



RISØR KOMMUNE

FAGRAPPORF FOR FV. 416

ØYLANDSDAL-DØRSDAL

Fag Ingeniørgeologi

MERKNAD

**Utvidet kontroll er ikke
utført p.t.**

**Rapporten må derfor
anses som FORELØPIG**

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Rapportens innhold	6
1.3	Trasévalg, linjeføring og bergskjæringsprofil	7
1.4	Geoteknisk kategori.....	8
2	UTFØRTE UNDERSØKELSER	10
2.1	Tidligere undersøkelser	10
2.2	Undersøkelser i denne planfasen	10
3	IKKE GEOLOGISKE FORHOLD	11
4	GRUNNFORHOLD - FAKTADEL	12
4.1	Topografi	12
4.2	Løsmasser – kvartærgeologi	12
4.3	Berggrunnsgeologi	14
4.3.1	Regionalgeologi og bergarter	14
4.3.2	Sulfidholdig berg	14
4.3.3	Sprekkesystemer og svakhetssoner	15
4.4	Bergartenes mekaniske egenskaper	17
4.5	Vannforhold – hydrologi/hydrogeologi	17
4.6	Naturfarer	18
5	INGENIØRGEOLOGISKE VURDERINGER – TOLKNINGSDEL	21
5.1	Fordeling løsmasser - berg.....	21
5.2	Bergmassekvalitet – stabilitet	22
5.2.1	Øylandsdalen pr. 300-460.....	23
5.2.2	Brurknatten pr. 780-980 (H) og pr. 700-830 (V)	25
5.2.3	Vinterkjær pr. 1140-1250	30
5.2.4	Røed pr. 2080-2120.....	32
5.2.5	Hammerlia pr. 2380-2430 og Sauvika pr. 2530-2700	34
5.2.6	Moensmyra pr. 2700-2920	39
5.2.7	Bjellåsen pr. 3050-3350	41
5.2.8	Dørsdal pr. 3590-3770	43
5.3	Naturfarevurderinger	46
5.3.1	Vurdering av skredfare.....	46
5.3.2	Sikkerhet mot skred	54

5.4	Sprengningsopplegg	54
5.5	Anvendelse av sprengsteinsmassene	55
5.5.1	Sulfidholdig berg	56
5.6	Vannforholdene i berggrunnen	58
5.7	Bergsikring	58
5.7.1	Sikringsnivå	58
5.7.2	Anbefalt sikring	59
6	ANBEFALINGER OG KRAV	60
6.1	Anbefaling av uttaksmetode	60
6.2	Krav til begrensnig av vibrasjoner ihht NS8141	60
6.3	Krav til overvåking av spesielle forhold	61
6.4	Krav til håndtering av sprengsteinsmasser	61
6.5	Verneverdig geologi	61
6.6	Ingeniørgeologisk kompetanse i byggefasen	62
7	FORSLAG TIL VIDERE UNDERSØKELSER	63
8	SIKKERHET HELSE ARBEIDSMILJØ (SHA)-FORHOLD	64
9	REFERANSER	65

VEDLEGGSOVERSIKT

VEDLEGG

NR	NAVN	SIDER	DATERT
[1]	Signert skjema for geoteknisk kategori og kontroll	1	Kommer etter utvidet kontroll er utført.
[2]	Godkjenningssdokument fra uavhengig kontroll		Kommer etter utvidet kontroll er utført.
[3]	Faktarapport sulfidundersøkelser	10	22.10.2020

TEGNINGER

Prosjektet er modellbasert og det er ikke levert tegninger.

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

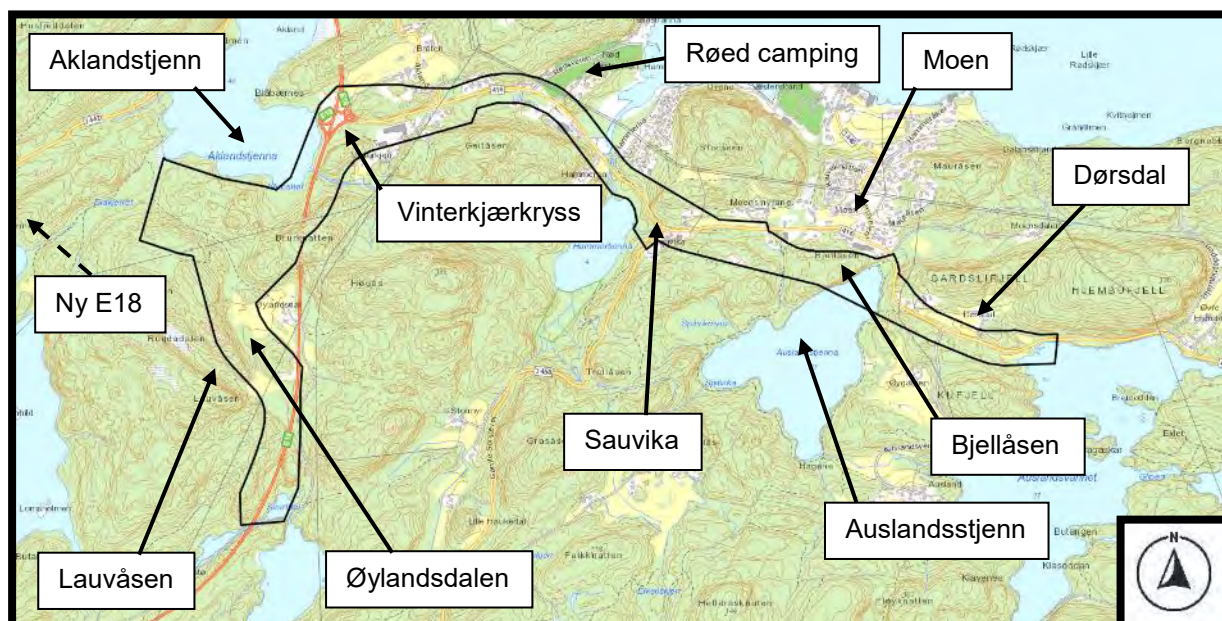
Det skal reguleres ny tilførselsveg til Risør fra ny E18 Dørdal – Tvedestrand som planlegges vest for dagens E18 (av Nye Veier AS). Planområdet for ny fv. 416 strekker seg fra Øylandsdalen i vest og til Dørsdal i øst, se Figur 1 for planavgrensning. Vegen planlegges med gang- og sykkelveg på deler av strekningen.

Samfunnsmål

Ved å utbedre infrastrukturen knyttes Risør tettere sammen med det regionale bo- og arbeidsmarkedet og bidrar til oppfyllelse av 0-visjonen.

Effekt mål

- Korte ned reisetiden og øke trafiksikkerheten på strekningen.
- Legge til rette for effektiv kollektivtransport.
- Legge til rette for 40 % reduksjon av klimagassutslipp (direkte og indirekte) fra utbyggingen, og 75 % reduksjon av klimagassutslipp ved drift og vedlikehold av anlegget, sammenliknet med tradisjonell løsning hvor det ikke legges noen vekt på å redusere klimagassutslipp.



Figur 1. Viser planens avgrensning. Ny E18 er utenfor bildet. Dagens E18 vist med rød linje til venstre i bildet.

1.2 Rapportens innhold

Rapporten er delt inn i en tolkningsdel og en faktadel. Den inneholder beskrivelser av planområdet og vurderinger av bergskjæringene langs traséen, samt sideterreng der dette er vurdert som skredfarlig eller ligger innenfor løsne- og utløpsområder til aktsomhetskartene fra NVE.

Det er utført undersøkelser av berggrunnen for å avdekke sulfidinnholdet. En oppsummering og tolkning av resultatene er gitt i denne rapporten. Detaljer om analyser og resultater presenteres i en egen faktarapport, se kap. 4.3.2 og vedlegg [3].

Et grovt sikringsanslag er utarbeidet. Eksisterende bergskjæringer mellom Vinterkjær og Røed, som det ikke skal gjøres inngrep i, anbefales sikret etter dagens standard. Dette gjelder:

- Pr. 1400-1600 (venstre side).
- Pr. 1840-1910 (venstre side), se også kap. 6.5 (spesiell geologisk lokalitet).

Tabell 1 og Tabell 2 viser en oversikt over de bergskjæringer som omtales i denne rapporten. Disse er også vist i Figur 3. Bergskjæringer med høyde < 5 m kommenteres ikke med mindre de tilsvarer geoteknisk kategori 2 eller 3 slik det er beskrevet i N200 kap. 202.1 [1].

Tabell 1. Bergskjæringer langs lokalveg gjennom Øylandsdalen (linje 20100).

Sted	Pr.nr.	Side ¹	Areal (m ²)	Høyde _{maks}	Bratt over
Øylandsdalen	300-460	Høyre	1700	12 m	Nei

Tabell 2. Bergskjæringer langs fv. 416 (linje 19100).

Sted	Pr.nr.	Side ¹	Areal (m ²)	Høyde _{maks}	Bratt over
Brurknatten	700-830	Venstre	1800	17 m	Nei
Brurknatten	780-980	Høyre	2200	17 m	Ja
Vinterkjær*	1140-1250	Høyre	2400	27 m	Nei
Røed*	2080-2120	Venstre	650	15 m	Nei
Hammerlia*	2380-2430	Venstre	500	13 m	Nei
Sauvika*	2530-2700	Venstre	3200	35 m	Ja
Moensmyra	2700-2920	Høyre	1700	11 m	Nei
Bjellåsen	3050-3350	Høyre	2500	16 m	Ja
Dørsdal*	3590-3770	Høyre	900	9 m	Nei

* Indikerer inngrep i eksisterende bergskjæringer.

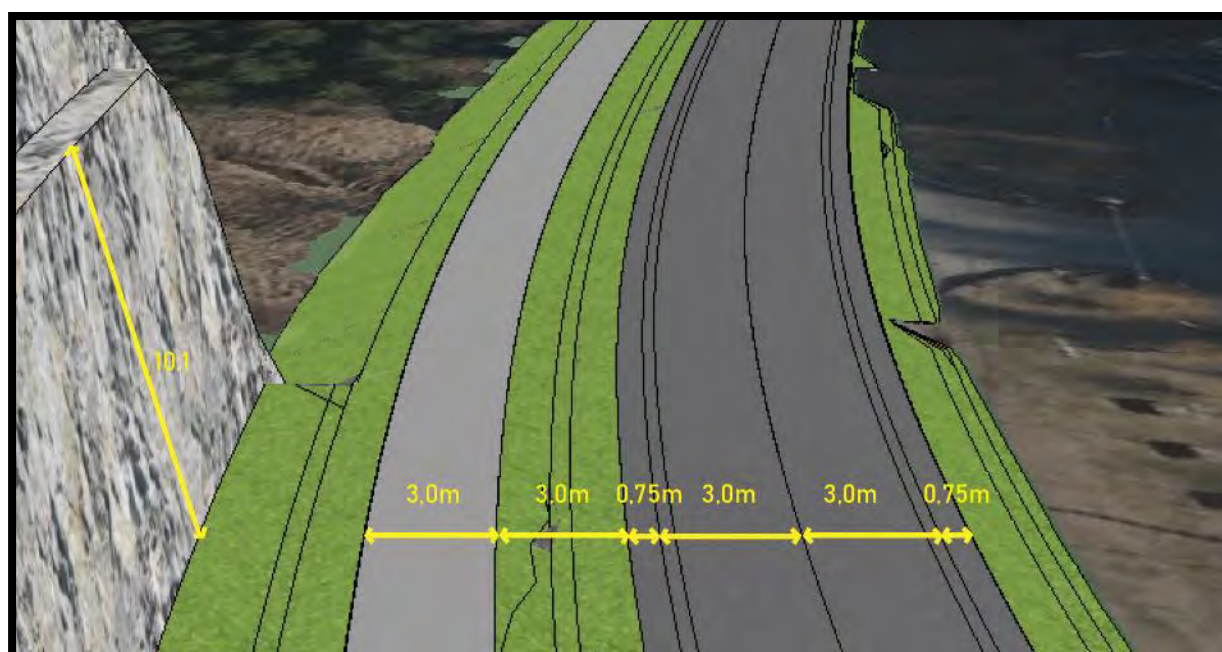
¹ Tar utgangspunkt i at man ser i stigende profilering.

1.3 Trasévalg, linjeføring og bergskjæringsprofil

Traséen vest for dagens E18 går i jomfruelig terreng. Veglinjen gikk opprinnelig tettere på fjellsiden gjennom Øylandsdalen, men er lagt ut for å redusere faren for skred på veg. Fra dagens E18 ved nordre tunnelmunning til Bruråstunnelen og østover mot Hammertjønn følger traséen dagens veg. Her blir det mindre inngrep i noen av de eksisterende bergskjæringene. Ved Sauvika går ny trasé inn i en høy bergskjæring, før den krysser over eksisterende fylkesveg og går i jomfruelig terreng på nordsiden av Bjellåsen og krysser over nordenden av Auslandstjenn på fylling. Her blir det ensidige og tosidige bergskjæringer mer eller mindre på hele strekningen. Etter passering Auslandstjenn går traséen inn i en ny bergskjæring før den legger seg på dagens fylkesveg ved Dørsdal. GS-veg skal etableres hele strekningen med unntak av gjennom Øylandsdalen. Mellom pr. ca. 2700-3500 skal ny GS-veg legges i eksisterende fylkesveg. Informasjon om prosjektet er gitt i Tabell 3 og Figur 2.

Tabell 3. Informasjon om prosjektet og valgt standard.

Prosjektnavn	Fv. 416 Risørvegen Linje 20100, pr. 0-820 (Øylandsdalen) Linje 19100, pr. 440-3900 (tilførselsveg Risør)
ÅDT₂₀₄₀	500 (Øylandsdalen), 3750 (Risørvegen)
Vegstandard	Hø1, 80 km/t
Vegbredde	7,5 m (gang- og sykkelvegbredder 3 m)
Skjæringshelning	10:1 eller tilnærmet vertikal
Grøft	I henhold til N200, det vil si opp mot 6 m brede grøfter for en 35 m høy skjæring (ekstrapolert)



Figur 2. Målsatt tverrsnitt av Risørvegen.

1.4 Geoteknisk kategori

I henhold til NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 «Eurocode 7: Geoteknisk prosjektering, Del 1: Allmenne regler» og «NS-EN 1997-2:2008 «Eurocode 7: Geoteknisk prosjektering, Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver» [12], [13] skal bergskjæringene plasseres i en konsekvens-/ pålitelighetsklasse (CC/RC). Skjema for valg av geoteknisk kategori og utført kontroll er vist i vedlegg [1]. Godkjenningssdokument fra uavhengig kontroll er lagt ved som vedlegg [2].

Bergskjæringer i geoteknisk kategori 3

Konsekvens-/pålitelighetsklasse (CC/RC) satt til klasse 3 for bergskjæringene i Tabell 4. Makshøyden på disse er fra ca. 15 m og høyere, og med stedvis bratt sideterreng. Ved Brurknatten er det i tillegg et løsmassedekke med ukjent mektighet over hele skjæringstoppen. Nærhet til trafikkert tunnel i østre del kompliserer det ytterligere. Ved Vinterkjær og Sauvika skal skjæringene sprenges ut nær eksisterende veg (trafikkavvikling). Kontrollklasse er satt til Uavhengig (U) kontroll.

Tabell 4. Bergskjæringer som er satt i CC/RC 3.

Sted	Pr.nr.	Lengde	Side ²	Høyde _{maks}	Bratt over
Brurknatten	780-980	200 m	Høyre	18 m	Ja
Vinterkjær	1140-1250	110 m	Høyre	27 m	Nei
Sauvika	2530-2700	170 m	Venstre	35 m	Ja
Bjellåsen	3050-3350	300 m	Høyre	16 m	Ja

Bergskjæringer i geoteknisk kategori 2

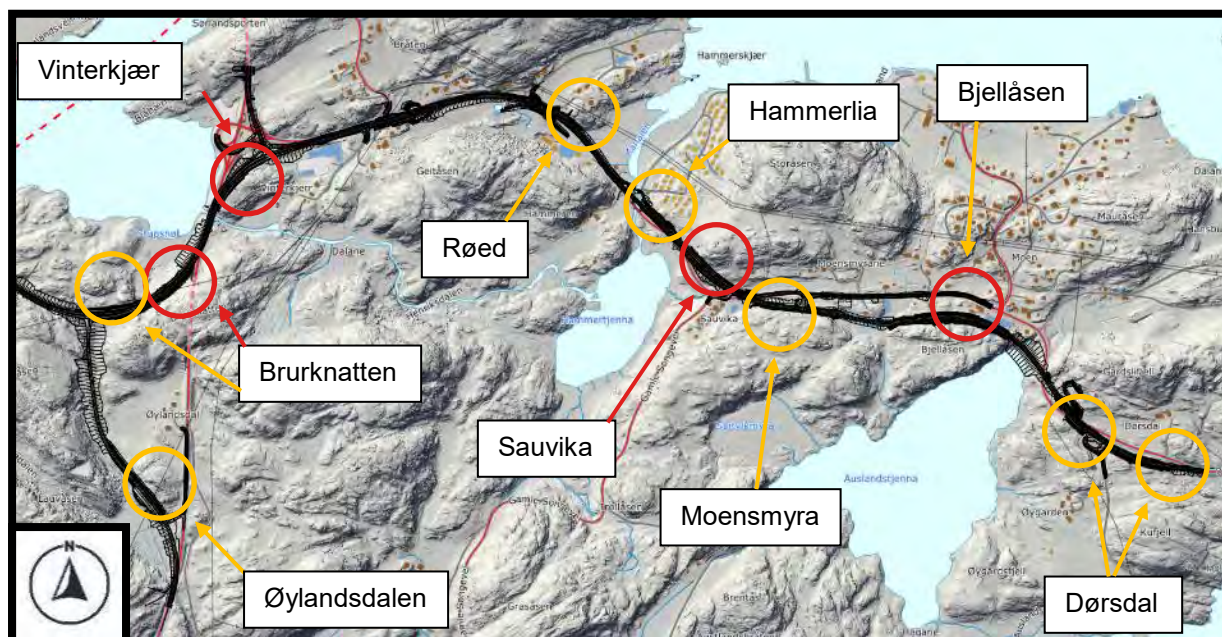
Konsekvens-/pålitelighetsklasse (CC/RC) satt til klasse 2 for de bergskjæringene som er listet opp i Tabell 5 (se også Figur 3). Disse har stedvis høyder over 10 m. Felles for alle er at terrenget er slakt eller avtakende over skjæringstoppen, samt at løsmassedekket er tynt eller fraværende. Kontrollklasse er satt til Normal (N) kontroll.

Tabell 5. Bergskjæringer som er satt i CC/RC 2.

Sted	Pr.nr.	Lengde	Side ²	Høyde _{maks}	Bratt over
Øylandsdal ³	300-460	160 m	Høyre	12 m	Nei
Brurknatten	700-830	130 m	Venstre	17 m	Nei
Rød	2080-2120	40 m	Venstre	15 m	Nei
Hammerlia	2380-2430	50 m	Venstre	13 m	Nei
Moensmyra	2700-2920	220 m	Høyre	11 m	Nei
Dørsdal	3590-3770	180 m	Høyre	9 m	Nei

² Tar utgangspunkt i at man ser i stigende profilering.

³ Linje 20100.



Figur 3. Bergskjæringer i CC/RC 3 markert med rødt, og i CC/RC 2 i gult.

2 UTFØRTE UNDERSØKELSER

2.1 Tidligere undersøkelser

Området er tidligere blitt vurdert i flere ulike sammenhenger. Relevante rapporter er:

- Mekaniske undersøkelser av stein fra Bruråsentunnelen, stamveg Songe – Akland, bærelagsmaterialer. Utarbeidet av H. Brudal, Statens vegvesen. Rapport datert 16. november 1964.
- Befaringsnotat Bruderovstunnelen (Bruråsentunnelen) E18, parsell Songe – Akland. Utarbeidet av Rolf Selmer-Olsen, NTH. Notat datert 9. september 1965.
- Notat vedr. fjellsikring/teknisk tilstand ved østre tunnelportal i Bruråsen tunnel. Utarbeidet av Sigurd Langerød, Statens vegvesen. Notat datert 27.01.2005.
- Oppdragsrapport I-273A nr. 1. Ny E18 Vinterkjærkrysset. Grunnundersøkelser. Utarbeidet av Bjørn. K. Dolva. Rapport datert 21.04.1997.

Utbedring av E18 Akland – Songe var et planleggingsprosjekt som pågikk i 2013, der det ble vurdert midtrekkeverk og forbikjøringsfelt på deler av strekningen. Prosjektet kom ikke til utførelse, men det ble gjort en del ingeniørgeologiske vurderinger av sideterrenget på strekningen Svarthøl bru – Aklandskrysset. Deler av disse vurderingene er relevante for prosjektet fv. 416 Risørvegen, blant annet strukturmålinger.

2.2 Undersøkelser i denne planfasen

Vurderingene bygger på feltarbeid og terrengmodellering i ArcGIS. Følgende er utført (listen er ikke uttømmende):

- Gjennomgang av grunnlagsmateriale og litteratur.
 - o Tidligere undersøkelser.
 - o Faglitteratur.
 - o Normaler, retningslinjer og veiledninger fra Statens vegvesen.
- Ingeniørgeologisk kartlegging av bergmassen i planområdet, inkludert:
 - o Strukturmålinger.
 - o Sulfidundersøkelser.
- Kartstudier:
 - o Berggrunns- og kvartærgeologiske kart fra NGU (1:50 000).
 - o Lineamentskart fra NGU.
 - o Aktsomhetskart fra NVE.
- Terrengmodellering og generering av ulike kart i ArcGIS (skyggekart, helningskart etc.).
- Geotekniske totalsonderinger.

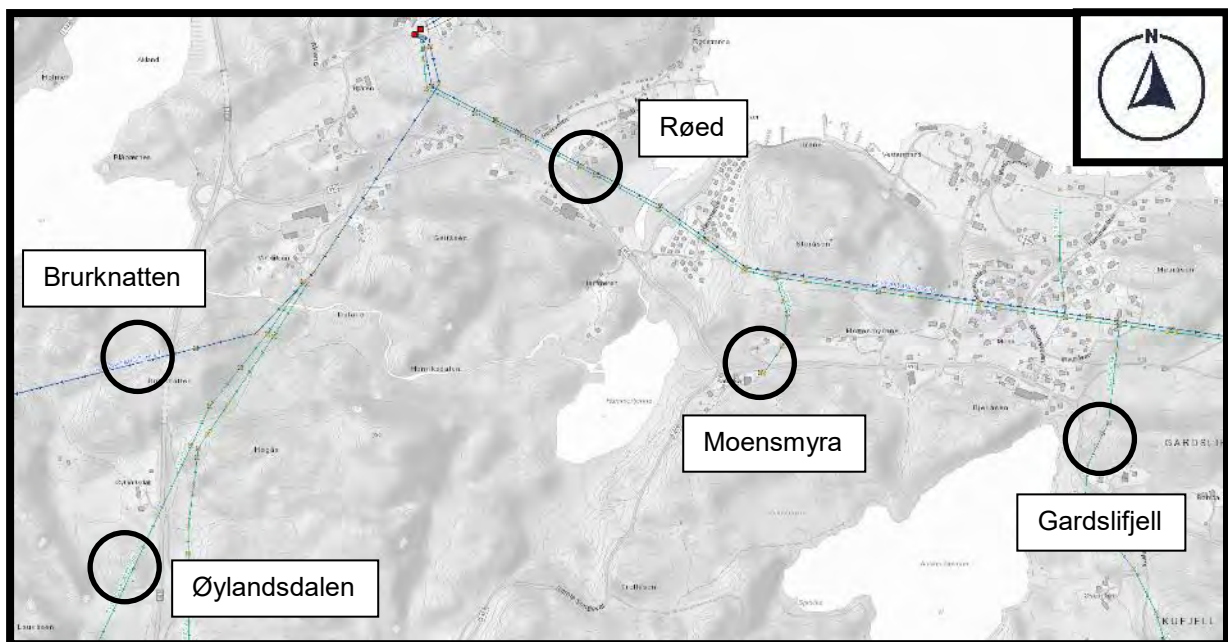
3 IKKE GEOLOGISKE FORHOLD

Trafikale forhold, hensyn til trafikkert veg

Vest for dagens E18 vil traséen vil stort sett gå i jomfruelig terreng og store deler av byggearbeidet vil kunne foregå uten større konsekvenser for trafikkavviklingen i området. Øst for dagens E18 vil anleggsarbeidet i større grad komme i konflikt med trafikkavviklingen. Det er dårlig med omkjøringsveger til og fra Risør.

Naboforhold

Traséen krysser under høyspent ved bergskjæringen i Øylandsdalen (22 kV), Brurknatten (132 kV), Røed (22 kV/66 kV), Moensmyra (22 kV) og ved Gardslifjell (22 kV). For å unngå utilsiktet tenning i nærheten av høyspentledninger må det stilles krav til tennere og/eller krav til sikkerhetsavstand. Ved arbeid nærmere høyspentlinjer enn 30 m er det varslingsplikt til Agder Energi Nett.



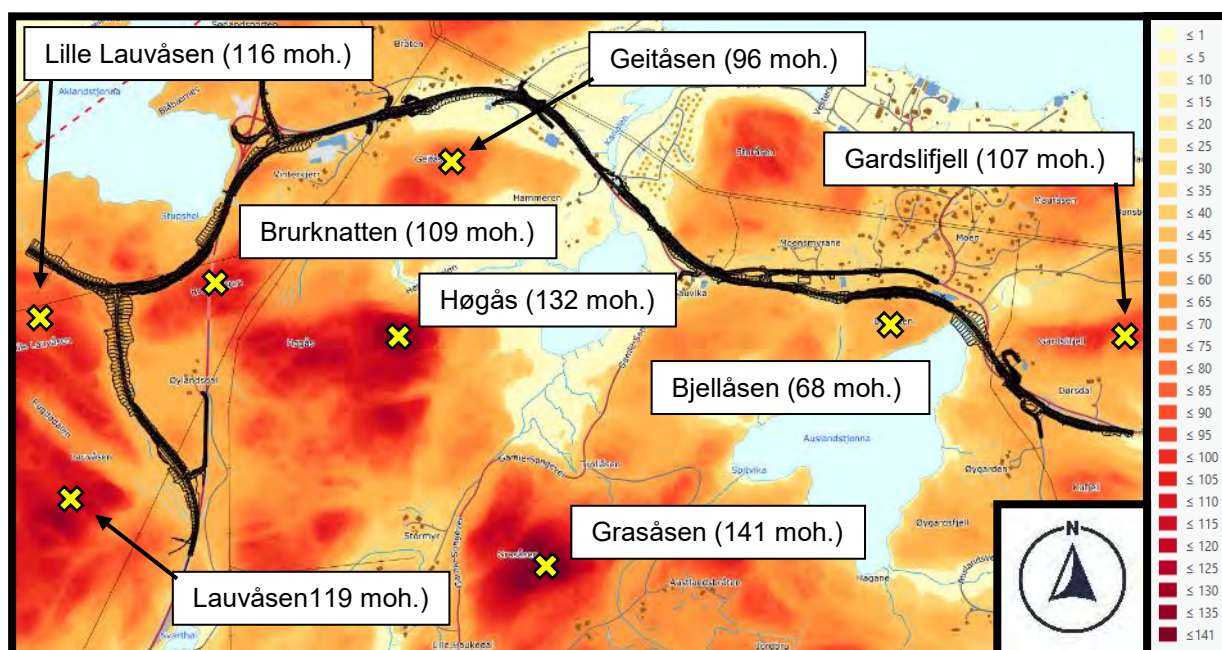
Figur 4. Oversikt over nettanlegget i planområdet [16].

4 GRUNNFORHOLD - FAKTADEL

4.1 Topografi

Risør kommune domineres av småkupert terreng med mange små og store vann. Noen steder når heiene over 200 moh. De høyeste toppene i og rundt planområdet er Grasåsen, Høgås, Lauvåsen, Lille Lauvåsen, Brurknatten, Gardslifjell, Geitåsen og Bjellåsen. Lille Lauvåsen, Brurknatten, Geitåsen, Bjellåsen og Gardslifjell er toppene med nærføring til traséen med betydning for berguttak eller aktsomhetskart.

Planområdet er gjennomskåret av lineamenter med retning NØ-SV. Denne lineamentsretningen kuttes av mer markante lineamenter med retning Ø-V til ØSØ-VNV, en retning som sammenfaller med isbevegelsesretningen i området.

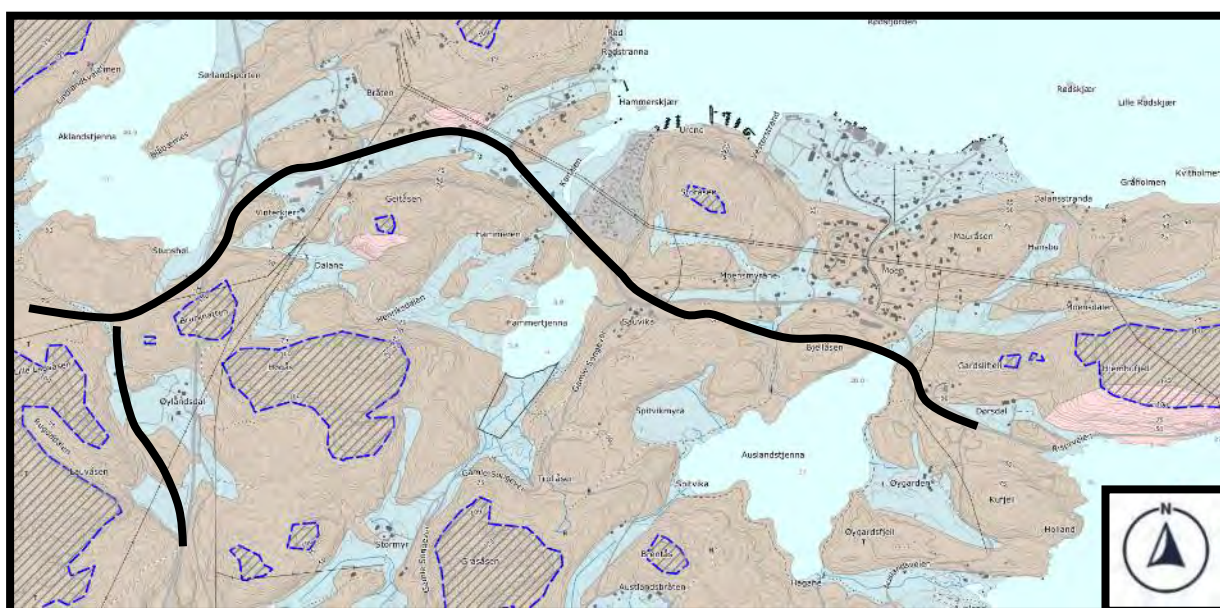


Figur 5. Kart som viser den relative høydeforskjellen i planområdet.

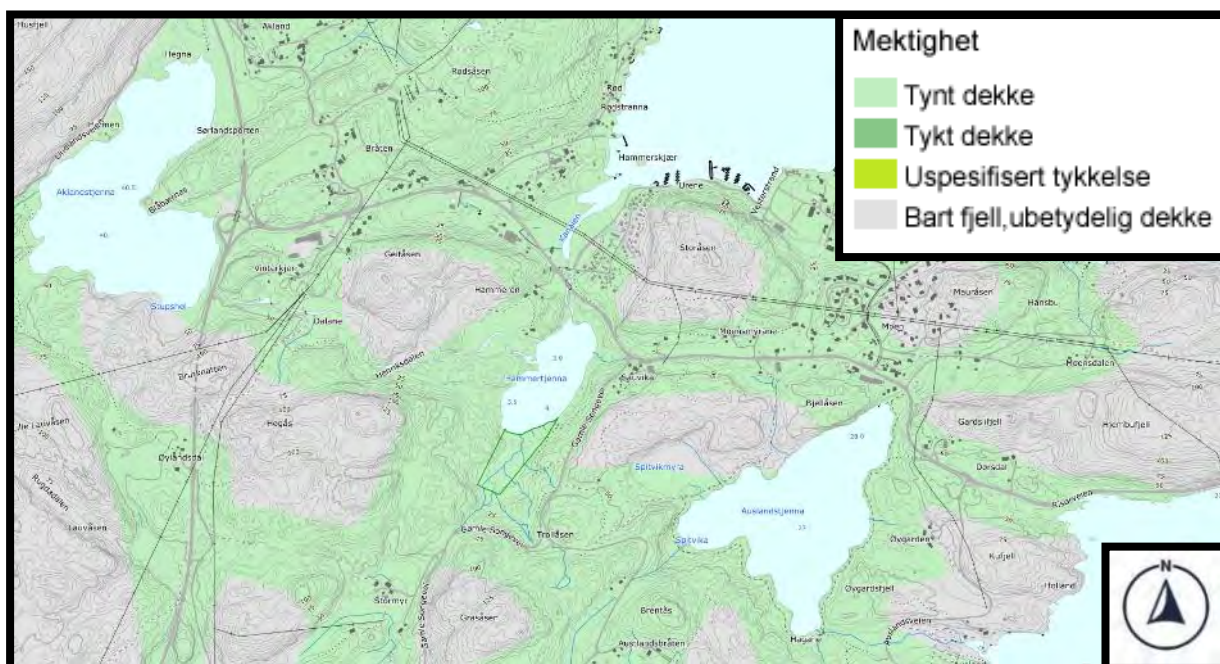
4.2 Løsmasser – kvartærgeologi

Løsmassene i vestre del av kommunen (vest for dagens E18) består hovedsakelig av morenedekke. For øvrig består løsmassene av hav- og fjordavsetninger og strandavsetninger. Løsmassedekket er som oftest usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen, stort sett begrenset til sprekker og smådaler. I grunnlendte områder og partier med hyppige fjellblotninger er tykkelsen på avsetningene normalt mindre enn 0,5 m [15]. Dette er vist med lys grønn farge i Figur 7 (tynt dekke). Lokalt kan mektigheten være større. En kan forvente å finne morenemateriale i mer usammenhengende form direkte over fjell [30], [31].

Landhevingen etter siste istid har hevet disse avsetningene over dagens havnivå. Marin grense (MG) er ved Moland, ca. 2 km nord for Vinterkjærkrysset, observert til å ligge 96 moh. [30]. MG avtar mot øst. Isbevegelsesretningen i planområdet har vært fra VNV mot ØSØ (isskuringsstriper mellom Auslandstjønn og Auslandsvann, [21], [22]), en retning som sammenfaller med Sør- og Nordfjorden. Lenger sør, rundt Songevannet, har isbevegelsesretningen vært NV-SØ. Det vises til geoteknisk rapport utarbeidet av Statens vegvesen, på vegne av Agder fylkeskommune, for detaljer knyttet til kvartærgeologi og grunnundersøkelser [34].



Figur 6. Løsmassekart [15]. Traséen (sort) ligger under MG (blå skravur).



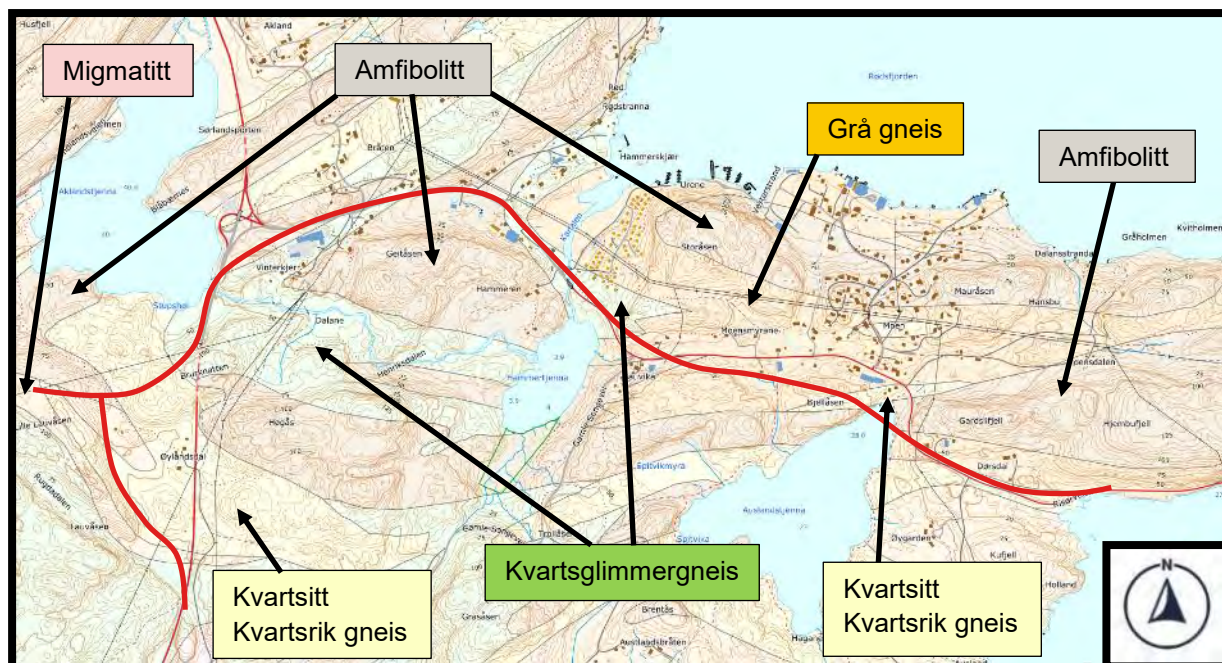
Figur 7. Viser antatt mektighet på løsmassene [15].

4.3 Berggrunnsgeologi

4.3.1 Regionalgeologi og bergarter

Planområdet ligger i Bamblekomplekset som utgjør en 20-30 km bred sone sørøst for Porsgrunn-Kristiansandforkastningen (PKF). Komplekset er kjent for sin nordøst-sørvest strøkretning som skyldes bergartenes lengdeorientering og strukturtrekk som foliasjon, foldeakser og skjærsoner. Komplekset består vesentlig av gneiser, det vil si omdannende sedimentære og magmatiske bergarter. Nærmere kysten, inkludert deler av planområdet, endrer de regionale lineamentene strøkretning fra NØ-SV til mer Ø-V. Vestre del av planområdet (Vinterkjærkrysset og Aklandstjenna) ligger på grensen mellom denne strukturendringen.

Berggrunnen i Risør kommune består hovedsakelig av grunnfjellsbergarter av forskjellige typer, for det meste gneiser (båndgneis, granittisk gneis og øyegneis), samt enkelte områder med gabbro og amfibolitt. I planområdet er det vekslende geologi, med amfibolitt, kvartsitt og gneis som de dominerende bergartene. Gneisene kan være kvartsrike, glimmerrike (og sillimanittførende) eller bestå av kvarts-plagioklas, biotitt ± granat, hornblende. Mindre pegmatitter kan også forekomme [33].



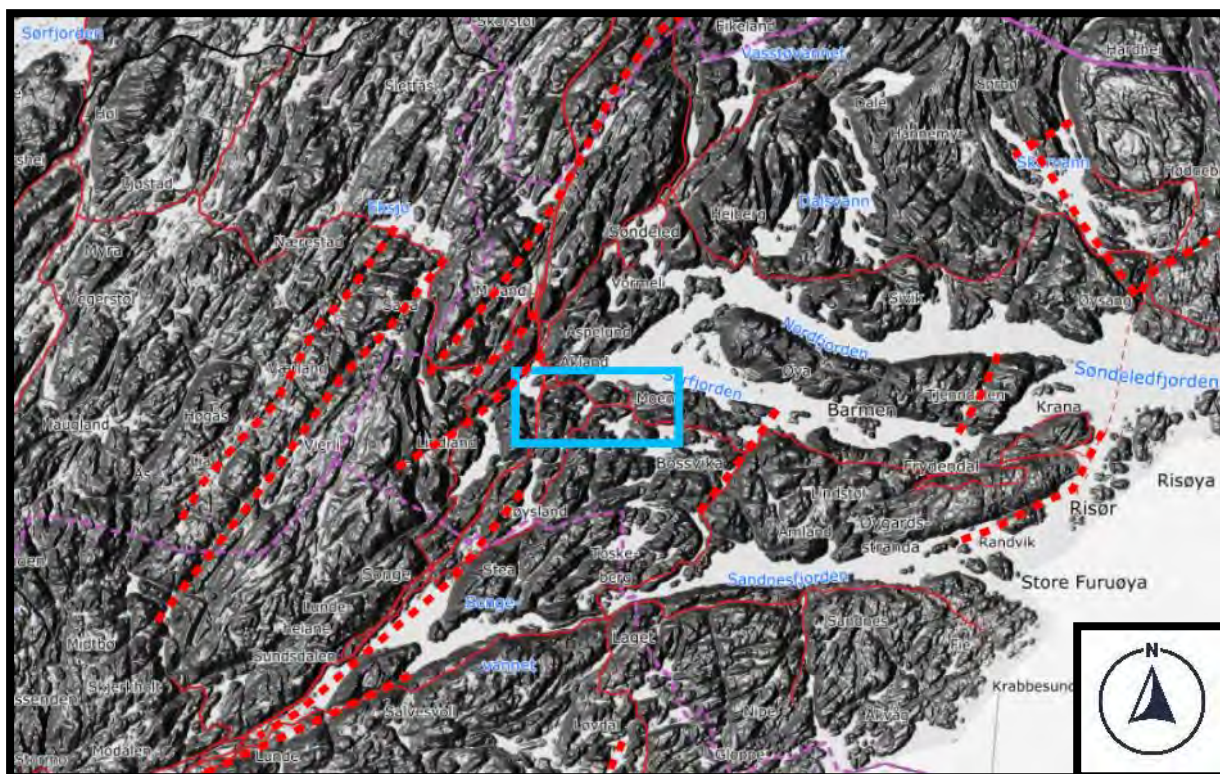
Figur 8. Berggrunnskart fra NGU (M 1:50 000) [14]. Rød linje viser ny vegtrasé.

4.3.2 Sulfidholdig berg

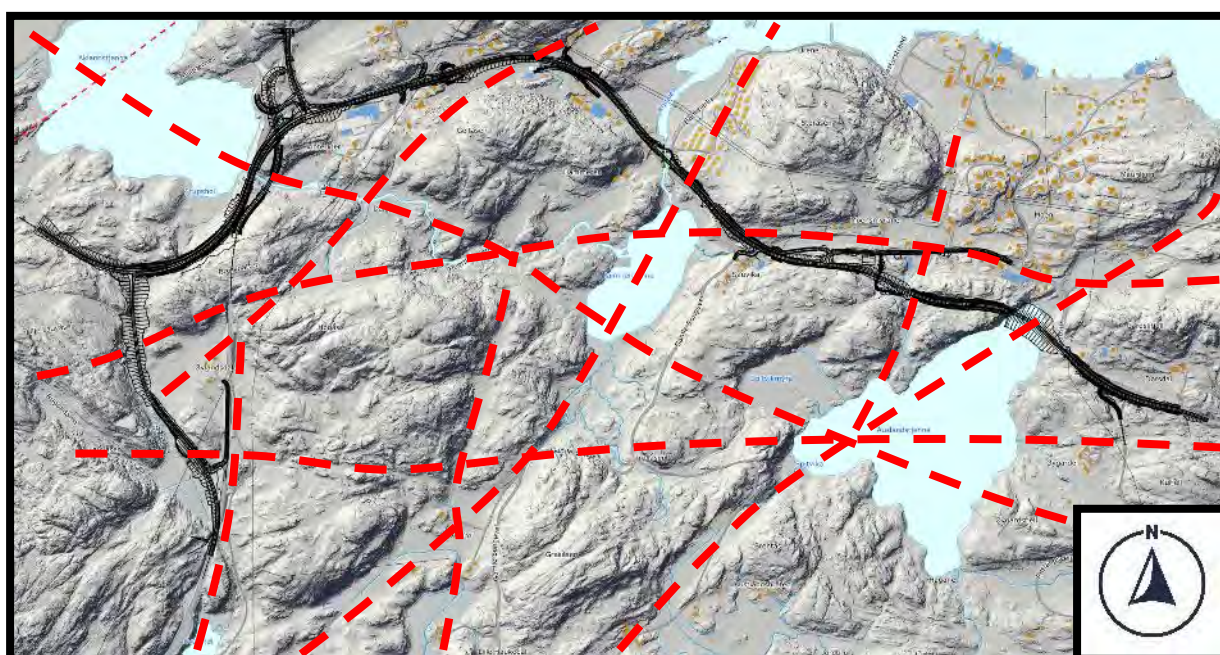
Det er utarbeidet en egen faktarapport utførelse og resultater presenteres, se vedlegg [3]. Tolkningen av disse resultatene er utført i kap. 5.5.1.

4.3.3 Sprekkesystemer og svakhetssoner

Figur 9 viser hovedstrukturene på regionalt nivå og Figur 10 viser strukturene i planområdet.

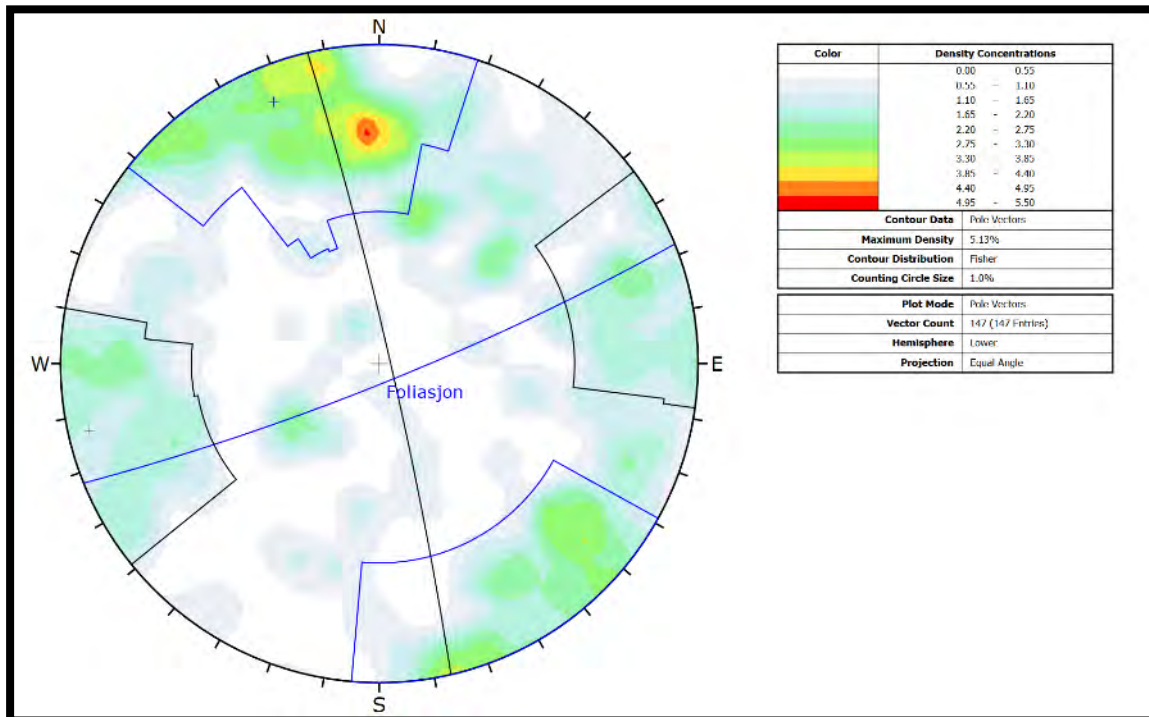


Figur 9. Terrengmodell (multi-skyggerelieff) som tydelig viser den NØ-SV-dominerende retningen i denne del av Agder. Planområde i blå firkant.

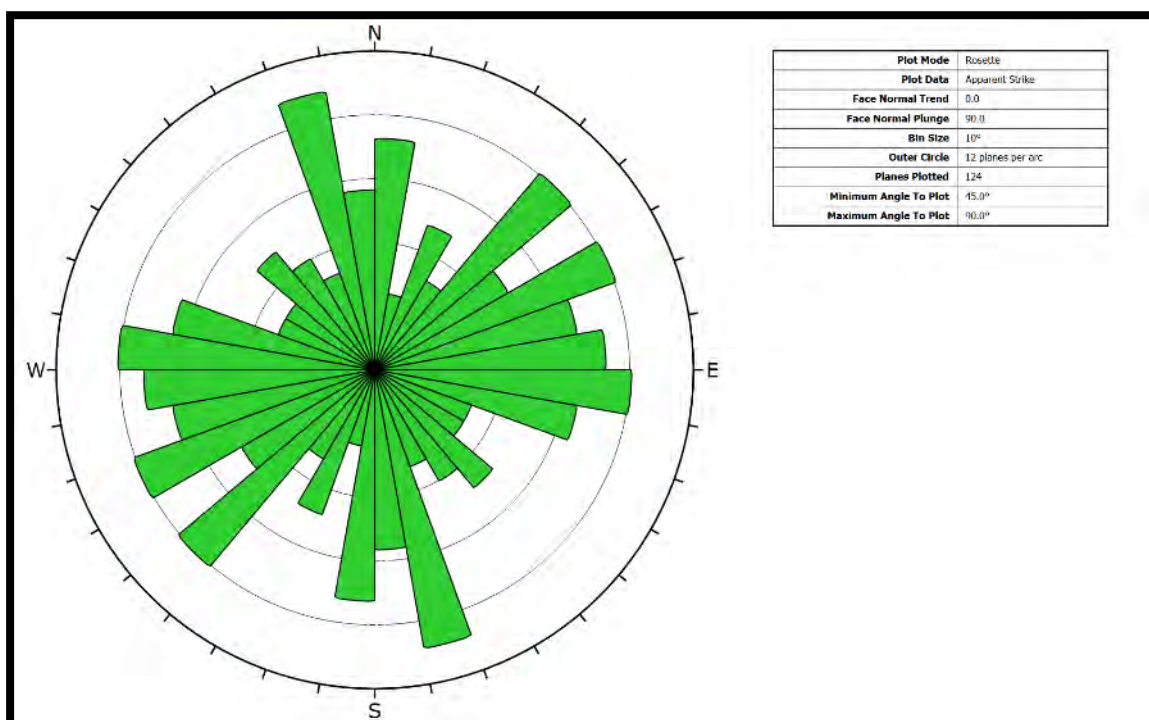


Figur 10. Skyggerelieff av strukturene i planområdet.

Det er gjort innmålinger av sprekker i hele planområdet. Disse er tolket og vurdert i kap. 5.2 for den enkelte bergskjæring. Innmålinger viser at bergmassen i planområdet domineres av hovedsakelig to sprekkesett som vist i Figur 11. Storsirklene representerer et gjennomsnitt av målingene som er markert.



Figur 11. Konturplott med storsirkler over alle strukturmålinger i planområdet.



Figur 12. Sprekkerose over alle strukturmålinger i planområdet.

4.4 Bergartenes mekaniske egenskaper

Det er ikke gjort tester for å undersøke berggrunnens borbarehets- og sprengbarhets-egenskaper eller egenskaper for bruk til vegformål. For sikker bestemmelse må det gjennomføres laboratorieundersøkelser av de stedegne bergartstypene. Tabell 6 viser forventede mekaniske egenskaper for tilsvarende bergarter.

Tabell 6. Oversikt over forventede mekaniske egenskaper [23], [24].

	Borsynk (DRI)	Borslitasje (BWI)	Sprengbarhet **
Glimmergneis*	Middels	Lav-middels	Dårlig
Kvartsitt	Meget lav-lav	Meget høy	God
Amfibolitt	Lav-middels	Lav-middels	Middels-god
Migmatitt	Lav-middels	Middels-god	
Granittisk gneis	Middels-god	Middels	Middels-god
Gneis	Lav-middels	Middels-høy	Middels-god

* Ikke utført tester på kvartsglimmergneis [23], [24]. Økende innhold av kvarts vil redusere borsynken og øke borslitasjen.

** Sprengbarheten reduseres med økende mengde glimmer i bergarten.

Høyt innhold av glimmer gir lavere mekanisk styrke. Det er heller ikke ønskelig med for høyt glimmerinnhold i de steinstørrelsene som brukes i asfalt og betong [26].

I forbindelse med planlegging og bygging av Bruråsentunnelen (åpnet i 1965) ble det tatt ut steinmateriale til mekanisk testing [28]. Prøven ble tatt fra 20 m under terrengnivå og bestod av grovkrystallinsk kvartsitt med et mindre innhold av glimmer. Prøvematerialet hadde svake mekaniske egenskaper. Materialet var meget sprøtt og lite slitesterkt. Knusing av steinen produserte mye finstoff. I en myk bergart vil andelen av finstoffet dannet av knusing være ca. 9-20 % (skifrige og glimmerrike bergarter), og 8-10 % for middels harde til harde bergmasser (kvarts- og feltspathholdige bergarter, kvartsitt) [32].

Fra samme tunnel ble leirmaterialet fra leirslepper prøvetatt og analysert. Den differensialtermiske analysen (DTA) viste at finstoffet i prøven var en svelleleire bestående av montmorillonitt og kaolinitt. Den frie svellingen var 140 % (middels aktivt) og et svelletrykk på 41,5 tonn/m², tilsvarende 0,4 MPa (høyt [37]) ved konstant volum. Rapporten viser likevel til lav aktivitet på sleppene i tunnelen [29].

4.5 Vannforhold – hydrologi/hydrogeologi

Det er ikke avmerket noen vannveger over bergskjæringsuttakene på NVEs kart over elver og bekker [16]. Det er heller ikke observert noen bekkeløp ved befaring.

4.6 Naturfarer

Aktsomhetskart for skred viser områder med *potensiell* skredfare [16]. Deler av planlagt trasé ligger innenfor aktsomhetskartet for skredtypene steinsprang og snøskred, se Figur 13 og Figur 14.

Figur 15 viser registrerte nedfall i området. Det er ingen registreringer av skred med løснеområde i naturlig sideterreng, men to nedfall fra henholdsvis tunnelmunning og bergskjæring. Disse betraktes ikke som hendelser knyttet til skredfare. Det må forventes at antall hendelser er underrapportert, spesielt bakover i tid og særlig for den delen av traséen som ligger vest for dagens E18 (jomfruelig terreng).

Begrensningene i terrengmodellen som aktsomhetskartene er basert på gjør at bratte, og potensielt skredfarlige skrenter lavere enn 20 m, ikke er identifisert eller avgrenset på kartene. I noen tilfeller kan også skrenter på mellom 20-50 m falle utenfor [16]. I planområdet er slike skrenter lokalisert på følgende steder:

- Hele skråningen på venstre side gjennom Øylandsdalen (steinsprang).
- Skråning over skjæringstopp ved Sauvika (steinsprang).

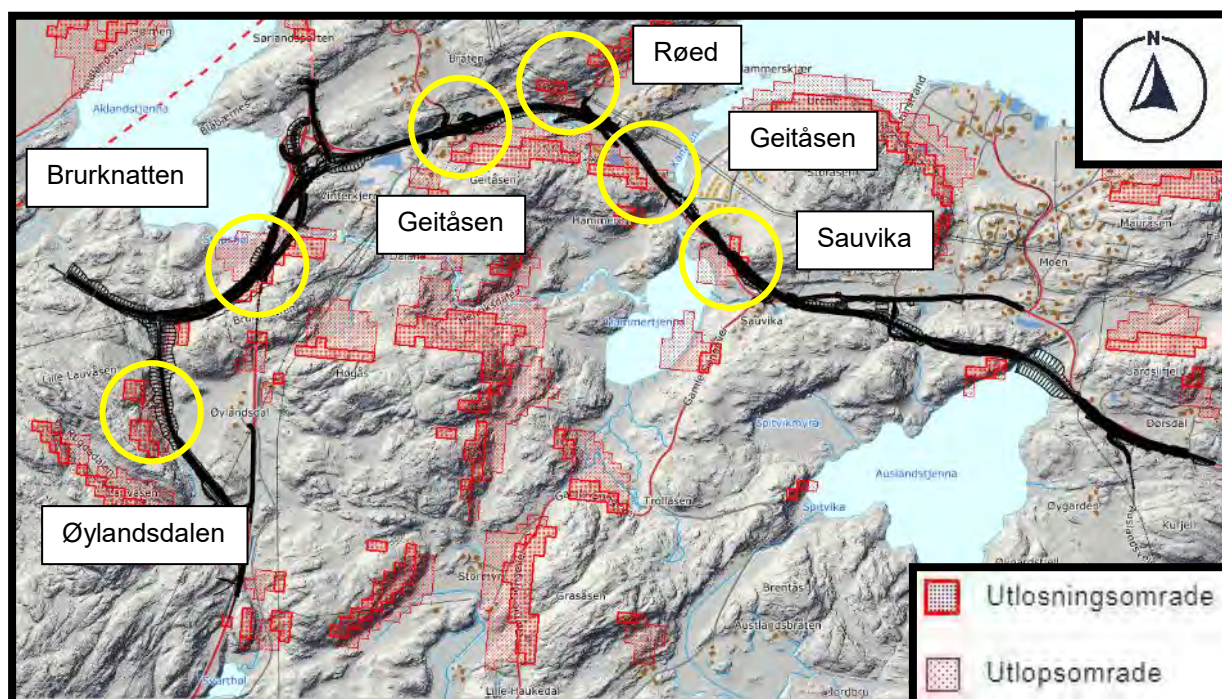
Tabell 7 og Tabell 8 lister opp alle områder langs traséen som ligger innenfor potensielle løсне- eller utløpsområder for skred, eller nær brattskrenter, for henholdsvis linje 20100 og 19100. For vurdering av alle relevante naturfarer, se kap. 5.3. Kvikkleire vurderes av geotekniker og det henvises til geotekniske rapporter [34].

Tabell 7. Trase (linje 20100) innenfor aktsomhetskart eller nær brattskrenter.

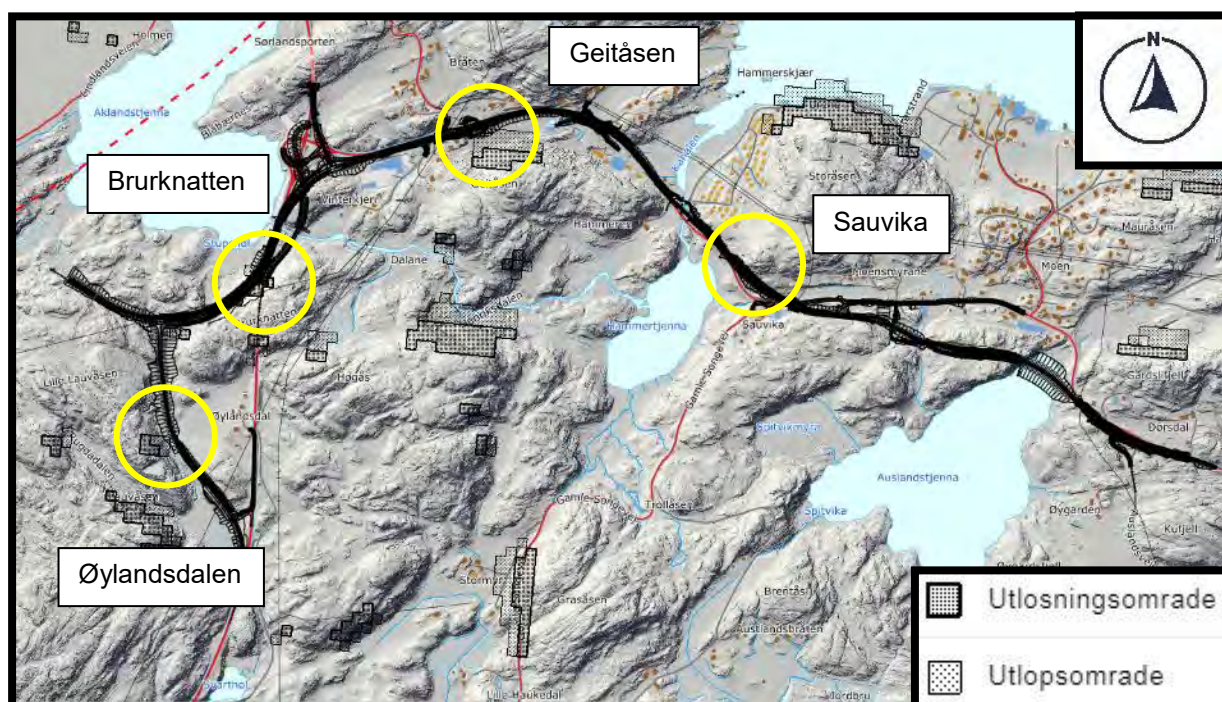
Stedsnavn	Pel fra-til	Aktsomhetskart	Kommentar
Øylandsdalen	400-600	Egen vurdering	Steinsprang
Øylandsdalen	520-540	Steinsprang	Berører kun fylling
Øylandsdalen	520-670	Snøskred	
Brurknatten	735-810	Snøskred	
Brurknatten	785-810	Steinsprang	Berører kun fylling

Tabell 8. Trase (linje 19100) innenfor aktsomhetskart eller nær brattskrenter.

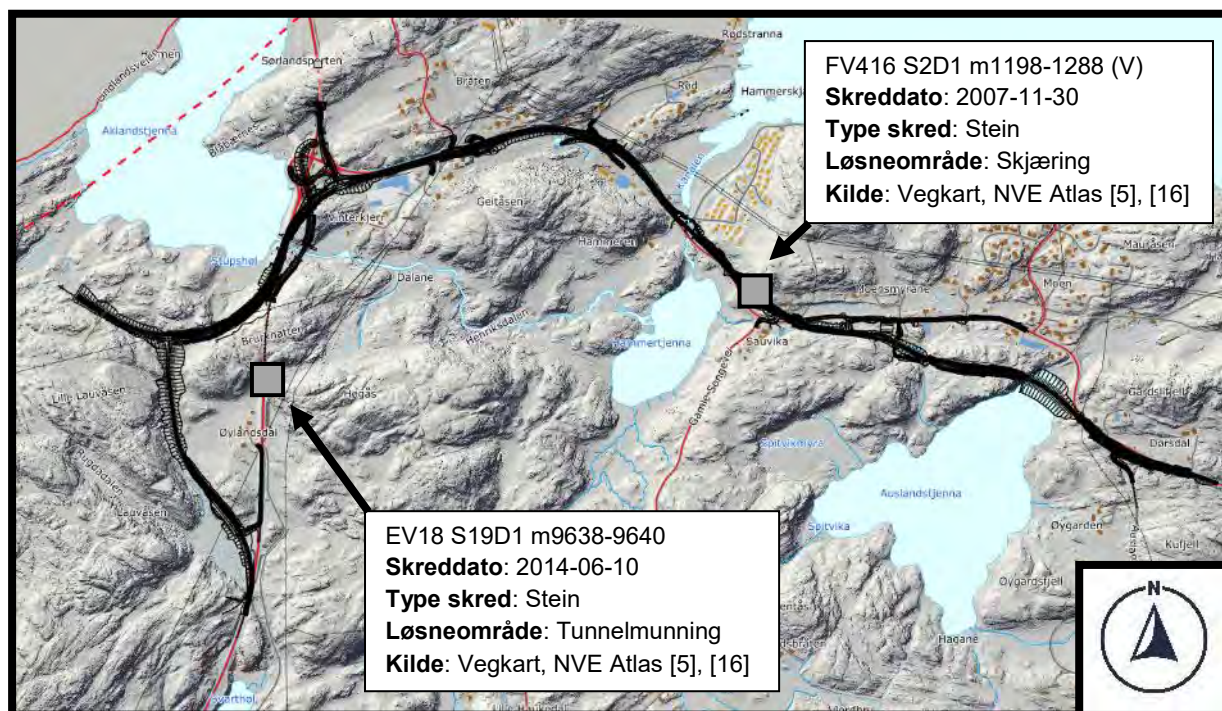
Stedsnavn	Pel fra-til	Aktsomhetskart	Kommentar
Brurknatten	750-780, 890-1110	Snøskred	
Brurknatten	890-1000	Steinsprang	
Geitåsen	1700-1760	Steinsprang	Berører kun fylling
Geitåsen	1670-1760, 2170-2270	Snøskred	
Rød	1915-1935	Snøskred	
Sauvika	2460-2575	Snøskred	
Sauvika	2550-2650	Egen vurdering	Steinsprang



Figur 13. Aktsomhetskart snøskred. Gul sirkel angir områder hvor naturfare er vurdert (utløpsområde over veg).



Figur 14. Aktsomhetskart steinsprang. Gul sirkel angir områder hvor naturfare er vurdert (utløpsområde over veg eller nærhet til brattskrenter).



Figur 15. Registrerte nedfall (grå firkant) i planområdet [6], [16].

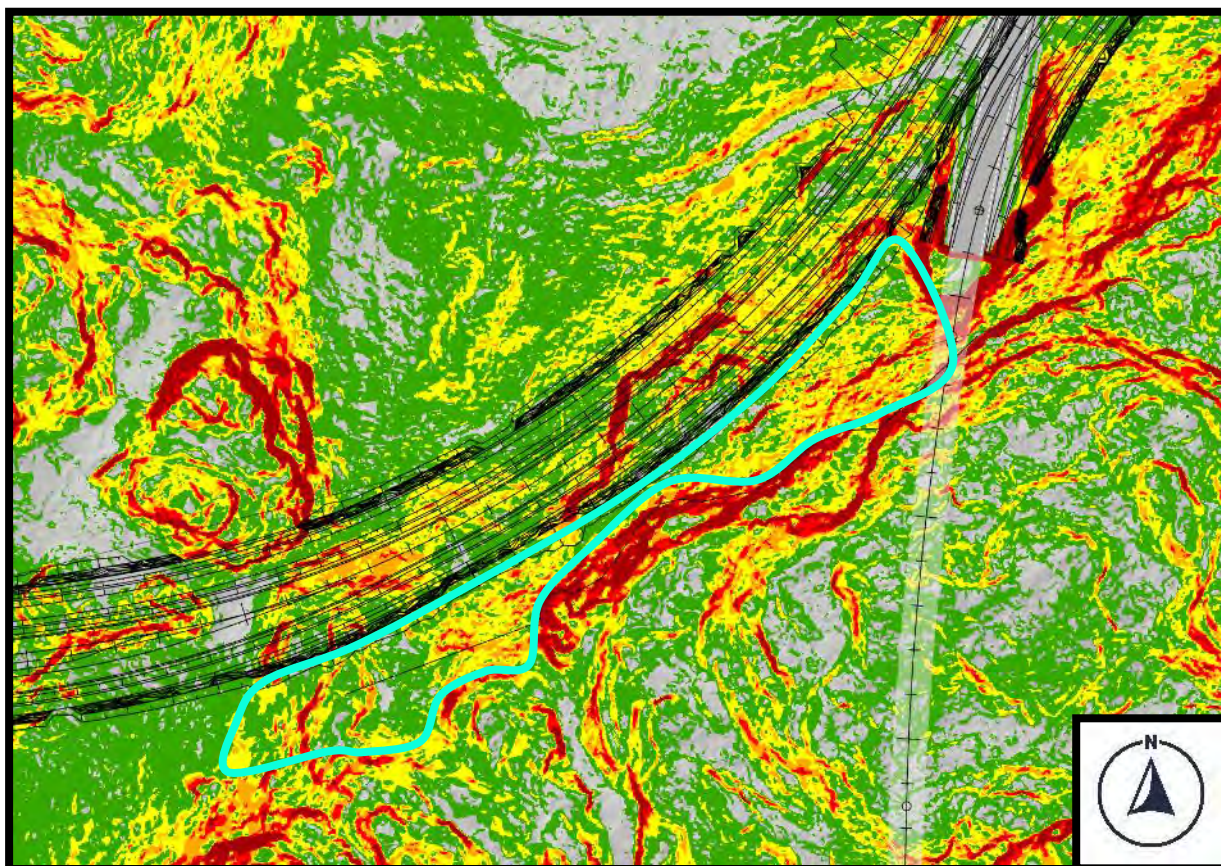
5 INGENIØRGEOLOGISKE VURDERINGER – TOLKNINGSDEL

5.1 Fordeling løsmasser - berg

Løsmasser med større mektigheter ($> 0,5$ m) er stort sett begrenset til forsenkninger og svakhetssoner. Ved og over bergskjæringene er det hovedsakelig bart berg eller et tynt torvdekke. Lokale lommer med større løsmassemektheter kan forekomme og løses primært ved å fjerne løsmassene i sin helhet 2-4 m bak skjæringstopp (utsprengt, ikke prosjektert). Der dette ikke er praktisk mulig, for eksempel grunnet stigende terreng, må det etableres støttekonstruksjoner (mur) eller andre stabiliserende tiltak (erosjonsnett, plastring).

Noen bergskjæringer kommenteres spesielt:

- Grunnundersøkelser ved pr. 990 (totalsondering nr. 106), indikerer en løsmassemekthet på 6-7 m, se geoteknisk datarapport [34]. Mektheten forventes å avta opp mot brattskrenten, og øke ned mot Aklandstjenn (som øvrige boringer i området bekrefter). Vegetasjonsdekke/løsmasser over skjæringstopp mellom trasé og Brurknatten bør fjernes i sin helhet, se Figur 16 (turkis polygon). Etter vegetasjonsrydding og maskinrensk bør berget spylerskes fra toppen og ned etter prosess 23.11 i håndbok R761 [2].
- Mellom Hammerlia (pr. 2430) og Sauvika (pr. 2530) er det ikke berg i dagen. Her kan det bli aktuelt med mur for å håndtere løsmasser.
- Mellom Sauvika og Auslandstjenn ligger traséen i en svakhetsone med utstrekning Ø-V. Bergskjæringene skal her etableres i en bergmasse som danner sideberget til denne svakhetssonen, og som derfor må antas å være av dårligere kvalitet enn omkringliggende bergmasse. Overgangen mellom løsmasser (blokkig og avløst berg) og fast fjell kan ligge i området hvor kontur skal etableres. Det anbefales at skråningene renskes helt fri for løs stein og blokk der disse kan tenkes å bli liggende ustabil over en ferdig etablert bergskjæring.



Figur 16. Fjerning av løsmasser ved Bruråsen (turkis polygon).

5.2 Bergmassekvalitet – stabilitet

Den dominerende strukturen i planområdet er en foliasjonsretning som har strøkretnig ca. Ø-V til VSV-ØNØ og med steilt fall i sørlig retning ($> 60^\circ$). Dette resulterer flere steder i steile bergvegger med overhengstrukturer som vender mot nord, med uransamlinger ved fjellfoten. Dette kan ses blant annet på nordsiden av fjellrygger som Brurknatten, Geitåsen og Gardslifjell, samt kollen ved Vinterkjær. På sørsiden vil berget ofte være slakere og mer skurt. Foliasjonen kuttes av svakhetssoner og søkk orientert NØ-SV (Aklandstjenn, Hammertjenn og Auslandstjenn) og mindre markante lineamenter orientert ca. N-S.

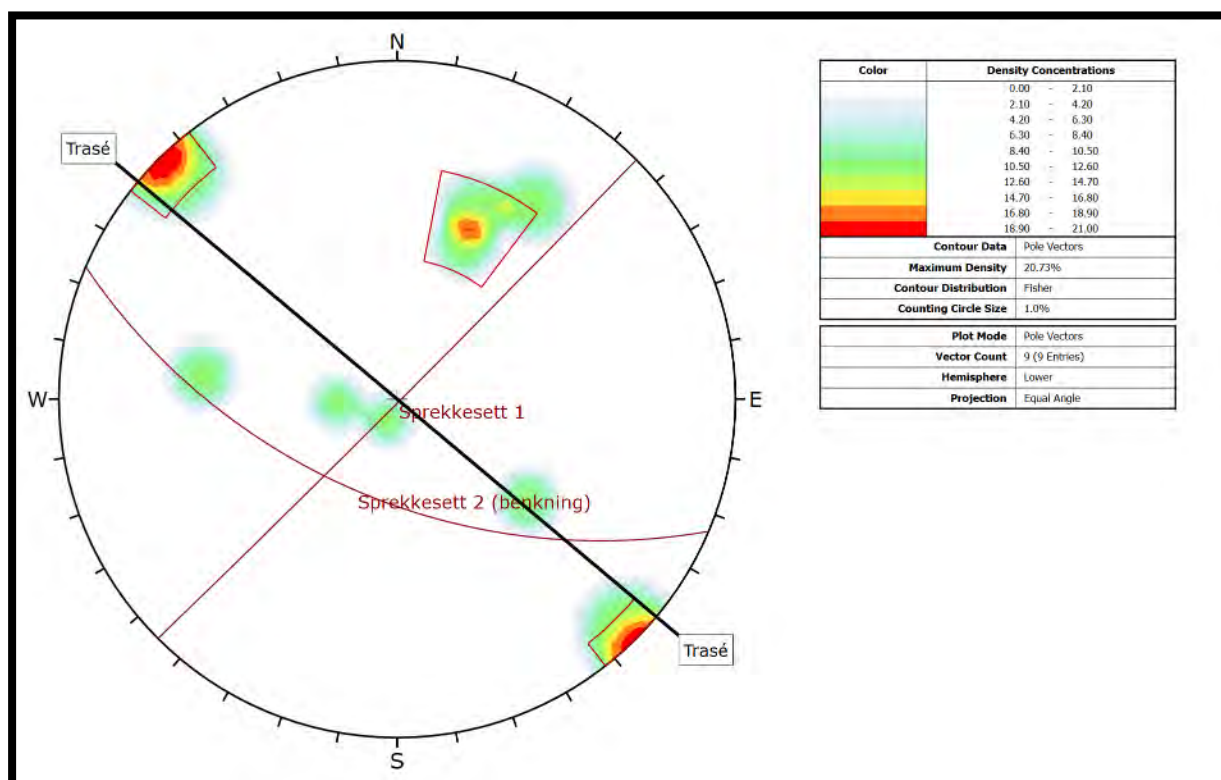
I kap. 5.2.1-5.2.8 er stabiliteten i den enkelte bergskjæring vurdert ut fra de observasjoner og innmålinger som er gjort.

5.2.1 Øylandsdalen pr. 300-460

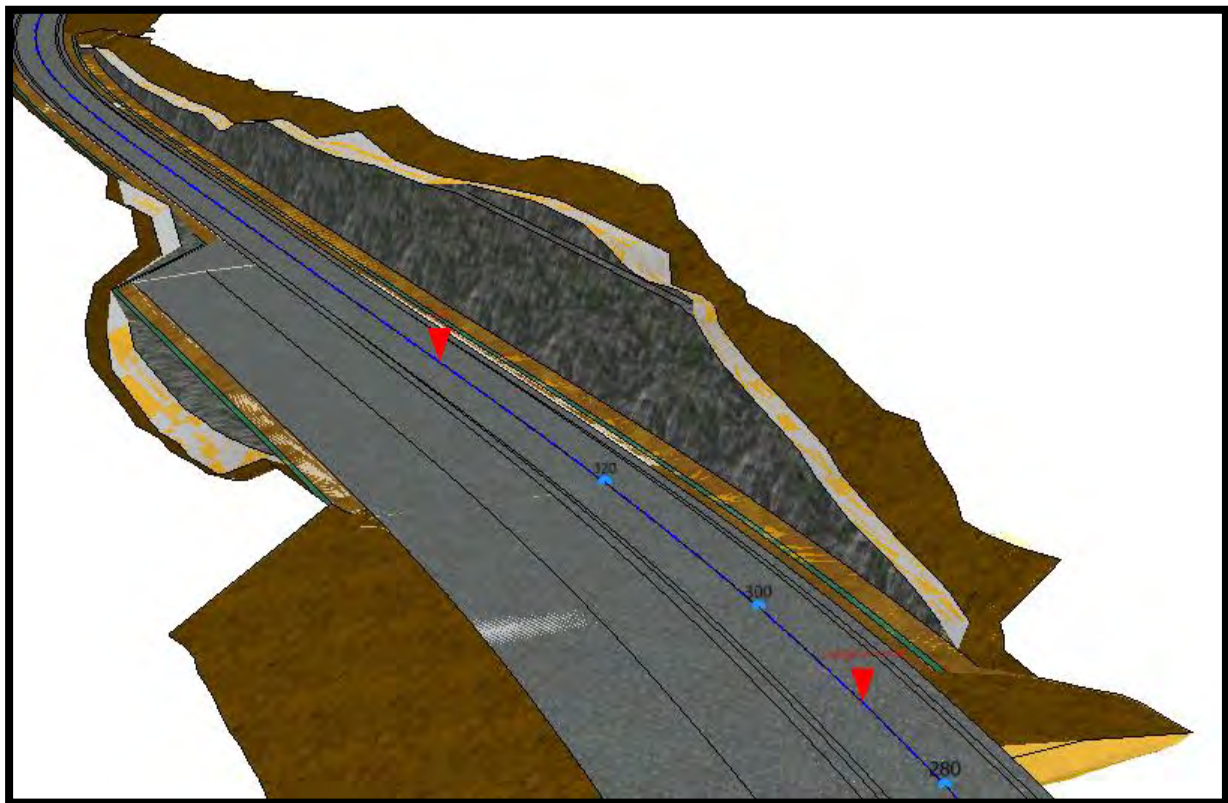
Sør i Øylandsdalen er det tolket to sprekkesett:

1. **045/89SØ**. Er det mest uttalte settet og står normalt på ny skjæringsvegg (gunstig). Er gjennomsettende og har en sprekkeavstand på > 2 m. Sprekkeruhet er ru/ujevn, plan.
2. **113/57SV**. Dør ut i det andre settet. Sprekkeavstanden er typisk 0,5-2 m og sprekkeruheten er diskontinuerlig til ujevn, plan.

Bergmassen består av en massiv kvartsitt av god kvalitet. Den er grovkornet og generelt lite oppsprukket. Mulig løsnemekanisme er plan utglidning langs sett 2, avløst i sidene av sett 1 (kubiske blokker). I de øvre delene av kollen er det antydning til en benket struktur som følger sett 2, se Figur 19. Det kunne vært aktuelt at konturen ble lagt etter denne strukturen (sett 2), men da risikerer man å gripe inn i slåttemarken på oversiden.



Figur 17. Konturplott og tolkning av registrerte strukturmålinger.



Figur 18. Utsnitt fra vegmodellen.



Figur 19. Benket struktur øverst i kollen. Meterstokk midt i bildet.

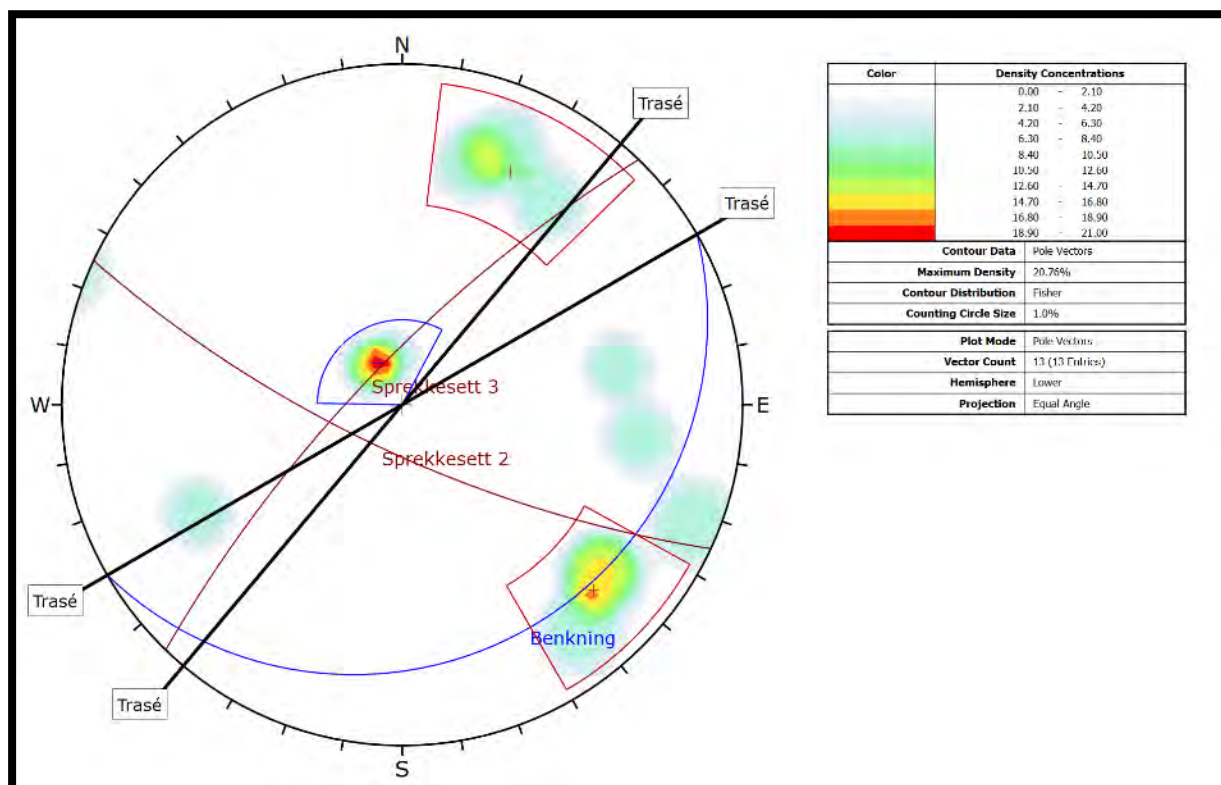
5.2.2 Brurknatten pr. 780-980 (H) og pr. 700-830 (V)

Mellom Øylandsdalen og Bruråsentunnelen er det tolket tre sprekkesett.

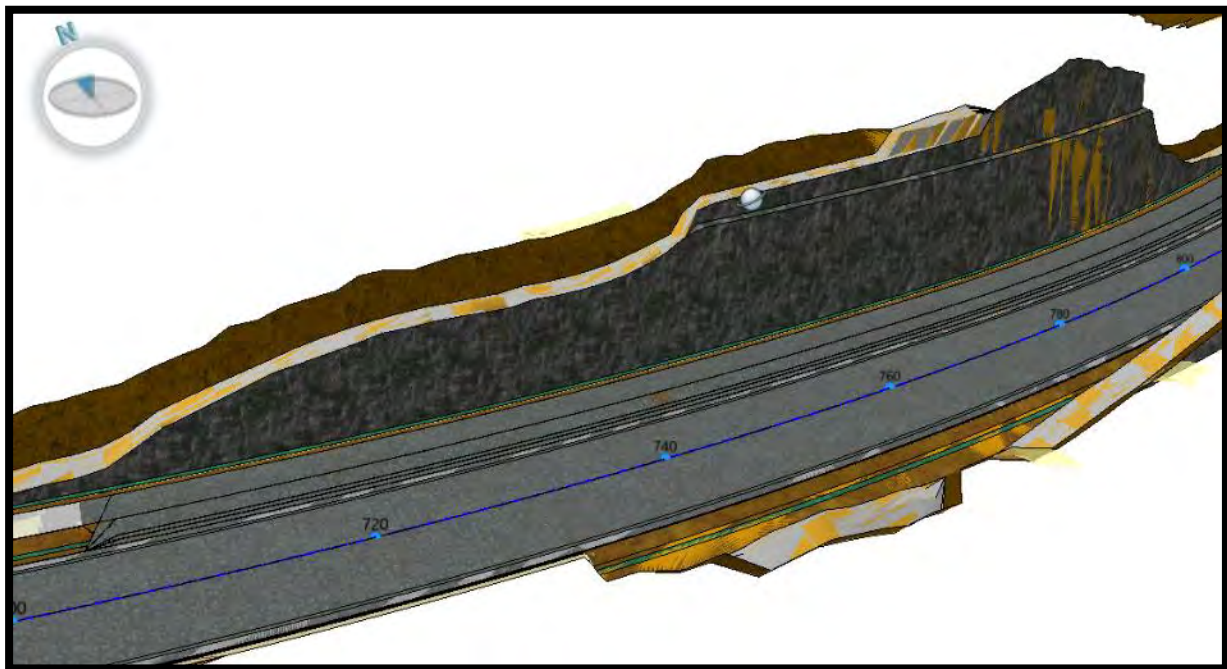
1. **060/16SØ**. Flattliggende sett med markert benkning i brattskrentene. Ruheten på sprekkeene er hakkete eller diskontinuerlig. Sprekkeavstanden er rundt 1 m. Leire er tidligere observert på disse sprekkeene i Bruråsentunnelen [29].
2. **224/76NV**. Steilt sprekkesett som definerer brattskrenten. Ruheten er glatt, plan og den innbyrdes sprekkavstanden er i området observert til å være 1 m, men kan være opp mot 3-4 m. Har stedvis gjennomsettende karakter.
3. **115/74SV**. Steilt sett som står normalt på sett 1 og 2. Ru/glatt, plan og med en sprekkavstand som varierer mellom 0,5-2 m. Dør ut i benkningen (sett 1).

Bergmassen består av en kvartsrik gneis/kvartsitt uten observert foliasjon, og med en benket struktur (sett 1), se Figur 24. Det slake fallet mot SØ gir overhengstrukturer mot NV og en del ur/løsmasser. Dette gir utfordringer med avløste enkeltblokker som må håndteres, se Figur 25. Ved portal Bruråsentunnelen er det observert vannsig i en oppsprukket og forvitret bergmasse [27].

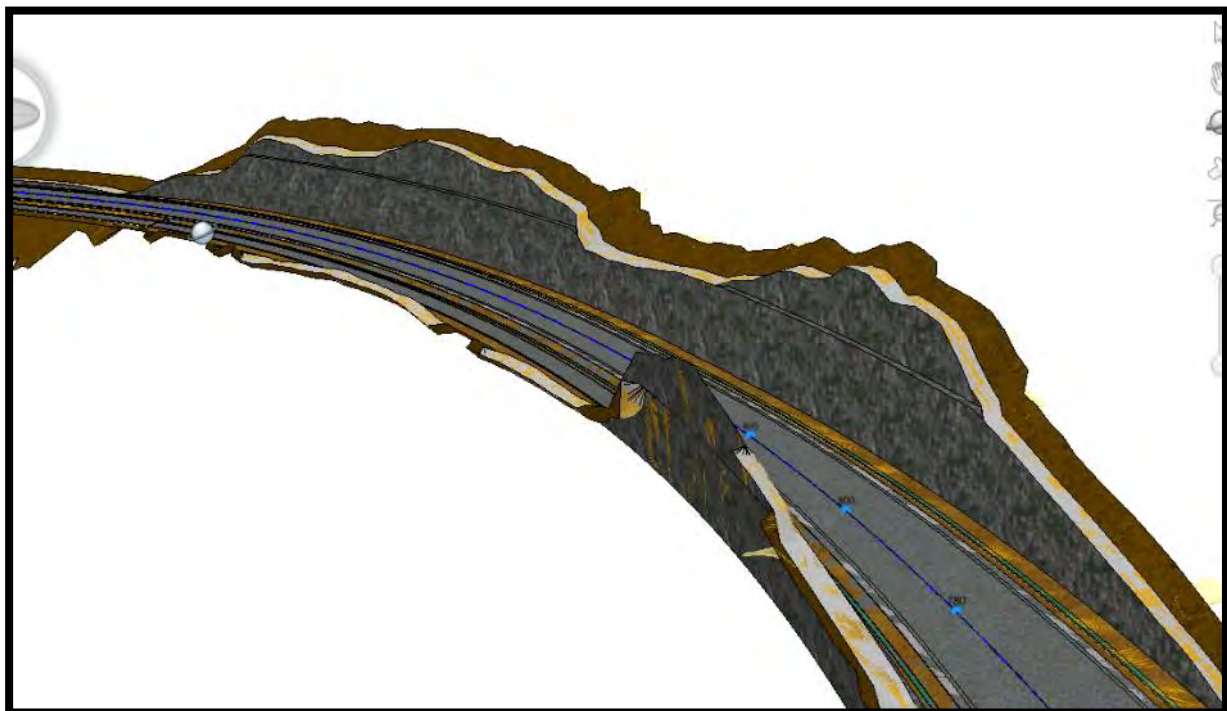
Det bør vurderes i prosjekteringen å legge høyre side av bergskjæringen etter sett 2. Det gir en skjæringshelning på ca. 3,5:1. Sett 2 er det som potensielt gir de største utfordringene med tanke på totalstabilitet, sprengning og sikring. Settet har steilt fall mot trasé (NV) og kan være gjennomsettende. Se eksempel i Figur 23. Det blir viktig å kartlegge bergmassen etter at løsmasser er fjernet og før sprengning utføres.



Figur 20. Konturplott og tolkning av registrerte strukturmålinger.



Figur 21. Utsnitt fra vegmodellen (pr. 700-830, venstre side).



Figur 22. Utsnitt fra vegmodellen (pr. 780-980, høyre side).



Figur 23. Blokk avløst etter sett 2 (ca. pr. 860).



Figur 24. Tydelig benkning i bergmassen. Meterstokk midt i bildet.



Figur 25. Oppsprekningsmønsteret gir overheng i nordvendt fjellside.



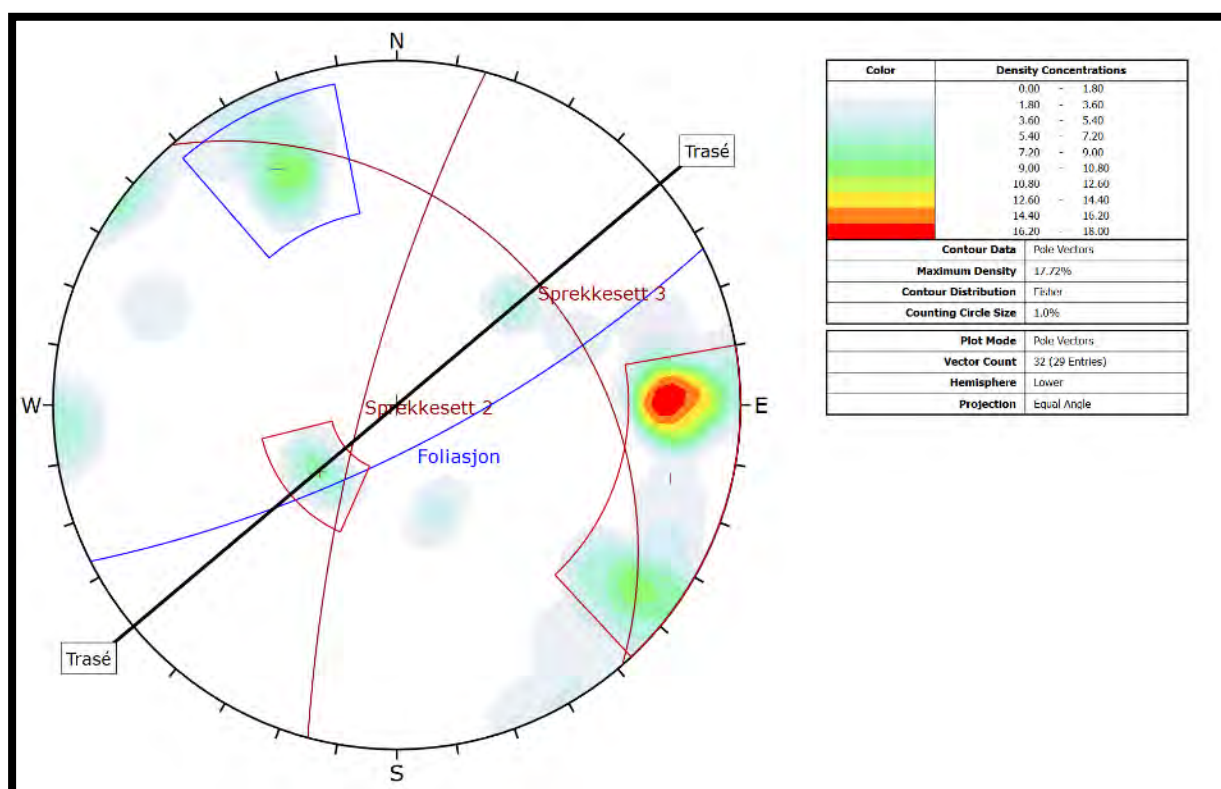
Figur 26. Grove blokker i terreng (pr. ca. 850-900). Meterstokk til høyre.

5.2.3 Vinterkjær pr. 1140-1250

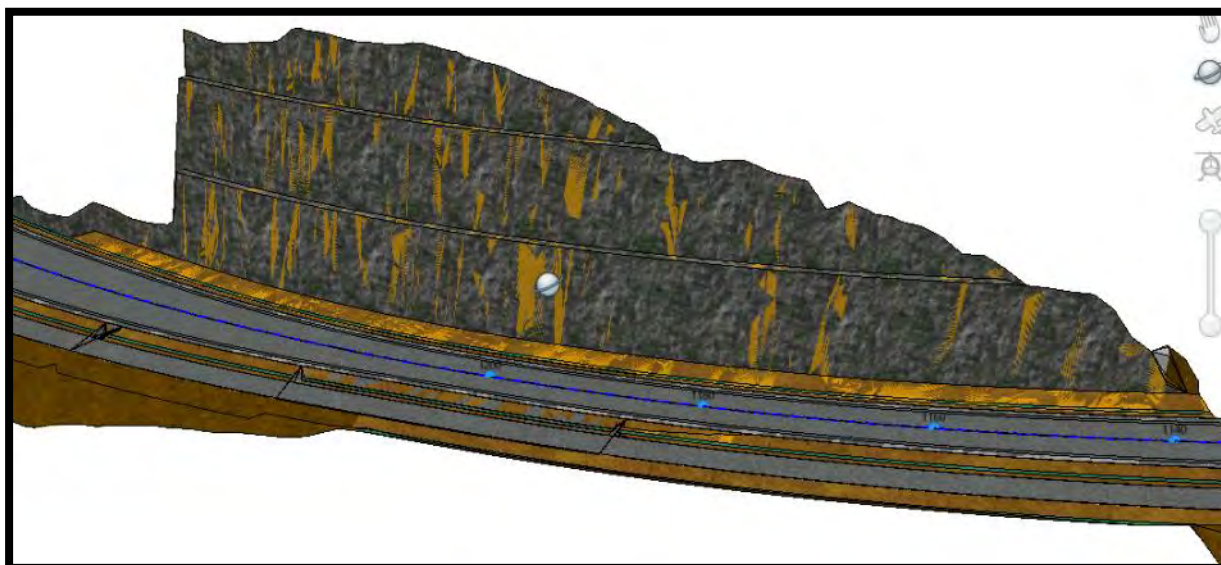
Ved Vinterkjær er det tolket to til tre sprekkesett i gneisen.

1. **063/75SØ**. Oppsprekning langs foliasjonen. Svakt foldet. Typisk oppsprekning er 0,5-1 m, stedvis større. Ruheten er glatt, bølgete.
2. **195/79VNV**. Fallretningen endrer seg fra VNV til NNV nordover og østover i skjæringen. Ruheten er ru, bølgete/plan og sprekkeavstand varierer mellom 0,5-2 m. Gjennomsettende.
3. **319/33NØ**. Har en ru/glatt, plan sprekkeruhet. Sprekkeavstanden er som regel over 2 m. Settet dør ut i sett 2.

Ny bergskjæring etableres på det meste 16 m fra dagens skjæringsvegg (pr. 1210) Den nye traséen har en vinkel på bergskjæringen som avviker ca. 20-30 grader fra dagens E18. Løsnemekanismene vil mer eller mindre være som i dag, med overhengstrukturer og potensielt avløste plateformede eller irregulære blokker.



Figur 27. Konturplott og tolkning av registrerte strukturmålinger.



Figur 28. Utsnitt fra vegmodellen.



Figur 29. Bilde tatt mot NØ, i retning med sett 2 (rød pil).

5.2.4 Røed pr. 2080-2120

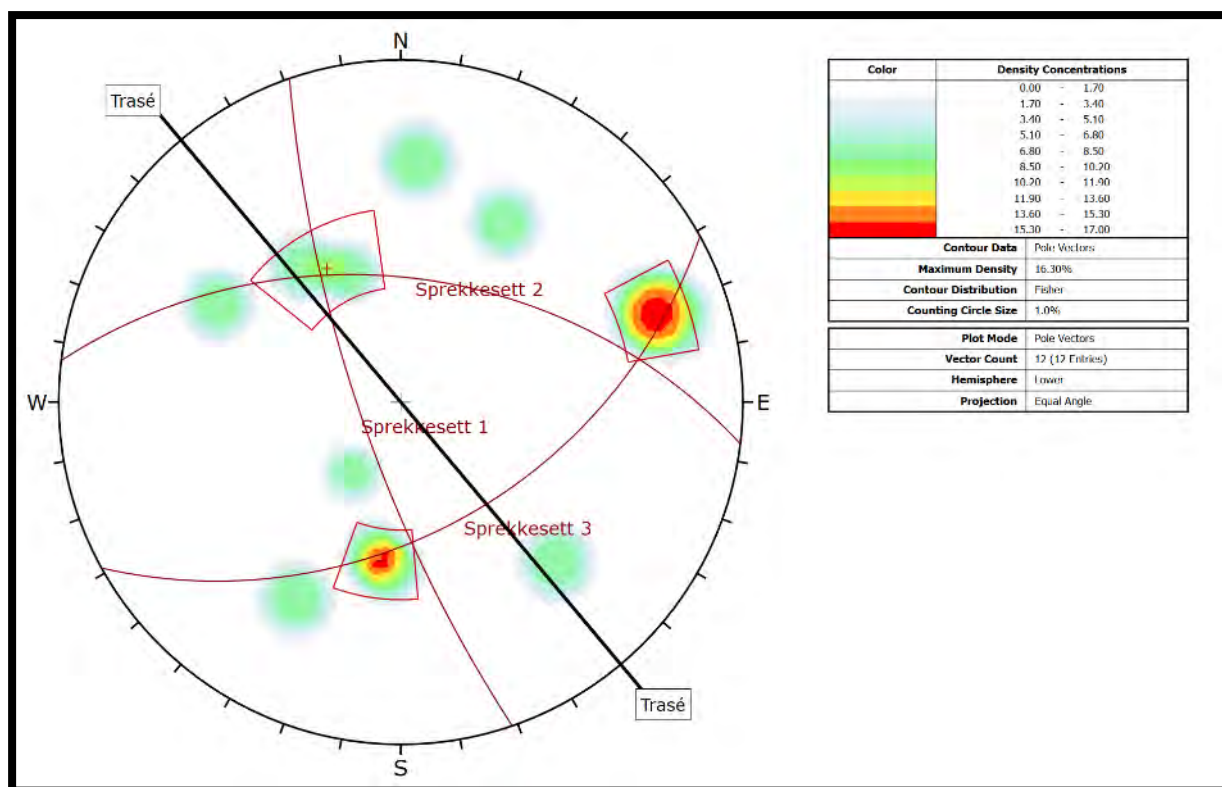
Ved Røed er eksisterende bergskjæring så å si ikke oppsprukket. Målingene er gjort i et avgrenset område på vestsiden, hvor den tidligere er sprengt og strukturene har kommet bedre frem. Følgende sprekkese sett er tolket:

1. **161/77VSV**. Diskontinuerlige/ujevn sprekkeruhet og sprekkeavstand 0,5 m.
2. **277/50N**. Sprekkeruhet er ru, plan og sprekkeavstand 0,5 m.
3. **061/48SØ**. Sprekkeruhet ru, plan. Svakhetssonen er subparallelt dette settet.

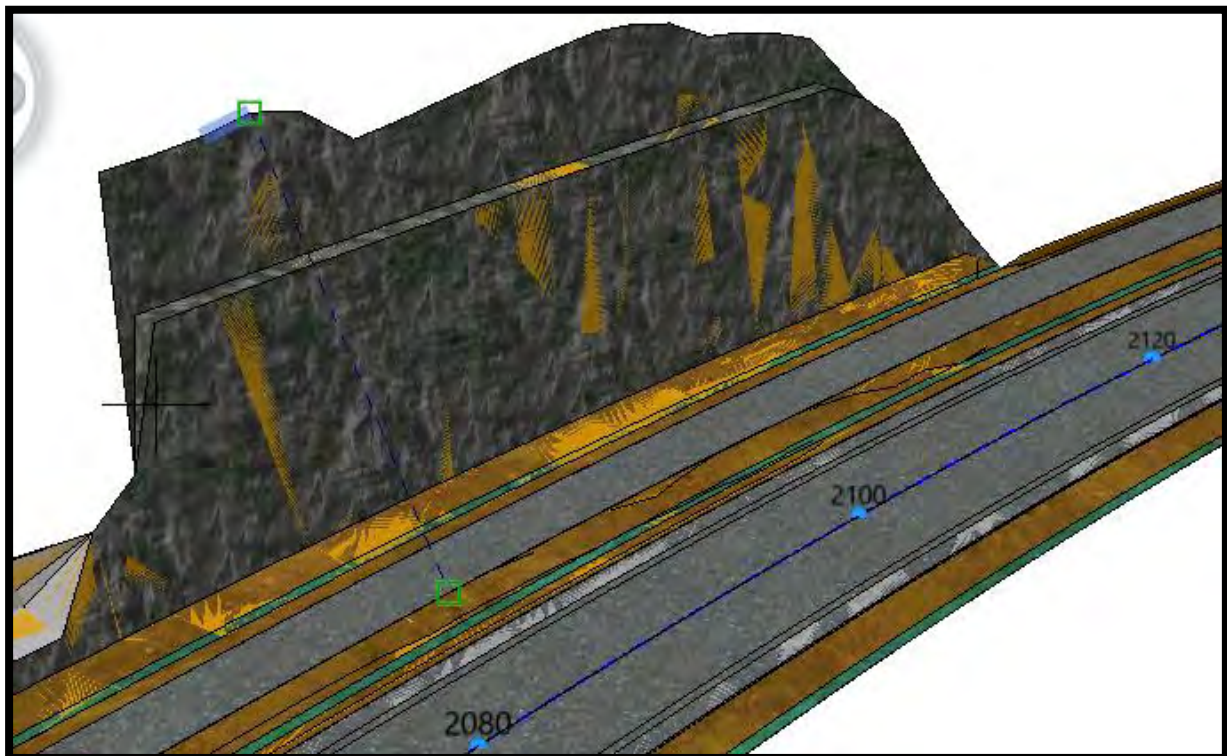
Gode bergforhold for etablering av ny bergskjæring med lite oppsprekning. Potensiell løsnemekanisme er kileutglidning langs sett 2 og 3. Sett 1 og 2 definerer kollen i henholdsvis nordre og søndre del. Sprekkemønsteret er vanskelig å måle i mer enn nordre del, slik at tolkningen bygger på et svakt grunnlag.

Bergarten er en (finkornet) granatamfibolitt. Granatene har størrelse mellom 1-4 cm. I enkelte partier viser bergarten tegn til forvitring og oppsmuldring. Foliasjonen har orientering ca. 094/70S (subparallelt dagens skjæringsvegg), men det er ingen markant oppsprekning langs dette settet.

To svakhetssoner/sprekkesoner har strøk normalt på kollen, og vil ikke bidra til svekket stabilitet i planlagt skjæring i stor grad.



Figur 30. Konturplott og tolkning av registrerte strukturmålinger.



Figur 31. Utsnitt fra vegmodellen.



Figur 32. Bergskjæringen ved Røed. Mer oppsprukket i nordre del.

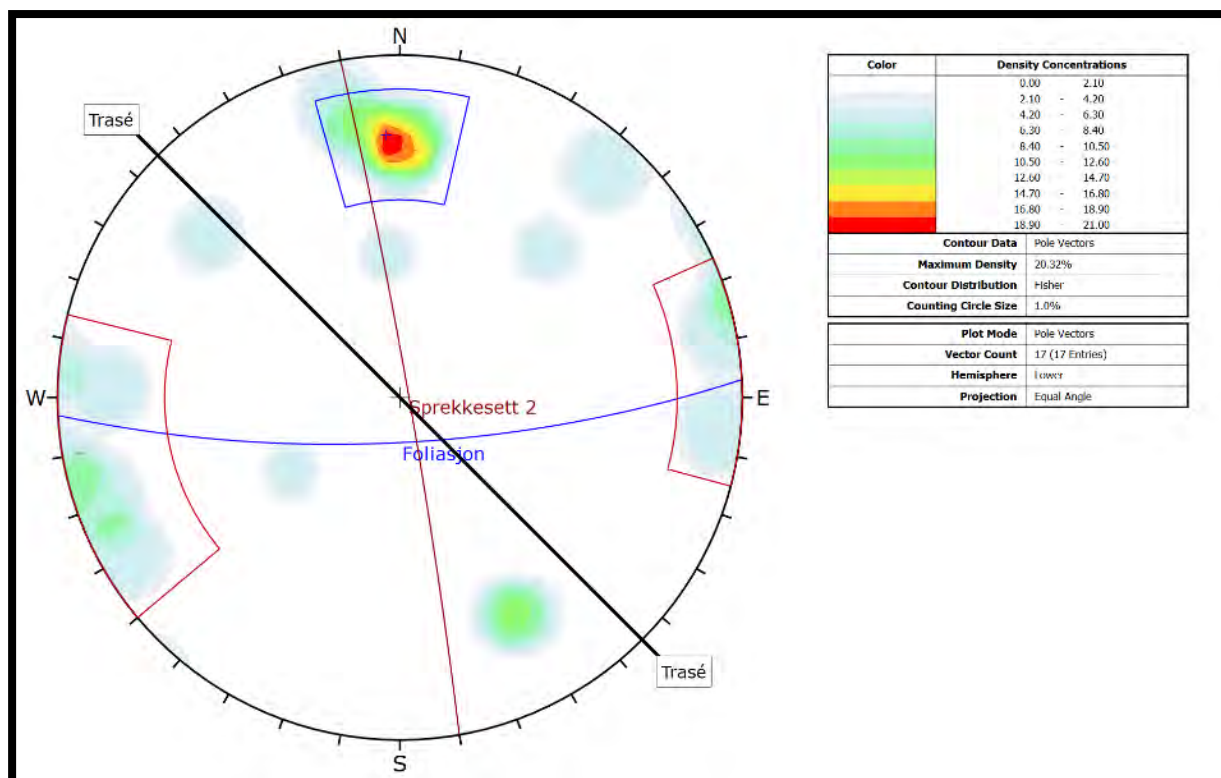
5.2.5 Hammerlia pr. 2380-2430 og Sauvika pr. 2530-2700

Ved Hammerlia og Sauvika er det tolket to sprekkesett:

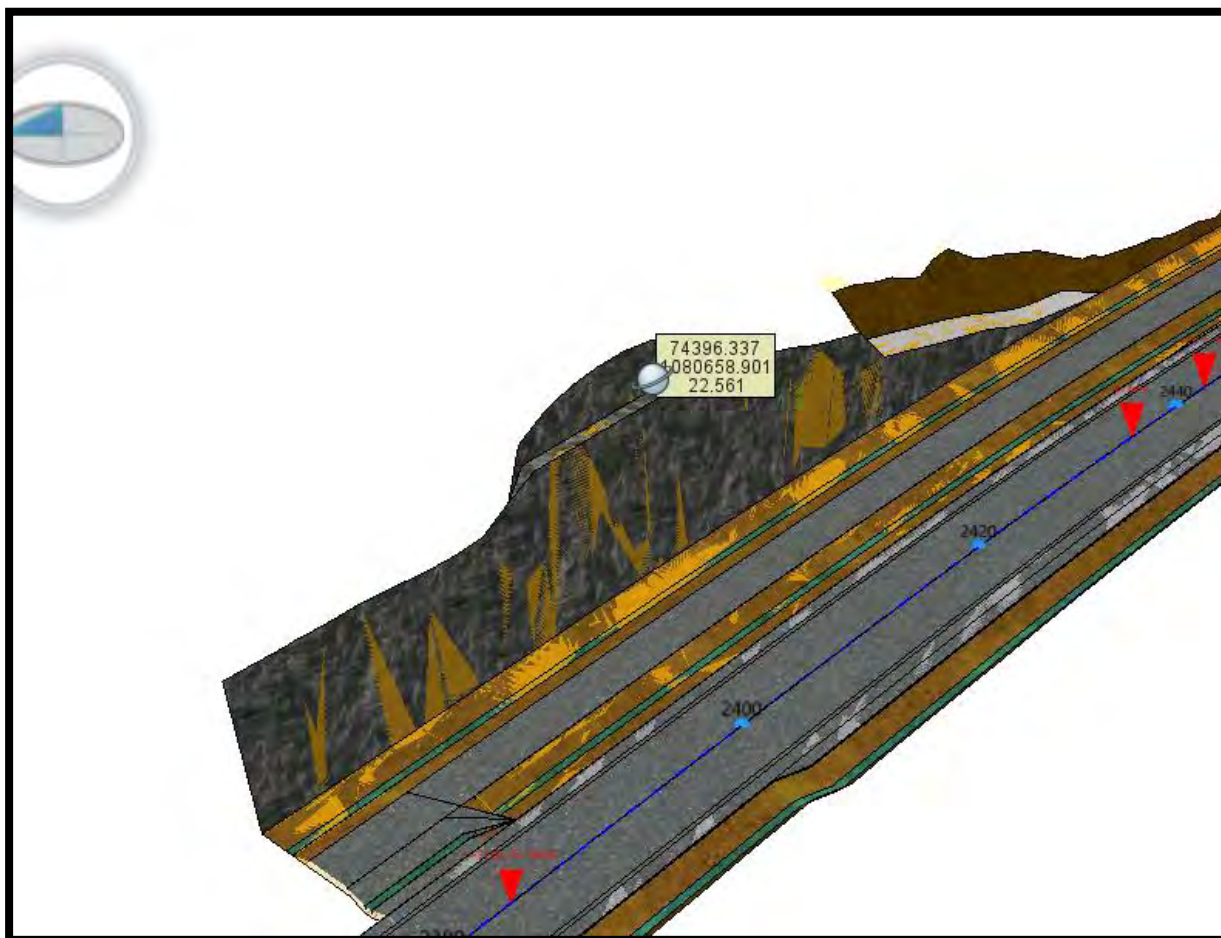
1. **087/75S**. Følger foliasjonen og viser tegn til svak foldning. Settet er gjennomsettende og har en sprekkeavstand som normalt ligger mellom 0,5-1 m. Ruheten på sprekkeene er glatt, plan. Enkelte svakhetssoner har ikke bergkontakt ved skjærbevegelse.
2. **354/88Ø**. Står 90° på foliasjonen og har en sprekkeavstand på mellom 0,25-1,5 m. Sprekkeruheten er ru, bølgete. Langs dette settet er det mineralfyllinger av kalsitt (bruser for 10 % HCl).

Ved Hammerlia består bergmassen av kvartsglimmergneis med innslag av amfibolitt. Sprekkesettene er mest uttalt i gneisen. Bergmassen er oppsprukket som følge av sprengning fra tidligere arbeid.

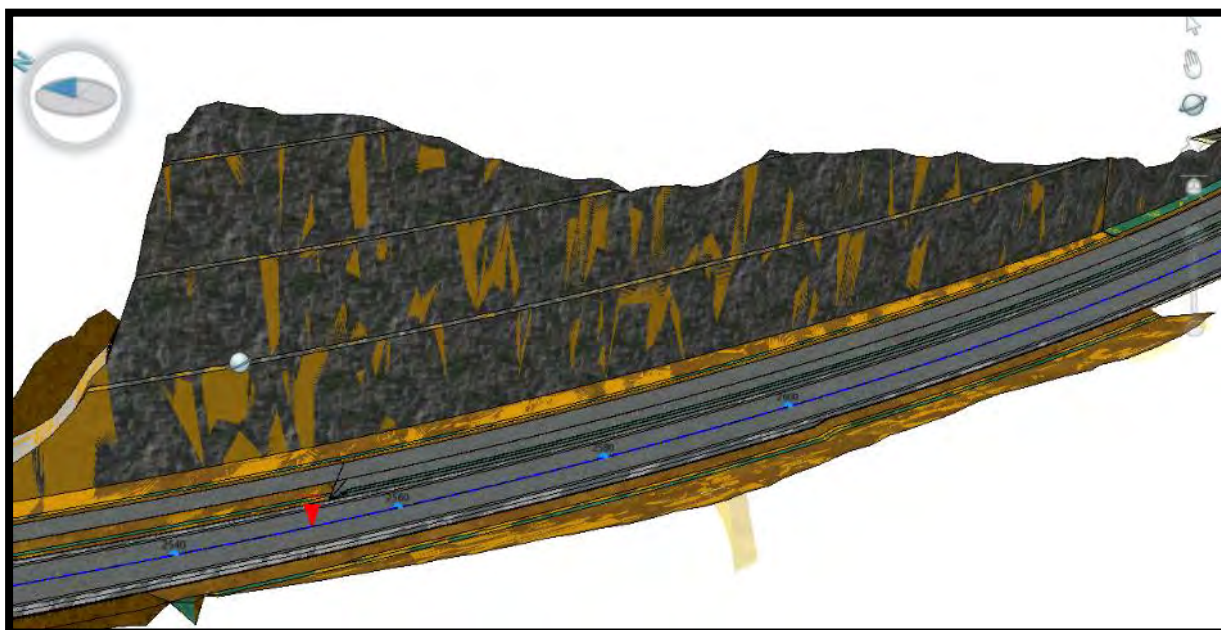
Ved Sauvika består bergmassen av kvartsglimmergneis. Sprekkesettene er veldig uttalt og gir kileutglidning som løsnemekanisme. Dette var årsaken til et nedfall i bergskjæringen i 2007, se Figur 37. Det er varierende mineralsammensetning i skjæringene. Partier med svake glimmerlag vil være mer utsatt for blokkutfall enn kvarts- og feltspatrike deler. Sett 1 vil bli mer dominerende med ny vinkling på skjæringsveggen og kan gi utfordringer med totalstabilitet. Stabiliteten svekkes også langs sett 2 der kalsitt opptrer.



Figur 33. Konturplott av registrerte strukturmålinger.



Figur 34. Utsnitt fra vegmodellen (Hammerlia).



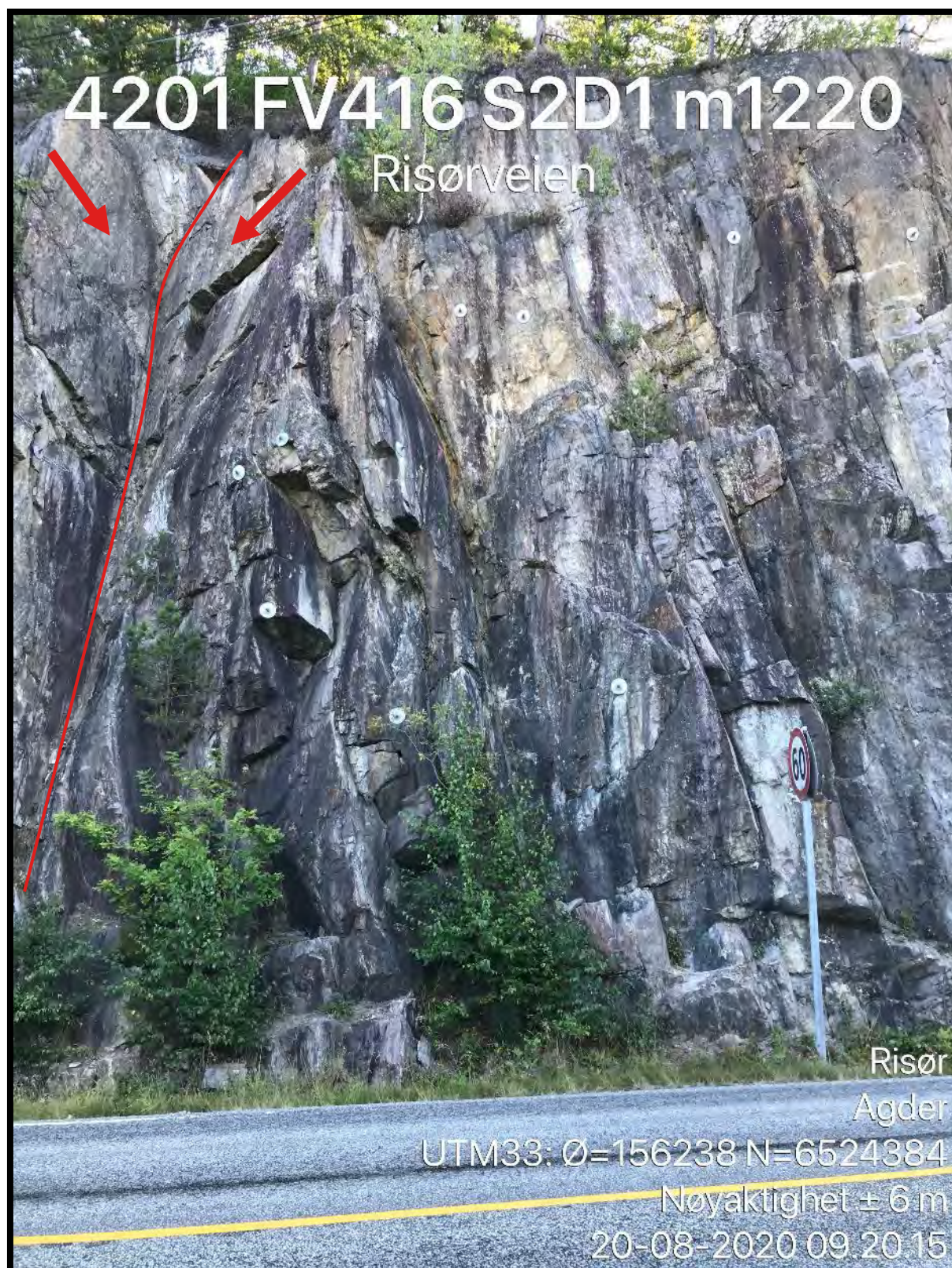
Figur 35. Utsnitt fra vegmodellen (Sauvika).



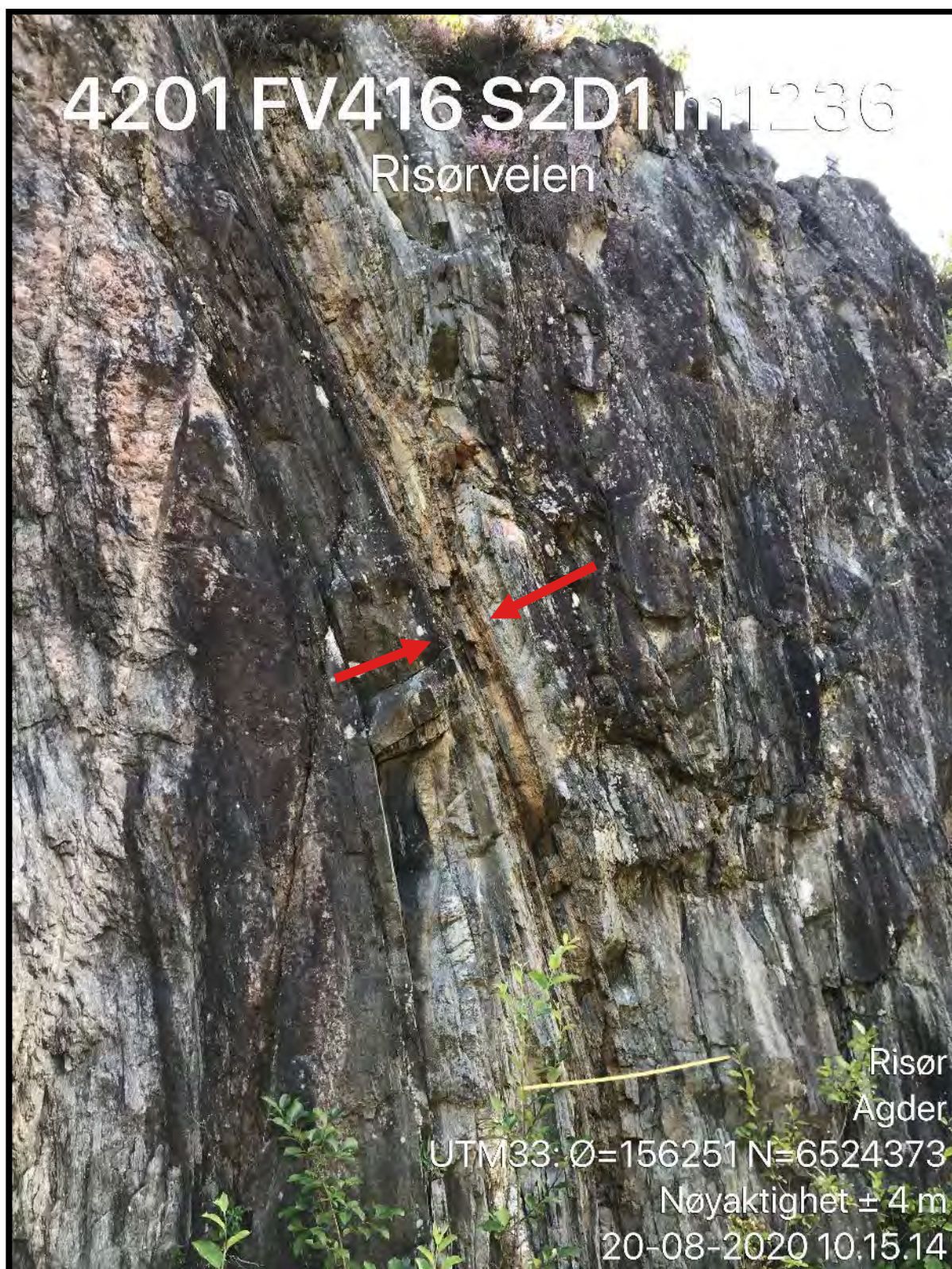
Figur 36. Dagens skjæring ved Hammerlia.



Figur 37. Oversiktskart bergskjæring ved Sauvika. Nedfall 2007 markert med rød pil.



Figur 38. Nordlig del av skjæringen ved Hamneren. Kileutglidning og nedfall fra 2007 vist med røde piler.



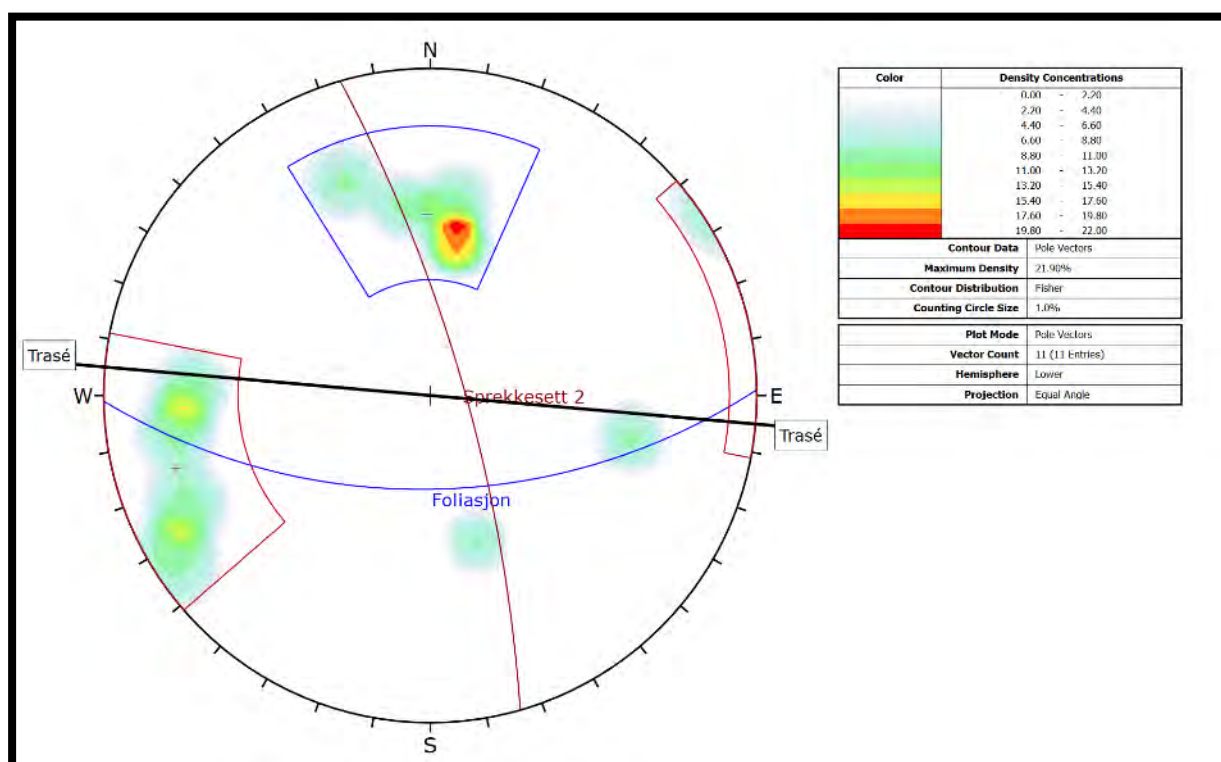
Figur 39. Sleppe ved pr. ca. 2570. Meterstokk er nederst i bildet.

5.2.6 Moensmyra pr. 2700-2920

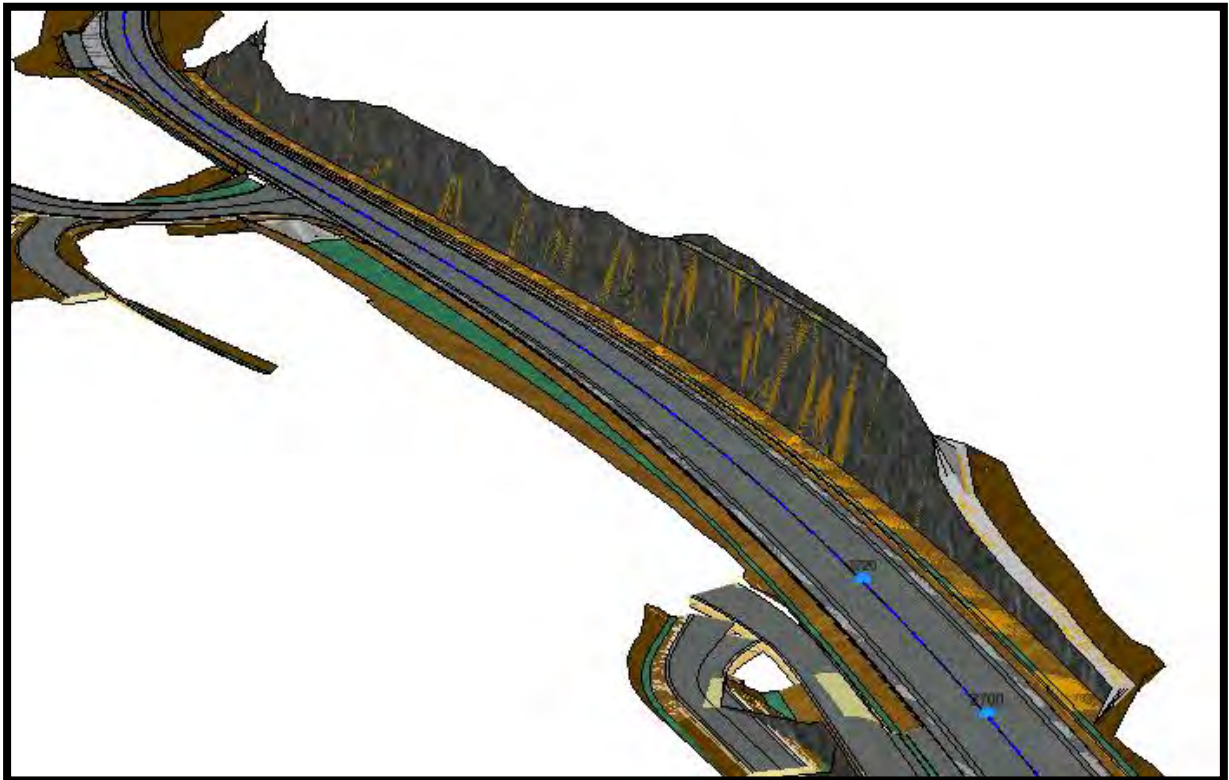
Følgende sprekkesett er tolket i fjellryggen sør for Moensmyra:

1. **089/58S.** Følger foliasjonen i bergarten og viser tegn til svak folding. Settet er gjennomsettende og har en typisk sprekkeavstand på 0,2-1 m. Sprekkeruheten er ru, plan/bølgete.
2. **344/78ØNØ.** Står normalt på foliasjonen og har steilt fall mot ØNØ. Settet dør ut i oppsprekning langs foliasjonen. Sprekkeavstanden er varierende mellom 0,5-3 m. Ruheten er ru, plan.

Traséen går på nordsiden av fjellryggen slik at oppsprekning langs foliasjonen vil ha fall inn i skjæringen (gunstig). Dette gir en del overheng/utveltingsmekanismer i bergskjæringen som må boltesikres, se Figur 42.



Figur 40. Konturplott av registrerte strukturmålinger.



Figur 41. Utsnitt fra vegmodellen.



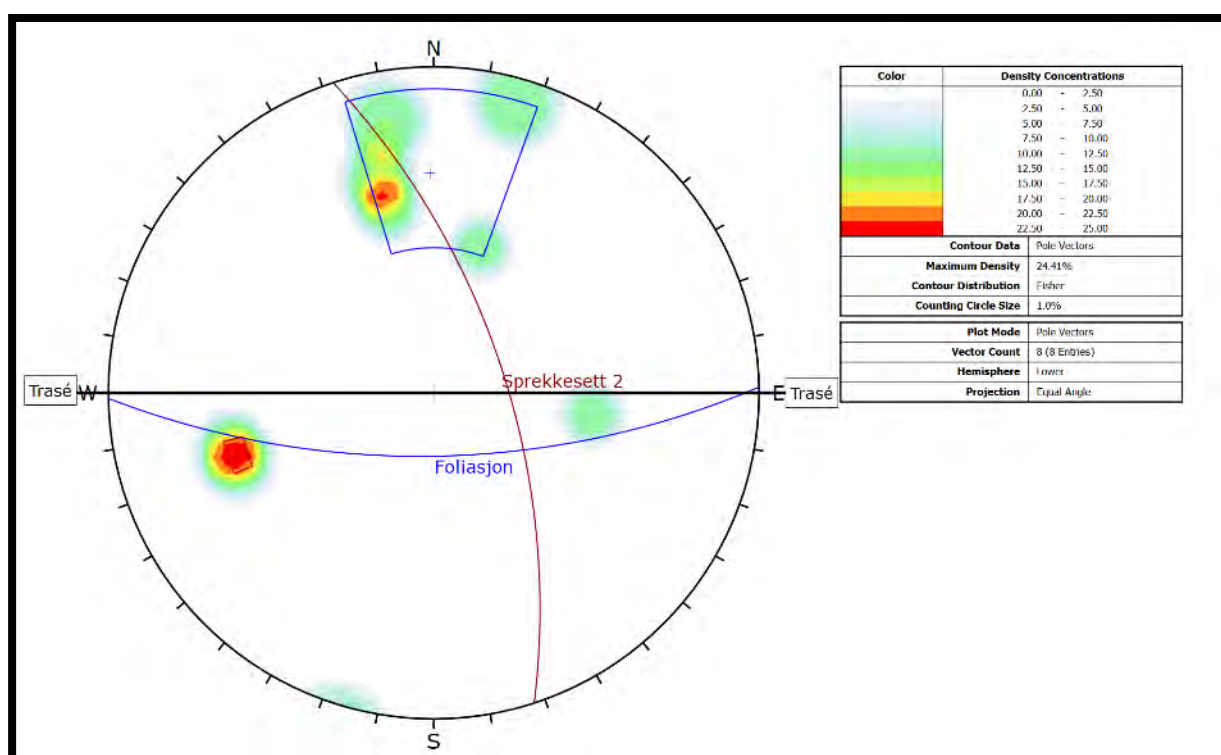
Figur 42. Oppsprekning langs foliasjon. Sprekkeavstand noe tettere i dagfjellet.

5.2.7 Bjellåsen pr. 3050-3350

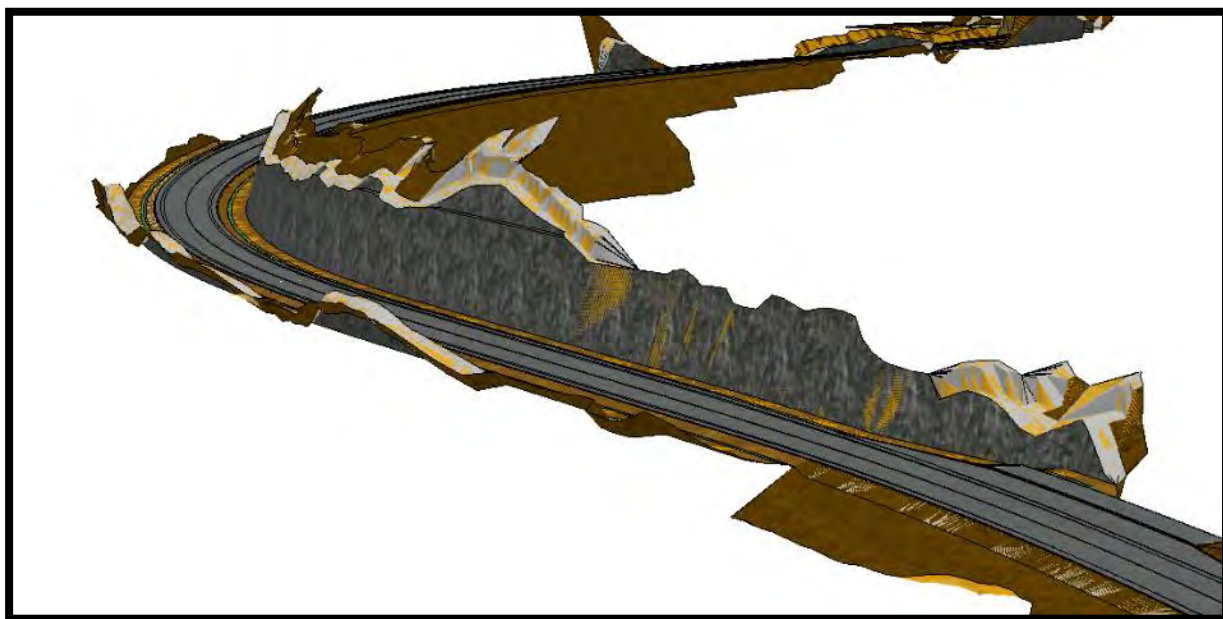
Følgende sprekkesett er tolket rundt Bjellåsen:

1. **089/68S**. Følger foliasjonen i bergarten. Har en typisk sprekkeavstand på 0,5-1 m, ned på mm/cm-nivå i soner. Foldet. Sprekkeruheten er glatt/glidespeil, bølgete.
2. **342/65ØNØ**. Står normalt på foliasjonen med en sprekkeavstand på 0,5-2 m. Ruheten på sprekkeene er glatt, plan/bølgete.

Skjæringen etableres i en grå og skifrig gneis. Traséen går på nordsiden av Bjellåsen slik at oppsprekning langs foliasjonen vil ha fall inn i skjæringen (gunstig). Dette gir en del overheng/utvelttingsmekanismer i bergskjæringen som må boltesikres.



Figur 43. Konturplott av registrerte strukturmålinger.



Figur 44. Utsnitt fra vegmodellen.



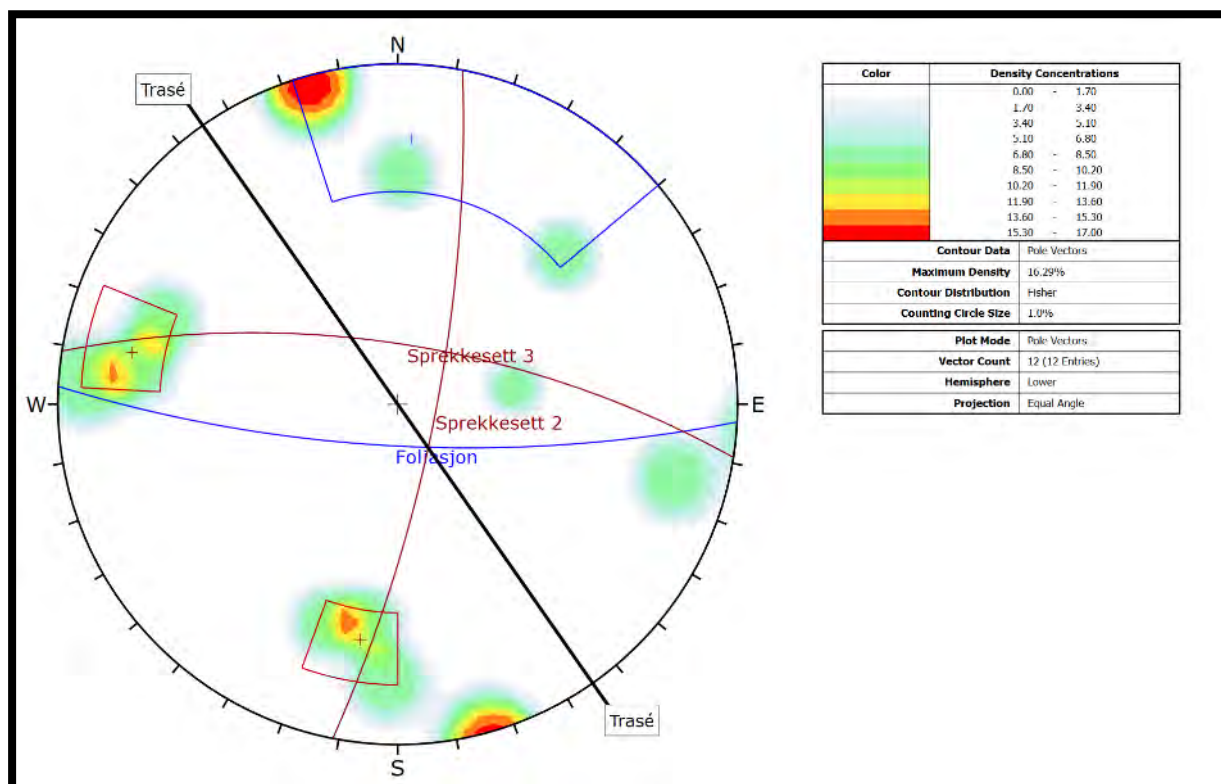
Figur 45. Bergmasse bak Risør trapp (legg merke til meterstokk). Senterlinjen er omtrent midt i bildet.

5.2.8 Dørsdal pr. 3590-3770

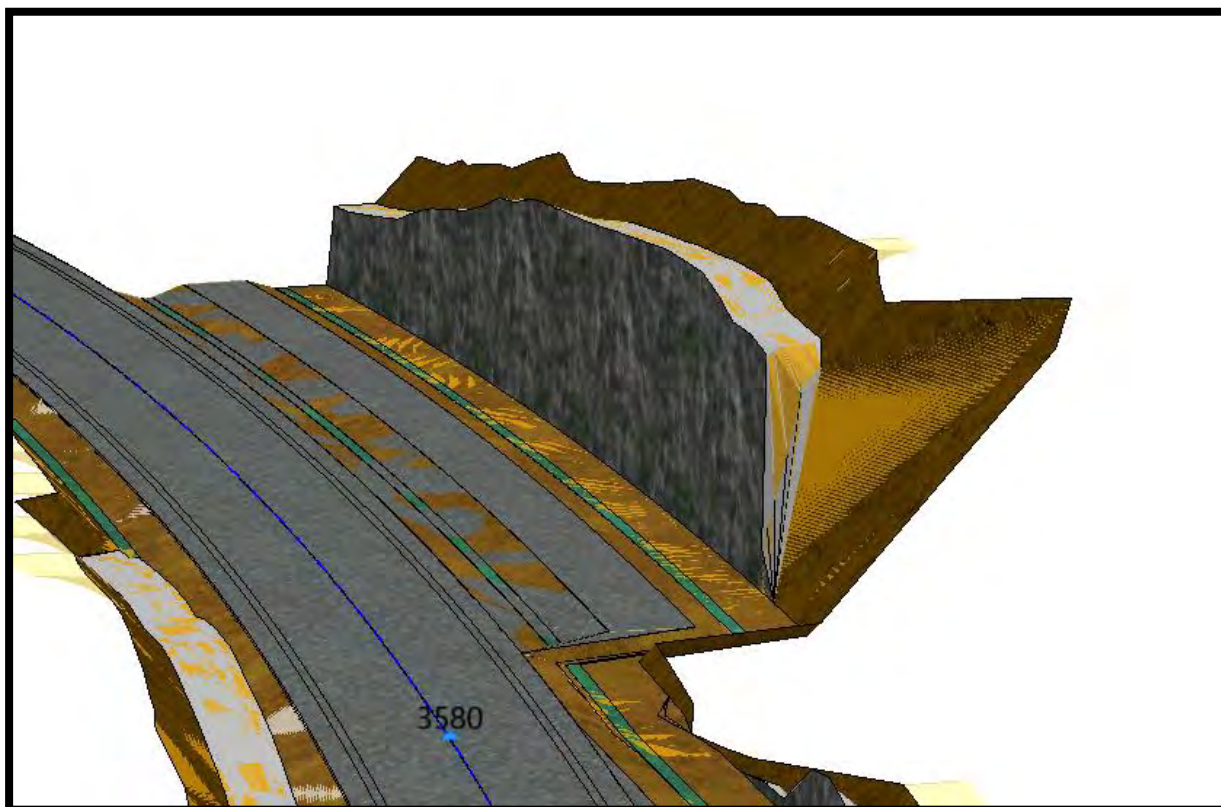
Følgende sprekkesett er tolket i bergskjæringen sør for eksisterende fv. 416 ved Dørsdal:

1. **093/76S**. Følger foliasjonen i bergarten. Sprekkeavstanden er typisk under 1 m, ned mot 0,2 m i tettere oppsprukket berg. Stedvis gjennomsettende. Ruheten beskrives som glidespeil, bølgete og er mest typisk for vestre del av bergskjæringen.
2. **011/77ØSØ**. Står normalt på foliasjonen. Sprekkeavstanden er 0,5-2 m og ruheten på sprekkesettet er ru, plan.
3. **279/70NNØ**. Strøk parallelt med foliasjonen, men motsatt fallretning (mot veg). Sprekkeavstand på 1,5-2 m og ruheten er glatt, bølgete. Gjennomsettende.

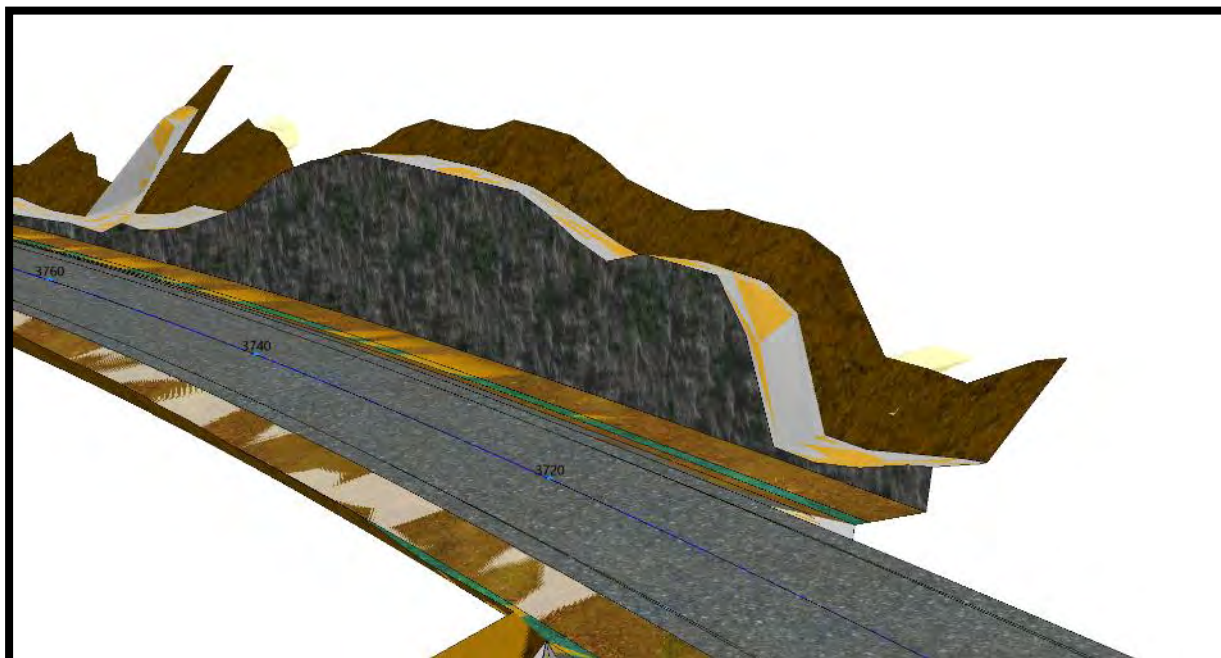
Bergarten er en grå gneis, stedvis intrudert av granittisk pegmatitt (Figur 50). Sett 3 har ugunstig fall mot veg (Figur 49), og avløses i sidene av sett 2 som gir plan utglidning. Sett 1 gir overheng mot nord som resulterer i toppling.



Figur 46. Konturplott av registrerte strukturmålinger.



Figur 47. Utsnitt fra vegmodellen (pr. 3590-3650).



Figur 48. Utsnitt fra vegmodellen (pr. 3710-3770).



Figur 49. Eksisterende skjæring sett mot V. Piler indikerer sett 2 (blå) og 3 (rød).



Figur 50. Pegmatittintrusjon som følger sett 1 i eksisterende skjæring. Foliert glimmerlag i ytterkanten, på grensen mot omkringliggende bergarter.

5.3 Naturfarevurderinger

Faren for steinsprang og snøskred skal tas med i vurderingene av skredfrekvens dersom de har potensiale til å stenge hele vegbanen og/eller medføre alvorlige ulykker. For snøskred vil dette tilsvare anslagsvis minst 10 m³ skredmasser på veg. Isskred og steinsprang tas med i vurderingene av skredfrekvens selv ved mindre volum [7].

Det er benyttet en digital terrengmodell til å generere helningskart med oppløsning 10x10 m (for snøskred) [25]. For steinsprang er det benyttet høyeste tilgjengelige oppløsning [25]. NVEs veileder for sikkerhet mot skred i bratt terreng danner grunnlaget for vurderingene [17].

5.3.1 Vurdering av skredfare

5.3.1.1 Steinsprang

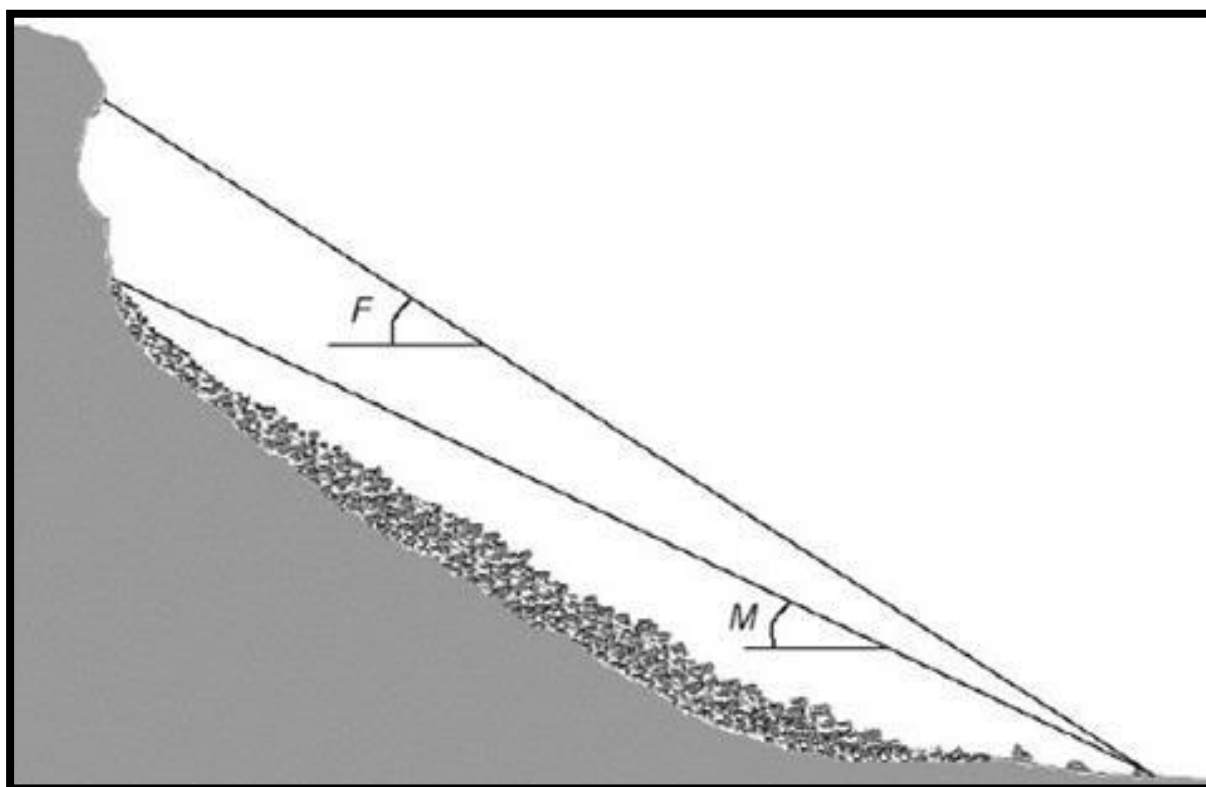
Gjennom Øylandsdalen ligger traséen 20-30 m fra foten av Lille Lauvåsen. Tidlig i reguleringsplanarbeidet lå traséen 15-20 m nærmere skråningen, nærmest helt i foten med stedvis store inngrep i ur og skråning. For å unngå disse inngrepene, og redusere steinsprangfaren til bortimot null, er vegen flyttet lenger øst med utgangspunkt i tre parametere:

- Fahrböschung-vinkelen (Figur 51), som er vinkelen mellom toppen av løsneområdet og ned til ytterste steinblokk. Av NGI er denne estimert til å være 30° [17].
- Terrengvurderinger av tidligere steinspranghendelser (blokker i terreng).
- Anbefalt grøftebredde i N200 [1].

Foreslått trasé er plassert 10 m fra ytterste skredblokk som er funnet i terrenget ved pr. 460. Dette er vurdert å gi akseptabel sikring mot steinsprang på veg gjennom sørlig del av Øylandsdalen.

Fra pr. ca. 500 og nordover ligger traséen på en bred og høy fylling, som lager en god barriere mellom veg og sideterreng.

Øverst i Øylandsdalen ligger traséen på en høy fylling, slik at aktsomhetsområdet som her berøres ikke er aktuelt (pr. 785-810).



Figur 51. Fahrböschung-vinkelen (F).

Mellom pr. 850-950 ligger traséen i tosidig skjæring på nordsiden av Brurknatten. Skrentene er her opp mot 20 m høye og har et plant terreng med helning 30-45° fra skråningsfoten og ned mot skjæringstopp, se Figur 53. Skred fra denne brattskrenten vil med stor sannsynlighet oppnå et energinivå som gjør at det får et utløpsområde over veg. Det må derfor gjøres tiltak som forhindrer dette, enten ved:

- passive tiltak over skjæringskanten (fanggjerd) eller
- aktive tiltak i selve brattskrenten (rensk, bolt, nett).

Sistnevnte anbefales da det forventes god tilkomst med nødvendig utstyr i anleggsfasen, samt at sikringstiltakene bedre kan tilpasses de faktiske forhold. Avstanden mellom bunn skråning og topp skjæring er dessuten flere steder for liten til at et fanggjerd kan monteres sammenhengende på den aktuelle strekningen.

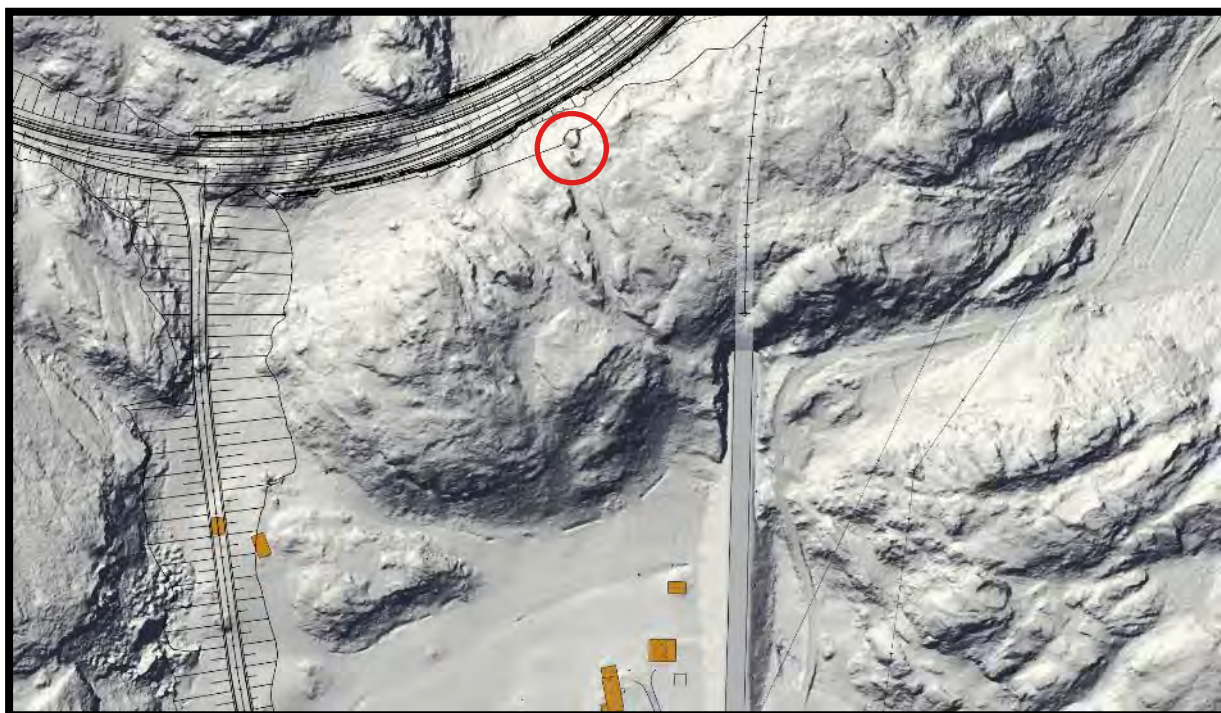
To meget store blokker som ligger ved pr. ca. 860 nevnes spesielt, se Figur 23 og Figur 52. Disse bør demoleres og fjernes.

Nord for Geitåsen er det indikert et potensielt utløpsområde for steinsprang som har maksimal utstrekning ca. 7 m fra vegskulder i pr. 1730. Målinger i terrengmodellen viser at horisontalavstanden fra ytterste steinblokk ved ura under Geitåsen til traséen er 50 m. Det er vurdert at det ikke er fare for steinsprang på veg i dette området.

Ved Sauvika skal det etableres en 35 m høy skjæring. Det er 20 m med stigende terreng over. Over skjæringstoppen er terrenget terrassert med slake hyller (helning < 30 grader) som brytes opp av 2-3 skrenter med høyde mellom 3-7 m. Sikring bør vurderes før man sprenger seg helt ned til vegnivå. Den steile bergveggen som stryker NØ-SV og vender mot NV bør også sikres (pr. 2540). Her er det observert en del avløste enkeltblokker. Nedfall vil kunne skli/rulle over skjæringstoppen, og oppnå nok energi til at grøften ikke vil kunne håndtere det.



Figur 52. Blokker sett fra omtrentlig skjæringstopp pr. 850.



Figur 53. Lokalisering av blokker ved Brurknatten.

5.3.1.2 Snøskred

Aktsomhetskartet bruker en landsdekkende terrengmodell med en grov oppløsning på 25x25 m, der datagrunnlaget hovedsakelig er basert på 20 m koter [18]. Helningsklassen 27-55° er terreng hvor snø typisk vil kunne bygge seg opp i større volum. Figur 54 og Figur 55 viser helningskart for de områder hvor traséen ligger innenfor aktsomhetskartet. Modellen tar ikke hensyn til skog, som er helt avgjørende for om snøskred kan utløses.

Sideterrenget gjennom Øylandsdalen er dekket av tett skog, både lauvskog og barskog. Kronedekningen er anslått til å være > 90 % som er ideelt uansett skogtype [17], se Figur 56. Øverst i Øylandsdalen ligger traséen på en høy fylling, slik at aktsomhetsområdet som her berøres ikke er aktuelt (pr. 735-810). Det er vurdert at det ikke er fare for snøskred på veg i disse områdene.

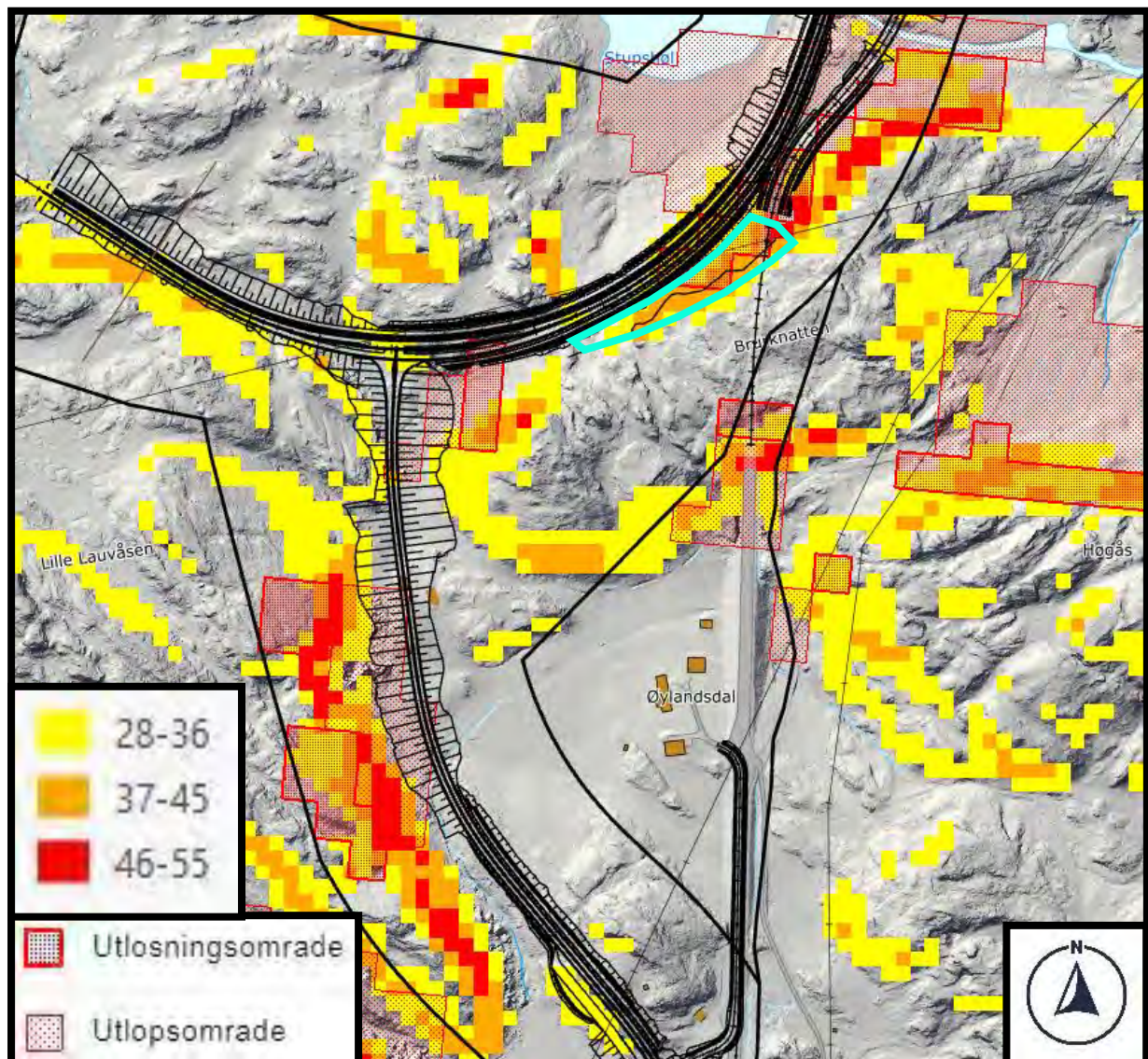
Ved Brurknatten er sideterrenget også dekket av tett skog, men det anbefales å fjerne løsmasser og vegetasjon som vist med turkis polygon i Figur 54 (se også kap. 5.1). Dette vil blottlegge et område på 2000-2500 m² hvor det potensielt kan løsne snøskred, se turkis polygon i Figur 54. Det er erfaringer i Agder med at snøskred løsner i forbindelse med vedlikehold/utbedring av sideterreng, der skog hugges til fordel for bergsikring eller rensk. Det anbefales at man gjør seg noen erfaringer i driftsperioden før man eventuelt gjør sikringstiltak mot snøskred i dette partiet.

Ved Geitåsen, Røed og Hammeren er terrenget også dekket av skog, med en anslått kronedekning på > 90 %. Ved Sauvika er kronedekningen ca. 50 %, men dette anses å være tilstrekkelig for å hindre utløsning av snøskred da det er barskog på denne fjellryggen, og ikke lauvskog som indikert på NIBIOs kart [18], se Figur 37. Det er vurdert at det ikke er fare for snøskred på veg i disse områdene.

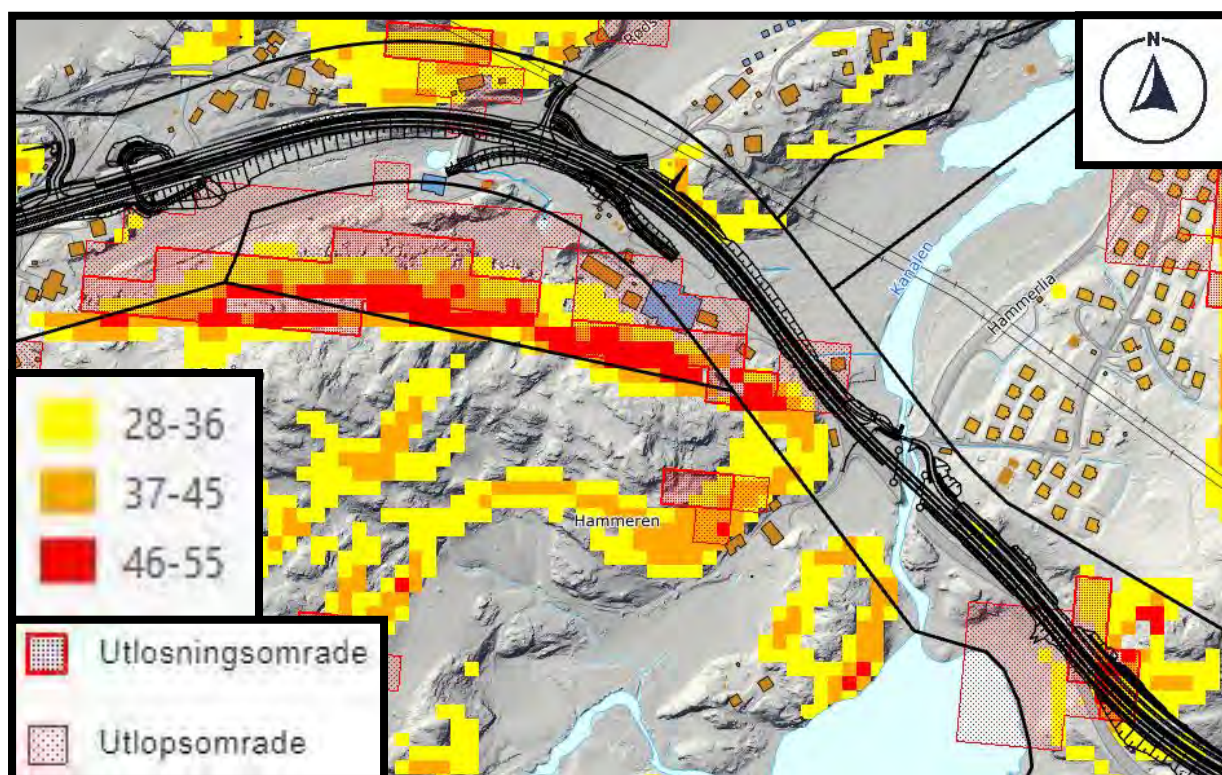
Felles for alle potensielle løснеområder for snøskred er de klimatiske forholdene. Planområdet ligger kystnært, med en kort vintersesong og relativt lite snø. Klimatiske data (stasjonsnr. 35340 Risør brannstasjon) viser at snødybder > 100 cm kun har forekommet i fem vintre (1972, 1977, 1985, 1994 og 2006), alle i månedene februar/mars.

Ved en kritisk nysnømengde på 30-50 cm nysnø (på ett døgn, på allerede snødekket terrengoverflate med ca. 30 cm), kan det i svært sjeldne tilfeller danne seg myke flak $\geq 10 \text{ m}^3$ som kan gå over veg. Dette vurderes å kun være aktuelt ved Brurknatten i pr. 850-960 (høyre side). I øvrige områder som ligger innenfor aktsomhetskartet er terrenget:

- enten for slakt til at snøskred løsner eller for bratt til at det vil kunne akkumuleres store snømengder.
- dekket av skog (som i dag), slik at snøskred $> 10 \text{ m}^3$ ikke vil kunne løsne.
- slik at modellen berører noen celler som får et mindre område til å fremstå som en skråning med rasfarlig vinkel.



Figur 54. Terreng med helning 27-55°. Turkis polygyn viser område som bør renskes fritt for løsmasser.



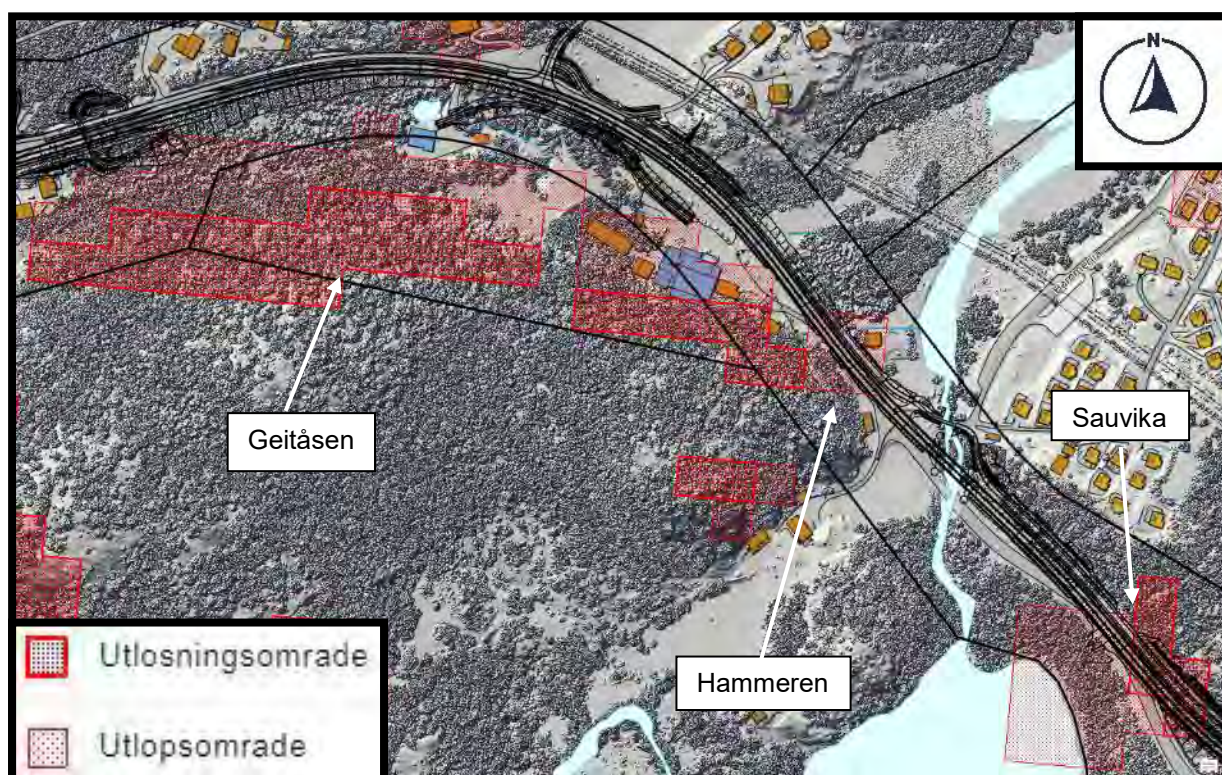
Figur 55. Terreng med helning 27-55° ved Geitåsen, Hammeren og Sauvika.



Figur 56. Dronebilde over Øylandsdalen. Tett skog i sideterreng.



Figur 57. Dronebilde over Brurknatten. Tett skog i sideterreng. Nordre tunnelportal til Bruråsentunnelen ses til venstre (rød pil), og høyspent øverst i bildet.



Figur 58. Digital overflatemodell (DOM) viser tett skog ved Geitåsen og Hammeren.

5.3.2 Sikkerhet mot skred

N200 setter krav til tolererbar og akseptabel skredsannsynlighet. Fremskreven trafikkmengde på strekningen er $\text{ÅDT}_{2040} = 500$ gjennom Øylandsdalen og $\text{ÅDT}_{2040} = 3750$ for ny fv. 416. Dette betyr at akseptabel og tolererbar skredsannsynlighet pr. km veg og år skal være som vist i Tabell 9.

Tabell 9. Sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på veg. Hentet fra N200 [1].

Dimensjonerende trafikkmengde	< 200	200 – 499	500 – 1499	1500 – 3999	4000 – 7999	> 8000
Skred-sannsynlighet						
Akseptabel skredsannsynlighet pr. km og år (bør-krav)	1/10	1/20	1/50	1/50	1/100	1/1000
Tolererbar skredsannsynlighet pr. km og år (skal-krav)	1/2	1/5	1/10	1/20	1/50	1/100

På bakgrunn av registreringer, tilgjengelig kartgrunnlag og undersøkelser konkluderes det med at tiltaket kan bygges med enkle tiltak mot skred fra naturlig sideterreng, og dermed tilfredsstille bør-kravet i Tabell 9. Tiltakene vil være rettet mot steinsprang fra mindre skråninger vest for dagens E18, i all hovedsak området nord for Brurknatten, men også Sauvika og ved Bjellåsen. Aktuelle tiltak er en kombinasjon av rensk, bolte- og nettsikring. I tillegg er det anbefalt at all vegetasjonsdekke og løse blokker fjernes og at området spylerenskes ved Brurknatten.

5.4 Sprengningsopplegg

Sprengbarheten reduseres med økende mengde glimmer i bergarten da høyt glimmerinnhold gir bergarten en seighet. Kvartsglimmergneisen må derfor forventes å være tungsprengt (krever økt sprengstofforbruk). Amfibolrike bergarter (amfibolitt) kan også være tungsprengt.

Det vil være økt fare for sprut fra salvene i nærheten av større sprekker som er åpne eller fylt med sleppemateriale (leire, jord o.l.). Tilstedeværelse av disse må kartlegges før boring.

Skjæringene anbefales å tas ned i paller med skjæringshøyder maks 10-12 m. Det anbefales at det reguleres inn 8 m utenfor topp skjæring. Dette tar hensyn til:

- mulig utfall bak kontur (2 m)
- rensk av bergoverflate utenfor skjæringstopp (2 m)
- løsmassearrondering (2-4 m)

Sonderboring før oppstart av salveboring, og før detaljert salveplan utarbeides, kan bli aktuelt for å avdekke åpne sprekker, leirslepper, ganger og forvitret berg. Dette er spesielt aktuelt ved Brurknatten og mellom Sauvika og Auslandstjenn. Her bør det reguleres inn til brattskrentene slik at man kan justere på salveplan i forhold til bergmassens kvalitet (samt kunne håndtere løsmassene). Eventuelt behov for midlertidig areal til anleggsveg på skjæringstoppen kommer i tillegg.

5.5 Anvendelse av sprengsteinsmassene

Sprengsteinsmassene skal brukes i prosjektet. Det er et masseoverskudd på ca. 30 000 m³. Disse massene skal plasseres i deponi.

Tabell 10 viser en oversikt over noen mineraler som krever spesiell oppmerksomhet.

Tabell 10. Oversikt mineraler som krever spesiell oppmerksomhet mht. miljø.

Mineral	Uønsket effekt	Avbøtende tiltak /sikring
Amfibol	Stenglige partikler	Spyling og vasking av sprengsteinmassen.
Svovel	Syredannelse med påfølgende tungmetallutfelling.	Skille ut masser og deponere på egnet sted. Se også kap. 5.5.1.
Sillimanitt	Nåleformede partikler kan bli frigjort i partikkel-fraksjonen. Kan kløyves (deles) på tvers av nålene, ikke sikkert partikler blir nåleformet.	Mellomlagring av stein, med utvasking av problematiske partikler til terreng. Siltlense ved utlegging i vann (bare til en viss grad avbøte problemet).
Kvarts/feltspat	Kan gi opphav til skarpkantede partikler ved sprengning.	Spyling og vasking av sprengsteinmassen.
Kvarts	Kvartsstøv	Vurdere i SHA-plan. Fjernstyring av rigg.

All anleggsvirksomhet vil imidlertid kunne gi partikkelavrenning som kan ha skadelige effekter i vannmiljø hvis det ikke gjennomføres tiltak.

5.5.1 Sulfidholdig berg

Det er utført to analyser på alle borstøvprøver.

- Innhold av svovel (XRF)
- Hydrogenperoksidtest (H_2O_2)

Resultatene fra sulfidundersøkelsene er vist i Tabell 11 og et oversiktskart over prøveuttak er vist i Figur 59. Resultatene indikerer lavt innhold av svovel i bergmassen. De fleste ligger langt under nedre grense på 1800 ppm, i mange tilfeller også under detekterbar grense. Men det finnes unntak.

I noen tilfeller er det målt lavt/meget lavt innhold av svovel, men det er utslag på hydrogenperoksidtesten ($> 0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$). I de tilfeller hvor svovelinnholdet er meget lavt, antas det at det er andre mineraler som gir den eksoterme reaksjonen. Dette gjelder prøve #20 og #27. Prøve #16 ligger akkurat på grensen på hydrogenperoksidtesten, men forvittringsgraden er lav og innholdet av svovel ligger godt under nedre grense. Det er ikke detektert grunnstoffer som mangan (Mn), krom (Cr) eller jern (Fe) som kunne vært årsaken til temperaturøkningen på H_2O_2 -testen. Prøvene vurderes som ikke-syredannende.

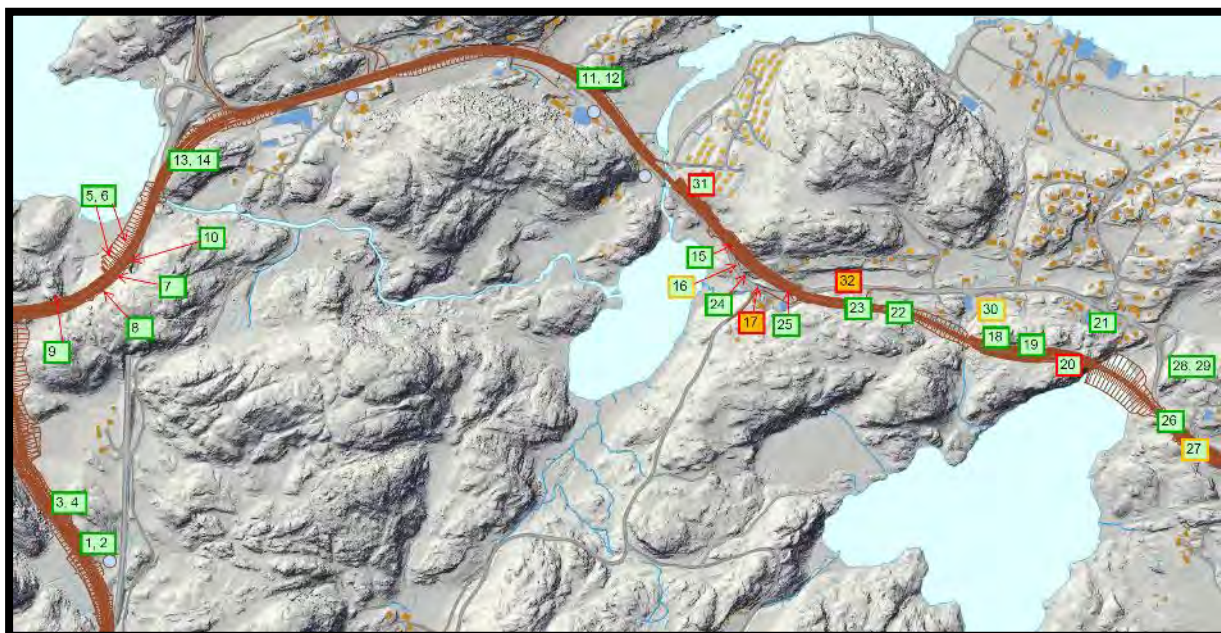
Prøve #30 og #31 gir begge utslag på hydrogenperoksidtesten. Selv om svovelinnholdet er over 1000 ppm ligger også disse godt innenfor nedre grense. Forvittringsgraden er vurdert til lav og samlet sett klassifiseres disse prøvene som ikke-syredannende.

Det er kun for prøve #17 og #32 at det er en korrelasjon mellom utførte analyser og forvittringsgrad. Begge disse borstøvprøvene er tatt ut mellom Sauvika og Moen Autosenter. Foliasjonen i begge bergartene stryker Ø-V og har steilt fall mot S. Sulfidmineraler opptre ofte i tynne sjikt i gneisfoliasjonen [36]. Resultatene kan derfor tyde på én eller flere mindre sulfidsoner i området med utstrekning langs bergmassens foliasjon.

Uttaket av borstøvprøver er gjort spredt og i et begrenset omfang innenfor planområdet, og begrenser seg til områder med blottlagt berg og forholdsvis enkel tilkomst. Hovedfokuset har vært i de områdene hvor de største berguttakene er planlagt. Andre soner med sulfidholdig berg kan blottlegges ved avtaking av vegetasjonsdekke og ved bergsprengning i anleggsfasen.

Tabell 11. Resultater fra utførte analyser.

#	Labnr.	XRF (lab)	H ₂ O ₂ (lab)	Bergart	Forvittringsgrad [35]
		S (ppm)	ΔT °C		(lav-middels-høy)
1	1960	1186	0,6	Massiv kvartsitt	Lav
2	1961	399	0,2	Massiv kvartsitt	Lav
3	1962	94	0,1	Kvartsitt, kvartsrik gneis	Lav
4	1963	n.d.	0,1	Kvartsitt, kvartsrik gneis	Lav
5	1964	n.d.	0,1	Kvartsglimmergneis	Lav
6	1965	665	0,1	Kvartsglimmergneis	Lav
7	1966	n.d.	0,0	Kvartsglimmergneis	Lav
8	1967	n.d.	0,0	Kvartsglimmergneis	Lav
9	1968	n.d.	0,0	Kvartsitt, kvartsrik gneis	Lav
10	1969	n.d.	0,5	Kvartsglimmergneis	Lav
11	1970	n.d.	0,2	Amfibolitt (granatholdig)	Lav
12	1971	n.d.	0,3	Amfibolitt (granatholdig)	Lav
13	1978	n.d.	0,0	Kvartsglimmergneis	Lav
14	1979	53	0,0	Kvartsglimmergneis	Lav
15	1980	73	0,0	Kvartsglimmergneis	Lav
16	1981	969	0,7	Kvartsglimmergneis	Lav
17	1982	2459	2,8	Kvartsglimmergneis	Lav-middels
18	2067	482	0,3	Grå gneis	Lav
19	2068	322	0,5	Grå gneis	Lav
20	2069	n.d.	4,2	Grå gneis	Lav
21	2070	45	0,6	Grå gneis	Lav-middels
22	2071	27	0,3	Grå gneis	Lav
23	2072	112	0,3	Grå gneis	Lav
24	2073	379	0,4	Kvartsglimmergneis	Lav
25	2074	25	0,2	Kvartsglimmergneis	Lav
26	2075	n.d.	0,1	Grå gneis	Lav
27	2076	318	1,1	Grå gneis	Lav
28	2238	n.d.	0,1	Amfibolitt	Lav
29	2239	98	0,2	Amfibolitt	Lav
30	2240	1252	0,9	Grå gneis	Lav
31	2241	1218	3,5	Grå gneis	Lav
32	2242	4225	2,9	Grå gneis	Høy



Figur 59. Oversiktskart over prøvepunkter. Rammefarge og fyllfarge indikerer klasse (lav-middels-høy) for henholdsvis svovelinnhold og temperaturutslag.

5.6 Vannforholdene i berggrunnen

Planlagte bergskjæringsuttak er vurdert til ikke å ha negative konsekvenser for vannforholdene i grunnen (grunnvannssenkning, drenering av myr/vann eller brønner m.m.).

5.7 Bergsikring

5.7.1 Sikringsnivå

Prosjektet skal lyses ut som en totalentreprise med funksjonskrav av Nye Veier AS. Funksjonskrav for skråninger og skjæringer i berg er gitt i N200 og setter krav til sikringsnivå og grøftebredde (begge deler er skal-krav):

- «Bergskjæringer skal etableres slik at det ikke er fare for nedfall av stein og is på veg.» Gjelder for de første 20 årene.
- «Bergskjæringer skal utformes med fanggrøft.» For tilnærmet vertikale bergskjæringer mellom 10-35 m er kravet til grøftebredde mellom ca. 3,5-6 m.

Dersom det reduseres på grøftebredden (etter fravikssøknad) må dette kompenseres med økt sikringsnivå.

Sprengningsresultatet vil i stor grad påvirke sikringsbehovet, men det er gjort et overslag på sikringsmengder i kap. 5.7.2.

5.7.2 Anbefalt sikring

Permanentsikring vurderes først etter rensk av bergskjæringene (maskinell rensk, spylereensk og spettrensk). Sluttrensk må også omfatte arealet bak skjæringstopp, som kan bli betydelig utenfor prosjektert skjæringstopp.

Aktuelle sikringsmetoder vurderes å være hovedsakelig bolter, bånd og nett. Kun fullt innstøpte bolter er godkjent til permanentsikring. I oppsprukket berg med åpne slepper eller vann vil det bli behov for endeforankrede bolter. Steinsprangnett i småfallent berg og wirenett i grovblokkig berg vil det også bli behov for. Det forventes ikke store utfordringer med løsmasser over skjæringstopp i prosjektet, men erosjonsnett (MacMat eller tilsvarende) eller plastring kan bli nødvendig hvis løsmassene ikke kan graves helt bort grunnet sidebratt terreng.

Følgende sikringsmengder og -typer vil det bli behov for (grovt anslått). Henvisning til prosessene er vist parentes:

- Maskin, spett- og spylereensk av alle bergskjæringene (23.11-23.13).
- 1 fullt innstøpt bolt pr. 10-20 m² med hovedvekt på lengde 2,4-4 m (23.212-23.214), hvor 5-10 % beskrives som endeforankrede bolter (23.232-23.234). Boltene kan kombineres med bånd (23.31).
- Ø32 forbolter med lengde 6-10 m (23.244-23.246) for å redusere risikoen for utglidning og blokkutfall ved sprengning i bergskjæringene med bratt og/eller ustabil sideterreng. Må ha dobbel korrosjonsbeskyttelse for å inngå i den permanente bergsikringen.
- Steinsprangnett (23.32) på ca. 10-20 % av det totale skjæringsarealet.

I spesielle tilfeller kan det bli behov for selvborende stag (boring gjennom løsmasser), sprøytebetong (tett oppsprukket og forvitret berg) og wirenett/wirepanel (grovblokkig berg > 1m³), men i mindre mengder.

Rensk av løsmasser/avløst berg bak kontur (utsprengt, ikke prosjektert) i tilfelle utfall, feil ansett etc. bør det også stilles krav til.

6 ANBEFALINGER OG KRAV

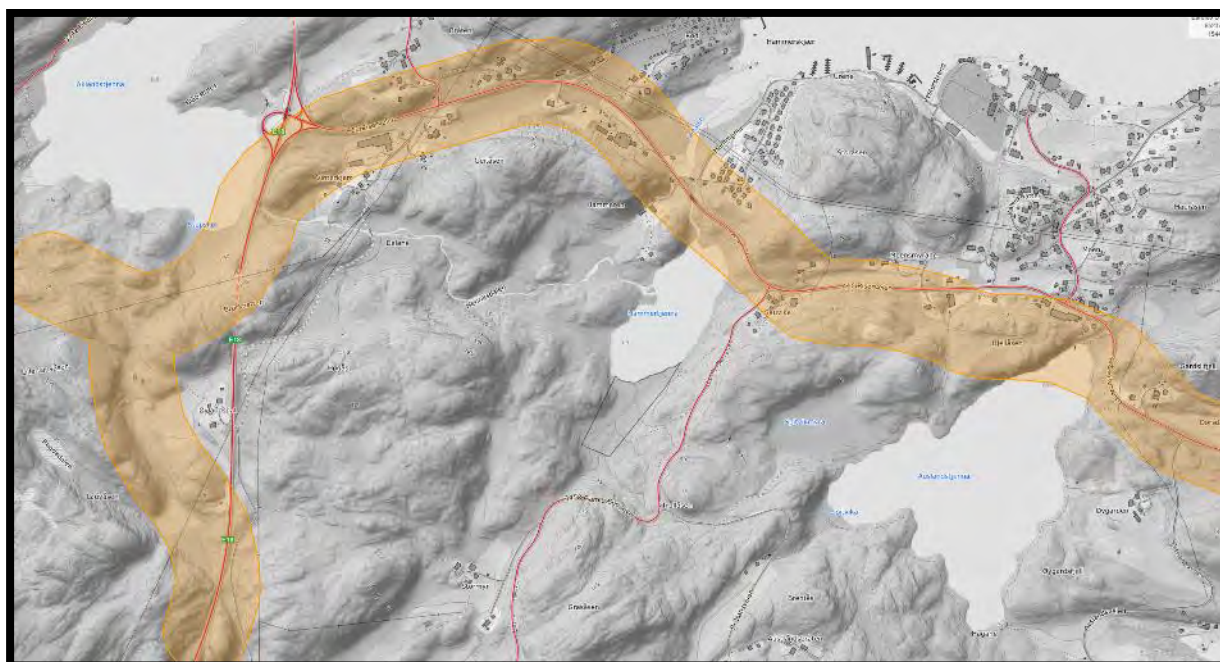
6.1 Anbefaling av uttaksmetode

Bergskjæringene sprenges ut ved bruk av kontursprengning etter prosess 22.21 og 22.22. Dette vil bidra til å redusert oppsprekning (utenfor kontur) og overberg, som igjen gir mindre behov for sikring. Forbolting kan bli aktuelt ved Brurknatten (i kombinasjon med sømboring i nærheten av Bruråsentunnelen) og Sauvika.

Skjæringen anbefales å tas ned i paller med maks høyde 10-12 m og må sikres etappevis. Det vil si at utsprengt pall må sikres (inkludert maskin-, spett- og spylersk) før neste pall bores og sprenges.

6.2 Krav til begrensnig av vibrasjoner ihht NS8141

Vibrasjoner og lufttrykkstøt ved sprengning vil kunne ha påvirkning på bygninger og andre installasjoner som ligger i nærheten av området hvor det skal sprenges. For å unngå skade på byggverk må det beregnes vibrasjonskrav. Veiledende grenseverdier beregnes ut ifra NS8141-1 [8]. Bebyggelse/installasjoner som det må tas hensyn til i forhold til vibrasjoner er Bruråsentunnelen (inspeksjon før og etter sprengning i nærheten), samt bebyggelse ved Vinterkjær, Røed, Hammerlia, Sauvika, Moen og Gardslifjell. Avhengig av fundamentering må bygningsbesiktigelse gjennomføres for husene som er 100 m eller nærmere sprengningsstedet, se Figur 60. Eksisterende skader på murer og annen fundamentering bør dokumenteres inkludert foto.



Figur 60. Gul skravur angir område ca. 100 m fra senterlinje veg.

6.3 Krav til overvåking av spesielle forhold

Etter at vegetasjon er fjernet og bergmassen eksponeres bør den befares av geolog/ingeniørgeolog for å vurdere behovet for ytterligere undersøkelser av svovelinnhold.

6.4 Krav til håndtering av sprengsteinsmasser

Hvis mulig bør man unngå å sprengte ut soner med påvist eller potensielt sulfidholdig berg, dersom det er anledning til dette.

Det anbefales at berg med forhøyet sulfidinnhold grovsprenges for å redusere overflatearealet som kan reagere med luft og vann. Ved små volum av sulfidholdig berg bør dette plasseres i fyllinger uten gjennomstrømming av vann. Fagansvarlig geolog bør ha tilgang til en håndholdt XRF i anleggsperioden.

Ved påvisning eller begrunnet mistanke om større volumer av sulfidholdig berg må dette deponeres i et eget deponi.

6.5 Verneverdig geologi

Risør-distriktet er en viktig del av Bamble-sektoren som er et klassisk geologisk område i internasjonal sammenheng. Bergskjæringen ved pr. 1850-1900, rett ved vegen til Røed Camping, består av en i internasjonal sammenheng spesiell bergart, cordieritt-orthoamfibol gneis. Denne lokaliteten er å regne som en typelokalitet, og har vært besøkt av geologer i forbindelse med forskning, internasjonale geologiske ekskursjoner og undervisning i mer enn seksti år. Plan- og bygningsloven setter blant annet krav til at verdifulle geologiske forekomster må tas hensyn til og om nødvendig vernet.

For å i størst mulig grad beholde bergskjæringen som den står i dag, anbefales følgende:

- Grøftbredde iht. N200, slik at nettsikring ikke blir aktuelt.
- Bergskjæring sikres med spredt bolting. Kan bli aktuelt å stille krav om endeforankring for å hindre søl av mørtel i bergskjæringen.
- Dersom det renskes ned blokker må disse ikke fraktes bort før de er vurdert til forskningsmessig bruk (stille krav om massene tilfaller byggherre).
- Ikke beplantning i grøft (trær, busker) eller i bergskjæring (klatreplanter), slik at det gis innsyn og tilkomst til veggen.

6.6 Ingeniørgeologisk kompetanse i byggefasen

Anlegget må følges opp av person med ingeniørgeologisk kompetanse som kan håndtere de forventede utfordringer før og etter sprengning, samt bistå med å vurdere utforming av permanentsikringen. Anlegget vil kreve tett oppfølging og kartlegging etter hvert som berget avdekkes og konturlinje settes ut. Dette må skje i tett samspill med anleggsleder, fjellborer og bergsprenger.

Fagansvarlig ingeniørgeolog må ha kjennskap til denne rapporten og gjeldende håndbøker. Vedkommende bør også ha kjennskap til sulfidproblematikk og metoder for å undersøke svovelinnholdet i bergmassen.

Naturfarene (se kap. 5.3) er ikke så omfattende at det kreves spesiell skredkompetanse for å følge opp anlegget.

Ved spesielle forhold må prosjektet knytte til seg ressurspersoner innen det aktuelle fagfeltet.

7 FORSLAG TIL VIDERE UNDERSØKELSER

Det bør utføres en forsterket ingeniørgeologisk kartlegging nord for Bjellåsen som følge av at endelig trasé ble bestemt helt mot slutten av reguleringsplanarbeidet. Kartleggingen bør inkludere vurdering av bergkvalitet, løsmassedekke og strukturmålinger.

Det må fastsettes grenseverdier for sprengnings- eller anleggsinduserte vibrasjoner. Metoden for å fastsette veiledende grenseverdier og anbefalt omfang av bygningsbesiktigelse er gitt i NS8141.

Det må utføres mekaniske analyser av steinen for å vurdere bruk til vegformål.

Konsekvens-/pålitelighetsklasse (CC/RC) med tilhørende kontrollklasse bør vurderes på nytt i byggeplanleggingen/utarbeidelse av konkurransegrunnlag.

8 SIKKERHET HELSE ARBEIDSMILJØ (SHA)-FORHOLD

Nedenfor følger en del forhold knyttet til HMS som kommenteres. Listen er ikke uttømmende.

- Potensielt ustabile blokker i skråning bak planlagt kontur må renskes ned eller sikres før sprengning. Vinterstid ved mildværsperioder og i vårløsningen må det tas hensyn til at is kan løsne fra bergskjæringer eller sva like over.
- Etter sprengning skal det kontrolleres at det ikke står igjen sprengstoffrester. Ved flere pallhøyder må derfor neste pall renskes grundig for å sikre seg mot påboring av sprengstoff. Gjelder også påboring av gjenstående gammelt sprengstoff fra tidligere prosjekt. Dette må tydeliggjøres i selve konkurransegrunnlaget.

9 REFERANSER

- [1] Statens vegvesen (2018). Håndbok N200 Vegbygging. Normal.
- [2] Statens vegvesen (2018). Håndbok R761 Prosesskode 1.
- [3] Statens vegvesen (2018). Håndbok R211 Feltundersøkelser. Retningslinje.
- [4] Statens vegvesen (2014). Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging. Veiledning.
- [5] Statens vegvesen, Nasjonal vegdatabank, NVDB123.
- [6] Statens vegvesen, Vegkart. <https://www.vegvesen.no/vegkart/vegkart/>
- [7] Statens vegvesen (2014). NA-rundskriv 2014/08. Retningslinjer for risikoakseptkriterier for skred på veg.
- [8] Norsk Standard (2001): NS8141:2001 «Vibrasjoner og støt. Måling av svingehastighet og beregning av veiledende grenseverdier for å unngå skade på byggverk.
- [9] Norsk Standard (2013): NS8141-2:2013 «Vibrasjoner og støt. Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk. Del 2: Virkning av vibrasjoner på byggverk fra annen anleggsvirksomhet enn sprengning, og fra trafikk.»
- [10] Norsk Standard (2014): NS8141-3:2014 «Vibrasjoner og støt. Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk. Del 3: Virkning av vibrasjoner fra sprengning på utløsning av skred i kvikkleire.»
- [11] Norsk Standard (2016): NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner.
- [12] Norsk Standard (2008): NS-EN 1997-1+NA:2008: Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler.
- [13] Norsk Standard (2008): NS-EN 1997-1+NA:2008: Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver.
- [14] Norges Geologiske Undersøkelse (NGU). Berggrunnskart fra <http://www.ngu.no>.
- [15] Norges Geologiske Undersøkelse (NGU). Kvartærgeologisk kart fra <http://www.ngu.no>.
- [16] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). NVE Atlas <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#>
- [17] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Bransjestandard – Kartlegging av skredfare i bratt terreng. Høringsdokument <https://www.nve.no/nytt-fra-nve/nyheter-skred-og-vassdrag/horing-nve-har-laget-en-bransjestandard-for-kartlegging-av-skredfare-i-bratt-terreng/>
- [18] Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO). Markslagskart (AR5) fra <https://kilden.nibio.no/>
- [19] Miljødirektoratet <https://grunnforurensning.miljodirektoratet.no/>
- [20] Padget, P. og Brekke, H., 1996. Geologisk kart over Norge, berggrunnskart ARENDAL – 1:250 000. Norges geologiske undersøkelse.
- [21] Romundset, A. & Lakeman, T. 2019: TVEDESTRAND 1612-2, Kvartærgeologisk kart M 1:50 000. Norges geologiske undersøkelse.
- [22] Bergstrøm, B. 1997: KRAGERØ 1712-4, og RISØR 1712-3. Kvartærgeologisk kart M 1:50 000 med beskrivelse. Norges geologiske undersøkelse.
- [23] NTNU-anleggsdrift (1998): Project Report 13C-98 DRILLABILITY Statistics of Drillability Test Results.

- [24] NTNU Department of Civil and Transport Engineering (2008): Report 12B-08 ROCK QUARRYING Blast Design.
- [25] Kartverket. Nasjonal Digital Høydemodell. <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>
- [26] Sintef, 2019. Forundersøkelser og bruk av kortreist stein. En geologisk veileder.
- [27] Notat vedr. fjellsikring/teknisk tilstand ved østre tunnelportal i Bruråsen tunnel. Utarbeidet av Sigurd Langerød, Statens vegvesen. Notat datert 27.01.2005.
- [28] Mekaniske undersøkelser av stein fra Bruråsentunnelen, stamveg Songe – Akland, bærelagsmaterialer. Utarbeidet av H. Brudal, Statens vegvesen. Rapport datert 16. november 1964.
- [29] Befaringsnotat Bruderovstunnelen (Bruråsentunnelen) E18, parsell Songe – Akland. Utarbeidet av Rolf Selmer-Olsen, NTH. Notat datert 9. september 1965.
- [30] Oppdragsrapport I-273A nr. 1. Ny E18 Vinterkjærkrysset. Grunnundersøkelser. Utarbeidet av Bjørn. K. Dolva. Rapport datert 21.04.1997.
- [31] Grunnvann i Risør kommune. NGU Rapport 92.059. Utarbeidet av Lars A. Kirkhusmo. Rapport datert 1. januar 1992.
- [32] Statens vegvesen (2015). Bergarters potensielle effekter på vannmiljøet ved anleggsvirksomhet. Rapport nr. 389.
- [33] Starmer, I. C. 1976: The early major structure and petrology of rocks in the Bamble series, Søndeled-Sandnesfjord, Aust-Agder. Norges geologiske undersøkelser. 327, s. 77-97.
- [34] Geoteknisk data- og vurderingsrapport fra Statens vegvesen. 2200036-GEOT-RAP-1 (Øylandsdalen), 2200036-GEOT-RAP-2 (Øylandsdalen – Hammertjenn) og 2200036-GEOT-RAP-3 (Hammertjenn – Auslandsvann).
- [35] Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis, utkast 3,8 (2019). Utarbeidet av prosjektgruppe for kontroll på svovelholdig avrenning i Agder.
- [36] Statens vegvesen (2003). Oppdragsrapport I279A-1. Motorveg E18 Grimstad-Kristiansand. Sulfidførande gneisar. Sur avrenning, konsekvensar og avbøtande tiltak.
- [37] Rockmass.no. Klassifisering av bergartsegenskaper http://www.rockmass.no/filer/tabell-1_klass.pdf

VEDLEGG 1

**Skjema for geoteknisk
kategori og kontroll**

VEDLEGG 2

**Godkjenningsdokument
fra uavhengig kontroll**

VEDLEGG 3

Faktarapport sulfidundersøkelser



AGDER
fylkeskommune

Fv. 416 Risørvegen

Faktarapport sulfidundersøkelser

Reguleringsplan

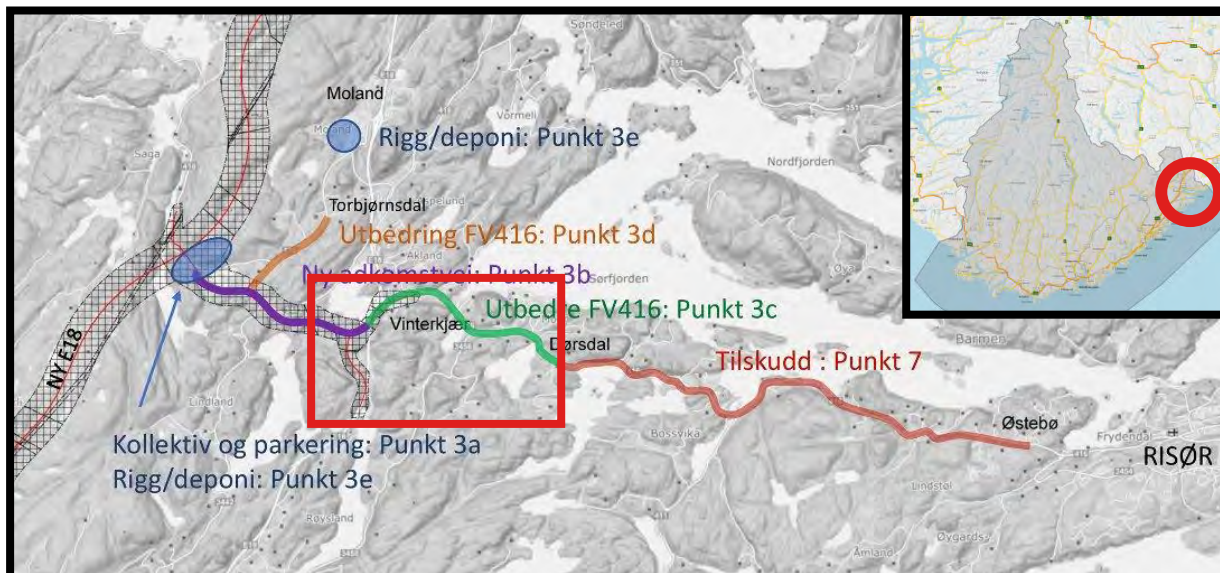


Innholdsfortegnelse

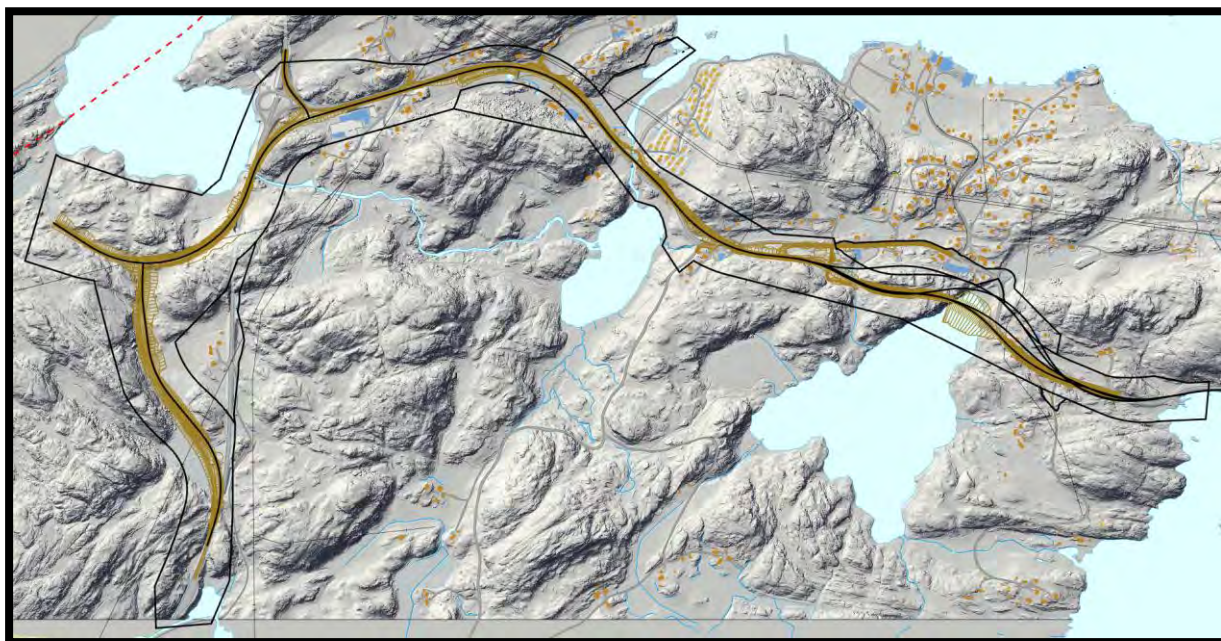
1	INNLEDNING	3
2	UTFØRTE UNDERSØKELSER	4
3	KRAV	6
4	RESULTATER.....	7
5	USIKKERHET	8
6	REFERANSER.....	9

1 INNLEDNING

Det er utført sulfidundersøkelser av berggrunnen for ny Fv. 416 Risørvegen i Risør kommune, Agder. Det skal her bygges tilkomstveg fra ny E18 Dørdal - Tvedestrand som bygges lenger vest, se Figur 1 og Figur 2.



Figur 1. Oversiktskart. Agder fylke vist oppe i høyre hjørne.



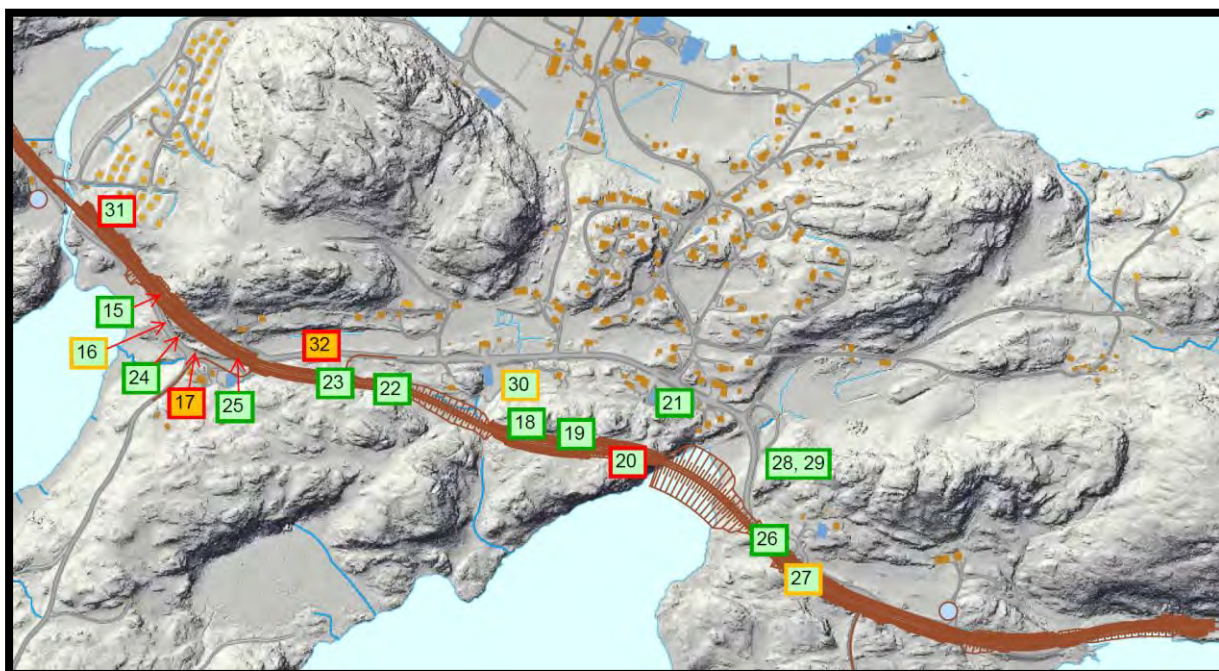
Figur 2. Planavgrensning.

2 UTFØRTE UNDERSØKELSER

En oversikt over utførte undersøkelser er vist i Figur 4 og Figur 4.



Figur 3. Undersøkelser i vestre del av planområdet (Øylandsdalen - Rød).



Figur 4. Undersøkelser i østre del av planområdet (Sauvika - Dørsdal).

Tabell 1 viser hvilke tester som er utført på prøvematerialet. Tabell 2 gir en kortfattet beskrivelse av utstyret som er benyttet. Prøve 1-6 er tatt med boreriggen til Statens vegvesen som er benyttet til de geotekniske undersøkelsene. Borstøvet er tatt fra 1-2 m dyp under dagfjellet.

Tabell 1. Oversikt over testmetoder som er benyttet.

TYPE	MATERIALE	HVOR	KOMMENTAR
XRF-analyse ¹	Borstøv	Vannlaboratoriet i Kristiansand	Boring utført normalt på lagdelingen.
Hydrogenperoksid ²	Borstøv	Vannlaboratoriet i Kristiansand	Boring utført normalt på lagdelingen.

Tabell 2. Oversikt over utstyr som er benyttet.

UTSTYR	
GBH 18V-26 Professional med SDS plus (batteridrevet borhammer fra Bosch) For uttak av borstøv. Til boringen er det benyttet hammerbor Ø10 mm og lengde 210 mm.	
GDE 18V-16 Professional (støvfjerningssystem fra Bosch for GBH 18V-26) Oppsamlet støv i beholderen overføres til en tett prøvekopp (50 ml) for senere analyser.	

¹ **Røntgenfluorescens-spektrometri (XRF)** er en ikke-destruktiv målemetode for kvantifisering av grunnstoffer i en prøve. Metoden er svært mye benyttet innen bergartsanalyse.

² **Hydrogenperoksidtest** baserer seg på eksoterm reaksjon mellom sulfidmineralet og hydrogenperoksid (H₂O₂). Temperaturendringen ΔT måles etter 25 minutter.

3 KRAV

Klassifisering av syredannende gneis i Agder tar utgangspunkt tre faktorer:

1. Forvitringsgrad (vurderes i geologisk rapport)
2. Innhold av svovel [1], [2], [3]
3. Hydrogenperoksidtest [3], [4]

Tabell 3 viser retningslinjer for klassifisering av syredannende berggrunn. Disse retningslinjene er foreløpig ikke vedtatt i kommuner som er særlig utsatt for svovelholdig berggrunn, og er hentet fra arbeidsgruppens siste utkast datert 31.10.2019 [3]. Arbeidsgruppen har hatt representanter fra kommuner, fylkesmann og Statens vegvesen.

Tabell 3. Retningslinjer for klassifisering av syredannende berggrunn.

Faktor	Kategorier		
Forvitringsgrad	Lav	Middels	Høy
Innhold av svovel*	< 1500 ppm < 0,15 %	1500 – 8000 ppm 0,15 % - 0,8 %	> 8000 ppm > 0,8 %
Hydrogenperoksidtest (temperaturrendring ΔT)	$\Delta T < 0,7 \text{ C}^\circ$	$\Delta T > 0,7 \text{ C}^\circ$ $\Delta T < 1,2 \text{ C}^\circ$	$\Delta T > 1,2 \text{ C}^\circ$

* 10 000 ppm tilsvarer 1 %.

4 RESULTATER

Resultatene fra sulfidundersøkelsene er vist i Tabell 4. Verdiene i Tabell 4 er skyggelagt med farger etter de krav som er oppgitt i Tabell 3.

Tabell 4. Resultater fra utførte analyser.

#	Labnr.	Bergart	XRF (lab)		ΔT (lab)		ΔT °C
			S (ppm)	S (%)	T _{start} °C	T _{slutt} °C	
1	1960	Massiv kvartsitt	1186	0,119	25,5	26,1	0,6
2	1961	Massiv kvartsitt	399	0,040	25,5	25,7	0,2
3	1962	Kvartsitt, kvartsrik gneis	94	0,009	25,5	25,6	0,1
4	1963	Kvartsitt, kvartsrik gneis	n.d.	<0,001	25,4	25,5	0,1
5	1964	Kvartsglimmergneis	n.d.	<0,001	25,4	25,5	0,1
6	1965	Kvartsglimmergneis	665	0,067	25,4	25,5	0,1
7	1966	Kvartsglimmergneis	n.d.	<0,001	24,4	24,4	0,0
8	1967	Kvartsglimmergneis	n.d.	<0,001	24,4	24,4	0,0
9	1968	Kvartsitt, kvartsrik gneis	n.d.	<0,001	24,4	24,4	0,0
10	1969	Kvartsglimmergneis	n.d.	<0,001	23,7	24,2	0,5
11	1970	Amfibolitt (granatholdig)	n.d.	<0,001	23,7	23,9	0,2
12	1971	Amfibolitt (granatholdig)	n.d.	<0,001	23,7	24,0	0,3
13	1978	Kvartsglimmergneis	n.d.	<0,001	23,6	23,6	0,0
14	1979	Kvartsglimmergneis	53	0,005	23,6	23,6	0,0
15	1980	Kvartsglimmergneis	73	0,007	23,6	23,6	0,0
16	1981	Kvartsglimmergneis	969	0,097	23,6	24,3	0,7
17	1982	Kvartsglimmergneis	2459	0,246	23,6	26,4	2,8
18	2067	Grå gneis	482	0,048	23,1	23,4	0,3
19	2068	Grå gneis	322	0,032	23,1	23,6	0,5
20	2069	Grå gneis	n.d.	<0,001	23,6	27,8	4,2
21	2070	Grå gneis	45	0,005	23,6	24,2	0,6
22	2071	Grå gneis	27	0,003	23,7	24,0	0,3
23	2072	Grå gneis	112	0,011	23,7	24,0	0,3
24	2073	Kvartsglimmergneis	379	0,038	23,7	24,1	0,4
25	2074	Kvartsglimmergneis	25	0,003	23,7	23,9	0,2
26	2075	Grå gneis	n.d.	<0,001	23,7	23,8	0,1
27	2076	Grå gneis	318	0,032	23,3	24,4	1,1
28	2238	Amfibolitt	n.d.	<0,001	23,3	23,4	0,1
29	2239	Amfibolitt	98	0,010	23,3	23,5	0,2
30	2240	Grå gneis	1252	0,125	23,3	24,2	0,9
31	2241	Grå gneis	1218	0,122	23,3	26,8	3,5
32	2242	Grå gneis	4225	0,423	23,3	26,2	2,9

5 USIKKERHET

Mindre mengder borstøv fra tidligere boringer vil kunne ligge igjen i apparatet, men dette utgjør svært lite i forhold til det borstøvet som samles opp fra hver enkelt boring. Ved hvert prøvepunkt er det tatt ut ca. 40 ml borstøv.

Etter hvert uttak av borstøv er:

- Støvavsuet tømmt for støv og børstet rent.
- Støvboksen og HEPA-filteret tømmt og børstet rent for støv.
- Støvkontrollvindu er tømmt og børstet rent.

Andre feilkilder vil for hydrogenperoksidtesten være at sulfatmineraler som jarositt ikke gir temperaturøkning [6].

Det eksisterer ingen entydig korrelasjon mellom XRF og hydrogenperoksidtesten [6].

6 REFERANSER

- [1] Statens vegvesen (2018). Håndbok R211 Feltundersøkelser. Retningslinjer.
- [2] Statens vegvesen (2016). Rapport nr. 516 Bruk av XRF på bergarter for vurdering av miljørisiko.
- [3] Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis, utkast 3,8 (2019). Utarbeidet av prosjektgruppe for kontroll på svovelholdig avrenning i Agder.
- [4] Method Statement (2008). Procedure for analysis of rock samples. CJV E18 Grimstad – Kristiansand. Metodebeskrivelse hydrogenperoksidtest.
- [5] Veileder for Miljødirektoratet M-310 2015 (2015). Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter. Utarbeidet av Norges geotekniske institutt (NGI).
- [6] Christiansen, M. (2019). Sulfidførende berg på Sørlandet - Erfaringer, utfordringer og undersøkelsesmetoder. Innlegg på NFFs kurs nr. 1926101 *Sprengningsarbeider* den 6.-7. mars 2019.



AGDER
fylkeskommune

Agder fylkeskommune

Postboks 788, Stoa
NO-4809 Arendal

Besøksadresse Kristiansand:
Tordenskjolds gate 65

Org.nr.: 921 707 134
Bank: 3207.28.74993

Besøksadresse Arendal:
Ragnvald Blakstads vei 1

www.agderfk.no

