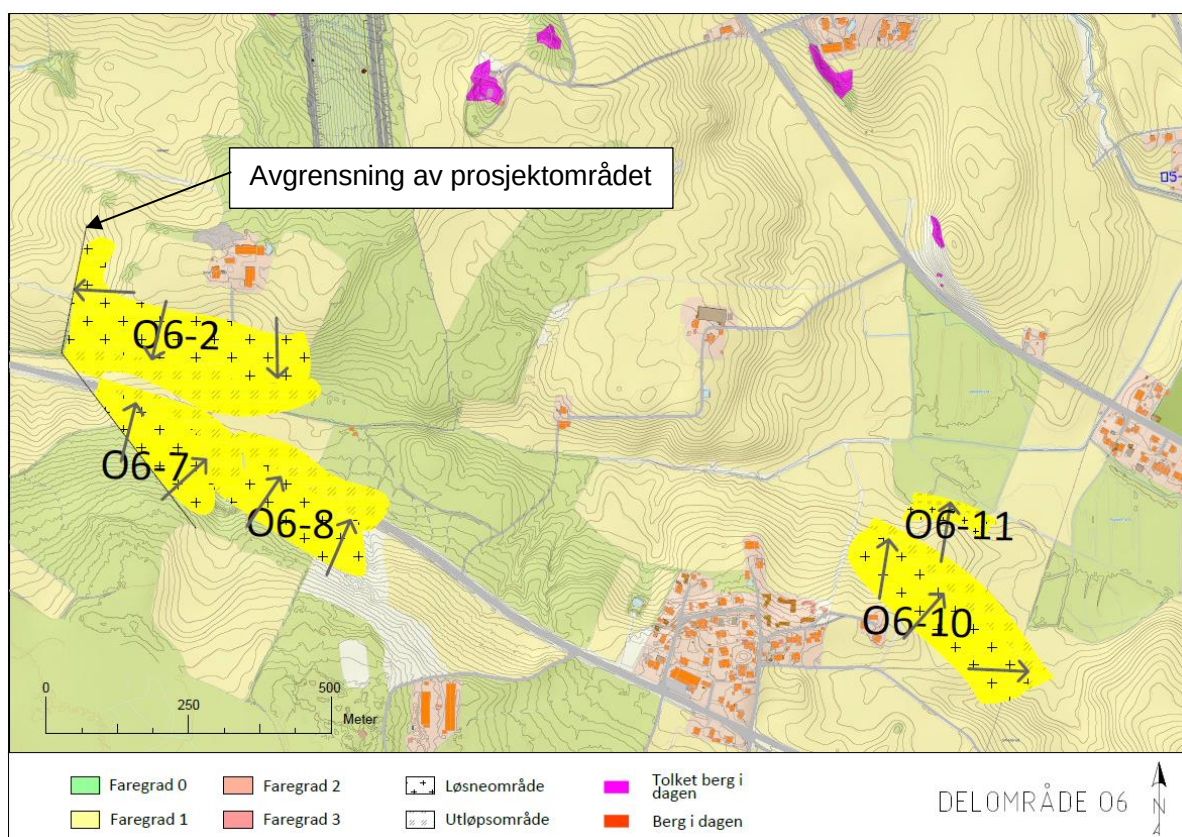
Erosjon: Det er ingen bekker/drensgrøfter i nærheten av faresonen jfr. norgeskart. Det antas derfor ingen fare for erosjon. Faregraden er satt til 0.

Inngrep: Det vil ikke bli utført inngrep i forbindelse med faresonen. Faregrad satt til 0.

Samlet sett plasseres O6.11 i faregradsklasse 1, lav faregrad da samlet poengsum er 11. Faregradssonen er vist i Figur 9.14.



Figur 9.13 Tolkede skredgroper i område O6.



Figur 9.14 Faregradklassifisering for faresonene i O6. Alle er klassifisert som lav faregrad (Faregrad 1).

9.6 Kritiske snitt og materialparametere

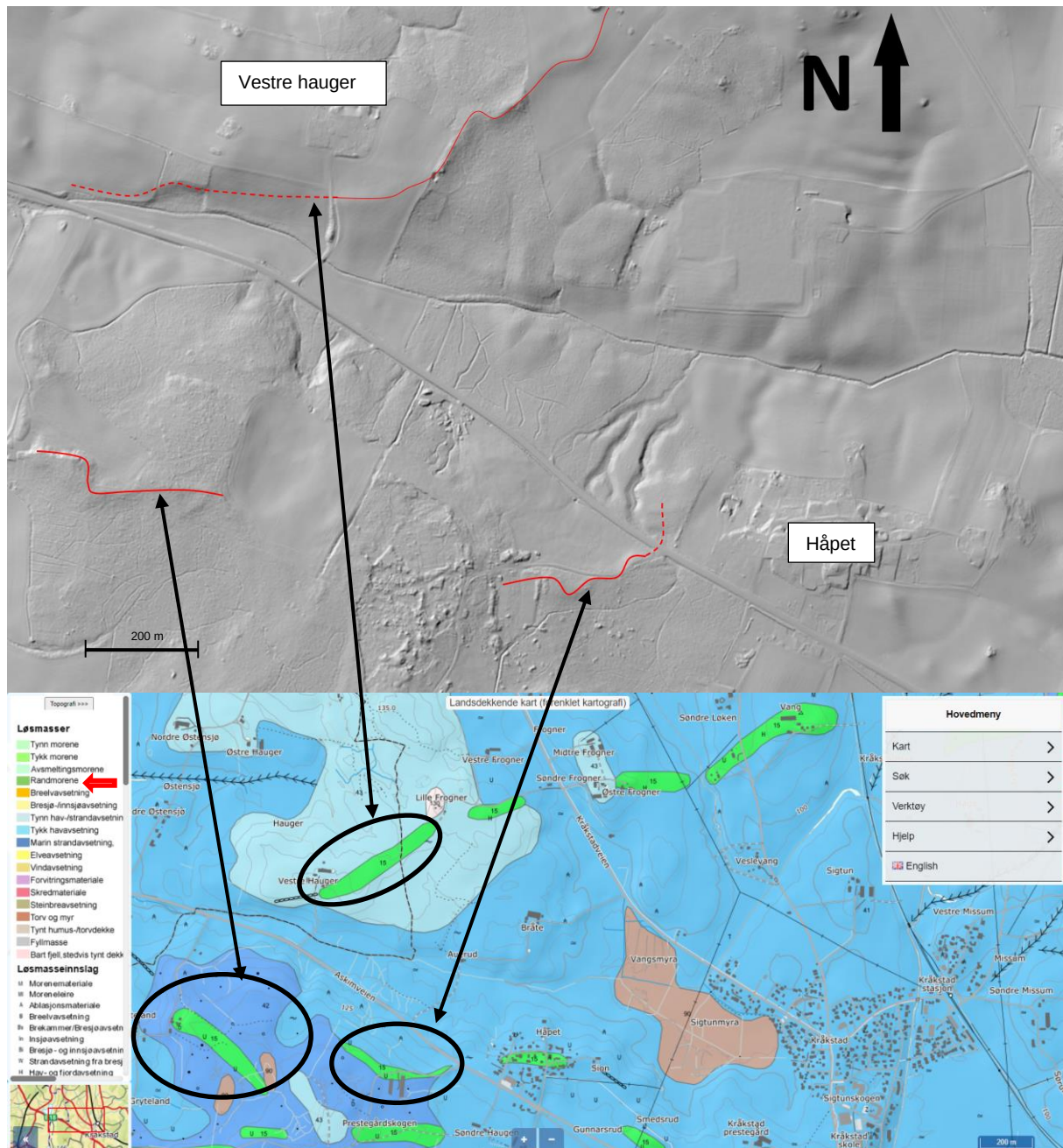
Grunnen i delområde O6 består i hovedsak av morenemasser og marine leirer med varierende styrke og sensitivitet. Den påviste løsmassemekktigheten varierer fra 2-18 meter. Det er registrert størst løsmassemekktighet ved bekken som renner fra øst til vest midt i delområde O6.

Løsmassemekktigheten er typisk lavest i høytliggende terreng og der terrenget heller mest. Det er påvist sprøbruddmateriale i 11 borpunkter i delområde O6. 7 av disse borpunktene ligger mindre enn 20 meter fra bekken. I områder der terrenget skråner helt ned til bekken tyder grunnundersøkelse på at løsmassemekktigheten generelt er lav og massene gode. I områder der terrenget rundt bekken flater ut er det påvist sprøbruddmaterialer og generelt høyere løsmassemekktighet. Borpunkter som har påvist eller indikerer masser med sprøbruddsegenskaper ligger typisk i flatt eller svakt hellende terreng (<1:20). Fra Figur 9.15 kan man tydelig se utstrekningen av morenerygger i delområde O6. Dette kan indikere at det er bedre masser høyere opp i terrenget noe som må bekreftes i videre fase om sonene skal analyseres/klassifiseres nærmere.

Det er tatt ut 5 profiler i delområde O6 der stabiliteten har blitt beregnet. Profilene ansees som mest kritisk med tanke på terrengform og grunnforhold. Snittene er vist i vedlegg A9 – A11.

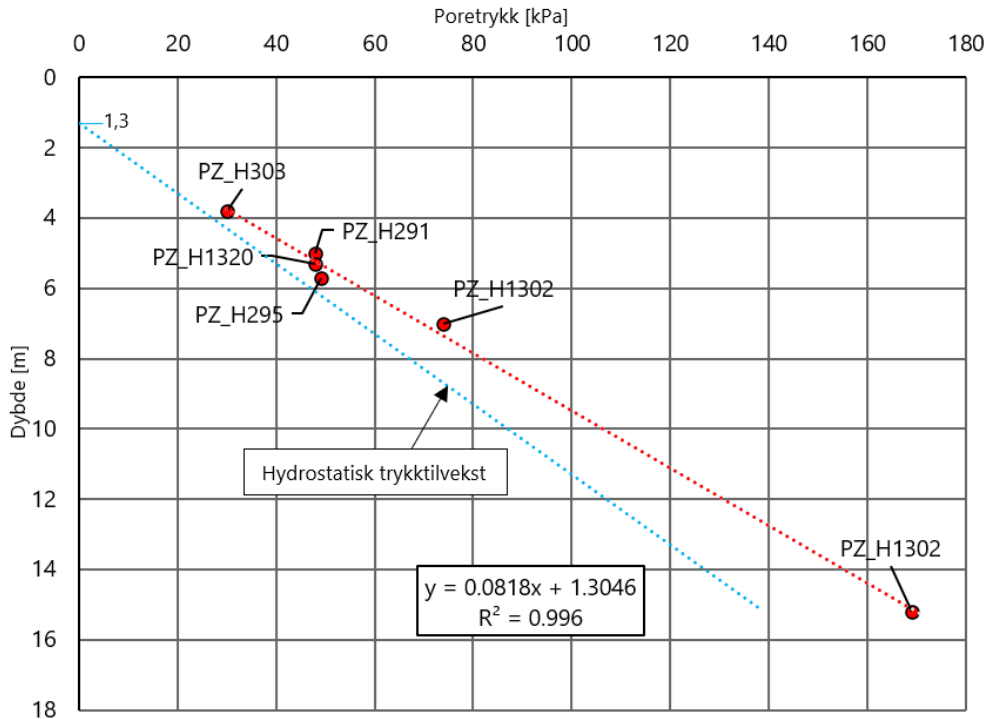
Det anvendes effektive parametere som angitt i kapittel 3.5.1.

Stabiliteten til de ulike kritiske snitt tar utgangspunkt i de generelle parametere som har blitt påvist i O6. Grunnlag og parametere presenteres videre i dette kapittel, mens selve beregningene og resultatene fremgår av kapittel 9.7. Forutsetninger, beregninger og resultater må anses som «best guess» og en endelig utredning av de siste faresoner i O6 i henhold til føringene i NVE veileder 1/2019 [1] vil kreve supplerende undersøkelser.



Figur 9.15 DTM-kart over O6 med henvisning til NGU sitt løsmassekart. Tolket utstrekning av randmorener er markert i rødt.

Det er plassert 6 elektriske poretrykksmålere fordelt på 5 borpunkt i delområde O6. Figur 9.16 viser målt poretrykk mot dybden for alle poretrykksmålerne. Sammenhengen mellom poretrykk og dybde virker å være lineær og poretrykket ser ut til å øke med 12,2 kPa per meter. For alle stabilitetsberegninger i delområde O6 har det blitt antatt en GVS på 1,3 m under terreng og en poretrykksøkning på 12,2 kPa/m.



Figur 9.16 Målt poretrykk mot dybde for delområde O6.

Tverrsnitt O6-02-A

Tverrsnittet er tatt i midten av O6-2 ved Vestre Hauger. På det bratteste har skråningen langs snittet en helning på rundt 1:5. Lagdeling er basert på totalsonderinger øst i skråningen og styrkeparametere er basert på CPTu-sondering og rutineforsøk på sylinderprøver fra borpunkt H262. Det henvises til SuA-profil i vedlegg B side B181. Bergflaten er basert på resultater fra AEM-skanning. Tolkningene av grunnforholdene langs snitt O6-02-A er basert på borpunkt med betydelig avstand fra profilet. Parameterne som har blitt benyttet i stabilitetsberegninger langs snitt O6-02-A er vist i Tabell 9.6. Profilet er vist i vedlegg A9.

Tabell 9.6 Styrkeparametere som ble benyttet i stabilitetsberegningene for profil O6-02-A.

Materialnavn	Tyngdetetthet	Attraksjon*	Friksjonsvinkel	Udrenert skjærstyrke
	γ/γ'	a	Φ	S_u
[–]	[kN/m³]	[kPa]	[°]	[kPa]
Tørreskorpeleire	19/9	0	30	-
Leire SuA 18 + 2	19/9	-	-	18+2 kPa/m
Leire SuA 27	19/9	-	-	27
Leire (drenert tilstand)	19/9	10	25	-

*Slide2 benytter kohesjon, attraksjon konvertert til kohesjon via følgende formel: $c = \tan(\Phi) \times a$

Tverrsnitt O6-02-B

Profilet er plassert i den østre delen av O6-2. På det bratteste heller skråningen med en helning på 1:6 langs profilet. I borpunkt H269 er det påvist leire med sprøbruddsegenskaper ved konusforsøk i dybdeintervallet 2,2-3,6 m. For CPTu-sonderingen som er utført i borpunkt H246 indikerer NIFS 2015 (Bq1-Nmc) «mulig sprøbruddmateriale» for et lag på 30 cm, i dybdeintervallet 5,2-5,5. Det er ikke utført prøvetagning i denne dybden.

Tolket lagdeling er basert på nærliggende totalsonderinger (H234, H238, H242 og H263) og CPTu-sonderinger (H246 og H269). Styrkeparametere er basert på CPTu-sonderinger og rutineforsøk på uforstyrrede prøver fra H269 og H246. Det henvises til relevante SuA-profiler i vedlegg B side B169 og B185. Parameterne som har blitt benyttet i stabilitetsberegninger langs snitt O6-02-B er vist i Tabell 9.7. Profilet er vist i vedlegg A9.

Tabell 9.7 Styrkeparametere som ble benyttet i stabilitetsberegningene for profil O6-02-B.

Materialnavn	Tyngdetetthet	Attraksjon*	Friksjonsvinkel	Udrenert skjærstyrke
	γ/γ'	a	Φ	S_u
[-]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kPa]
Tørrskorpeleire	19/9	0	30	-
Morene	20/10	16	32	-
Leire SuA 5.5 + 2.14	19/9	-	-	5,5+2,14 kPa/m**
Leire SuA 25	19/9	-	-	25
Leire (drenert tilstand)	19/9	10	25	-

*Slide2 benytter kohesjon, attraksjon konvertert til kohesjon via følgende formel: $=\tan(\Phi) \times a$
 **Udrenert skjærstyrke er her definert som funksjon av dybde målt fra terreng og ikke fra øverste del av leirelaget.

Tverrsnitt O6-08-A

Profilet er plassert langs den østre delen av O6-8. På det bratteste heller terrenget med en helning på 1:4. E18 krysser profilet tilnærmet vinkelrett rundt kote +115. NIFS 2015 (Bq1-Nmc) indikerer «mulig sprøbruddmateriale» ved en dybde på 4,5 meter. NIFS 2015 (Bq1-Nmc) indikerer ikke «mulig sprøbruddmateriale» i nærliggende borpunkt (H283, H281 og H295).

Bergflaten som er basert på totalsonderinger og AEM-skanning strekker seg ikke over øvre del av skråningen. Antatt bergflate i øvre del av skråningen er derfor basert på borpunkt H308. Lagdelingen er basert på nærliggende totalsonderinger (H293 og H285), CPTu-sonderinger (H289 og H284) og poseprøver fra H293. Styrkeparametere er basert på CPTu-sondering H289 og H281. Det henvises til vedlegg B side B197 og B189. Parameterne som har blitt benyttet i stabilitetsberegninger langs snitt O6-08-A er vist i Tabell 9.8. Profilet er vist i vedlegg A10.

Tabell 9.8 Styrkeparametere som ble benyttet i stabilitetsberegningene for profil O6-08-A.

Materialnavn	Tyngdetetthet	Attraksjon*	Friksjonsvinkel	Udrenert skjærstyrke
	γ/γ'	a	Φ	S_u
[-]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kPa]
Tørrskorpeleire	19/9	0	30	-
Morene	20/10	16	32	-
Sprengstein	19/9	0	42	-
Leire SuA 27 + 1.71	19/9	-	-	27+1,71 kPa/m
Leire SuA 45	19/9	-	-	45
Leire (drenert tilstand)	19/9	10	25	-

*Slide2 benytter kohesjon, attraksjon konvertert til kohesjon via følgende formel: $=\tan(\Phi) \times a$

Tverrsnitt O6-08-B

Profilen er tatt øst for O6-8 og går igjennom borpunkt H306 der NIFS 2015 (Bq1-Nmc) indikerer «mulig sprøbruddmateriale» for en sone med tykkelse på 1 m rundt 5 meters dyp. Profilet går langs en ravine sør på nordsiden av E18. På det bratteste heller terrenget rundt 1:5.

Tolket lagdeling er basert på totalsonderinger (H308, H293 og H310) og CPTu-sonderinger (H289 og H284). Styrkeparametere er basert på CPTu utført i borpunkt H306. Resultater fra CPTu-sonderingen i borpunkt H309 tyder på at leiren har høyere styrke ved borpunktet enn modellert. Det henvises til SuA-profil i vedlegg B side B221 og B225. Parameterne som har blitt benyttet i stabilitetsberegninger langs snitt O6-08-B er vist i Tabell 9.9. Profilet er vist i vedlegg A10.

Tabell 9.9 Styrkeparametere som ble benyttet i stabilitetsberegningene for profil O6-08-B.

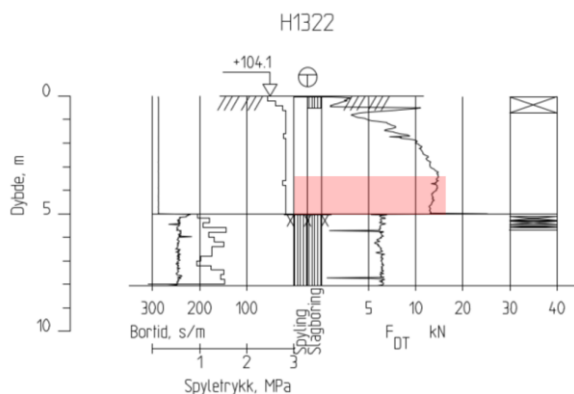
Materialnavn	Tyngdetetthet	Attraksjon*	Friksjonsvinkel	Udrenert skjærstyrke
	γ/γ'	a	Φ	S_u
[-]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kPa]
Tørrskorpeleire	19/9	0	30	-
Morene	20/10	16	32	-
Sprengstein	19/9	0	42	-
Leire SuA 18 + 2.9	19/9	-	-	18+2,9 kPa/m
Leire (drenert tilstand)	19/9	10	25	-

*Slide2 benytter kohesjon, attraksjon konvertert til kohesjon via følgende formel: $=\tan(\Phi) \times a$

Tverrsnitt O6-10-A

Profilet er plassert i skråningen ved O6-10. Skråningen har en helning på rundt 1:6 på det bratteste langs profilet. Ved bekken er det utført CPTu-sondering og prøvetagning av intakte prøver. NIFS 2015 (Bq1-Nmc) indikerer «mulig sprøbruddmateriale» og «sannsynlig kvikkleire» i dybdeintervallet 3,7-5,1 m. Konusforsøk på prøver hentet fra 3,5-4,5 m har målt en omrørt skjærfasthet på 1,14-1,92 kPa. Sensitiviteten ligger mellom 4-18.

Fra totalsonderingen som er utført i H1322 (vist i Figur 9.17) kan det se ut til å være sprøbruddmateriale de siste 1,5 meterne over berg. Det er imidlertid utført grunnundersøkelser vest for borpunkt H1322 i samme skråning og omtrent lik kote som ikke har påvist sprøbruddmateriale med CPTu-sonderinger og konusforsøk.



Figur 9.17 Totalsondering utført i borpunkt H1322. Leirlag med mulig sprøbruddsegenskaper er markert i rødt.

Valgt lagdeling og styrkeparametere er alene basert på CPTu-sondering og labforsøk på intakte prøver fra borpunkt H1320. Parametere og lagdeling er svært konservative. Ut fra borpunkt H1322, H1321 og H1319 ser det ut til at det er et tørrskorpelag med tykkelse på rundt 3,5 m over leire med SuA rundt 40 kPa. Det henvises til relevante SuA-profiler i vedlegg B side B245, B257 og B261.

Parameterne som har blitt benyttet i stabilitetsberegninger langs snitt O6-08-B er vist i Tabell 9.10. Profilet er vist i vedlegg A11.

Tabell 9.10 Styrkeparametere som ble benyttet i stabilitetsberegningene for profil O6-10-A.

Materialnavn	Tyngdetetthet	Attraksjon*	Friksjonsvinkel	Udrenert skjærstyrke
	γ/γ'	a	Φ	S_u
[-]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kPa]
Tørrskorpeleire	19/9	0	30	-
Leire SuA 23	19/9	-	-	23
Leire SuA 40	19/9	-	-	40
Leire (drenert tilstand)	19/9	10	25	-

*Slide2 benytter kohesjon, attraksjon konvertert til kohesjon via følgende formel: $=\tan(\Phi) \times a$

9.7 Stabilitetsvurderinger

Foreløpige beregninger som er basert på antatte parametere, lagdeling og poretrykksforhold indikerer at stabiliteten i dagens situasjon mest sannsynlig lever opp til NVE sine krav om robusthet for arealer utenom influensområder til planlagte tiltak.

Resultatet fra stabilitetsanalysen er fremlagt i vedlegg C (C58 – C67) og gjengitt i Tabell 5.4. Det påpekes at dette er beregninger med antatt lagdeling og styrkeparametere som ikke er dokumentert i tilstrekkelig grad og som må verifiseres med supplerende grunnundersøkelser.

Tabell 9.11 Forutsetninger og resultater av foreløpige stabilitetsberegninger i slide2.

Vedlegg	Tilstand	SF*	Note
[-]	[-]	[-]	[-]
O6-02-A			
C58	Total	1.44	Dagens situasjon, bruddretning venstre mot høyre.
C59	Effektiv	2.19	Dagens situasjon, bruddretning venstre mot høyre.
O6-02-B			
C60	Total	1.67	Dagens situasjon, bruddretning venstre mot høyre.
C61	Effektiv	2.98	Dagens situasjon, bruddretning venstre mot høyre.
O6-08-A			
C62	Total	1.74	Dagens situasjon, bruddretning venstre mot høyre.
C63	Effektiv	1.83	Dagens situasjon, bruddretning venstre mot høyre.
O6-08-B			
C64	Total	1.36**	Dagens situasjon, bruddretning venstre mot høyre.
C65	Effektiv	1.74	Dagens situasjon, bruddretning venstre mot høyre.
O6-10-A			
C66	Total	1.62	Dagens situasjon, bruddretning venstre mot høyre.
C67	Effektiv	2.84	Dagens situasjon, bruddretning venstre mot høyre.
* Rød farge angir beregning med utilstrekkelig stabilitet og grønn farge angir beregning med stabilitet svarende krav for områdestabilitet.			
** Skråning utenfor influensområdet, lever opp til krav på $F_{cu} \geq 1.20$.			

9.8 Stabiliserende tiltak

Dersom sikkerhetskravet for områdestabilitet ikke er tilfredsstilt skal stabiliserende tiltak vurderes dersom det skal etableres deponi i området.

9.9 Videre arbeid

Om det viser seg at stabiliteten av de påviste faresonene er kritiske i forhold til eventuelle konstruksjoner eller deponi innenfor markerte løsne- og utløpsområder skal det utføres supplerende borer. Dette er for å tilstrekkelig klassifisere forekomst av sprøbruddmateriale og styrkeparametere til massene i grunnen. Foreliggende datagrunnlag anses ikke som tilstrekkelig og vurderinger presentert i kapittelet er i stor grad basert på geologiske tolkninger.

9.10 Konklusjon

Det er identifisert 5 faresoner som befinner innenfor delområde O6. Generelt viser grunnundersøkelser utført på omtrent samme høyde som løснеområdene gode masser. Sannsynligheten for at det finnes sprøbruddmateriale i områdene vurderes derfor som relativt lav. Grunnlaget vurderes som tilstrekkelig for å utelukke forekomster av sprøbruddmateriale i de potensielle løснеområdene.

Datagrunnlaget for området anses som tilstrekkelig for å kunne si noe om andel sprøbruddmateriale og styrkeparametere i grunnen samt påfølgende stabilitet. Vurderinger presentert her skal kun anses som veiledende.

10 REFERANSER

- [1] Veileder 1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred, NVE, 2020.
- [2] Ekstern rapport 9/2020 Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred, NVE, 2020.
- [3] «Veiledning om tekniske krav til byggverk (TEK 17),» Kommunal og moderniseringsdepartementet, 2017.
- [4] Veileder 2, Flaum- og skredfare i arealplaner, NVE, 2011.
- [5] «Bane NOR, Teknisk regelverk,» BaneNOR, 2021. [Internett]. Available: <https://trv.banenor.no/>.
- [6] [UNA-00-A-10025] Østfoldbanen Østre linje (Ski) – (Sarpsborg), ny avgrening Østre linje, Fagrapport, Geotekniske prosjektforutsetninger, revidert løsning DP, NIRAS Norge AS, 2022.
- [7] [UNA-00-A-10024] Østfoldbanen Østre linje (Ski) – (Sarpsborg), ny avgrening Østre linje, Fagrapport, geoteknisk vurderingsrapport, revidert løsning DP, NIRAS Norge AS, 2022.
- [8] Landslide types and processes, Cruden & Varnes, 1996.
- [9] Landslide shape, ellipticity and length-to-width ratios. Earth Surf. Process. Landforms, 43: 3164– 3189, Taylor, F. E., Malamud, B. D., Witt, A., and Guzzetti, F., 2018.
- [10] IDH, Geoteknisk datarapport 1, E18 Retvet - Vinterbro, Multiconsult, 2015.
- [11] IDH, Geoteknisk datarapport 2, E18 Retvet - Vinterbro, Multiconsult, 2015.
- [12] T. Saghaug, Dobbeltspor Ski - Moss, Grunnundersøkelser, N S B Engineering, Geoteknisk kontor, 1989.
- [13] E18 Retvet-Vinterbro: Datarapport Runde 5 Grunnundersøkelser, Statens Vegvesen, 2015.
- [14] [Ekstern rapport 1-2018] Regional kvikkleirekartlegging, Risiko for kvikkleireskred i Ski, Ås, Vestby og Frogn kommuner, NVE, 2018.
- [15] [MIP-00-V-00048] Hensetting Ski Syd og ny avgrening Østre linje, Geoteknisk datarapport, Løvlien Georåd, 2019.
- [16] Tolket Bergmodell, Ski Hensetting - Helikopter Geoskanning, NGI, 2019.
- [17] [UNA-00-A-10029] Østfoldbanen Østre linje (Ski) – (Sarpsborg), ny avgrening Østre linje, Kartlegging av berg i dagen, NIRAS Norge AS, 2022.
- [18] [UNA-00-A-10028] Østfoldbanen Østre linje (Ski) – (Sarpsborg), ny avgrening Østre linje, Innsamling og tolkning av refraksjonsseismikk, NIRAS Norge AS, 2022.
- [19] [UNA-00-A-10020] Østfoldbanen Østre linje (Ski) – (Sarpsborg), ny avgrening Østre linje, Fagrapport, geoteknisk datarapport, NIRAS Norge AS, 2022.
- [20] [UNA-00-A-10030] Østfoldbanen Østre linje (Ski) – (Sarpsborg), ny avgrening Østre linje, Teknisk notat for oppdatert bergmodell, NIRAS Norge AS, 2022.
- [21] [20160779-01-R] Kvikkleirekartlegging Ski, Frogn, Ås og Vestby, Befaringsrapport, NGI, 2017.
- [22] [RA-RIG-01] NVE Kvikkleirekartlegging, Geoteknisk datarapport Ås, Ski, Frogn og Vestby, Norconsult, 2018.
- [23] «NIFS rapport 14, Naturfareprosjekt Dp.6 Kvikkleire, En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktor i prosjektering i norske leirer,» NVE, 2014.
- [24] NVE Veileder 4/2009 - Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein, NVE NTNU, 2009.
- [25] «Bruk av vertikaldren og poretrykkskontroll for bløt leire som er stabilisert med kalksementpeler,» C. E. Dahl, G. Bodholt, F. Oset, 2016.
- [26] Rapport 8/2016 Grense mellom lokal- og områdestabilitet, NVE, 2016.
- [27] V220 Geoteknikk i vegbygging, Statens vegvesen, 2022.