



Fagrapport ingeniørgeologi bergskjæringer

Detaljregulering E39 Lyngdal vest - Kvinesdal

NV Dokumentnummer: NV42E39LK-GEO-RAP-0003

ENT Dokumentnummer: 10220781_E39LK_000_geo_rap_03

Prosjekt nr:	115510
Oppdragsnavn:	E39 Lyngdal vest - Kvinesdal
Kunde	Nye Veier AS

Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Årsak til utgivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
01	15.05.2023	Første gangs behandling	NOAMKR/NOINSG	NOMOCH/NOKNSK	NONOTT

Endringsoversikt

Revisjon	Endringsbeskrivelse
01	Til første gangs behandling i Lyngdal og Kvinesdal kommune

1 Sammendrag

På oppdrag fra Nye Veier AS utarbeider Sweco detaljreguleringsplan for E39 Lyngdal vest – Kvinesdal. Nåværende E39 skal erstattes med ny, firefelts motorvei med fartsgrense 110 km/t. Strekningen er ca. 24 km lang, hvor det planlegges totalt fire tunneler og ca. 6,9 km med bergskjæringer over 10 m. Veien skal i stor grad gå gjennom naturområder og småkupert terreng.

Det etableres bergskjæringer der veien krysser bergkoller og fyllinger ved krysning av daler.

Totalt vil det bli i underkant av 6900 løpemeter med bergskjæringer høyere enn 10 meter, i tillegg til ca. 150 løpemeter med bergskjæringer under 10 meter som havner i geoteknisk kategori 3. Forskjæringer er ikke tatt med i betraktning. Stedvis blir det bergskjæringer på opp mot 40-45 meter høyde. Delområdene med de mest omfattende bergskjæringene blir ved krysningene ved Oppofte og Frøytland, samt enkelte av bergskjæringene ved Lonetona, vest for Nesan og ved Lyngåsen. Her vil skjæringshøyden variere mellom 24 og 42 meter. Det vil også bli utfordrende ved Vintland hvor det er gjort totalsonderboringer som viser løsmassemektigheter mellom 4-14 meter der toppkant av skjæring er planlagt. Bergskjæringen er maksimalt 20 meter høy (+14 meter dersom tilførselsvei telles med), og har bratt sideterreng i overkant.

Bergmassene i planområdet er i stor grad kartlagt som godt, massivt berg med lav oppsprekingsgrad. Det kan ikke utelukkes at bergkvaliteten er redusert i områdene som er dekket av løsmasser.

Det forventes stort sett et normalt behov for stabilitetssikring i bergskjæringene, bestående i hovedsak av rensk og bergbolter. Det kan bli behov for kraftigere sikringsmidler som stag, dersom det oppdages store mekanismer som truer totalstabiliteten til bergskjæringene. I områder med tett oppsprekking, for eksempel der svakhetssoner har utgående i skjæringsveggene, kan det bli behov for steinsprangnett eller sprøytebetong. Det kan bli behov for å etablere nisjer eller isnett i områder med mye vann i skjæringsveggen. På skjæringstoppene må eventuelle løsmasser graves bort eller sikres med forstøtningsmurer, stabil graveskråning eller lignende.

Skjæringsveggene skal i utgangspunktet utformes med helning 10:1. Der det er registrert slakere, utholdende sprekkeplan, som det kan være gunstig å utforme bergskjæringen etter, er dette omtalt i anbefalingene for de enkelte bergskjæringene i hvert delkapittel. Pallhøyde til bergskjæringene er planlagt til 10 meter, med 1,5 meter hylle mellom hvert ansett. Ved stor skjæringshøyde er det aktuelt å legge inn bredere hyller. Det blir tatt høyde for dette i reguleringsgrensene.

Det er vurdert at det må gjøres tiltak for å oppnå akseptabel risiko for skred ved følgende delområder:

- Steinsprang ved delområdet «Eikjeland-Høyland» mellom profil 440-455 på høyre side.
- Snøskred, steinsprang og jordskred ved delområdet «Vintland» på venstre side av veien.
Snøskred og steinsprang mellom profil 4100-4320 og jordskred mellom 3950-4825.
- Steinsprang ved delområdet «Rørdal» på høyre side av veien mellom profil 7240-7300.
- Steinsprang ved kryssløsningen på Oppofte mellom profil 11000-11550 (venstre og høyre side) og 11650-12000 (avkjøringsrampe øst).
- Steinsprang ved kryssløsningen på Frøytland mellom profil 17950-18100 (gjelder sidevei til Øye 380-500), samt ved venstre rundkjøring (profil 17650)
- Steinsprang ved delområdet «Meland» og «Vest for Melandsvannet» mellom profil 21500-21550, profil 21750-21800, profil 21790-22000, høyre side av tilførselsvei til Meland mellom profil 22400-22440, samt venstre side av hovedvei mellom profil 23240-23350 og 23400-23450.

For øvrig er det også mindre områder med bratt sideterreng i overkant av enkelte bergskjæringer som må inspiseres, og eventuelt renskes og sikres for å tilfredsstillende sikkerhet mot steinsprang.

Sannsynligheten for å påtreffes syredannende bergarter i vesentlig omfang vurderes generelt som liten. En mulig problembergart som båndgneis, befinner seg i delområdene «Røyskår», «Eikjeland-Høyland», «Lyngåsen», «Vintland», «Kryssområde Oppofte» og «Vest for Nesan».

Innhold

1	SAMMENDRAG	3
2	INNLEDNING	8
2.1	Bakgrunn	8
2.2	Om rapporten	9
2.3	Prosjekteringsforutsetninger og geoteknisk kategori.....	10
3	GRUNNLAG OG UTFØRTE UNDERSØKELSER	13
3.1	Tidligere faser/undersøkelser	13
3.2	Nærliggende anlegg	13
3.3	Utførte undersøkelser i reguleringsplanfasen	13
3.4	Kartgrunnlag	14
4	BERGSKJÆRINGER.....	15
4.1	Generelt.....	15
4.2	Oversikt over bergskjæringer og skjærings-ID	15
4.3	Bemanning i byggefasen.....	15
4.4	Skjæringsprofil og utforming av grøft.....	15
4.5	Sprengning og uttaksmetode	16
4.6	Totalstabilitet i bergskjæringer	16
4.7	Sikring av bergskjæringer og skråninger	17
4.8	Hensyn til bygninger og infrastruktur	19
4.9	Usikkerheter.....	19
5	GRUNNFORHOLD I PLANOMRÅDET.....	20
5.1	Topografi.....	20
5.2	Kvartærgeologi.....	20
5.3	Berggrunnsgeologi.....	21
5.4	Lineamenter.....	22
5.5	Mineralressurser og brønner	23
5.6	Steinmaterialets kvalitet	24
5.7	Borbarhet og sprengbarhet.....	28
5.8	Syredannende bergarter i planområdet	30
6	RØYSKÅR.....	32
6.1	Innledning.....	32

6.2	Faktadel.....	33
6.3	Tolkningsdel med ingeniørgeologiske vurderinger.....	38
7	EIKJELAND-HØYLAND.....	40
7.1	Innledning.....	40
7.2	Faktadel.....	43
7.3	Tolkningsdel med ingeniørgeologiske vurderinger.....	48
8	LYNGÅSEN	51
8.1	Innledning.....	51
8.2	Faktadel.....	53
8.3	Tolkningsdel med ingeniørgeologiske vurderinger.....	56
9	VINTLAND	58
9.1	Innledning.....	58
9.2	Faktadel.....	60
9.3	Tolkningsdel med ingeniørgeologiske vurderinger.....	64
10	NORD FOR DRANGSLAND.....	66
10.1	Innledning.....	66
10.2	Faktadel.....	68
10.3	Tolkningsdel med ingeniørgeologiske vurderinger.....	72
11	RØRDAL	74
11.1	Innledning.....	74
11.2	Faktadel.....	75
11.3	Tolkningsdel med ingeniørgeologiske vurderinger.....	81
12	KRYSSOMRÅDE OPPOFTE.....	84
12.1	Innledning.....	84
12.2	Faktadel.....	88
12.3	Tolkningsdel med ingeniørgeologiske vurderinger.....	91
13	KRYSSOMRÅDE FRØYTLAND.....	95
13.1	Innledning.....	95

13.2	Faktadel.....	97
13.3	Tolkningsdel med ingeniørgeologiske vurderinger.....	102
14	VEST FOR NESAN	106
14.1	Innledning.....	106
14.2	Faktadel.....	108
14.3	Tolkningsdel med ingeniørgeologiske vurderinger.....	113
15	LONETONA.....	116
15.1	Innledning.....	116
15.2	Faktadel.....	118
15.3	Tolkningsdel med ingeniørgeologiske vurderinger.....	122
16	MELAND.....	124
16.1	Innledning.....	124
16.2	Faktadel.....	126
16.3	Tolkningsdel med ingeniørgeologiske vurderinger.....	129
17	VEST FOR MELANDSVATNET	131
17.1	Innledning.....	131
17.2	Faktadel.....	134
17.3	Tolkningsdel med ingeniørgeologiske vurderinger.....	137
18	REFERANSER.....	140

VEDLEGG

1. Tabell med samtlige bergskjæringer
2. Ingeniørgeologiske plan- og tverrprofiltegninger

2 Innledning

2.1 Bakgrunn

Nye Veier har ansvaret for utbygging av E39 fra Kristiansand i Agder til Ålgård i Rogaland, en strekning på om lag 200 kilometer. Ny E39 planlegges som trafiksikker firefelts motorvei med fartsgrense 110 km/t. Motorveien vil, i tillegg til reduksjon i antall ulykker, gi vesentlig kortere reisetid for brukerne og knytte Agder og Rogaland tettere sammen som felles bo- og arbeidsmarked.

Utarbeiding av reguleringsplan med konsekvensutredning for parsellen Lyngdal vest-Kvinesdal er en del av dette arbeidet. Planlegging av ny vei og tunnel fra E39 til Øyesletta inngår i prosjektet. Det er Lyngdal og Kvinesdal kommuner som er planmyndighet.

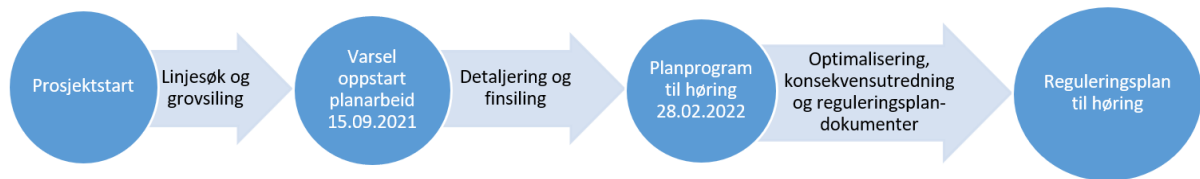


Figur 1. Parsellen E39 Lyngdal vest-Kvinesdal

Det foreligger trasé for veiløsning i de gjeldende kommunedelplanene E39 Vigeland-Lyngdal vest og E39 Lyngdal vest-Ålgård, men strekningen gjennom Kvinesdal kommune er ikke vedtatt. Ny trasé fra Røyskår til kommunegrensen mot Flekkefjord er nå utredet av Nye Veier.

I arbeidet med reguleringsplan er det gjennomført linjesøk og tverrfaglige vurderinger av et bredt utvalg av løsninger for å finne den samlet sett beste traséen fra Røyskår i Lyngdal, gjennom Kvinesdal, til kommunegrensen mot Flekkefjord, der fremtidig ny E39 skal fortsette i den vedtatte traséen i kommunedelplan videre vestover. Østover fra Røyskår er prosjektet E39 Lyngdal øst-Lyngdal vest under bygging, med forventet ferdigstillelse i 2025.

Til varsel om oppstart av planarbeid (15.09.2021) ble det gjennomført en grovsiling av et stort antall alternative veilinjer for ny E39. Anbefalte linjer fra grovsilingen dannet grunnlaget for videre detaljering og vurdering. Frem mot utlegging av planprogram til offentlig høring (28.02.2022) ble det gjennomført en finsiling av de gjenstående linjene fra grovsilingen. Anbefalt linje fra finsilingen, sammen med linjer og kryssløsninger som kommunene vedtok utredet i planprogrammet, har dannet grunnlaget for videre optimalisering, detaljering, konsekvensutredning og utarbeidelse av reguleringsplandokumenter.



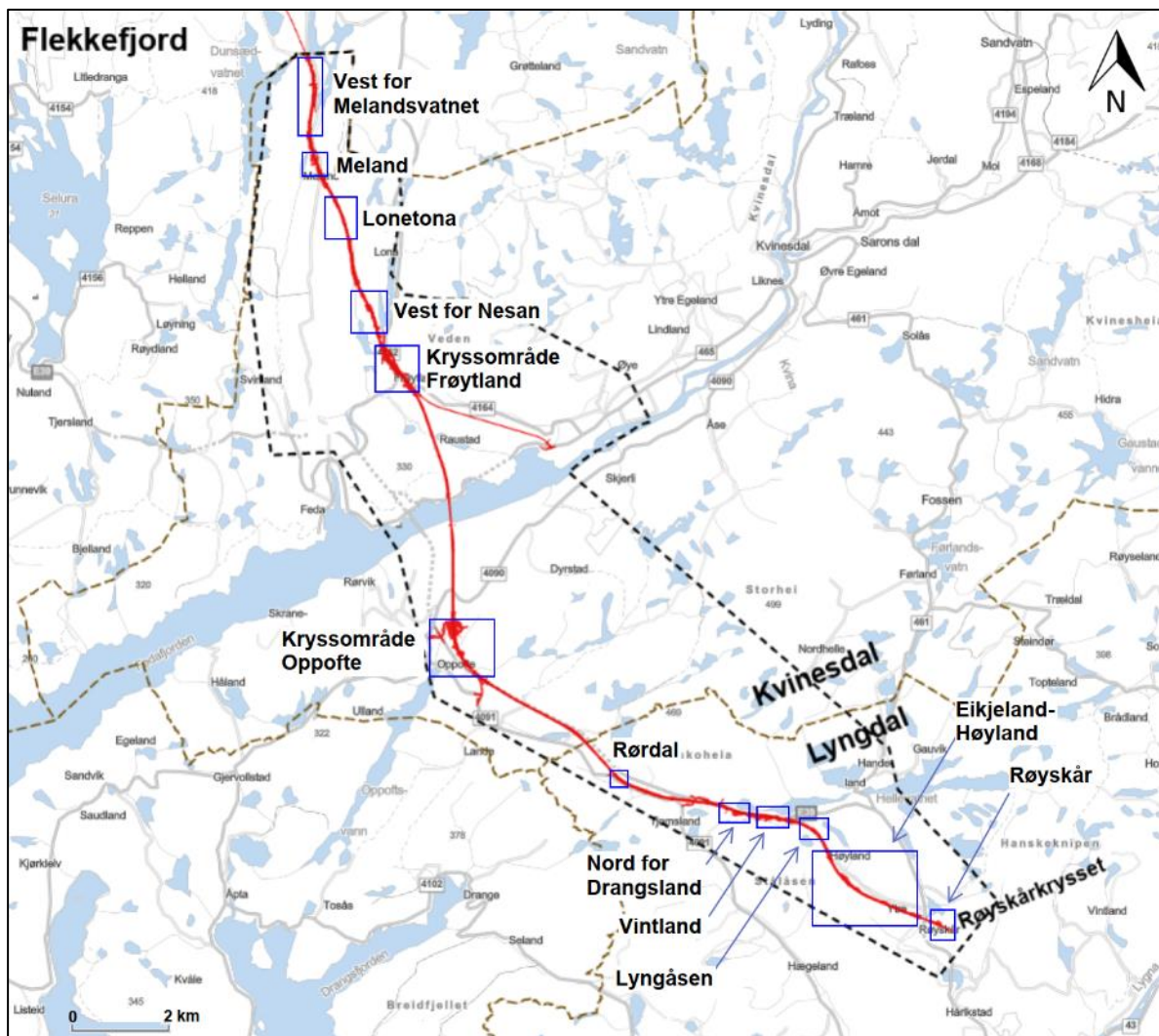
Det henvises til silingsrapporter, planprogram, prosjektrapport, konsekvensutredning, reguleringsplandokumenter og fagrapporter for ytterligere detaljert informasjon om prosjektet. Dokumentene kan finnes på nettsidene til Nye Veier, Lyngdal og Kvinesdal kommune.

2.2 Om rapporten

Denne rapporten omhandler ingeniørgeologiske forhold for bergskjæringer med spesielt fokus på bergskjæringer kategorisert i geoteknisk kategori 3 (ca. 7 km). Oversiktskart for prosjektområdet er vist i Figur 2. Samtlige forskjæringer i tilknytning til tunnelpåhugg er omtalt i tunnelrapportene. Rapporten omtaler skredfare for sidebratt terreng over bergskjæringene og ellers der veilinjen ligger i aktsomhetsområder for skred. Skredfarevurderingene er hentet fra egen utarbeidet rapport om skredfare i planområdet [1].

Rapporten er basert på disposisjon fra SWs Vegnormal N200 [2]. Teksten er inndelt i en faktadel og en tolkningsdel for hvert delområde med bergskjæringer. Rapportens innhold er basert på faglige vurderinger, observasjoner i felt, grunnundersøkelser og eksisterende kart- og bildedatabaser.

Rapporten er et vedlegg til reguleringsplan for E39 Lyngdal vest-Kvinesdal.



Figur 2 Oversiktskart over prosjektmrådet, der blå firkanter viser delområder med bergskjæringer i geoteknisk kategori 3.

2.3 Prosjekteringsforutsetninger og geoteknisk kategori

2.3.1 Styrende dokumenter

Følgende styrende dokumenter er lagt til grunn ved utarbeidelse av denne rapporten:

- Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 [3]
- Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 1 Allmenne regler NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 [4]
- NS-EN ISO 14689-1, Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser - Identifisering, beskrivelse og klassifisering av berg [5]
- Veileder til bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering [6]
- Statens vegvesen Vegnormal N200 Vegbygging [2]

- Statens vegvesen Håndbok R760 Styring av vegprosjekter [7]
- Statens vegvesen Håndbok R761 Prosesskode 1 [8]
- Statens vegvesen Håndbok V225 Bergskjæringer [9]

2.3.2 Geoteknisk kategori, kontroll og kvalitetssikring

Prosjekter klassifiseres i geotekniske kategorier (1, 2 og 3) avhengig av kompleksitet og risiko. Geoteknisk kategori for bergskjæringer bestemmes i henhold til Vegnormal N200:2021 [2] som baserer seg på kriterier i NS-EN 1997-1 [4]. I aktuelt prosjekt plasseres bergskjæringer over 10 meter i geoteknisk kategori 3. Det finnes også bergskjæringer lavere enn 10 meter, men med skrånende terreng over bergskjæring eller andre spesielle forhold, hvor det er nødvendig å ivareta skredfare og stabilitet. Disse skal også plasseres i geoteknisk kategori 3 og er omtalt i kapitlene for hvert delområde.

Bergskjæringer lavere enn 10 meter uten spesiell risiko eller utfordrende grunnforhold med hensyn til sprengning og stabilitet plasseres i geoteknisk kategori 2. Bergskjæringer under 5 meter kan plasseres i geoteknisk kategori 1.

For bergskjæringene benyttes prosjektering ved beregning, prosjektering ved konstruktive tiltak og observasjonsmetoden. Erfaring, normal praksis og etablerte klassifiseringssystem benyttes for å oppnå tilfredsstillende stabilitet.

Konsekvensklasser (CC) og pålitelighetsklasser (RC) er gitt ut ifra kriterier i NS-EN 1990 [3]. For bergskjæringer velges konsekvensklasse og pålitelighetsklasse i henhold til krav 1.8 og 1.9 i N200:2021. Bergskjæringer i geoteknisk kategori 2 og 3 kategoriseres til henholdsvis CC2/RC2 og CC3/RC3.

Avhengig av pålitelighetsklasse stilles det krav til prosjekteringskontrollklasse (PKK) og utførelseskontrollklasse (UKK). I følge krav 1.10 og 1.11 i N200:2021 vil bergskjæringer i geoteknisk kategori 2 med CC2/RC2 tilhøre PKK2/UKK2, mens bergskjæringer i geoteknisk kategori 3 med CC3/RC3 tilhører PKK3/UKK3. For både PKK2/UKK2 og PKK3/UKK3 er det krav om egenkontroll, intern systematisk kontroll og utvidet kontroll, se tabell 1.7 i N200:2021 [2].

2.3.3 Sikkerhet mot skred

Sikkerhet mot skred er omtalt i Vegnormal N200:2021 [2]. Basert på samlet skredsannsynlighet pr. km vei og dimensjonerende trafikkmengde velges det et sikkerhetsnivå (restrisiko), iht. Tabell 1.12 i N200:2021, gjengitt i Tabell 1. Restrisikoen skal være lavere enn akseptabel skredsannsynlighet gitt i Tabell 1. I valg av endelig sikkerhetsnivå skal det legges vekt på skredintensitet og skadepotensiale fra skred, konsekvenser av stengt vei regionalt og lokalt, samt kostnader for å oppnå ulike sikkerhetsnivå.

Beregnet ÅDT for hovedveien og sideveiene varierer. På hovedveien ligger ÅDT mellom 6000-11999, mens det for sideveiene ligger på mellom 500 - 1500.

Skredfaren er vurdert med utgangspunkt i en tillatt skredsannsynlighet på 1/1000 på hovedveien da ÅDT er på grensen til 12.000. Sideveiene har en tillatt skredsannsynlighet på $\leq 1/50$ iht. Tabell 1. For områder hvor det tilrettelegges for stans, eksempelvis oppstillingsplasser eller rasteplasser gjelder TEK17 [10]. Disse går inn under sikkerhetsklasse S2 som tilsvarer en tillatt skredsannsynlighet på $\leq 1/1000$.

Tabell 1 Matrise som angir sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på vei [2].

Dimensjonerende trafikkmengde	Samlet skredsannsynlighet per km og år
< 500	1/20
500 - 3999	1/50
4000 - 5999	1/100
6000-11999	1/300
≥ 12000	1/1000

Deler av veien ligger innenfor NVEs aktsomhetssoner for skred [11]. Skredvurderingene er utført ved hjelp av terrengeanalyser, klimaanalyse, befaringer i felt, modelleringer av skred og faglig skjønn. Det vises til egen skredfarerapport [1].

3 Grunnlag og utførte undersøkelser

3.1 Tidligere faser/undersøkelser

Gjeldende veilinje ble anbefalt av Nye Veier gjennom en silingsprosess i 2021. Prosjektet gikk direkte over i detaljreguleringsfase i 2022.

3.1.1 Kommunedelplan Statens vegvesen 2018

Det er utarbeidet kommunedelplan for ny motorvei gjennom samme område (E39 Lyngdal vest til Ålgård) hvor det lå til grunn gjenbruk av eksisterende E39 på strekningen [12]. I forbindelse med KDPen ble det ikke utført grunnundersøkelser eller feltarbeid.

3.1.2 Mulighetsstudie Nye Veier 2020

Norconsult gjennomførte mulighetsstudie av ny motorvei på strekningen (Røyskår til Lølandsvatnet) [13]. Det ble vurdert et hovedalternativ med fjordkryssing ved Diganes på nordsiden av fjorden. Dette er lengre inn i fjorden enn veilinjen som ligger til grunn i dette prosjektet. Det ble det ikke utført grunnundersøkelser eller feltarbeid i forbindelse med studien.

3.2 Nærliggende anlegg

Dagens E39 på strekningen ble ferdigstilt i 2006 som et OPS prosjekt med Allfarvei/Veidekke som entreprenør og driftsansvarlig. Grunnlag fra bla. dagens tunneler på strekningen (Vatlandstunnelen, Opoftetunnelen, Teistedalstunnelen og Fedaheitunnelen) er relevant å benytte i vurderingene. Det foreligger tunnelkartleggingskjema (bergmassekvalitet, hovedsprekker/soner, utført sikring/injeksjon), ingeniørgeologisk rapport til byggeplan, inspeksjonsrapporter, samt bergmekaniske tester fra byggefasen.

3.3 Utførte undersøkelser i reguleringsplanfasen

3.3.1 Feltbefaringer

Det er gjennomført flere befaringer av områdene med høye bergskjæringer og av områder med mulig skredfare. Befaringene er gjennomført i perioden april 2022 til november 2022.

Veigrunlaget er lagt inn i programvare fra ArcGIS for å kunne ta med data ut i felt, samt supplere direkte med nye observasjoner og registreringer fra befaring. Sprekkekartlegging er utført med appen Clino, der det er tatt stikkprøver med kompass med klinometer for å verifisere at Clino-målingene er korrekte.

Det er utført skredfarekartlegging av strekningen ifb. denne planfasen. Det foreligger egen skredfarerapport [14].

I tillegg er miljøplan og fagrapport om kulturarv under utarbeidelse. Det utarbeides også en fagrapport om anleggsgjennomføring som blant annet skal omhandle anleggstekniske utfordringer tilknyttet utbygging nær eksisterende vei.

3.3.2 Geofysiske målinger

Geomap AS er engasjert for å utføre refraksjonsseismikk langs veilinjen, der feltarbeid og tolkning ble utført i perioden juli-september 2022. Det er målt refraksjonsseismikk langs 14 profiler med total lengde på ca. 2335 m ifb. tunneler på strekningen. Refraksjonsseismikk er utført ved:

- Vatlandstunnelen: ett profil på østsiden av Vatlandsvann og tre profiler ved påhugg øst.
- Espedalstunnelen: to profiler ved ca. profil 12750-12950.
- Øyetunnelen: ett profil ved påhugg øst og påhugg vest og to profiler ved pel 1360-1930 og 1835-1855.
- Refstiheitunnelen: tre profiler ved påhugg nord og ett profil ved Hestesprangvannet (profil 15780-15850).

Resultater er presentert i [15].

3.3.3 Grunnboringer

Det utføres totalsonderinger langs veilinjen, hovedsakelig i tilknytning til kryssområder og fyllinger, men også enkelte bergskjæringer. Grunnboringerne er for tiden under utførelse. De som allerede er utført og som er relevante for denne rapporten, omtales nærmere i kapitlene for hvert delområde. Det henvises til datarapporter for grunnundersøkelser [16].

3.4 Kartgrunnlag

Følgende grunnlagsmateriale er benyttet til forberedelse av feltarbeid og utforming av ingeniørgeologisk fagrapport:

- Kvartærgeologisk kart fra NGU [17].
- Berggrunnskart fra NGU i 1:250 000 skala [18].
- Berggrunnskart over Flekkefjordområdet av T. Falkum [19].
- Kart over mineralressurser fra NGU [20].
- Skredhendelser og aktsomhetskart fra NVE [11].
- Kart over naturtyper, miljøstatus fra Miljødirektoratet [21].
- Nettbasert kartverktøy: «Norgebilder» [22], «Norgeskart» [23].
- Laserdata og skyggerelieffkart fra høydedata.no [24].
- Kulturminner fra Riksantikvaren [25].

4 Bergskjæringer

4.1 Generelt

Anbefalingene i dette kapitlet er knyttet til utforming, sprengning og uttaksmetode, samt stabilitet og sikring. Anbefalingene er generelle og gjelder for alle bergskjæringer med mindre noe annet er angitt i kapitlene for hver enkel strekning (kapittel 6-17).

4.2 Oversikt over bergskjæringer og skjærings-ID

Det skal totalt sprenges i underkant av 6900 løpemeter med bergskjæringer som har høyde over 10 meter, i tillegg til ca. 150 løpemeter med bergskjæringer under 10 meter, men med bratt sideterreng. Forskjæringer er ikke tatt i betraktning og omhandles i egne tunnelrapporter. Oversikt over utredede bergskjæringer er vist i tabellform i Vedlegg 1 og på kart i Vedlegg 2. Profileringen i prosjektet går fra øst og stiger mot vest.

Hver bergskjæring er gitt en egen ID definert ut fra hvilken vei skjæringen ligger langs. Bergskjæringene er deretter nummerert fortløpende fra øst til vest og med høyre eller venstre side sett med stigende profilretning langs veilinen.

4.3 Bemanning i byggefasen

Det er avgjørende at samtlige skjæringer detaljprosjekteres i byggefasen. Detaljprosjekteringen omfatter tilpasning av konturlinje, pallhøyder og -bredder, samt anvisning av bergsikring på stedlige forhold etter rensk. For de høyeste skjæringene skal sikringsanvisningen foretas underveis i berguttaket og for hvert pallnivå. Disse arbeidene skal utføres av ingeniørgeolog.

Det anbefales at skjærings-ID beholdes/videreføres i detaljprosjekteringen.

4.4 Skjæringsprofil og utforming av grøft

I henhold til Vegnormal N200 bør det ved geometrisk utforming av bergskjæringer blant annet tas hensyn til [2]:

- Skjæringshøyde.
- Geologi (svakhetssoner, slepper, strukturer).
- Inngrep i foten av høye skråninger eller fjellside som kan destabilisere større partier.
- Terreng og løsmasseoverdekning over skjæringstoppen (skredfare og stabilitet).

Både grøft og bergskjæring skal utformes etter kravene i Vegnormal N200 [2]. Bredde på fanggrøft dimensjoneres i henhold til krav 1.112 og vil avhenge av bergskjæringens høyde. Bergskjæringen bør i utgangspunktet utformes som nær vertikale bergskjæringer med helning 10:1 eller brattere. Ved lagdeling eller andre svakheter i bergmassen, bør det i hvert tilfelle vurderes om det er

hensiktsmessig å utforme skjæringen etter disse. Åpenbare behov for tilpasning av bergskjæringer til naturlige strukturer er beskrevet i kapitlene for den aktuelle anleggsdelen.

Generelt er det lagt opp til paller med maksimal høyde på 10 meter og med 1,5 meter bred hyll mellom hvert ansett. Det er aktuelt å legge inn hyller der skjæringene blir høyere enn ca. 25-30 m. Dette må detaljprosjekteres i neste fase. Det vil i denne fasen bli regulert inn plass til at det blir mulighet for hyller med 4-6 m bredde.

I tolkningsdelen i kapittel 6-17 vil det bli gitt anbefalinger knyttet til utforming av bergskjæringene. Det kan være grunnlag for å avvike eller gjøre tilpasninger til normalprofilen avhengig av de stedlige forholdene. Detaljutformingen av samtlige bergskjæringer må verifiseres i byggefasen etter avdekking av løsmassene.

4.5 Sprengning og uttaksmetode

Det forutsettes at samtlige bergskjæringer tas ut ved konvensjonell boring og sprengning. Sprengningsarbeidene skal tilpasses lokale forhold, men det forutsettes sprengning med krav til kontur. Kontursprengning utføres med maksimal hullavstand 0,7 meter og redusert ladning i konturen [8]. Ved sterkt oppsprukket bergmasse eller andre spesielle forhold, kan det være aktuelt med tettere boring i konturen. Presplitt kan også bli aktuelt. En jevn kontur er viktig for å minimere omfanget av stabilitetssikring. Det er fastsatt pallhøyder på maksimalt 10 meter for å redusere risiko for borhullsavvik med påfølgende ujevnheter i bergskjæringene.

4.6 Totalstabilitet i bergskjæringer

Det er viktig å følge opp følgende punkter under sprengningsarbeidet for å ivareta bergskjæringenes stabilitet:

- Kartlegging og registrering av gjennomgående sprekkese sett som kan påvirke totalstabiliteten.
- Vurdere om det er hensiktsmessig å utforme bergskjæringen etter lagdeling eller svake lag/sprekkeretninger i bergmassen.
- Vurdere behov for forbolter.
- Vurdere behov for tettere konturhullavstand enn 0,7 meter, eventuelt behov for sømboring.
- Bergsikring utføres suksessivt etter hvert som berget tas ut.

4.6.1 Kinematiske analyser

Det er utført kinematiske analyser for samtlige bergskjæringer i geoteknisk kategori 3. Analysene er utført i programvaren Dips fra RocScience. Resultatene fra de kinematiske analysene er presentert under tolkningsdelen for hvert delområde i kapittel 6-17.

Det skilles mellom store og små planutglidninger i de kinematiske analysene. Store planutglidninger har et slakt utglidningsplan (med fall større en friksjonsvinkel til sprekkeplanet), mens små planutglidninger har et bratt utglidningsplan. Det samme gjelder for store og små kileutglidninger, der en slak og bratt skjæringslinje mellom de to glideplanene gir henholdsvis store og små kileutglidninger. Høyde på skjæringene tas også med i vurderingen om plan- og kileutglidninger vurderes som små eller store.

Det er utført mer nøyaktige beregninger i RocPlane og Swedge, dersom de kinematiske analysene har vist at det er stort potensiale for store plan- og kileutglidninger. Dette gjelder for delområdene Eikjeland-Høyland, Rørdal, kryssområde Oppofte, kryssområde Frøytland, Vest for Nesan, Lonetona og Meland. I disse områdene er det gjort beregninger av potensielle planutglidninger i RocPlane etter partialfaktormetoden (Design Approach 3) iht. Eurokode 7 og Barton-Bandis skjærbruddkriterium.

4.7 Sikring av bergskjæringer og skråninger

Bergskjæringer skal sikres slik at det ikke er fare for nedfall av stein og is på veibanen. Funksjonskravet er at sikring skal etableres slik at rensk og annen sikring unngås de første 20 årene [2]. Kravet gjelder også for rensk og sikring av løsmasser på skjæringstopp. Sikringsmetoder for bergskjæringer er beskrevet i håndbok V225. Metodene er oppsummert i delkapittel 4.7.1-4.7.10.

For hvert delområde i kapittel 6-17 er det foretatt et grovt estimat av sikringsbehovet i samtlige skjæringer med egen skjærings-ID som tilhører geoteknisk kategori 3. Mengdeberegningene er basert på beregnet skjæringsareal for skjæringer i geoteknisk kategori 3. Det vil også kunne være behov for sikring av skjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2.

4.7.1 Vann i bergskjæring

Det vil kunne oppstå problemer med iskjøving der bekkeløp eller større vannmengder krysser bergskjæringen. Aktuelle sikringstiltak er å kontrollere nedføringen av vann ved hjelp av dreneringsgrøfter og utsprengte nisjer i bergskjæringen. Se også anbefalinger i delkapittel 4.7.5.

4.7.2 Rensk

Det skal utføres maskinell rensk av bergskjæringen etter utsprengning. Arbeidet utføres skånsomt for å ivareta konturen og unngå unødvendig oppriving av berget. Låseblokker skal sikres med bolt og skal ikke renskes ned. Avslutningsvis skal bergskjæringen renskes manuelt med spett.

4.7.3 Sikringsbolter

Det utføres boltesikring av skjæringer der det er potensiale for nedfall av blokker. Boltedimensjon og -lengde må vurderes etter utsprenging basert på de geologiske forholdene i hver enkelt skjæring. Kun fullt innstøpte bolter er godkjent til permanent sikring [8].

Normalt skal det benyttes fullt innstøpte kamstålbolter med diameter Ø20 mm til permanent sikring av skjæringene. Det kan være behov for kamstålbolter med Ø25 mm, og i sjeldnere tilfeller Ø32 mm. Hovedtyngden av boltelengdene vil normalt ligge mellom 2,4 og 4 meter. Stedvis vil det kunne bli behov for økte lengder på 4-6 meter eller lenger. Alternativt kan lange kamstålbolter erstattes med for eksempel skjøtestag av typen Ischebeck eller tilsvarende.

Ved behov for umiddelbar sikring hvor det ikke er forsvarlig å utføre arbeider med fullt innstøpte bolter, bør det benyttes kombinasjonsbolter som kan ettergyses og inngå i den permanente sikringen. Limforankrede bolter kan unntaksvis benyttes ved behov for øyeblikkelig sikring og for å mobilisere skjærspenning på sprekkeplan ved forspenning, men da primært som arbeidssikring. For å inngå i permanent sikringen bør bolten erstattes med en gyst bolt.

4.7.4 Steinsprangnett

I områder med oppsprukket berg med fare for mindre nedfall kan steinsprangnett benyttes. Ved sikring av større bergvolum er det aktuelt å benytte wirenett eller vaierforsterkede steinsprangnett.

4.7.5 Isnett

Steinsprangnett monteres som isnett i områder med fuktige skjæringsflater og i nedføringsnisjer for vann/bekker, hvor is kan bygges opp med fare for nedfall.

4.7.6 Sprøytebetong

Sprøytebetong er et alternativ til nett og er særlig aktuelt ved høy oppsprekingsgrad / høyt forvitringspotensiale.

4.7.7 Fanggjerde

Fanggjerde benyttes for sikring mot steinsprang. Høyde og kapasitet på fanggjerde dimensjoneres etter størrelse på mulig nedfall og underlaget/skråningshelning. Dette kan eksempelvis utføres ved hjelp av modellverktøy. Fanggjerder plasseres så nærme løsnemrådet som mulig.

4.7.8 Sikring av løsmasser på skjæringstopp

Skjæringstopp skal renskes for løsmasser og vegetasjon minimum to meter inn fra skjæringskanten [8]. Gravekant i gjenværende løsmasser skal enten avsluttes med stabil helning 1:2 eller slakere eller stabilitetssikres, for eksempel med betongmur.

4.7.9 Forbolter

Forbolter benyttes der det er viktig å hindre bakbryting eller hvor man er avhengig av en umiddelbar sikring ifb. å ivareta totalstabiliteten.

4.7.10 Sikring mot snøskred

Det er vurdert som nødvendig med snøskredsikring ved en lokalitet (ved vestre påhugg til Vatlandstunnelen) langs veilinjene. Aktuell metode er støtteforbygninger (gjerder) som holder snøen på plass.

4.8 Hensyn til bygninger og infrastruktur

Store deler av veilinjene går i områder med jomfruelig terreng, men enkelte steder skal det sprenges inntil eksisterende infrastruktur og bebyggelse. Konstruksjoner og bygninger innenfor en gitt avstand fra sprengningsstedet skal besiktiges. Avstanden er avhengig av fundamenteringsmetode. For sprengningsarbeider i dagen skal det foretas besiktigelse av bygninger fundamentert på berg innenfor 30-50 meter og bygninger fundamentert på løsmasser innenfor 50-100 meter. Det skal også foretas besiktigelse på byggverk og eiendom innenfor 100-200 meter for anleggsarbeider som innebærer en setningsfare [26]. Krav til maksimale vibrasjoner fastsettes i henhold til NS8141 [27].

4.9 Usikkerheter

Det er knyttet usikkerhet til bergmassens detaljoppsprekking, da sprekkemålinger er basert på tilgjengelige bergblotninger i området. Detaljert utforming av skjæringene bestemmes i byggeperioden når bergmassen er avdekket og tilgjengelig i større omfang.

Det er også usikkerhet knyttet til inngangsparametere som er brukt i beregningsanalyser i Swedge og RocPlane, der orienteringen til glideplanene har utgangspunkt i sprekkesett. Ved identifisering av store strukturer som plan- og kileutglidninger må det gjøres en detaljert kartlegging av inngangsparametere for den enkelte potensielle utglidningen.

Dersom det er spesielle usikkerheter tilknyttet et spesielt område, er det skrevet et eget delkapittel i tillegg under hvert delområde.

5 Grunnforhold i planområdet

5.1 Topografi

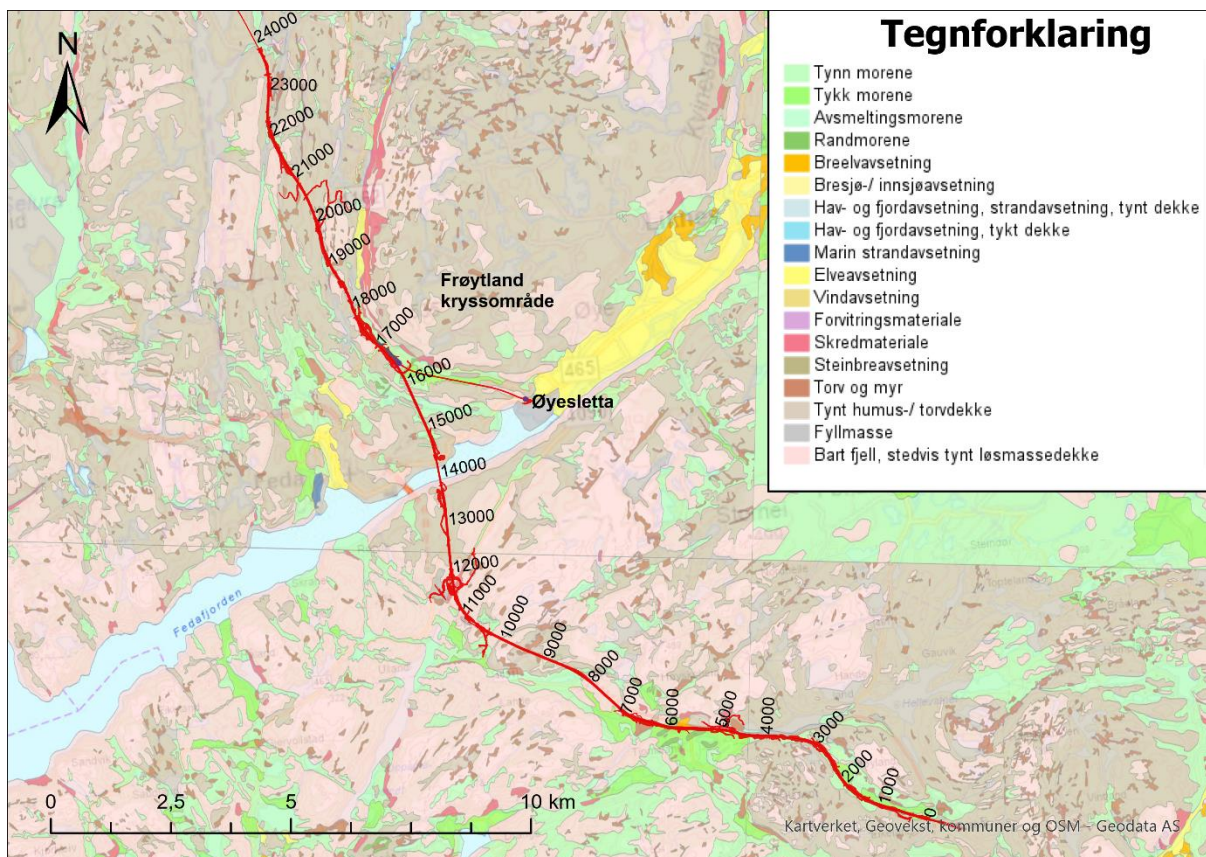
Planområdet ligger mellom Lyngdal i øst og Flekkefjord i vest. Veitraséen ligger i et heilandskap med myrområder og småvann og krysser flere vannførende daler, inkludert en fjordkrysning over Fedafjorden. Terrenget varierer i høyde langs veilinjen med topper og bratte fjellskrenter opp mot 500 moh. som høyeste punkt. Laveste punkt er ved krysning av Fedafjorden. Flere av sprekkesettene innenfor planområdet har en fallvinkel som medfører stedvis steile bergvegger og bratte høydestigninger, blant annet på Øyesletta og begge sider av Fedafjorden. Ny vei vil som følge av det kuperte terrenget ligge i dype skjæringer, på høye fyllinger, i tunnel og på broer. De høyeste skjæringene vil bli opp mot ca. 40-50 meter.

5.2 Kvartærgeologi

Kvartærgeologisk kart fra NGU indikerer at løsmassene i området veksler mellom bart berg, tynt humusdekke, torvdekke og morenedekke over berggrunn, samt tykkere moreneavsetninger og myr. Et utsnitt fra kartet med veilinjen i rødt er vist i Figur 3.

Innerst i Fedafjorden, ved Øyesletta, er det forekomster av elve- og breelvavsatt materiale. Det er også fluviale avsetninger ved vannet Ytre Lona rett nord for Frøytland kryssområde. Ved kryssområdet på Frøytland er det forekomst av skredmasser langs en fjellskrent som følger fylkesvei 803 og vannet Ytre Lona nordover mot Kumlevollvatnet.

Registreringer fra feltarbeid bekrefter i all hovedsak at NGU-kartet stemmer. Foruten Fedafjorden og Øyesletta, ligger planområdet over marin grense.

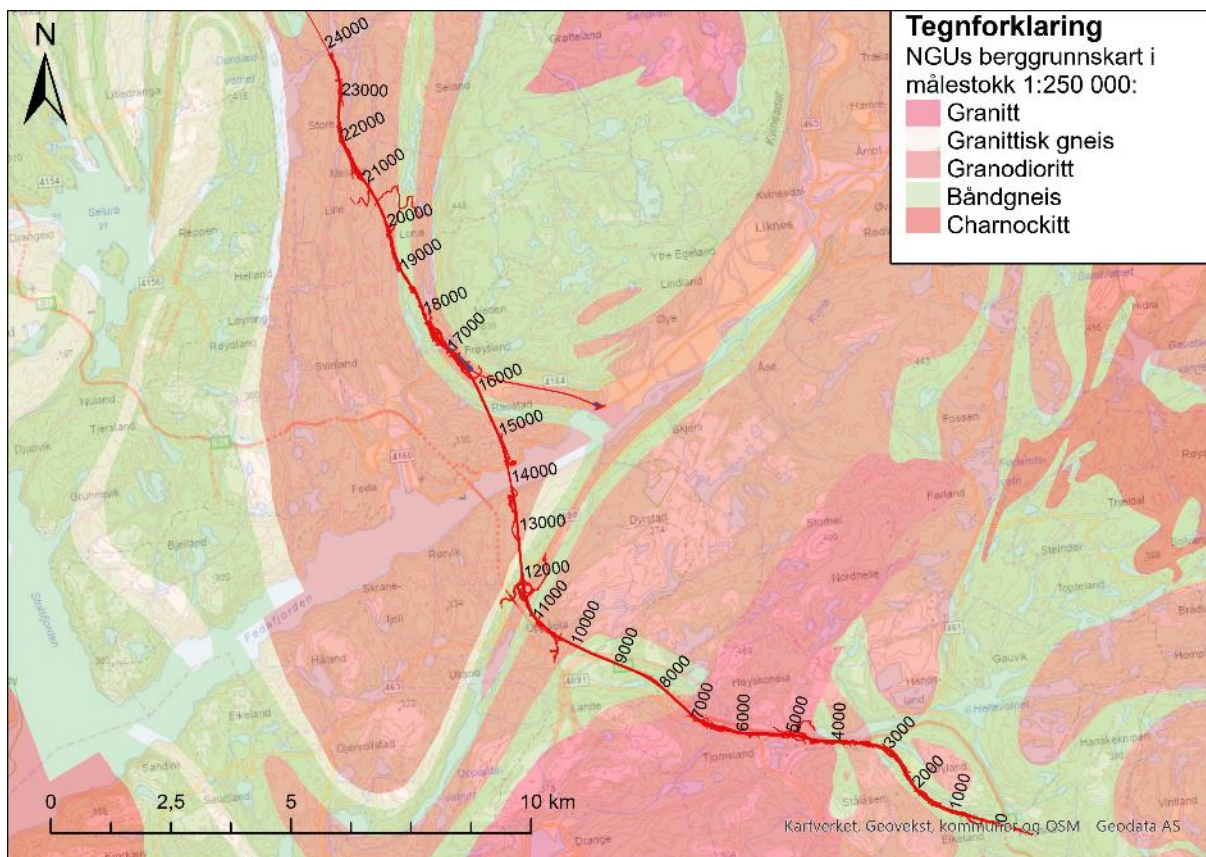


Figur 3 Utsnitt fra kvartærgeologisk kart fra NGU [17]. Veilinen er vist i rødt.

5.3 Berggrunnsgeologi

Det foreligger kun N250-berggrunnskart for området [18]. Kartet viser at planområdet har prekambriske grunnfjellsbergarter hovedsakelig tilhørende Agderkomplekset og består av migmatittiske båndgneiser, granittiske gneiser og granodioritt, se Figur 4. Bergartene i komplekset har vært gjennom flere metamorfose- og deformasjonsfaser før de er gjennomslått av yngre granittiske dypbergarter etter at deformasjonsbevegelsene stanset. De eldste bergartene tilhørende Agderkomplekset kan være kontaktmetamorfe i kontaktsonen mot de yngre dypbergartene.

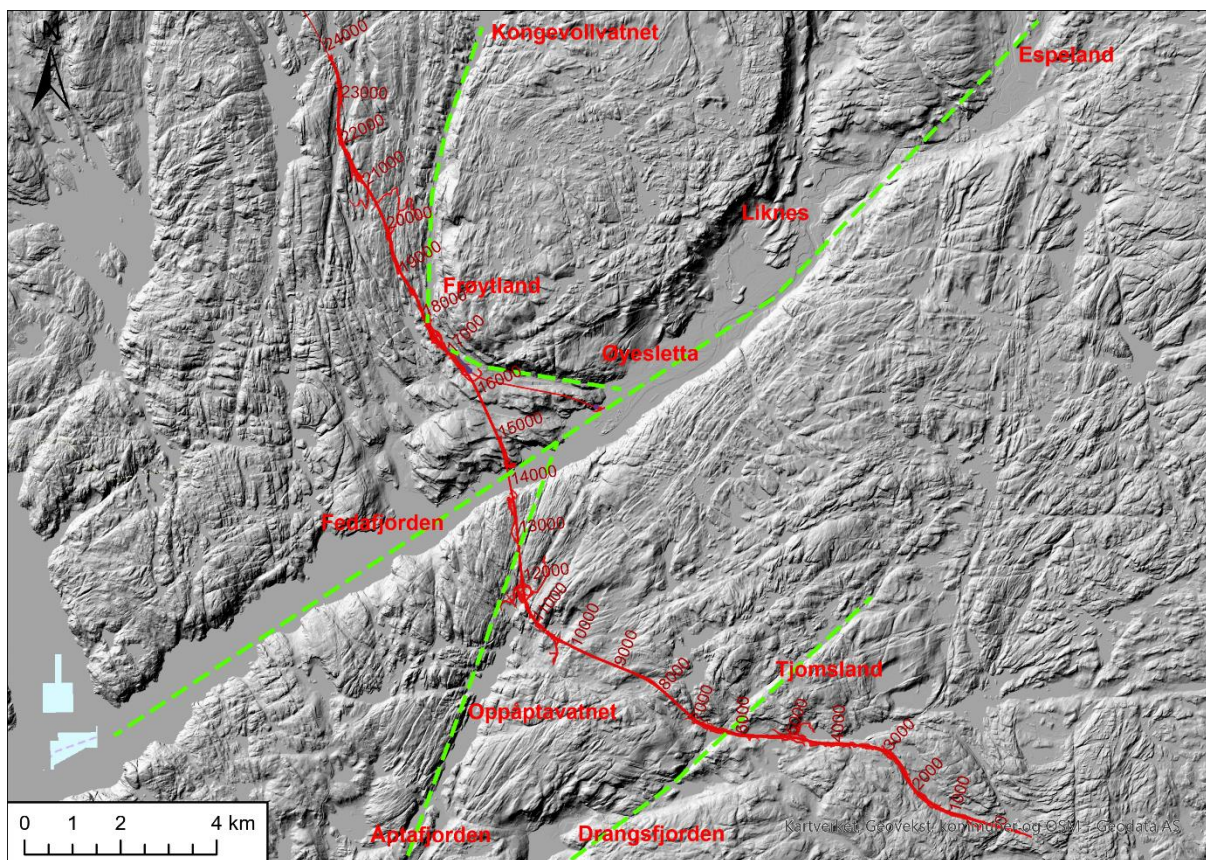
Ifølge kartet er det størst utbredelse av båndgneis (biotittgneis i bånding med lys gneis) og middels-grovkornet granodioritt langs veitraséen. Det går en forkastning parallelt med Fedafjorden som gir en sideforskyvning mot øst av bergartene nord for fjorden.



Figur 4 Berggrunnsgeologisk kart i målestokk 1:250 000 fra NGU [18]. Veilinen er vist i rødt.

5.4 Lineamenter

Lineamentsretningene i planområdet er i hovedsak orientert parallelt med strøkretningen til Fedafjorden eller Kvinesdal. Et markant lineament følger Fedafjorden mot Liknes og Espeland med strøk NØ-SV. Parallelt med dette, går et lineament fra Drangsfjorden og mot Tjomsland. Et annet markant lineament er registrert fra Åptafjorden, langs Oppåptavatnet før det ender opp i Fedafjorden. Lineamentet stryker NNØ-SSV. Tilsvarende orientering er på et lineament fra Frøyland og opp mot Kongevollvatnet. Fra Øyesletta og opp til Frøyland er det registrert et lineament parallelt Frøylandsveien med strøkretning ca. ØSØ-VNV. Målestokken gjør det vanskelig å si noe spesifikt om fallretning og -vinkel for lineamentene. Figur 5 gir en oversikt over omtalte lineamenter. I kapitlene for de enkelte strekningene (kap. 6-17) er det gitt mer detaljerte lineamentsstudier.



Figur 5: Oversikt over fremtredende lineamenter (grønne stiplede linjer).

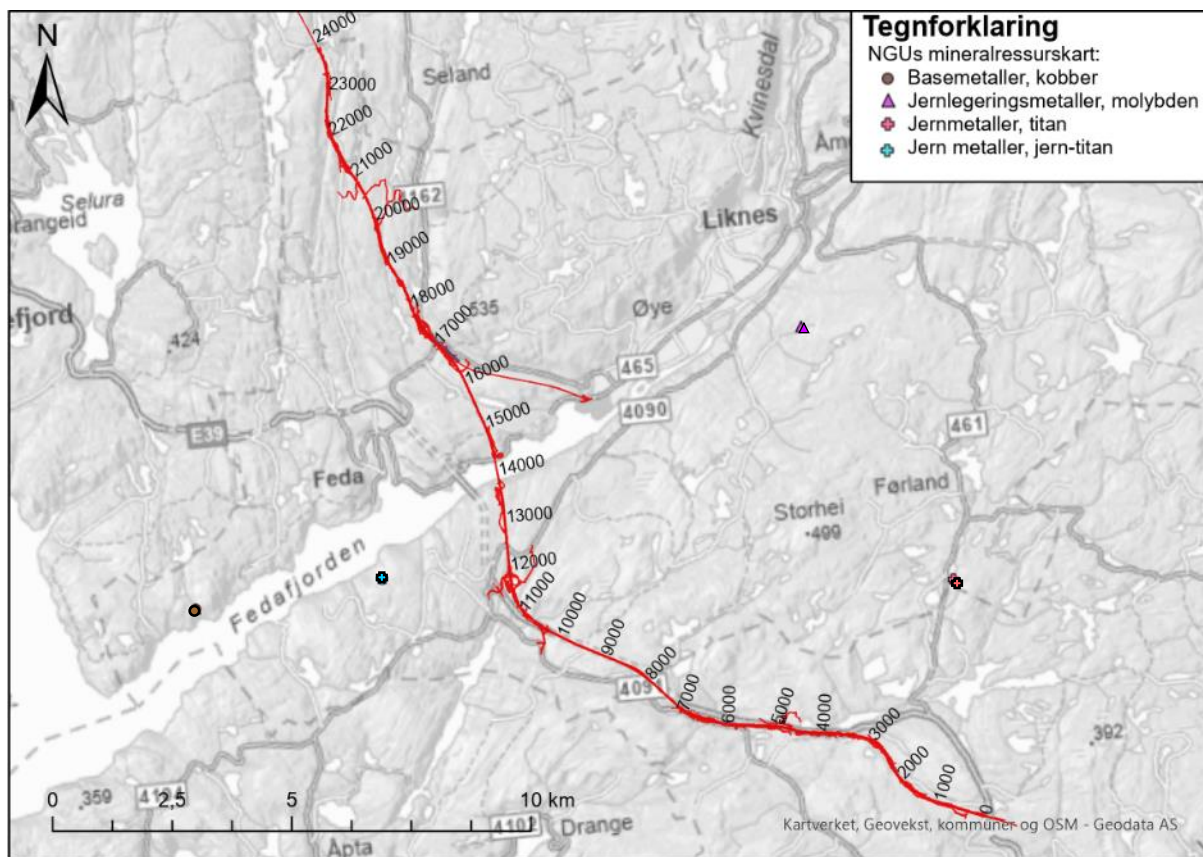
5.5 Mineralressurser og brønner

Foruten en registrering av naturstein over Teistedalstunnelen, er det ikke registrert mineralressurser innenfor planområdet [20]. Nærliggende metallforekomster med tilhørende tegnforklaring er vist i Figur 6. Det er registrert basemetaller (kobber) vest for veiltaket, samt jernmetaller og jernlegeringsmetaller på sørsiden av Fedafjorden.

I databasen til GRANADA [28] er det registrert noen brønner som kan komme i konflikt med tiltaket i områdereguleringen:

- Brønnr. 20815: 43 meter dyp fjellbrønn 75 meter fra fylling ved profil 3800
- Brønnr. 20814: 37 meter dyp fjellbrønn 170 meter fra fylling ved profil 3800
- Brønnr. 83741: 80 meter dyp fjellbrønn 25 meter fra eksisterende vei ved profil 6850
- Brønnr. 39211: 150 meter dyp fjellbrønn 200 meter fra Vatlandstunnelen ved profil 9750
- Brønnr. 96429: 80 meter dyp fjellbrønn 70 meter fra Refstiheitunnelen ved profil 15580
- Brønnr. 56076: 75 meter dyp fjellbrønn ca. 200 meter fra Refstiheitunnelen (profil 16100) og Øyetunnelen (profil 1550)

Det er ikke registrert noen brønner i nærheten av bergskjæringene.



Figur 6: Nærliggende metallforekomster [20].

5.6 Steinmaterialets kvalitet

5.6.1 Faktadel: Laborrietesting og tilgjengelig erfaringsgrunnlag

Det er ulike krav til steinmaterialets kvalitet avhengig av bruksområde i veianlegget og det utføres ofte tester for å vurdere brukbarheten til bergmassene. Aktuelle laborrietester for å avdekke bergmaterialenes egnethet som tilslagsmateriale i veibygging er:

- Los Angeles (LA-verdi) – evnen til å motstå nedknusing
- Micro Deval (MD-koeffisient) – evne til å motstå slitasje i veifundament
- Kulemålle – evne til å motstå piggdekkslitasje
- Flisighet – Kornform

Kravene til bruk i bærelag for trafikkgruppe B-F er LA-verdi ≤ 35 , flisighetsindeks ≤ 25 og MD-koeffisient ≤ 15 , mens kravene for bruk i forsterkningslag i trafikkgruppe B-F er LA-verdi ≤ 35 og MD-koeffisient ≤ 20 [2].

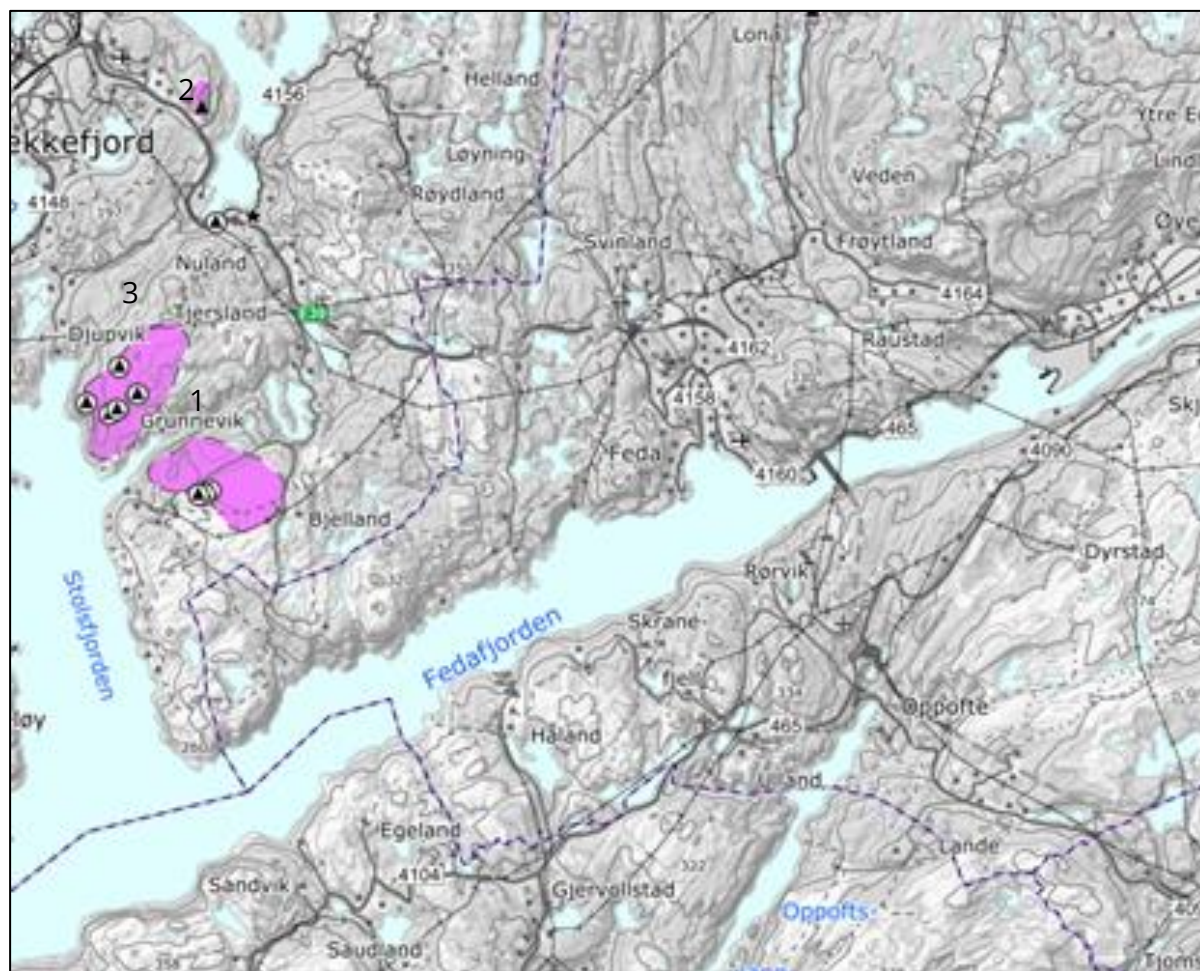
Det er ikke utført tester av steinmaterialet fra planområdet i denne fasen.

I NGU sin pukkdatabse [29] er det registrert ressurser mellom Fedafjorden og Flekkefjord, se Figur 7. Det er utført tester på bergartene ved disse ressursene. Resultatene er oppsummert i Tabell 2. Selv om testresultatene ikke er direkte overførbare, gir de en indikasjon på kvaliteten som kan forventes i prosjektområdet.

Tabell 2 Resultater av prøvemateriale fra puklverk nord for Fedafjorden.

Nr.*	Bergart	Årstall	Lokalitet	LA-verdi, snitt	Kulemølle, snitt
1	Båndgneis	1996	Ståby	24,8	-
2	Båndgneis	1996	Knaben	18,8	-
3	Granittisk gneis	1997	Grunneviksheia	33 (23,9-38,6)	13,7 (8,3-16,8)

* Viser til forekomst i Figur 7.



Figur 7 Grus- og puklforekomster i området [29].

TT-anlegg har utført tester av steinkvalitet over tunneltraséen til Kålåstunnelen i forbindelse med reguleringsplanen til det tilgrensende prosjektet E39 Lyngdal øst- Lyngdal vest. Tunnelen skal bygges nord for Lyngdal og nær prosjektets veitrasé lengst øst. Prøvene er tatt i båndgneis og

granittisk gneis. Figur 8 viser lokaliteten til testene og resultatene fra LA-verdi og MD-koeffisient. Resultatene er også oppsummert i Tabell 3.

Tabell 3 Resultater av prøvemateriale i forbindelse med Kålåstunnelen på E39 LØ-LV.

Prøve	Bergart	Lokalitet	LA-verdi, snitt	MD-koeffisient, snitt
KT-01	Antatt båndgneis	Se Figur 8.	24	15
KT-02	Antatt båndgneis	Se Figur 8.	28	8
KT-03	Antatt granittisk gneis	Se Figur 8.	31	8



Figur 8 Lokaliteter for testing av steinmateriale med resultater. De røde firkantene indikerer hvor prøvene er tatt.

Det er mottatt dokumentasjon fra Veidekke på steinmateriale for eksisterende Vatlandstunnelen, Teistedalstunnelen og Fedahaitunnelen [30]. Testresultater er vist i Tabell 4. Det er opprettet en egen kolonne av Sweco med antatt bergart som er testet. Grønn merking oppfyller krav til forsterkningslag og bærelag i trafikkgruppe B-F, mens gul merking kun oppfyller krav til forsterkningslag i trafikkgruppe B-F [2].

Tabell 4 Testverdier på steinmateriale fra OPS E39 Lyngdal-Flekkefjord. Mottatt fra Veidekke [30].

Tunnel	Bergart*	LA	MD-koeffisient	Fl	Kommentar
Vatland tunnel vest	Usikkert. Granittisk gneis-amfibolitt gneis.	(32)	10,3	Fl ₂₀	Lab.pukket
Vatland tunnel vest		(36)	13,3	Fl ₂₀	Prøveknust i Lyngdal
Vatland tunnel vest		(42)	33,3	Fl ₂₀	Prøveknust i Lyngdal, pelnr. 19000-18550
Vatland tunnel vest					Prøveknust i Lyngdal, pelnr. 19000-18550. Analysert hos NBTL
Vatland tunnel øst	Usikkert. Granitt-amfibolitt gneis.	(37)	18,5	Fl ₂₀	Lab.pukket
Vatland tunnel øst		(43)	15,0	Fl ₂₀	Prøveknust i Lyngdal
Vatland tunnel øst		30	19,2	Fl ₂₀	Ferdigknust 0-32 fraksjon, pelnr. 16400-16800
Vatland tunnel øst		31	22,9	Fl ₂₀	Ferdigknust 0-32 fraksjon, pelnr. 17100
Teistedals-tunnelen	Øyegneis.	(40)	18,2	(7)	Lab.pukket
Fedahei-tunnelen		49	18,2	Fl ₂₀	Lab.pukket
Fedahei-tunnelen		50	30,1	Fl ₂₀	Ferdigknust 0-32 fraksjon, pelnr. 24700
Fedahei-tunnelen		33		Fl ₂₀	Ferdigknust 0-32 fraksjon Analysert hos NBTL
Fedahei-tunnelen		44		Fl ₂₀	Ferdigknust 0-32 fraksjon Analysert hos NBTL og Kolo-lab
Fedahei-tunnelen		35,1			Gravd opp utlagt masse, pelnr. 26100. Analysert hos NBTL
Fedahei-tunnelen		36,5			Gravd opp utlagt masse, pelnr. 25410. Analysert hos Kolo-lab

* Bergart er basert på kartleggingsskjema fra OPS E39LF.

5.6.2 Tolkningsdel: Steinkvalitet

Det er ikke utført tester på berg langs veitraséen og det er derfor usikkert hvor godt egnet steinmassene vil være til ulike formål. Det kan være stedlige og lokale variasjoner i bergmassen som gjør at berget ikke tilfredsstillende alle krav til steinmaterialer.

Det er gjort funn av tidligere utførte tester av båndgneis, granittisk gneis og øyegneis. Samtlige prøver fra NGU og TT-anlegg tilfredsstillende krav til bruk i bærelag og forsterkningslag i trafikkgruppe B-F. For prøvene av granittisk gneis er LA-verdien opp mot grenseverdien for kravet til bruk i bærelag.

For testene over eksisterende Vatlandstunnel, Fedaheitunnelen og Teistedalstunnelen, er det større spredning i resultatene for samtlige bergarter. Krav til flisighet oppfylles for alle testene på samtlige bergarter. For øyegneisen i Fedaheitunnelen/Teistedalstunnelen oppfyller kun en av syv tester kravene til LA-verdien for bærelag og forsterkningslag i trafikkgruppe B-F. Det er utført få tester av MD-koeffisienten hvor to oppfyller kravet til bruk i forsterkningslag.

Bergartene i området har generelt høy mekanisk styrke som gir små mengder med finstoff, og kan i tillegg til bærelag også brukes i fyllinger ellers i prosjektet. Unntaket er båndgneis som stedvis kan ha et høyt glimmerinnhold og dermed gi masser som ikke tilfredsstillende krav for bruk i øvre del av overbygningen. Det ser man også fra testene gjort i Vatlandstunnelen hvor det antas at flere av testene er gjort på båndgneis (amfibolittisk gneis). Mange tester oppfyller ikke krav til LA-verdi eller MD-koeffisienten i motsetning til testene utført på båndgneis ved Flekkefjord (gitt i Tabell 2).

5.7 Borbarhet og sprengbarhet

5.7.1 Indekser

Borbarhet defineres av de to indeksene DRI (Drilling Rate Index/indeks for borsynk) og BWI (Bit Wear Index/indeks for borslitasje). Avhengig av testresultater av bergartsegenskaper klassifiseres bergarten i kategorier gitt i Tabell 5 [31].

Tabell 5 Kategorier for DRI og BWI [31].

Kategori	DRI	BWI
Ekstremt lav	≤ 25	≤ 10
Veldig lav	26 - 32	11 - 20
Lav	33 - 42	21 - 30
Middels	43 - 57	31 - 44
Høy	58 - 69	45 - 55
Veldig høy	70 - 82	56 - 69
Ekstremt høy	≥ 83	≥ 70

Sprengbarhet beskrives fra sprengbarhetsindeksen, SPR, som er et mål på sprengstofforbruk (kg/m^3) for å oppnå en gitt fragmentering ($d_{50} = 270$). Bergartens SPR klassifiseres som god (0,38), middels (0,47) eller dårlig (0,56) [32].

Det er utført tester av borbarhet og sprengbarhet på øyegneis fra kjerneboringer ved nordre og søndre brufundament ved Fedafjorden. Det er utført to kjerneborhull på hver side av fjorden. Resultatene fra testene er gitt i Tabell 6.

Tabell 6 Testresultater fra kjerneboringer i Øyegneis ved Fedafjorden.

Kjerneboring	DRI	BWI	SPR
P1 (sør for fjord)			
P2 (sør for fjord)	77	13	
P3 (nord for fjord)	51	27	0,36
P4 (nord for fjord)			0,36

5.7.2 Tolkningsdel

Testene på øyegneisen ved brufundamentene ved Fedafjorden indikerer middels til veldig høy DRI, veldig lav til lav BWI og god sprengbarhet (SPR).

Det er ikke utført tester for å beregne/fastsette DRI, BWI eller SPR på de øvrige bergartene langs traséen. Det benyttes derfor erfaringstall fra testing av tilsvarende bergarter for å vurdere borbarhet og sprengbarhet til de resterende bergartene i planområdet.

Berggrunnen i planområdet består i hovedsak av granodioritt og båndgneis, samt noe granitt mellom Dyblevannet og Vatlandstunnelens søndre påhugg og granittisk gneis i Espedaltunnelen, se Figur 4.

Erfaringstall for noen bergarter som antas representative for planområdet er gitt i Tabell 7. Det er stor spredning i datagrunnlaget og verdiene må derfor kun anses som veiledende.

Tabell 7 Veiledende verdier for borbarhet, slitasjeindeks og sprengbarhet i noen bergarter aktuelle for planområdet. Data fra DRI og BWI er hentet fra [33] og SPR fra [32].

Bergart	DRI	BWI	SPR
Granodioritt	36-49 Lav til middels	39-51 Middels til høy	0,41-0,43 Middels
Granitt	43-59 Middels til høy	30-48 Middels til høy	0,42-0,44 Middels
Båndgneis (Amfibolittisk gneis)	36-51 Lav til middels	32-49 Middels til høy	0,38-0,54 Middels til høy*
Granittisk gneis	44-61 Middels til høy	30-43 Middels	0,42-0,43 Middels

*Glimmerinnhold og foliasjonens orientering relativt til borhullene kan gjøre båndgneisen noe tungsprengt.

5.8 Syredannende bergarter i planområdet

5.8.1 Faktadel: Grunnforhold, undersøkelser og erfaringsgrunnlag

Sulfider er forbindelser mellom metaller og svovel. Vanligste sulfidmineral er jernsulfider som svovelkis (pyritt) og magnetkis (pyrrhotitt). Sulfidene kan ved forvitring danne en sterk syre og utlekking av tungmetaller. Sulfidførende bergarter kan derfor føre til forurensning ved utsprengning.

Forekomst av sulfid i Agder er oftest knyttet til båndgneisområder. Generelt er sulfidproblematikken størst i øst (Grimstad-Lillesand), og det har i mindre grad vært utbredt i E39-prosjektene vest for Kristiansand i dag som er utbygd/under bygging. Sweco kjenner ikke til at det har vært problemer med sprengstein fra det nærliggende OPS-prosjektet.

Kartlegging fra NGU indikerer at båndgneis finnes over flere strekninger i planområdet, se Figur 4 [18]. Fra Røyskår lengst øst, forbi Høyland og nordover mot Iddelandsvatnet, ligger veilinja i båndgneis. Videre veksler veilinjen mellom granodioritt, et kortere parti med båndgneis og granitt. Neste område med båndgneis er ved Vatlandstunnelen, før berggrunnen igjen veksler mellom granodioritt og båndgneis, der sistnevnte i henhold til berggrunnskartet er ved påkjørings- og avkjøringsrampene sør for kryssområdet ved Oppofte og mellom kryssområdet og Espedalstunnelens søndre påhugg. Flere bergskjæringer i geoteknisk kategori 3 vil ligge i båndgneisen ved kryssområdet ved Oppofte. Nord for Fedafjorden ligger veilinjen hovedsakelig i granodioritt med unntak av et kortere strekk ved Refstiheitunnelen og vest for Bjortjønnna ved skjæringene med skjærings-ID E39-24-HS og E39-25-VS. Båndgneisen befinner seg også rett vest for kryssområdet ved Frøyland, hvor det er planlagt en tilkomstvei.

5.8.2 Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger

Sweco har fått informasjon fra Veidekke at det i OPS prosjektet E39 Lyngdal-Flekkefjord ikke var et problem med sulfidholdig berggrunn og sur avrenning. Alt berg ble benyttet i linjen. Driftsvann gikk gjennom sedimenteringsbasseng og ut i naturen [30].

Risikoen for problemer knyttet til sulfidholdig berggrunn anses som liten, men det kan ikke utelukkes at det stedvis (spesielt ved båndgneis) kan påtreffes bergmasse med økt sulfidinnhold og syredannende potensiale som må håndteres. Behov for prøvetaking av berget må vurderes under driving dersom det observeres tegn på sulfidholdig bergmasse. Slike masser kan f.eks. identifiseres med røntgendiffraksjon eller laboratorieanalyser. Videre må det gjøres en vurdering av behov for spesielle tiltak i forbindelse med deponering basert på innhold av sulfider og volumet av disse.

6 Røyskår

6.1 Innledning

I øst starter prosjektområdet ved Røyskår delvis på fylling og delvis med skjæringer før det etableres bru over gamle E39, elven Møska og en lokalvei. Tabell 8, Figur 9 og Figur 10 gir oversikt over bergskjæringer som er i geoteknisk kategori 3 på østsiden av Røyskår bru.

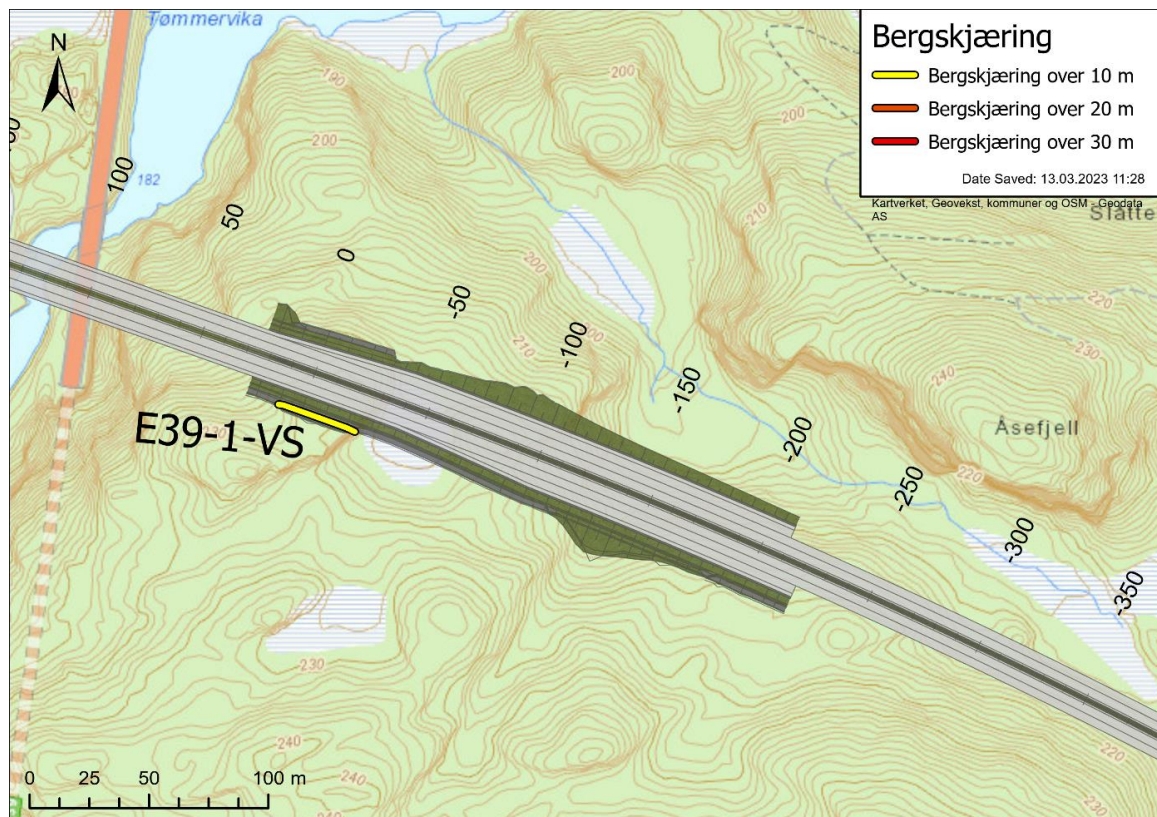
Tabell 9 gir en oversikt over bergskjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2.

Tabell 8: Strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 3.

SkjæringsID	Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Tegningsnr./ kommentar
	Fra	Til				
E39-1-VS	-25	10	V	35	11	V3100

Tabell 9: Strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2.

Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Kommentar
Fra	Til				
-280	-180	V	100	<10	
-115	-25	V	90	<10	
10	25	V	15	<10	



Figur 9: Oversikt over bergskjæring i geoteknisk kategori 3 ved Røyskår.



Figur 10: Utklipp fra innsynsmodell som viser bergskjæring i geoteknisk kategori 3 ved Røyskår. Utklippet er tatt i retning sørvest.

6.2 Faktadel

6.2.1 Topografi

Traséen i området ligger i en slak kupert skråning som hovedsakelig har en helning mellom 10-25°. Nord for traséen, mellom profil -370 - -150 er det en bergskrent som er ca. 30 meter høy, før det stiger slakt oppover 5-6 høydemeter til toppen av Åsefjellet, som ligger 247 moh. Videre nord for traséen, mellom profil -150-100, heller terrenget nedover mot Røyskårvannet. Det er planlagt en bergskjæring som er over 10 meter mellom profil -25-10. I overkant av denne skjæringen stiger terrenget med en helning på 5-30°.

6.2.2 Løsmasser

NGUs løsmassekart [17] viser humusdekke/tynt torvdekke over berggrunnen, der mektigheten vanligvis er mellom 0,2-0,5 meter, med lommer med mer. I felt ble det observert humusdekke og torvdekke, samt morenemateriale med spredte bergblotninger. Det ble også observert myr med ukjent mektighet mellom profil -65- -30, samt i eller på høyre side av traséen mellom profil -450- -170.

6.2.3 Grunnundersøkelser

I forbindelse med reguleringsplan til E39 Lyngdal øst – Lyngdal vest er det utført 7 refraksjonsseismiske profiler, 13 totalsonderinger, 14 enkle sonderinger (med bærbar slagmaskin til fast grunn) og 4 skovlboringer i Røyskårkrysset og sidevei som går til midlertidig E39. Beskrivelse og plassering av undersøkelsene er fremstilt i [34], og omtalt nærmere i rapportene [35], [36], [37] fra detaljreguleringen.

Det er også utført 4 totalsonderinger mellom profil 230-280, der det er planlagt fylling. Disse viser at løsmassedybden varierer mellom 0,75-4,65 meter.

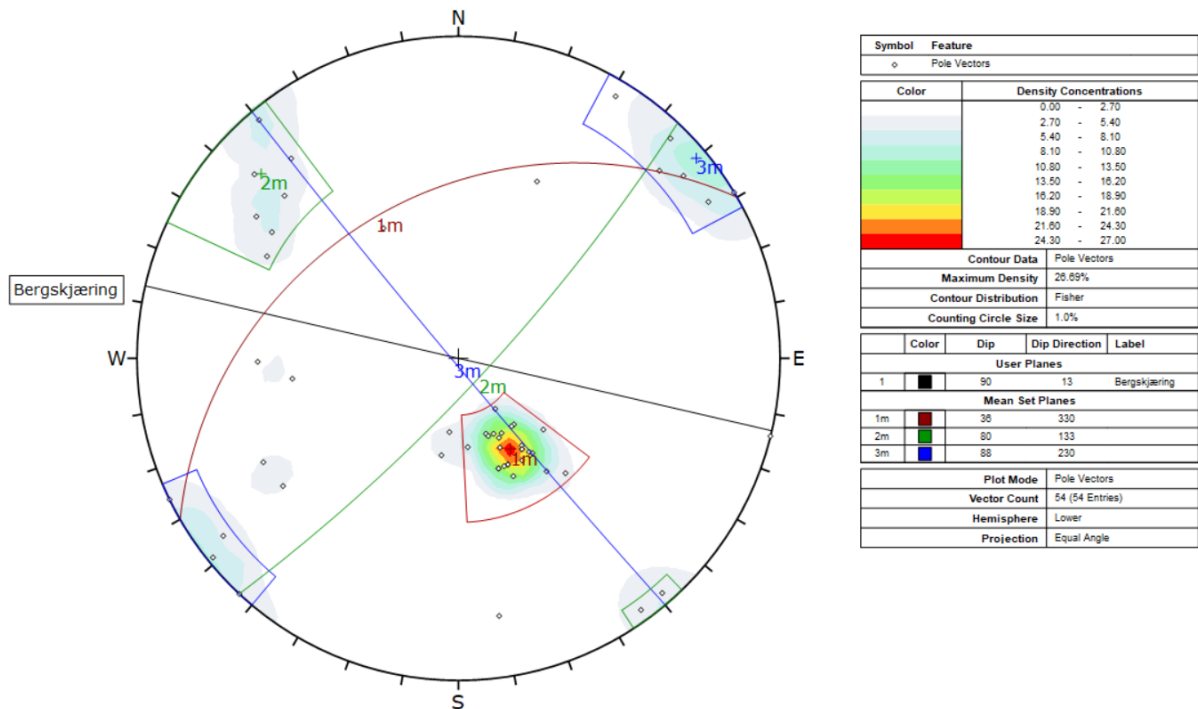
Det er ikke gjort noen grunnundersøkelser ved toppkant skjæring «E39-1-VS».

6.2.4 Berggrunn og oppsprekking

I følge NGU sitt berggrunnskart (1:250 000) består området av båndgneis som stedvis er migmatittisk [18]. Beskrivelsen sammenfaller med observasjoner i felt hvor det er registrert kvartsrik, migmatittisk gneis. Berget er grovblokkig med oppsprekking langs bergartens foliasjon. Figur 12 og Figur 13 viser typiske bergforhold i området. Den foliasjonsparallelle oppsprekkingen er slak med 30-40° helning mot NV. Det er også kartlagt to steile sprekkesett. Kartlagte sprekker i området er vist i Tabell 11 og Figur 11.

Tabell 10 Registrerte sprekkesett i delområdet Røyskår.

Sprekkesett	Fallretning/fall	Kommentar
1m	330°±10°/36°±10°	Foliasjonsparallel. Ru plan til ru undulerende sprekkeoverflater. Sprekkeavstand 0,3 til flere meter. Ingen sprekkebelegg. R _N -verdi snitt fra Schmidhammer-test: 54,8.
2m	133°±10°/80°±10°	Ru, plane sprekkeflater.
3m	230°±10°/88°±10°	Ru plane strekkeoverflater. Stor sprekkeavstand 0,7 til flere meter. Ingen sprekkebelegg. Amplitudemåling 44 mm.



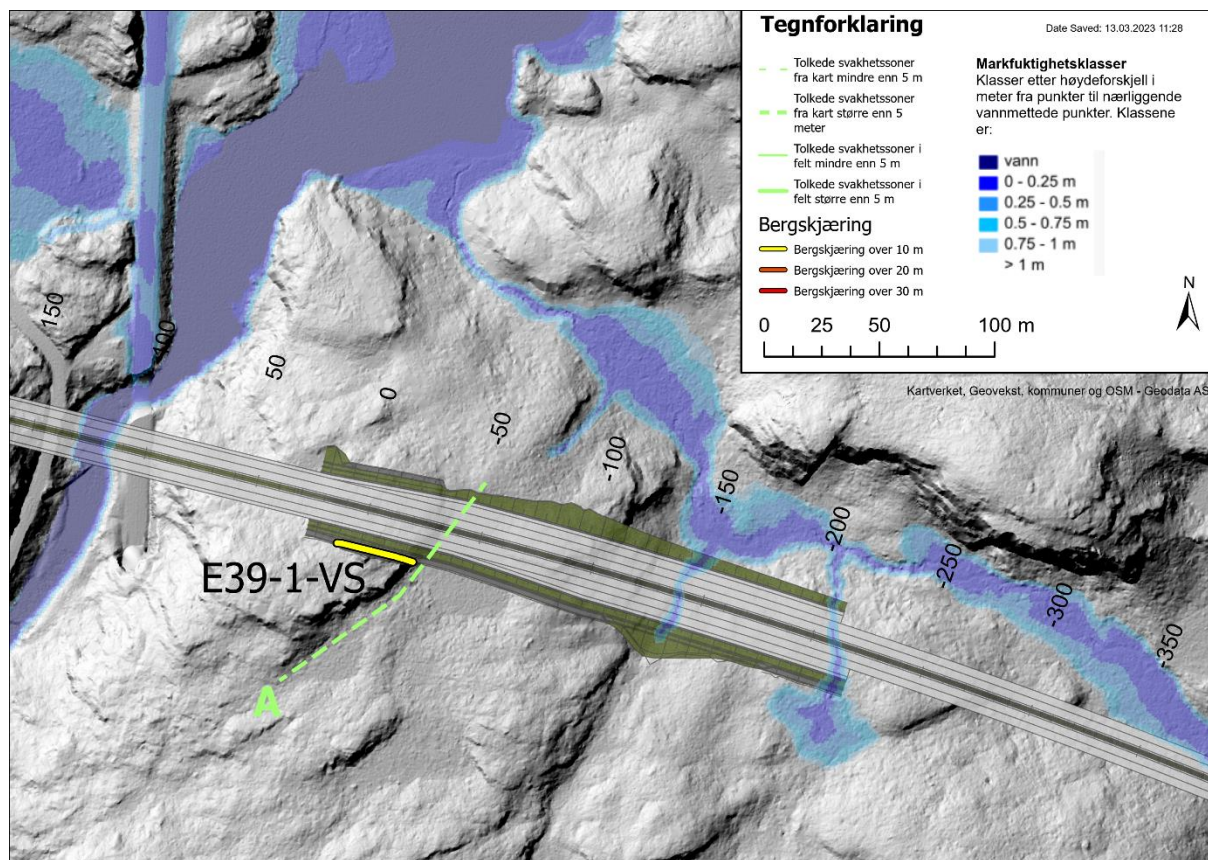
Figur 11: Sprekkemålinger som er registrert i polplott i delområdet Røyskår. Linjen gjennom sentrum representerer orienteringen av bergskjæringen.



Figur 12: Typiske bergforhold ved Røyskår. Bergmassen har foliasjonsparell oppsprekking med slakt fall mot NV.



Figur 13: Bergskrent ved Åsefjellet. Bildet er tatt mot nordøst ved ca. profil -300.



Figur 14: Oversikt over lineamenter som er kartlagt i felt og fra kartstudie, samt markfuktighet i delområdet Røyskår.

Det er observert et lineament/søkk i terrenget ved ca. profil -50, der det er planlagt fylling. Lineamentet har samme orientering som sprekkesett 2. Se Figur 14 for oversikt.

6.2.5 Vannforhold

Det er ingen vannveier i overkant av bergskjæringen over 10 meter, ifølge NIBIOs markfuktighetskart [38]. Et mindre myrområde kommer i kontakt med bergskjæringen under 10 meter mellom profil -220 - -200.

6.2.6 Skredfare

På nordsiden av veien mellom profil -350 - -100 er det en ca. 30 meter høy bergskrent som er ca. 50 meter fra hovedveilinen. Det er store overhengende avløste blokker i skrenten, se Figur 13. Til høyre for hovedveilinen (sett mot stigende pelnummer) er det planlagt en tilførselsvei til gamle E39. Fyllingsfot går helt inn til skrenten. Denne veien har prosjektet E39 Lyngdal øst-Lyngdal vest ansvaret for.



Figur 15: Utklipp fra innsynsmodellen som viser høy bergskrent (Åsefjellet) til høyre. Utklippet er tatt i retning vest.

6.3 Tolkingsdel med ingeniørgeologiske vurderinger

6.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Kinematiske analyser viser at det ikke er potensiale for planutglidninger, mens det er et stort potensial for mindre kileutglidninger mellom sprekksett 1 og 3, samt mellom sporadiske sprekker i kombinasjon med sprekksett 2. Det er også et lite potensial for blokkutvelting, der sprekksett 1 (foliasjon) fungerer som baseplan, og sprekksett 2 og 3 som avløsningsplan. Skjæringen planlegges i henhold til normalprofilen.

6.3.2 Forventet bergsikring

Det forventes lokalt omfattende boltesikring, dersom det oppdages kiledannelser i bergskjæringen. Dersom det oppdages områder med dårligere bergmassekvalitet enn det som er observert i dagen, kan det bli aktuelt med steinsprangnett. Ellers forventes det et normalt sikringsomfang i bergskjæringen.

Det forventes 0-1,5 meter løsmasser på skjæringstoppen til «E39-1-VS», da det er registrert enkelte bergblotninger, samt en bergskrent i den østlige delen av bergskjæringen. Løsmasser på prosjektert skjæringstopp sikres i henhold til kravene gitt i delkapittel 4.7.8.

Totalt skjæringsareal er beregnet til ca. 160 m². Det er ut fra bergmassekarakteristikken og arealet grovt estimert behov for ca. 10 sikringsbolt og 15 m² steinsprangnett.

6.3.3 Sprengning og uttaksmetode

Det planlegges at berguttak kan utføres i henhold til beskrivelsene i delkapittel 4.5.

6.3.4 Vannforhold

Da det ikke er noen tydelige vannveier i overkant av bergskjæring «E39-1-VS», antas det at rennende vann ikke vil være en stor utfordring her. Mellom profil -220- -200 er det derimot et mindre myrområde som kommer i kontakt med en bergskjæring under 10 meter. Det vil være fare for at denne myren blir utdrenert ved kontakt ved vei.

6.3.5 Skredfare

Hentet fra skredrapport [1]:

«Bergskrent, ca. 30 m høy. Ca. 20 m til fyllingsfot. Overhengende avløste blokker. Vil ikke ha utløp til hovedveilinjen, se også modelleringer. Vei på fylling gir ekstra sikkerhet. Akseptabel risiko.»

6.3.6 Omgivelser

Det er i overkant av 100 meter til gamle E39 med tunnelpåhugg og bru over elven Møska. Nærmeste boligbebyggelse er ca. 350 meter i luftlinje. Det vil være behov for å følge anbefalingene i kapittel 2.7 for dagens E39 med tilhørende konstruksjoner.

Det er registrert ett kulturminne der det er planlagt fylling ved profil -90 [25]. Det er ikke registrert noen naturtyper med høy verdi i området [21].

6.3.7 Usikkerheter

Det er knyttet usikkerhet til løsmassene i myrområdet som kommer i kontakt med veilinjen mellom profil -220- 200, som vil være utsatt for utdrenering ved kontakt med vei.

7 Eikjeland-Høyland

7.1 Innledning

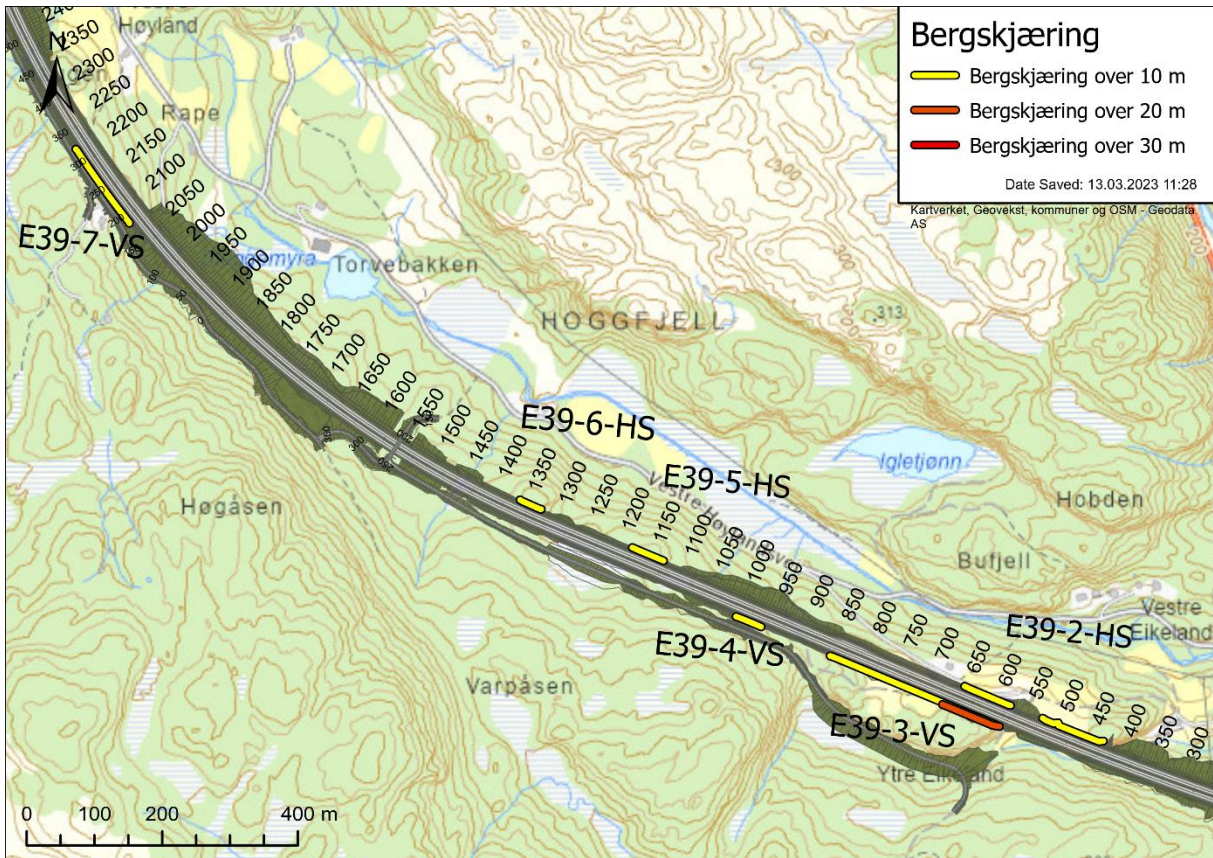
I prosjektområdet Eikjeland-Høyland veksler veien mellom fyllinger og skjæringer. Det blir skjæringer over 10 meter på begge sider av veien. Tabell 11, Figur 16, Figur 17 og Figur 18 gir en oversikt over bergskjæringer i geoteknisk kategori 3 i delområdet. Tabell 12 gir en oversikt over bergskjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2.

Tabell 11 Strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 3 ved Eikjeland-Høyland.

SkjæringsID	Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Tegningsnr./ kommentar
	Fra	Til				
E39-2-HS	435	545	H	110	18	V3100 Mellom profil 435-450 er skjæringshøyden ca. 5 meter, men det er bratt sideterreng (60-90°) opp til ca. 23 m over veilinjen.
	595	670	H	75	13	
E39-3-VS	600	870	V	270	24	V3100
E39-4-VS	980	1020	V	40	13	V3101
E39-5-HS	1150	1200	H	50	14	V3101
E39-6-HS	1345	1380	H	35	16	V3101
E39-7-VS	2090	2220	V	130	15	V3102

Tabell 12: Strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2 ved Eikjeland-Høyland.

Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Kommentar
Fra	Til				
225	270	V	45	<10	
295	325	V	30	<10	
545	595	H	50	<10	
670	865	H	195	<10	
585	600	V	15	<10	
870	915	V	45	<10	
925	980	V	55	<10	
1020	1105	V	85	<10	
1100	1150	H	50	<10	
1200	1290	H	90	<10	
1140	1300	V	160	<10	
1330	1345	H	15	<10	
1380	1445	H	65	<10	
1485	1510	H	25	<10	
2045	2090	V	45	<10	
2220	2380	V	160	<10	
2085	2365	H	280	<10	
2860	2895	V	35	<10	
275	300	H	25	<10	Bergkjæring, tilførselsvei Vintland (undergang hovedvei)
260	305	V	45	<10	Bergkjæring, tilførselsvei Vintland (undergang hovedvei)
165	360	V	195	<10	Bergkjæring, tilførselsvei Vintland
415	455	V	40	<10	Bergkjæring, tilførselsvei Vintland
505	680	V	175	<10	Bergkjæring, tilførselsvei Vintland
735	770	V	35	<10	Bergkjæring, tilførselsvei Vintland
260	410	H	150	<10	Bergkjæring, tilførselsvei Høyland



Figur 16: Oversikt over planlagte bergskjæringer i geoteknisk kategori 3 ved Eikjeland-Høyland.



Figur 17: Utklipp fra innsynsmodellen som viser planlagte bergskjæringer mellom profil 435-1380. Utsnittet er tatt i retning nordvest (stigende profilnummer).



Figur 18: Utklipp fra innsynsmodellen som viser planlagte bergskjæringer mellom profil 2090-2220. Utsnittet er tatt i retning nordvest (stigende profilnummer).

7.2 Faktadel

7.2.1 Topografi

Ved Eikjeland-Høyland kutter veilinjens seg ned i terrenget og ligger parallelt med en dalside som heller mellom 10° og 25° i retning N-NØ. Området har enkelte subvertikale bratte skrenter som faller mot S og SV. Mellom profil 440-1500, er det i hovedsak bergskjæringer på begge sider av veien, med innslag av noen fyllinger, før det mellom 1500-2000 er fylling på begge sider av veien. Mellom 2085-2350 er det dobbeltsidig bergskjæring, der venstre side er over 10 meter høy. Ingen av bergskjæringene har bratt sideterreng ved toppkant skjæring, med unntak av profil 440-455 (høyre side).

7.2.2 Løsmasser

Løsmassene langs strekningen er hovedsakelig kartlagt av NGU som sammenhengende morenedekke med varierende tykkelse og stedvis stor mektighet [17]. Mellom profilnummer 450-600 er det også innslag av bart berg, mens det mellom profilnummer 600-670 er kartlagt humusdekke/tynt torvdekke over berggrunn. Videre vestover på strekningen følger veilinjens et skille mellom sammenhengende morenedekke nederst i skråningen og tynt humusdekke øverst i skråningen. Veilinjens ligger nederst i skråningen i morenedekke med varierende tykkelse. Fra profilnummer 2000-2250 er det sammenhengende morenedekke med stedvis stor mektighet og tykkelse større enn 0,5 meter. Resten av området er beskrevet med usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen.

Observasjoner i felt sammenfaller med beskrivelsene fra NGUs løsmassekart. I områdene der skjæringer over 10 meter er planlagt, er det registrert spredte bergblotninger, morenemasser og torvdekke, samt noen områder med myr.

7.2.3 Grunnundersøkelser

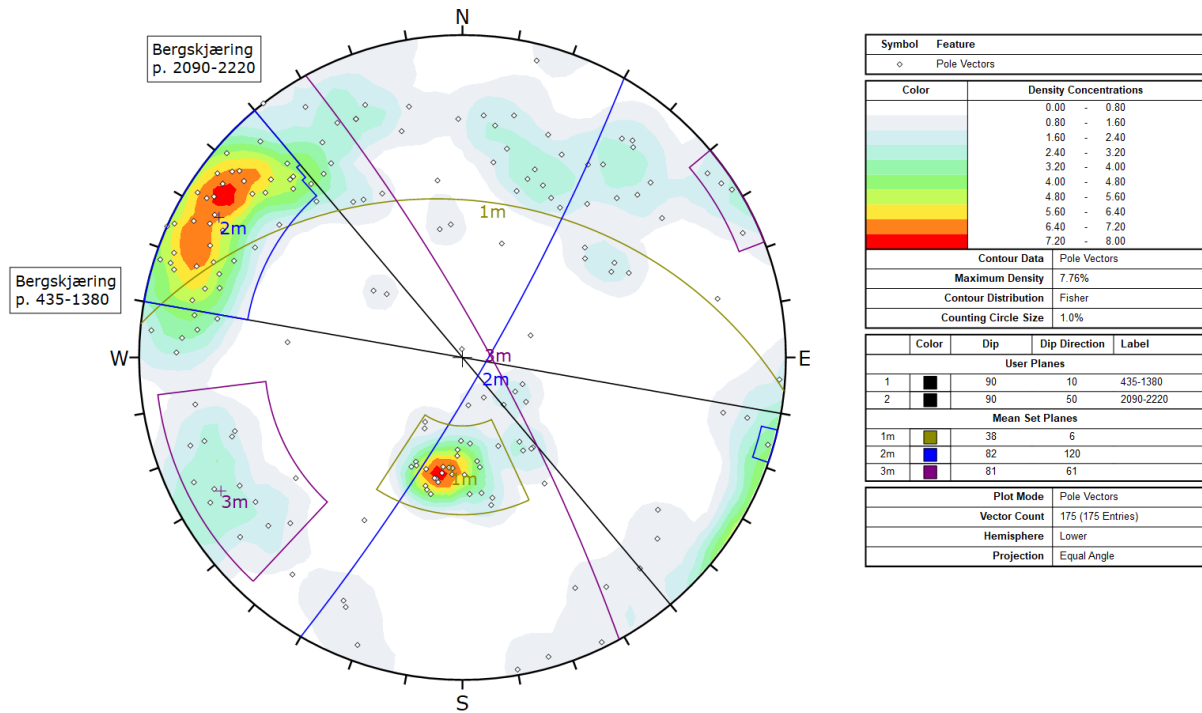
Det er utført 21 totalsonderboringer i eller nærme veilinen ved Eikjeland-Høyland. Ved profil 525, 565, 670, 740 og 800, der skjæring «E39-2-HS» er planlagt, viser totalsonderingene at dybde til fast berg er henholdsvis 1,8 m, 3,5 m, 2,4 m, 3,2 m og 5 m i nærheten av toppkant skjæring. Ved profil 700, 795 og 885, der skjæring «E39-3-VS» er planlagt, viser totalsonderingene at løsmassedybden er henholdsvis 1,3 m, 2,2 m og 1,3 m ved toppkant skjæring. Svakhetszone E (Figur 21) har løsmassedybde, med myr i overflaten, målt til 1,8 m og 2,7 m ved henholdsvis profil 930 og 950. Ved svakhetszone F er løsmassedybden, med myr i overflaten, målt til 1,1-2,45 m ved profil 1100 og 6,4 m litt sør for profil 1240. Målinger ved toppkant skjæring (under 10 m) ved profil 1240 og 1290 viser løsmassedybde, med myr i overflaten, på henholdsvis 2,5 m og 2,1 m.

7.2.4 Berggrunn og oppsprekking

Berggrunnen langs strekningen er i likhet med Røyskår kartlagt som båndgneis som stedvis er migmatittisk av NGU [18]. Dette stemmer godt med det som er registrert i felt. Bergmassen fremstår som massiv med grovblokkig oppsprekking. Det er registrert tre sprekkesett i området, der beskrivelse av de ulike sprekkesettene er oppsummert i Tabell 13. Et polplott med registrerte sprekker er gitt i Figur 19.

Tabell 13: Registrerte sprekkesett i området rundt profil 440-2220.

Sprekkesett	Fallretning/fall	Kommentar
1m	$006^{\circ} \pm 10^{\circ} / 38^{\circ} \pm 10^{\circ}$	Foliasjonsplan som er plane til undulerende. Ru sprekkeoverflater uten belegg. Gjennomsettende sprekker med sprekkeavstand på 0,5-3 meter, som igjen er delt inn i bånd på cm-skala som er lite gjennomsettende.
2m	$120^{\circ} \pm 10^{\circ} / 82^{\circ} \pm 10^{\circ}$	1-3 meter sprekkeavstand. Ru og plane til undulerende sprekkeoverflater uten sprekkebelegg. Sprekkesettet danner bergskrenter i området.
3m	$061^{\circ} \pm 10^{\circ} / 81^{\circ} \pm 10^{\circ}$	1-3 meter sprekkeavstand. Plane og ru sprekkeoverflater uten sprekkebelegg. Sprekkesettet danner bergskrenter i området.



Figur 19: Sprekkemålinger som er registrert i polplott ved Eikjeland-Høyland. Linjene gjennom sentrum representerer orienteringen av de ulike bergskjæringene og er merket med tilhørende profilnummer.

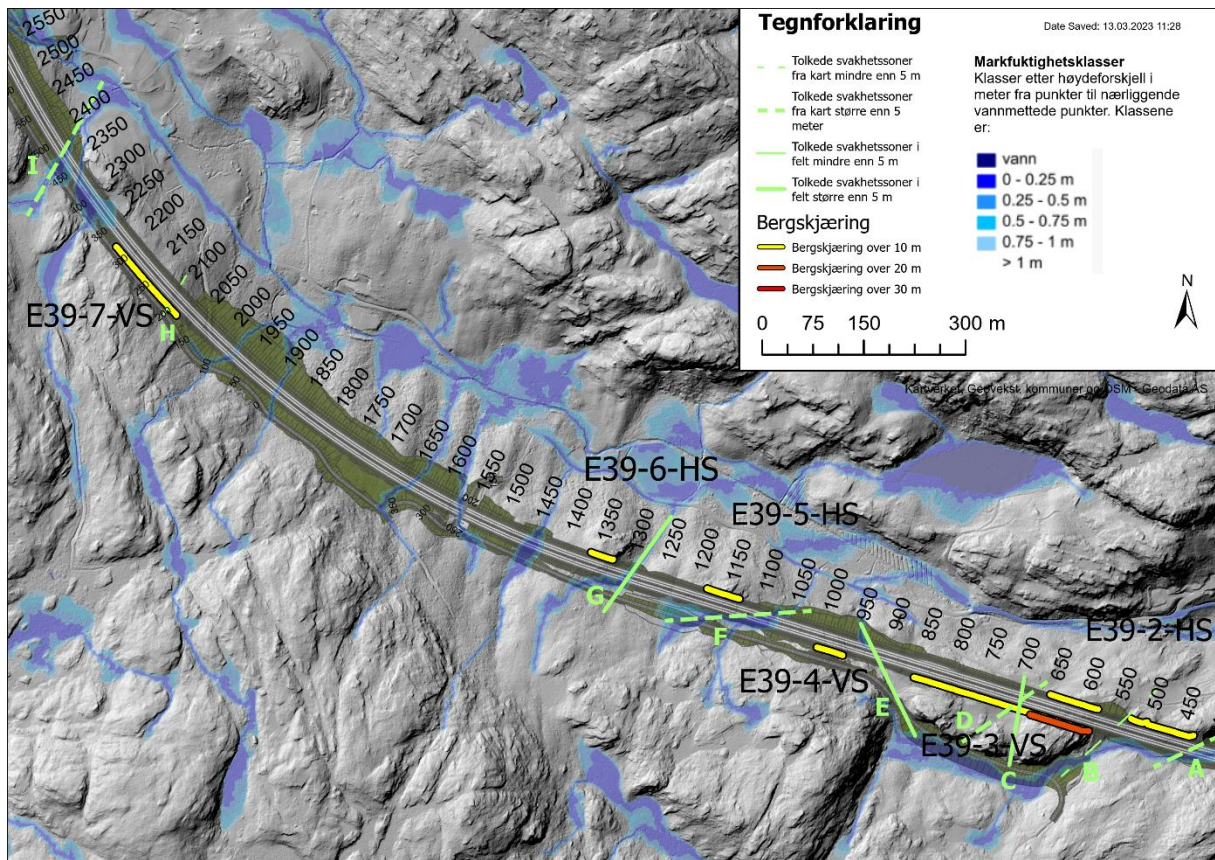


Figur 20: Bergskrent ved ca. profil 450. Bildet er tatt mot nord.

Terrenget i området har også enkelte søkk og kløfter som omtales som lineamenter. Disse lineamentene representerer sannsynligvis svakhetssoner i berggrunnen. Fra profil 400-2400 er det registrert tre lineamenter ved befaring og registrert seks ytterligere lineamenter fra kartgrunnlag, se Figur 21.

Av lineamentene/søkkene som er registrert i felt, krysser lineament C traséen omtrent vinkelrett mellom profil 700-730, se Figur 22. Fallretning/fall er målt til ca. $100^{\circ}/90^{\circ}$, som sammenfaller med sprekkesett 2. Bredden på søkket er ca. 20 meter. Bergskjæringen er i dette området høyere enn 10 meter. Lineament E krysser veien ved ca. profil 920-950 med en vinkel på ca. 45° . Fallretning/fall er målt til ca. $060^{\circ}/90^{\circ}$ og sammenfaller med sprekkesett 3. Det er planlagt fylling i dette området. Tredje lineament/søkk som er registrert i felt er lineament G, som krysser veien ca. vinkelrett mellom profil 1300-1330, hvor veien er planlagt etablert på fylling. Nærliggende skjæringer har høyder lavere enn 10 meter. Lineamentet er et myrsøkk med steilt fall orientert likt som sprekkesett 2.

Fra kartgrunnlag er det registrert at lineament A og I krysser traséen der det er planlagt veifylling, mens lineament B, D, F og H krysser veien der det er planlagt skjæringer.



Figur 21: Oversikt over lineamenter som er kartlagt i felt og fra kartstudie, samt markfuktighet i delområdet «Eikjeland-Høyland».



Figur 22: Søkk med løsmasse mellom profil 700-730.

7.2.5 Vannforhold

Det er flere områder med høy vannmetning som krysser traséen, der det er planlagt bergskjæringer under 10 meter og fyllinger. Det er ikke kartlagt noen vannveier i overkant av bergskjæringene som er over 10 meter høye.

7.2.6 Skredfare

Mellom profil 440-455 er det bratt sideterreng (60-90°) opp til ca. 23 m over veilinjen på høyre side, med fare for steinsprang.

Det er registrert et aktsomhetsområde for jordskred [11] som berører veilinjen mellom profil 1560-1670.

7.3 Tolkingsdel med ingeniørgeologiske vurderinger

7.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Kinematiske analyser for bergskjæringer med skjærings-ID «E39-2-HS», «E39-5-HS» og «E39-6-HS» viser at det er et lite potensial for planutglidninger langs sporadiske sprekker. Det er et potensiale for små kileutglidninger mellom sprekkesett 2 og 3, samt små og store kileutglidninger mellom sprekkesett 2 eller 3 og sporadiske sprekker. Det er også et lite potensial for blokkutveltinger. Bergskjæringer planlegges etablert i henhold til normalprofilen, da det ikke er identifisert at noen av sprekkesettene har ugunstig orientering, som sannsynliggjør behov for alternativ skjæringshelning/utforming.

Kinematiske analyser for bergskjæringer med skjærings-ID «E39-3-VS» og «E39-4-VS» viser at det er stort potensiale for planutglidninger langs sprekkesett 1. Det er også potensiale for mindre kileutglidninger mellom sprekkesett 1 i kombinasjon med et av de steilere sprekkesettene eller mellom sprekkesett 2 eller 3 og sporadiske sprekker. Det er potensiale for store kileutglidninger mellom sporadiske sprekker. Det er lite potensiale for blokkutvelting.

Det er gjort stabilitetsberegninger i RocPlane av potensielle planutglidninger langs sprekkesett 1 i skjæringer «E39-3-VS» og «E39-4-VS». Det er brukt fallretning/fall lik 010°/85° for skjæringsfronten og 006°/38° for avløsningsplanet (gjennomsnittorienteringen til sprekkesett 1), JRC lik 14, JCS lik 99 MPa (80 % av UCS av gneis, båndgneis er ikke oppgitt i [39]) og φ_r (residual friksjonsvinkel) lik 30°. Høyden er satt lik 24 meter, som er maksimal høyde til «E39-3-VS». Det er brukt 30 % vanntrykk med trekantfordeling, da det ikke er noen tydelige vannveier i overkant av skjæringer. SF (sikkerhetsfaktor) beregnes til 2,5. Dersom fallet til skjæringsfronten reduseres til 70°, blir SF lik 2,7. Skjæringer planlegges i henhold til normalprofilen, da normalprofilen gir en sikkerhetsfaktor større enn 1 i stabilitetsberegningen, og det gir lite utslag i SF om fallet til skjæringsfronten reduseres.

Kinematiske analyser for skjæring med skjærings-ID «E39-7-VS» viser at det er potensiale for små planutglidninger langs sprekkesett 3, samt potensiale for store kileutglidninger mellom sprekkesett 1 og 2 og mellom sprekkesett 1 og 3. Det er potensiale for små kiledannelser mellom sprekkesett 2 og 3. Det er lite potensiale for blokkutvelting. Dersom sprekkesett 3 er gjennomsettende må det vurderes om det er hensiktsmessig å utforme skjæringen etter dette sprekkesettet.

Stabilitetsberegninger i Swedge av potensielle kileutglidninger mellom sprekkesett 1/2 og 1/3 i skjæring «E39-7-VS» gir henholdsvis en SF lik 4,17 og 2,75. Inngangsparametere som er brukt i beregningen er JRC lik 14, JCS lik 99 MPa og φ_r lik 30° . Høyden er satt lik 15 meter, som er maksimal høyde til «E39-7-VS». Det er brukt 30 % vanntrykk med trekantfordeling, da det ikke er noen tydelige vannveier i overkant av skjæringen.

7.3.2 Forventet bergsikring

For alle bergskjæringene kan det forventes lokalt omfattende boltesikring, dersom det oppdages store kiler mellom sporadiske sprekker. Dersom det etter avgraving av løsmasser oppdages sprekkeflater som kan gi store kileutglidninger i «E39-2-HS» og «E39-4-VS», som har en maksimal skjæringshøyde på henholdsvis 18 og 24 meter, kan det bli behov for forbolting.

Ved kryssing av lineamenter (antatte svakhetssoner) kan det bli behov for steinsprangnett eller sprøytebetong. Dette gjelder ved kryssing av lineament C, D og H, som krysser bergskjæringene mellom ca. profil 700-730, profil 720-730 og profil 2115-2120. Det forventes ikke at det er behov for ekstra sikringsmidler ved kryssing av lineament B og F ved henholdsvis profil 555-560 og 1150-1160, da skjæringshøyden er lav i disse områdene. Fall til lineament C er målt til 90° . Det antas at de andre lineamentene også har nær vertikalt fall.

Det kan heller ikke utelukkes at det finnes områder der bergmassen har dårligere kvalitet enn det som er observert i dagen, og at disse områdene har behov for økt sikringsomfang. Ellers forventes det et normalt behov for boltesikring i bergskjæringene.

Totalsonderinger viser at i svakhetssone E og F er løsmassetykkelsen mellom 1,1-2,7 meter, og det antas at de andre svakhetssonene har like mye eller større løsmassemektighet. Langs bergskjæringene, der det er registrert morenemasser, viser totalsonderinger at løsmassetykkelsen varierer mellom 1,3-5 meter ved «E39-2-HS» og «E39-3-HS». I felt ble det registrert jevnt med bergblotninger ved planlagte bergskjæringer, og det antas at løsmassetykkelsen er mellom null til noen få meter. Da terrenget i overkant av bergskjæringene er tilnærmet flatt eller har slak stigning, forventes det at løsmasser og vegetasjon på skjæringstopp, kan håndteres ved å følge kravene gitt i delkapittel 4.7.8. Det kan bli behov for permanent støttekonstruksjon i lokale søkk, dersom det viser seg å være mye løsmasser.

Mellom profil 440-455 er skjæringshøyden ca. 5 meter, men det er bratt sideterreng/bergskrent (60-90°) opp til ca. 23 m over veilinjén. Dette området må renskes og eventuelt boltesikres.

Totalt bergskjæringsareal er beregnet til ca. 10700 m². Ut fra arealet og bergmassekarakteristikken estimeres det grovt et behov for ca. 850 sikringsbolter og 2100 m² steinsprangnett, hvor noe monteres som isnett i skjæringer nedstrøms myrområdene. Det kan bli aktuelt med sprøytebetong ved spesielt dårlig bergmasse i skjæringene, og det estimeres grovt behov for 30 m² sprøytebetong.

7.3.3 Sprengning og uttaksmetode

Det planlegges at bergguttak kan utføres i henhold til beskrivelsene i delkapittel 4.5.

7.3.4 Vannforhold

Enkelte skjæringer under 10 meter etableres nedstrøms for myrområder. Det kan bli behov for å installere isnett og etablere nisje i skjæringene for å lede ned vannet. Mellom profil 1150-1320 og 1520-1570 kommer skjæringer i direkte kontakt med myrområder, og fare for utdrenering vil være høy.

7.3.5 Skredfare

Steinsprangfare mellom profil 440-455: se kap. 7.3.2.

Hentet fra skredrapport [1]:

«Jordskred mellom profil 1560-1670: Tett vegetert, lite vann, store steinblokker. Akseptabel risiko.»

7.3.6 Omgivelser

Ved Eikjeland krysser veilinjén en boligtomt i tillegg til å ligge mellom 80-90 meter og omtrent 180 meter fra to andre boliger. Bebyggelsene har nærliggende bergskråninger slik at det i anleggsfasen kan oppstå spørsmål om skredfare i forbindelse med sprengningsarbeidene. Lenger NV for bergskjæringer som ligger parallelt Høylandsheia er korteste avstand til nærliggende bebyggelse rundt 100 meter. Anbefalingene i delkapittel 4.8 bør følges for alle de nevnte tilfellene.

Det er flere kulturminner i og langs traséen [25]. Disse er ligger omtrent ved profil 430, 470, 2150 og 2300. Det er ikke registrert noen naturtyper med høy verdi i nærheten [21].

7.3.7 Usikkerheter

Det er knyttet usikkerhet til løsmassemektighet i myrområder mellom profil 1150-1320 og 1520-1570, som vil være utsatt for utdrenering ved kontakt med vei.

8 Lyngåsen

8.1 Innledning

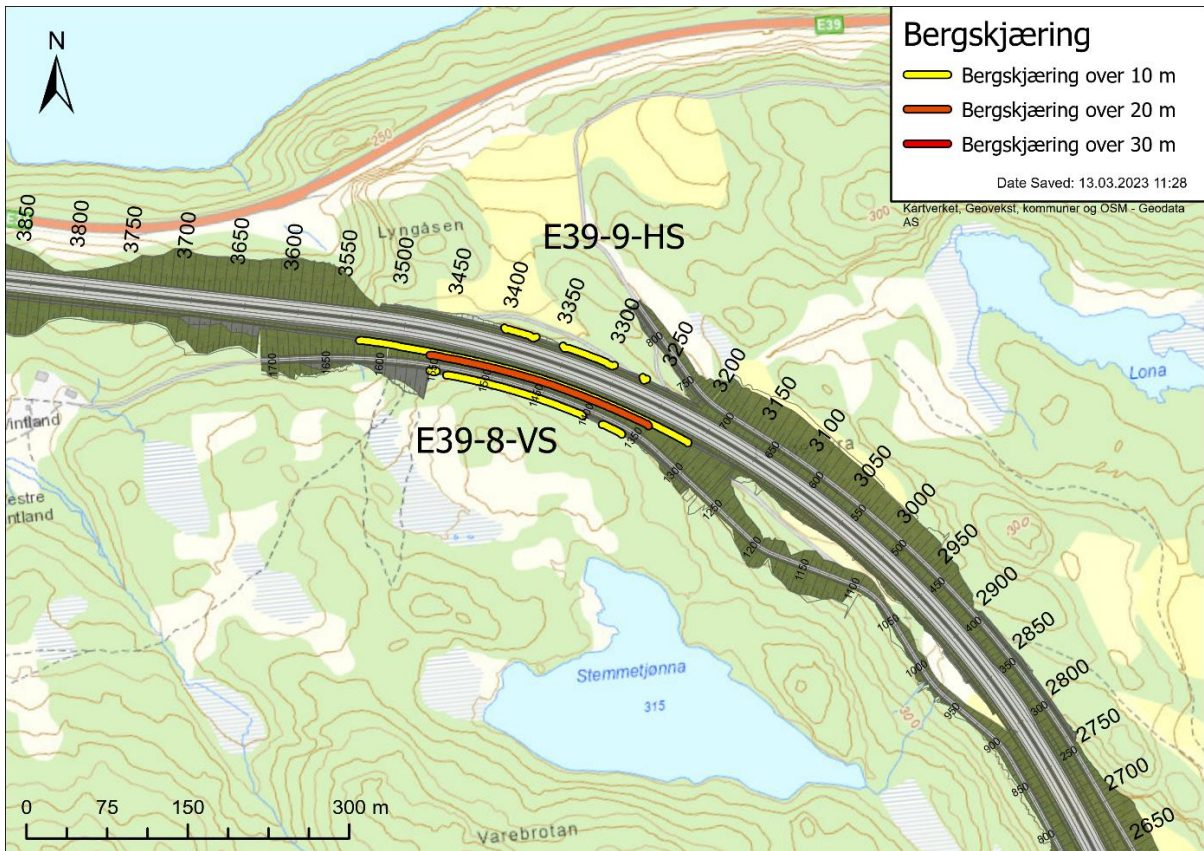
Ved Lyngåsen nærmer planlagt E39 seg eksisterende E39 sør for Iddelandsvatnet, og det er her planlagt dobbeltsidige bergskjæringer over 10 meter. Tabell 14, Figur 23 og Figur 24 viser bergskjæringer i geoteknisk kategori 3 i delområdet. Tabell 15 gir en oversikt over bergskjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2.

Tabell 14: Strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 3 ved delområdet Lyngåsen.

SkjæringsID	Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Tegningsnr./ kommentar
	Fra	Til				
E39-8-VS	3210	3540	V	330	20	V3103 Tilførselsvei Vintland
	1365	1390	V	25	11	
	1405	1560	V	155	16	
E39-9-HS	3270	3280	H	10	11	V3103
	3300	3355	H	55	11	
	3380	3410	H	30	11	

Tabell 15: Strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2 ved delområdet Lyngåsen.

Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Kommentar
Fra	Til				
3165	3210	V	45	<10	
3540	3890	V	350	<10	
1285	1365	V	80	<10	Tilførselsvei Vintland
1390	1405	V	15	<10	Tilførselsvei Vintland
3220	3270	H	50	<10	
3280	3300	H	20	<10	
3355	3380	H	25	<10	
3410	3525	H	115	<10	
730	840	V	110	<10	Tilførselsvei Høyland



Figur 23: Oversikt over bergskjæringer i geoteknisk kategori 3 ved delområdet Lyngåsen.



Figur 24: Utklipp fra innsynsmodellen som viser planlagte bergskjæringer ved Lyngåsen. Utsnittet er tatt i retning vest (stigende profilnummer).

8.2 Faktadel

8.2.1 Topografi

Delområdet ligger i en dalside med fall mot Iddelandsvatnet og eksisterende E39. Veistrekket vil for det meste ha fylling på veiens nordøst- og nordside og kutte inn i dalsiden på sørvest-sørsiden. Mellom profilnummer 3220 og 3530 blir det bergskjæringer på begge sider av veien. På venstre side av veien vil bergskjæring «E39-8-VS» bestå av to paller før det deretter kommer en hylle som er ca. 13-14 meter bred, der det skal gå en tilførselsvei til Vintland. Den siste pallen sør for tilførselsveien er 16 meter på det høyeste.

I overkant av bergskjæringen på venstre side stiger terrenget videre oppover i ca. 14 høydemeter med en helning som hovedsakelig ligger mellom 10-25°.

8.2.2 Løsmasser

Veistrekket ligger ifølge NGU i et område dekket med morenemateriale med tykkelse mindre enn 0,5 meter [17]. I felt er det observert morenemasser av ukjent mektighet med spredte bergblotninger i området der skjæringen over 10 meter er planlagt.

8.2.3 Grunnundersøkelser

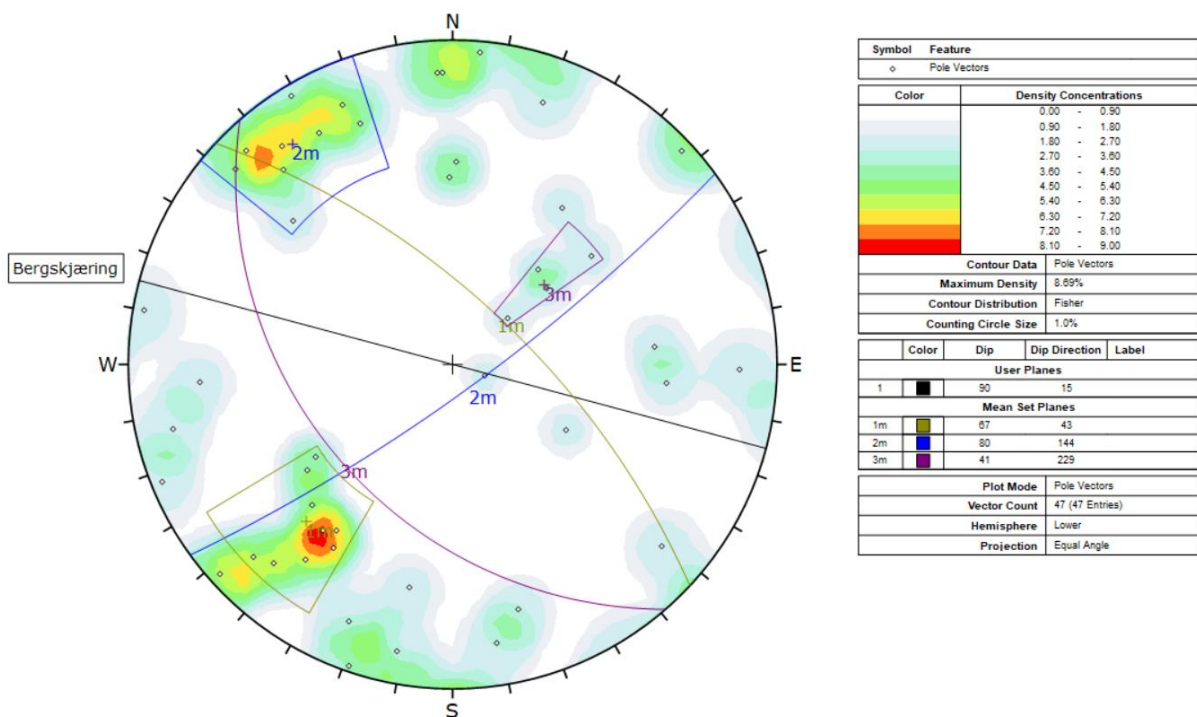
Det er utført to totalsonderinger ved ca. profil 3485, som viser løsmassedybde på 0,4 meter ved toppkant skjæring «E39-9-HS». Det er ikke gjort noen totalsonderinger ved toppkant skjæring «E39-8-VS», men det er utført flere totalsonderinger der veilinjen skal gå på fylling. Løsmassemektingen varierer da mellom 3,3-7 meter.

8.2.4 Berggrunn og oppsprekking

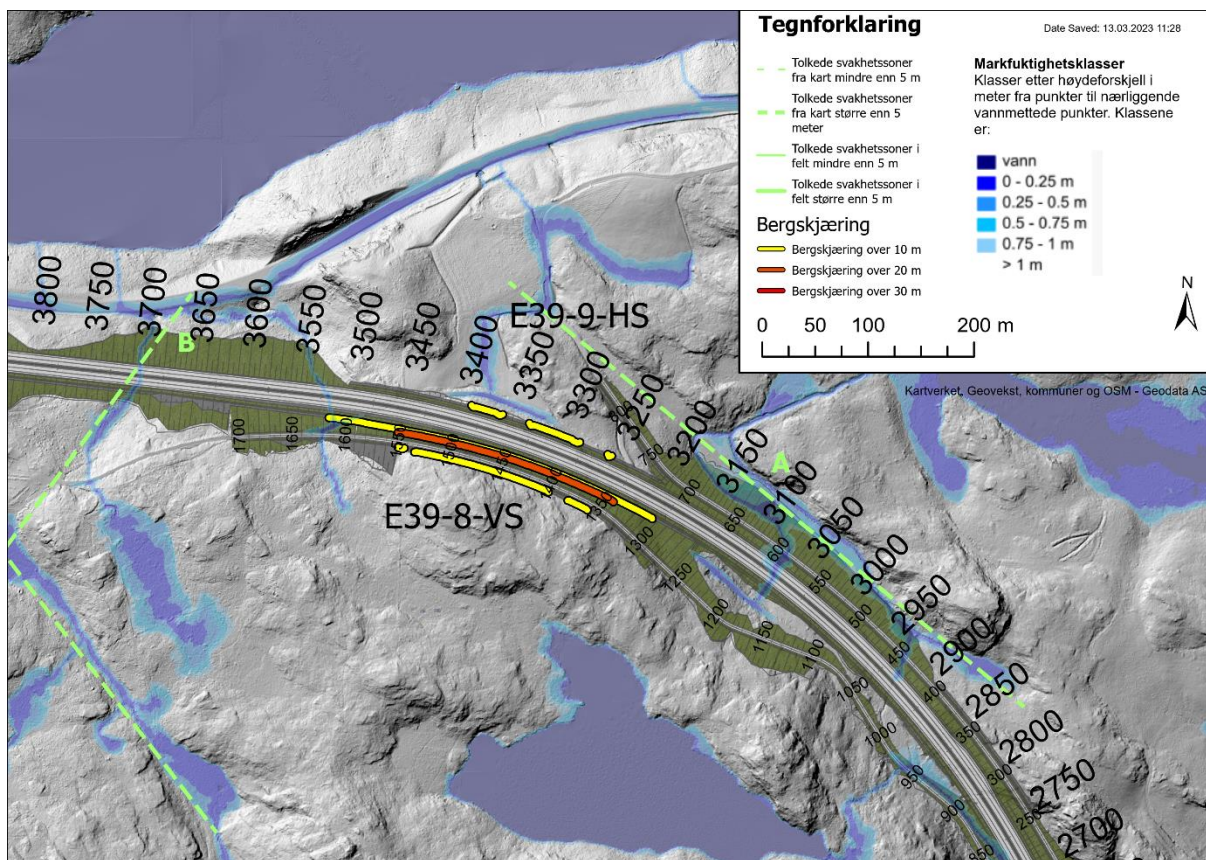
Ifølge NGUs berggrunnskart (1:250 000) [18] består området av båndgneis til omtrent profilnummer 3500 hvor det går en bergartsgrense til granodioritt. Observasjoner i felt viser at hoveddelen av bergskjæring med høyde over 10 meter vil ligge i et område med båndgneis. Bergmassen i området fremstår som lite forvitret, der det er registrert to steile gjennomsettende sprekkesett og ett mindre tydelig sprekkesett som utgjør foliasjonen i området. Tabell 16 og Figur 25 gir en beskrivelse av de ulike sprekkesettene.

Tabell 16: Registrerte sprekkesett ved delområdet Lyngåsen.

Sprekkesett	Fallretning/fall	Kommentar
1m	$043^{\circ} \pm 10^{\circ} / 67^{\circ} \pm 10^{\circ}$	0,5-2 meter sprekkeavstand. Ru og plane subvertikale sprekkeoverflater uten belegg.
2m	$144^{\circ} \pm 10^{\circ} / 80^{\circ} \pm 10^{\circ}$	0,5-2 meter sprekkeavstand. Ru og plane til undulerende sprekkeoverflater uten sprekkebelegg.
3m	$229^{\circ} \pm 10^{\circ} / 41^{\circ} \pm 10^{\circ}$	Foliasjonsplan med sprekkeavstand 0,5-1 meter. Lite gjennomsettende sprekker som er ru og undulerende.



Figur 25: Sprekkemålinger som er registrert i polplott ved delområdet Lyngåsen. Linjen gjennom sentrum representerer orienteringen av bergskjæringen.



Figur 26: Oversikt over lineamenter som er kartlagt i felt og fra kartstudie, samt markfuktighet i delområdet Lyngåsen.

Det er ikke kartlagt noen lineamenter/søkk som krysser bergskjæringene over 10 meter. Lineament A ligger ca. 100 meter fra traséen på det nærmeste, se Figur 26. Lineament B krysser traséen mellom ca. profil 3710-3730, der det er planlagt bergskjæring under 10 meter.

8.2.5 Vannforhold

Det er ingen vannveier i overkant av bergskjæringene som er over 10 meter, ifølge NIBIOs markfuktighetskart [38]. I delområdet der det er skjæringer under 10 meter kommer det en mindre bekk ned ved profil 3550.

8.2.6 Skredfare

Det er ingen skredmodelleringer [1] og/eller aktsomhetssoner for skred [11] som berører veilinja i delområdet.

I felt er det observert bratt sideterreng (30-45°) med enkelte bergskrenter mellom profil 3390-3460 i opp til ca. 10 høydemeter fra toppkant skjæring «E39-8-VS», der det kan være fare for steinsprang.

8.3 Tolkingsdel med ingeniørgeologiske vurderinger

8.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Kinematiske analyser av bergskjæring med skjærings-ID «E39-9-HS» har et lite potensial for planutglidninger langs sporadiske sprekker. Det er potensiale for mindre kileutglidninger mellom sprekkesett 2 og 3 og mellom sporadiske sprekker. Det er ikke potensiale for blokkutvelting. Bergskjæringen planlegges i henhold til normalprofilen.

Kinematiske analyser av bergskjæring med skjærings-ID «E39-8-VS» viser et lavt potensial for planutglidninger langs sprekkesett 1 og sporadiske sprekker. Det er potensiale for mindre kiledannelser mellom sprekkesett 1 og 2 og store kiler mellom sprekkesett 1 og sporadiske sprekker. Blokkutvelting er en lite aktuell mekanisme i skjæringen, men kan forekomme med sprekkesett 1 som baseplan og sprekkesett 2 og 3 som avløsningsplan. Bergskjæringen planlegges i henhold til normalprofilen.

8.3.2 Forventet bergsikring

Det kan forventes lokalt omfattende boltesikring og forbolting, dersom det oppdages store kiler mellom sprekkesett 1 og sporadiske sprekker i «E39-8-VS» etter avgraving av løsmasser, da skjæringen har en maksimal høyde på 19 meter, og bergskjæringen tilhørende tilførselsveien har en maksimal høyde på 16 meter. Det kan ikke utelukkes at det finnes områder der bergmassen har dårligere kvalitet enn det som er observert i dagen, og at disse områdene har behov for økt sikringsomfang som steinsprangnett eller sprøytebetong. Ellers forventes det et normalt behov for boltesikring i bergskjæringene.

Ved bergskjæring «E39-9-HS» er terrenget flatt eller heller i motsatt retning av fallretning til bergskjæring ved toppkant skjæring. Det er registrert 0,4 meter løsmasser ved profil 3485, og det antas at det er mellom null til noen få meter med løsmasser på resterende deler av toppkant skjæring. Det antas derfor at løsmasser ved prosjektert skjæringstopp kan håndteres ved å følge kravene i delkapittel 4.7.8. Ved eventuelle søkk med mye løsmasser, kan det bli aktuelt med permanent støttekonstruksjon.

Ved «E39-8-VS» er det derimot områder med helning 10-25° ved toppkant skjæring. Det er også uvisst hvor mye løsmasser som er ved skjæringstopp, da det ikke er utført totalsonderinger ved toppkant skjæring. I felt ble det registrert jevnt med bergblotninger mellom ca. profil 3200-3270 og 3380-3480, men ingen mellom 3270-3380. Det antas at løsmassemengden ved toppkant skjæring varierer fra 0 til noen få meter. Løsmasser på prosjektert skjæringstopp sikres i henhold til kravene gitt i 4.7.8. Løsmasseskråningene ved toppkant skjæring kan potensielt bli store, spesielt der bergskjæringen er under 10 meter mellom profil 3540-3890 venstre side. Det kan eventuelt lages permanente støttekonstruksjoner.

Det er ikke kartlagt lineamenter (antatte svakhetssoner) som krysser bergskjæringer over 10 meter. Der svakhetssone B krysser bergskjæringen mellom ca. profil 3710-3730, er den planlagte høyden på ca. 1 meter, og det vil derfor ikke være behov for ekstra sikringsmidler ved kryssing av svakhetssonen. Fall til svakhetssone antas vertikalt.

Totalt skjæringsareal er beregnet til ca. 9100 m². Ut fra arealet og bergmassekarakteristikken estimeres det grovt et behov for ca. 700 sikringsbolter og 1900 m² steinsprangnett, hvor noe monteres som isnett mellom profil 2850 og 3550.

8.3.3 Sprengning og uttaksmetode

Det planlegges at berguttak kan utføres i henhold til beskrivelsene i delkapittel 4.5.

8.3.4 Vannforhold

Da det ikke er noen tydelige vannveier i overkant av bergskjæringene over 10 meter, antas det at rennende vann i bergskjæringene ikke vil være en utfordring her. I en bergskjæring under 10 meter ved profil 3550 kan det bli behov for isnett eller nedføringsrenne. Det er ingen myrområder som kommer i direkte kontakt eller er i nærheten av bergskjæringer.

8.3.5 Skredfare

Det er ingen skredmodelleringer [1] og/eller aktsomhetssoner for skred [11] som berører veilinjens i delområdet.

Steinsprangfare mellom profil 3390-3430: se kap. 8.3.2.

8.3.6 Omgivelser

Det er eksisterende bygninger nærmere enn 200 m til sprengningsstedene, og anbefalingene i kap. 4.8 bør følges. Mellom profil 2850-2950 er det registrert et kulturminne [25]. Det er ikke registrert noen naturtyper med høy verdi i delområdet [21].

8.3.7 Usikkerheter

Det er knyttet usikkerhet til løsmassemekting ved toppkant av bergskjæringer, og om det blir behov for støttekonstruksjoner.

9 Vintland

9.1 Innledning

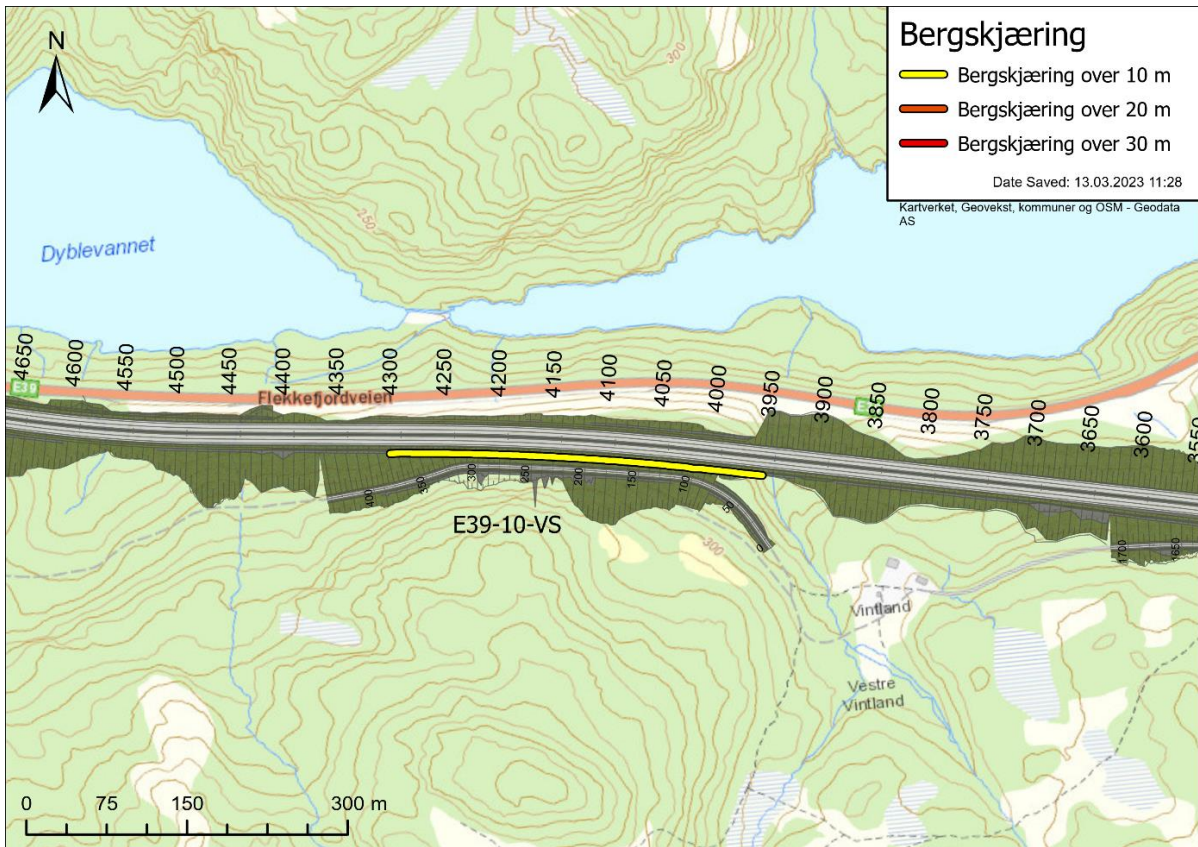
Ved Vintland er veitraséen for ny E39 planlagt parallelt noen meter sør for eksisterende vei. På veiens sørside skal det etableres bergskjæringer, mens det på nordsiden vil være fyllinger ned mot Iddelands- og Dyblevannet, samt en bergskjæring med høyde mindre enn 10 meter. Tabell 17, Figur 27 og Figur 28 viser bergskjæring i geoteknisk kategori 3 i delområdet. Tabell 18 gir en oversikt over bergskjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2.

Tabell 17 Strekninger med bergskjæring i geoteknisk kategori 3 i delområdet Vintland.

SkjæringsID	Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Tegningsnr./ kommentar
	Fra	Til				
E39-10-VS	3960	4310	V	350	20	V3104 Bratt sideterreng (30-45° med enkelte bergskreanter) mellom profil 4100-4310 i opp til ca. 40 høydemeter fra toppkant skjæring.
	210	300	V	90	14	Tilførselsvei Vintland vest

Tabell 18: Strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2 i delområdet Vintland.

Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Kommentar
Fra	Til				
3925	3960	V	35	<10	
4310	4530	V	220	<10	
3970	4125	H	155	<10	
4170	4185	H	15	<10	
0	80	H	80	<10	Tilførselsvei Vintland vest
10	80	V	70	<10	Tilførselsvei Vintland vest
120	210	V	90	<10	Tilførselsvei Vintland vest
300	395	V	95	<10	Tilførselsvei Vintland vest



Figur 27: Oversikt over bergskjæring i geoteknisk kategori 3 ved Vintland.



Figur 28: Utlipp fra innsynsmodellen som viser planlagt bergskjæring ved Vintland. Utsnittet er tatt i retning sørvest (stigende profilnummer).

9.2 Faktadel

9.2.1 Topografi

Ved Vintland ligger traséen parallelt med en dalside som hovedsakelig har en helning mellom 10-45° mot nord. Etter 2 paller (ca. 20 høydemeter) er det planlagt en hylle som er ca. 13-14 meter bred, der det skal gå en tilførselsvei til Vintland. Den siste pallen sør for tilførselsveien er 14 meter på det høyeste. Fra skjæringstopp stiger terrenget ca. 40 høydemeter, før terrenget begynner å slake ut. Det er enkelte bergskrenter som er 5-10 meter høye.

9.2.2 Løsmasser

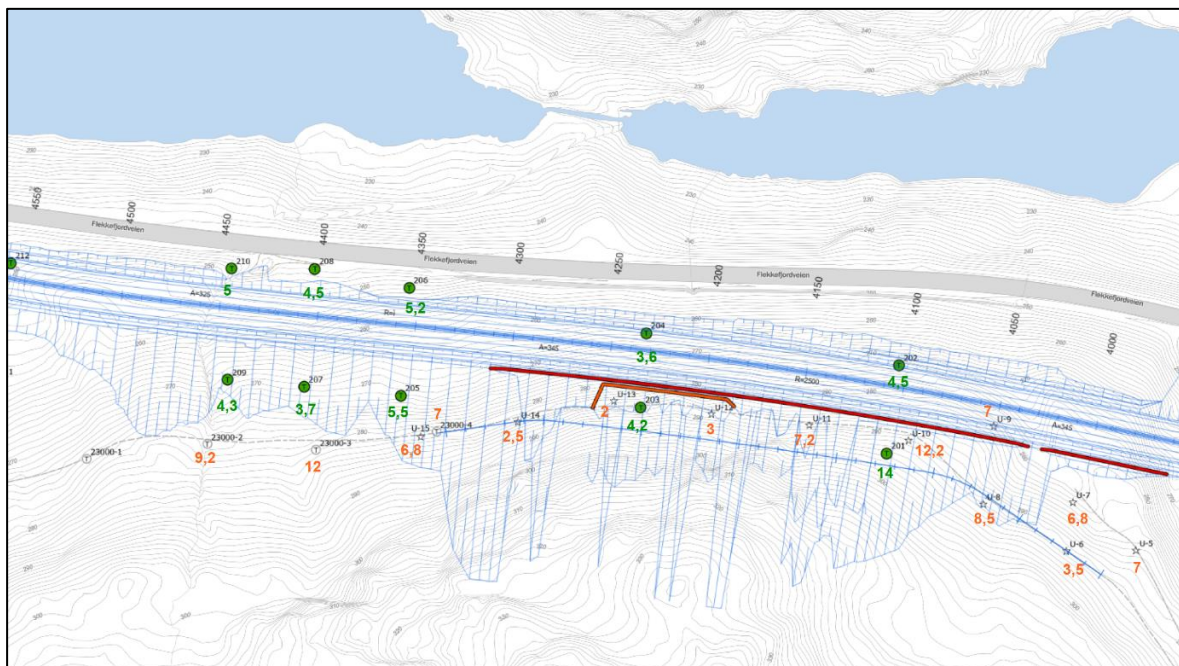
Løsmassekart fra NGU [17] indikerer at traséen i delområdet består av tynt eller usammenhengende dekke av morenemateriale, mens det lenger oppe i dalsiden går over til tynt humus eller torvdekke. I felt ble det registrert morenemasser mellom profil 3970-4300, se Figur 29. Det ble ikke registrert noen bergblotninger der bergskjæring over 10 meter er planlagt, men det ble registrert spredte bergskrenter/bergblotninger ca. 5-20 meter i overkant av toppkant skjæring.



Figur 29: Skråning med morenemasser der veitraséen er planlagt. Bildet er tatt mot øst ved profil 4170.

9.2.3 Grunnundersøkelser

Ved toppkant eller i overkant bergskjæring «E39-10-VS» er det gjort flere totalsonderboringer som viser at løsmassetykkelsen er mellom 7 og 14 meter mellom profil 3960-4100, og mellom 2-7,2 meter mellom profil 4100-4300. Fra profil 4300-4530 er løsmassetykkelsen mellom 3,7-12 meter ifølge totalsonderingene. Se Figur 30 for plassering av utførte boringer.



Figur 30: Totalsonderinger ved Vintland. Tallverdiene er dybde i meter til berg. Grønne tall er borer som er gjort i forbindelse med dette prosjektet, mens oransje verdier er hentet fra NADAGs database [40].

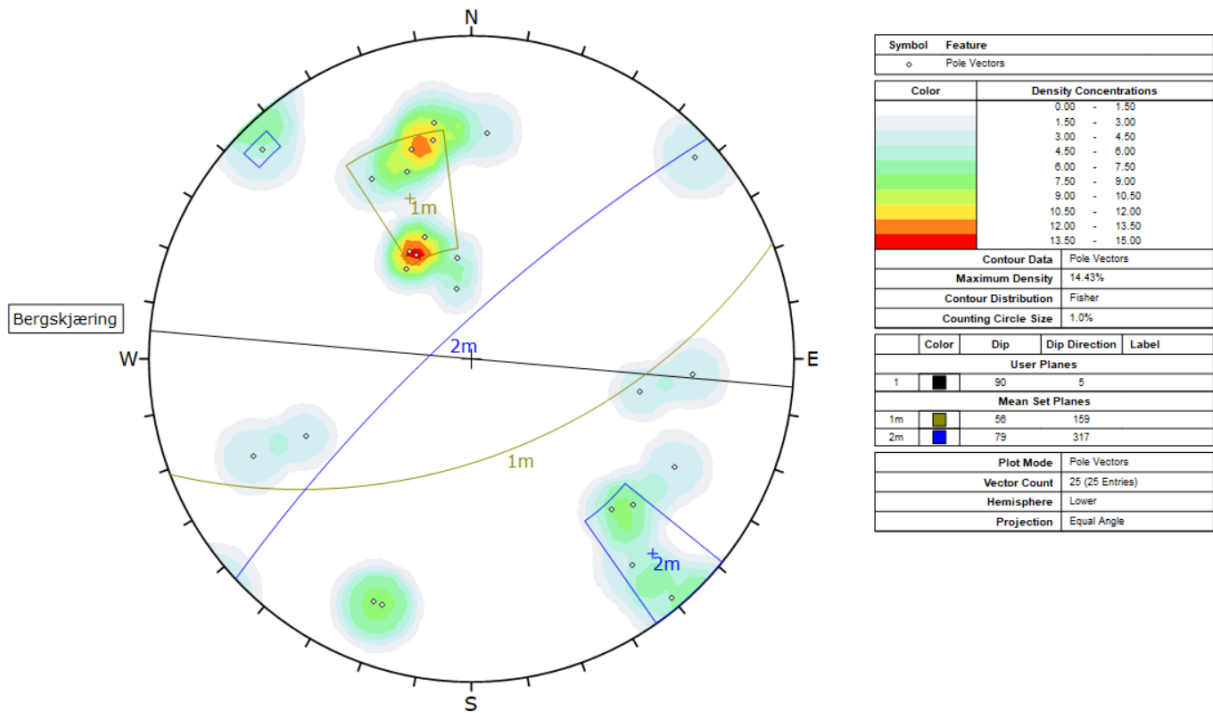
9.2.4 Berggrunn og oppsprekking

I henhold til NGU sitt berggrunnskart (1:250 000) består området av biotittgneis i båndning med lys gneis og middels- til grovkornet granodioritt [18]. På befaring ble det registrert sprekke målinger i bergskrentene i overkant av toppkant skjæring over 10 meter.

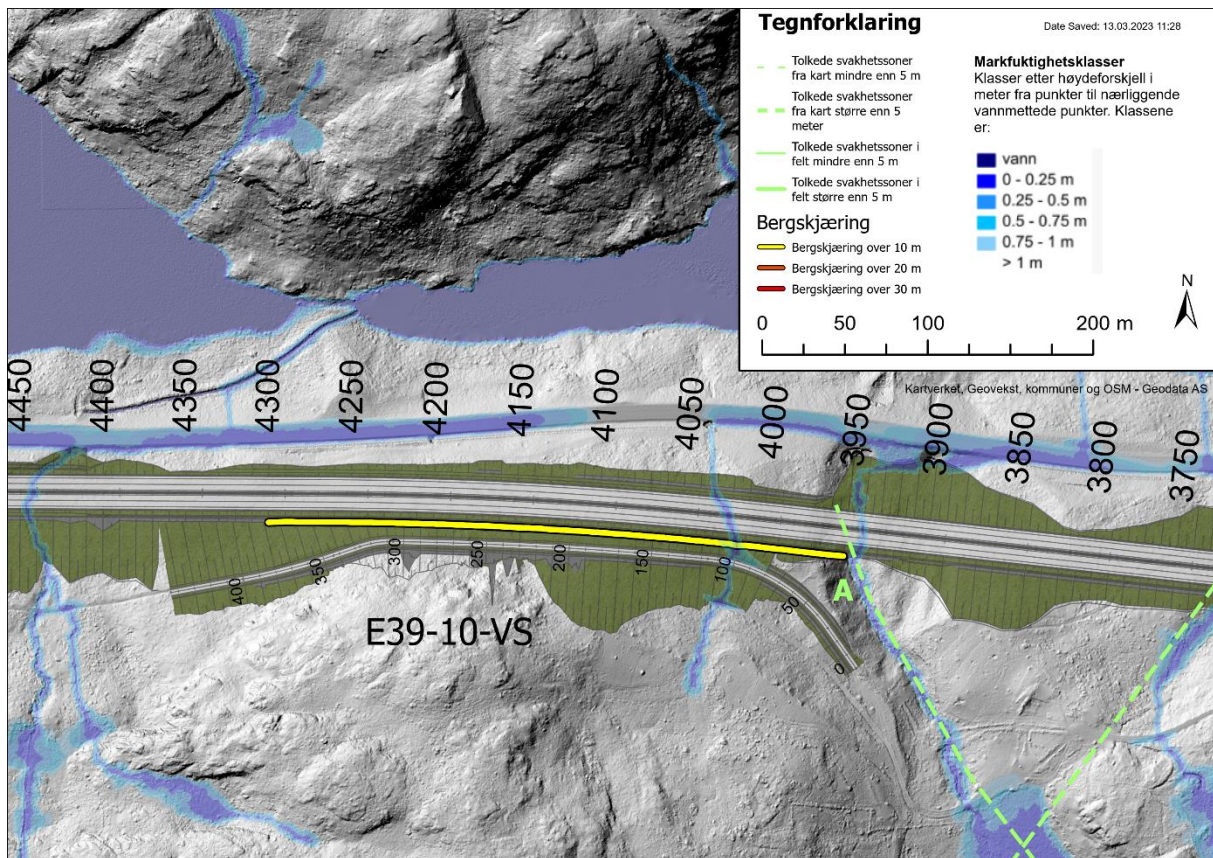
Bergmassen fremstår som massiv båndgneis med to sprekkesett. Tabell 19 gir en beskrivelse av registrerte sprekkesett, mens polplott av målingene er vist i Figur 31.

Tabell 19: Registrerte sprekkesett ved Vintland.

Sprekkesett	Fallretning/fall	Kommentar
1m	$159^{\circ} \pm 10^{\circ} / 56^{\circ} \pm 10^{\circ}$	Foliasjon. 0,2-0,5 m sprekkeavstand. Lite gjennomsettende, ru og udulerende sprekkeoverflater. Uten sprekkebelegg.
2m	$317^{\circ} \pm 10^{\circ} / 79^{\circ} \pm 10^{\circ}$	0,1-1 meter sprekkeavstand. Lite gjennomsettende, ru og undulerende sprekkeoverflater. Uten sprekkebelegg.



Figur 31: Sprekkemålinger som er registrert i polplott ved Vintland. Linjen gjennom sentrum representerer orienteringen av bergskjæringen.



Figur 32: Oversikt over lineamenter som er kartlagt i felt og fra kartstudie, samt markfuktighet i delområdet Vintland.

Det er ikke kartlagt noen lineamenter/søkk som krysser bergskjæringen over 10 meter. Lineament A krysser ved ca. profil 3940-3955, der det er planlagt bergskjæring under 10 meter, se Figur 32.

9.2.5 Vannforhold

Det er én vannvei i overkant av bergskjæringen som er over 10 meter ifølge NIBIOS markfuktighetskart [38]. Denne renner i et søkk i terrenget og krysser traséen mellom profil 4020-4030. Bergskjæringen er i dette området rundt 10 meter. Det er også to bekker som krysser traséen der skjæringen er under 10 meter, ved henholdsvis profil 3955 og 4450.

9.2.6 Skredfare

Veilinja ligger i et løsnemråde for snøskred mellom profil 4100-4320 ifølge aktsomhetskart for skred [11]. Det er også bratt sideterreng (30-45° med bergskrenter som er brattere) mellom profil 4100-4320 i opp til ca. 40 høydemeter fra toppkant skjæring. Det er observert avløste blokker.

Mellom profil 3950-4825 skal det etableres en stor løsmasseskråning, som nylig er avskoget, med helning opp mot 30°. Området er ikke dekket av aktsomhetskart for jordskred.

9.3 Tolkningsdel med ingeniørgeologiske vurderinger

9.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Kinematiske analyser av bergskjæring med skjærings-ID «E39-10-VS» viser at det kun er potensiale for planutglidninger langs sporadiske sprekker, og at det er et lite potensial for små og store kileutglidninger mellom sporadiske sprekker og sprekkesett 2. Analysen viser ikke potensiale for blokkutvelting. I utgangspunktet planlegges skjæringen etablert i henhold til normalprofilen.

9.3.2 Forventet bergsikring

Det forventes normalt behov for boltesikring, dersom det ikke oppdages store strukturer som er en fare for totalstabiliteten. I tilfellet totalstabilitetsproblemer oppdages etter rensk av løsmasser, kan også forbolting før sprengning bli aktuelt. Det kan ikke utelukkes at det finnes områder der bergmassen har dårligere kvalitet enn det som er observert i dagen, og at disse områdene har behov for økt sikringsomfang som steinsprangnett eller sprøytebetong.

Det vil også være behov for å sikre det bratte sideterrenget i overkant av bergskjæringen mellom ca. profil 4100-4320 i ca. 40 høydemeter fra toppkant skjæring, da det ble observert store avløste blokker i felt. Disse må sikres før arbeid nedenfor påbegynner. Frigravd bergside må også vurderes for steinsprang.

Mellom profil 3960-4100 og 4300-4530 viser totalsonderinger at løsmassetykkelsen er henholdsvis mellom 7-14 meter og 3,7-12 meter. Løsmasser på prosjektert skjæringstopp sikres i henhold til kravene gitt i delkapittel 4.7.8. Man kan risikere løsmasseskråninger som strekker seg opptil 40-100 meter oppover i skråningen i overkant av toppkant skjæring, for å oppnå 1:2 helning. Hvis skråningsutslaget skal reduseres må det vurderes om det er mulig med permanente støttekonstruksjoner. Mellom profil 4100-4300 er det registrert 2-7,2 meter løsmasser. Her kan det forventes at løsmasser må renskes helt bort i opptil 50-70 meter fra toppkant bergskjæring og oppover i sideterrenget. Også her må det vurderes om permanente støttekonstruksjoner er mulig dersom det oppdages søkk med løsmasser.

Det er ikke kartlagt noen lineamenter (antatte svakhetssoner) som krysser bergskjæringen over 10 meter. Der lineament A krysser bergskjæringen mellom ca. profil 3940-3955, er den planlagte høyden på ca. 3 meter, og fallet til svakhetssonen antas vertikalt. Det antas derfor ikke som behov for ekstra sikringsmidler ved kryssing av svakhetssonen.

Totalt skjæringsareal er beregnet til ca. 5700 m². Ut fra arealet og bergmassekarakteristikken estimeres det grovt et behov for ca. 400 sikringsbolter og 800 m² steinsprangnett, hvorav noe vil kunne monteres som isnett i områdene hvor bekkene krysser bergskjæringene.

9.3.3 Sprengning og uttaksmetode

Det planlegges at berguttak kan utføres i henhold til beskrivelsene i delkapittel 4.5.

9.3.4 Vannforhold

Det er én vannvei i overkant av bergskjæringen som er over 10 meter ifølge NIBIOS markfuktighetskart [38]. Denne renner i et søkk i terrenget og krysser traséen mellom profil 4020-4030. Bergskjæringen er i dette området rundt 10 meter. Det er også to bekker som krysser traséen der bergskjæringen er under 10 meter, ved henholdsvis profil 3955 og 4450. Det må vurderes behov for isnett eller nedføringsrenne i disse områdene. Det er ingen myrområder som kommer i direkte kontakt eller er i nærheten av bergskjæringer.

9.3.5 Skredfare

Steinsprangfare mellom profil 4100-4320: se kap. 9.3.2.

Hentet fra skredrapport [1]:

“Snøskredfare mellom profil 4100-4320: Overliggende terreng skal graves av og/eller etableres med stabil skråning. Dersom den avgravde bergoverflaten heller mer enn 27° må snøskredfare vurderes etter avgraving. Løsmasseskråninger må etableres med helning under 27°. Det kan bli aktuelt med enkelte støtteforebygninger dersom endelig terreng blir bratt. Tiltak må utføres for å oppnå akseptabel risiko/må vurderes i anleggsfasen.”

«Stor løsmasseskråning. Nylig avskoget, helning opp mot 30°, skal etableres store løsmasseskråninger. Tiltak som støttemurer, plastring av dreneringsløp, utslaking av helning, gode kulverter i deler eller hele området. Tiltak må utføres for å oppnå akseptabel risiko»

9.3.6 Omgivelser

Det er eksisterende bygninger nærmere enn 200 m til sprengningsstedene, og anbefalingene i kap. 4.8 bør følges. I skråningen, ca. 25-40 meter sør for traséen mellom ca. profil 3820-4100, er det registrert kulturminner [25]. Det er ikke registrert noen naturtyper med høy verdi i nærheten [21].

9.3.7 Usikkerheter

Det er utført totalsonderboringer ved toppkant skjæring som gir en indikasjon på løsmassemektighet, men det er fortsatt usikkert hvor stort skråningsutslaget vil bli oppover i skråningen.

10 Nord for Drangslund

10.1 Innledning

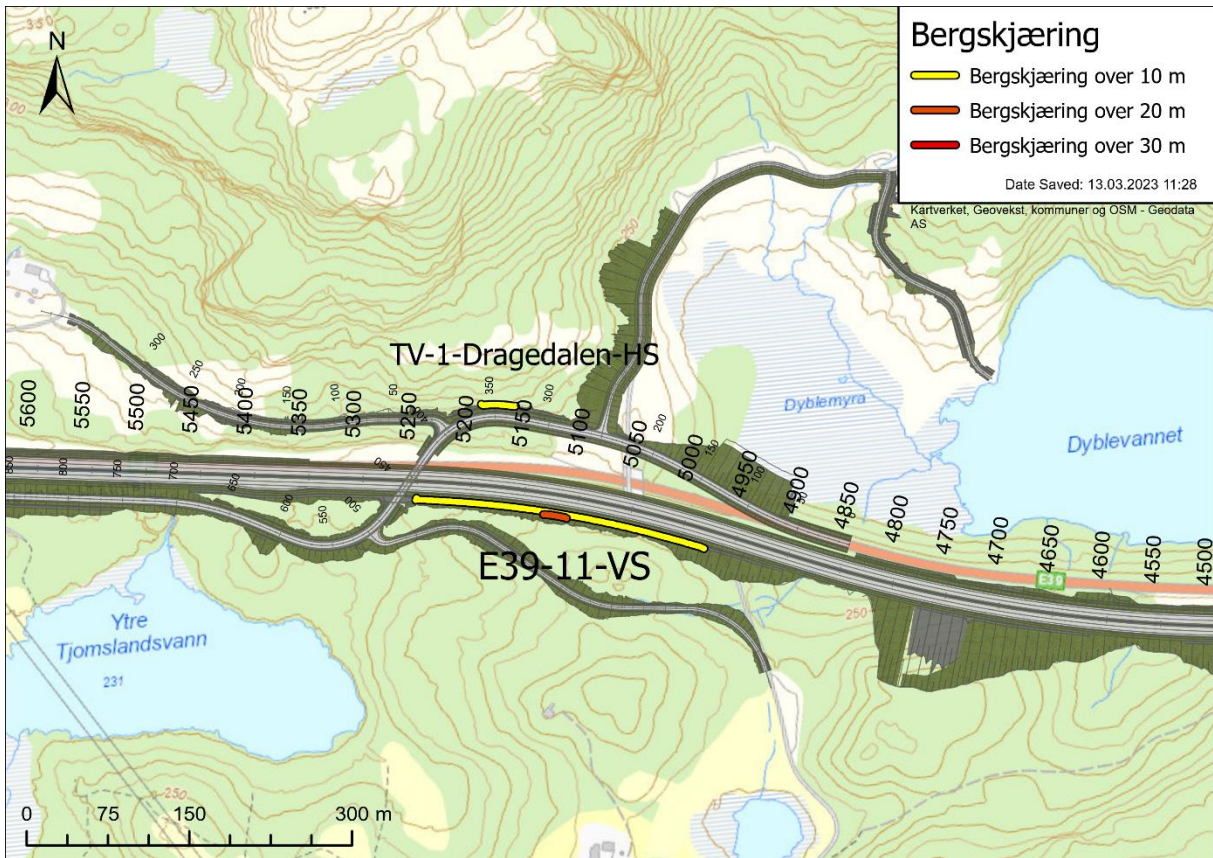
Nord for Drangslund går ny E39 parallelt med eksisterende vei. Venstre side av veien består hovedsakelig av bergskjæringer over og under 10 meter samt noe fylling, mens høyre side av veien hovedsakelig består av fyllinger. Nord for hovedveien planlegges det bergskjæringer langs tilførselsvei til Dragedalen, der deler av den ene bergskjæringen blir over 10 meter høy. Tabell 20, Figur 33 og Figur 34 gir en oversikt over bergskjæringer i geoteknisk kategori 3, mens Tabell 21 gir en oversikt over bergskjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2.

Tabell 20: Strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 3 nord for Drangslund.

SkjæringsID	Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Tegningsnr./ kommentar
	Fra	Til				
E39-11-VS	4975	5250	V	275	20	V3105
TV-1- Dragedalen- HS	330	360	H	30	15	V3105

Tabell 21 Strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2 nord for Drangslund.

Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Kommentar
Fra	Til				
4615	4780	V	165	<10	
4680	4705	H	25	<10	
4900	4975	V	75	<10	
5250	5460	V	210	<10	
0	300	H	300	<10	Tilførselsvei Solefjellstien
285	330	H	45	<10	Tilførselsvei Dragedalen
360	390	H	30	<10	Tilførselsvei Dragedalen
610	620	V	10	<10	Tilførselsvei Dragedalen
760	920	V	160	<10	Tilførselsvei Dragedalen



Figur 33: Oversikt over skjæring nord for Drangslund.



Figur 34: Utklipp fra innsynsmodellen som viser planlagte bergskjæring mellom profil 4615-5250. Utsnittet er tatt i retning vest (stigende profilnummer).

10.2 Faktadel

10.2.1 Topografi

Landskapet i området er småkupert, der sideterrenget over skjæringstoppene hovedsakelig veksler mellom 0-25°. På høyre side av veien ligger Dyblevannet og Dyblemyra før terrenget stiger opp mot en topp på 389 moh. På venstre side av veien ligger Drangslund og Ytre Tjomslandsvann.

10.2.2 Løsmasser

Kvartærgeologisk kart fra NGU [17] viser at løsmassene langs veistrekket består av et sammenhengende dekke med moreneavsetninger. Tykkelsen kan variere fra 0,5 meter til flere titalls meter. Det er ikke observert berg i dagen ved befaringer utenom utsprengte bergskjæringer langs eksisterende E39.

10.2.3 Grunnundersøkelser

Det er utført totalsonderinger ved toppkant skjæring, som er under 10 meter, ved profil 4700, profil 4800, profil 4950 og profil 4980. Løsmassetykkelsen er henholdsvis 10-12 meter, 1,2 meter, 5 meter og 6,7 meter. Det er ikke gjort totalsonderinger ved toppkant skjæring «E39-11-VS».

10.2.4 Berggrunn og oppsprekking

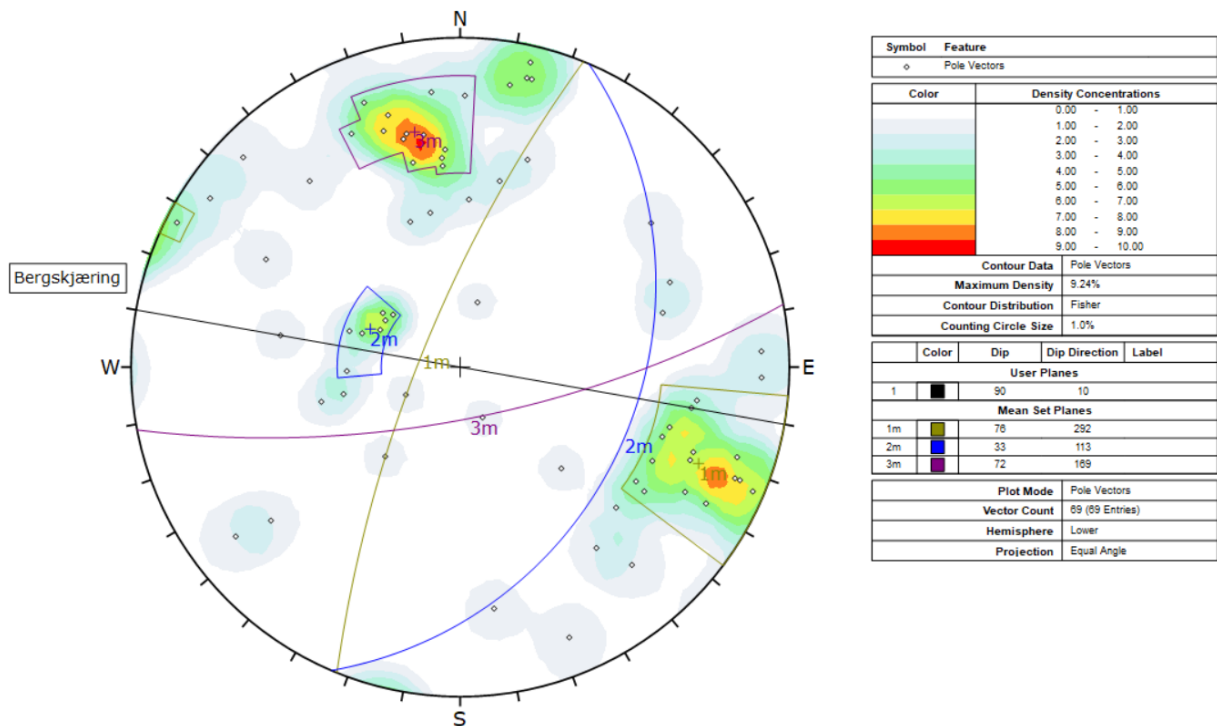
NGUs berggrunnskart (1:250 000) viser at berggrunnen i området består av granitt [18]. Det er gjort registreringer i utsprengte bergskjæringer langs eksisterende E39 mellom profil 5050-5550. Bergmassen i området er lite forvitret med tre sprekkesett, samt sporadiske sprekker. Det er bekreftet granitt i felt, tilsvarende som på geologiske kart. Ved profilnummer 5150 fremstår bergmassen som massiv, og skjæringen er lagt etter sprekkesett 3, se Figur 35. Tabell 22 og Figur 36 gir en beskrivelse av registrerte sprekkesett.



Figur 35: Eksisterende veiskjæring ved ca. profil 5150. Bildet er tatt mot øst.

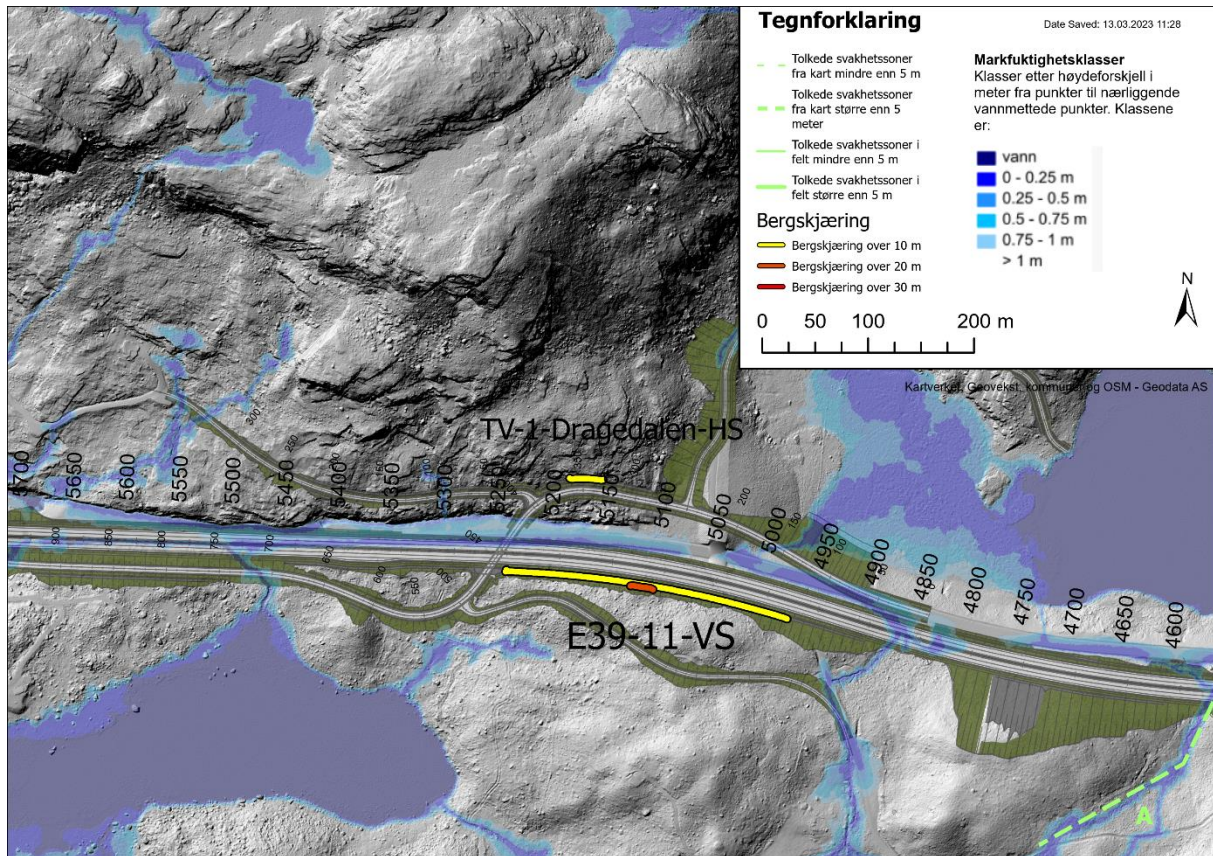
Tabell 22: Beskrivelse av sprekkesett som er registrert i nord for Drangslund.

Sprekkesett	Fallretning/fall	Kommentar
1m	$292^{\circ} \pm 10^{\circ} / 76^{\circ} \pm 10^{\circ}$	Sprekkeavstand 1-3 meter. Plane og ru gjennomsettende sprekker uten belegg.
2m	$113^{\circ} \pm 10^{\circ} / 33^{\circ} \pm 10^{\circ}$	Foliasjon. Sprekkeavstand 0,5-flere meter. Plane og ru sprekker uten belegg.
3m	$169^{\circ} \pm 10^{\circ} / 72^{\circ} \pm 10^{\circ}$	0,5-3 meter sprekkavstand. Plane og ru gjennomsettende sprekker uten belegg. Enkelte steder utgjør sprekkesettet bergskjæringsveggen i eksisterende skjæring.



Figur 36: Polplott med sprekemålinger som er registrert nord for Drangslund. Linjen gjennom sentrum representerer orienteringen av bergskjæringen.

Det er ikke kartlagt noen lineamenter/søkk som krysser bergskjæringene over 10 meter. Nærmeste lineament som er kartlagt krysser ved profil 4560-4580, der det er planlagt fylling, se Figur 37.



Figur 37: Oversikt over lineamenter som er kartlagt i felt og fra kartstudie, samt markfuktighet i delområdet Nord for Drangsland.

10.2.5 Vannforhold

Det er ingen vannveier i overkant av bergskjæring «E39-11-VS», ifølge NIBIOs markfuktighetskart [38]. Det er derimot tre bekker som krysser traséen i delområdet. Den første bekken renner i lineament A, som krysser traséen ved ca. profil 4570. Veien er planlagt på fylling i dette området. Den andre bekken krysser ved ca. ved profil 4880. Her er det også planlagt fylling. Den tredje bekken krysser traséen ved ca. profil 5500, der det er planlagt bergskjæring under 10 meter.

10.2.6 Skredfare

Aktsomhetsområder for snøskred [11] berører veilinjene mellom profil 5050-5700. Ovenfor profil ca. 5900 har SVV registrert et løsmasseskred/jordskred i 2011, ned mot lokalveien fra kollen som ligger rett sør for veilinjene. Det er anslått et skredvolum på 3 m³, dvs. relativt lite. Utløsningsområdet er en konveks kulle med jevn helning på ca. 20-35°.

10.3 Tolkningsdel med ingeniørgeologiske vurderinger

10.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Kinematiske analyser viser at det ikke er potensiale for planutglidninger eller blokkutveltinger i bergskjæringen «E39-11-VS». Det er et lite potensial for små og store kiledannelser mellom sprekkesett 1 og sporadiske sprekker. Det kan vurderes om bergskjæringen utformes etter sprekkesett 3, som har steile sprekkeflater som stedvis er tilnærmet parallell med veilinjen.

Kinematiske analyser for «TV-1-Dragedalen-HS» viser at det er potensiale for mindre planutglidninger langs sprekkesett 3, og kileutglidninger mellom sprekkesett 1 og 3. Det er et lite potensial for blokkutvelting mellom sprekkesett 1 og 2, med sprekkesett 3 som baseplan. Det kan også her vurderes om bergskjæringen kan utformes etter sprekkesett 3.

10.3.2 Forventet bergsikring

Det forventes normalt behov for boltesikring, dersom det ikke oppdages store strukturer som er en fare for totalstabiliteten. Det kan ikke utelukkes at det finnes områder der bergmassen har dårligere kvalitet enn det som er observert i dagen, og at disse områdene har behov for økt sikringsomfang som steinsprangnett eller sprøytebetong.

Det er utført totalsonderinger ved toppkant bergskjæring mellom profil 4615-4780, som er under 10 meter, ved profil 4700, 4800, 4950 og 4980. Løsmassetykkelsen er henholdsvis 10-12 meter, 1,2 meter, 5 meter og 6,7 meter. For å oppnå stabil skråningshelning 1:2 kan skråningsutslaget derfor strekke seg opptil 70 meter fra toppkant skjæring. Det bør vurderes om permanent støttekonstruksjon på skjæringstoppen er mulig. Det er ikke gjort totalsonderinger ved toppkant bergskjæring «E39-11-VS», og det er heller ikke registrert bergblotninger ved toppkant skjæring. Det antas at løsmassene ved toppkant skjæring håndteres ved å følge kravene i delkapittel 4.7.8. Utslaget av løsmasseskråningen kan teoretisk strekke seg 10-15 meter oppover i skråningen fra toppkant skjæring, før toppen av skråningen er nådd. Løsmasser på skjæringstoppen til «TV-1-Dragedalen-HS» forventes å være fra 0-0,5 meter tykt.

Totalt skjæringsareal er beregnet til ca. 3900 m². Ut fra arealet og bergmassekarakteristikken estimeres det grovt et behov for ca. 270 sikringsbolter og 260 m² steinsprangnett.

10.3.3 Sprengning og uttaksmetode

Det planlegges at berguttak kan utføres i henhold til beskrivelsene i delkapittel 4.5.

10.3.4 Vannforhold

Da det ikke er noen tydelige vannveier i overkant av «E39-11-VS», antas det at rennende vann i skjæringen ikke vil være en utfordring her. I skjæringen under 10 meter ved ca. profil 5500 kan det

bli behov for isnett eller nedføringsrenne. Det er ingen myrområder som kommer i direkte kontakt eller er i nærheten av bergskjæringer.

10.3.5 Skredfare

Hentet fra skredrapport [1]:

«Snøskredfare mellom profil 5050-5700: For bratt, og få og små reelle løsneområder.

Jordskredfare mellom profil 5850-6000: Konveks kolle med potensiale for mindre utglidninger. Begrenset med vanntilførsel, og utløp vil bli korte. Generelt viktig med gode grøfter langs overliggende skogsbilveier.»

10.3.6 Omgivelser

Det er eksisterende bygninger nærmere enn 200 m til sprengningsstedene, og anbefalingene i kap. 4.8 bør følges. Det er registrert flere kulturminner i eller sør for traséen. Disse er registrert ved ca. profil 4700, 4750, 4900, 4950, 5350 og 5370. Det er ikke registrert noen naturtyper med høy verdi i nærheten [21].

10.3.7 Usikkerheter

Det er knyttet usikkerhet til løsmassemekktighet ved toppkant av skjæringer, og hvor stort skråningsutslaget vil bli.

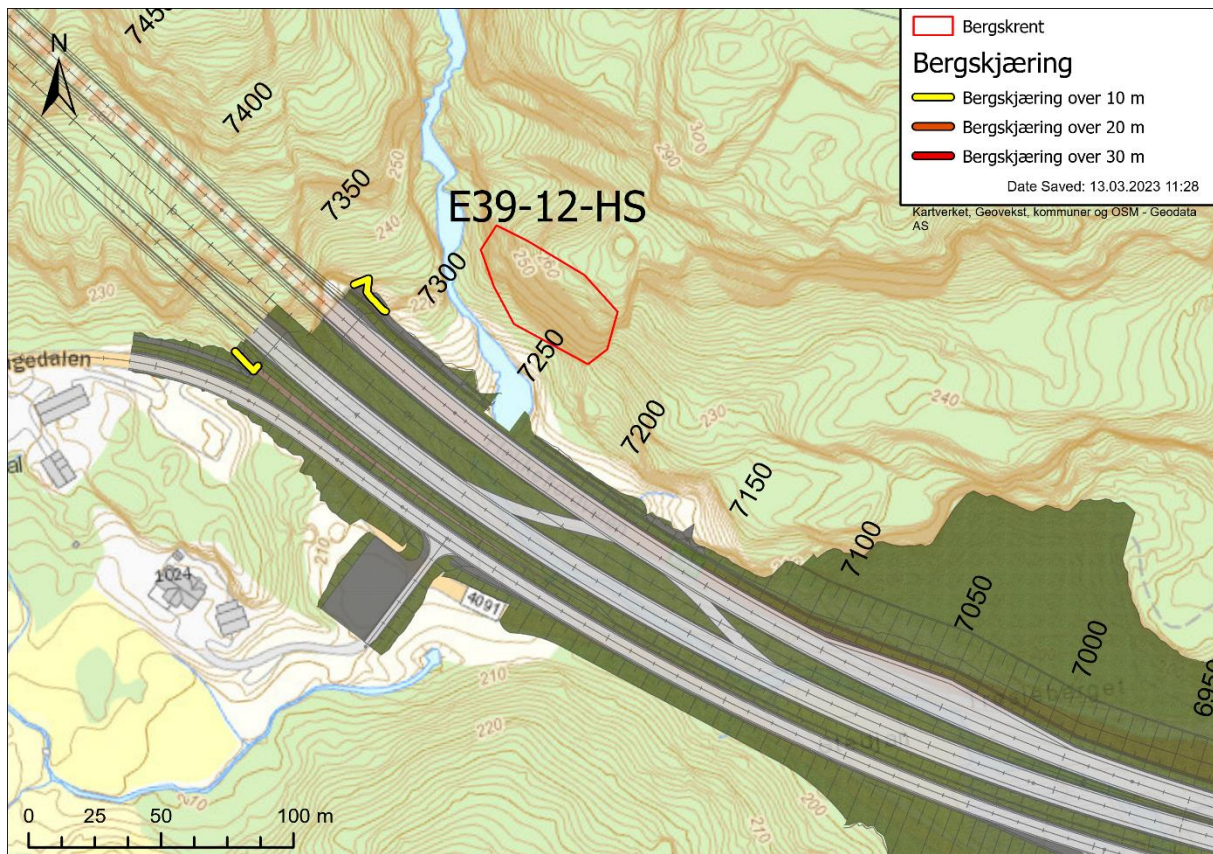
11 Rørdal

11.1 Innledning

Ved Rørdal og Vatlandstunnelens østlige påhugg er det en steil og høy bergskrent nærliggende eksisterende vei, se rødt polygon i Figur 38. På grunn av skrentens karakter, er den inkludert i skjæringsrapporten. Det bratte partiet av bergskrenten heller rundt 80° og er mellom 35-40 meter høy før skrenten flater ut og har slak stigning på 10°-25° i ytterligere 5-10 høydemeter opp mot toppen. Tabell 23 gir en oversikt over plassering, høyde og lengde på bergskrenten.

Tabell 23: Strekning med bergskrent i geoteknisk kategori 3 ved Rørdal.

SkjæringsID	Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Tegningsnr./ kommentar
	Fra	Til				
E39-12-HS	7240	7300	H	60	50	V3106



Figur 38: Oversikt over bergskrent ved Rørdal.

11.2 Faktadel

11.2.1 Topografi

På veiens høyre side er terrenget preget av bergskrenter som stryker SØ-NV og NNØ-SSV til NØ-SV og danner et kantet mønster. Skrentene er generelt steile med høyder opptil flere titalls meter, typisk mellom 15 og 30 meter. Til venstre for veitraséen er det slakere heielandskap. Vest for bergskrenten går det en dyp kløft i terrenget der det renner en bekk/elv fra Hålandsvannet som ligger ca. 550m mot nord.

11.2.2 Løsmasser

På venstre side av veien er løsmassene morenemateriale med varierende tykkelse på avsetningene. Nærmest veilinjen er moreneavsetningene på kvartærgeologisk kart fra NGU beskrevet som sammenhengende dekke med stedvis stor mektighet [17]. På veilinjens høyre side er det på kartet angitt bart berg på høydene med de tilhørende bergskrentene mens det i kløften/bekkeløpet fra Hålandsvannet er kartlagt humusdekke over berggrunnen. I tillegg er det en del løsmasser som er menneskepåvirket i forbindelse med eksisterende veitrasé.

Det er på feltbefaring observert mye stein til større blokker langs hele kløften, samt blokknedfall i fremkant av aktuelt bergparti.

11.2.3 Grunnundersøkelser

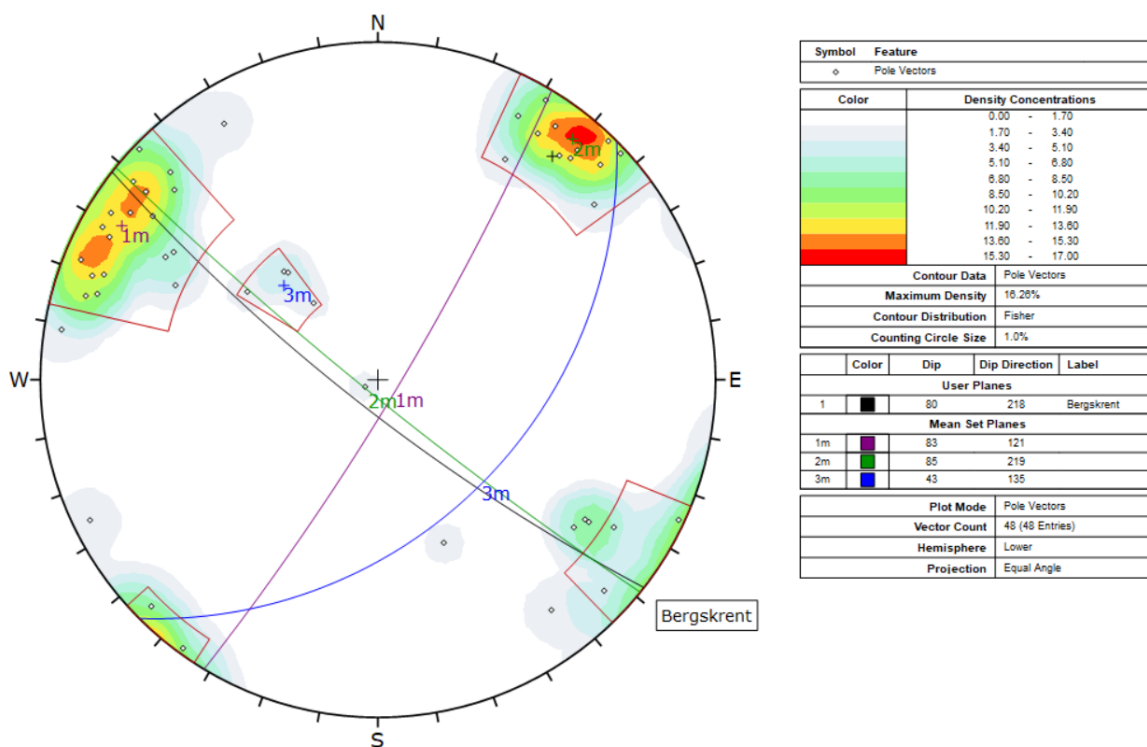
For å undersøke dybden til berg ved påhuggsområdet for Vatlandstunnelen er det utført 3 linjer med refraksjonsseismikk. Resultatene indikerte urmasser med mektighet opp mot 7 meter [15]. Det er også utført totalsonderinger på venstre side av eksisterende E39, der nytt kjørefelt er planlagt. Løsmassemektigheten varierer mellom 7,3-12 meter til fast berg. Det er ikke gjort noen grunnundersøkelser i forbindelse med bergskrenten som er omtalt i dette kapittelet.

11.2.4 Berggrunn og oppsprekking

NGUs berggrunnskart [18] viser at berggrunnen i området består av granitt. Det er på befaring kartlagt grovblokkig, massivt granittisk berg og gjort sprekkemålinger i bergskrentene i området mellom profil 7240 og 7500. Bergmassen har stedvis åpne sprekker og enkelte avløste blokker som vist i Figur 40. Det er registrert 3 hovedsprekkesetninger som er nærmere beskrevet i Tabell 24 og Figur 39. Det er i tillegg observert et fjerde sprekkesett som har lokal forekomst i skrenten som vurderes i dette delkapittelet. Det fjerde sprekkesettet heller slakt og delvis innover i bergskrenten mot NNØ. Sprekkesettet er godt synlig på Figur 42. Det er ikke gjort noen sprekkemålinger av dette settet.

Tabell 24 Beskrivelse av sprekkesett som er registrert i delområdet Rørdal.

Sprekkesett	Fallretning/fall	Kommentar
1m	$121 \pm 10^\circ / 83^\circ \pm 10^\circ$	Sprekkeavstand 2-4 meter, med lokalt lavere sprekkavstand ned mot 0,2 meter. Stedvis åpne sprekk med plan og ru sprekkflate. Det er ikke registrert sprekkfyll.
2m	$219^\circ \pm 10^\circ / 85^\circ \pm 10^\circ$	Sprekkesett med strøk tilnærmet parallelt med bergskrentens overflate. Det er ikke registrert sprekkfyll, men noe overflateforvitring på sprekkplan i dagen. Sprekkeavstand 1-5 meter. Plane og utholdende sprekker med ru overflate.
3m	$135^\circ \pm 10^\circ / 43^\circ \pm 10^\circ$	Foliasjon. Stedvis åpne sprekker uten registrert sprekkfyll. Ru og plan overflate. Sprekkene opptrer mer sporadisk med typiske sprekkavstander mellom 2-10 meter. Sprekkene har stedvis mye slakere fall, også tilnærmet horisontalt.



Figur 39 Polplott med sprekkemålinger som er registrert ved Rørdal. Linjen gjennom sentrum representerer orienteringen av bergskjæringen.



Figur 40 Bergmassen i området har stedvis åpne sprekker og avløste blokker. Bergoverflaten på bildet følger sprekkesett 2 mens de steile sprekkene er sprekkesett 1. Bildet er tatt mot NØ.

Under feltbefaring ble det registrert og tatt sprekkemålinger av en gjennomsettende, åpen og steil sprekke som kutter inn i bakkant av den vestlige siden av bergskrentens overflate. Sprekkeflaten er undulerende i storskala ($JRC=18$ og $waveness = 20^\circ$) og har fall som er målt mellom $60-80^\circ$ med fallretning på ca. 190° . Synlig sprekkeflate er ru og mosegrodd. Baksprekken er vist i Figur 41. I den østlige enden av bergpartiet ble det også observert sprekkeflater med omtrent samme orientering, men disse var ikke like åpne og gjennomsettende som på vestsiden. I overkant av bergskrenten ble det registrert 2-3 meter høye bergskrenter med fallretning/fall mellom $240-270^\circ / 70-85^\circ$. Det var for mye løsmasser og kratt til å se om sprekkeflatene til disse bergskrentene var åpne og gjennomsettende videre nedover.

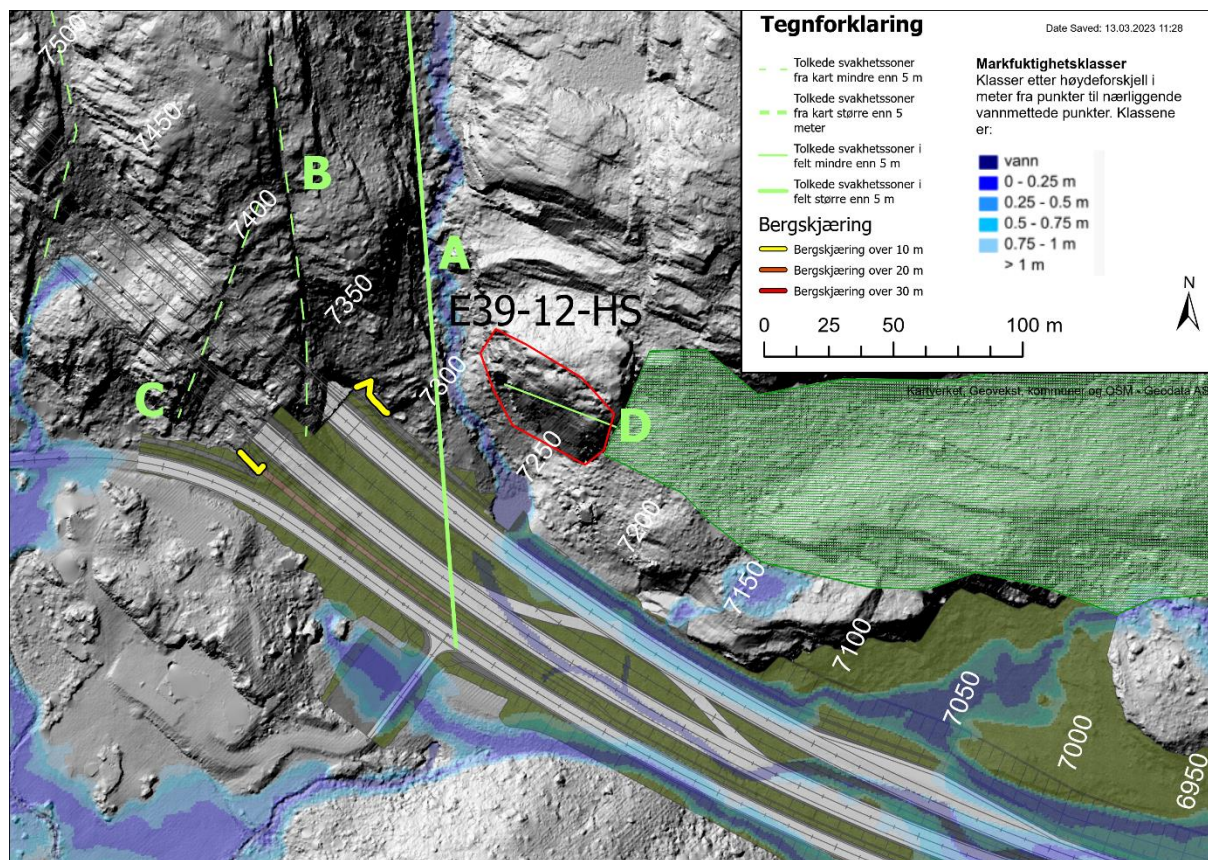
I den østlige delen av bergskrenten er det også observert blokker med overheng som ser helt eller delvis avløst ut. Det har tidligere vært blokkfall herfra i tillegg til at det ligger nedfall i form av større blokker ved fotenden av partiet. Bergskrenten blir mer massiv mot bunnen hvor det er lite oppsprekking og kun registrert enkelte overflateparallele, tynne bergflak. Figur 42 viser et oversiktsbilde av bergskrenten.



Figur 41 Bildet viser en gjennomsettende baksprekk som kutter inn i bergskrenten med slak vinkel til skrentens overflate, se rød pil. Bildet er tatt på vestsiden av bergskrenten.



Figur 42 Oversikt over bergskrent. Parti med avløste blokker er merket med rød sirkel. Baksprekk er kartlagt omtrent ved rød pil. Bildet er tatt mot ØNØ.



Figur 43: Oversikt over lineamenter som er kartlagt i felt og fra kartstudie, samt markfuktighet i delområdet «Rørdal». Grønt skravert område er naturtypen «gammel boreal lauvskog» [21].

Det er registrert flere lineamenter i delområdet, se Figur 43. Det mest fremtredende er lineament A, som er et dypt søkk i terrenget som er orientert N-S. Veien vil gå på bru over dette lineamentet. Det er også registrert to lineamenter (B og C) noen meter inn fra tunnelpåhugget til Vatlandstunnelen. Lineament D er den åpne baksprekken i bergskrenten, som er beskrevet nærmere over.

11.2.5 Vannforhold

Det er ingen vannveier i overkant av bergskrenten ifølge NIBIOS markfuktighetskart [38]. Det er derimot en bekk fra Hålandsvannet som følger lineament A, som krysser veien ved ca. profil 7250, se Figur 43.

11.2.6 Skredfare

Skredmodellering [1] og/eller aktsomhetsområder for skred [11] viser at det er steinsprangfare i det østlige påhuggsområdet til Vatlandstunnelen. Dette omtales nærmere i tunnelrapport for Vatlandstunnelen [41] og skredrapport [1]. Det er også steinsprangfare mellom profil 7080-7210 fra nordlig side, samt fra bergskrenten mellom 7240-7300 som er omtalt i dette delkapittelet.

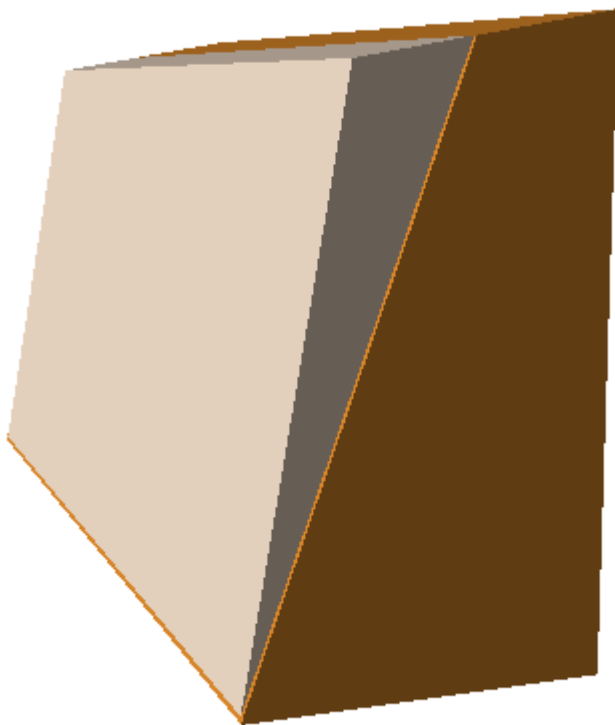
Aktsomhetsområder for snøskred [11] berører veilinjen mellom profil 6400-6600 og profil 6850-7350, mens aktsomhetsområder for jord- og flomskred berører veilinjen mellom profil 6930-7010 og profil 7140-7300.

11.3 Tolkningsdel med ingeniørgeologiske vurderinger

11.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Kinematisk analyse viser potensiale for planutglidninger langs sprekkeplanene med slakere helning i sprekkesett 2. Det er også et lite potensial for små kiledannelser mellom sprekkesett 1 og 2, samt små og store kiledannelser mellom sprekkesett 3 i kombinasjon med ett av de steilere sprekkesettene.

Det er gjort egne beregninger for det kartlagte, gjennomsettende sprekkeplanet (lineament D) som avviker noe fra sprekkesett 2, se Figur 44. Det er brukt fallretning/fall lik $210^{\circ}/80^{\circ}$ for fronten til bergskrenten og $190^{\circ}/70^{\circ}$ for avløsningsplanet, JRC lik 18, JCS lik 121 Mpa (80 % av UCS [39]), bølging på sprekkeplan (eng. waviness) lik 20° og φ_r (residual friksjonsvinkel) lik 30° . Høyden fra avløste sprekker i toppen til bunnen av skrenten er ca. 37 meter. Høyden på det avløste partiet må være mer enn 37 meter, da glideplanet ikke ble observert i bunnen av skrenten, og er antatt å være rundt 40 meter. Uten vanntrykk blir sikkerhetsfaktoren $SF=0,93$ og med 50 % vanntrykk (trekantfordeling) blir $SF=0,2$. Det er ikke regnet med stabiliserende virkning av massene som ligger langs foten av skråningen.



Figur 44: Potensiell planutglidning i bergskrent. Utklipp fra RocPlane.

11.3.2 Forventet bergsikring

Det antas at bergpartiet i bergskrenten er delvis avløst og at det mulige glideplanet har fot i eller under løsmassene som består av en blanding av urmasser, humus og morenejord. Det anbefales at løsmassene og blokkene i bunnen av skrenten ikke flyttes på, for å unngå destabilisering av det mulige avløste bergpartiet som har beregningsmessig lav sikkerhet mot utglidning uten massene i skråningsfoten. Det vurderes at det ikke er behov for ytterligere sikringstiltak av bergskrenten med hensyn til totalstabilitet. Likevel vil det være behov for noe boltesikring av enkelte avløste blokker i østlig del. Det er en viss avstand til veilinjens som gjør at noe mindre nedfall kan tillates.

Totalt areal for bergskrenten er beregnet til ca. 3000 m². Det er ut fra bergmassekarakteristikken og anslått areal med sikringsbehov i østlig del grovt estimert et behov for ca. 25 sikringsbolter.

11.3.3 Sprenging og uttaksmetode

Det er ikke planlagt med sprenging i bergskrenten.

11.3.4 Vannforhold

Det er ingen vannveier i overkant av bergskrenten, og behov for sikringsmidler for å håndtere vann vurderes ikke som nødvendig. Det er heller ingen myrområder som kommer i direkte kontakt eller er i nærheten av bergskrenten.

11.3.5 Skredfare

Steinsprangfare fra bergskrent: se kap. 11.3.2.

Hentet fra skredrapport [11]:

«Steinsprangfare mellom profil 7080-7210: Svaberg med enkelte løse partier. Nedfall vil havne i grøften og vurderes som OK. Akseptabel risiko.

Snøskredfare mellom profil 6400-6600 og profil 6850-7350: For små og/eller bratte løseområder for snøakkumulering, mye vegetasjon. Akseptabel risiko.

Jordskredfare mellom profil 6930-7010: Mye vegetasjon, lite tegn til erosjon, store blokker, slakt. Akseptabel risiko.

Jord- og flomskredfare mellom profil 7140-7300: Store bergblokker, men lite løsmasser tilgjengelig for erosjon, avgrenset av steile bergvegger på hver kant. Viktig med godt dimensjonerte kulverter. Akseptabel risiko.»

11.3.6 Omgivelser

Det er eksisterende bygninger nærmere enn 200 m til sprengningsstedene (påhugg og forskjæringer til Vatlandstunnelen), og anbefalingene i kap. 4.8 bør følges. Det er fire kulturminner i eller ved siden av traséen mellom profil 7270-7300 [25]. Det er også registrert en gammel boreal lauvskog, som har verdi «svært viktig» ifølge [21], se Figur 43. Dette området ligger like sørøst for den aktuelle bergskrenten.

11.3.7 Usikkerheter

Det er knyttet usikkerhet til baksprekkens utholdenhet, samt hvorvidt bergpartiet i front av baksprekken har tilstrekkelig fotparti eller ikke.

12 Kryssområde Oppofte

12.1 Innledning

I kryssområdet ved Oppofte er det planlagt bergskjæringer med høyder opp mot 40-45 meter. Veitraséen legges nordøst for og parallelt med eksisterende veilinje. Veien ligger tungt i terrenget og får dobbeltsidige bergskjæringer. Tabell 25 og Figur 45-Figur 47 gir en oversikt over bergskjæringer i geoteknisk kategori 3, mens

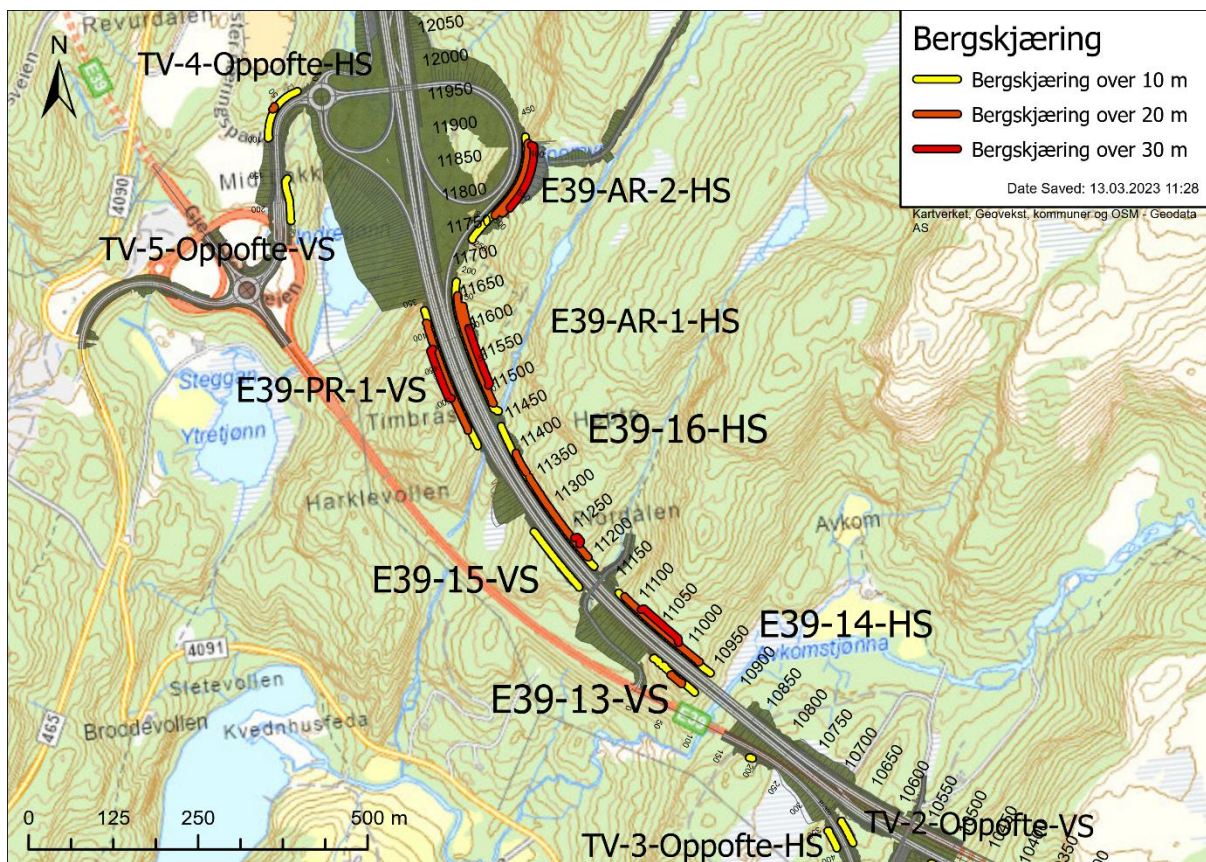
Tabell 26 gir en oversikt over bergskjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2.

Tabell 25 Strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 3 ved kryssområdet Oppofte.

SkjæringsID	Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Tegningsnr./ kommentar
	Fra	Til				
TV-2-Oppofte-VS	365	400	V	35	13	V3107
TV-3-Oppofte-HS	365	400	H	35	12	V3107
E39-13-VS	10960	11040	V	80	25	V3107
E39-14-HS	10960	11145	H	170	33	V3107
E39-15-VS	11190	11295	V	105	20	V3107
E39-16-HS	11200	11450	H	250	30	V3108
E39-AR-1-HS	11470	11680	H	210	42	V3108
E39-PR-1-VS	11445	11650	V	205	38	V3108
E39-AR-2-HS	265	440	H	175	40	V3109 Bratt sideterreng (30-90°) mellom ca. profil 400-440 (skjæring lavere enn 10 m mellom 420-440) i opptil ca. 35-40 høydemeter fra toppkant skjæring.
TV-4-Oppofte-HS	35	100	H	65	19	V3110
TV-5-Oppofte-VS	155	225	V	70	16	V3110

Tabell 26 Strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2 ved kryssområdet Oppofte.

Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Kommentar
Fra	Til				
10620	10690	H	70	<10	
10620	10690	V	70	<10	
345	365	V	20	<10	Tilførselsvei Oppofte
400	445	V	45	<10	Tilførselsvei Oppofte
355	365	H	10	<10	Tilførselsvei Oppofte
400	435	H	35	<10	Tilførselsvei Oppofte
11040	11050	V	10	<10	
11145	11175	H	30	<10	
11180	11190	V	10	<10	
11295	11315	V	20	<10	
11185	11200	H	15	<10	
11450	11470	H	20	<10	
11680	11700	H	20	<10	
11390	11420	V	30	<10	
11435	11445	V	10	<10	
11650	11665	V	15	<10	
20	35	H	15	<10	Tilførselsvei Oppofte
100	200	H	100	<10	Tilførselsvei Oppofte
40	155	V	115	<10	Tilførselsvei Oppofte
225	245	V	20	<10	Tilførselsvei Oppofte



Figur 45 Oversikt over planlagte bergskjæringer med høyde over 10 meter i kryssområdet ved Oppofte.



Figur 46: Utklipp fra innsynsmodellen som viser planlagte bergskjæringer ved krysområdet ved Oppofte. Utsnittet er tatt i retning nordvest (stigende profilnummer).



Figur 47: Skjæring med skjærings-ID «E39-AR-1-HS» og «E39-AR-2-HS» til henholdsvis høyre og venstre ved krysområdet ved Oppofte. Utsnittet er tatt i retning øst.

12.2 Faktadel

12.2.1 Topografi

Kryssområdet ligger i kupert terreng preget av skogkledde åsrygger orientert NØ-SV og vannførende daler. Veilinjen er orientert tilnærmet normalt strøkretning til ryggene og dalene og ligger tungt i terrenget. Det blir svært høye bergskjæringer på begge sider av veien med høyder opp mot 40-45 meter.

12.2.2 Løsmasser

Løsmassene i området består av bart berg stedvis med tynt humus- eller torvdekke og tynt, usammenhengende dekke av morenemateriale. Ved kryssområdet langs eksisterende E39 er det menneskepåvirket materiale i form av fyllmasser. Nærliggende vannkilder har torv og myr. Kryssområdet ved Oppofte vil ligge i et område med bart berg og myr, samt steinsprangavsetninger som følger åssiden som bergskjæringen med skjærings-ID «E39-AR-2-HS» skal etableres.

12.2.3 Grunnundersøkelser

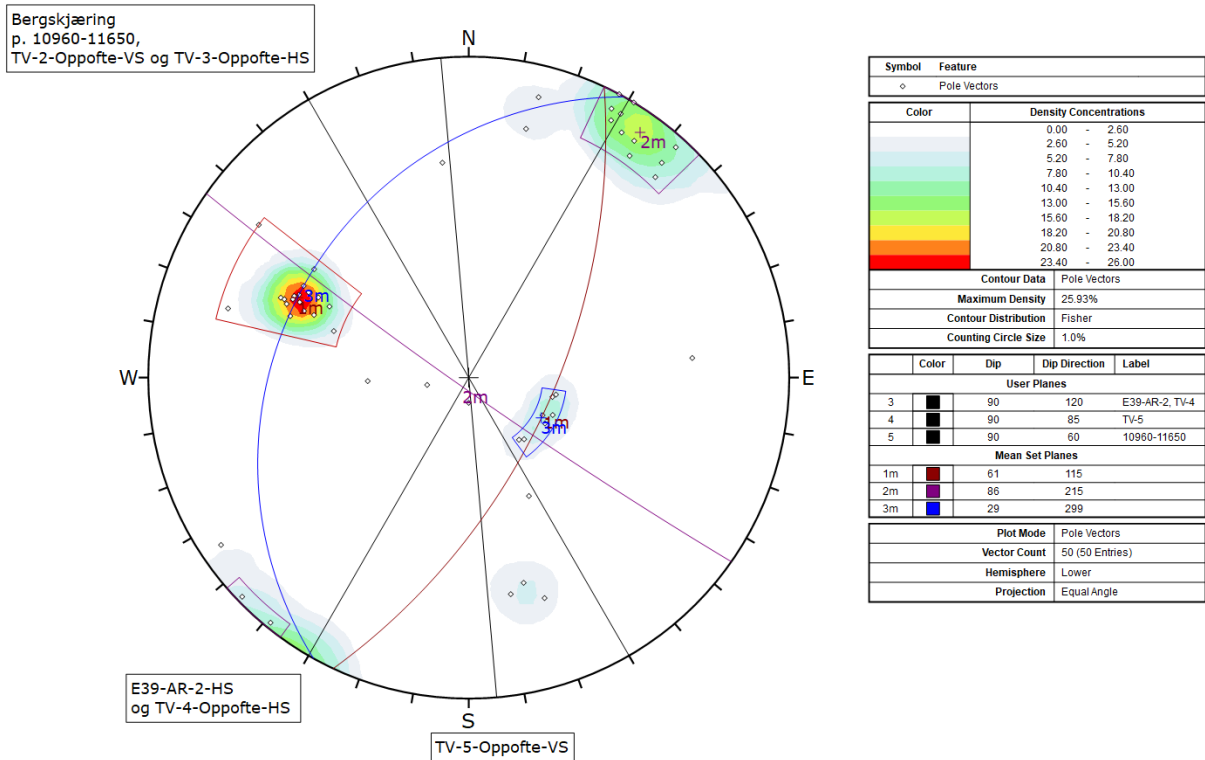
Det er ikke gjort noen totalsonderingsboringer i områdene der toppkant av bergskjæringer er planlagt. Det er derimot utført flere totalsonderinger i kryssområdet og påhugget til Espedalstunnelen mellom profil 11650-12200. Disse målingene viser at løsmassetykkelsen varierer mellom 2-16 meter der fyllingene er planlagt og 1-4 meter der påhugget er planlagt.

12.2.4 Berggrunn og oppsprekking

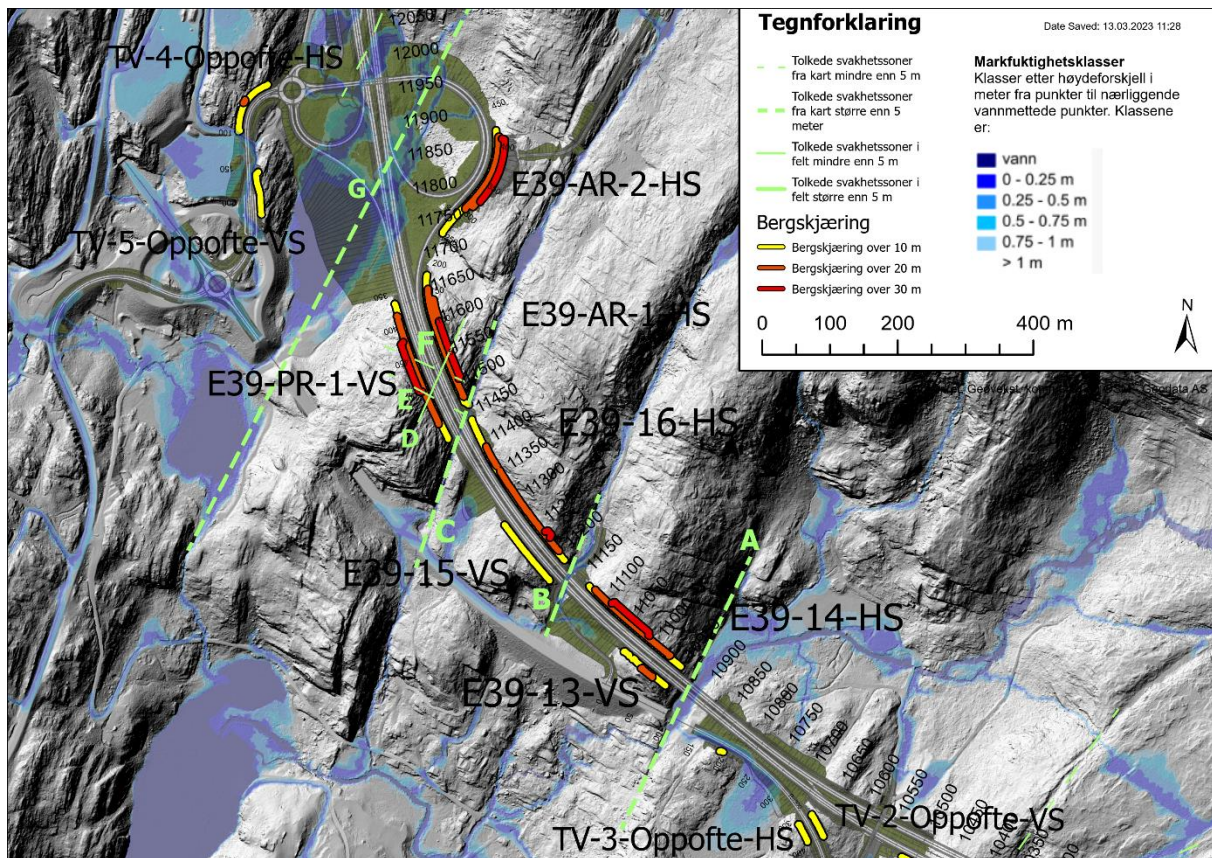
I følge NGUs berggrunnskart [18] alternerer berggrunnen i kryssområdet mellom granittisk gneis og båndgneis. I felt ble det registrert både båndgneis og granittisk gneis. I noen områder ble det registrert granittisk gneis, der det i NGUs kart var registrert båndgneis, og motsatt. Det ble også registrert tre sprekkesett, beskrevet i Tabell 27 og Figur 48.

Tabell 27: Beskrivelse av sprekkesett som er registrert ved kryssområdet Oppofte.

Sprekkesett	Fallretning/fall	Kommentar
1m	115°±10°/61°±10°	Plane og ru sprekkeoverflater uten belegg. 0,5-3 meter sprekkeavstand
2m	215°±10°/86°±10°	Plane og ru sprekkeoverflater uten belegg. 1-3 meter sprekkeavstand.
3m	299°±10°/29°±10°	Foliasjonsplan. Plane og ru sprekkeoverflater uten belegg. 0,5-3 meter sprekkeavstand



Figur 48: Registrerte sprekkemålinger i området ved krysset ved Oppofte. Linjene gjennom sentrum representerer orienteringen av de ulike bergskjæringer som er merket med skjærings-ID eller profilnummer.



Figur 49: Oversikt over lineamenter som er kartlagt i felt og fra kartstudie, samt markfuktighet i delområdet «Kryssområde Oppofte».

Sprekkesens strøketning sammenfaller med lineamentene i området som stryker NØ-SV og SØ-NV, se Figur 49. De største lineamentene er knyttet til søkk mellom bergskjæringer, som krysser veilinen tilnærmet normalt (lineament A, B, C og G). Det er også identifisert mindre lineamenter (D, E, og F) som krysser bergskjæring «E39-PR-1-VS» ved henholdsvis profil 11500-11505, profil 11510-11515 og profil 11565-11570. Lineament D og F krysser bergskjæring «E39-AR-1-HS» ved henholdsvis profil 11545-11550 og profil 11535-11540. Der lineament C krysser veilinen mellom profil 11435-11455 er det en teoretisk bergskjæring som er ca. 5 meter høy.

12.2.5 Vannforhold

Traséen krysser to vannførende daler merket som lineament B og C i Figur 49. Ved lineament B krysser bekken veilinen ved omtrent profil 11180, mens bekken som følger lineament C krysser traséen ved omtrent profil 11435-11455. Det er også indikert markfuktighet vest for skjæringerne ved tilførselsveien til kryssområdet.

12.2.6 Skredfare

Skredmodellering [1] og/eller aktsomhetsområder for skred [11] viser at det er steinsprangfare mellom profil 470-920 (sidevei sør for vestlig påhugg til Vatlandstunnelen), profil 11000-11550 og profil 11650-12000 (avkjøringsrampe øst) [11]. Veilinjen berøres også av aktsomhetsområder for snøskred mellom profil 470-920 (sidevei sør for vestlig påhugg til Vatlandstunnelen), profil 11020-11200, profil 11310-11500 og profil 11650-12100 (avkjøringsrampe øst), samt aktsomhetsområde for jordskred på lokalvei mellom profil 470-920.

12.3 Tolkingsdel med ingeniørgeologiske vurderinger

12.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Kinematiske analyser for bergskjæringene på veilinjens høyre side mellom profil 10960-11650 og for «TV-2-Oppofte-VS» viser at det er et potensiale for planutglidninger langs de slakeste sprekkeplanene i sprekkesett 2. Det er også et potensiale for større kiledannelser mellom sprekkesett 2 og 3, samt store og små kiledannelser mellom sprekkesett 1 eller 2 i kombinasjon av sporadiske sprekker. Det er lavt potensiale for blokkutvelting. Det kan vurderes om skjæringene med skjærings-ID «E39-14-HS», «E39-16-HS», «E39-AR-1-HS» og «TV-2-Oppofte-VS» bør utformes etter sprekkesett 2 som har svært steilt fall og stedvis stryker tilnærmet parallelt med veilinjen.

For bergskjæringene på venstre siden av veilinjen mellom profilnummer 10960-11650 og for «TV-3-Oppofte-HS» viser kinematiske analyser at det ikke er potensiale for planutglidninger. Det er potensiale for små kiledannelser mellom sprekkesett 1 og 2, samt større kiledannelser mellom sprekkesett 1 og sporadiske sprekker. Analysen indikerer ikke potensiale for blokkutvelting. Det kan vurderes om skjæringene med skjærings-ID «E39-13-VS», «E39-15-VS», «E39-PR-1-VS» og «TV-3-Oppofte-HS» bør utformes etter sprekkesett 2 som har svært steilt fall og stedvis stryker tilnærmet parallelt med veilinjen.

Bergskjæringen med skjærings-ID «E39-AR-2-HS» blir den høyeste i området og skal etableres i siden til en åsrygg. Åsryggen og bergskjæringen stryker parallelt sprekkesett 3, som er foliasjonsoppsprekningen i området. Kinematiske analyser viser potensiale for store planutglidninger langs foliasjonsplan med steilere fall enn stedlig friksjonsvinkel. Det er også potensiale for store kiledannelser mellom sprekkesett 2 i kombinasjon med sporadiske sprekker. I tillegg viser analysen et høyt potensial for blokkutvelting med de foliasjonsparallelle sprekkeplanene i sprekkesett 3 som baseplan og blokkdannelser mellom sprekkesett 1 og 2.

Stabilitetsberegninger i RocPlane av potensielle planutglidninger langs gjennomsnittsorienteringen (29° fall) til sprekkesett 3 i skjæring «E39-AR-2-HS», gir en SF lik 1,89. Inngangsparametere som er brukt i beregningen er JRC lik 10, JCS lik 86 MPa og φ_r lik 30°. Høyden er satt lik 42 meter, som er maksimal høyde til «E39-AR-2-HS». Det er brukt 30 % vanntrykk med trekantfordeling, siden det ikke er noen tydelige vannveier i overkant av skjæringen. Da det er noe variasjon i fallet til sprekkesett 3, og det kan opptre sprekkeflater med steilere fall, i tillegg til at det er usikkerhet i

inngangsparametere som er brukt i beregningen, kan man forvente at SF kan bli mindre enn 1 i skjæringen. Oppsummert viser analysene at det må forventes svært utfordrende stabilitetsforhold i bergskjæringen. Tett oppfølging av fagperson med tilstrekkelig kunnskap og erfaring i byggefasen er kritisk. Bergskjæringen etableres med utgangspunkt i normalprofil og med en bredere hylle ved 30 meters høyde. Dersom det oppdages glideplan som gir en SF mindre enn 1, må det også vurderes om det skal legges inn flere hyller i skjæringen.

For bergskjæringene langs tilførselsveien vil det på høyre side av veien (skjærings-ID «TV-4- Oppofte-HS») være potensiale for små til middels store planutglidninger langs sprekkesett 1. Det er også et høyt potensial for middels kiledannelser mellom sprekkesett 1 og 2, samt blokkutvelting med sprekkesett 1 som baseplan og blokkdannelser mellom sprekkesett 2 og 3. Det kan vurderes om det er hensiktsmessig å utforme skjæringen etter sprekkesett 1 for å minimere sikringsomfanget.

På venstre side av tilførselsveien viser kinematiske analyser et lite potensial for planutglidninger langs sprekkesett 3 i skjæringen med skjærings-ID «TV-5-Oppofte-VS». Det er potensiale for middels store kiledannelser mellom sprekkesett 2 og 3, samt små og middels kiledannelser mellom sprekkesett 2 og sporadiske sprekker. Det tas utgangspunkt i at skjæringen kan utformes i henhold til normalprofilen.

12.3.2 Forventet bergsikring

Det er forventet et omfattende sikringsbehov i bergskjæringene i delområdet, og spesielt i skjæringen med skjærings-ID «E39-AR-2-HS» hvor kinematiske analyser viser potensiale for både blokkutvelting, samt store plan- og kileutglidninger. Aktuelle sikringsmidler i bergskjæringene vil være bolter og steinsprangnett. Det vil trolig være behov for lange bolter med høy kapasitet, eventuelt stag, på grunn av slakere underplan og potensiale for større kiledannelser. I områder med svært dårlig bergmassekvalitet kan det bli aktuelt med sprøytebetong. Før utspregning, må det også vurderes om det er behov for forbolting. Dette gjelder spesielt bergskjæringene som består av 3-4 paller.

Det er bratt terreng i nordenden av skjæringen med skjærings-ID «E39-AR-2-HS». Det bratte sideterrenget bør inspiseres, renskes og eventuelt sikres med bolter. Det kan også forventes behov for fanggjerder i dette området.

Lineamenter/søkk i terrenget antas å representere svakhetssoner i berggrunnen. Det kan bli behov for steinsprangnett eller eventuelt sprøytebetong der veilinjen krysser lineamentene D, E og F ved bergskjæring «E39-PR-1-VS» ved henholdsvis profil 11500-11505, profil 11510-11515 og profil 11565-11570 og der lineament D og F krysser bergskjæring «E39-AR-1-HS» ved henholdsvis profil 11545-11550 og profil 11535-11540. Der lineament C krysser veilinjen mellom profil 11435-11455 er det en bergskjæring som er planlagt ca. 5 meter høy, og det er derfor ikke vurdert ekstra behov

for sikring i dette området. Lineament C og D antas å ha samme orientering som sprekkesett 1, mens lineament E og F antas å ha samme orientering som sprekkesett 2.

Det antas at løsmassemekktighetene ved alle skjæringstoppene er begrenset til mellom 0-1 meter, da det er registrert mye bergblotninger i området. Det forventes at løsmasser på skjæringstoppene kan stabiliseres ved å følge kravene i delkapittel 4.7.8. Løsmasseskråningene kan teoretisk strekke seg 5-7 meter oppover i skråningene fra toppkant skjæring, dersom løsmassemekktigheten er 1 m. Unntaket er ved «E39-16-HS» og «E39-PR-1-VS» der terrenget er bratt i overkant av toppkant skjæring, og det kan bli behov for å renske bort løsmasser 50-60 meter oppover i terrenget, før det etableres stabil graveskråning.

Totalt skjæringsareal er beregnet til ca. 33000 m². Ut fra arealet og bergmassekarakteristikken estimeres det grovt et behov for ca. 3000 sikringsbolter og 8000 m² steinsprangnett. Det kan bli behov for lange bolter og/eller stag. Mengden sprøytebetong estimeres grovt til 40 m³.

12.3.3 Sprengning og uttaksmetode

Det planlegges at berguttak kan utføres i henhold til beskrivelsene i delkapittel 4.5. Det er planlagt skjæringer med høyder opp mot 50 meter hvor det er viktig med grundig oppfølging av fagperson med ingeniørgeologisk bakgrunn. For de høyeste skjæringene kreves kontrollert uttak av masser med suksessiv kartlegging og stabilitets sikring for hvert pallnivå.

12.3.4 Vannforhold

Mellom åsryggene er det vannførende søkk. Det blir trolig behov for nedføringsrenner og eventuelt isnett der disse krysser veilinjene. Dette gjelder spesielt ved ca. profil 11435-11455, der svakhetssone C krysser traséen. Det er ingen myrområder som kommer i direkte kontakt eller er i nærheten av bergskjæringene.

12.3.5 Skredfare

Hentet fra skredrapport [1]:

«Steinsprangfare mellom profil 470-920 (sidevei sør for vestlig påhugg til Vatlandstunnelen): Bratt bergkulle kan gi steinsprang. Linjen er flyttet unna faresone. Akseptabel risiko.

Steinsprangfare mellom profil 11000-11550: Mindre bergknauser ovenfor skjæringene kan utgjøre steinsprangfare. Dette må vurderes i anleggsfasen, ettersom endelig terreng er vanskelig å forutse pga. store inngrep i terrenget. Tiltak kan måtte utføres for å oppnå akseptabel risiko.

Steinsprangfare mellom profil 11650-12000 (avkjøringsrampe øst): Skredfare fra bergkulle i SØ. Omfattende tiltak må forventes. Tiltak må utføres for å oppnå akseptabel risiko.

Snøskredfare mellom profil 470-920 (sidevei sør for vestlig påhugg til Vatlandstunnelen): Kupert terreng begrenser utløpslengde. Akseptabel risiko.

Snøskredfare mellom profil 11020-11200: For bratte sider til at det akkumuleres snø av betydning, og linjen skjærer gjennom løsneområdene og fjerner derfor hele siden. Akseptabel risiko.

Snøskredfare mellom profil 11310-11500: For bratte sider til at det akkumuleres snø av betydning. Akseptabel risiko.

Snøskredfare mellom profil 11650-12100 (avkjøringsrampe øst): Terrassert terreng med bratte sider og flate hyller. Ikke reelle løsneområder. Akseptabel risiko.

Jordskredfare mellom profil 470-920 (sidevei): Kupert terreng begrenser utløpslengde. Akseptabel risiko.»

12.3.6 Omgivelser

Det er i overkant av 200 meter til nærmeste bebyggelse for veilinjen til ny E39. Avstanden er tilstrekkelig stor til at det ikke er nødvendig med besiktigelse eller fastsettelse krav til vibrasjoner etter NS8141. Det er registrert et kulturminne ved kryssområdet [25]. Dette er en gammel ferdselsrute som krysser veilinjen ved ca. profil 11760 og går mot nordøst gjennom området det er planlagt fyllinger til avkjøringsrampen. Det er ikke registrert noen naturtyper med høy verdi i nærheten [21].

13 Kryssområde Frøytland

13.1 Innledning

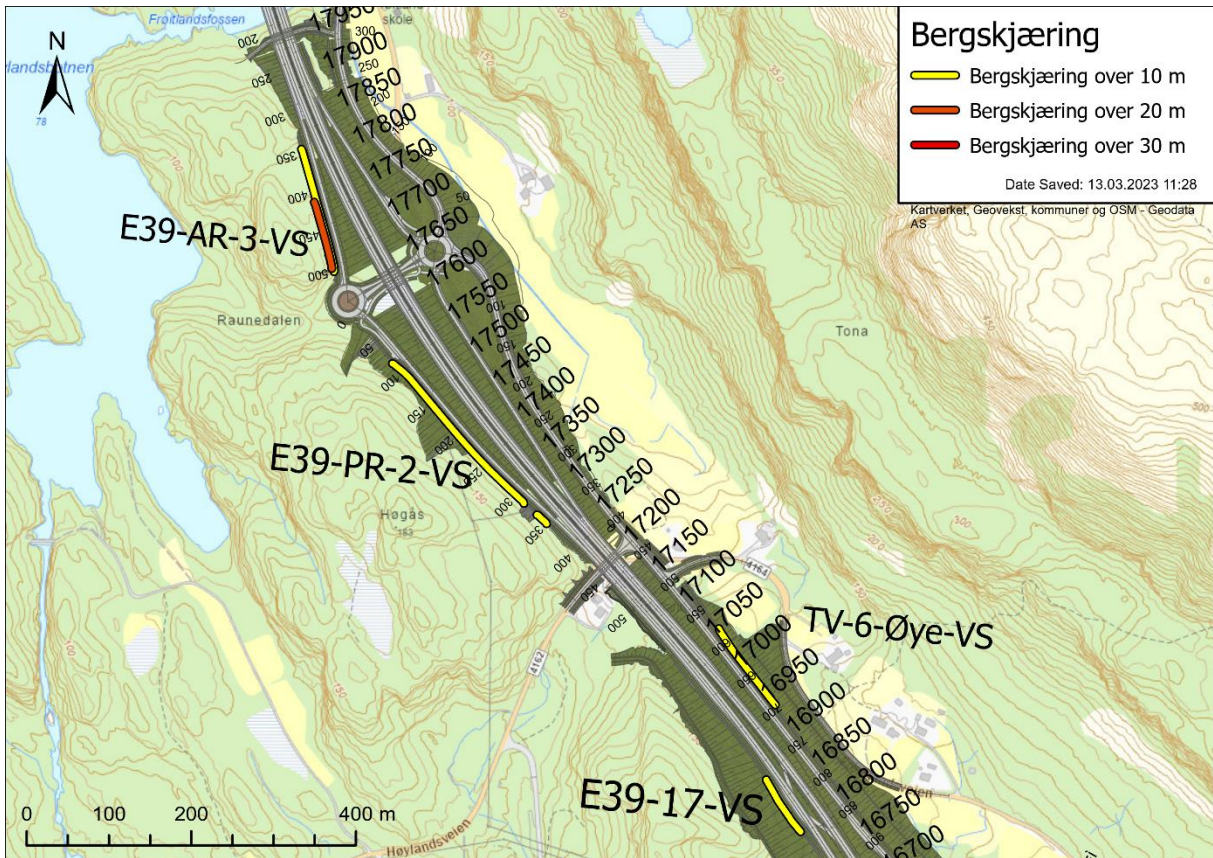
Ved Frøytland skal det etableres et større kryssområde. Det vil bli bergskjæringer med høyde over 10 meter på vestsiden av kryssområdet, samt på østsiden av tilførselsvei til Øye. Tabell 28, Figur 50 og Figur 51 gir en oversikt over bergskjæringer i geoteknisk kategori 3, mens Tabell 29 gir en oversikt over strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2.

Tabell 28 Strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 3 ved kryssområdet ved Frøytland.

SkjæringsID	Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Tegningsnr./ kommentar
	Fra	Til				
E39-17-VS	16805	16880	V	75	15	V3111
TV-6-Øye-VS	590	705	V	115	17	V3111
E39-PR-2-VS	430	90	V	340	23	V3112
E39-AR-3-VS	510	345	V	165	29	V3113

Tabell 29 Strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2 ved kryssområdet ved Frøytland.

Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Kommentar
Fra	Til				
520	590	V	70	<10	Tilførselsvei Øye (sør for p. 17650)
705	870	V	165	<10	Tilførselsvei Øye (sør for p. 17650)
245	300	V	55	<10	Tilførselsvei Øye (nord for p. 17650)
255	265	H	10	<10	Tilførselsvei Øye (nord for p. 17650)
455	480	H	25	<10	Tilførselsvei Øye (nord for p. 17650)
16760	16805	V	45	<10	
16880	17060	V	180	<10	
90	40	V	50	<10	Påkjøringsrampe
520	510	V	10	<10	Avkjøringsrampe
345	335	V	10	<10	Avkjøringsrampe
245	310	H	65	<10	Avkjøringsrampe



Figur 50: Oversikt over planlagte bergskjæringer i geoteknisk kategori 3 ved kryssområdet ved Frøyland.



Figur 51: Utklipp fra innsynsmodellen som viser planlagte bergskjæringer i kryssområdet ved Frøyland. Utsnittet er tatt i retning nordvest (stigende profilnummer).

13.2 Faktadel

13.2.1 Topografi

Kryssområdet ligger mellom to dalsider, der det på vestsiden av kryssområdet skal etableres veiskjæringer i dalsiden. Terrenget på prosjekter skjæringstopp skråer videre oppover med en helning på ca. 10-45° til rundt 180 moh. På østsiden av veilinen er det et slett område rundt 100-110 moh., før terrenget skråner bratt oppover til rundt 500 moh.

13.2.2 Løsmasser

Dalbunnen består av et tynt eller usammenhengende dekke av morenemateriale over berggrunnen, før løsmassene litt oppe i dalsidene går over til tynt humus og torvdekke og bart berg [17]. Dette stemmer godt med observasjoner i felt.

13.2.3 Grunnundersøkelser

Det er ikke gjort noen totalsonderingsboringer i områdene der toppkant av bergskjæringer er planlagt. Det er planlagt to totalsonderinger på toppkant skjæring «TV-6-Øye-VS». På motsatt side

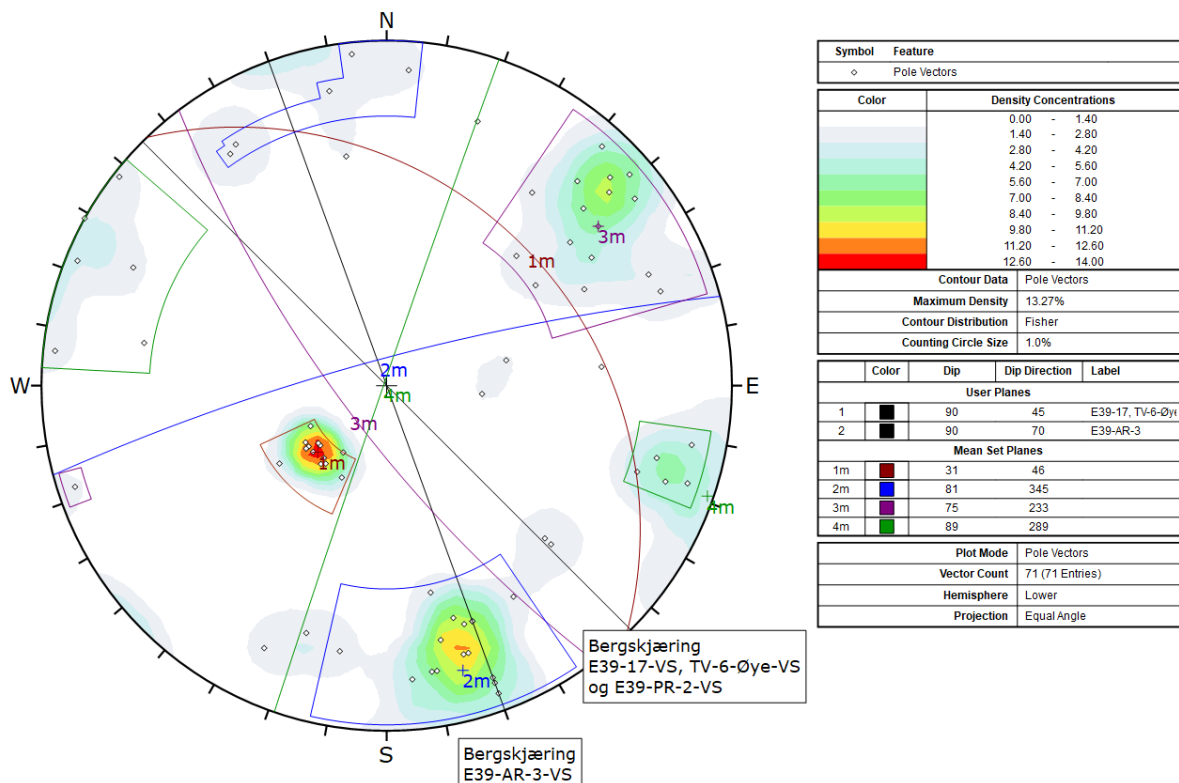
av veilinjen er det grunt til berg med løsmassemektheter under 1 meter nær «E39-17-VS». Det er utført flere totalsonderinger i kryssområdet på Frøytland. Målingene nærmest bergskjæringene på veiens venstre side viser løsmassemektheter mellom 1-6 meter.

13.2.4 Berggrunn og oppsprekking

Ifølge NGUs berggrunnskart [18] består berggrunnen i området av granodioritt. I felt fremstår bergmassen i området som massiv, der det er observert 2 til 3 sprekesett som utgjør bergskrenter i området (Figur 53), samt foliasjonsplan som utgjør plane skråninger over et stort område. I storskalamønster er foliasjonsplanene avdelt av sprekesett 3, som utgjør bergskrenter som er 5-30 meter høye. Disse bergskrentene opptrer med en avstand på mellom 20-100 meter, og deler terrenget inn i «avsatser», slik at landskapet blir terrassert. Enkelte plasser ble det observert svakhetssoner med oppknust bergmasse med bredde 0,5-2 meter imellom avsatsene til sprekesett 1 (foliasjonsplan) og sprekesett 3, se Figur 54. Tabell 30 og Figur 52 gir en nærmere beskrivelse av de ulike sprekesettene som opptrer i området.

Tabell 30: Beskrivelse av sprekkesett som er registrert ved kryssområdet på Frøyland.

Sprekkesett	Fallretning/fall	Kommentar
1m	$46^{\circ} \pm 10^{\circ} / 31^{\circ} \pm 10^{\circ}$	Foliasjonsplan. Plane og ru sprekkeoverflater med stor utholdenhet. Sprekkeavstand på 5-30 meter i storskalamønster. I småskalamønster er sprekkeavstand til foliasjonsplanene ca. 0,5-2 meter med lite utholdende sprekker.
2m	$345^{\circ} \pm 10^{\circ} / 81^{\circ} \pm 10^{\circ}$	Utgjør bergskreanter i området. Plane til undulerende og ru sprekkeoverflater. 2 m til flere meter sprekkeavstand.
3m	$233^{\circ} \pm 10^{\circ} / 75^{\circ} \pm 10^{\circ}$	Utgjør bergskreanter i området som er 5 til 30 meter høye. Plane til undulerende og ru sprekkeoverflater. I storskalamønster er sprekkeavstand 20-100 meter, mens sprekkeavstand i småskalamønster er 1-3 meter.
4m	$289^{\circ} \pm 10^{\circ} / 89^{\circ} \pm 10^{\circ}$	Utgjør enkelte bergskreanter i området. Plane og ru sprekkeoverflater. Flere meter sprekkeavstand.



Figur 52: Sprekkeregistreringer ved kryssområdet på Frøyland. Linjene gjennom sentrum representerer orienteringen av de ulike bergskjæringene.

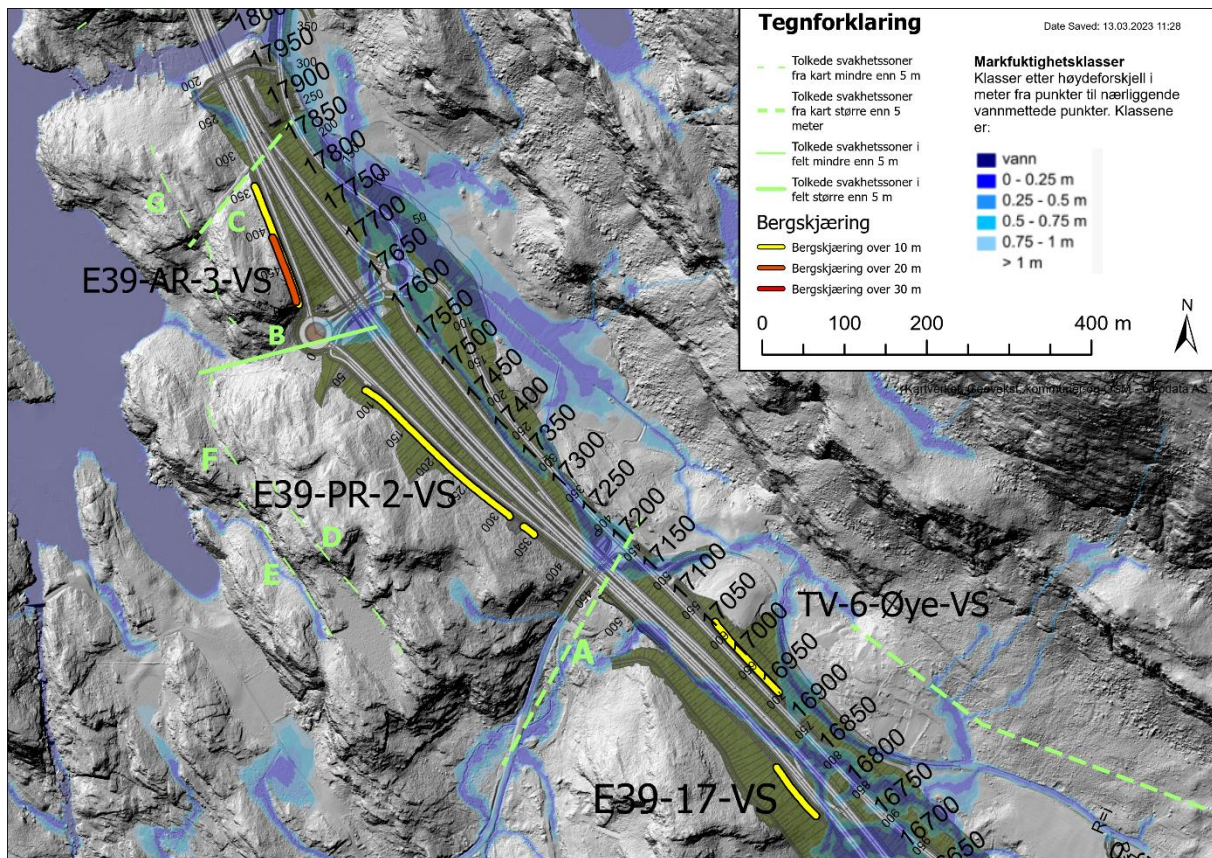


Figur 53: Bergskrent ved ca. profil 17200, ca. 50 m vest for kryssområdet. Bildet er tatt mot nord.



Figur 54: Tett oppsprukket bergmasse med bredde 0,5-2 meter i mellom avsatsene til sprekkesett 1 (foliasjonsplan) og sprekkesett 3. Observert ca. 500 meter vest for aktuelt område.

Det er registrert flere lineamenter/søkk ved Frøylandskrysset, se Figur 55. Tre av lineamentene (A, B og C) opptrer som søkk mellom de høye bergskjæringene, der lineament B har samme orientering som sprekkesett 2 og A/C har samme orientering som sprekkesett 4. Disse lineamentene krysser veilinjens omtrent vinkelrett og er ca. 15-25 meter brede i dagen. Lineament D-G kan være mulige svakhetssoner mellom foliasjonsplanene, som beskrevet over.



Figur 55: Lineamenter som er kartlagt i felt og fra kartstudier, samt markfuktighet i delområdet.

13.2.5 Vannforhold

Det er ingen tydelige vannveier i overkant av bergskjæringene, dersom det tas utgangspunkt i NIBIOs markfuktighetskart [38]. Det er derimot registrert en bekk som renner langs veien i lineament A, samt en bekk/grøft i forbindelse med jordet som ligger på østsiden av kryssområdet, se Figur 55.

13.2.6 Skredfare

Skredmodellering [1] og/eller aktsomhetsområder for skred [11] viser at det er steinsprangfare mellom profil 16600-17900. Mellom 17950-18100 (gjelder sidevei 380-500) ligger sideveien tett inntil bratt bergside, der det er registrert et steinsprang i 2021. Aktsomhetsområder for snøskred og jord- og flomskred når ny veilinje mellom profil 16600-17900.

13.3 Tolkingsdel med ingeniørgeologiske vurderinger

13.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Kinematiske analyser av skjæringene med skjærings-ID «E39-17-VS» og «E39-PR-2-VS» viser at det er potensiale for store planutglidninger langs sprekkesett 1 (foliasjonsplan). Det er lite potensiale

for kileutglidninger. Blokkutvelting kan forekomme, der sprekkesett 1 fungerer som baseplan og kombinasjoner av sprekkesett 2, 3 og 4 fungerer som avløsningsplan.

Stabilitetsberegninger i RocPlane av potensielle planutglidninger langs gjennomsnittsorienteringen (31° fall) til sprekkesett 1 (foliasjon) i skjæringene «E39-17-VS» «E39-PR-2-VS» gir en SF lik henholdsvis 2,13 og 1,94. Inngangsparametere som er brukt i beregningen er JRC lik 10, JCS lik 99 MPa og φ_r 30°. Høyden er satt lik 15 meter for «E39-17-VS» og lik 26 meter for «E39-PR-2-VS», som er maksimal høyde til de to skjæringene. Det er brukt 30 % vanntrykk med trekantfordeling siden det ikke er noen tydelige vannveier i overkant av bergskjæringene. Det er noe variasjon i fallet og kan opptre sprekkeflater med steilere fall enn det som er benyttet i beregningen, slik at SF kan bli noe lavere. Det tas utgangspunkt i at skjæringene kan utformes i henhold til normalprofilen, da beregninger i RocPlane og Swedge gir høye sikkerhetsfaktorer.

For skjæringen langs tilførselsvei med skjærings-ID «TV-6-Øye-VS», er det potensiale for mindre planutglidninger langs sprekkesett 3. Det er også potensiale for små og store kileutglidninger mellom sprekkesett 2 og 3 og sprekkesett 3 og 4. Det er i tillegg et potensiale for blokkutvelting, der sprekkesett 3 fungerer som baseplan og kombinasjoner av sprekkesett 1, 2 og 4 fungerer som avløsningsplan. Det kan bli aktuelt å forme skjæringen etter sprekkesett 3, som har et gjennomsnittsfall på 75°.

Kinematiske analyser for skjæringen med skjærings-ID «E39-AR-3-VS» viser at enkelte av foliasjonsplanene kan føre til planutglidninger. Det kan også forekomme store kileutglidninger mellom sprekkesett 1 og 2 og sprekkesett 1 og 4. Enkelte av foliasjonsplanene (sprekkesett 1) kan danne baseplan for blokkutvelting, der avløsningsplan er dannet av kombinasjoner av sprekkesett 2, 3 og 4.

Med samme inngangsparametere for potensielle planutglidninger beregnet i RocPlane, som for «E39-17-VS» og «E39-PR-2-VS», men med høyde lik 27 meter, blir SF lik 1,93 for «E39-AR-3-VS». Beregninger i Swedge av potensielle kileutglidninger mellom sprekkesett 1/2 og 1/4 gir henholdsvis en SF lik 3,2 og 2,07. Sprekkesett 1, 2 og 4 har stort sett samme inngangsparametere som er brukt i analysene i RocPlane, med unntak av JRC som er satt lik 14 for sprekkesett 2 og 4, da disse sprekkesettene ble observert som plane til undulerende i felt. Det tas utgangspunkt i at bergskjæringen kan utformes i henhold til normalprofilen, da beregninger i RocPlane og Swedge gir høye sikkerhetsfaktorer.

13.3.2 Forventet bergsikring

Det kan forventes soner med dårligere bergmassekvalitet mellom foliasjonsplanene (sprekkesett 1). Dersom dette blir tilfellet, kan det bli behov for steinsprangnett eller sprøytebetong i disse sonene. Det kan heller ikke utelukkes at det finnes områder der bergmassen har dårligere kvalitet

enn det som er observert i dagen, og at disse områdene har behov for økt sikringsomfang. Ellers forventes det et normalt behov for boltesikring i bergskjæringene.

Det forventes mellom 0-1 meter løsmassemektighet ved toppkant skjæring «E39-PR-2-VS» og «E39-AR-3-VS». Det kan bli omfattende rensk av løsmasser i skråningen over toppkant skjæring «E39-PR-2-VS», da det er bratt sideterreng. Her må det også vurderes om permanent støttekonstruksjon er mulig ved skjæringstopp for å unngå omfattende rensk. For de andre to bergskjæringene antas det at det er tilstrekkelig å følge kravene i delkapittel 4.7.8 med en stabil graveskråning som strekker seg 2-3 meter oppover i skråningen fra toppkant skjæring. Ved skjæring «E39-17-VS» ble det observert to bergblotninger ca. 15-20 meter over toppkant skjæring, ellers besto området av ukjent mektighet med morenemasser med store blokker. Løsmassene må enten håndteres ved å etablere en permanent støttekonstruksjon ved toppkant skjæring, eller alternativt legges med helning 1:2 som potensielt kan strekke seg en del meter opp i skråningen.

Totalt skjæringsareal er beregnet til ca. 11700 m². Ut fra arealet og bergmassekarakteristikken estimeres det grovt et behov for ca. 900 sikringsbolter og 2300 m² steinsprangnett. Ved dårlig bergmassekvalitet mellom foliasjonsplan kan det bli aktuelt med sprøytebetong. Mengden anslås grovt til 50 m³.

13.3.3 Sprengning og uttaksmetode

Det planlegges at berguttak kan utføres i henhold til beskrivelsene i delkapittel 4.5.

13.3.4 Vannforhold

Da det ikke er noen tydelige vannveier i overkant av bergskjæringene i området, antas det at rennende vann i bergskjæringene ikke vil være noen spesiell utfordring her. Det er heller ingen myrområder som kommer i direkte kontakt eller er i nærheten av bergskjæringene.

13.3.5 Skredfare

Hentet fra skredrapport [1]:

«Steinsprangfare mellom profil 16600-17900: I mesteparten av området vurderes det at steinsprang ikke vil ha utløp som når ny vei. Urfoten og skredavsetninger ligger med god avstand til vei, og modellering i Rf3D underbygger vurdering av utløp. Akseptabel risiko. Steinsprangfare mellom profil 17950-18100 (gjelder sidevei (380-500): Sideveien ligger tett inntil bratt bergside, registrert et steinsprang der i 2021. Må detaljsikres vha. rensk og sikring. Tiltak må utføres for å oppnå akseptabel risiko mellom profil 380-500.

Steinsprangfare nordvest i rundkjøringen mellom østgående av- og påkjøringsrampe i Frøytlandskrysset (profil 17650): Bratt skrent over rundkjøring. Må renskes. Tiltak må utføres for å oppnå akseptabel risiko.»

Snøskredfare mellom 16600-17900: Små løснеområder, mye vegetasjon. Snøskred vil ikke ha utløp til ny vei. Akseptabel risiko.

Jord- og flomskredfare mellom 16600-17900: Mye vegetasjon, urløsmasser, ingen spor i terrenget etter tidligere skred. Utløp vil ikke nå vei. Akseptabel risiko.

13.3.6 Omgivelser

Det er eksisterende bygninger nærmere enn 200 m til sprengningsstedene, og anbefalingene i kap. 4.8 bør følges. Det er registrert to kulturminner i veilinen ved ca. profil 17050, og to kulturminner ca. 50 meter fra veilinen ved profil 17150-17200 [25]. Det er ikke registrert noen naturtyper med høy verdi i nærheten [21].

14 Vest for Nesan

14.1 Innledning

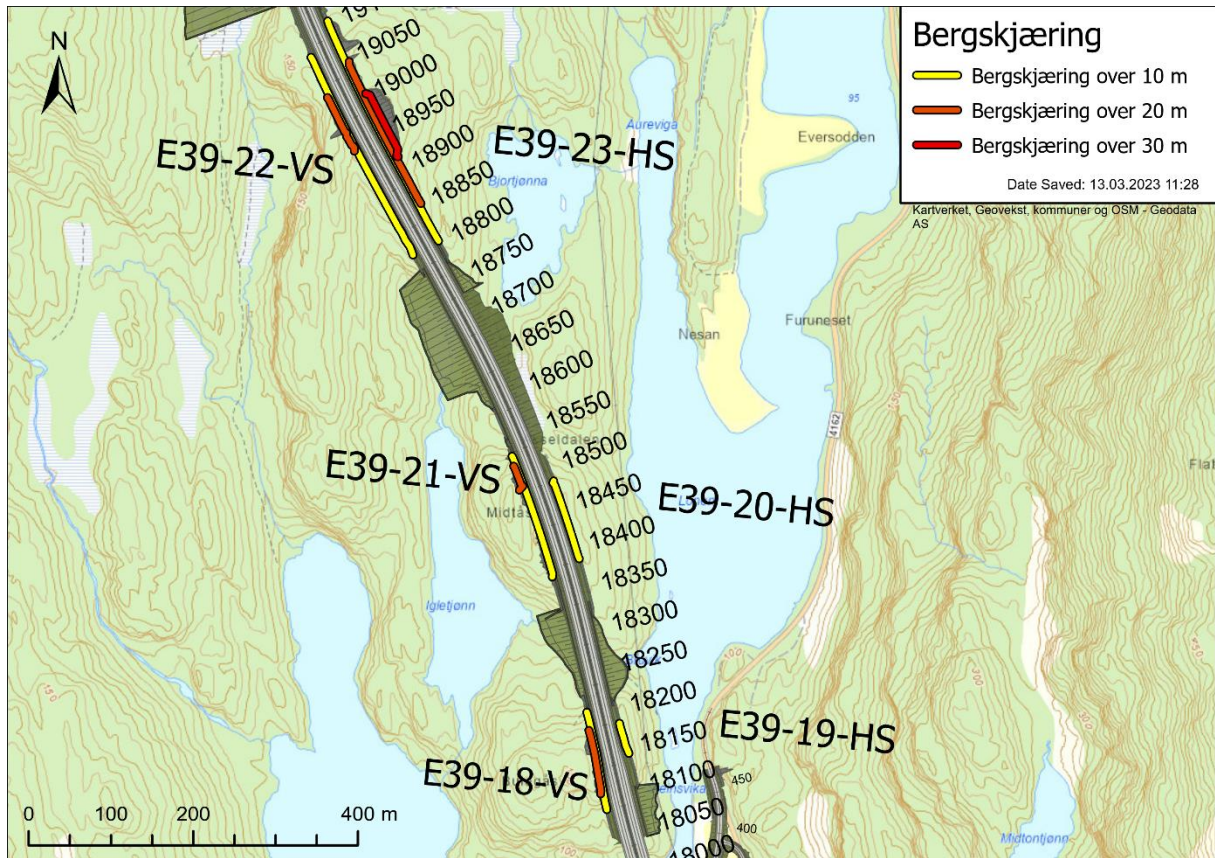
Nord for Frøytlandskrysset kutter veilinjens gjennom tre bergkoller, der det vil bli bergskjæringer med skjæringshøyde over 10 meter på begge sider av veien. Mellom bergkollene vil det bli fyllinger. Se Tabell 31, Tabell 32, Figur 56 og Figur 57 for en oversikt over bergskjæringer i geoteknisk kategori 1, 2 og 3.

Tabell 31 Strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 3.

SkjæringsID	Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Tegningsnr./ kommentar
	Fra	Til				
E39-18-VS	18100	18220	V	120	26	V3115
E39-19-HS	18160	18200	H	40	10	V3115
E39-20-HS	18400	18500	H	100	14	V3115
E39-21-VS	18390	18545	V	145	21	V3115
E39-22-VS	18820	19090	V	270	23	V3116
E39-23-HS	18820	19115	H	295	38	V3116

Tabell 32 Strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2.

Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Kommentar
Fra	Til				
18060	18100	V	40	<10	
18220	18235	V	15	<10	
18115	18160	H	45	<10	
18200	18220	H	20	<10	
18340	18400	H	60	<10	
18500	18535	H	35	<10	
18350	18390	V	40	<10	
18545	18550	V	5	<10	
18575	18600	V	25	<10	
18800	18820	V	20	<10	
19090	19160	V	70	<10	
18800	18820	H	20	<10	
19115	19140	H	25	<10	
19510	19555	H	45	<10	
19820	19850	V	30	<10	



Figur 56: Oversikt over planlagte bergskjæringer med høyde over 10 meter vest for Nesan.



Figur 57: Utklipp fra innsynsmodellen som viser planlagte skjæringer mellom profil 18100-19115. Utsnittet er tatt i retning nordvest (stigende profilnummer).

14.2 Faktadel

14.2.1 Topografi

Lengst sør i delområdet kutter veilinen gjennom Bulegås, som er en bergkulle på 156 moh. på det høyeste. Det vil bli en dobbeltsidig skjæring som er over 20 meter på venstre side av veien og over 10 meter på høyre side av veien. Sideterrenget over skjæringen på venstre side stiger videre oppover med en helning på 10-25°, mens det på høyre side av veien faller med en helning på 30-45°.

Videre nordover kutter veien gjennom Midtås, som er en bergkulle på 151 moh. Her vil det også bli skjæringer over 10 meter på begge sider av veien. Veilinen krysser litt øst for toppen, slik at terrenget stiger videre oppover vest for veien med en helning på 10-45°, mens terrenget på høyre side av veien faller med en helning på 10-45°.

Helt nord i delområdet kutter traséen gjennom en bergkulle på 175 moh., som ligger vest for Bjortjønna. Skjæringene vil bli over 20 meter på venstre side av veien og over 30 meter på høyre side av veien. På høyre og venstre side av veien faller terrenget av mot henholdsvis øst og vest på skjæringstoppene.

14.2.2 Løsmasser

Løsmassedekket består av tynt humusdekke/torvdekke og bart berg der skjæringene er planlagt ifølge NGUs løsmassekart [11]. Observasjoner i felt bekrefter at dette stemmer.

14.2.3 Grunnundersøkelser

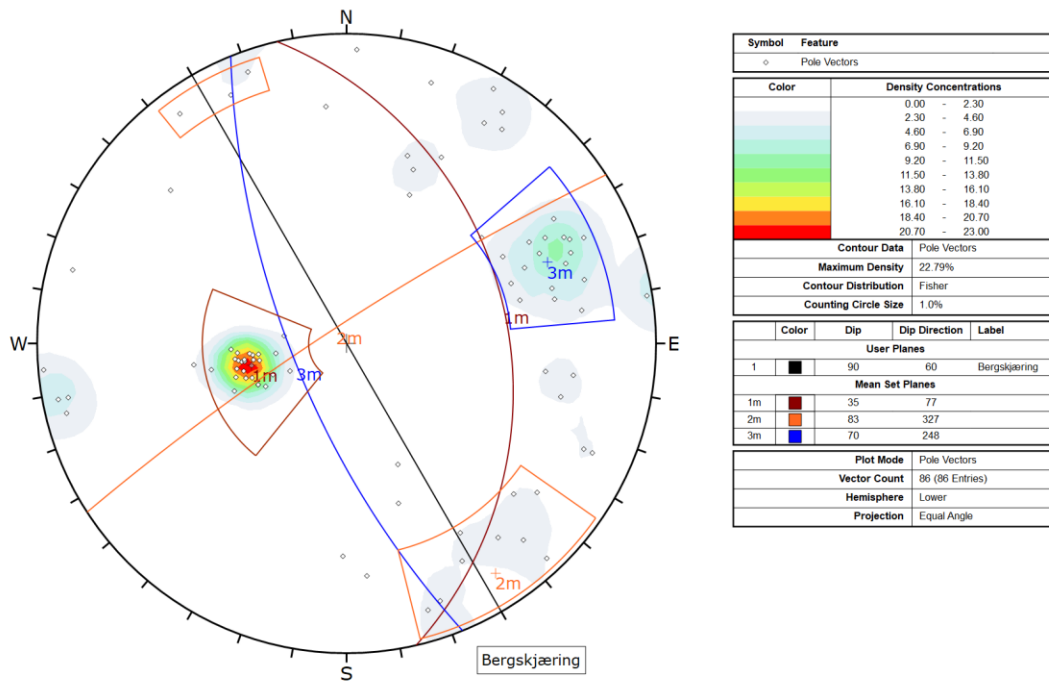
Det er per mars 2023 ikke utført grunnundersøkelser i dette området, og det er heller ikke planlagt grunnundersøkelser i forbindelse med bergskjæringene.

14.2.4 Berggrunn og oppsprekking

Berggrunnen i området består av granodioritt og båndgneis ifølge NGUs berggrunnskart [18]. I felt ble det bare registrert båndgneis, noe som stemmer bedre overens med berggrunnskart over Flekkefjord i målestokk 1:100 000 [19]. Bergmassen i området fremstår som massiv. Det er registrert to sprekkesett som utgjør bergskrenter, samt et sprekkesett som utgjør foliasjonen i området. De tre sprekkesettene som er kartlagt er de samme som opptrer ved Frøytlandskrysset, men med en litt annen gjennomsnittlig fallretning og fall. Figur 59, Figur 60 og Figur 61 og viser henholdsvis sprekkesett 1 (foliasjon) og sprekkesett 2.

Tabell 33: Beskrivelse av sprekkesett i delområdet vest for Nesan.

Sprekkesett	Fallretning/fall	Kommentar
1m	$077^{\circ} \pm 10^{\circ} / 35^{\circ} \pm 10^{\circ}$	Foliasjonsplan. Plane og ru sprekkeoverflater med stor utholdenhet. Sprekkeavstand på 5-30 meter i storskalamønster. I småskalamønster er sprekkeavstand til foliasjonsplanene ca. 0,5-2 meter med lite utholdende sprekker.
2m	$327^{\circ} \pm 10^{\circ} / 83^{\circ} \pm 10^{\circ}$	Utgjør bergskrenter i området som er 5 til 30 meter høye. Plane til undulerende og ru sprekkeoverflater. I storskalamønster er sprekkeavstand 20-100 meter, mens sprekkeavstand i småskalamønster er 1-3 meter.
3m	$248^{\circ} \pm 10^{\circ} / 70^{\circ} \pm 10^{\circ}$	Sprekkesett som utgjør spredte bergskrenter i området. Sprekkeavstand er flere meter. Ru og plane til undulerende sprekkeoverflater uten belegg.



Figur 58: Registrerte sprekkemålinger i delområdet Vest for Nesan. Linjen gjennom sentrum representerer orienteringen av de ulike bergskjæringene.



Figur 59: Ved skjæring E39-20-HS og E39-21-VS. Skråningen er foliasjonsplanet dekket av tynt torvdekke.

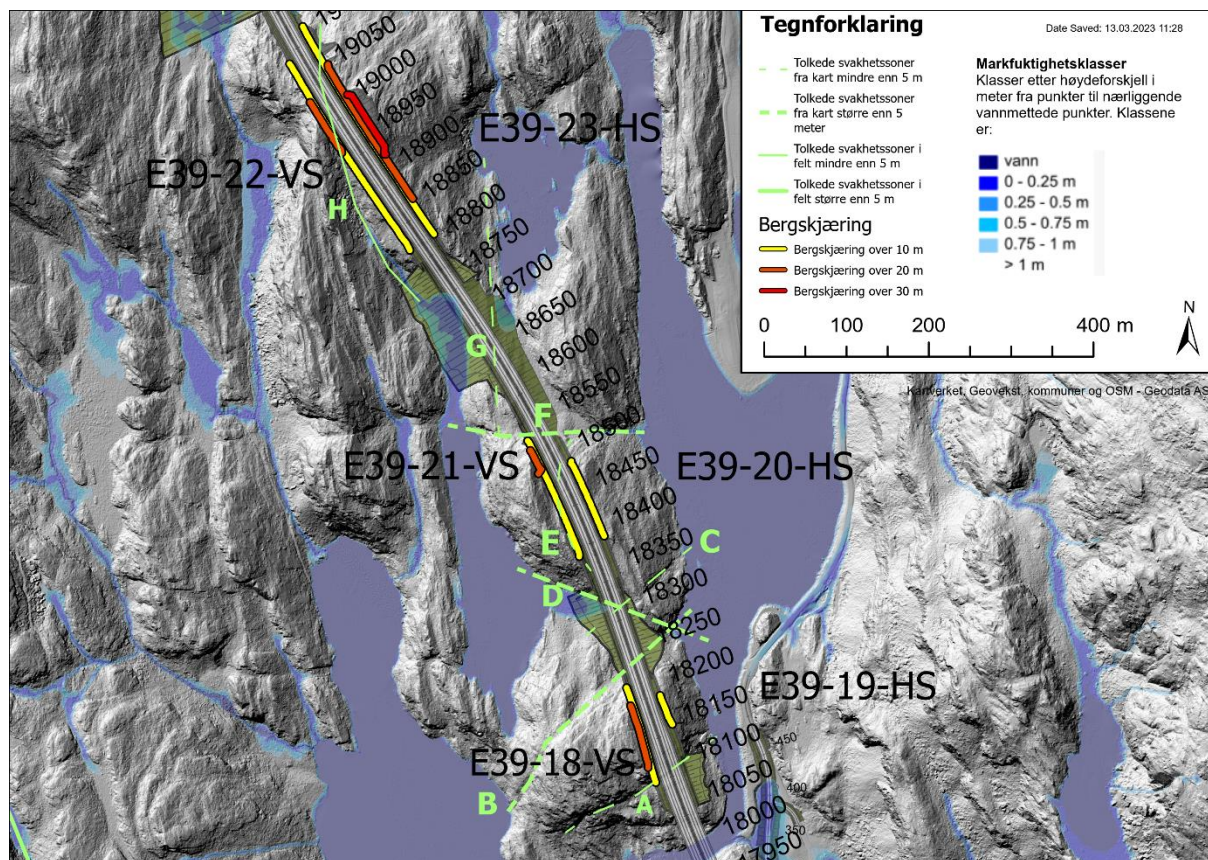


Figur 60 Litt vest for skjæring E39-22-VS og E39-23-HS. Foliasjonsplan.



Figur 61 Litt vest for skjæring E39-22-VS og E39-23-HS. Bergskrent som tilhører sprekkeseett 2, der sprekkeseett 1 og 3 kan observeres i skrenten.

Det er observert flere lineamenter både i felt og fra kartgrunnlag i delområdet. Disse krysser hovedsakelig traséen i søkk mellom bergskjæringene (lineament nr. B, C, D, F og G), eller er parallelle med foliasjonen (sprekkeseett 1) i området (lineament E og H). Lineament A krysser omtrent vinkelrett på traséen ved profil 18100-18105, der skjæringen er ca. 10 meter høy. Se Figur 62 for oversikt over lineamentene i området.



Figur 62: Oversikt over lineamenter som er kartlagt i felt og fra kartstudie, samt markfuktighet i delområdet "Vest for Nesan".

14.2.5 Vannforhold

Det er ingen tydelige vannveier i overkant av bergskjæringene, dersom det tas utgangspunkt i NIBIOs markfuktighetskart [38]. Markfuktighetskartet viser at vannmettingen er størst i søkkene mellom skjæringene, se Figur 62. I felt ble det registrert myr og bekker i søkkene. Det ble ikke registrert vann på bergkollene, der skjæringene er planlagt.

14.2.6 Skredfare

Mellom 19300-19400 er det registrert aktsomhetsområde for snøskred [11].

14.3 Tolkningsdel med ingeniørgeologiske vurderinger

14.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Kinematiske analyser for skjæringene med skjærings-ID «E39-18-VS», «E39-21-VS» og «E39-22-VS» viser at det er potensiale for store planutglidninger langs sprekkesett 1 (foliasjon). Kileutglidninger kan forekomme mellom sprekkesett 1 og 2, samt mellom sporadiske sprekker. Blokkutvelting kan forekomme, der sprekkesett 1 (foliasjon) er baseplan og sprekkesett 2 og 3 fungerer som avløsningsplan.

Stabilitetsberegninger i RocPlane av potensielle planutglidninger langs gjennomsnittorienteringen (35° fall) til sprekkeseett 1 (foliasjon) i bergskjæringene «E39-18-VS», «E39-21-VS» og «E39-22-VS» gir en SF lik henholdsvis 1,68, 1,75 og 1,72. Inngangsparametere som er brukt i beregningen er JRC lik 10, JCS lik 99 Mpa og ϕ 30°. Høyden er satt lik 26, 21 og 23 meter, som er maksimal høyde til henholdsvis «E39-18-VS», «E39-21-VS» og «E39-22-VS». Det er brukt 30 % vanntrykk med trekantfordeling, da det ikke er noen tydelige vannveier i overkant av skjæringene.

Stabilitetsberegninger i Swedge av potensielle kileutglidninger mellom sprekkeseett 1 og 2 viser at SF er lik 2,06, 2,13 og 2,11 for henholdsvis «E39-18-VS», «E39-21-VS» og «E39-22-VS». Det er brukt stort sett samme inngangsparametere som i RocPlane, bortsett fra at JRC er satt lik 14 for sprekkeseett 2, siden det ble observert plane til undulerende sprekkeflater i felt. Da stabilitetsberegninger i RocPlane og Swedge gir sikkerhetsfaktorer høyere enn 1, planlegges det at skjæringene utformes i henhold til normalprofilen.

Kinematiske analyser for skjæringene med skjærings-ID «E39-19-HS», «E39-20-HS» og «E39-23-HS» viser at det er stort potensiale for planutglidninger langs sprekkeseett 3. Det er også potensiale for kileutglidninger mellom sprekkeseett 2 og 3 og mellom sporadiske sprekker. I tillegg er det potensiale for blokkutvelting, der sprekkeseett 3 fungerer som baseplan og sprekkeseett 1 og 2 fungerer som avløsningsplan. Dersom det er mulig, anbefales det å forme skjæringsfronten langs sprekkeseett 3.

14.3.2 Forventet bergsikring

Det kan forventes soner på 0,5-2 meter med dårligere bergmassekvalitet mellom foliasjonsplanene (antatte svakhetssoner lineament E og H). Dette gjelder mellom ca. profil 18350-18480, der lineament E ser ut til å ha utgående i «E39-21-VS», samt mellom ca. profil 18530-18565 i «E39-20-HS». «E39-22-VS» og «E39-23-HS» antas å bli påvirket av lineament H. Lineament A (antatt svakhetsone), som har samme orientering som sprekkeseett 2, antas å være mindre enn 5 meter bred og krysser E39-18-VS der skjæringshøyden er ca. 10 meter. I områdene der antatte svakhetssoner krysser, kan det bli behov for steinsprangnett eller sprøytebetong. Det kan heller ikke utelukkes at det finnes områder der bergmassen har dårligere kvalitet enn det som er observert i dagen, og at disse områdene har behov for økt sikringsomfang. Ellers forventes det et normalt behov for boltesikring i skjæringene.

Det forventes mellom 0-1 meter løsmassemekthet ved toppkant bergskjæringer, da det er registrert mye bart berg i området bergskjæringene skal etableres. Terrenget i overkant av bergskjæringene er relativt flatt eller heller av bort fra veien, og det forventes av løsmassene kan håndteres ved å følge kravene i delkapittel 4.7.8. Løsmasseskråningene forventes å strekke seg 1-3 meter fra toppkant skjæring og oppover i skråningen, med unntak av terrenget i overkant av «E39-

21-VS» (ca. profil 18480-18520), der det antas at det må renkes til bart berg i 15-20 meter fra toppkant bergskjæring.

Totalt skjæringsareal er beregnet til ca. 18500 m². Ut fra arealet og bergmassekarakteristikken er det grovt estimert behov for ca. 1500 sikringsbolter og 4100 m² steinsprangnett. Ved dårligere bergmassekvalitet mellom foliasjonsplanene og i områder der bergskjæringene krysses av svakhetssoner, kan det bli behov for sprøytebetong. Mengden er grovt anslått til 60 m³.

14.3.3 Sprengning og uttaksmetode

Det planlegges at berguttak kan utføres i henhold til beskrivelsene i delkapittel 4.5. Det blir bergskjæringer opp mot 40 meter. På begge sider av veien er det potensiale for flere utglidningsmekanismer og identifiserte lineamenter som krysser skjæringene vil kunne redusere stabiliteten. Det er viktig med tett oppfølging av fagperson med ingeniørgeologisk bakgrunn under berguttaket. For de høyeste skjæringene kreves kontrollert uttak av masser med suksessiv kartlegging og stabilitetssikring for hvert pallnivå.

14.3.4 Vannforhold

Da det ikke er noen tydelige vannveier i overkant av bergskjæringene i området, antas det at rennende vann i bergskjæringene ikke vil være noen spesiell utfordring her. Det er heller ingen myrområder som kommer i direkte kontakt eller er i nærheten av bergskjæringene.

14.3.5 Skredfare

Hentet fra skredrapport [1]:

“Snøskredfare mellom 19300-19400: To små områder. Tett vegetert, begrenset størrelse på akkumuleringsområde. Akseptabel risiko.”

14.3.6 Omgivelser

Det er et eksisterende bygg (gamle Frøytland skole) som ligger ca. 180 meter fra sprengningsstedene, og anbefalingene i kap. 4.8 bør følges. Det er registrert ett kulturminne ca. 70 meter vest for veilinjen ved profil 18150 (toppen av Bulegås), ett i veilinjen ved ca. profil 18200, samt ett kulturminne ca. 25 meter vest for veilinjen ved ca. profil 18480 (toppen av Midtås). Det er også registrert fire kulturminner 70-130 meter fra veilinjen mellom ca. profil 18800-18900 [25]. Det er ikke registrert noen naturtyper med høy verdi i nærheten [21].

15 Lonetona

15.1 Innledning

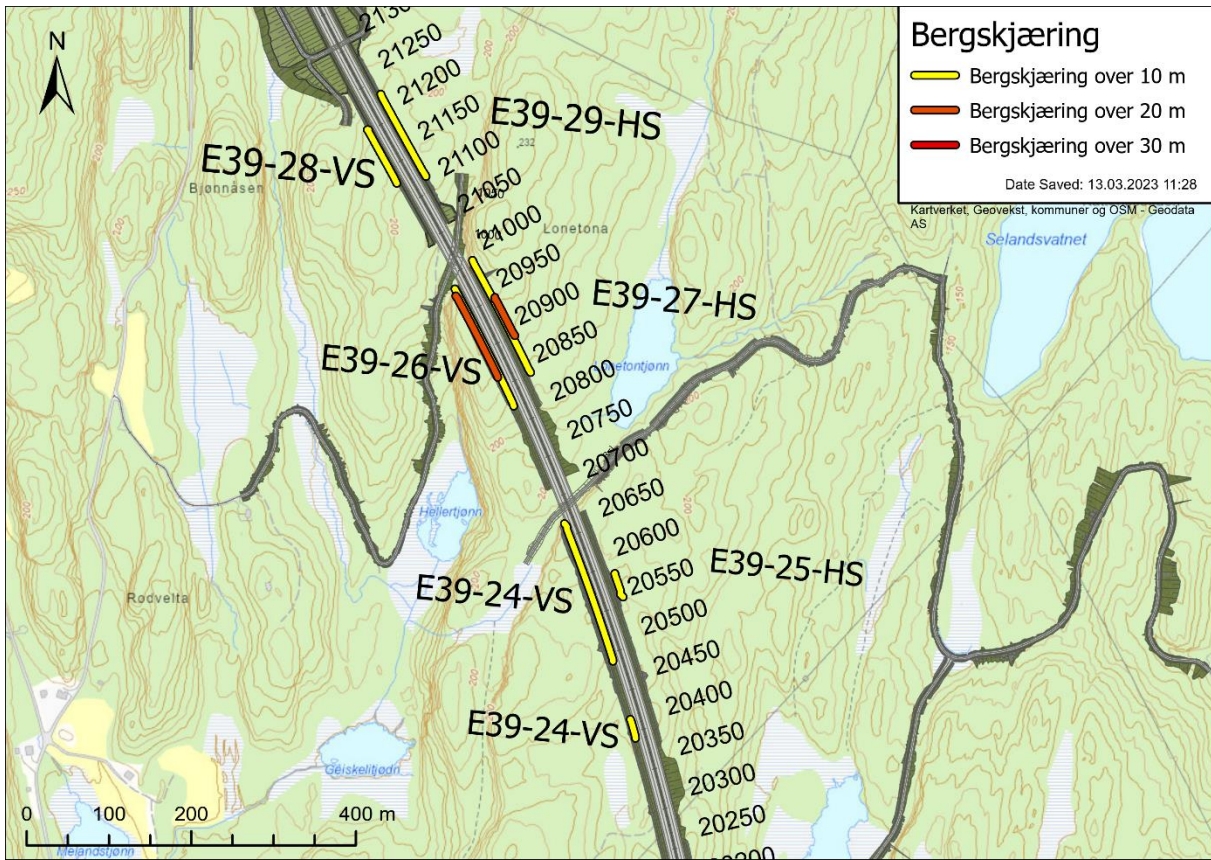
Ved Lonetona ligger veilinen tungt i terrenget med sammenhengende bergskjæringer langs store deler av strekket. Det vil bli bergskjæringer med høyde over 10 meter på begge sider av veien. Tabell 34, Figur 63 og Figur 64 gir en oversikt over bergskjæringer i geoteknisk kategori 3, mens Tabell 35 gir en oversikt over bergskjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2.

Tabell 34: Strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 3.

SkjæringsID	Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Tegningsnr./ kommentar
	Fra	Til				
E39-24-VS	20390	20415	V	25	16	V3117
	20490	20665	V	175	14	
E39-25-HS	20550	20600	H	50	12	V3117
E39-26-VS	20820	20985	V	165	28	V3118
E39-27-HS	20845	21010	H	165	25	V3118
E39-28-VS	21120	21205	V	85	18	V3118
E39-29-HS	21110	21240	H	130	12	V3118

Tabell 35 Strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2.

Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Kommentar
Fra	Til				
20205	20265	H	60	<10	
20210	20390	V	165	<10	
20415	20490	V	75	<10	
20670	20675	V	5	<10	
20380	20550	H	170	<10	
20600	20685	H	85	<10	
20710	20760	V	50	<10	
20750	20755	H	5	<10	
20790	20820	V	30	<10	
20805	20845	H	40	<10	
21060	21120	V	60	<10	
21205	21255	V	50	<10	
21080	21110	H	30	<10	
21240	21285	H	45	<10	



Figur 63: Oversikt over planlagte bergskjæringer med høyde over 10 meter ved Lonetona.



Figur 64: Utklipp fra innsynsmodellen som viser planlagte skjæringer ved Lonetona (og Meland helt i toppen av utklippet). Utsnittet er tatt i retning nordvest (stigende profilnummer).

15.2 Faktadel

15.2.1 Topografi

I storskala er terrenget ved Lona og nordover i prosjektet preget av avsatter hvor foliasjonsplanene avgrenses av steile skrenter med strøkretning fra N-S til NØ-SV. I delområdet strekker veilinjen seg over tre avsatter som har avrundede koller og knauser i ellers slakere terreng med helninger mellom 10°-45°.

15.2.2 Løsmasser

Kvartærgeologisk kart fra NGU indikerer at løsmassene i delområdet består av tynt humus- og torvdekke over berggrunnen [17]. I felt ble det observert hyppige bergblotninger der skjæringene er planlagt, samt morenemasser og humus/torvdekke. I områdene med høy markfuktighet ble det observert myrer.

15.2.3 Grunnundersøkelser

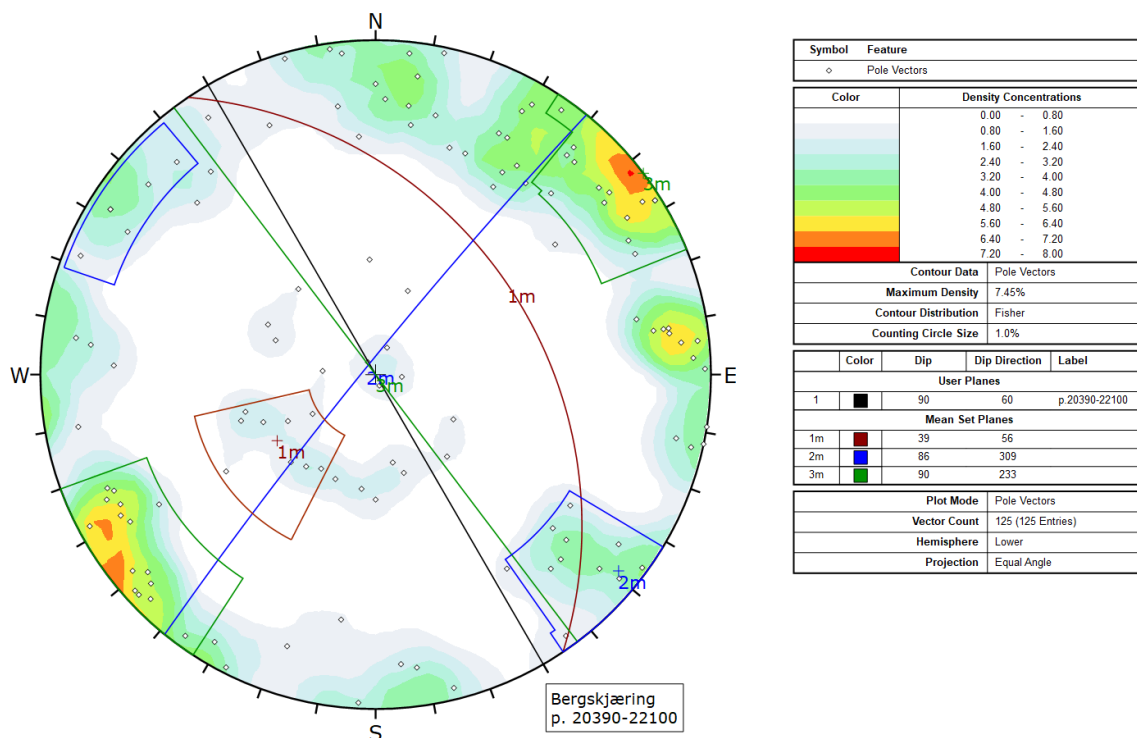
Det er per mars 2023 ikke utført grunnundersøkelser i dette området, og det er heller ikke planlagt grunnundersøkelser i forbindelse med bergskjæringene.

15.2.4 Berggrunn og oppsprekking

Berggrunnen i området består av granodioritt ifølge NGUs berggrunnskart [18]. I felt ble det registrert båndgneis, noe som stemmer bedre overens med berggrunnskart over Flekkefjord i målestokk 1:100 000 [19], der det er kartlagt «Feda Øyegneis». Det ble kartlagt tre sprekkesett, samt sporadiske sprekker i delområdet. De tre sprekkesettene som er kartlagt i delområdet, er de samme som opptrer ved «Frøytlandskryssset» og «Vest for Nesan», men med en litt annen gjennomsnittlig fallretning og fall, se Figur 66. Samtlige sprekkemålinger er beskrevet nærmere i Tabell 36 og Figur 65.

Tabell 36: Beskrivelse av sprekkesett i delområdene Lonetona og Meland.

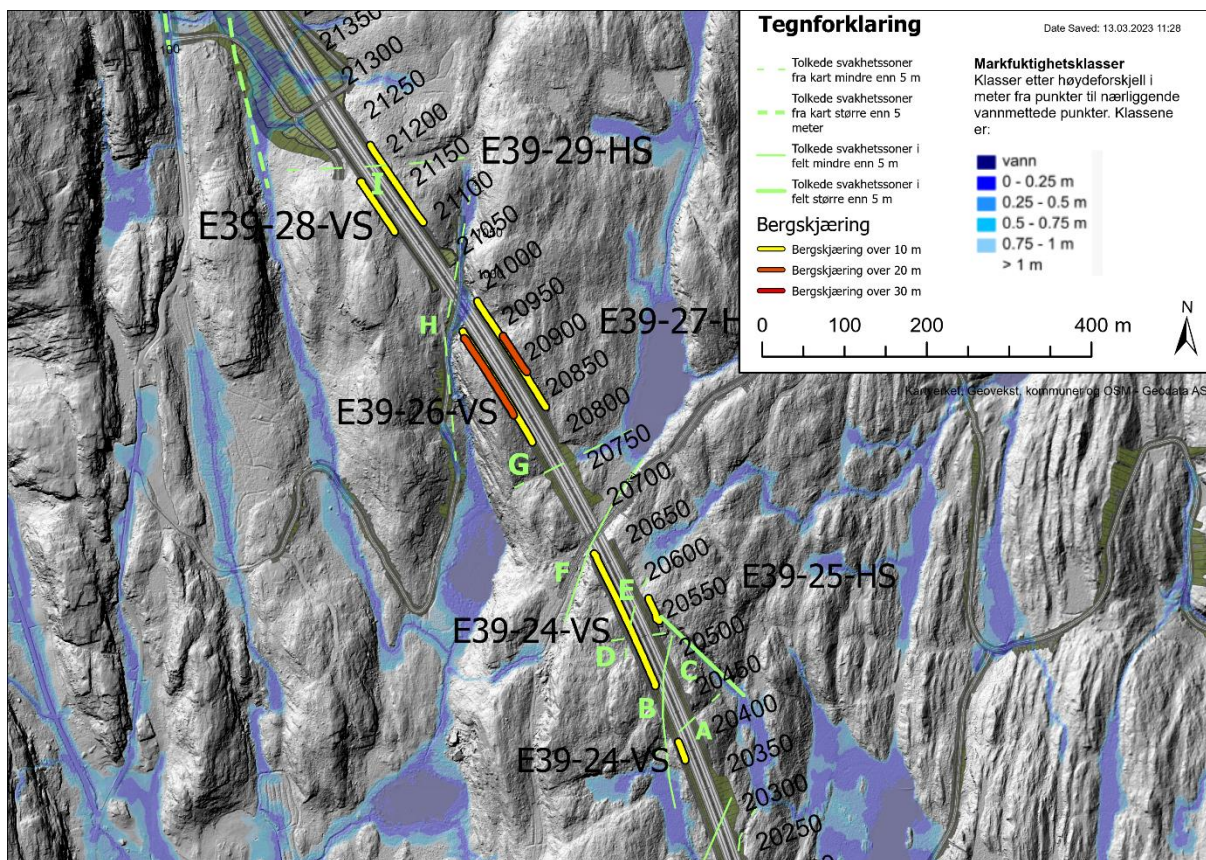
Sprekkesett	Fallretning/fall	Kommentar
1m	$056^{\circ} \pm 10^{\circ} / 39^{\circ} \pm 10^{\circ}$	Foliasjonsplan. Plane til undulerende og ru sprekkeoverflater med stor utholdenhet. Sprekkeavstand på 5-30 meter i storskalamønster. I småskalamønster er sprekkeavstand til foliasjonsplanene ca. 0,5-2 meter med lite utholdende sprekker.
2m	$309^{\circ} \pm 10^{\circ} / 86^{\circ} \pm 10^{\circ}$	Utgjør bergskreanter i området som er 5 til 30 meter høye. Plane til undulerende og ru sprekkeoverflater. I storskalamønster er sprekkeavstand 20-100 meter, mens sprekkeavstand i småskalamønster er 1-3 meter.
3m	$233^{\circ} \pm 10^{\circ} / 90^{\circ} \pm 10^{\circ}$	Utgjør bergskreanter i området. 1 m til flere meter sprekkeavstand. Plane til undulerende og ru sprekkeoverflater. Ingen sprekkebelegg



Figur 65: Sprekkeregistreringer i delområdene Lonetona og Meland. Linjen gjennom sentrum representerer orienteringen av de ulike bergskjæringene.



Figur 66 Typiske bergforhold ved Lonetona. Bildet er tatt vest for bergskjæring med skjærings-ID «E39-24-VS». Skrenten følger sprekkesett 3 mens sprekkesett 1 (foliasjon) og sprekkesett 2 kan sees i skrenten. Bildet er tatt mot øst(nordøst).



Figur 67: Oversikt over lineamenter som er kartlagt i felt og fra kartstudie, samt markfuktighet i delområdet «Lonetona».

Området er preget av gjentakende lineamenter/forsenkninger i terrenget, som er vist i Figur 67. Lineament F, G og H krysser veilinja der det er planlagt fyllinger mellom bergskjæringene, mens lineament A, B, C, D, E og I krysser veilinja der det er planlagt bergskjæringer.

15.2.5 Vannforhold

Markfuktighetskart fra NIBIO viser at området har flere tjern med tilknyttede vannveier [38]. Områdene med vann følger forsenkningene i terrenget. Ingen vannveier krysser veilinja der det er høyere bergskjæringer. Ved profil 21000-21050 er det markert vann i tilknytning til Hellertjønn. Vannet følger lineament H som befinner seg rett nord for bergskrenten som skjærings-ID «E39-26-VS» og «E39-27-HS» ligger i.

15.2.6 Skredfare

Det er ingen aktsomhetsområder for skred [11] og/eller skredmodelleringer [1] som berører veilinja i dette delområdet.

15.3 Tolkningsdel med ingeniørgeologiske vurderinger

15.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

For bergskjæringene på venstre side av veien med skjærings-ID «E39-24-VS», «E39-26-VS» og «E39-28-VS» viser kinematiske analyser potensiale for planutglidninger langs sprekkeseett 1 (foliasjonsplan) som er orientert tilnærmet parallelt veilinjen. Det er også potensiale for utglidninger langs sprekkeseett 3 som varierer om vertikalen. Det er potensiale for mindre kiledannelser mellom sprekkeseett 2 og sporadiske sprekker. Det også et lavt potensial for blokkutvelting med blokkdannelser mellom sprekkeseett 2 og 3 og sprekkeseett 1 (foliasjonsplan) som baseplan.

Stabilitetsberegninger i RocPlane av potensielle planutglidninger langs gjennomsnittorienteringen (39° fall) til sprekkeseett 1 (foliasjon) i bergskjæringene «E39-24-VS», «E39-26-VS» og «E39-28-VS» gir en SF lik henholdsvis 1,65, 1,47 og 1,58. Inngangsparametere som er brukt i beregningen er JRC lik 10, JCS lik 99 Mpa og ϕ 30°. Høyden er satt lik 14, 28 og 18 meter, som er maksimal høyde til henholdsvis «E39-24-VS», «E39-26-VS» og «E39-28-VS». Det er brukt 30 % vanntrykk med trekantfordeling, da det ikke er noen tydelige vannveier i overkant av skjæringene. Skjæringene planlegges etablert i henhold til normalprofilen, da stabilitetsberegninger i RocPlane viser at potensielle planutglidninger har en høy sikkerhetsfaktor. Det kan vurderes å legge skjæringsfronten etter sprekkeseett 3, da dette sprekkesettet er tilnærmet parallelt med veilinjen, og fallet varierer om vertikalen.

For bergskjæringene på høyre side av veien med skjærings-ID «E39-25-HS», «E39-27-HS» og «E39-29-HS» viser kinematiske analyser at det kan forekomme planutglidninger langs sprekkeseett 3. Det er potensiale for små kiledannelser mellom sprekkeseett 2 og 3, samt mellom sprekkeseett 2 og sporadiske sprekker. Der det er mulig bør bergskjæringene formes etter sprekkeseett 3. Dette sprekkesettet er også svært steilt, slik at potensielle ustabile blokker trolig løsner eller enkelt kan fjernes ved utsprenging.

15.3.2 Forventet bergsikring

I områdene hvor veilinjen krysser identifiserte lineamenter/søkk og mellom foliasjonsplan kan det forventes soner med dårlig bergmassekvalitet. I slike soner med forvitret berg må steinsprangnett eller eventuelt sprøytebetong vurderes. Dette gjelder lineament A, B, C, D, E og I. Lineament A har samme orientering som sprekkeseett 2 og krysser traséen mellom profil 20425-20450. Lineament B og E, som krysser «E39-24-VS» og «E39-25-HS», er foliasjonsparallele og antas å ha dårlig bergmassekvalitet i en tykkelse på 0,5-2 meter. Lineament C antas å være ca. 10 meter bred med tilnærmet vertikalt fall, og kan ha innvirkning på bergmassekvaliteten til «E39-25-HS mellom profil 20550-20570. Lineament D og I krysser henholdsvis «E39-24-VS»/ «E39-25-HS» og «E39-29-HS» ved ca. profil 20550-20555 og ca. profil 21210-21215, og antas å ha et tilnærmet vertikalt fall. Det kan heller ikke utelukkes at det finnes områder med dårligere bergmassekvalitet enn det som er observert i dagen, som vil ha behov for økt sikringsomfang. Ellers forventes et normalt behov for sikring i bergskjæringene.

Det forventes mellom 0-1 meter løsmassemekthet ved toppkant bergskjæringer, da det er registrert mye bart berg i området bergskjæringene skal etableres. Terrenget i overkant av bergskjæringene er relativt flatt eller heller nedover, og det forventes av løsmassene kan håndteres ved å følge kravene i delkapittel 4.7.8. Løsmasseskråningene forventes å strekke seg 1-2 meter fra toppkant skjæring og oppover i skråningen.

Totalt skjæringsareal er beregnet til ca. 12700 m². Ut fra arealet og bergmassekarakteristikken er det grovt estimert behov for ca. 1000 sikringsbolter og 2600 m² steinsprangnett. Det kan bli behov for sprøytebetong der veilinjen krysser lineamenter og mellom foliasjonsplan. Mengden sprøytebetong er grovt estimert til 45 m³.

15.3.3 Sprengning og uttaksmetode

Det planlegges at berguttak kan utføres i henhold til beskrivelsene i delkapittel 4.5. Det er viktig med grundig oppfølging av fagperson med ingeniørgeologisk bakgrunn. For de høyeste skjæringene kreves kontrollert uttak av masser med suksessiv kartlegging og stabilitetssikring for hvert pallnivå.

15.3.4 Vannforhold

Da det ikke er noen tydelige vannveier i overkant av bergskjæringene i området, antas det at rennende vann i bergskjæringene ikke vil være noen spesiell utfordring her. Det er heller ingen myrområder som kommer i direkte kontakt eller er i nærheten av bergskjæringene.

15.3.5 Skredfare

Det er ingen aktsomhetsområder for skred [11] og/eller skredmodelleringer [1] som berører veilinja i dette delområdet.

15.3.6 Omgivelser

Minste avstand til nærmeste bebyggelse er ca. 530 meter i luftlinje (Melandstjønn). Det er derfor ikke behov for tilstandsregistrering av bebyggelsen eller å fastsette krav til vibrasjoner fra sprengning. Det er ikke registrert noen kulturminner [25] eller naturtyper med høy verdi i nærheten [21].

16 Meland

16.1 Innledning

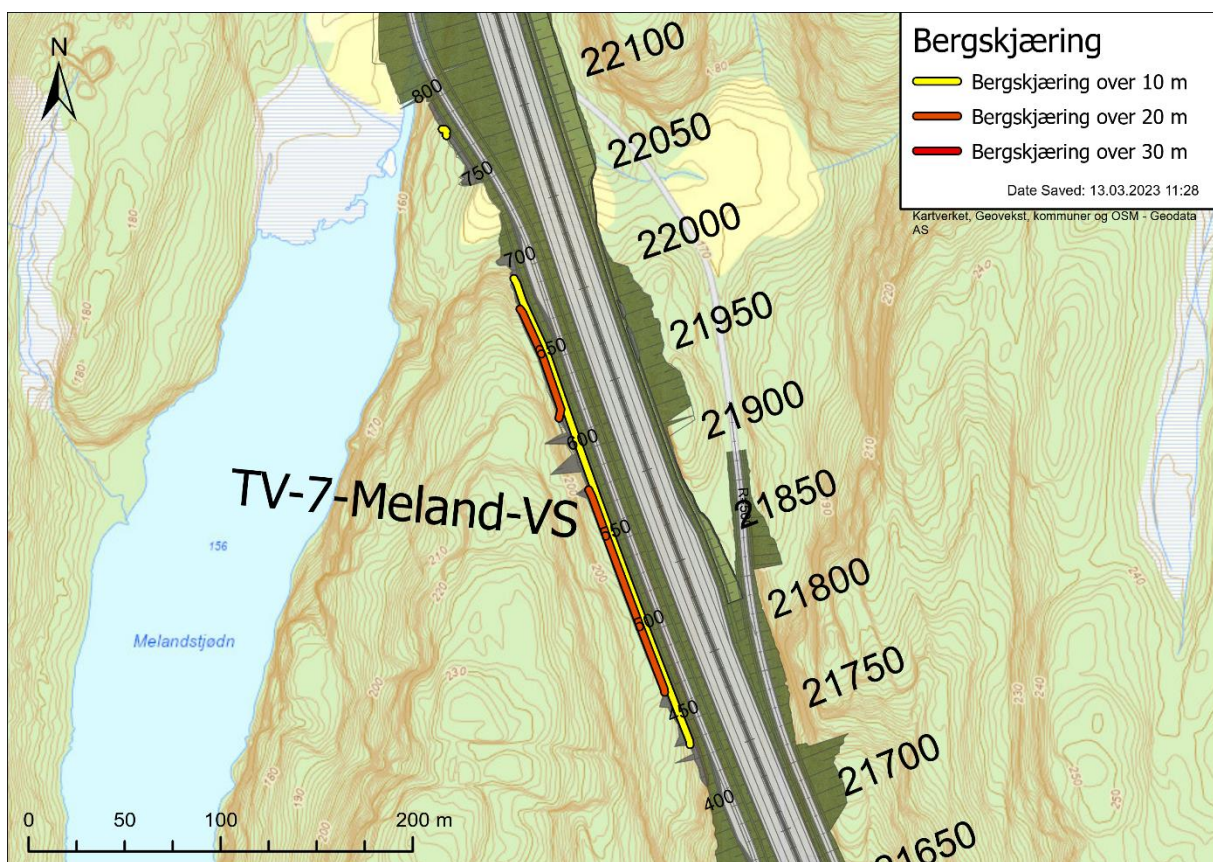
Bergskjæringen med skjærings-ID «TV-7-Meland-VS» ligger på vestsiden av traséen langs tilførselsveien til Meland mellom profil 440 - 695. Bergskjæringen har en makshøyde på 26 meter, og har bratt sideterreng i overkant. En bergskjæring ca. 30 meter nord langs tilførselsveien har fått samme skjærings-ID, da den har omtrent samme orientering. Denne bergskjæringen når 10 meter på det høyeste. Tabell 37, Figur 68 og Figur 69 gir en oversikt over bergskjæringen som er i geoteknisk kategori 3. Tabell 38 gir en oversikt over strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2.

Tabell 37 Strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 3.

SkjæringsID	Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Tegningsnr./ kommentar
	Fra	Til				
TV-7-Meland-VS	440	695	V	255	26	V3119 Bratt sideterreng i form av vertikale bergskrenter og 2-8 meter brede hyller med helning 10-25° i overkant av skjæring mellom profil 470-690 (21790-22000 hovedvei). Terrenget stiger opptil ca. 30 høydemeter fra skjæringstopp.
	780	785	V	5	10	

Tabell 38 Strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2.

Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Kommentar
Fra	Til				
415	440	V	25	<10	Tilførselsvei Meland (sør for p. 22550)
695	710	V	15	<10	Tilførselsvei Meland (sør for p. 22550)
750	780	V	30	<10	Tilførselsvei Meland (sør for p. 22550)
785	800	V	15	<10	Tilførselsvei Meland (sør for p. 22550)
920	960	V	40	<10	Tilførselsvei Meland (sør for p. 22550)
920	960	H	40	<10	Tilførselsvei Meland (sør for p. 22550)



Figur 68: Oversikt over planlagt bergskjæring i geoteknisk kategori 3.



Figur 69: Utklipp fra innsynsmodellen som viser bergskjæring «TV-7-Meland-VS» ved Meland. Utsnittet er tatt i retning nordvest (stigende profilnummer).

16.2 Faktadel

16.2.1 Topografi

Terrenget er bratt på begge sider av veitraséen. Traséen er delvis lagt langs et lineament i landskapet og krysser en større forsenkning orientert tilnærmet N-S. Bergskjæringen med skjærings-ID «TV-7-Meland-VS» er planlagt på traséens vestside langs tilførselsveien til Meland, inntil den langsgående knausen som ligger øst for Melandstjødn. Fra skjæringstopp stiger terrenget videre oppover ca. 30 høydemeter, der terrenget er terrassert med vertikale bergskreanter og 2-17 meter brede hyller med helning 0-15°.

16.2.2 Løsmasser

Løsmassedekket består av usammenhengende morene, humus- og torvdekke og bart berg [17]. Områdene som ligger i nedsenkninger i terrenget har morenemasser, mens det på høydene der bergskjæringen skal etableres hovedsakelig er tynt humus-/torvdekke og bart berg. I felt ble registrert at dette stemmer, i tillegg til at det ble observert noe urmasser i underkant av bergknusen der «TV-7-Meland-VS» er planlagt.

16.2.3 Grunnundersøkelser

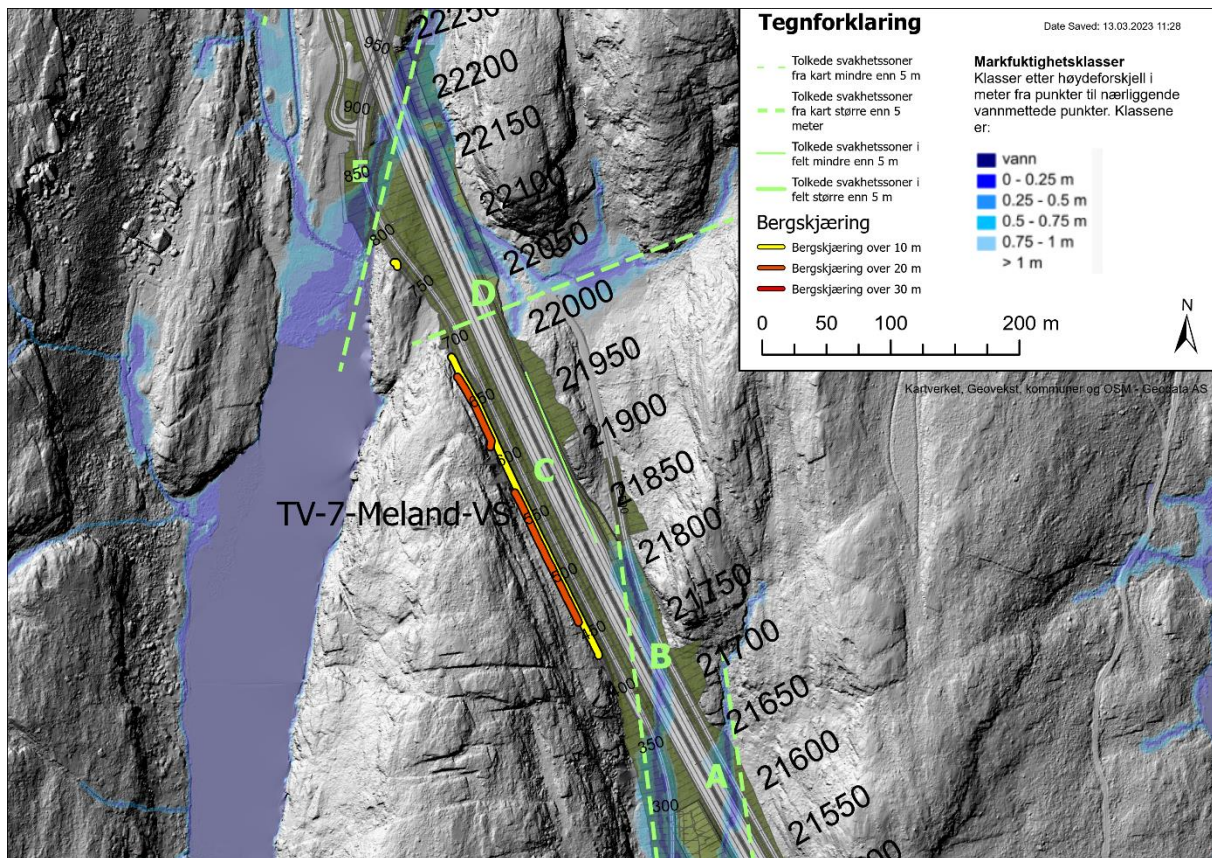
Det er utført tre totalsonderinger ved profil 22200, der veien krysser elva som renner ned til Melandstjødn. To av sonderingene treffer mest sannsynlig stein etter 2 og 10 meter dybde, mens den siste totalsonderingen avsluttes etter 12 meter dybde uten å ha truffet berg.

16.2.4 Berggrunn og oppsprekking

Berggrunnen i området består av granodioritt ifølge NGUs berggrunnskart [18]. I felt ble det registrert øyegneis med store feltspatkrystaller, noe som stemmer bedre overens med berggrunnskart over Flekkefjord i målestokk 1:100 000 [19], der det er kartlagt «Feda øyegneis» i området. Bergmassen i området fremstår som massiv, se Figur 70. For nærmere beskrivelse av sprekkesett, henvises det til kap. 15.2.4.



Figur 70: Front til bergskrent tilhører sprekkesett 3. Tatt ved ca. profil 21850 i retning nordvest.



Figur 71: Oversikt over lineamenter som er kartlagt i felt og fra kartstudie, samt markfuktighet i delområdet «Meland».

Ved delområdet «Meland» krysser traséen først to større lineamenter/søkk A og B der veien går på fylling, før den går parallelt med lineament C, som har samme orientering som sprekkesett 3. I felt ble det observert at sideveggene til lineament C er steile og massive bergskrenter, som er en del av skråningen opp mot bergknausen som ligger mellom veilinen og Melandstjødni (Figur 70). Skjæring «TV-7-Meland-VS» ligger i dette området. Videre nordover går traséen parallelt med Melandsdalen, som er en del av et stort lineament (E) på ca. 5-6 km lengde, som er orientert SSV-NNØ. Lineament D krysser traséen på fylling omtrent vinkelrett ved pel 22000-22050, og har samme orientering som sprekkesett 2.

16.2.5 Vannforhold

Det er ingen tydelige vannveier i overkant av bergskjæringen, dersom det tas utgangspunkt i NIBIOs markfuktighetskart [38], se Figur 71. I felt ble det heller ikke observert vann i overkant av der skjæringen er planlagt. I følge markfuktighetskartet er det høy vannmetning i lineament A, B, F og G. Det er planlagt fylling der disse lineamentene krysser veien.

16.2.6 Skredfare

Skredmodellering [1] og/eller aktsomhetsområder for skred [11] viser at det er steinsprangfare mellom profil 21450-22000 på både østlig og vestlig side. Mellom 21450-22100 (gjelder sidevei også) og 22140-22330 er det registrert aktsomhetsområder for snøskred [11].

16.3 Tolkingsdel med ingeniørgeologiske vurderinger

16.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Kinematiske analyser av bergskjæring med skjærings-ID «TV-7-Meland-VS» viser potensiale for planutglidninger langs sprekkesett 1 (foliasjonsplan) og sprekkesett 3. Det er lite potensiale for kiledannelser. Det er potensiale for blokkutvelting med sprekkesett 1 som baseplan og blokkdannelser mellom sprekkesett 2 og 3.

Stabilitetsberegninger i RocPlane av potensielle planutglidninger langs gjennomsnittsorienteringen (39° fall) til sprekkesett 1 i skjæring «TV-7-Meland-VS», gir en SF lik 1,48. Inngangsparametere som er brukt i beregningene er JRC lik 10, JCS lik 99 MPa og φ_r 30°. Høyden er satt til maksimal høyde av skjæringen som er 26 meter. Det er brukt 30 % vanntrykk med trekantfordeling siden det ikke er noen tydelige vannveier i overkant av skjæringen. Stabilitetsberegninger i RocPlane viser at potensielle planutglidninger har en høy sikkerhetsfaktor. Det bør i byggefasen vurderes om skjæringen skal tilpasses sprekkesett 3, da dette settet varierer om vertikalen og stryker tilnærmet parallelt med veillinja.

16.3.2 Forventet bergsikring

Den vestlige sideveggen til lineament C fremsto i felt som massiv og går parallelt med veillinja, og det vil være gunstig med tanke på sikringsomfanget, dersom skjæringsfronten legges langs denne bergskrenten. Det kan ikke utelukkes at det finnes områder med dårligere bergmassekvalitet enn det som er observert i dagen, som vil ha behov for økt sikringsomfang som steinsprangnett eller eventuelt sprøytebetong.

Det vil også være behov for å sikre det bratte sideterrenget i overkant bergskjæringen. Mest sannsynlig holder rensk og boltesikring. Se skredrapport [1] for oppmerkede områder som må inspiseres mellom profil 21790-22000.

Løsmasser på skjæringstoppen må håndteres ved å etablere en stabil graveskråning eller renske til berg. I overkant av bergskjæringen mellom ca. profil 21785-21900 er det en tilnærmet flat hylle som er 5-15 meter bred i overkant av bergskjæringen. Løsmasser på prosjektert skjæringstopp sikres i henhold til kravene gitt i delkapittel 4.7.8. Mellom 21900-22020 anbefales det å renske bort løsmasser inn til foten av naturlig skrent.

Totalt skjæringsareal for geoteknisk kategori 3 er beregnet til ca. 5700 m². Ut fra arealet og bergmassekarakteristikken i området er det grovt estimert behov for ca. 470 sikringsbolter og 800 m² steinsprangnett.

16.3.3 Sprengning og uttaksmetode

Det planlegges at berguttak kan utføres i henhold til beskrivelsene i delkapittel 4.5.

16.3.4 Vannforhold

Da det ikke er noen tydelige vannveier i overkant av bergskjæringene i området, antas det at rennende vann i bergskjæringene ikke vil være noen spesiell utfordring her. Det er heller ingen myrområder som kommer i direkte kontakt eller er i nærheten av bergskjæringene.

16.3.5 Skredfare

Hentet fra skredrapport [1]:

“Steinsprangfare mellom 21450-22000: Skredfare fra både østlig og vestlig side. Tett skog og fylling begrenser utløp. Avløste horisontale flak må vurderes om skal sikres. Lite ur. Må vurderes i detalj. Sikring kan bli aktuelt. Tiltak må utføres ved profil 21790-22000, 21750-21800 og 21500-21550 for å oppnå akseptabel risiko.

Mellom 21450-22100 (gjelder sidevei også) og 22140-22330: For bratte sider til at det legger seg snø, og/eller god avstand fra utløsningsområde. Kan få mindre utglidninger, men disse vurderes at ikke vil ha skadepotensiale basert på størrelse på løsneområde. Akseptabel risiko.»

16.3.6 Omgivelser

Bebyggelse i området ligger plassert i veilinen, og må rives dersom veilinen skal gå her. Det er derfor ikke behov for tilstandsregistreringer av bebyggelsen eller å fastsette krav til vibrasjoner fra sprenging.

Mellom pel 21500-22100 går traséen i eller rett ved siden av hovedpostruten mellom Oslo – Stavanger fra år 1653-1841 [25]. I tillegg til hovedpostruten er det seks kulturminner mellom 21650-22000, som ligger 0-30 meter fra traséen. Det er ikke registrert noen naturtyper med høy verdi i nærheten [21].

17 Vest for Melandsvatnet

17.1 Innledning

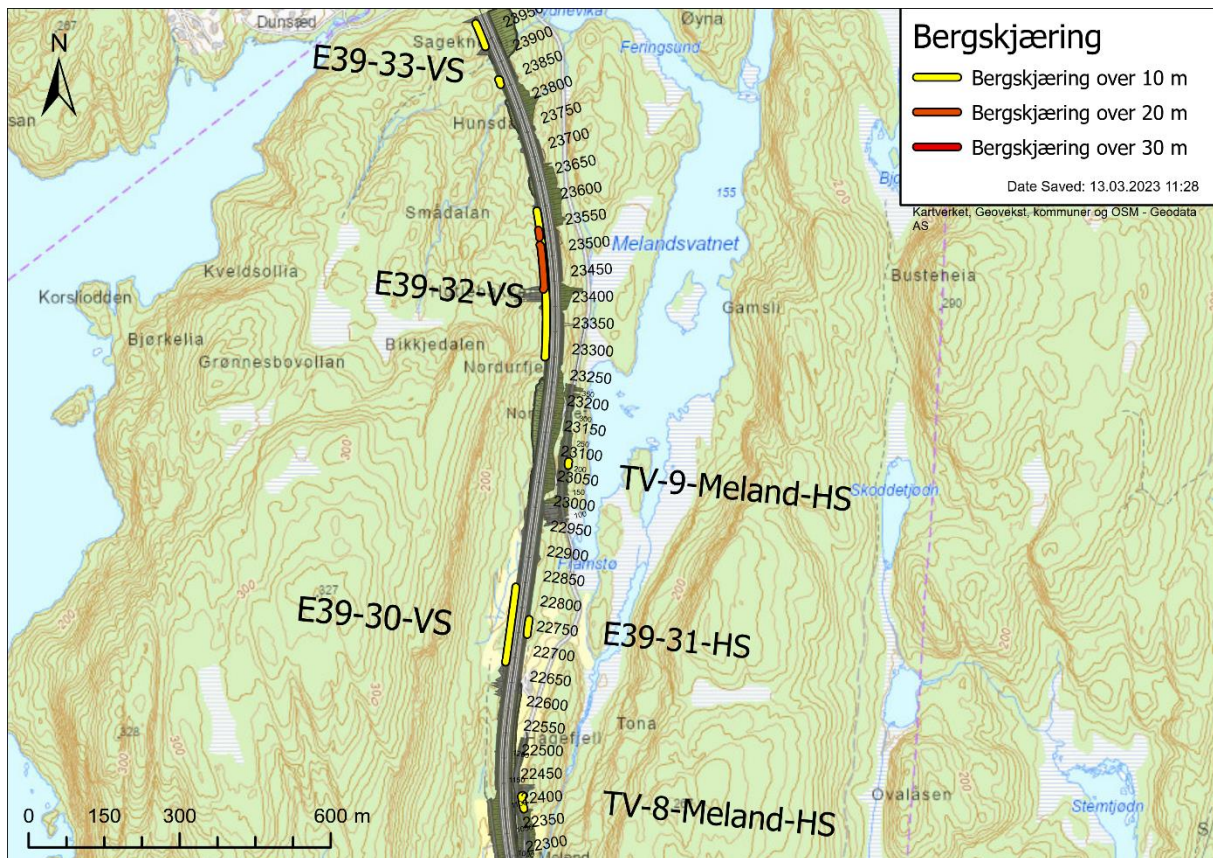
Helt nord i prosjektet vil det stort sett bli fyllinger på høyre side av veien, mens det på motsatt side av veien vil bli flere bergskjæringer over 10 meter, da veilinjen følger en dalside. En sidevei øst for veilinja har også flere bergskjæringer over 10 meter. Tabell 39, Figur 72 og Figur 73 gir en oversikt over bergskjæringer i geoteknisk kategori 3. Tabell 40 gir oversikt over strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2.

Tabell 39 Strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 3.

SkjæringsID	Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Tegningsnr./ kommentar
	Fra	Til				
TV-8-Meland-HS	1090	1145	H	55	17	V3120 Skjæring er <10m mellom p 1125-1145, men med bratt sideterreng (ca. 80°) i opptil ca. 10-15 høydemeter fra skjæringstopp.
E39-30-VS	22690	22840	V	150	16	
E39-31-HS	22750	22780	H	30	10	
TV-9-Meland-HS	215	225	H	10	10	
E39-32-VS	23300	23595	V	295	26	V3122 Bratt sideterreng (30-60°) mellom ca. profil 23400-23450 i opptil ca. 10-15 høydemeter fra skjæringstopp.
E39-33-VS	23855	23870	V	15	10	V3122
	23935	23990	V	55	17	

Tabell 40: Strekninger med bergskjæringer i geoteknisk kategori 1 og 2.

Profil		Side	Lengde [m]	Maksimal høyde [m]	Kommentar
Fra	Til				
22435	22690	V	255	<10	
22840	23020	V	180	<10	
22650	22750	H	100	<10	
22780	23020	H	240	<10	
100	140	V	40	<10	Tilførselsvei Meland (nord for p. 22900)
155	215	H	60	<10	Tilførselsvei Meland (nord for p. 22900)
225	280	H	55	<10	Tilførselsvei Meland (nord for p. 22900)
170	265	V	95	<10	Tilførselsvei Meland (nord for p. 22900)
350	375	V	25	<10	Tilførselsvei Meland (nord for p. 22900)
23255	23300	V	45	<10	
23595	23620	V	25	<10	
23450	23550	H	100	<10	
23660	23755	V	95	<10	
23685	23735	H	50	<10	
23750	23760	H	10	<10	
23825	23855	V	30	<10	
23870	23905	V	35	<10	
23850	23900	H	50	<10	
23920	23935	V	15	<10	
23990	24000	V	10	<10	



Figur 72: Oversikt over planlagte skjæringer i geoteknisk kategori 3 vest for Melandsvatnet.



Figur 73: Utklipp fra innsynsmodellen som viser planlagte skjæringer vest for Melandsvatnet. Utsnittet er tatt i retning nordvest (stigende profilnummer).

17.2 Faktadel

17.2.1 Topografi

Lengst nord i prosjektet ligger veilinen i et dalsøkk som stryker tilnærmet N-S før det buer mot vest. Området er kupert og preget av avsatter i terrenget adskilt av lineamenter som er orientert NNØ-SSV og N-S. På venstre side av traséen følger veilinen en dalside med bratte skrenter, før det ved ca. pel 23350 blir et slakere terreng med helning på stort sett mellom 10-25°. På høyre side av veien befinner Melandsvatnet, Feiringsund og Tydnevika seg.

17.2.2 Løsmasser

Kvartærgeologisk kart fra NGU [17] viser at løsmassene i området er tynt humus- og torvdekke og tynt eller usammenhengende dekke av morenemateriale. På toppen av bergskrenten vest for veilinen er det bart fjell. Ved Melandsvatnet er det torv og myr. Fra profilnummer 22660-23920 ligger veilinen i et strekke med humus- og torvdekke. Samtlige skjæringer med høyde over 10 meter havner innenfor området, men skjæringen lengst nord med skjærings-ID «E39-33-VS» er planlagt nær grensen til morenemasser. På befaring er det kartlagt tynt løsmassedekke i området med sporadiske bergblotninger. Store områder har torvdekke.

17.2.3 Grunnundersøkelser

Det er per mars 2023 ikke utført grunnundersøkelser i dette området, og det er heller ikke planlagt grunnundersøkelser i forbindelse med bergskjæringene.

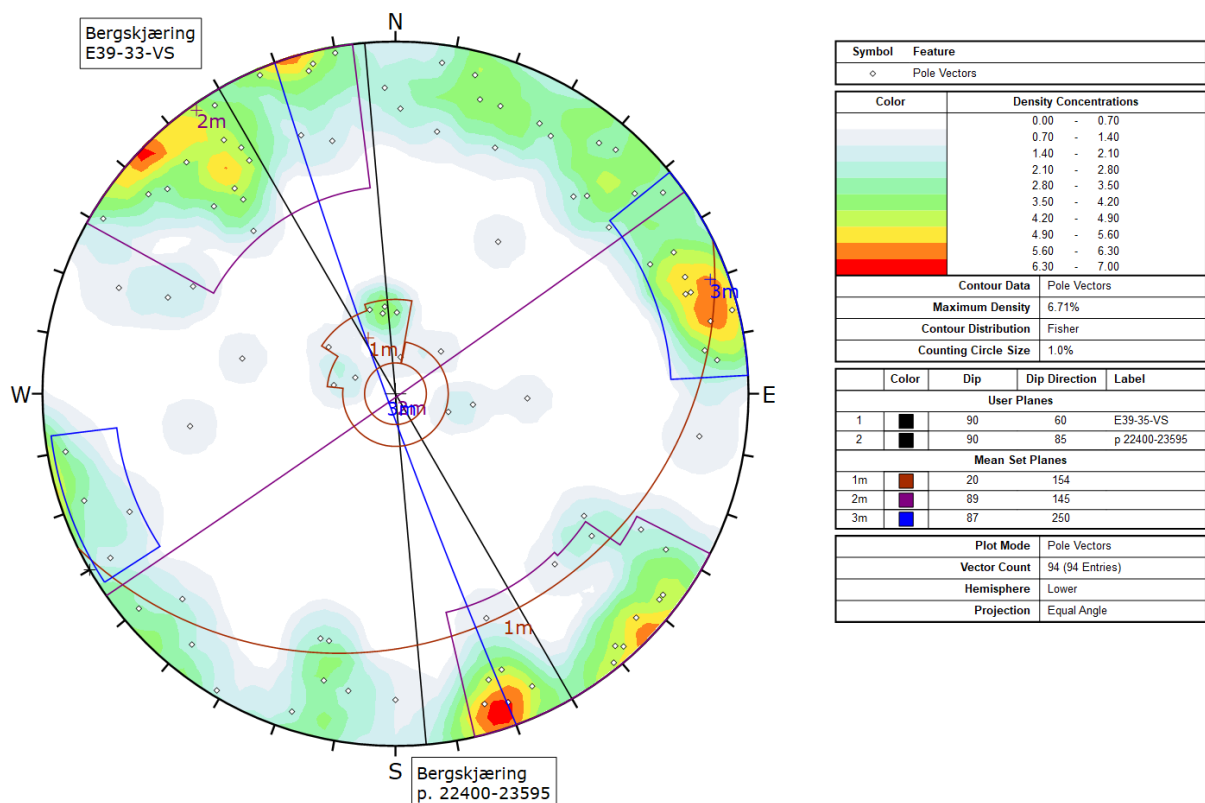
17.2.4 Berggrunn og oppsprekking

Berggrunnen i området består av granodioritt ifølge NGUs berggrunnskart [18]. I felt ble det registrert øyegneis med store feltspatkrystaller, noe som stemmer bedre overens med berggrunnskart over Flekkefjord i målestokk 1:100 000 [19], der det er kartlagt «Feda øyegneis» i området.

Sprekkemålinger og observasjoner i felt viser tre sprekkesett som beskrevet i Tabell 41 og Figur 74. Det er kartlagt to steile sprekkesett orientert tilnærmet normalt på hverandre som begge opptrer som bergskrenter i området, i tillegg til et undulerende foliasjonsplan med svært slakt fall. De steilere sprekkesettene er tilsvarende sprekkesettene som opptrer ved Lonetona og Meland, men avviker noe i fall og fallretning. Foliasjonsoppsprekkingen i delområdet er derimot slakere enn lenger sør i prosjektområdet.

Tabell 41: Sprekkeregistreringer i delområdet vest for Melandsvatnet

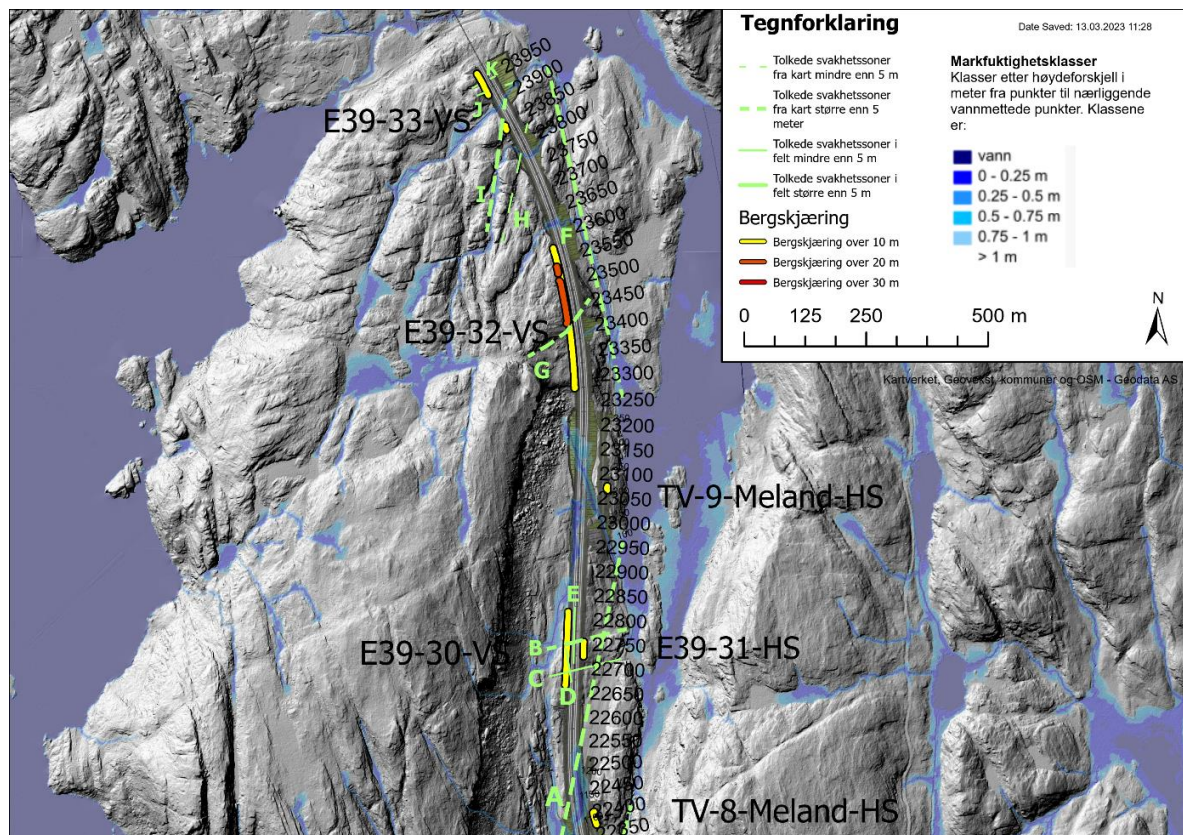
Sprekkesett	Fallretning/fall	Kommentar
1m	$154^{\circ} \pm 10^{\circ} / 20^{\circ} \pm 10^{\circ}$	Foliasjonsplan. 0,5-1,5 meter sprekkeavstand. Udulerende og ru sprekkeoverflater. 1-5 meter utholdenhet.
2m	$145^{\circ} \pm 15^{\circ} / 89^{\circ} \pm 15^{\circ}$	Opptrer som massive bergskrenter i området. 2 m til flere meter sprekkeavstand. Plane og ru sprekkeoverflater. Ingen sprekkebelegg.
3m	$250^{\circ} \pm 10^{\circ} / 87^{\circ} \pm 10^{\circ}$	Opptrer som bergskrenter i området. 2 m til flere meter sprekkeavstand. Plane og ru sprekkeoverflater. Ingen sprekkebelegg.



Figur 74 Stereonett med sprekkemålinger i delområdet vest for Melandsvatnet. Linjene gjennom sentrum representerer orienteringen av de ulike bergskjæringer.



Figur 75 Bildet er tatt ved ca. profil 23200 og viser vertikal bergskrent vest for planlagt veitrasé. Bildet er tatt i retning vest.



Figur 76 Oversikt over lineamenter som er kartlagt i felt og fra kartstudier, samt markfuktighet i delområdet Vest for Melandsvatnet.

Kartlagte lineamenter/søkk fra felt og kartstudier er vist i Figur 76. Lineament B, C, D, G, I, J og K krysser der det er planlagt bergskjæringer. Lineament A, E og H krysser eller følger veilinjen i områder med fyllinger. Lineament F befinner seg øst for veilinjen og utgjør et søkk slik at terrenget skrånner opp mot 45°-60° fra veilinjen og ned mot Øysæd- og Melandsvatnet.

17.2.5 Vannforhold

Det er ingen tydelige vannveier i overkant av «TV-8-Meland-HS», «TV-9-Meland-HS», «E39-31-HS», «E39-32-VS» og «E39-33-VS» [38]. Ved «E39-30-VS» renner det en bekk ca. 20 meter vest for traséen, som går parallelt med skjæringen. Denne bekken har kontakt med svakhetszone B og C som krysser skjæringen. Videre nordover kommer samme bekk i direkte kontakt med veilinjen mellom ca. profil 22870-23070, der det er skjæring under 10 meter mellom 22870-22950, før veien går videre på fylling.

17.2.6 Skredfare

Mellom profil 22920-23400 og profil 23400-23450 viser skredmodellering [1] og/eller aktsomhetsområder for skred [11] at steinsprang når veilinjen. Det er også aktsomhetsområde for snøskred mellom 22400-23400.

17.3 Tolkingsdel med ingeniørgeologiske vurderinger

17.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Kinematiske analyser for bergskjæringene «E39-30-VS» og «E39-32-VS» viser potensiale for kiledannelser mellom sporadiske sprekker i kombinasjon med sprekkeplan med slakere fall fra sprekkesett 2 eller sprekkesett 3. Det er lavt potensiale for planutglidninger eller blokkutvelting, men siden sprekkesett 3 stryker tilnærmet parallelt veilinjen og har steilt fall som varierer om vertikalen, kan det vurderes å utforme skjæringene etter dette settet.

For bergskjæringen lengst nord i prosjektet med skjærings-ID «E39-33-VS» viser kinematiske analyser gunstige sprekkeorienteringer for skjæringsstabiliteten. Det er potensiale for mindre kiledannelser mellom de slakere sprekkeplanene tilhørende sprekkesett 2 og 3 eller i kombinasjon med sporadiske sprekker. I tillegg er det et lite potensial for blokkutvelting med sprekkesett 1 (foliasjonsplan) som baseplan og blokkdannelser mellom sprekkesett 1 og 2 eller mellom sprekkesett 2 og 3. Sprekkesett 3 stryker tilnærmet parallelt veilinjen, og det kan bli aktuelt å utforme skjæringene etter dette settet.

Kinematiske analyser av bergskjæringene med skjærings-ID «TV-8-Meland-HS», «TV-9-Meland-HS» og «E39-31-HS» viser at det er mulig med små planutglidninger langs sprekkesett 3, samt små kileutglidninger mellom sprekkesett 2 og 3. Sprekkesett 2 og 3 er tilnærmet vertikale, og det forventes at mulige utglidninger skjer under sprengning. Det er potensiale for middels store

kileutglidninger mellom sporadiske sprekker i kombinasjon med sprekkesett 2 eller 3. Det er et lite potensial for blokkutvelting med sprekkesett 3 som baseplan og kombinasjoner av sprekkesett 1, 2 og 3 som avløsende plan. Tilsvarende som for de resterende skjæringene i delområdet, stryker sprekkesett 3 tilnærmet parallelt veilinen. Det kan vurderes å utforme skjæringen etter dette settet.

17.3.2 Forventet bergsikring

Der lineamenter/søkk krysser bergskjæringene kan det bli nødvendig med steinsprangnett eller eventuelt sprøytebetong, da dette er antatt å være svakhetssoner. Dette gjelder for «E39-30-VS», der lineament B og C krysser omtrent vinkelrett på traséen ved henholdsvis profil 22770-22780 og 22715-22720, mens lineament D (bredde på ca. 5 meter) går tilnærmet parallelt med bergskjæringen mellom ca. profil 22700-22760. Lineament B og C antas å ha samme orientering som sprekkesett 2, mens lineament D antas å ha et tilnærmet vertikalt fall. Ved skjæring «E39-32-VS» krysser lineament G ved ca. profil 23420-23430, mens lineament J og K krysser omtrent vinkelrett på «E39-33-VS» ved henholdsvis profil 23945-23950 og 23965-23970. Lineament I krysser veilinja ved profil 2380-23890, der det er planlagt bergskjæring under 10 meter. Lineament G, I, J og K antas å ha et tilnærmet vertikalt fall.

Det kan heller ikke utelukkes at det finnes områder med dårligere bergmassekvalitet enn det som er observert i dagen, som vil ha behov for økt sikringsomfang som steinsprangnett eller eventuelt sprøytebetong. Utenom svakhetssoner og potensielle kiler, forventes det et normalt sikringsomfang av skjæringene.

Det forventes mellom 0,5-1,5 meter løsmassemektighet ved toppkant bergskjæringer. Terrenget i overkant av bergskjæringene er relativt flatt eller har slak helning. Det forventes at løsmasser på prosjektet skjæringstopp kan sikres i henhold til kravene gitt i delkapittel 4.7.8. Løsmasseskråningene forventes å strekke seg 1-3 meter fra toppkant skjæring og oppover i skrånningen, med unntak av terrenget i overkant av «E39-32-VS» mellom profil 23400-23450 og «E39-33-VS» mellom profil 23930-23950. Mellom 23400-23450 antas det at sideterrenget må renskes for løsmasser i opptil 30 meter fra skjæringstopp, samt at bergskrent må inspiseres, renskes og eventuelt boltesikres. Permanent støttekonstruksjon ved toppkant skjæring kan også bli aktuelt i dette området. Mellom 23930-23950 antas det at løsmassene må renskes i 20-30 meter fra toppkant skjæring og oppover i skrånningen.

Det vil også være behov for å sikre bratt sideterreng i overkant av «TV-8-Meland-HS», mest sannsynlig holder rensk og eventuelt boltesikring.

Totalt skjæringsareal for bergskjæringer i geoteknisk kategori 3 er beregnet til ca. 9000 m². Ut fra arealet og bergmassekarakteristikk er det grovt estimert behov for ca. 680 sikringsbolt og 1070 m² steinsprangnett, hvorav deler monteres som isnett ved bergskjæring med skjærings-ID «E39-30-

VS». Der svakhetssoner krysser bergskjæringene kan det bli nødvendig med sprøytebetong. Mengden er grovt estimert til 20 m³.

17.3.3 Sprengning og uttaksmetode

Det planlegges at berguttak kan utføres i henhold til beskrivelsene i delkapittel 4.5.

17.3.4 Vannforhold

Da det ikke er noen tydelige vannveier i overkant av «TV-8-Meland-HS», «TV-9-Meland-HS», «E39-31-HS», «E39-32-VS» og «E39-33-VS», antas det at rennende vann i skjæringene ikke vil være en utfordring her. Ved «E39-30-VS» kan det bli aktuelt med nedføringsrenner eller isnett ved ca. profil 22730-22735 og 22790-22795. Dette gjelder også der bekken kommer i direkte kontakt med skjæringen mellom profil 22870-22950.

Det er ingen myrområder som kommer i direkte kontakt eller er i nærheten av bergskjæringene.

17.3.5 Skredfare

Hentet fra skredrapport [1]:

“Bratt sideterreng (30-60°) mellom ca. profil 23400-23450 i opptil ca. 10-15 høydemeter fra skjæringstopp. Rensk, evt. bolter/nett. Tiltak må utføres for å oppnå akseptabel risiko.

Steinsprang mellom profil 22920-23400: Det vurderes at ved profil 23240-23350 kan steinsprang nå linja. I dette området må bergsiden gås over og sikres, evt. etableres steinspranggjerd dersom konvensjonell sikring ikke er tilstrekkelig.

Veien er planlagt på fylling i store deler av området. Dersom fyllingen er lavere enn 5 m må det og sikres mot steinsprang. Resterende veilinje anses som akseptabel mhp. skredfare, ettersom eventuelle skred utløp vil stoppe før de når veilinja, eller i fyllingsfot.

Snøskredfare mellom 22400-23400: For bratte sider til at det kan legge seg snø. Akseptabel risiko.”

17.3.6 Omgivelser

Det er eksisterende bygninger nærmere enn 200 m til sprengningsstedene, og anbefalingene i kap. 4.8 bør følges. Ved store Meland er det registrert et kulturminne rett øst for traséen mellom profil 22320-22400 [25]. Hovedpostruten mellom Oslo og Stavanger fra 1653-1841 følger i traséen mellom profil 22435-23140, og går rett øst for traséen mellom profil 23230-23360, 23460-23750, 23820-23900. Det er også kulturminner i eller i nærheten av traséen ved profil 22520, 22780, 22800, 22830, 23040, 23100 og 23210. Det er ikke registrert noen naturtyper med høy verdi i nærheten [21].

18 Referanser

- [1] Sweco, «Fagrapport ingeniørgeologi: Skred - Detaljregulering for E39 Lyngdal vest - Kvinesdal,» Sweco, 2022.
- [2] Statens vegvesen, Vegnormal N200 Vegbygging, 2021.
- [3] Standard Norge, «NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner,» 2016.
- [4] Standard Norge, «NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020. Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering. Del 1: Almenne regler,» Standard Norge, 2020.
- [5] NS-EN ISO 14689-1, «Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser - Identifisering, beskrivelse og klassifisering av berg,» 2018.
- [6] Norsk bergmekanikkgruppe, «Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering,» 2011.
- [7] Statens vegvesen, «Håndbok R760 Styring av vegprosjekter,» 2021.
- [8] Statens vegvesen, «Håndbok R761. Prosesskode 1 Standard beskrivelse for vegkontrakter,» Vegdirektoratet, 2018.
- [9] Statens vegvesen, «Håndbok V225 Bergskjæringer,» 2020.
- [10] DiBK, «Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning - Kapittel 7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger § 7-3. Sikkerhet mot skred,» [Internett]. Available: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/7/7-3/>.
- [11] NVE, «NVE atlas,» [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no>.
- [12] Norconsult, «E39 Lyngdal vest - Ålgård. Ingeniørgeologisk rapport til kommunedelplan,» 2018.
- [13] Norconsult, «E39 Røyskår-Lølandsvatnet. Mulighetsstudie,» 2020.
- [14] Sweco Norge AS, «NV42E39LK-GEO-RAP-0006 Fagrapport Skred,» 2022.
- [15] Geomap Norge, «E39 Lyngdal vest - Kvinesdal, Rapport Geofysiske undersøkelser,» Geomap Norge, 2022.
- [16] Sweco, «Datarapporter for grunnundersøkelser i delområde 1-7: 10220781-210 RIG_R01_A01-10220781-270 RIG_R01_A01,» Sweco, 2022.
- [17] Norges geologiske undersøkelse, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase,» [Internett]. Available: https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/. [Funnet 23. 05. 2022].

- [18] Norges geologiske undersøkelse, «Berggrunn - Nasjonal berggrunnsdatabase,» [Internett]. Available: https://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/. [Funnet 23. 05. 2022].
- [19] T. Falkum, «Geological map of the Flekkefjord area, Vest-Agder, southern Norway,» NGU, 1964-68.
- [20] Norges geologiske undersøkelse, «Mineralressurser - Industrimineraler, naturstein og metaller,» [Internett]. Available: https://geo.ngu.no/kart/mineralressurser_mobil/. [Funnet 23. 05. 2022].
- [21] Miljødirektoratet, «Miljøstatus - Naturtyper - DN-håndbok 13 - kartdatabase,» [Internett]. Available: <https://miljoatlas.miljodirektoratet.no/MAKartWeb/KlientFull.htm?>. [Funnet 2022].
- [22] Statens kartverk, «Norge i bilder,» Geodata AS, [Internett]. Available: <https://norgebilder.no/>.
- [23] Statens kartverk, «Norgeskart,» [Internett]. Available: <https://www.norgeskart.no>.
- [24] Statens kartverk, «Høydedata,» Geodata AS, [Internett]. Available: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>.
- [25] Riksantikvaren, «GeoNorge,» [Internett]. Available: <https://kartkatalog.geonorge.no/metadatas/kulturminner-wms/30369f29-e21a-464f-97f7-a202ca7c97e7>. [Funnet 2022].
- [26] Standard Norge, «NS8141-4:2021 Vibrasjoner og støt - Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk. Del 4: Retningslinjer for besiktigelse av byggverk og eiendom før bygge- eller anleggsstart,» Standard Norge, 2021.
- [27] Standard Norge, «NS8141-1:2022 Vibrasjoner og støt - Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk. Del 1: Virkning av vibrasjoner og lufttrykkstøt på byggverk, inkludert tunneler og bergrom,» Standard Norge, 2022.
- [28] Kartverket, «Grunnvann (Granada) WMS,» NGU, [Internett]. Available: <https://geo.ngu.no/mapserver/GranadaWMS5?request=GetCapabilities&service=WMS>. [Funnet 28 10 2022].
- [29] Norges geologiske undersøkelse, «Grus- og pukkeforekomster,» [Internett]. Available: https://geo.ngu.no/kart/grus_pukk_mobil/. [Funnet 18 10 2022].
- [30] Allfarvei/Veidekke, «OPS Prosjekt E39 Lyngdal-Flekkefjord. Sluttdokumentasjon fra byggefasen, muntlig kommunikasjon».
- [31] A. Bruland, Prosjektrapport anleggsdrift 13B-98, Borbarhe, Katalog over borbarhetsindekser, NTNU, Institutt for bygg- og anleggsteknikk, 1998.
- [32] V. Olsen, «Report 12B-08 ROCK QUARRYING Blast Design (Doctoral Theses 2009:96),» NTNU Department of Civil and Transport Engineering, Trondheim, 2009.
- [33] A. Bruland, «Hard Rock Tunnel Boring (Vol. 10 of 10) - Statistics of Drillability Test Results (Doctoral theses),» NTNU, 1998.
- [34] Norconsult, «Vedlegg til geoteknisk fagrapport RA-GEO-001. Tegningsnummer 003,» 2020.
- [35] Norconsult, «Ingeniørgeologisk rapport - Høye bergskjæringer,» 2020.

- [36] Rambøll AS, «E39 Herdal - Røyskår. Geofysiske undersøkelser, revisjon 2. Rambøll Danmark,» 2019.
- [37] Rambøll, «Datarapport for grunnundersøkelser Herdal - Røyskår. Oppdragsnr. 1350035817. Rapport nr. 1, Rev01,» 2020.
- [38] NIBIO, «Markfuktighet,» [Internett]. Available: <https://wms.nibio.no/cgi-bin/markfuktighetskart?>. [Funnet 2022].
- [39] A. Myrvang, «Bergmekanikk,» NTNU, 2001.
- [40] Geomap Norge AS, «Rapport seismiske undersøkelser, E39 Lyngdal-Kvinesdal,» 2022.
- [41] Sweco, «Fagrapport ingeniørgeologi: Vatlandstunnelen Detaljregulering for E39 Lyngdal vest - Kvinesdal,» Nye Veier, 2022.
- [42] Prosjektgruppen for kontroll på svovelholdig avrenning i Agder, «Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis - Felles saksbehandlingsrutiner, krav til prøvetaking, klassifisering av steinmasser og miljøoppfølging. Versjon 2.4,» Prosjektgruppen for kontroll på svovelholdig avrenning i Agder, 2021.
- [43] NGU, «Skredfarevurdering ifb. undersjøisk kabeltraséer i Fedafjorden,» 1998.
- [44] NGU, «Fare for fjellskred i Fedafjorden,» 2008.