

Statens vegvesen, Utbygging

► **KDP E39 Flatøy - Eikefettunnelen**

Ingeniør- og hydrogeologisk rapport

Kommunedelplan

Oppdragsnr.: 5195469 Dokumentnr.: R004 Versjon: E04 Dato: 2021-11-19



Oppdragsgiver: Statens vegvesen, Utbygging
Oppdragsgivers kontaktperson: Gunn Cecilie Omre
Rådgiver: Norconsult AS, Klæbuvegen 127 B, NO7031 Trondheim
Oppdragsleder: Lars Roald Kringeland
Fagansvarlig: Ingvar Tyssekvam
Andre nøkkelpersoner: Marianne Rødseth, Lars Martin Færseth, Eivind Halvorsen

E04	2021-11-19	For høring/offentlig ettersyn	MaKRo	InT	LRK
D03	2020-11-04	For godkjenning hos oppdragsgiver	InT	InT	LRK
D02	2020-10-14	For godkjenning hos oppdragsgiver	MAKRO/LARFAE	INT/EIHAL	LRK
C01	2020-07-03	For gjennomsyn hos oppdragsgiver	MAKRO/LARFAE	INT/EIHAL	LRK
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► Sammen drag

Statens vegvesen skal utarbeide kommunedelplan for ny E39 mellom Flatøy og Eikefettunnelen i Alver kommune nord for Bergen. Denne rapporten tar for seg de ingeniørgeologiske vurderingene i forbindelse med de ulike vegalternativene som er vurdert.

Kommunedelplanen er delt inn i fire delområder, Flatøy, Vest, Midt og Aust. Innenfor de ulike delområdene finnes det ulike vegalternativer (til sammen 15 ulike delstrekninger).

Prosjektområdet strekker seg på tvers av bergensbuen og krysser mange bergartsgrenser. I vestre og midtre del av området er det i hovedsak anortositt i veksling med gabbro, og ulike varianter av gneis stedvis i veksling med striper av kvartsitt. I østre del av området er det en overgang mot glimmerskifer i veksling med amfibolitt. Løsmasseforholdene er stort sett like for de ulike vegalternativene; enten små dybder til berg med overliggende faste løsmasser eller bløte løsmasser som torv over et lag med siltig leire over berg.

Det er generelt et tynt løsmassedekke i områdene hvor det er planlagt tunnel, og terrengoverdekning er i stor grad kartlagt og undersøkt å være tilnærmet bergoverdekning. Terrengrelieffet i området er slik at det stort sett er god terrengoverdekning over tunnelene, men enkelte tunnelstrekninger (gjennom Knarvik sentrum og ved Eikanger) vil tunnelene i partier ha begrenset overdekning der hvor de krysser søkk i terrenget.

Bergmassen i området er i stor grad kartlagt å være kompetent og ha høy Q-verdi. Traseene krysser markerte lineamenter i terrenget som i stor grad har samme orientering som bergartsgrensene i området. Ved kryssing av sonene kan det være tettere oppsprukket bergmasse.

Alle påhuggsplasseringene for hovedtunnelene langs E39 er vurdert å være gjennomførbare, men påhuggene vil ha ulik vanskelighetsgrad ved etablering. Det er i rapporten skilt mellom enkel, middels og vanskelig gjennomførbarhet for påhuggene.

► Innhold

1	Innledning	6
1.1	Bakgrunn og hensikt	6
1.2	Beskrivelse av anlegget	7
1.3	Geoteknisk kategori	8
1.3.1	<i>Pålitelighetsklasse og kontrollomfang under planlegging</i>	8
1.4	Styrende dokumenter	8
1.5	Kartgrunnlag og terrengmodell	9
2	Generelt om grunnforhold for området (faktakapittel)	10
2.1	Utførte undersøkelser	10
2.1.1	<i>Befaring og kartlegging</i>	10
2.1.2	<i>Totalsonderinger</i>	10
2.2	Berggrunn	10
2.3	Løsmasser	11
2.4	Bergmassens oppsprekking	12
2.5	Svakhetssoner	13
2.6	Skredfare	14
2.6.1	<i>Regelverk</i>	14
2.6.2	<i>Aktsomhetskart for skred</i>	15
2.6.3	<i>Registrerte hendelser</i>	17
2.7	Hydrogeologi	18
3	Beskrivelse av alternativer og ingeniør- og hydrogeologiske vurderinger (tolkningskapittel)	19
3.1	Delområde Flatøy	19
3.1.1	<i>Bergmasse og stabilitet</i>	19
3.1.2	<i>Hagelsundbrua</i>	20
3.1.3	<i>Veg i dagen</i>	22
3.1.4	<i>Hydrogeologiske forhold</i>	22
3.2	Delområde Vest	23
3.2.1	<i>Bergmasse og bergmassekvalitet</i>	24
3.2.2	<i>Svakhetssoner</i>	24
3.2.3	<i>Påhugg</i>	24
3.2.4	<i>Bergoverdekning</i>	28
3.2.5	<i>Veg i dagen</i>	28
3.2.6	<i>Hydrogeologiske forhold</i>	30
3.3	Delområde Midt	33
3.3.1	<i>Bergmasse og bergmassekvalitet</i>	33
3.3.2	<i>Svakhetssoner</i>	34

3.3.3	<i>Påhugg</i>	34
3.3.4	<i>Bergoverdekning</i>	37
3.3.5	<i>Veg i dagen</i>	39
3.3.6	<i>Hydrogeologiske forhold</i>	41
3.4	Delområde Aust	44
3.4.1	<i>Bergmasse og bergmassekvalitet</i>	44
3.4.2	<i>Svakhetssoner</i>	45
3.4.3	<i>Påhugg</i>	45
3.4.4	<i>Bergoverdekning</i>	47
3.4.5	<i>Veg i dagen</i>	48
3.4.6	<i>Hydrogeologiske forhold</i>	49
3.5	Bergspenninger	51
3.6	Kvalitet av steinmateriale og bruksområder	52
3.7	Bergarter og forurensning	52
3.8	Områder med behov for spesielle tiltak	52
4	Oppsummering av vurderinger	55
5	Videre undersøkelser	56
6	Referanser	58
	Vedlegg 59	

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og hensikt

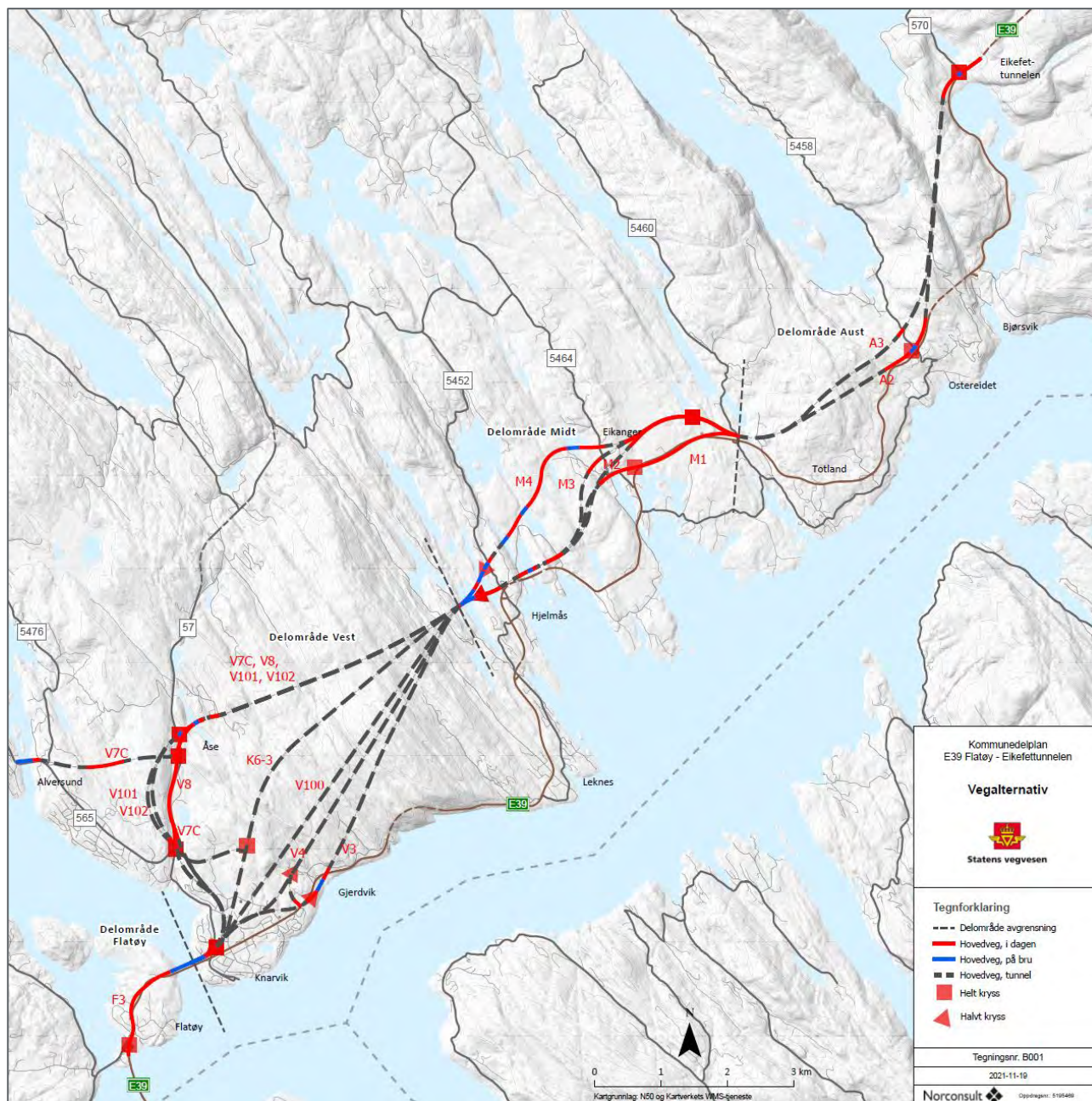
Statens vegvesen planlegger utbedring av E39 på strekningen mellom Flatøy og Eikefettunnelen i Alver kommune nord for Bergen. Kommunedelplan for strekningen inngår i satsingen på utbedret og fergefri E39. Samfunnsformålet er å gi et effektivt og trafikksikkert nord-sør samband på Vestlandet.

Strekningen som omfattes av kommunedelplanen er 22 km lang. Strekningen mellom Flatøy og Eikefettunnelen er delt inn i fire delområder. Innenfor de fire delområdene er det flere alternative veglinjer. Følgende oversikt angir delområdene i rekkefølge fra Flatøy til Eikefettunnelen. Rapporten er videre delt inn etter denne oversikten.

- Delområde Flatøy: Flatøy – Knarvik (Alternativ F)
- Delområde Vest: Knarvik – Hjelmås (Alternativ V3, V4, V7C, V8, V100, V101, V102, K6-3)
- Delområde Midt: Hjelmås – Bjørndal (Alternativ M1, M2, M3, M4)
- Delområde Aust: Bjørndal – Eikefettunnelen (Alternativ A2, A3)

På oppdrag for Statens vegvesen har Norconsult utarbeidet ingeniørgeologisk rapport for kommunedelplan for tunneler og veg i dagen. Det er utarbeidet en rapport som omhandler alle temaene. Rapporten sammenstiller resultater fra grunnlagsmateriale, ingeniørgeologisk kartlegging og utførte grunnundersøkelser.

Oversiktskart over området er vist i Figur 1. Profilering er vist i detalj i vedlagte ingeniørgeologiske tegninger (V001-V034).



Figur 1: Oversiktskart med presentasjon av de alternative traseene.

1.2 Beskrivelse av anlegget

Statens vegvesen har besluttet at dimensjoneringsklasse H2 skal legges til grunn der en har fremtidig ÅDT mindre enn 12 000, mens for sørlige deler av planområdet med ÅDT over 12 000 legges det til grunn motorvegprofil (H3 standard med bredde 23 meter), men med samme dimensjonerende fart lik 90 km/t.

Mellom Nordhordalandsbrua og Hjelmås er det planlagt for firefelts veg i dagen og to tunneløp, dimensjoneringsklasse H3. Det planlegges derfor med tunnelprofil 2xT10,5.

Nord for Hjelmås blir det planlagt for to felts veg og ett tunnellop (dimensjoneringsklasse H2), da trafikkprognosene viser ÅDT under 8000 på denne strekningen. Mellom Hjelmås og Eikefettunnelen blir det planlagt med tunnelprofil T10,5, og fartsgrense 80 km/t, med unntak av alternativ M4 som har kortere tunneler enn 500 meter. Disse to tunnelene planlegges med tunnelprofil T12,5 og midtrekkverk, og ha fartsgrense 90 km/t.

1.3 Geoteknisk kategori

I henhold til Håndbok N500, kapittel 2.3, skal alle vegtunnelprosjekter i utgangspunktet ligge i geoteknisk kategori 3. For tunneler der forundersøkelsene viser godt og forutsigbart berg kan det være aktuelt å benytte geoteknisk kategori 2.

For bergskjæringer skal følgende bergskjæringer plasseres i geoteknisk kategori 3:

- Bergskjæringer høyere enn 10 meter (målt fra ferdig veg)
- Bergskjæringer der svakhetssoner/slepper vil kunne føre til større utglidninger
- Bergskjæringer i foten av høye skråninger/fjellsider der inngrep vil kunne føre til stabilitetsproblemer
- Bergskjæringer med skrående terreng over skjæring, hvor skredfare og stabilitet må håndteres
- Bergskjæringer der hensynet til bygninger, konstruksjoner, infrastruktur o.l. i umiddelbar nærhet må ivaretas
- Bergskjæringer i bergarter som vil kunne gi forurensende avrenning.

Følgende bergskjæringer kan plasseres i geoteknisk kategori 2:

- Middels høye (inntil 10 m) bergskjæringer uten spesiell risiko eller vanskelige/uvanlige grunnforhold med hensyn til sprenging og stabilitet.

I dette prosjektet vil det både være tunnelstrekninger som plasseres i geoteknisk kategori 3 og tunnelstrekninger som kan nedklassifiseres til kategori 2 på grunn av god bergoverdekning og forutsigbare bergforhold. Langs traseene varierer bergskjæringenes høyder fra over og under 10 meter. Det vil derfor både være bergskjæringer i geoteknisk kategori 2 og kategori 3.

Fastsettelse av geoteknisk kategori per strekning må utføres når endelig strekning er fastsatt. Frem til dette utføres plasseres alle tunnelene i geoteknisk kategori 3 og fastsettelse av geoteknisk kategori for bergskjæringer utføres i henhold til kriteriene i håndbok N200.

1.3.1 Pålitelighetsklasse og kontrollomfang under planlegging

Håndbok N500 henviser til håndbok N200 hva gjelder kontrollform og kontrollklasser ved prosjektering og ved utførelse. I henhold til kapittel 203.3 «Krav til kontrollform» i håndbok N200 står det:

«Utvidet kontroll i PKK3 skal gjennomføres fra og med reguleringsplan til og med byggefasen. For kommunedelplan kan det være aktuelt med utvidet kontroll (PKK3) av deler av prosjektet hvis grunnforhold, tiltak eller risiko- og sårbarhetsanalysen tilsier det.»

Det vurderes å ikke være nødvendig med utvidet kontroll for dette planstadiet, basert på kjennskap til grunnforhold og kompleksitet.

1.4 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 [1]

- Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 1 allmenne regler NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 [2]
- Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering [3]
- Statens vegvesen Håndbok N200 Vegbygging, 2018 [4]
- Statens vegvesen Håndbok N500 Vegtunneler, 2020 [5]
- Statens vegvesen Håndbok V520 Tunnelveiledning, 2020 [6]

1.5 Kartgrunnlag og terrengmodell

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

- Berggrunnskart fra NGU, 1:50 000 [7]
- Kvartærgeologisk kart fra NGU, 1:250 000 [7]
- Skredhendelser og aktsomhetskart fra NVE [8]
- Nettbasert kartverktøy: «Norgebilder» [9], «Norgeskart» [10], «Høydedata» [11]
- Digitale kart i Novapoint, AutoCAD og ArcGIS Online

2 Generelt om grunnforhold for området (faktakapittel)

2.1 Utførte undersøkelser

2.1.1 Befaring og kartlegging

Befaring av området er utført i to omganger. Den første befaringen ble utført i forbindelse med fellesbefaring og gjennomgang av prosjektet 25. september 2019. I tillegg til fellesbefaringen ble det dagen før utført en egen befaring sammen med geotekniker for kartlegging av løsmassemektheter og bergblotninger.

Den neste befaringen ble utført 28. til 29. oktober 2019 etter at enkelte av veglinjene var ytterligere detaljert. Befaringen ble utført av ingeniørgeologene Marianne Rødseth og Ingrid Buvarp Aardal. I denne planfasen har befaringen fokusert på lokalisering og kartlegging av påhuggsområder og markerte lineamenter/svakhetssoner. Justeringer av vegalternativer og nye alternativer har kommet til i etterkant av utført befaring.

2.1.2 Totalsonderinger

Det er utført totalsonderinger for å bestemme dybden til berg. Fokusområdet ved utførte undersøkelser har vært totalsonderinger der hvor tunneler har liten terrengoverdekning og hvor det ikke er kartlagt berg i dagen. Det er mange søkk i området, og det er i stor grad i tilknytning til søkk at det er utført totalsonderinger for å kartlegge dybden til berg. Borepunktene knyttet til ingeniørgeologiske undersøkelser er i hovedsak borepunkt 1027-1038 og 2067-2074.

Undersøkelser utført ved Knarvik: For borepunkt 1027-1038 er største dybde til berg registrert til 4,2 meter i borepunkt 2027, ellers viser resultatene en boret dybde på 2 meter eller mindre.

For strekning Midt og Aust er det borepunkt 2067-2074 som er utført for ingeniørgeologiske undersøkelser. Borepunkt 2067 og 2068 var ikke mulig å gjennomføre grunnet vanskelig tilkomst. Det ble registrert største dybde på 2,5 meter i borepunkt 2073. Borepunkt 2069-2072 har løsmassedybde på under 1 meter.

Det vises til geoteknisk datarapport, rapportnr. R009 [12] for utfyllende informasjon rundt løsmassetypene og dybder.

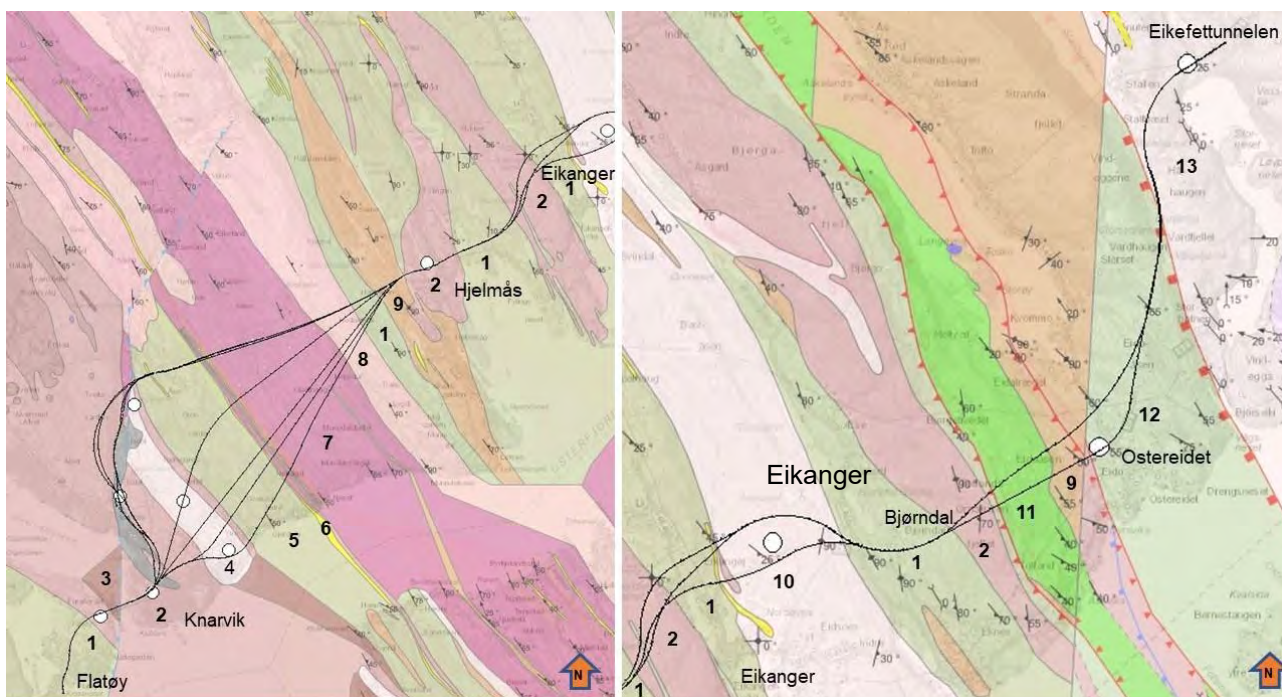
Det foreligger også tidligere undersøkelser i ulike områder langs prosjektområdet som er gjort tilgjengelig. Det vises til geoteknisk rapport for ytterligere beskrivelse av rapporter og grunnlag som er benyttet.

2.2 Berggrunn

Prosjektområdet ligger i den geologiske provinsen Bergensfeltet, som preger Bergensområdet. Området er en del av den kaledonske fjellkjeden. Feltet består mest av gneiser og dyppergarter, blant annet anortositter, gabbro-anortositter og en blanding av vulkanske og sedimentære lag i ytre og indre del av buen.

Prosjektområdet strekker seg på tvers av buen og krysser av den grunn mange bergartsgrenser. Norges geologiske undersøkelser sitt berggrunnskart, i detaljeringsgrad 1:50 000, er vist i Figur 2. Østre del av prosjektområdet er ikke kartlagt i denne målestokken, men her viser berggrunnskart i målestokk 1:250 000 at bergmassen består av granittisk gneis. I henhold til kartet er det i vestre og midtre del av området i hovedsak anortositt i veksling med gabbro, og ulike varianter av gneis stedvis i veksling med striper av kvartsitt. I østre del av området er det en overgang mot glimmerskifer i veksling med amfibolitt.

Detaljert oversikt over berggrunnskart og tegnforklaring med bergarter er vist i ingeniørgeologiske tegninger (V001-V034).



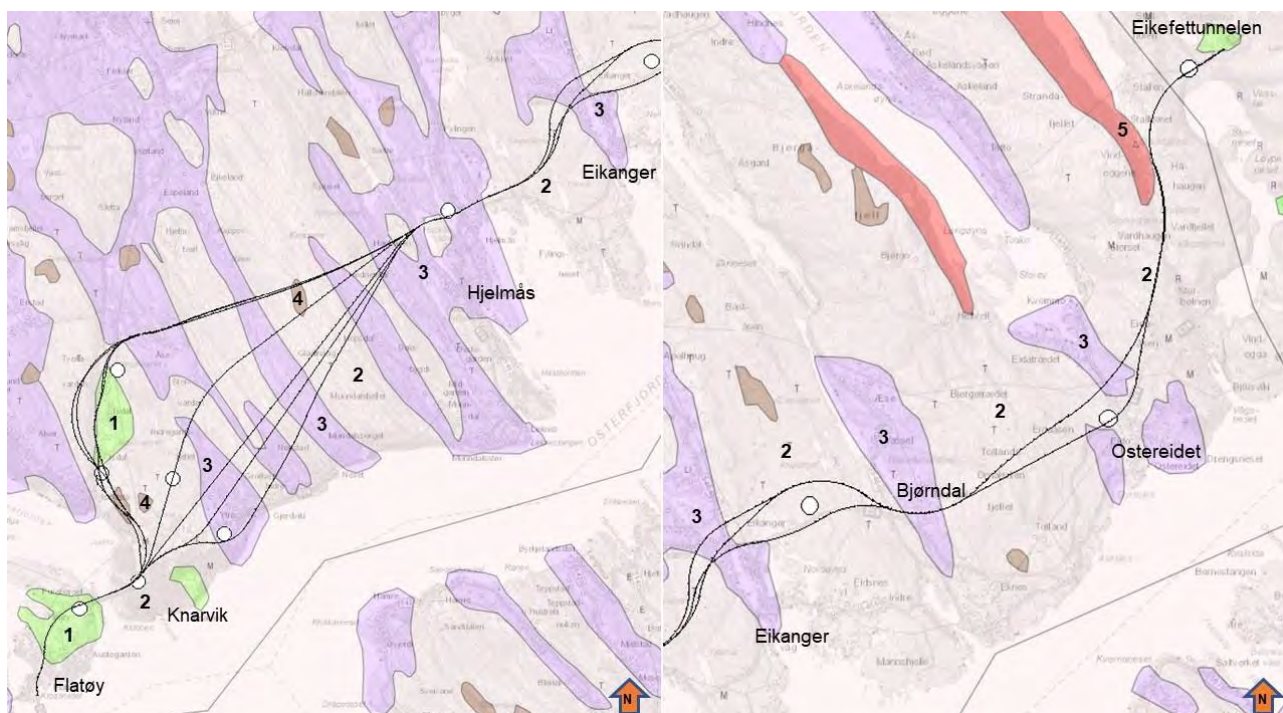
Figur 2: Berggrunnskart over området (M 1:50 000) [7]. Veglinjene er markert i kartet. Bergarter i kartet i henhold til nummerering: [1] Gneis, amfibolrik, [2] Anortositt, stedvis gabbro, [3] Gabbro, stedvis anortositt, [4] Granittisk til syenittisk gneis, [5] Gneis, amfibolrik, [6] Kvartsittisk bergart, [7] Gneis, vesentlig variabelt omdannet charnockitt, [8] Hypersentmonzonitt til hyperstengranitt, [9] Amfibolitt, [10] Granittisk gneis, rød, [11] Glimmerskifer, [12] Gneis, stedvis amfibolitt. [13] Båndgneis.

2.3 Løsmasser

Løsmasseoverdekning i kystområdene på Vestlandet er generelt beskjedne. På land består løsmassene oftest av lokalt forvitningsmateriale, med lokale forekomster av glasiale avsetninger, som morene og glasifluviale, i daler og forsenkninger, og ur nedenfor bratte skrenter.

NGU sitt løsmassekart over området gir en indikasjon på hvilke løsmasser som kan forventes, se Figur 3. For de ulike delområdene består løsmassene i stor grad av bart berg/tynt løsmassedekke (lys rosa farge i kartet) og forvitningsmateriale (lilla farge i kartet). Det er også angitt avsmeltingsmorene (lys grønn farge i kartet) og torv/myr (mørk brun farge i kartet).

Ved grunnundersøkelser er det avdekket kvikkelire ved ett borepunkt ved Eikanger næringsområde i posisjon 2031. For ytterligere detaljer geotekniske forhold henvises det til geoteknisk rapport, dokumentnummer R010, og geoteknisk datarapport, dokumentnummer R009.



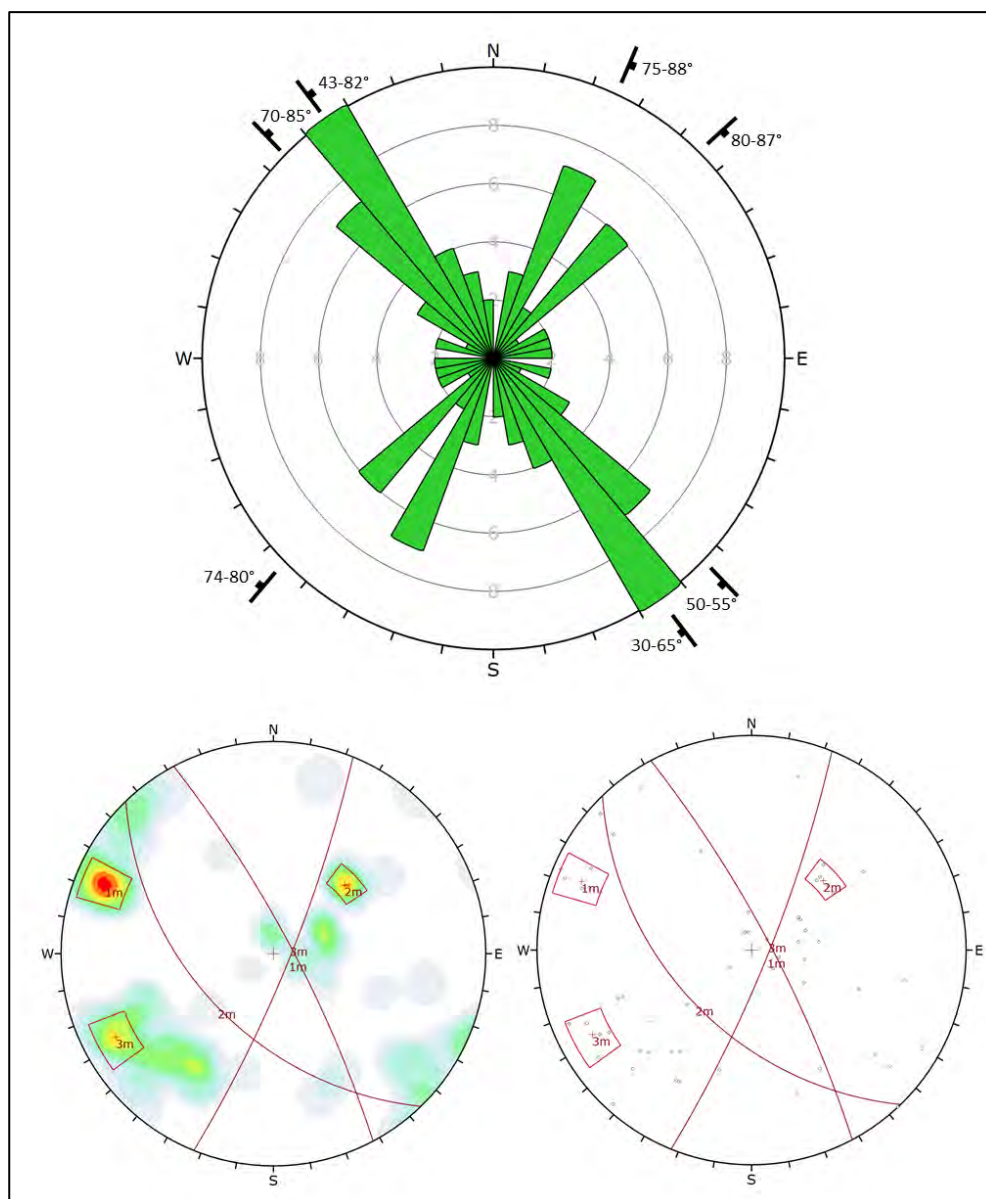
Figur 3: Løsmassekart over området [7]. Veglinjene er vist i kartet. Løsmassetyper i kartet i henhold til nummerering: [1] Tynt morenedekke, [2] Bart fjell, [3] Forvittringsmateriale, [4] Torv og myr.

2.4 Bergmassens oppsprekking

Det er utført sprekkekartlegging ved påhuggsområdene, samt i bergmassen nær tunneltrasé hvor det har vært tilgjengelig bergblotninger. Registreringene er vist som sprekkerose, konturplott og polplott i Figur 4. Dette er en sammenstilling for hele området. Følgende hovedtrender er observert i området:

- Sprekker orientert N320-330° med fall i hovedsak mellom 60-75 grader mot NØ. Dette er tilsvarende orientering som bergartsgrenser i området, og sprekkesettet er stedvis kartlagt som foliasjonsoppsprekking der hvor det er fremtredende oppsprekking. Sprekkesettet er kartlagt mest i vestre del av prosjektområdet. Sprekkeavstand er kartlagt å være 0,5-1 meter.
- Sprekker orientert N020-030° med fall på 75-88 grader mot SØ. Sprekkeplanet er registrert ved flere lokasjoner i hele prosjektområdet. Sprekkeavstand er registrert å være 1 meter for de gjennomsettende sprekke.
- Sprekker orientert N130-140° med fall på 50-55° mot SV. Sprekkeplanet er registrert ved flere lokaliteter over hele prosjektområdet. Sprekkeavstand for gjennomsettende sprekker er kartlagt å være 0,2-0,5.

I tillegg opptrer enkeltsprekker med varierende orientering og fallvinkel. Det er flere sprekkesett som ligger innenfor en variasjon på 20° og kan tolkes å tilhøre samme sprekkesett basert på at de er kartlagt over et stort område. Dette gjelder eksempelvis sprekker registrert med orientering N320-330 og N310-330. På ingeniørgeologisk tegninger (V001-V034) er det vist sprekkeroser for de ulike delområdene.



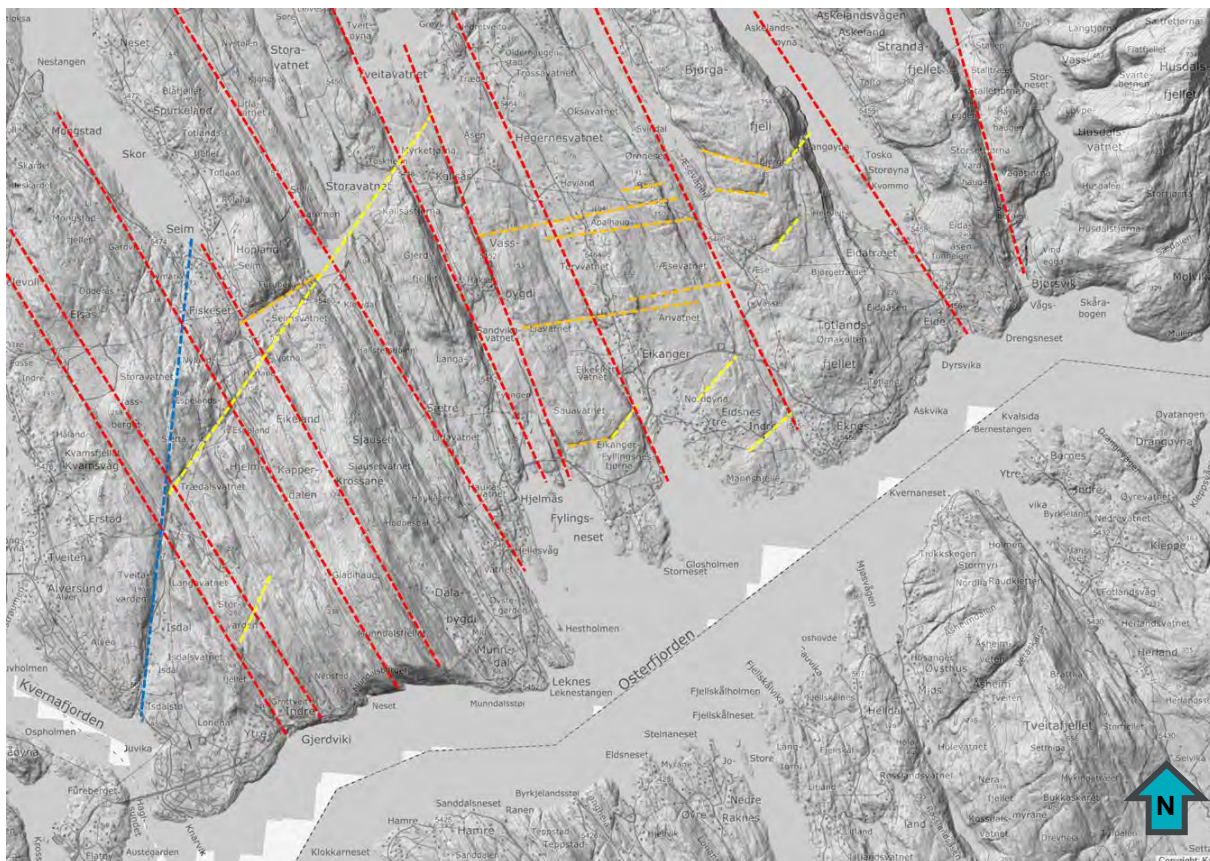
Figur 4: Øverst: Sprekkerose for hele det kartlagte området. Nederst venstre: Konturplott. Nederst høyre: Polplott.

2.5 Svakhetssoner

Markerte søkk og lineamenter i terrenget markerer ofte svakhetssoner i berggrunnen, eller svakere bergartslag. Basert på studie av kart/ortofoto, samt observasjoner i felt er det identifisert mulige svakhetssoner langs tunneltrasé. Hovedorientering til disse er presentert i Figur 5, og er inntegnet på ingeniørgeologiske tegninger (V001-V034). Basert på kartlegging av svakhetssonene og omfanget av løsmasser i området er det vurdert at det er mindre sannsynlig at lineamentene i planområdet representerer dypforvitringssoner.

På grunn av omfanget av lineamenter i området, og antall alternative tunneltraseer, er det ikke laget en presentasjon med nummerering av hver enkelt sone. På dette planstadiet er det vurdert tilstrekkelig å utføre

en generell tolkning av sonene med samme orientering basert på kartlagte data. Se vurderinger i tolkningskapittelet.



Figur 5: Oversikt over hovedretninger til lineamenter i terrenget i området.

2.6 Skredfare

2.6.1 Regelverk

Valg av sikkerhetsnivå (restrisiko) for skred på veg gjøres for hvert enkelt vegprosjekt. Det tas utgangspunkt i samlet skredsannsynlighet per km veg og dimensjonerende trafikkmengde. Restrisiko for skred på veg skal være lavere enn tolererbar skredsannsynlighet, og bør være lavere enn akseptabel skredsannsynlighet.

Tabell 1: Sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på veg, i henhold til tabell 208.1 i Håndbok N200.

Dimensjonerende trafikkmengde \ Skred-sannsynlighet	Dimensjonerende trafikkmengde					
	< 200	200 – 499	500 – 1499	1500 – 3999	4000 – 7999 Eikanger - Eikefettunnelen	> 8000 Knarvik - Eikanger
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

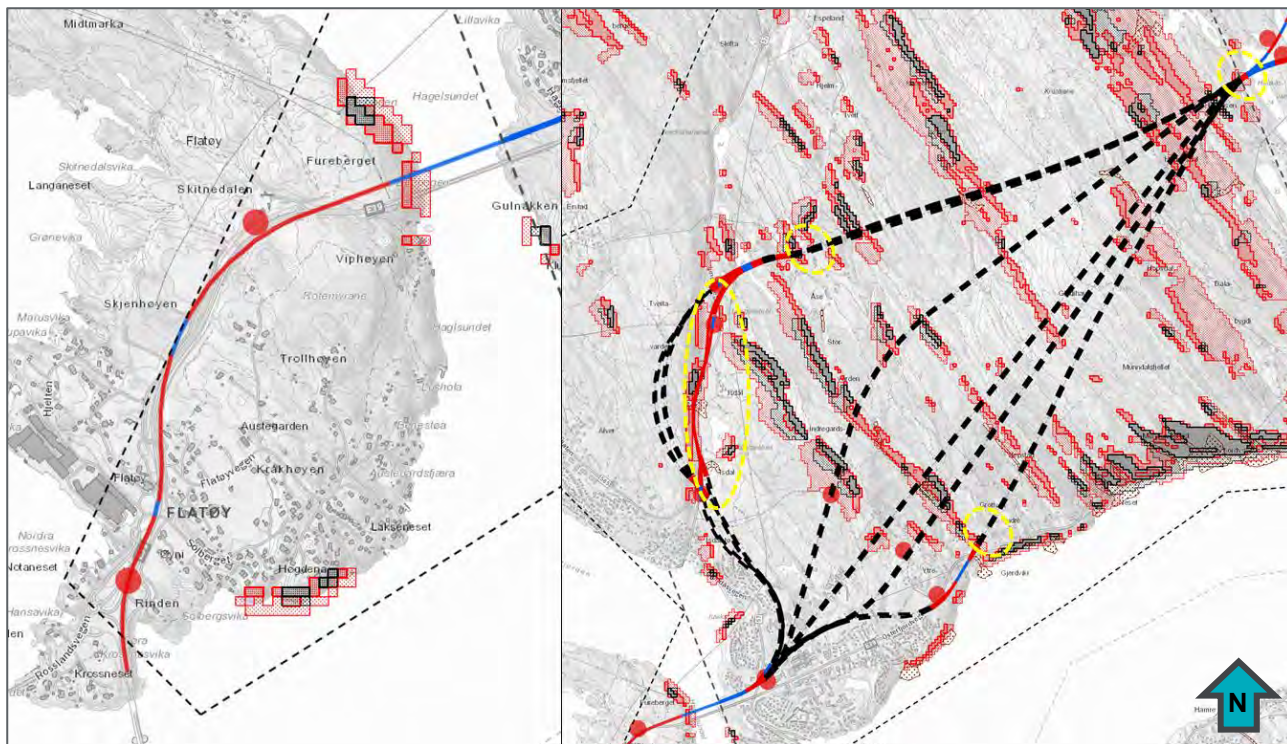
ÅDT-tall som brukes i planarbeidet er basert på trafikk 20 år etter åpning, det vil si 2055. Ut ifra trafikk tall vil det over Flatøy og nord til Isdal være en ÅDT som overstiger 12000. Skillet på ÅDT 8000 vil antageligvis ligge ved Eikanger, og trafikk tallet vil ligge under 8000 mellom Eikanger og Eikefettunnelen. Dette innebærer at samlet sannsynlighet for skred bør være lavere enn 1/50 (ett skred per femtiende år) og skal være lavere enn 1/100 (ett skred per hundrede år) for strekningen Eikanger-Eikefettunnelen. Og samlet sannsynlighet for skred bør være lavere enn 1/100 (ett skred per hundrede år) og skal være lavere enn 1/1000 (ett skred per tusen år) for strekningen Knarvik-Eikanger.

2.6.2 Aktsomhetskart for skred

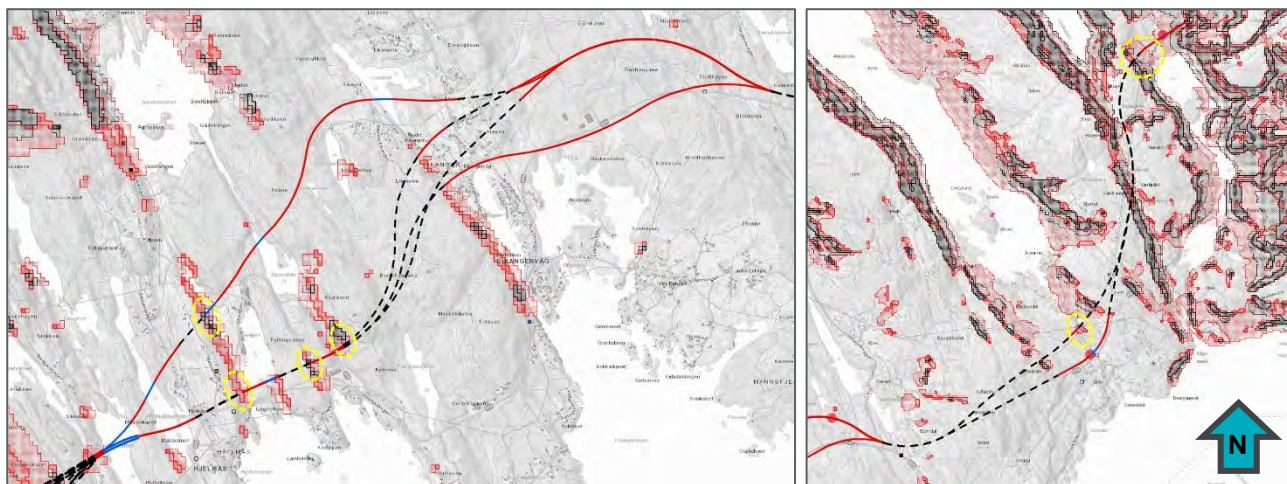
NVE sine landsdekkende aktsomhetskart for skred viser potensielle fareområder for skred. Disse kan ha ulik detaljeringsgrad og faregraden er ikke tallfestet.

Aktsomhetskart for steinsprang, snøskred og jord- og flomskred er utarbeidet ved hjelp av datamodeller, som ut fra terrengdata gjenkjenner områder som teoretisk kan være utsatt for disse skredtypene. Det er ikke utført befaring ved utarbeidelse av kartene, og effekten av lokale faktorer (lokale terrengformasjoner, skog o.l.) er ikke vurdert. Oppløsningen på terrengmodellen som danner grunnlaget for kartene er relativt grove, og dette fører til at ikke alle løsnemråder og potensielle fareområder nødvendigvis blir fanget opp av kartene.

Aktsomhetskart for området er vist i Figur 6 og Figur 7.



Figur 6: Aktsomhetskart for skred sett opp mot alternative linjer. Ny veg som ligger innenfor aktsomhetskartet for skred er markert med gul stiple innrømming. Delområde Flatøy til venstre og delområde Vest til høyre.

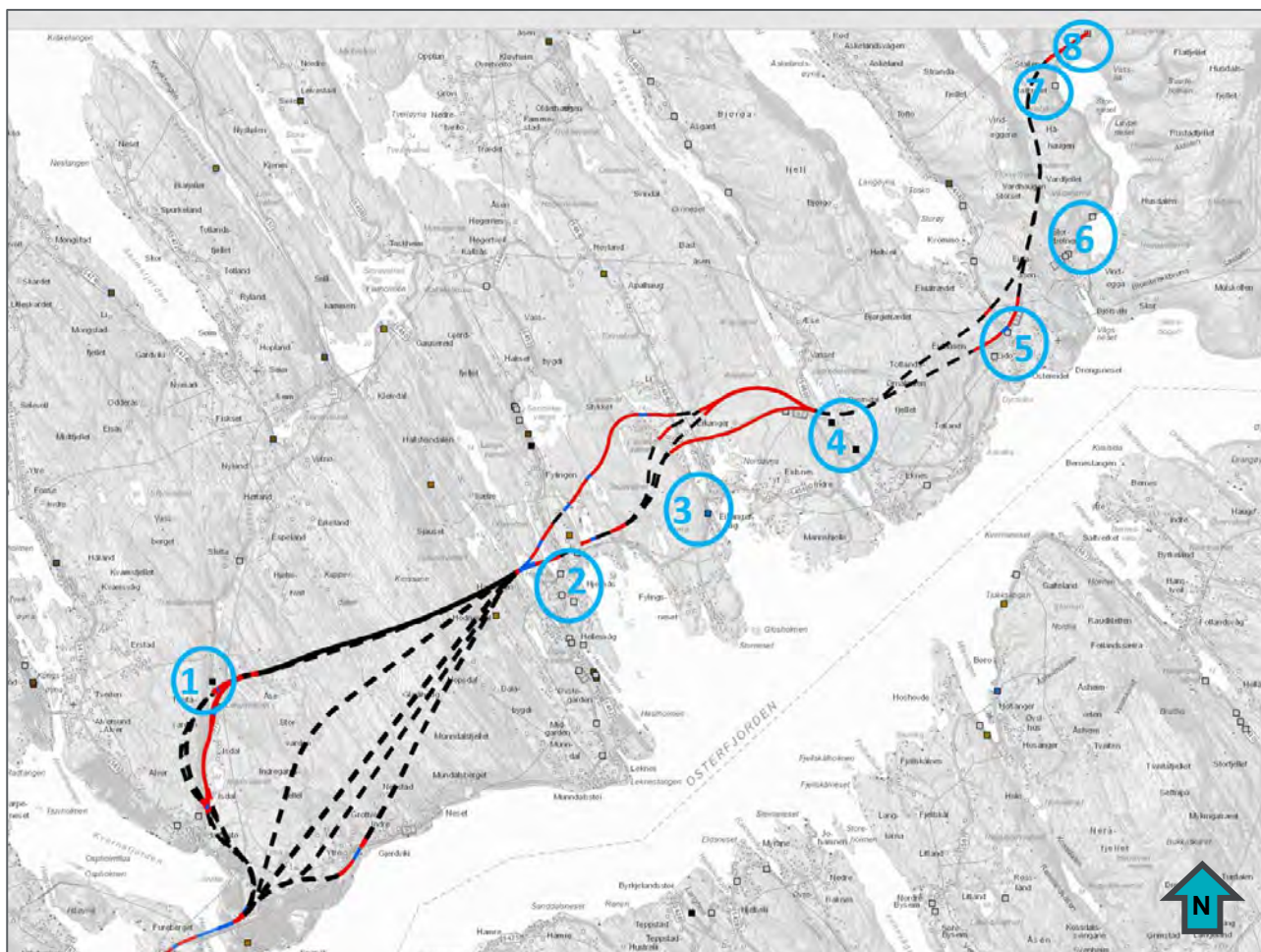


Figur 7: Aktsomhetskart for skred sett opp mot alternative linjer. Ny veg som ligger innenfor aktsomhetskartet for skred er markert med gul stiple innrømming. Delområde Midt til venstre og delområde Aust til høyre.

2.6.3 Registrerte hendelser

Det er registrert skredhendelser i planområdet. Oversiktskart som viser registreringer i nærheten av vegprosjektet, er vist i Figur 8. Hendelser relevante for vegalternativer er markert med turkis sirkel og nummerering henviser til nærmere beskrivelse av hendelsene i punktliste under. Alle skredhendelser knyttet til dagens E39 på strekningen er knyttet til lokale nedfall fra bergskjæringer og går på den måten ikke inn under kategorien skred fra naturlig terreng.

1. Hendelser ved Åse: Steinsprang fra vegskjæring i 2011 og 2018.
2. Hendelse ved Hjelmås: Steinsprang fra vegskjæring i 2005 og 2007, jord/løsmasse fra vegskjæring i 2004.
3. Hendelse ved Eikanger: Isnedfall fra vegskjæring i 2002.
4. Hendelse ved Indre Eidsnes: Bergskjæring med behov for geologisk vurdering angitt 2019.
5. Hendelse ved Gjelsvik: Steinsprang fra vegskjæring i 2003.
6. Hendelse ved Bjørsvik: Steinsprang fra vegskjæring i 2004 og 2018.
7. Hendelse ved Husdalsvatnet: Steinsprang fra vegskjæring i 2016.
8. Hendelse ved Eikefettunnelen: Steinsprang fra tunnelmunning (0-50 m) i 2005.



Figur 8: Temadata fra NVE som viser skredhendelser i området. Hendelser nærliggende vegtraseene er nummerert og beskrevet.

2.7 Hydrogeologi

Berggrunnen i prosjektområdet domineres av gneiser og dypbergarter. Ifølge NGU, 2010¹ som angir hydrauliske egenskaper i ulike bergarter basert på statistisk vanngiverevne i borehull, regnes de aktuelle bergartene til å ha noe over middels høy vanngiverevne. Krystalline bergarter har ingen primær porøsitet, og vannstrømning i denne typen bergarter foregår via sprekker og kanaler i bruddsoner i berggrunnen. Topografien i prosjektområdet er preget av NNV-SSØ gående dalførere og forsenkninger, lineamenter. Disse terrengformene, som sammenfaller med strøkretningen for bergartsgrenser og forkastninger i berggrunnskartet fra NGU, representerer antagelig brudd- og svakhetssoner i berggrunnen der det er størst mulighet for grunnvannsstrømning. De ulike tunnelalternativene som er vurdert går i hovedsak i SV-NØ retning, altså på tvers av brudd- og svakhetssonene i prosjektområdet. Det vil si at tunnelene vil drives relativt hurtig gjennom disse sonene, og at brudd- og svakhetssonene ikke vil eksponeres over lengre avstander i tunnelene.

Ifølge registreringer i grunnvannsdatabasen finnes det en rekke vannforsynings- og energibrønner i berg i nærheten av de ulike tunnelalternativene. Hovedandelen av disse brønnene finnes i delområde Vest, men det finnes også enkelte brønner i delområde Midt og Aust. Der det er registrert stabil grunnvannstand etter boring ligger denne mellom 1 og 20 meter under terreng.

Løsmassemektheten i prosjektområdet er generelt beskjedent. Med unntak av myrområder forventes det begrenset med grunnvann i løsmasser. Det finnes ingen registreringer av løsmassebrønner nær de ulike tunnelalternativene i grunnvannsdatabasen.

Det er ikke funnet registreringer av sårbare naturtyper eller rødlistede arter som antas å være avhengig av høyt grunnvannsnivå i nærheten av de vurderte tunnelalternativene.

Myrområder, vann og bekker som er betinget av høyt grunnvannsnivå i underliggende berggrunn, kan være sensitive for uttørking ved drenering til tunnelanlegg som kan føre til en varig endring i naturmiljøet. Det antas at myrområder og vannforekomster med små nedbørsfelt er mer sensitive med hensyn til drenering enn myrområder og vann med store nedbørsfelt. Vannene innenfor prosjektområdet har i hovedsak relativt små nedbørsfelt som gjør at de til en viss grad bør regnes som sensitive for endringer i grunnvannsforhold. Midlere årsnedbør i prosjektområdet er imidlertid høy, mellom 2200 og 2300 mm. Kombinert med relativt bratte nedbørsfelt med liten løsmasseoverdekning gir dette stor overflateavrenning inn mot vannforekomstene. Dette gjør i sin tur vannforekomstene mindre sensitive for endringer i grunnvannsforhold. For myrområder er det vesentlig å vurdere om disse er betinget av grunnvann, eller av nedbør. Ut ifra form og topografisk beliggenhet antas det at hovedandelen av myrene i prosjektområdet er nedbørsbetinget, og at de derfor i begrenset grad er sensitive for endringer i grunnvannsforhold.

¹ NGU (2010), Gundersen og de Beer, «Statistikk vanngiverevne i forskjellige bergarter». ForForUT deloppgave 3. Statusrapport 2009

3 Beskrivelse av alternativer og ingeniør- og hydrogeologiske vurderinger (tolkningskapittel)

3.1 Delområde Flatøy

Over Flatøy foreligger det én vegkorridor. Vegtraseen går i hovedsak langs eksisterende vegtrasé, men med kurvatur tilpasset nye Hagelsundbrua, se Figur 9. Eksisterende veg går stedvis i bergskjæringer i dagen og løsmasseskråninger. Bergskjæringer er vist i Figur 9. Terrenget på Flatøy er lett kupert og sideterrenget til eksisterende E39 har små høydeforskjeller.



Figur 9: Flyfoto med vegkorridor for delområde Flatøy. Partier med bergskjæring langs eksisterende veg er markert med gul sirkel.

3.1.1 Bergmasse og stabilitet

Bergmassen på Flatøy veksler mellom gneis (amfibolrik til amfibolitt) i sør og anortositt i veksling med gabbro i nord, se ingeniørgeologisk tegning V001. Forskjellen i bergarter er observert ved at det er gneis i den søndre bergskjæringen langs eksisterende E39 og anortositt i bergskjæringen mot Hagelsundbrua. Ved brufestene til Hagelsund bru er det observert overgang til gabbro. Foto av bergskjæringen mot Hagelsundbrua er vist i Figur 10.

Bergskjæring planlegges utført med helning 10:1.

Bergmassen i området fremstår med varierende kvalitet med veksling mellom massiv bergmasse og partier med tettere oppsprekking. I overgangen til bergartsgrensen mellom gneis og anortositt følger den

gjennomsettende oppsprekningen orienteringen NV-SØ, som bergartskartet og de markerte lineamentene i området. Bergskjæringene forventes å kunne sikres med konvensjonell sikring i form av bolter og eventuelt steinsprangnett.



Figur 10: Bergskjæring ved Hagelsundbrua.

3.1.2 Hagelsundbrua

3.1.2.1 Flatøy-siden:

I området for brufundament for Hagelsundbrua går det i henhold til NGU sitt berggrunnskart en bergartsgrense mellom anortositt og gabbro. Fundamentet skal i henhold til kartet ligge i gabbro på Flatøy-siden. Eksisterende fundament for Hagelsundbrua skal være i samme bergart, se Figur 11 som viser bilde av fundamentet. Bergartsgrensen er observert i bergskjæringen ved brua. Det er ikke utført detaljert kartlegging ved fundamentplasseringen, da terrenget er vegetasjonsdekt. Men det er utført enkelte målinger fra bergskjæring i gabbroen hvor det mest markerte sprekkesettet har gunstig orientering i forhold til fundamentet (NØ-SV, altså omtrent normalt inn i bergmassen).

Bergartsgrensene i området er i henhold til NGU sitt berggrunnskart tolket å ha fall på 40 grader mot NV. Dette samsvarer med orientering til kartlagt foliasjon i anortositten i Knarvik, mens kartlagt fall er på 60 grader. Gabbro er i de fleste tilfeller en sterk bergart og bergartskvaliteten er ventet å være tilsvarende som anortositten selv om den ikke er observert direkte. Utfordringene med plasseringen slik som den ligger i dag vurderes ikke å være de bergtekniske forholdene, men topografien som medfører at det blir høye bergskjæring i bakkant av fundamentet. Det kan også her bli nødvendig å sprengte fundamentet lengre ned i terrenget for å få en større avstand til bergkant i fremkant av fundamentet, men slike forhold må vurderes under detaljprosjektering i neste planfase.



Figur 11: Foto av området ved eksisterende fundament for Hagelsundbrua på Flatøy-siden.

3.1.2.2 Knarvik-siden:

Berggrunnen består av anortositt. Kartlegging i felt viser at bergmassen er kompetent og storblokkig, se Figur 12. Kartlagt RQD-verdi er høy (95), som betyr liten grad av oppsprekking. Bergmassens foliasjonsoppsprekking er kartlagt med fall på 60 grader mot NV, som er inn i bergskjæring/bergmassen der hvor fundamentet skal plasseres. Dette er det mest gjennomsettende sprekkesettet. Det er også registrert et sprekkesett med fall ut mot søkket, med fall på 55-85 grader mot SV, som er noe ugunstig. Men med høy kompetanse i bergmassen vurderes dette å være håndterbart. Ved behov vil det også være mulig å sprengte seg lengre ned i bergmassen i området for å oppnå en større bergflate og mindre høydeforskjell i søkket.



Figur 12: Bergmassen ved område for nytt brufundament for Hagelsundbrua på Knarvik-siden.

3.1.3 Veg i dagen

3.1.3.1 Bergskjæringer

Det er bergskjæringer langs eksisterende E39. Eksisterende bergskjæringer har i hovedsak høyde mindre enn 10 meter. Det blir to partier med til sammen ca. 80 meter med bergskjæring høyere enn 10 meter. Største høyde er på ca. 13 meter. Bergskjæringerne vil bli en utvidelse av eksisterende bergskjæringer langs strekningen og det blir sprenging inn mot eksisterende E39. Anleggsteknisk gjennomføring av dette må vurderes opp imot stenging av E39 under sprenging.

Eksisterende bergskjæringer langs strekningen er sikret konvensjonelt med bolter, som i hovedsak fremgår å være blokkbolting. Det er også en strekning hvor bergmassen er tettere oppsprukket hvor bergskjæring er sikret med steinsprangnett.

3.1.3.2 Skredfare

Området ligger ikke innenfor aktsomhetskartene for skred, og det er ikke sidebratt naturlig terreng i tilknytning til ny E39. Det vurderes derfor ikke som reell skredfare fra sideterreng mot ny vegtrasé.

3.1.4 Hydrogeologiske forhold

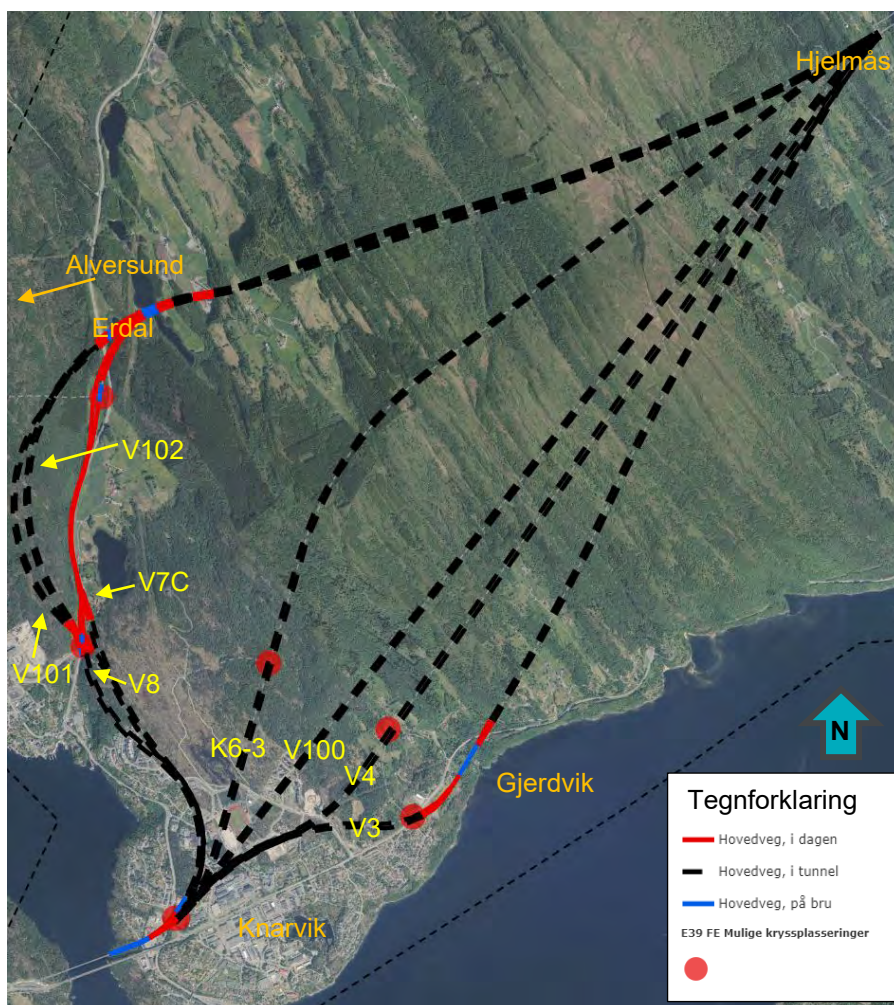
Det er ikke planlagt tunnelanlegg eller nye høye skjæringer som kan forventes å ha negativ effekt på grunnvannsforhold i dette delområdet. Det er derfor ikke foretatt ytterligere hydrogeologiske vurderinger.

3.2 Delområde Vest

I delområde Vest foreligger det åtte alternativer for vegtrasé mellom Knarvik og Hjelmås, se Figur 13. Felles for alternativene er at de har samme startpunkt og påhuggsområde i Knarvik sentrum og påhuggsområde ved Hjelmås. Alle alternativene har lange tunneler, og med basis i ÅDT planlegges det toløpstunnel (2xT9,5).

Alternativ V3, V4, V100 og K6-3 er traseer som krysser med tunnel under Knarvik sentrum og går i en direkte linje til Hjelmås. Her skiller alternativ V3 seg fra de andre ved at den har en kortere tunnel som kommer ut med påhugg øst for Knarvik sentrum og har en kort dagsone før den går i tunnel gjennom fjellmassivet til Hjelmås. Alternativ V4 planlegges med ramper i tunnelen mot Knarvik øst. K6-3 planlegges med vekslingsstrekning og ramper i berg mot vest for avkjøring til Isdal.

Alternativ V7C, V8, V101 og V102 går via Isdal og til Åse før de går gjennom fjellmassivet til Hjelmås. Alternativ V7C og V8 har ulike påhuggsplasseringer ved Isdal, da alternativ V7C legger opp til påkobling mot Alversund i tunnel, mens det i alternativ V8 blir rundkjøring ved dagens kobling til Alversund. Alternativene går i omtrent samme linje for veg i dagen. Alternativ V101 og V102 går i tunnel vest for Isdal. Forskjellen i alternativene er at V101 krever en påkobling i tunnel til Alversund (samme trasé som V7C) og i V102 kobles veg til Alversund på ved eksisterende rundkjøring i Isdal.



Figur 13: Flyfoto med vegalternativ i delområde Vest.

3.2.1 Bergmasse og bergmassekvalitet

Det er kartlagt Q-verdier i Knarvik som i hovedsak ligger mellom 8 og 30. Dette tilsier bergmasseklasse A/B og C. Inntrykket av bergmassen er at den generelt har god kvalitet, men det er stedvis observert tett oppsprukket bergmasse lokalt. Det forventes tettere oppsprukket bergmasse der hvor tunneltraseene krysser lineamenter, svakhetssoner og bergartsgrenser. Mellom Gjerdvik og Hjelmås er det hyppig veksling mellom bergartsgrenser som ventelig vil påvirke bergmassekvaliteten mot en lavere Q-verdi og derav bergmasseklasse.

Det er utarbeidet et grovt anslag på forventet fordeling av bergmasse- og sikringsklasser for området, se Tabell 2. Dette er presentert i tabellform og ikke i geologisk kart på grunn av detaljeringsgrad i kartleggingen på dette plannivået.

Tabell 2: Grovt anslag på forventet fordeling av bergmasse- og sikringsklasser tunnel mellom Knarvik og Hjelmås

Bergmasseklasse					
A/B	C	D	E	F	G
Q-verdi: 10-100 Veldig god/god Sikringsklasse: I	Q-verdi: 4-10 Middels Sikringsklasse: II	Q-verdi: 1-4 Dårlig Sikringsklasse: III	Q-verdi: 0,1-1 Veldig dårlig Sikringsklasse: IV	Q-verdi: 0,01-0,1 Ekstremt dårlig Sikringsklasse: V	Q-verdi: <0,1 Eksepsjonelt dårlig Sikringsklasse: VI
30 %	45 %	21 %	3 %	1 %	0 %

3.2.2 Svakhetssoner

Tunneltraseene krysser lineamenter i terrenget som kan tolkes å være svakhetssoner. Disse er ikke nummerert, men omtales basert på orientering. Det vises til ingeniørgeologiske tegninger (V002-V022) for oversikt over områder hvor traseene krysser søkk og lineamenter. De mest markerte lineamentene krysses mellom Gjerdvik og Hjelmås og er i stor grad knyttet til bergartsgrenser eller strukturer som følger orienteringen til bergartsgrensene. Det foreligger profil fra NGU i området som viser en tolkning av fall på bergartsgrensene, ca. 55-60 grader mot NØ, og det vurderes som trolig at sonene følger fallvinkelen til bergartsgrensene. Langs bergartsgrenser og svakhetssoner kan det oppstå partier med tettere oppsprukket bergmasse. Hvorvidt sonene har stort omfang ved tunnelnivå er ukjent.

I tunnelen under Knarvik sentrum er det lavere bergoverdekning. Dette betyr at bergmassen i større grad vil kunne være påvirket av dagbergsonen. Typisk for dagberg nær bergmasse i gneis i området er at det kan forekomme leire langs sprekkeplan.

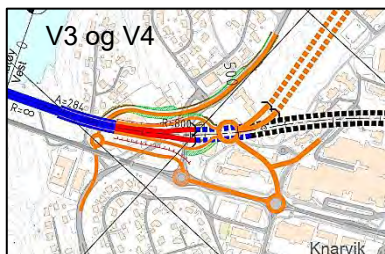
Tunnelalternativer som går i direkte linje mellom Knarvik og Hjelmås (alt. V3, V4 og V100) krysser i stor grad normalt på de mest markerte lineamentene. Dette er fordelaktig da omfang av svakhetssoner ved tunnelnivå da blir mindre.

Tunnelalternativ V7C og V8 som går med tunnel mot Isdal vil gå omtrent parallelt med lineamentene i området. Dette betyr at tunnelen kan være påvirket av sonene over en lengre strekning. Dette vil også gjelde for tunnelene for alternativ V101 og V102 mellom Isdal og Åse. Tunnel fra Åse mot Hjelmås for disse alternativene vil i stor grad krysse normalt på lineamentene.

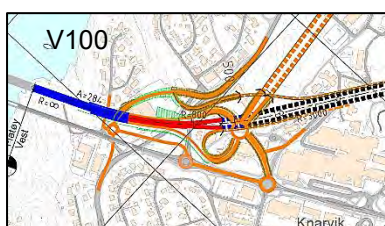
3.2.3 Påhugg

Beskrivelsen gjelder påhugg og bergoverdekning for hovedtunnel langs E39.

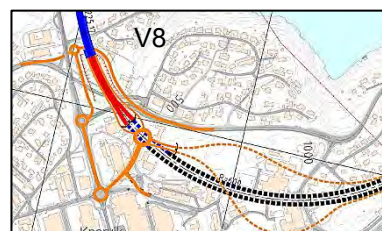
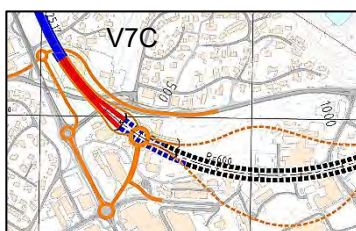
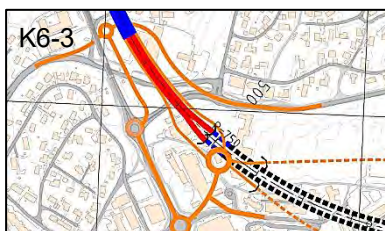
3.2.3.1 Knarvik – alle alternativer



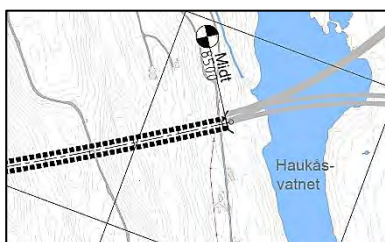
Påhugg Knarvik etableres så snart det er tilstrekkelig bergoverdekning etter Hagelsundbrua. Veglinjen går på maksimal synk på 5 % fra Hagelsundbrua for å dykke inn under bergmassen i Knarvik for alle alternativer. Det er kartlagt bergmasse i dagen i området. For å minimere inngrepet i området og lengde på betongportal må det vurderes om det kan være aktuelt med lavere bergoverdekning enn 5 meter ved påhuggene for å kunne etablere bergtunnel tidligere. Det kan da bli nødvendig med tyngre bergsikring (forbolting og sprøytebetongbuer) grunnet mindre innspenning i bergmassen. Det planlegges rundkjøring og ramper oppå portalen. I den forbindelse vil det bli kortere avstand ned til tunnel enn dagens terrengoverdekning. Det kan derfor bli aktuelt med lange portaler/konstruksjoner før det oppnås tilstrekkelig bergoverdekning. Dette vil også medføre høye bergskjæringer i forskjæring.



Påhugg som vist plassert ved innkomst til Knarvik vurderes som gjennomførbare, men detaljerte plasseringer må vurderes i neste planfase.

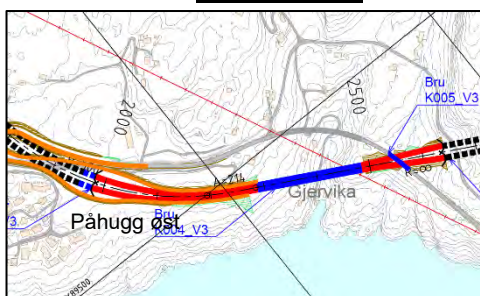


3.2.3.2 Hjelmås – alle alternativer



Påhugg ved Hjelmås er planlagt etablert øst for lokalveg i området. Det er terrengoverdekning på 5 meter der hvor tunnelen krysser under lokalvegen. Det er utført totalsonderboring ved vegen (punkt 2003), som viser en lokal løsmassemekthet på 8,6 meter. 30 meter mot sør er det boret 2,9 meter ned til bergoverflaten. Påhugget ligger innenfor aktsomhetskartet for snøskred. Området er preget av mildt kystklima og det vil trolig være lav sannsynlighet for snøskredfare. Det er ikke registrert skredhendelser i dette området fra tidligere. Skredsannsynlighet må tallfestes i neste planfase. Det vurderes å være gjennomførbart å etablere påhugg i dette området, men den må trolig etableres vest for lokalvegen, som også betyr lengre strekning med forskjæring.

3.2.3.3 Alternativ V3



Påhugg øst: Det oppnås 5 meter terrengoverdekning ved ca. profilnummer 1955. Resultater ved utført totalsondering ved ca. profil 2000 (punkt 1031) viser en løsmassemekthet på 1,6 meter over berg. Påhugget går skrått inn i terrenget og siden det er toløps tunnel kan det bli aktuelt å etablere påhugg på ulike profilnummer. Det vurderes som gjennomførbart å etablere påhugg i dette området, men det kan bli nødvendig å trekke påhuggsplasseringen mot vest med hensyn til bergoverdekning.

Terrengoverdekning over første strekning etter påhugget er lav, og det må forventes lav innspenning i bergmassen i første strekning av tunnelen mot vest.

Påhugg Gjerdvik: 5 meter terrengoverdekning oppnås ved profil 2655. Her er det registret berg i dagen ved påhuggsplasseringen og over. Det går en lokalveg over påhugget. Påhuggsplasseringen vurderes som gjennomførbar. Påhugget i Gjerdvik ligger innenfor aktsomhetsområdet for snøskred, steinsprang og jord- og flomskred. Det er kartlagt at det er berg i terrenget over påhuggsområdet. Bergoverflaten er dekket av mose. Terrenget er bratt (opp mot 60-90 grader). Det er registrert avløste blokker i terrenget og faren for steinsprang mot påhugg er reell. Området er preget av mildt kystklima og det vil trolig være lav sannsynlighet for snøskredfare. Det er ikke registrert skredhendelser i dette området fra tidligere. Skredsannsynlighet må tallfestes i neste planfase.

3.2.3.4 Alternativ V4



Det planlegges etablering av ramper i berg for alternativ V4 med utkomst i påhugg ved Gjerdvik. Det er kartlagt berg i området rett sørøst for påhugget. Bergmassen kartlagt i dette området er påvirket av overflateforvitring. Påhuggsplassering vurderes å være gjennomførbar.

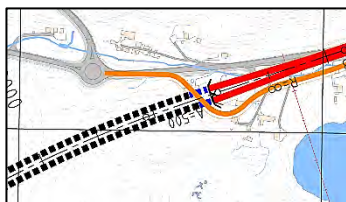
3.2.3.5 Alternativ K6-3



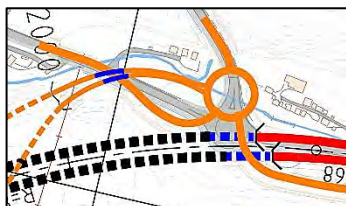
Alternativet har påhugg for E39 i Knarvik og Hjelmås, men fordrer etablering av avkjøringsramper i tunnel mot påhugg i Isdal. Det er registrert bergblotninger i området. Påhugget går skrått inn i terrenget og det vil kunne bli lange og høye forskjæringer i forkant av etablering av påhugget. Påhugget vil også etableres tett inn mot eksisterende veg og infrastruktur i området. Påhuggene vurderes som gjennomførbare.

3.2.3.6 Alternativ V7C og V8

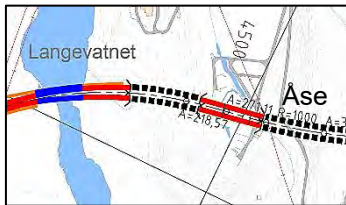
Langs strekningen for V7C og V8 er det flere påhugg. Nedenfor beskrives de i rekkefølge etter stigende profilering. Påhuggsplasseringene er ulike i Isdal, men tilnærmet lik ved Åse.



Påhugg Isdal V7C: Det er ikke registrert bergblotninger i påhuggsområdet, men det er bergskjæringer i rundkjøring i kryss mellom Isdal og Alversund. Disse bergskjæringerne følger terrenget hvor påhuggene er planlagt etablert og det vurderes derfor å være tynt løsmassedekke i dette området. Påhuggene vurderes som gjennomførbar.



Påhugg Isdal V8: Påhuggsområdet ligger i bergskjæringer i rundkjøring i kryss mellom Isdal og Alversund. Påhugget går skrått inn i terrenget og må etableres ved ulike profilnummer. Det blir sprengning tett inn mot eksisterende veg. Denne må legges om, men det er begrenset med plass i området. Påhuggsplasseringen vurderes som gjennomførbart.

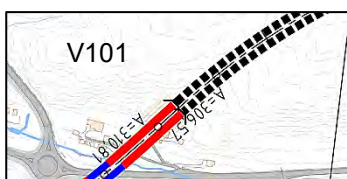


Påhugg kort tunnel: Det planlegges en kort tunnel gjennom en terrenghaug mellom Langavatnet og Åse. Det er ikke registrert bergblotninger i området, men basert på strukturene i området og orienteringen til terrengformasjoner kan det tolkes at dette er en berghaug. Påhugg må etableres når det oppnås tilstrekkelig bergoverdekning.

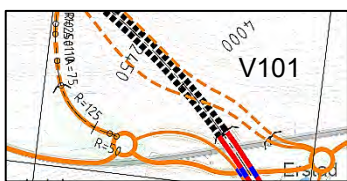
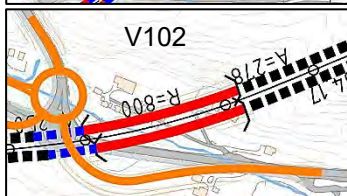
Påhugg Åse: Det er registrert bergblotninger i øvre del av lia, over lokalveg til indre del av Åse, der hvor påhugget er planlagt. Terrenget er sidebratt og ligger innenfor aktsomhetskartet for snøskred og steinsprang. Det er ingen tegn i terrenget etter at dette er et område hvor det hyppig går snøskred, men sideterrenget er bratt og det kan forekomme mindre utglidninger av snø. Området er preget av mildt kystklima og det vil trolig være lav sannsynlighet for snøskredfare. Det er observert løse steinblokker i terrenget og faren for steinsprang mot påhugget vurderes som reell, men høydeforskjell på terreng er begrenset og eventuelt blokker kan renskes ned. Skredsannsynlighet må tallfestes i neste planfase.

3.2.3.7 Alternativ V101 og V102

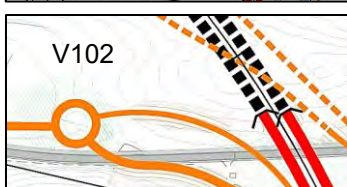
Påhugg for tunnel fra Knarvik, og påhugg for tunnel etter kryssing av Langavatnet og ved Åse er tilsvarende som for alternativ V7C og V8. Beskrivelsen er knyttet til tunnel og påhugg mellom Isdal og Langavatnet.



Påhugg Isdal: Området er observert på avstand i forbindelse med kartlegging for påhuggsplassering ved avkjøring mellom fv. 565 og fv. 57 (mellom Isdal og Alversund). Det er kartlagt berg i området og det er lite løsmasser der terrenget blir bratt. Det vurderes som gjennomførbart å etablere et påhugg i dette området.



Påhugg Erstad: Det er bergblotninger/bergskjæringer langs eksisterende fv. 57. Det kan derfor forventes et skrint løsmassedekke og mulighet for etablering av bergpåhugg i dette området. Det går et markert søkk ca. 100 meter før påhuggsområdet. Terrengoverdekning over senterlinje tunnel er over 5 meter, men da det ikke er utført kartlegging er løsmassemektighet i søkket ukjent. Påhugg må eventuelt flyttes inn ved manglende bergoverdekning i søkk.



3.2.4 **Bergoverdekning**

Tunneler som går under Knarvik sentrum har lav terrengoverdekning, maksimum 50 meter for alle alternativene, med lavere terrengoverdekning der hvor tunnelene krysser under lineamenter i terrenget. Det er kartlagt bergblotninger over store deler av Knarvik sentrum, og der det er utført totalsonderinger viser resultatene løsmassemektighet mellom 1 til 4 meter (ingeniørgeologisk tegning V002-V022). Det er i hovedsak i søkk at det ikke er observert blottlagt bergmasse. Basert på utførte grunnundersøkelser tolkes det at løsmasser i smale søkk har begrenset mektighet. Det tolkes at terrengoverdekning i stor grad også er bergoverdekning for tunnel som krysser under Knarvik.

Mellom Knarvik øst og Hjelmås går tunnelene (alt. V3, V4, V100 og K6-3) inn under et større fjellparti. Her har alle tunnelalternativene god terrengoverdekning, opp mot 350 meter. Det samme gjelder for tunnel mellom Åse og Hjelmås (alt. V7C, V8, V101 og V102), hvor tunnelene har terrengoverdekning opp mot 275 meter, og ved kryssing under søkk er terrengoverdekning større enn 45 meter.

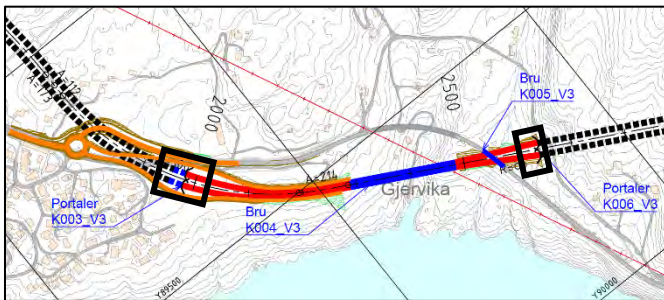
3.2.5 **Veg i dagen**

3.2.5.1 Høye bergskjæringer

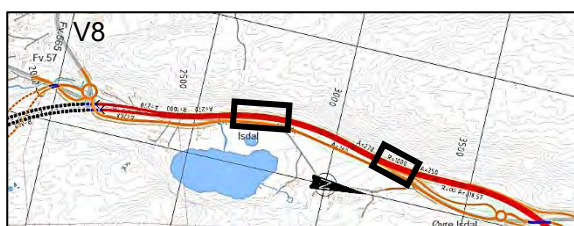
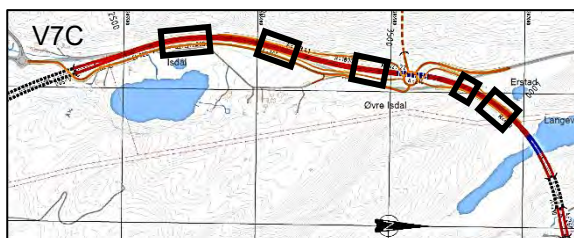
Vurderingene i dette kapitlet er knyttet til bergskjæringer for hovedvegen langs E39. Det blir også høye bergskjæringer i forbindelse med forskjæring til alle tunnelene og avkjøringer og ramper fra hovedvegen, som ikke omtales i denne beskrivelsen.

Det vil være alternativ V3, V7C og V8 (V101/V102) som vil ha strekninger med veg i dagen. Beskrivelse gitt under:

V3: Det planlegges for veg i dagen langs en streking på ca. 1650 meter mellom påhugg for tunnel under

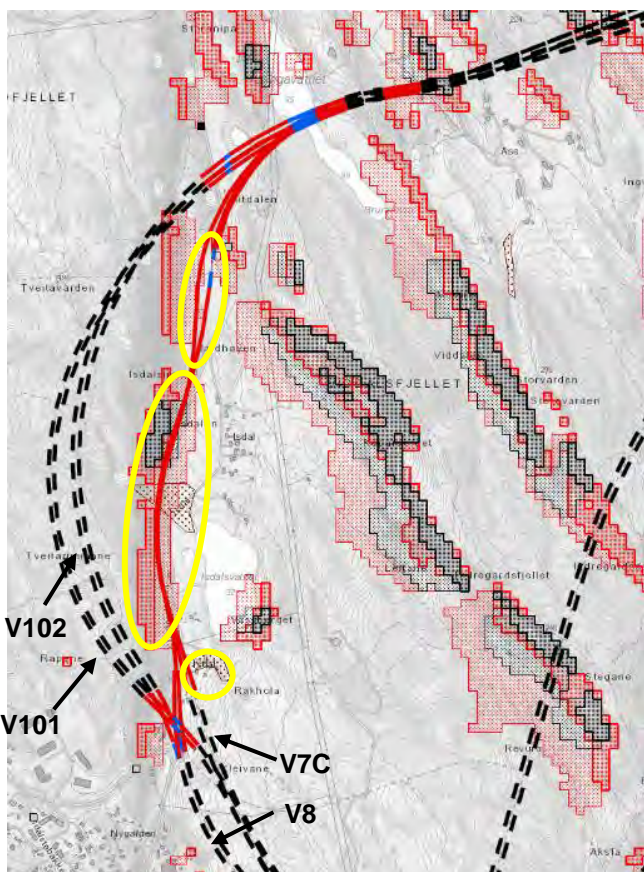


Knarvik sentrum og tunnelpåhugg ved Gjørdvik. Det vil bli høye bergskjæringer inn mot begge påhuggsområdene. Total lengde med bergskjæring høyde >10 meter er ca. 140 meter. Sprekkeregistreringer i området viser sprekkorientering som går omtrent parallelt med orientering til fremtidige bergskjæringer her, med slakt fall mot nordvest (N212°/32°NV), mens foliasjonsoppsprekking står omtrent normalt inn i bergskjæringene (N312°).



V7C og V8: Alternativ V7C har ca. 440 meter bergskjæring med høyde >10 meter, mens alternativ V8 har ca. 220 meter med bergskjæring høyde >10 meter. Dette er ekskludert lengde på forskjæringer som er omtrentlig lik for begge alternativene. Vegtraseene til disse to alternativene går langs samme strekning, men linjen for alternativ V7C går noe lengre mot vest og skjærer dermed tyngre inn i sideterrenget langs en stor del av strekningen. I alternativ V7C strekker sørgående rampe/akselerasjonsfelt seg betydelig lenger sør enn i V8, på grunn av lokk over E39 ved tunnelkobling til Alversund. Dette gir tyngre inngrep i sideterrenget i V7C sammenlignet med alternativ V8. Geologisk sett er det lite som ellers skiller alternativene, men det vil trolig fra et bergteknisk perspektiv være mer krevende å etablere,

sikre og vedlikeholde strekningen langs alternativ V7C på grunn av omfanget av bergskjæringer.



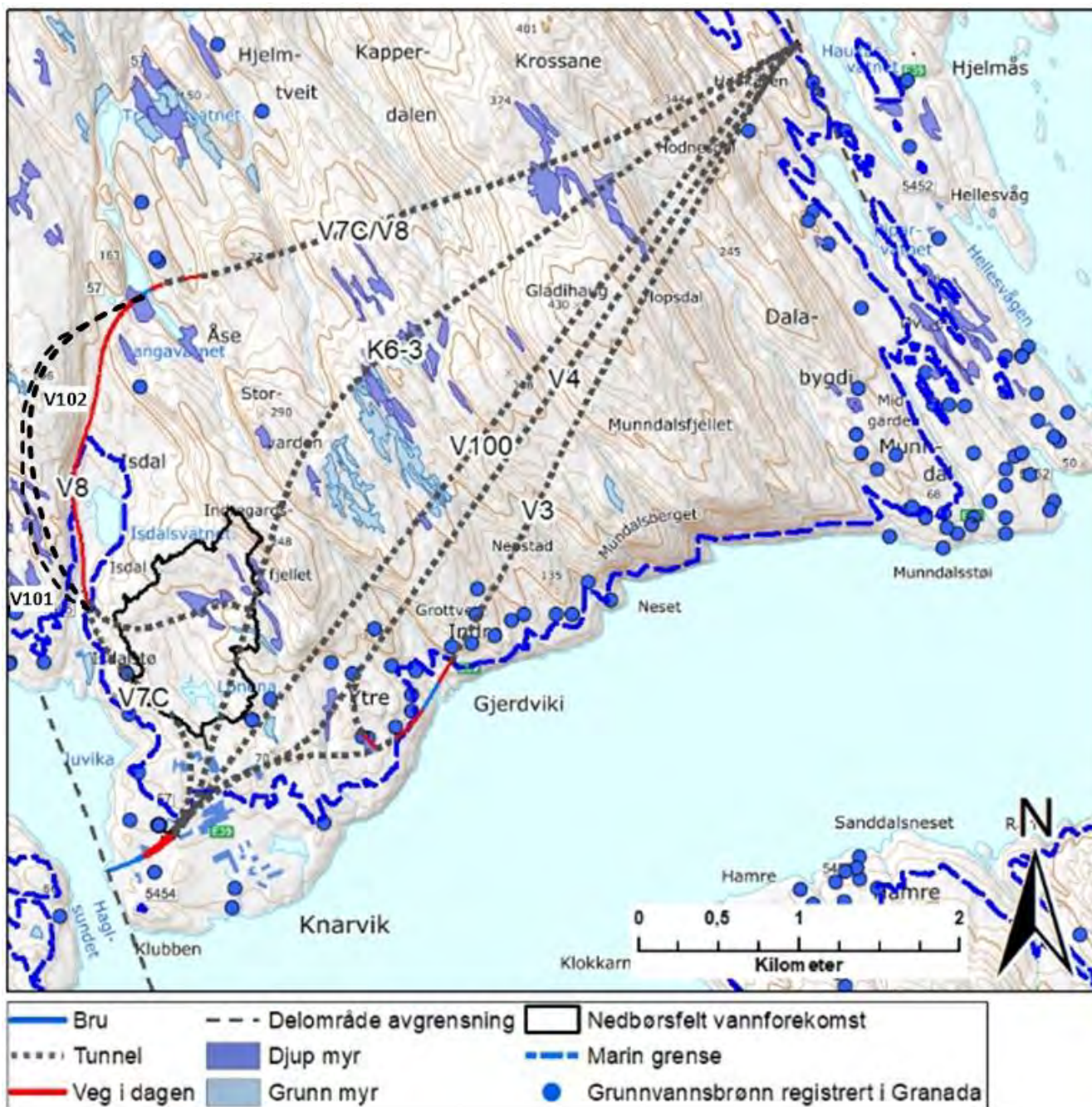
3.2.5.2 Skredfare

Aksomhetskart for skred, hvor traseene ligger innenfor aktsomhetsområde, er vist i figur til venstre. Skredfare for påhugg som ligger i sidebratt terreng er omtalt under beskrivelse av påhuggene.

Alternativ V7C og V8: Veg i dagen på vestsiden av Isdal ligger inn mot sidebratt terreng. Stor del av traseen i dagen ligger innenfor aktsomhetskartet for snøskred. Sideterrenget er dekket av tett skog og har begrenset høyde og omfang. Området er preget av mildt kystklima og det vil trolig være lav sannsynlighet for snøskred her. Det er registrert to skredhendelser for eksisterende vegstrekning i området. Hendelsene er knyttet til steinsprang fra bergskjæring i tilknytning til vegen. Jord- og flomskredfare og faren for steinsprang må kartlegges og tallfestes i detalj i neste planfase.

3.2.6 Hydrogeologiske forhold

De vurderte valgalternativene i delområde Vest er vist i kart i Figur 14 sammen med de aktuelle nedbørsfeltene til aktuelle vann, marin grense, grunnvannsbrønner registrert i grunnvannsdata-basen (Granada) og myrområder.



Figur 14: Viser vegtraseene sammen med myrer, grunnvannsbrønner, marin grense og nedbørsfelt til vann omtalt i vurderingene.

3.2.6.1 Fare for setninger

De vestlige tunnelpåslagene for alle tunnelalternativene ligger så vidt lavere i terrenget enn marin grense, og det kan finnes marin leire i dette området. Løsmassedekket i området er imidlertid begrenset. Det forventes derfor ikke at massene er setningsømfintlige, og det forventes at bygninger som ligger nær aktuelle tunneler er fundamentert på berg.

3.2.6.2 Grunnvannsuttak

Det finnes en rekke grunnvanns- og energibrønner i berg i delområdet. Hovedandelen av brønnene ligger i den vestlige delen av delområdet, ved Knarvik og Ytre- og Indre Gjerviki. Det finnes kun én enkelt grunnvannsbrønn nær tunnelalternativene i den østlige enden, ved Hjelmsås. Spesielt alternativ V3, og til dels V4 har tunnel som går nært under områder der det finnes relativt stor tetthet av grunnvannsbrønner. Enkelte av brønnene nær disse alternativene er boret til dyp som antagelig går dypere enn tunnelene. Grunnvannsbrønner som ligger nær tunnelene kan påvirkes negativt, i form av redusert vanngiverevne og/eller vannkvalitet.

3.2.6.3 Sårbarhet til naturområder

Det er ikke funnet registreringer av rødlistede arter eller utvalgte naturtyper som er spesielt sårbare for endringer i grunnvannsforhold innenfor delområdet.

Vannet Lonena med omliggende myr/ våtmarksområder ligger rett nord for Knarvik. Tunnelen i alternativ K6-3 krysser under den sørlige delen av Lonena, mens tunneler i alternativ V7C og V8 krysser under den sørvestlige delen av nedbørsfeltet til Lonena. Lonena har et relativt lite nedbørsfelt (ca. 0,8 km²). Ut ifra størrelsen på nedbørsfeltet bør Lonena vurderes som noe sårbart for uttørking/ gjengroing dersom det oppstår lekkasjer til underliggende tunnel. Vannet har imidlertid et relativt bratt nedbørsfelt med liten løsmasseoverdekning. Kombinert med høy årsnedbør gir dette antagelig relativt stor direkte avrenning til vannforekomsten som vil redusere sårbarheten for endringer i grunnvannsforhold.

I øvrige deler av delområdet finnes det en rekke mindre myrområder. Samtlige tunnelalternativer vil krysse under områder med myr. Myrområdene ligger i all hovedsak på topografiske høyder, eller i hellinger nær ved topografiske høyder. Ut ifra beliggenheten antas det at de fleste myrene er nedbørsbetonet, og ikke avhengige av grunnvann i berg. Myrområdene i delområde Vest anses derfor som lite sårbare i forhold til grunnvannslekkasjer til underliggende tunneler.

I dalsiden mellom Gjerviki og Mundalsstøi finnes det en rekke bekker som renner ned mot Osterfjorden i NV-SØ gående dalsøkk. Tunnelene i alternativ V100, V4 og V3 går under bekkene, eller deres nedbørsfelt. Bekkene har relativt bratte nedbørsfelt, og terrengoverflatene i området er i hovedsak kartlagt som bart berg, eller tynt løsmassedekke som tilsier at bekkene i hovedsak får tilførsel via overflateavrenning. Bekkene anses derfor som lite sårbare i forhold til grunnvannslekkasjer til underliggende tunneler.

3.2.6.4 Områder med økt fare for innlekkasje av grunnvann til tunnel

Vannet Lonena med omliggende myrområder nord-vest for Knarvik, ligger i forbindelse med flere mellomstore NV-SØ gående lineamenter. Tunnel i alternativ K6-3 krysser under sørenden av Lonena om lag ved pel.nr. 1250. Overdekningen her er begrenset, om lag 40 meter, som gir relativt stor mulighet for at det finnes åpne sprekker som når ned til tunnellopet. Dersom man her påtreffer sprekker som korresponderer med Lonena vil vannet utgjøre et reservoar som kan gi betydelig innlekkasje til tunnelen.

Tunneler i alternativ V7C og V8 krysser under den nordvestlige delen av nedbørsfeltet til Lonena, om lag 150 til 200 meter fra selve vannet. Det vil også her være potensiale for innlekkasje av vann via sprekker med

korrespondanse til Lonena. Ettersom grunnvannstrømning oftest følger lengderetningen til brudd-/svakhetssoner antas det at potensialet er mindre her enn for alternativ K6-3.

Generelt antas det at det kan finnes vannførende brudd-/svakhetssoner i forbindelse med NV-SØ gående dalfører/lineamenter. Disse finnes over hele delområdet, og samtlige alternativer krysser under slike soner. Potensialet for innlekkasje/ eventuell størrelse på innlekkasje er muligvis størst for tunnelene i alternativ V100, V4 og V3 som går under dalsiden ned mot Osterfjorden. For disse alternativene vil nedbørsfeltene oppstrøms for der tunnelene krysser under lineamentene være større enn for alternativ V7C, V8 og K6-3 som krysser lineamentene nær topografiske vannskiller. Samtidig kan det antas at vanntrykket for eventuell innlekkasje vil være noe større for alternativene som ligger nær vannskillet.

Ved en gjennomgang av grunnvannsdata-basen er enkelte brønner ved Ytre Gjerdviki og Nepstad som ligger i forbindelse med både bergartsgrenser og lineamenter registrert med relativt stor vanngiverevne. Dette kan bety at dette er soner med høy vannledningsevne. Det skal imidlertid påpekes at registrering av vanngiverevne i grunnvannsdata-basen ikke alltid er konsekvent.

3.2.6.5 Vurdering av alternativer og krav til maksimal innlekkasje

Samtlige alternativer i delområde vest regnes som gjennomførbare i forhold til fare for senkning av grunnvannsnivå med hensyn til setninger, grunnvannsressurser, sårbare naturområder og innlekkasjer til tunnel.

Det antas at det ikke finnes setningsømfintlige masser eller spesielt sårbare naturtyper som gir grunn til å sette strenge krav til maksimal innlekkasje for noen av alternativene. Det anbefales i utgangspunktet at drivingen gjennomføres med behovsprøvd injeksjon basert på resultat fra sonderboringer og observasjoner på stuff. Krav til maksimal innlekkasje foreslås til å ligge i størrelsesorden 25-30 liter/min/100 meter for samtlige alternativer. Det påpekes at man med dette kravet kan risikere endring i naturlig vannbalanse med påfølgende senket grunnvannstand i enkelte områder. Dette vurderes imidlertid som akseptabelt ut fra vurdering av sårbarhet til aktuelle naturområder.

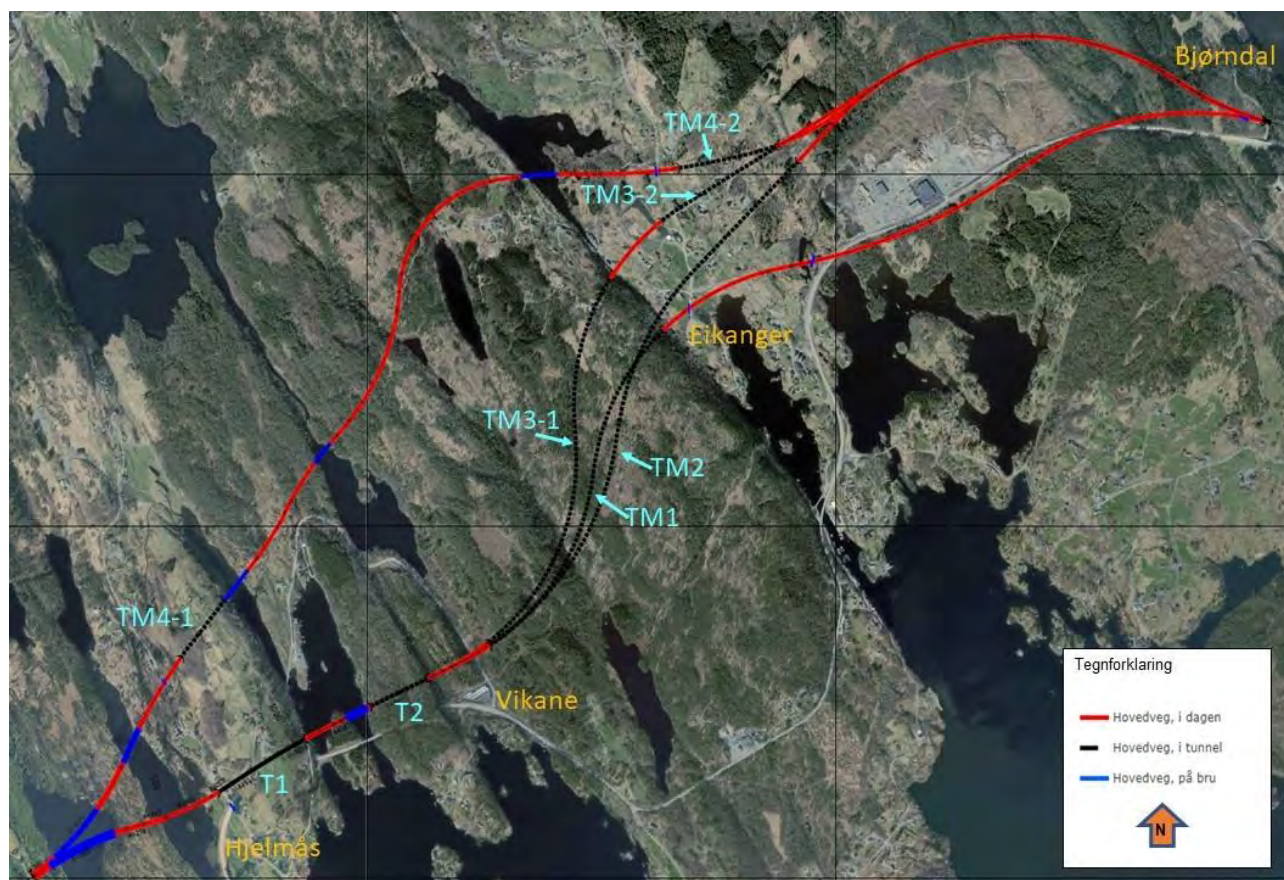
Det finnes en rekke grunnvanns- og energibrønner i delområdet. Enkelte av disse brønnene ligger såpass nærme aktuelle tunneler at det er risiko for at vannføring og/eller vannkvalitet påvirkes negativt under eller etter driving av tunnelen. Vanngiverevne og -kvalitet bør dokumenteres før, under og etter driving. Det må regnes med behov for å kompensere brønneiere ved negativ påvirkning på brønner. Dette gjelder spesielt for alternativ V3, og til en viss grad for alternativ V4, V100, K6-3 og V7C/V8.

Alle tunnelalternativene går gjennom områder med tilsvarende geologi og det forventes liten forskjell i potensialet for innlekkasje av grunnvann til tunnel. Tunnelen krysser under de samme antatt brudd- og svakhetssonene og kryssingene foregår med relativt lik vinkel. Risiko for innlekkasje ved kryssing under vannet Lonena for alternativ K6-3 kan muligvis gi noe høyere innlekkasjer for dette alternativet enn for de andre alternativene.

3.3 Delområde Midt

I delområde midt foreligger det fire alternativer mellom Hjelmås og Bjørndal, se Figur 15. Felles for alle alternativene er startpunkt med påhuggsområde i Hjelmås og avslutning av veglinjen ved Bjørndal. Tunneler frem til Eikanger planlegges med enløpstunnel (T10,5) i alternativ M1-M3, men ettløps tunnel (T12,5) i M4.

Alternativ M1, M2 og M3 har felles strekning frem til Vikane. Påhuggsområde ved Vikane er lik for alle alternativene, men har ulikt utløp i Eikanger. Tunnelene er nummerert i Figur 15 og omtales videre i kapittelet som dette. Alternativ M4 er et alternativ som skiller seg helt fra de andre alternativene og er i stor grad veg i dagen, med to kortere tunneler.



Figur 15: Flyfoto med vegalternativ for delområde Midt.

3.3.1 Bergmasse og bergmassekvalitet

Det er kartlagt Q-verdier ved Hjelmås, Vikane, Eikanger og Bjørndal. Registreringene viser verdier mellom 4 og 27. Dette tilsier bergmasseklasse A/B og C. Dette er i tilgjengelige bergblotninger, og bergmassen her fremgår i hovedsak å være kompetent. Ved Eikanger er det observert at bergmassen har en tettere oppsprekking langs foliasjonsplanene. Bergmassen har ventelig tettere oppsprekking ved Eikanger og i områder hvor tunneltraseene krysser lineamenter, svakhetssoner og bergartsgrenser. I området veksler bergarten mellom anortositt og gneis og det er flere bergartsgrenser i området, se ingeniørgeologisk tegning V023-V030.

Det er utarbeidet et grovt anslag på forventet fordeling av bergmasse- og sikringsklasser for området, se Tabell 3. Dette er presentert i tabellform og ikke i geologisk kart på grunn av detaljeringsgraden i kartleggingen på dette plannivået.

Tabell 3: Grovt anslag på forventet fordeling av bergmasse- og sikringsklasser tunnel mellom Hjelmås og Bjørndal.

Bergmasseklasse					
A/B	C	D	E	F	G
Q-verdi: 10-100 Veldig god/god Sikringsklasse: I	Q-verdi: 4-10 Middels Sikringsklasse: II	Q-verdi: 1-4 Dårlig Sikringsklasse: III	Q-verdi: 0,1-1 Veldig dårlig Sikringsklasse: IV	Q-verdi: 0,01-0,1 Ekstremt dårlig Sikringsklasse: V	Q-verdi: <0,1 Eksepsjonelt dårlig Sikringsklasse: VI
25 %	50%	21 %	3 %	1 %	0 %

3.3.2 Svakhetssoner

Tunneltraseene krysser lineamenter i terrenget som kan tolkes å være svakhetssoner. Sonene er ikke nummerert, men omtales basert på orientering. Det vises til ingeniørgeologiske tegninger (V023-V030) for oversikt over områder hvor traseene krysser søkk og lineamenter.

De mest markerte lineamentene har orientering NV-SØ, som er gjennomgående i hele området. Denne strukturen følger orienteringen til bergartsgrensene i området. I henhold til NGU sitt berggrunnsprofil for området har bergartene her et fall på ca. 52-62 grader mot SV, som er motsatt veg i forhold til fall på bergartsgrenser mellom Knarvik og Hjelmås. Tolkningen av berggrunnen i profilene viser en kompleks geologi bestående av markert folding av bergartene i synklinaler og antiklinaler. Langs bergartsgrensene forventes det tettere oppsprukket bergmasse. Utstrekning og omfang av sonene ved tunnelnivå er ikke kjent.

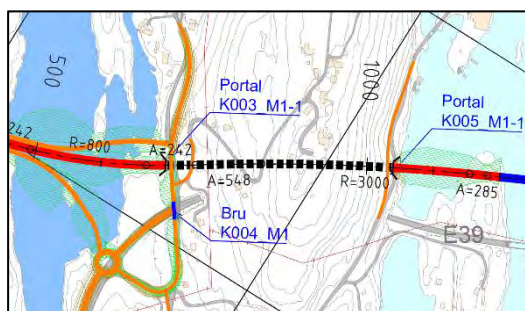
Det går også lineamenter i terrenget som har orientering NØ-SV, og Ø-V. Disse er særlig markert mellom Vikane og Eikanger. Orienteringen til tunnelene mellom Vikane og Eikanger er omtrent lik som sonene. Fallvinkel og retning for lineamentene er ikke kartlagt i felt, men det foreligger sprekkekartlegging fra Eikanger hvor sprekker med lik orientering som lineamentet har fall på 87 grader mot SØ.

Tunnelene som planlegges i dette området vil generelt ha begrenset bergoverdekning. Det innebærer at bergmassen i større grad vil kunne være påvirket av at de ligger nær dagen. Dette betyr spesielt at det kan forkomme leire langs sprekkeplan og at lineamentene har større utstrekning ved tunnelnivå.

3.3.3 Påhugg

3.3.3.1 Tunnel 1

Tunnelalternativet er felles for alternativ M1, M2 og M3.

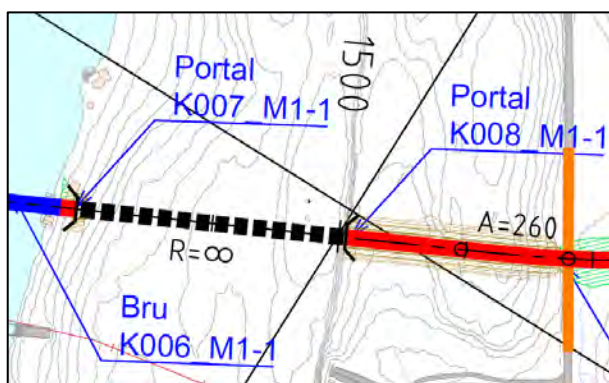


Påhugg vest: Tunnelpåhugget er planlagt etablert i underkant av lokalveg i området. Påhugget ligger omtrent 45 meter nord for forskjæring til eksisterende tunnel på E39, som medfører at det kan bli aktuelt med stenging av eksisterende tunnel ved sprengning. Utført totalsondering rett nord for påhuggsområdet viser 1,0 meter til berg (borepunkt 2008). Bergpåhugget må trolig etableres ved profil 760 for å oppnå bergoverdekning på 5 meter. Påhugget skal etableres normalt på terrenget, som er positivt for raskt å oppnå tilstrekkelig bergoverdekning. Påhugget vurderes som gjennomførbart.

Påhugg øst: Tunnelpåhugget er planlagt etablert 48 meter fra eksisterende tunnel langs E39. Det er bergskjæringer langs hele lokalvegen i dette området, og påhugget skal etableres normalt på terrenget. På denne måten vil det raskt oppnås bergoverdekning på 5 meter, og omfanget av forskjæringer blir minimert. Påhugget ligger innenfor aktsomhetskartet for snøskred. Terreng høyden er begrenset, og klimaet i området er typisk kystklima. Det er ikke registrert hendelser i tilknytning til eksisterende påhugg langs E39. Det vurderes å være liten sannsynlighet for større snøskred med utløp ned til veg ved påhuggsområdet.

3.3.3.2 Tunnel 2

Tunnelalternativet er felles for alternativ M1, M2 og M3.

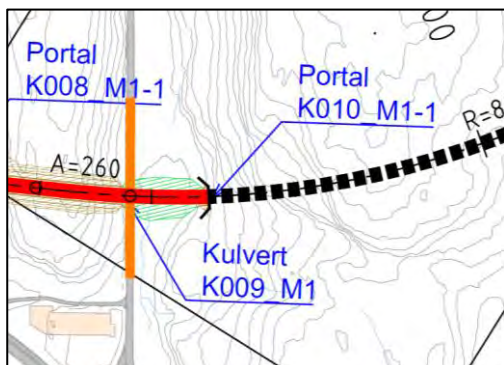


Påhugg vest: Tunnelpåhugget er planlagt etablert ca. 75 meter nord for eksisterende påhugg på E39. Selv om det er god avstand fra eksisterende tunnel, kan det bli aktuelt med stenging i forbindelse med sprenging. Påhugget etableres normalt på terrenget og forskjæring vil ha begrenset omfang, som er tilfelle som for eksisterende tunnel. Det er ikke utført detaljert kartlegging av påhugget, men på avstand er det observert bergblotninger i området. Påhugget ligger innenfor aktsomhetskartet for snøskred. Terreng er teoretisk bratt nok for utløsning av snøskred, men terreng høyden er begrenset og klimaet er typisk

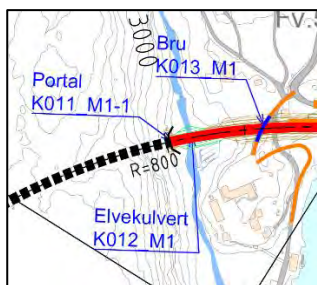
kystklima. Det vurderes å være liten sannsynlighet for større snøskred med utløp ned til veg ved påhuggsområdet. Skredfaren må tallfestes i neste planfase. Påhugget vurderes som gjennomførbart.

Påhugg øst: Tunnelpåhugget er planlagt etablert ca. 80 meter nord for eksisterende tunnel på E39. Påhugget ligger i samme bratte terrengrygg som eksisterende påhugg. Bergoverflaten i området er steiltstående og påhugget etableres normalt på bergoverflaten. Påhugget ligger innenfor aktsomhetskartet for snøskred og steinsprang. Dimensjonerende skredfare her vurderes å være steinsprang. Det er registrert store eldre blokker som stammer fra steinnedfall fra berghammeren i søkket der hvor påhugget skal etableres. Det må påregnes sikring i bergoverflaten over påhugget. Det vurderes å være liten sannsynlighet for større snøskred med utløp ned til veg ved påhuggsområdet, da det er steiltstående terreng og få områder det kan akkumuleres store snømengder. Skredfaren må tallfestes i neste planfase. Påhugget vurderes å være gjennomførbart.

3.3.3.3 Tunnel M1



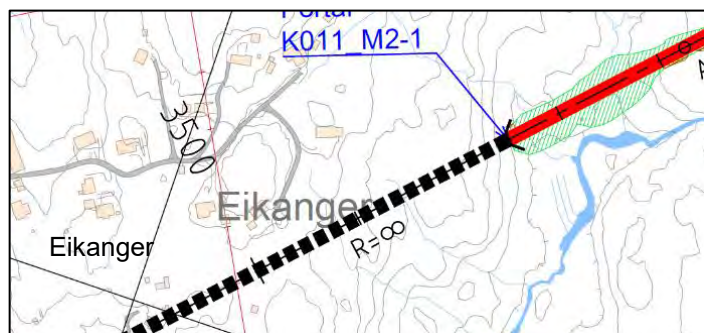
Påhugg vest (gjeldende for tunnel M1, M2 og M3): Påhugg vest etableres normalt på terrenget. Det er registrert bergblotninger i området og forskjæring til tunnel vil bli begrenset i omfang. Det vil raskt oppnås tilstrekkelig terrengoverdekning for påhugget. Påhuggsområdet ligger innenfor aktsomhetskartet for snøskred, men det vurderes at dimensjonerende skredtype i området vil være steinsprang. Terreng må kartlegges i detalj med hensyn til faren for steinsprang både for anleggsperioden og permanent fase. Berghammere over påhugget har begrenset omfang og sikringstiltak som rensk og bolt vil være aktuelle for sikring under anleggsperioden. Skredfaren må tallfestes i neste planfase. Påhugget vurderes å være gjennomførbart.



Påhugg øst: Påhugg ved Eikanger er i dette alternativet planlagt etablert sør i området. Påhugget etableres normalt på terrenget og det er registrert bergblotninger i terrenget. Det vil raskt oppnås tilstrekkelig bergoverdekning for påhugget og omfanget av forskjæring blir begrenset. Påhugget ligger utenfor aktsomhetskart for skred, men terrenget over påhugget er bratt og faren for steinsprang fra berghammere og eventuelle løse blokker i terrenget må kartlegges og skredfaren tallfestes i neste planfase. Påhugget vurderes å være gjennomførbart.

3.3.3.4 Tunnel M2

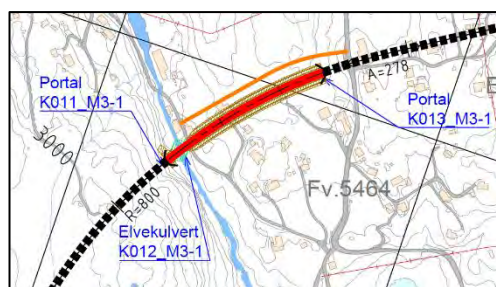
Påhugg vest: Se avsnitt *Tunnel M1* påhugg vest for beskrivelse.



Påhugg øst: Tunnel vil gå under Eikanger og påhugget etableres øst for Eikanger. Det er kartlagt bergblotninger langs eksisterende veg i Eikanger og i sideterreng opp mot selve påhugget. Det er utført totalsonderingen inn mot påhuggsområdet (for veg i dagen), som viser løsmassemekthet på 1,6 m (pkt. 2075) og 0,3 (pkt. 2077). Terrenget i området har mange søkk og terrenghauger. Påhugget etableres omtrent normalt på terrenget. Påhugget vurderes som gjennomførbart.

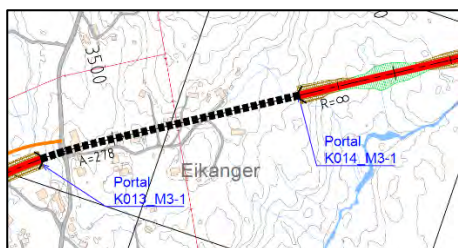
3.3.3.5 Tunnel M3-1

Se avsnitt *Tunnel M1* påhugg vest for beskrivelse av påhugg vest for tunnelen.



Påhugg øst: Påhugget ligger omtrent 220 meter nord for påhugg for alternativ M1, i samme fjellside. Påhugget etableres normalt på terrenget og det er registrert bergblotninger i terrenget. Det vil raskt oppnås tilstrekkelig bergoverdekning for påhugget og omfanget av forskjæring blir begrenset. Påhugget ligger utenfor aktsomhetsområder for skred, men terrenget over påhugget er bratt og faren for steinsprang fra berghammere og eventuelle løse blokker i terrenget må kartlegges og skredfaren tallfestes i neste planfase. Påhugget vurderes å være gjennomførbart.

3.3.3.6 Tunnel M3-2

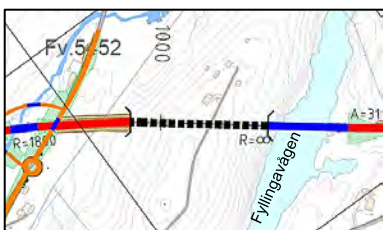


Påhugg vest: Påhugget planlegges etablert normalt på en terrengrygg i underkant av lokalveg fv. 5464. Det er utført totalsonderinger ca. 20 meter fra tunnelpåhugg som viser en løsmassemekthet på 4,6-7,2 meter (pkt. 2022-2024). Det er også utført totalsonderinger i forbindelse med et søkk øst for planlagt tunnelpåhugg som viser løsmassemekthet på 1,4-2,2 (pkt. 2025-2027). Nord for dette er det registrert bergblotninger. Påhugget ligger utenfor aktsomhetsområder for skred. Påhuggsplassering i

området vurderes som gjennomførbart, men det kan bli nødvendig med lengre forskjæring for å oppnå tilstrekkelig bergoverdekning for etablering av påhugget.

Påhugg øst: Det er utført totalsondering inn mot påhugget (pkt. 2076 og 2077) som viser en løsmassemekthet på 1,3 og 0,3 meter. Det er registrert bergblotninger i øvre del av terrenget, vest for påhugget. Påhugget planlegges etablert normalt på terrenget. Det vil raskt oppnås tilstrekkelig bergoverdekning for påhugget og omfanget av forskjæring blir begrenset. Påhugget ligger utenfor aktsomhetsområder for skred. Det vurderes at påhuggsplasseringen er gjennomførbart.

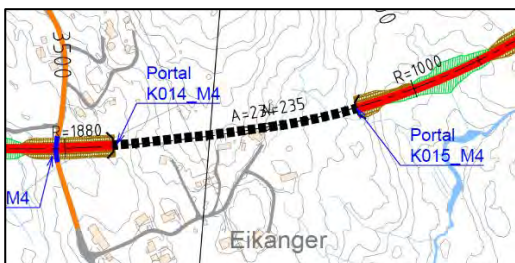
3.3.3.7 Tunnel M4-1



Påhugg vest: Påhugget etableres delvis skrått på terrenget. Terrenget er en fortsettelse av haugen hvor det er tunnel langs eksisterende E39. Det er utført totalsonderinger nært inn mot påhuggsområdet (pkt. 2089-2092) hvor resultatene viser løsmassemekthet på 0,7-3,0 meter. Det er forventet at det er tynt løsmassemekthet ved påhuggsområdet. Påhugget ligger utenfor aktsomhetsområde for skred. Det vurderes at påhuggsplassering er gjennomførbart.

Påhugg øst: Påhugget etableres i en bratt skrent inn mot Fyllingavågen. Påhugget vil gå direkte over i bru. Området er vanskelig tilgjengelig. Det bratte sideterrenget tilsier at det er berg i påhugget. Påhugget ligger innenfor aktsomhetsområdet for steinsprang og snøskred. Ca. 400 meter sør for påhuggsområdet er det utført sprekkekartlegging i den samme bergskråningen. Det er registrert sprekkesett som går parallelt med orienteringen til bergoverflaten. Dette har orientering og fall N330°/78° NØ. Steilt sprekkesett er positivt med hensyn til stabilitet av bergmassen og etablering av fundament for bru. Påhuggsplasseringen vurderes som gjennomførbart, men det må gjøres nærmere vurderinger av den anleggstekniske gjennomføringen og skredfaren i området.

3.3.3.8 Tunnel M4-2



Påhugg vest: Tunnel er planlagt under Eikanger. Det er utført totalsondering nord for påhuggsområdet som viser en løsmassemekthet på 1,05 meter (pkt. 2120). Det er også utført myrsondering (pkt. 2019) uten påtruffet bergoverflate etter 1,7 meter. Påhugget ligger utenfor aktsomhetsområdet for skred. Det vurderes som gjennomførbart å etablere påhugg i området, men det kan bli nødvendig med lengre forskjæring for å oppnå tilstrekkelig bergoverdekning.

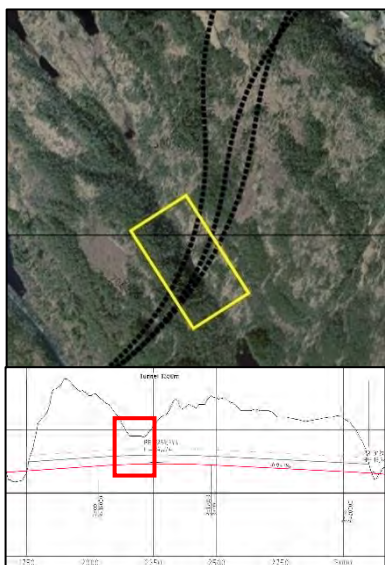
Påhugg øst: Påhuggsplasseringen er den samme som for tunnel M3-2. Det er utført totalsondering inn mot påhugget (pkt. 2067 og 2077) som viser en løsmassemekthet på 1,3 og 0,3 meter. Det er registrert bergblotninger i øvre del av terrenget, vest for påhugget. Påhugget planlegges etablert normalt på terrenget. Det vil raskt oppnås tilstrekkelig bergoverdekning for påhugget og omfanget av forskjæring blir begrenset. Påhugget ligger utenfor aktsomhetsområder for skred. Det vurderes at påhuggsplasseringen er gjennomførbart.

3.3.4 Bergoverdekning

Det er mange kortere tunneler i delområde M. De kortere tunnelene går gjennom mindre hauger.

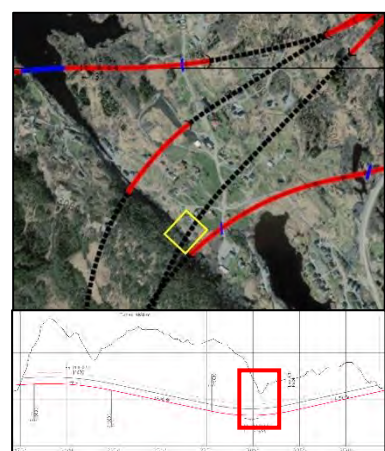
For Tunnel 1, 2 og M4-1 er maksimalt terrengoverdekning på ca. 40 meter over tunnelheng. Fra påhuggene stiger terrenget jevnt opp til topp av haugene. Løsmassemekthet over tunnelene er ventelig tynn og terrengoverdekning er tilnærmet bergoverdekning.

For Tunnel M4-2 og M3-2 er maksimal terrengoverdekning på ca. 30 meter over tunnelheng. Tunnelene går under samme terrengrygg og løsmassemekthet er tynn over hele tunnelen (kartlagt bergblotninger i hele området). Terrengoverdekning er derfor tilnærmet bergoverdekning for tunneltraseene.



Tunnel M1, M2 og M3-1 går gjennom samme terrengparti. Alternativ M1 har maks terrengoverdekning på 58 meter, M2 maks terrengoverdekning på 70 meter og M3 maks terrengoverdekning på 62 meter.

Alle tunnelalternativene krysser under et markert søkk vist i kart til venstre. Ved kryssing av søkket har tunnel M1 og M2 terrengoverdekning på ca. 20 meter, mens tunnel i alternativ M3 har terrengoverdekning på 12 meter, se lengdeprofil for alternativ M3 til venstre. Det er begrenset tilkomst til området og det er ikke utført totalsonderinger i søkket. Det er bratte sidekanter inn mot søkket i begge sidekanter, og tolkning av laserdatta fra området viser at det i sidekantene til søkket er tynt løsmassedekke. Mekthet på løsmasser i søkket vurderes å være begrenset. Det må utføres grunnundersøkelser i søkket i neste planfase. Det vil trolig være gjennomførbart å krysse under søkket med 20 meter terrengoverdekning.

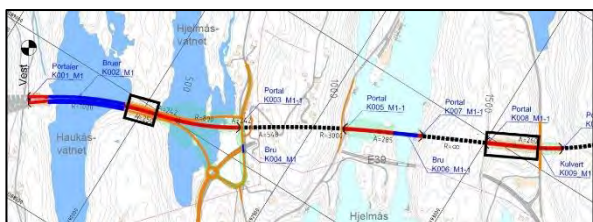


Tunnel M2 planlegges å gå under Eikanger. I den sammenheng vil tunnelen krysse under ett markert lineament i Eikanger. Lineamentet er i henhold til NGU sitt berggrunnskart en bergartsgrense. Det renner en bekk i søkket. Tunnelen har en terrengoverdekning på 7 meter der den krysser under bekket. Inn mot søkket i øst er det utført totalsondering (pkt. 2048, 2069-2071). Boringene viser en løsmassemekthet på 0,2-0,9 m. Søkket har begrenset bredde og løsmassemektheten i senter av søkket forventes derfor også å ha en begrenset dybde. Det vurderes som sannsynlig at det er bergoverdekning ved tunnelnivå. Men det går en bergartsgrense her, og bergmassen i grensen kan være påvirket av en tettere oppsprekking, som sammen med vann (bekk i dagen) kan medføre utfordringer knyttet til driving gjennom sonen. Det bør utføres seismikk i tilknytning til sonen i neste planfase.

3.3.5 Veg i dagen

I følgende oversikt er det gitt en beskrivelse av partier med høye bergskjæringer ($h > 10$ m). Høye bergskjæringer som inngår i forskjæringer for tunnelpåhugg er ikke beskrevet, med unntak av strekninger som har større omfang på forskjæringene.

3.3.5.1 Felles for alternativ M1, M2 og M3



Det blir to partier med høye bergskjæringer som er like for alternativene M1, M2 og M3. Disse er vist med svart innramming i kartet til venstre. For den første strekningen (profil 330-400) blir største høyde på ca. 21 meter og for neste strekning (profil 1520-1650) blir det bergskjæring med høyde opp mot 30 meter. Registrert bergmassekvalitet i nærliggende bergskjæringer viser at

bergmassen kartlagt i dagen er kompetent og i stor grad storblokkig. Høyder opp mot 30 meter vil potensielt være anleggsteknisk og sikringsteknisk utfordrende å etablere, men det vurderes å være gjennomførbart. Området er imidlertid satt av til næringsvirksomhet i kommuneplanen, og det er sannsynlig at terreng/skjæringer vil tas ned i den sammenheng.

3.3.5.2 Alternativ M1



Slik geometrien foreløpig er vist, blir det fem partier med bergskjæringer med høyde > 10 meter langs strekningen mellom Eikanger og Bjørndal. Høydene veksler mellom maksimum 10 –

12 meter og det er korte strekninger med høyde > 10 m. Total lengde er 160 meter.

3.3.5.3 Alternativ M2



Det blir to partier med bergskjæringer med høyde > 10 meter langs strekningen mellom Eikanger og Bjørndal, over en total lengde på 120 meter. Største høyde for begge strekningene ligger rundt 15 meter.

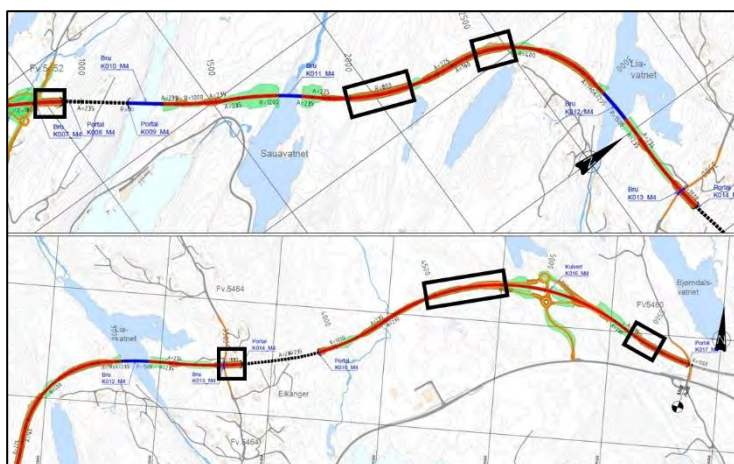
3.3.5.4 Alternativ M3



Det blir fire partier med bergskjæringer med høyde > 10 meter over en strekning på total 390 meter mellom Eikanger og Bjørndal. Største høyde er 20 meter for den østre bergskjæringen. For de to andre strekningene er største høyde 15 meter. Høyder opp mot 20 meter vil

potensielt være anleggsteknisk og sikringsteknisk utfordrende å etablere, men det vurderes å være gjennomførbart. Videre optimalisering av linjepålegg i neste planfase vil vise om skjæringer kan reduseres.

3.3.5.5 Alternativ M4



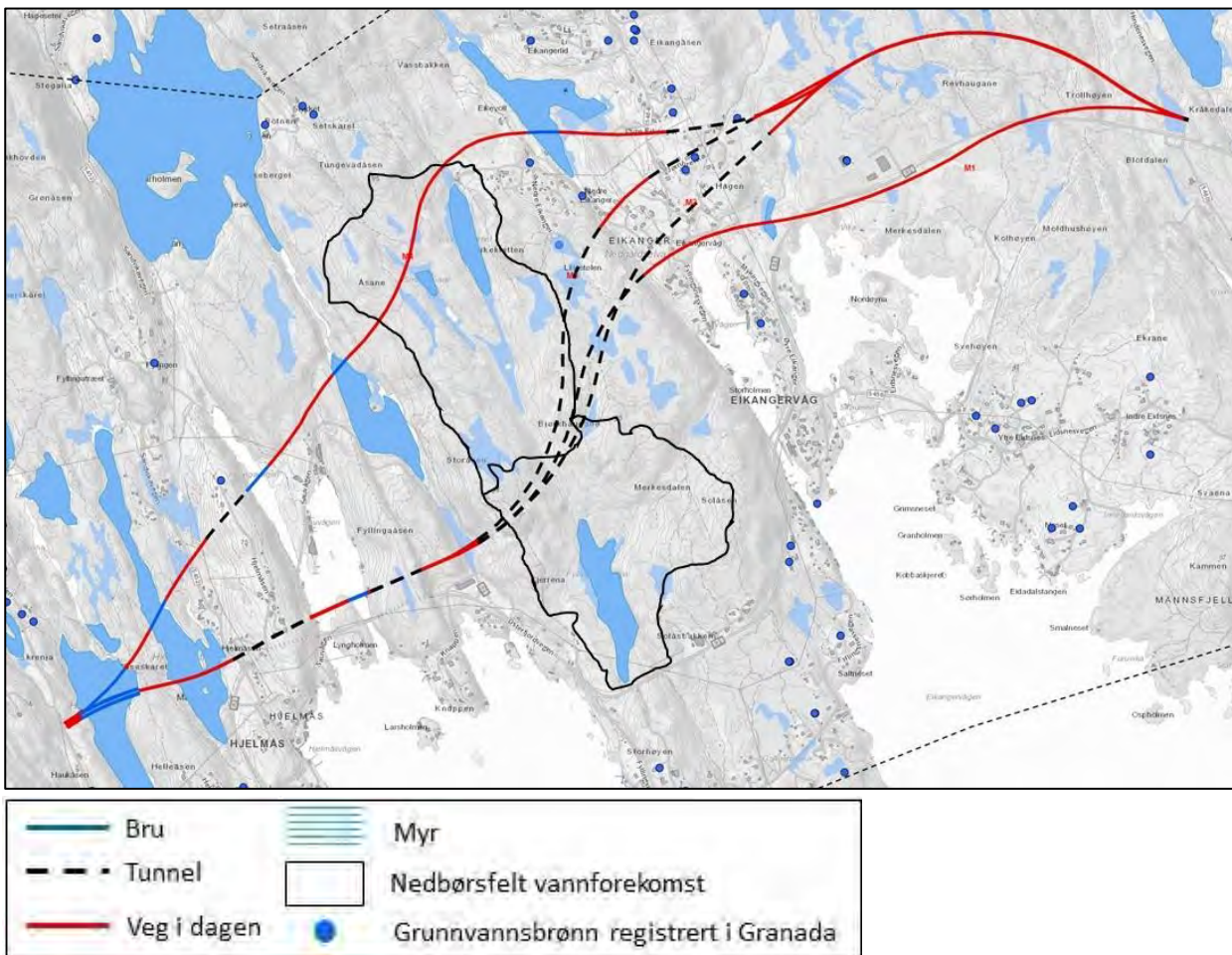
Det blir seks partier med bergskjæringer med høyde >10 meter over en strekning på 480 meter. Største høyde er 20 meter for de to siste bergskjæringspartiene (nederste kartet til venstre). For de tre andre partiene med høye bergskjæringer er største høyde ca. 15 meter. Høyder opp mot 20 meter vil potensielt være anleggsteknisk og sikringsteknisk utfordrende å etablere, men det vurderes å være gjennomførbart.

3.3.5.6 Skredfare

Ingen av alternativene for veg i dagen ligger innenfor aktsomhetsområder for skred, med unntak av påhuggsområder, som er omtalt i aktuelle beskrivelser av påhugg.

3.3.6 Hydrogeologiske forhold

De vurderte valgalternativene i delområde Midt er vist i kart i Figur 16 sammen med de aktuelle nedbørsfeltene til vann som er omtalt i teksten, marin grense, grunnvannsbrønner registrert i grunnvannsdata-basen (Granada) og myrområder.



Figur 16: Viser vegtraseene sammen med myrer, grunnvannsbrønner og nedbørsfelt til vann omtalt i vurderingene.

3.3.6.1 Fare for setninger

Tunnelalternativene i delområdet går stedvis under områder som ligger under marin grense, der det kan finnes marin leire. For tunnelene i alternativ M2, M3 og M4 i selve Eikanger finnes det noe bebyggelse over traseene. Det forventes imidlertid ikke løsmassemektheter som gir potensiale for setninger. Over tunneltraseene til alternativ M1, M2 og M3 mellom Hjelmas og Eikanger er det trolig ingen bebyggelse som kan bli negativt påvirket av setninger.

3.3.6.2 Grunnvannsuttak

Det finnes enkelte grunnvannsbrønner i berg innenfor delområdet som er registrert i grunnvannsdatabasen. Én brønn ligger sørvest for det østlige tunnelpåslaget til tunnel mellom Hjelmås og Eikanger i alternativ M3 i Eikanger, to brønner ligger nær tunnel i Eikanger for alternativ M3, og én brønn ligger nær tunnel i Eikanger for alternativ M4. Spesielt brønnene i Eikanger ligger såpass nærme aktuelle tunneler at de kan bli negativt påvirket i form av redusert vannnivå, eller vannkvalitet.

3.3.6.3 Sårbarhet til naturområder

Det er ikke funnet registreringer av rødlistede arter eller utvalgte naturtyper som er spesielt sårbare for endringer i grunnvannsforhold innenfor delområdet.

Det finnes enkelte mindre myrområder i områdene som ligger over tunnelalternativene. Samtlige tunnelalternativer mellom Hjelmås og Eikanger vil krysse under områder med myr. Ut ifra beliggenheten antas det at de fleste myrene er nedbørsbettinget, og ikke avhengige av grunnvann i berg. Myrområdene i delområde Midt anses derfor som lite sårbare i forhold til grunnvannslakkasjer til underliggende tunneler.

Tunnelene mellom Hjelmås og Eikanger i alternativ M1, M2 og M3 vil krysse under vannskillet mellom nedbørsfeltene til Eikeklettvatnet og Fyllingsnestjørna (ca. ved pel.nr. 2150 for alle disse alternativene). Ut ifra størrelsen på nedbørsfeltene kan Eikeklettvatnet og Fyllingsnestjørna betraktes som noe sensitive for drenering til underliggende tunnel. Hovedandelen av nedbørsfeltene til vannene består imidlertid av relativt bratte hellinger og er kartlagt med terrengoverflater som i stor grad består av bart berg, eller tynt løsmassedekke. Dette betyr antagelig at vannene i hovedsak er bettinget av overflateavrenning. Sammen med relativt høy årsnedbør begrenser dette sårbarheten ved drenering av grunnvann. Tunnelene i alle alternativene har liten overdekning som antagelig gir liten utstrekning av influensområdet for eventuell grunnvannsdrenering til tunnel. Kombinert med at tunnelen vil krysse under nedbørsfeltene til vannene ved vannskillet betyr dette at det antagelig er en liten del av nedbørsfeltene som kan påvirkes.

Tunnelen i alternativ M2 krysser under Nedgardselva i Eikanger ved ca. pel.nr. 3100. Nedgardselva har et stort nedbørsfelt oppstrøms for krysningpunktet (ca. 22 km²) og regnes derfor som lite sårbar for eventuell drenering av grunnvann til tunnel.

3.3.6.4 Områder med økt fare for innlekkasje av grunnvann til tunnel

Dominerende landskapsformer i delområdet er NV-SØ gående forsenkninger og dalfører. Generelt kan det antas at det kan finnes vannførende brudd-/svakhetssoner i forbindelse med disse lineamentene.

Dalføret mellom Eikeklettvatnet og Fyllingsnestjørna (ca. ved pel.nr. 2150 for alternativene M1, M2 og M3) er en fremtredende landform innenfor delområdet som kan være forbundet med vannførende brudd- eller svakhetssoner i berget. Overdekningen her er svært begrenset (20-25 meter) som gir store sjanser for åpne sprekker ned til nivå med tunnelheng. Dette gir relativt stort potensiale for innlekkasje. Det antas imidlertid at den lave overdekningen gir et moderat område det trekkes vann fra, og begrenset vanntrykk, slik at det ikke forventes intens innlekkasje. Dersom det finnes sprekker i berget som har korrespondanse mot Eikeklettvatnet og/eller Fyllingsnestjørna, gir dette større vannreservoar som vil gi mer vedvarende innlekkasjer med mindre man oppnår tilstrekkelig tetting.

Tunnelen i alternativ M2 krysser under Nedgardselva i Eikanger ved ca. pel.nr. 3100. Nedgardselva går her langs en NV-SØ gående skrent, som antagelig er forbundet med en brudd- eller svakhetsone i berget. Med begrenset overdekning (ca. 20-25 meter) kan det forventes åpne sprekker som kan gi innlekkasje fra elva til underliggende tunnel. Liten overdekning gir begrenset vanntrykk, men konstant vannføring i elva vil gi kontinuerlig innlekkasje dersom man ikke oppnår tilstrekkelig tetting.

Tunnelen i alternativ M2 er planlagt under kote 0 mellom pel.nr. 2500 og 3500. Spesielt mellom pel.nr. 3000 og 3500 finnes det markerte lineamenter som antagelig kan forbindes med brudd- eller svakhetszone i berget. Dersom det finnes sprekker her som korresponderer med Eikangervågen, som ligger fra 100-250 meter sørøst for traseen, kan dette gi vedvarende innlekkasjer til tunnelen.

3.3.6.5 Vurdering av alternativer og krav til maksimal innlekkasje

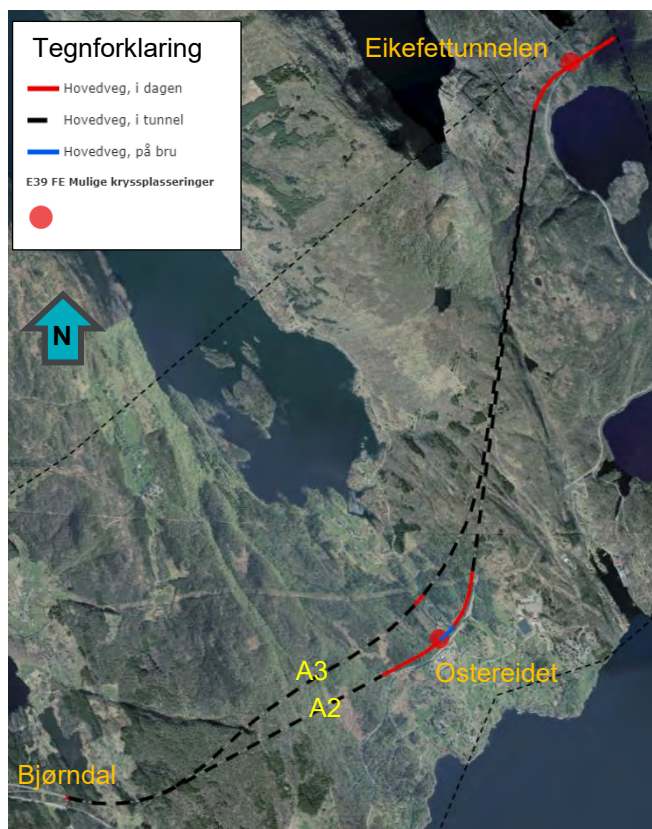
Samtlige alternativer i delområde Midt regnes som gjennomførbare i forhold til fare for senkning av grunnvannsnivå med hensyn til setninger, grunnvannsressurser, sårbare naturområder og i forhold til potensiale for innlekkasjer til tunnel.

Det antas at det ikke finnes setningsømfintlige masser eller spesielt sårbare naturtyper som gir grunn til å sette strenge krav til maksimal innlekkasje for noen av alternativene. Det anbefales i utgangspunktet at drivingen gjennomføres med behovsprøvd injeksjon basert på resultat fra sonderboringer og observasjoner på stoff. Krav til maksimal innlekkasje foreslås til å ligge i størrelsesorden 25-30 liter/min/100 meter for samtlige alternativer. Det påpekes at man med dette kravet kan risikere endring i naturlig vannbalanse med påfølgende senket grunnvannstand i enkelte områder. Dette vurderes imidlertid som akseptabelt ut fra vurdering av sårbarhet til aktuelle naturområder.

Det finnes kun noen få grunnvannsbrønner i delområdet. Enkelte av disse brønnene ligger såpass nærme aktuelle tunneler at det er risiko for at vannføring og/eller vannkvalitet påvirkes negativt under eller etter driving av tunnelen. Vanngiverevne og -kvalitet bør dokumenteres før, under og etter driving. Det må regnes med behov for å kompensere brønneiere ved negativ påvirkning på brønner. Dette gjelder spesielt for det kortere tunnelstrekket ved Eikanger i alternativ M3.

Mellom Hjelmås og Eikanger går de ulike tunnelalternativene gjennom områder med tilsvarende geologi, og det forventes liten forskjell i potensialet for innlekkasje av grunnvann til tunnel. Alternativ M2 har imidlertid et lengre tunnelstrek enn de øvrige alternativene. I Eikanger er tunnelen i dette alternativet planlagt under Nedgardselva, og under havnivå. Dette vil antagelig medføre økt behov for forundersøkelser og tetting sammenlignet med de øvrige alternativene.

3.4 Delområde Aust



I delområde Aust foreligger det to alternativer mellom Bjørndal og Eikefettunnelen (A2 og A3), se figur til venstre. Forskjellen mellom alternativene er hvor de krysser dalen ved Ostereidet. Påhugg ved Bjørndal og Eikefettunnelen er like. Tunnelene planlegges med ett løp, mens det i planarbeidet også vurderes muligheten for utviding til to tunneltuber i fremtiden.

Alternativet A2 har en lengre vegstrekning med kryssløsning ved Ostereidet, mens alternativ A3 har kun en kort dagstrekning og går direkte inn i tunnel mot Eikefettunnelen.

3.4.1 Bergmasse og bergmassekvalitet

Det er kartlagt Q-verdier ved Bjørndal, Ostereidet og ved Eikefettunnelen. Registreringene viser verdier mellom 6 og 23. Dette tilsier bergmasseklasse A/B og C. Tunnelen krysser lineamenter i terrenget, og går over en strekning på 750 meter i glimmerskifer. Glimmerskiferen er ikke kartlagt i felt, men vil trolig ha lavere Q-verdi enn det som er kartlagt for gneis i dagen. Bergmassen vil også ventelig ha lavere bergmassekvalitet ved kryssing av lineamenter og bergartsgenser.

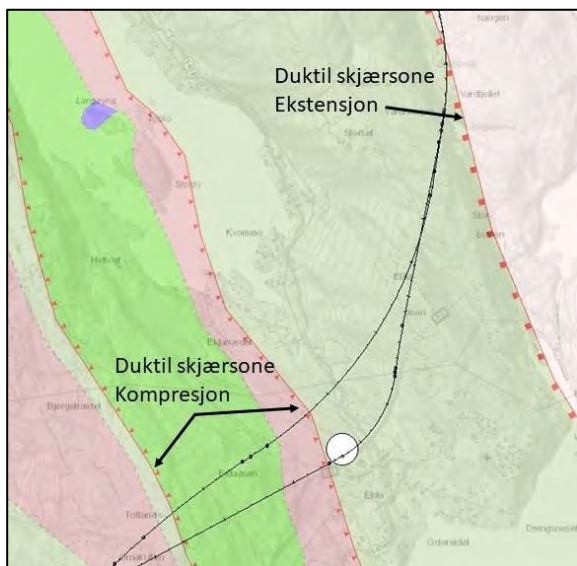
Det er utarbeidet et grovt anslag på forventet fordeling av bergmasse- og sikringsklasser for området, se Tabell 4. Dette er presentert i tabellform og ikke i geologisk kart på grunn av detaljeringsgraden i kartleggingen på dette plannivået.

Tabell 4: Grovt anslag på forventet fordeling av bergmasse- og sikringsklasser tunnel mellom Knarvik og Hjelmås

Bergmasseklasse					
A/B	C	D	E	F	G
Q-verdi: 10-100 Veldig god/god Sikringsklasse: I	Q-verdi: 4-10 Middels Sikringsklasse: II	Q-verdi: 1-4 Dårlig Sikringsklasse: III	Q-verdi: 0,1-1 Veldig dårlig Sikringsklasse: IV	Q-verdi: 0,01-0,1 Ekstremt dårlig Sikringsklasse: V	Q-verdi: <0,1 Eksepsjonelt dårlig Sikringsklasse: VI
25 %	50 %	21 %	3 %	1 %	0 %

3.4.2 Svakhetssoner

Tunneltraseene krysser lineamenter i terrenget som kan tolkes å være svakhetssoner. Sonene er ikke nummerert, men omtales basert på orientering. Det vises til ingeniørgeologiske tegninger for oversikt over områder hvor traseene krysser søkk og lineamenter (V031-V034).



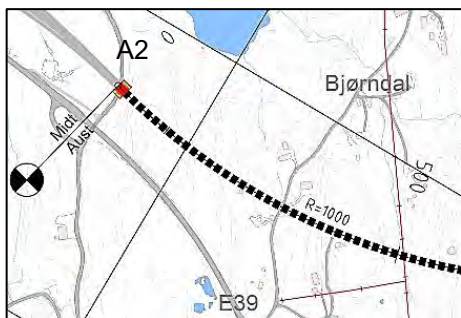
De mest markerte lineamentene har orientering NV-SØ, som er gjennomgående i hele området. I henhold til NGU sitt berggrunnsprofil for området har bergartene her et fall på 50-64 grader mot SV [7]. Langs bergartsgrensene forventes det tettere oppsprukket bergmasse. Utstrekning og omfang av sonene ved tunnelnivå er ikke kjent.

I bergartsgrense mellom glimmerskifer og gneisen er det i henhold til NGU sitt berggrunnskart en duktil skjærsone (kompresjonsbevegelse). Mens i henhold til NGU sitt berggrunnskart (detaljering M 250.000), går det duktil skjærsone (ekstensjonsbevegelse) øst for Bjørsviktunnelen.

Tunnelene vil krysse kompresjonssonen omtrent normalt på, men vil krysse ekstensjonssonen med mindre vinkel. Ekstensjonssonen vil ventelig påvirke tunnelen over en lengre strekning.

3.4.3 Påhugg

3.4.3.1 Alternativ A2 og A3 - påhugg Bjørndal



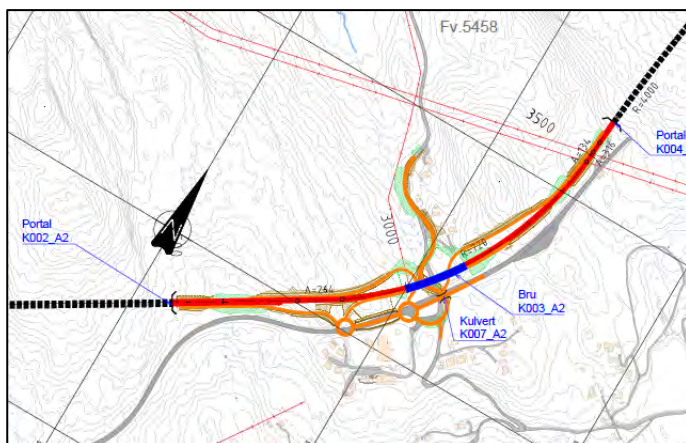
Påhuggsplassering ved Bjørndal er lik for alternativ A2 og A3. I forlengelsen av ryggen hvor påhugget planlegges er det bergskjæring ved eksisterende E39. Det er derfor ventelig tynt løsmassedecke i området ved påhugget. Påhugget etableres delvis skrått på terrenget. Terrenget i området er preget av dype søkk. Øst for påhugget går det et markert søkk, som planlegges krysset med tunnel. Første strekning av tunnelen går på synk og det vil raskt oppnås god bergoverdekning ved påhuggsområdet.

Påhuggsområdet ligger utenfor aktsomhetsområde for skred.



Påhuggsplasseringen vurderes som gjennomførbart.

3.4.3.2 Alternativ A2 - kryss Ostereidet

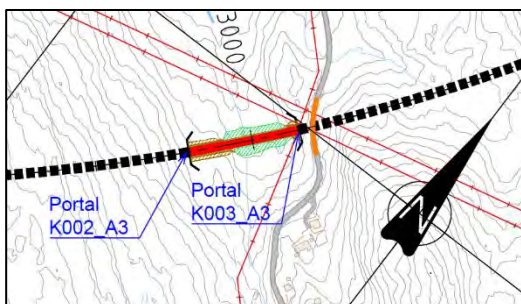


Påhugg vest: Påhugget kommer ut i en terrengkant/søkk. Det er kartlagt berg langs eksisterende E39 i området ca. 70 meter fra påhugget. Det blir en forskjæring et lite stykke inn mot påhugget for å oppnå tilstrekkelig bergoverdekning, da terrenget ikke stiger så bratt på. Påhugget ligger utenfor aktsomhetsområde for skred. Påhuggsplasseringen vurderes som gjennomførbart

Påhugg øst: Påhugget etableres ca. 40 meter fra eksisterende tunnel på E39 (Bjørsviktunnelen). Det er registrert

bergblotninger ved påhuggsområdet. Avstand til eksisterende påhugg må hensyntas anleggsteknisk. Avstanden mellom tunnelene er på det korteste ved påhuggsområdet, og det må påregnes stenging av eksisterende tunnel i forbindelse med sprengning. Påhugget ligger utenfor aktsomhetsområde for skred, men terrenget over påhugget er sidebratt. Det må gjøres en kartlegging av terrenget over påhugget for vurdering og tallfesting av faren for steinsprang ned mot påhugget. Påhugget vurderes som gjennomførbart.

3.4.3.3 Alternativ A3 - kryss Ostereidet

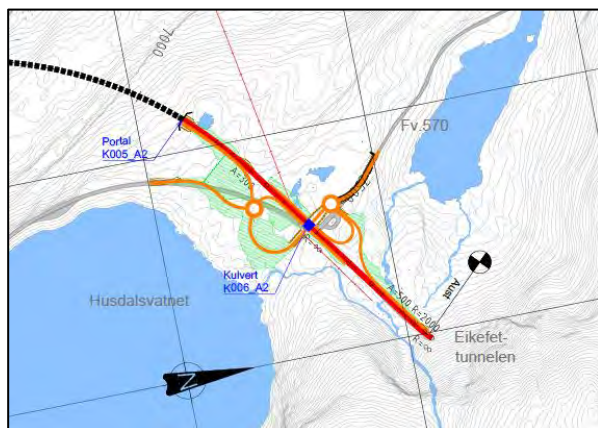


Påhugg vest: Påhugget kommer ut i et søkk. I sideterrenget ved påhugget er det ikke registrert berg i dagen. Terrenget er vegetasjonsdekt, men det er kartlagt bergblotninger langs lokalvegen. Laserkart fra området viser strukturer som også tyder på tynt løsmassedecke. Påhugget ligger utenfor aktsomhetsområde for skred. Påhugget vurderes som gjennomførbart.

Påhugg øst: Påhugget går inn under lokalvegen i området.

Det er bergblotninger i overkant av veggen. Det er ikke kartlagt bergblotninger under veggen. Terrenget er bratt, men det må påregnes omlegging av lokalvegen i forbindelse med etablering av påhugget i anleggsperioden, og før den kan tilbakeføres over påhugget. Påhugget ligger innenfor aktsomhetsområdet for snøskred. Det er ikke registrert hendelser i området og det er ingen tegn i terrenget som tilsier at dette er snøskredutsatt terreng. Skredrisiko må tallfestes i neste planfase. Påhugget vurderes som gjennomførbart.

3.4.3.4 Alternativ A2 og A3 - påhugg Eikefettunnelen



Påhugget er planlagt etablert i det bratte sideterrenget inn mot Husdalsvatnet. Det er berg i dagen ved påhugget. Påhugget ligger innenfor aktsomhetsområdet for snøskred, men utenfor aktsomhetsområdet for steinsprang. Terrenget går i hyller i området (veksling mellom brattere og slakere terreng). Påhugget ligger fordelaktig plassert i forhold til at det har avstand fra det bratteste terrenget. Det undulerende terrenget er vegetasjonsdekt. Terrenget er ikke fotgått og skredfaren er ikke kartlagt i detalj. Påhugget går normalt på terrenget og eventuell skredfare vil være håndterbar. Skredfaren må tallfestes i neste planfase. Påhugget vurderes å være gjennomførbart.

3.4.4 **Bergoverdekning**

Det er generelt god terrengoverdekning for begge tunneltraseene og alternativene, med unntak av noen partier i tilknytning til kryssing under søkk i etterkant av påhugg.

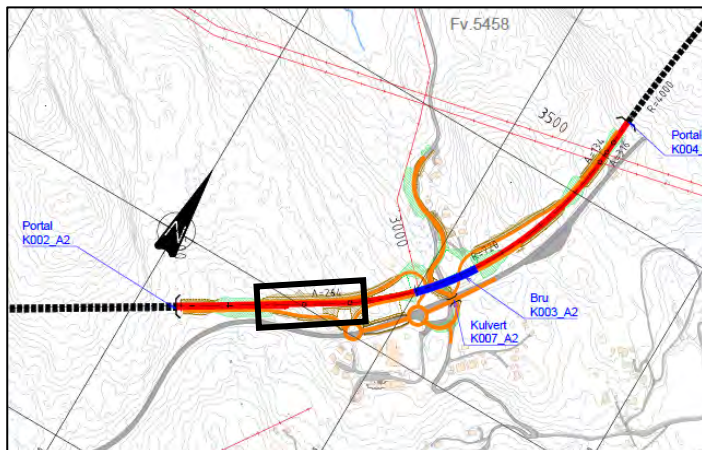
I etterkant av felles påhuggsplassering ved Bjørndal, krysser begge tunnelalternativene under et markert søkk i terrenget. Terrengoverdekning for begge alternativene er 11,5 meter. Det er ikke utført grunnundersøkelser i søkket, da påhugg tidligere i utredningsfasen lå plassert lengre mot øst. Det er ukjent hvor bergoverflaten går, og dette er forhold som må utredes i neste planfase. Omtrent 500 meter fra påhugget krysser begge alternativene under et nytt søkk med terrengoverdekning mellom 30-35 meter. Det er utført totalsondering rett nord for søkket (pkt. 2073 og 2074) hvor løsmassemektighet er kartlagt til 1,9-2,5 meter. Terrengoverdekning er derfor tilnærmet bergoverdekning.

Alternativ A2 krysser under et søkk ved ca. profil 2100, hvor det er terrengoverdekning på 30 meter. Ellers har begge tunnelene for alternativet i hovedsak en terrengoverdekning på over 50 meter med unntak av rett etter påhugg.

Alternativ A3 dreier lengre inn i bergmassen på grunn av kryssing i dagen lengre mot nord, og har større terrengoverdekning ved kryssing av søkk ved ca. profil 2100 enn alternativ A2 (over 100 meter). Etter østre påhugg ved Ostereidet krysser tunnelen under et søkk i terrenget ved ca. profil 3300. Her er terrengoverdekningen på ca. 13 meter. Dybden til berg i dette området er ukjent og må undersøkes i neste planfase. Alternativt må det vurderes justering av linjen mot sørøst for å oppnå større terrengoverdekning, og eventuell justering av vertikalgeometrien. Ellers har begge tunnelene for alternativet i hovedsak en terrengoverdekning på over 50 meter med unntak av rett etter påhugg.

3.4.5 Veg i dagen

I følgende oversikt er det gitt en beskrivelse av partier med høye bergskjæringer ($h > 10$ m). Høye bergskjæringer som inngår i forskjæringer for tunnelpåhugg er ikke beskrevet.



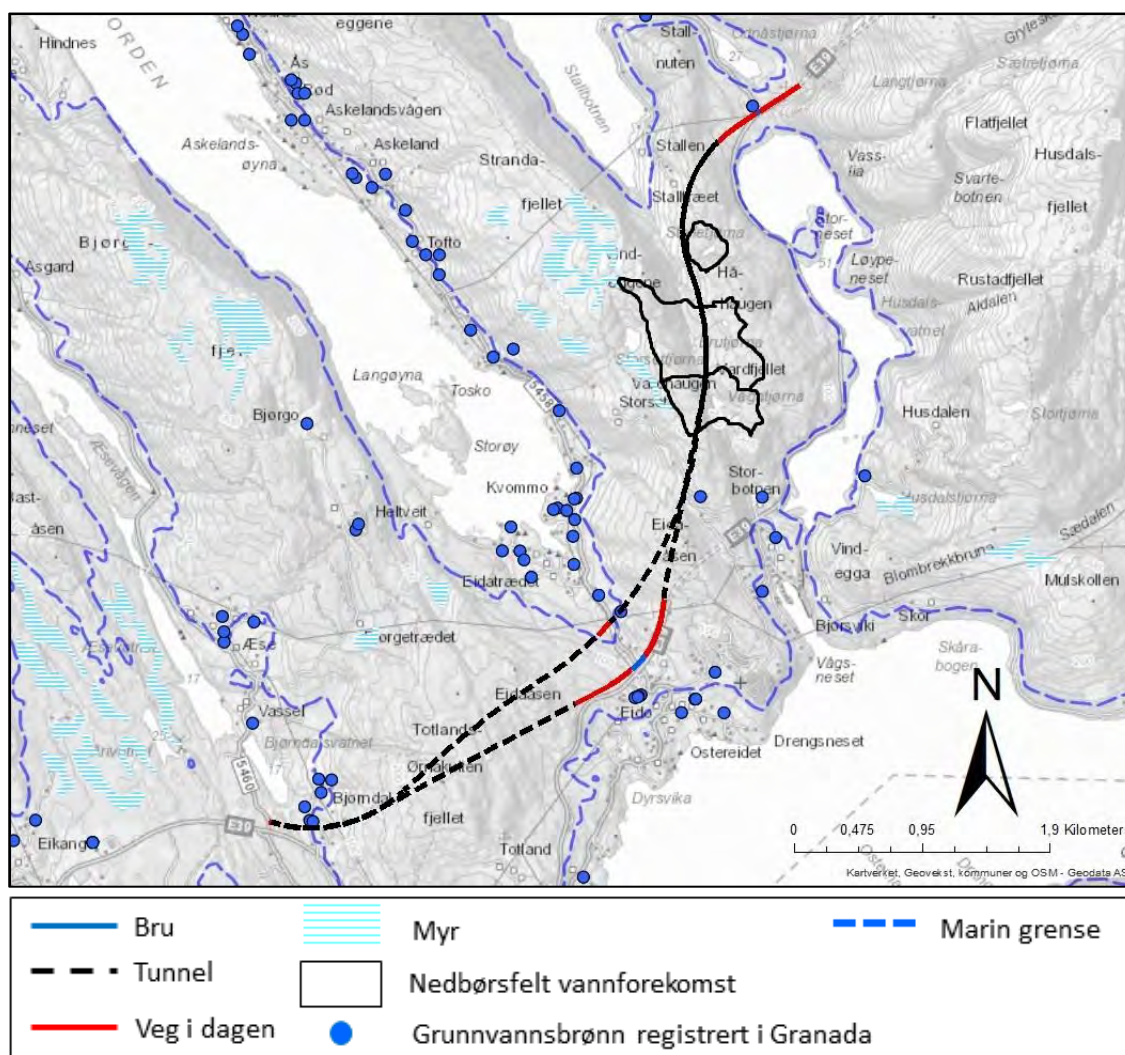
Det er bare i alternativ A2 ved Ostereidet det planlegges veg i skjæring utenom forskjæring for tunnelene. Her skjærer vegen inn i en markert terrengrygg, og får høye bergskjæringer med høyde opp mot 25 meter. Strekningen med høyde på bergskjæringer over 10 meter er 170 meter (profil 2740-2910). Plassering er vist omtrentlig i kartet til venstre. Høyder opp mot 25 meter vil potensielt være anleggsteknisk og sikringsteknisk utfordrende å etablere, men vurderes å være gjennomførbar.

3.4.5.1 Skredfare

Ingen av alternativene har veg i dagen som ligger innenfor aktsomhetsområder for skred, med unntak av påhuggsområder som er omtalt i de aktuelle beskrivelsene av påhugg.

3.4.6 Hydrogeologiske forhold

De vurderte valgalternativene i delområde Aust er vist i kart i Figur 17 sammen med nedbørsfeltene til vann som er omtalt i teksten, marin grense, grunnvannsbrønner registrert i grunnvannsdata-basen (Granada) og myrområder.



Figur 17: Viser vegtraseene sammen med myrer, grunnvannsbrønner, marin grense og nedbørsfelt til vann omtalt i vurderingene.

3.4.6.1 Fare for setninger

Begge tunnelalternativene i delområdet går stedvis under områder som ligger under marin grense, der det kan forekomme marin leire. Det er kun ved det vestlige tunnelpåslaget i Bjørndal det finnes bebyggelse under marin grense i nær tilknytning til tunnelene. Det forventes imidlertid ikke løsmassemekthigheter som gir potensiale for setninger i dette området.

3.4.6.2 Grunnvannsuttak

Det finnes et fåtall registrerte grunnvannsbrønner som ligger nær de aktuelle tunnelene som mulig kan påvirkes negativt av tunnelene. To av disse brønnene ligger ved tunnelpåslaget i Bjørndalen, og én brønn ligger nær alternativ A3 sørøst for Eidavågen.

3.4.6.3 Sårbarhet til naturområder

Det er ikke funnet registreringer av rødlistede arter eller utvalgte naturtyper som er spesielt sårbare for endringer i grunnvannsforhold innenfor delområdet.

Det finnes enkelte mindre myrområder i områdene som ligger over tunnelalternativene. Ut ifra beliggenheten til disse myrene antas det at de fleste er nedbørsbettinget, og ikke avhengige av grunnvann i berg. Myrområdene i delområdet anses derfor som lite sårbare i forhold til grunnvannsløkkasjer til underliggende tunneler.

Begge tunnelalternativene krysser under nedbørsfeltene til vannene Brutjørna, Stalletjørna og Vågatjørna. Disse vannene har relativt små nedbørsfelt og bør betraktes som sårbare for drenering til underliggende tunnel. Sårbarheten begrenses noe av at årsnedbøren i området er høy og nedbørsfeltene er relativt bratte med liten løsmasseoverdekning i området, som vil gi relativt stor overflateavrenning inn mot vannene. Spesielt for Stalletjørna er nedbørsfeltet likevel så lite at det bør vurderes begrensning av innlekkasje for å unngå negativ påvirkning på vannet.

3.4.6.4 Områder med økt fare for innlekkasje av grunnvann til tunnel

Dominerende landskapsformer i delområdet er NV-SØ gående forsenkninger og dalfører. Generelt kan det antas at det kan påtreffes vannførende brudd-/svakhetssoner i forbindelse med disse lineamentene.

Det NV-SØ-gående dalføret mellom Stallbotnen og Bjørsvik, som ligger ca. ved pel.nr. 5500 for begge alternativene, er et spesielt fremtredende landskapselement og er antagelig forbundet med en større brudd- eller svakhetszone som gir potensiale for innlekkasje. Tunnelalternativene krysser denne svakhetssonen diagonalt slik at den vil eksponeres i tunnelen over et lengre strekk.

Ved ca. pel.nr. 6250 for begge alternativer krysser tunnelene under en SV-NØ-gående dal som antagelig er forbundet med en svakhetszone i berget. Siden eventuell oppsprekking her går parallelt med hovedspenningen i berget, kan det være økt mulighet for at det finnes åpne vannførende sprekker i denne sonen.

3.4.6.5 Vurdering av alternativer og krav til maksimal innlekkasje

Samtlige alternativer i delområde Aust regnes som gjennomførbare i forhold til fare for senkning av grunnvannsnivå med hensyn til setninger, grunnvannsressurser, sårbare naturområder og i forhold til potensiale for innlekkasjer til tunnel.

Det antas at det ikke finnes setningsømfintlige masser i delområdet. Vannet Stalletjørna har et svært lite nedbørsfelt som gjør det sårbart for drenering til underliggende tunnel. Der tunnel krysser under nedbørsfeltet til Stalletjørna (ca. pel.nr. 6000-6300 for begge alternativ) bør det vurderes å sette et moderat strengt krav til maksimal innlekkasje. I øvrige områder er det ikke funnet spesielt sårbare naturtyper som gir grunn til å sette strenge krav til maksimal innlekkasje.

Det anbefales i utgangspunktet at drivingen gjennomføres med behovsprøvd injeksjon basert på resultat fra sonderboringer og observasjoner på stoff.

Krav til maksimal innlekkasje foreslås til maksimalt 15 liter/min/100 meter i tunnelstrekningen som ligger under nedbørsfeltet til Stalletjørna. I øvrige områder foreslås et tettekrav i størrelsesorden 25-30 liter/min/100 meter. Det påpekes at man med dette kravet kan risikere endring i naturlig vannbalansen med påfølgende senket grunnvannstand i enkelte områder. Dette vurderes imidlertid som akseptabelt ut fra vurdering av sårbarhet til aktuelle naturområder.

Det finnes kun tre grunnvannsbrønner i delområdet som anses å ligge såpass nærme aktuelle tunneler at det er risiko for at vannføring og/eller vannkvalitet påvirkes negativt under eller etter driving av tunnelen. Vanngiverevne og -kvalitet bør dokumenteres før, under og etter driving. Det må regnes med behov for å kompensere brønneiere ved negativ påvirkning på brønner. Alternativ A3 ligger nærme tre av disse brønnene, mens alternativ A2 ligger nær to av brønnene.

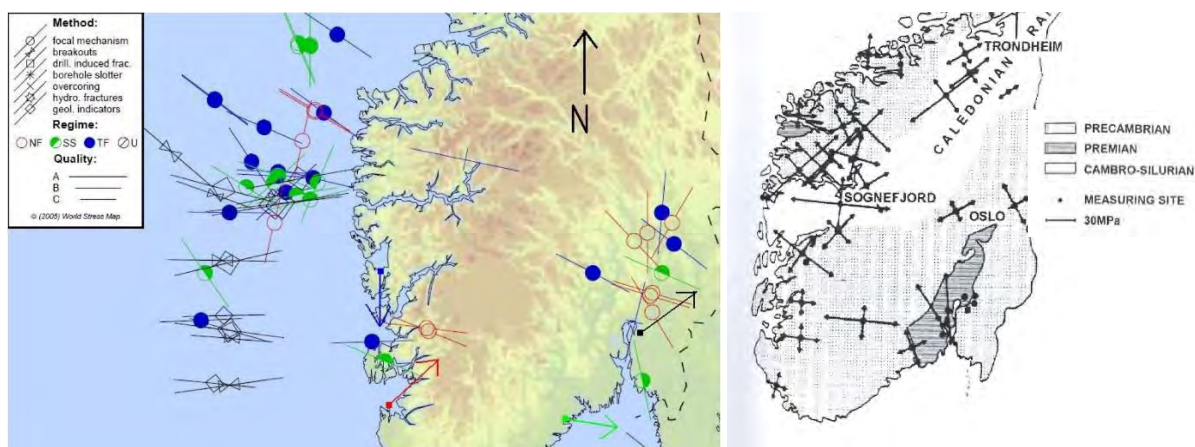
Tunnelalternativene går parallelt, og med liten avstand imellom. Det er derfor liten forskjell i potensialet for innlekkasje til tunnelene. Alternativ A3 har noe større overdekning (ca. 100m) enn alternativ A2 (ca. 65m) ved kryssing markerte lineamenter ved ca. pel.nr. 5500 og 6250. Større overdekning kan øke muligheten for at det ikke finnes åpne, vannførende sprekker som rekker ned til tunnelhengen. Samtidig vil større overdekning medføre noe høyere vanntrykk dersom det finnes åpne sprekker.

3.5 Bergspenninger

Det foreligger ingen kjente data knyttet til utført spenningsmålinger for nærliggende områder. Det er derfor utført en gjennomgang av forefindende grunnlagsmateriale. World Stress map (WMS), Figur 18, indikerer at det for den norske sokkelen har en svak NV-SØ orientering på spenningsfeltet. Kartet til venstre i Figur 18 viser retninger på horisontalspenninger i Norge på et forenklet berggrunnskart [13]. I henhold til denne figuren har største horisontalspenning en svak orientering mot NV-SØ.

I forhold til kartene, og at det ikke er stor overdekning over tunneltraseene, er det ikke ventet store utfordringer knyttet til høye bergspenninger i tunnelene.

Lave bergspenninger i områder med liten overdekning ventes å kunne forekomme. Disse lave bergspenningene kan føre til blokkutfall og gi behov for tettere bolting, sprøytebetong med høyere energikapazität, forbolting og/eller armerte sprøytebetongbuer.



Figur 18: Figuren til venstre viser World Stress map. Figur til høyre viser retninger av horisontalspenninger i Norge på et forenklet berggrunnskart [13].

3.6 Kvalitet av steinmateriale og bruksområder

En stor andel av tunnelstrekningene går gjennom bergarter som anortositt og gneis. Dette er bergartstyper som generelt sett er sterke bergarter, men det vil her forekomme variasjoner. Kartlagt bergmasse fremgår å være kompetent og storblokkig i stor grad.

I henhold til NGU sin grus- og pukkdatabase foreligger det et brudd i gneis, nordvest for Eikanger, hvor det er tatt prøver av bergmasse. LA-verdi 32,7 og Micro Deval på 14,3. Nordvest for Flatøy er det kartlagt et potensielt uttaksområde. Bergartstypen her er kartlagt å være anortositt, som er tilsvarende som den som går gjennom Knarvik. Her viser resultater fra laboratorietester at forekomsten tilfredsstillende alle norske krav for tilslag til både vegdekker bære- og forsterkningslag.

Det forventes mulighet for høy andel bruk av masser i dette prosjektet, men dette må undersøkes nærmere i neste planfase ved prøvetaking og laboratorietester. Det vil også drives tunnel gjennom bergmasse med glimmerskifer, hvor kvalitet på bergmassen vil være lavere, slik at den ikke nødvendigvis tilfredsstillende kravene til de høyere klassene.

3.7 Bergarter og forurensning

Potensielt syredannende bergarter er en fellesbetegnelse for en gruppe bergarter som i kontakt med luft eller vann kan danne sur avrenning. Det fokuseres på bergarter med høyt innhold av sulfidmineraler og da først og fremst jern (Fe) og svovel (S), og mineralene pyritt (svovelkis) og magnetkis (pyrrhotitt) [14]. Variasjoner i dannelsesmiljø og den geologiske historien legger premisene for årsak til og vurdering av de syredannende egenskapen.

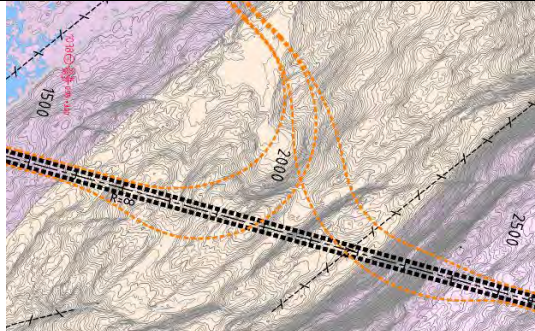
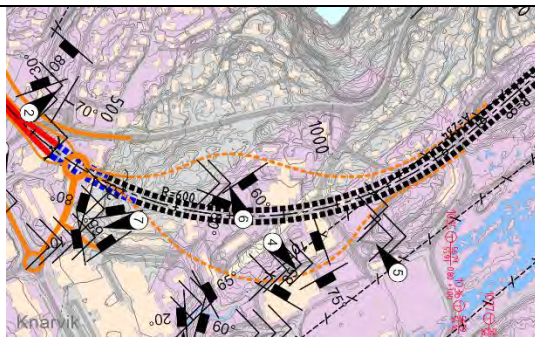
I prosjektområdet veksler bergmassen mellom gneiser, anortositt og gabbro, som går under definisjonen «grunnfjell, stedvis påvirket av kaledonsk fjellkjededannelse». Fyllitt, glimmerskifer går i en kort stripe mellom Eidsnes og Ostereidet. Fyllitt er dannet ved avsetning av leire, som har blitt brakt ned i jordskorpen og blitt svakt metamorfosert, mens glimmerskifer er ytterligere påvirket av metamorfose. Det er ingen av bergartene i prosjektområdet som er typiske kilder for sur avrenning. Men dersom det påtreffes skifer eller leirskifer, må bergmassen testes.

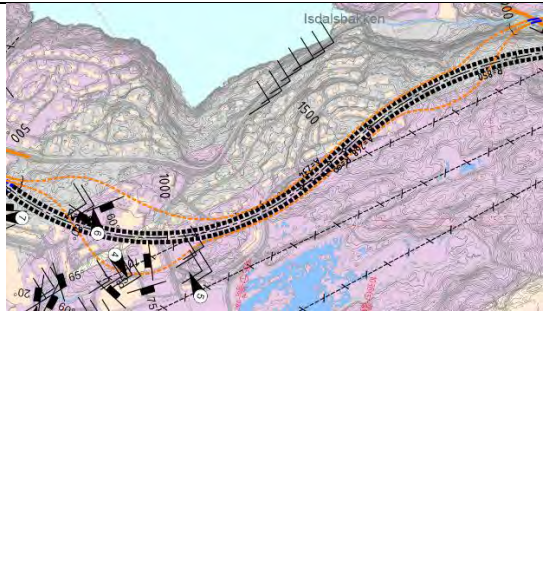
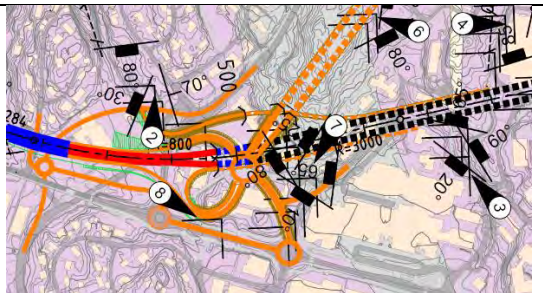
I henhold til NGU sitt aktsomhetskart for radon ligger stor del av prosjektområdet i kategorien moderat til lav aktsomhet. Det er ikke registrert områder med høy eller særlig høy aktsomhet.

3.8 Områder med behov for spesielle tiltak

For vegtraseer i området ved Knarvik (delområde vest) er det for enkelte alternativer nødvendig å etablere kryss i tunneler, samt av- og påramper i tunnel. Dette medfører for enkelte av alternativene at ramper krysser over tunneltrasé med liten overdekning, samt en utvidelse av hovedløpets tunnelprofil til T14 over en viss strekning der hvor rampene etableres. I Tabell 5 gis det en beskrivelse av de alternativene med spesielle forhold knyttet til av- og påkjøringsramper.

Tabell 5: Områder med behov for spesielle tiltak.

Versjon	Utsnitt fra ingeniørgeologisk tegning	Vurdering
K6-3		<p>Hovedtunnelen for E39 går direkte fra Knarvik til Hjelmås. Av og påkjøringsramper er lagt i fjell for avkjøring mot Isdal. Hovedtunnel og ramper vil krysse to bergartsgrenser (anortositt og granittisk til syenittisk gneis). Terrengoverdekning der hvor hovedtunnel har utvidet profil (T14) er på 70 meter og mer. Rampe krysser over E39 med begrenset avstand på ca. 14 meter. Anslått en tunnelhøyde på 8 meter for hovedtunnelen, gir dette en bergoverdekning på 6 meter mellom tunnelene (teoretisk) som er knapt med tanke på at bergmassen skal bære trafikklaster på en trygg måte. Det må påregnes utstøpning i hovedtunnel som forsterking, tyngre bergsikring, og forsiktig uttak av bergmassen ved etablering av kryssingen. Rampene (T7,5) krysser hverandre med en avstand på ca. 9 meter. Regnes en høyde på 6-7 meter for ramper gir dette en bergoverdekning på 2-3 meter mellom tunnelene. Det må påregnes utstøpning i hovedtunnel som forsterking, tyngre bergsikring, og forsiktig uttak av bergmassen ved etablering av kryssingen. Det må sees på muligheter for å optimalisere linjene i vertikalen og på den måten øke avstandene.</p>
V7C		<p>Rampene kobler seg på tunneltraseen og tunnelen vil ha et tverrprofil på T14 over en strekning på opp mot 200 meter. Her har tunnelen en terrengoverdekning opp mot 50 meter og det vurderes som greit gjennomførbart å etablere dette tverrsnittet her. Påkjøringsrampen fra Knarvik krysser over påhuggsområdet for hovedtunnelen på E39 som går mot Isdal. Det er ikke tilstrekkelig avstand mellom tunnelene til at det kan forventes en løsning i berg i dette området. Det blir derfor lang tunnelportal for E39 inntil rampen har krysset over. Tunneltraseen går parallelt med lineamentene i området, men disse har tolket å ha fall mot øst (bort fra tunneltrasé).</p>

V8		<p>Har vekslingsstrekning i tunnel mellom kryssene Knarvik og Isdal i hele strekningen. Dette betyr T14 langs midtre del av tunnelen. Her er terrengoverdekningen opp mot 50 meter, og det vurderes som greit gjennomførbart å etablere dette tverrsnittet her. Tunnelen får to områder hvor ramper krysser over hovedtunnelen. Avstand mellom hovedtunnel og ramper er på ca. 10 meter ved Knarvik og 8 meter ved Isdal. Rampen ligger over E39 og dette betyr at det ikke er berg mellom hovedtunnel og rampen. Dette vil kreve spesielle tiltak (konstruksjon) for å gjennomføre og føre rampen over tunnelen på denne måten. Det må alternativt sees på muligheter for å optimalisere linjene i vertikalen og på den måten øke avstandene betydelig. Bergteknisk er forholdene lik som for versjon V7C.</p>
V100		<p>Har kryssløsning med rundkjøring over tunnelpåhugg. Det er ikke tilstrekkelig avstand mellom området hvor påhugg kan etableres, og rundkjøring. Det må sprenges høyere forskjæringer og etableres betonglokk/konstruksjon frem til det oppnås tilstrekkelig bergoverdekning for etablering av påhugg.</p>

4 Oppsummering av vurderinger

Dette kapittelet omfatter en oppsummering med vurderinger knyttet til de ulike påhuggsalternativene og en klassifisering av gjennomførbarhet. Dette er ment som et sammenligningsgrunnlag for de ulike alternativene. Vurderingene er oppsummert i tabeller under.

Alle påhuggene er vurdert å være gjennomførbare, men de vil ha ulik vanskelighetsgrad ved etablering. For å kunne skille påhuggene og alternativene fra hverandre, er det derfor laget egne kategorier 1-3, vist i punktliste under.

1. Enkel gjennomførbar: Påhugget vil være anleggsteknisk enkelt å gjennomføre (normalt på terreng, lite krevende terreng over påhugg, lite forskjæringer etc.) og vil ikke kreve tiltak knyttet til skredsikring over påhugg.
2. Middels gjennomførbar: Påhugget vil være anleggsteknisk middels å gjennomføre (skrått påhugg, lange forskjæringer) og/eller høyt ovenforliggende terreng som vil kreve noe tiltak knyttet til skredsikring over påhugg.
3. Vanskelig gjennomførbar: Påhugget vil være anleggsteknisk utfordrende å gjennomføre (skrått på terreng, tett mot eksisterende veg, høye og lange forskjæringer, konstruksjoner etc.) og/eller høyt ovenforliggende terreng som vil kreve tiltak knyttet til skredsikring.

Delområde	Alternativ	Påhugg	Kategori
Vest	Alle	Knarvik	3
	Alle	Hjelmås	1
	V3	Øst	3
		Vest	2
	V4	Ramper	1
	K6-3	Ramper Isdal	3
	V7C/V8	Isdal V7C	1
		Isdal V8	3
		Kort tunnel	1
		Åse	2
	V101/V102	Isdal	1
		Erstad	1

Delområde	Tunnel (alternativ)	Påhugg	Kategori
Midt	Tunnel 1 (M1, M2, M3)	Vest	1
		Øst	2
	Tunnel 2 (M1, M2, M3)	Vest	1
		Øst	2
	Tunnel M1, M2, M3-1	Vest	2
	Tunnel M1	Øst	1
	Tunnel M2	Øst	1
	Tunnel M3-1	Øst	1
	Tunnel M3-2	Vest	1
		Øst	1
	Tunnel M4-1	Vest	1
		Øst	3
	Tunnel M4-2	Vest	1
		Øst	1

Delområde	Alternativ	Påhugg	Kategori
Aust	A2 og A3	Bjørndal	1
		Eikefet	3
	A2 Ostereidet	Vest	2
		Øst	3
	A3 Ostereidet	Vest	1
		Øst	1

5 Videre undersøkelser

Omfang av videre undersøkelser og supplerende grunnundersøkelser avhenger av hvilket traséalternativ som velges for videre prosjektering. Supplerende grunnundersøkelser bør i hovedsak utføres i reguleringsplanarbeidet.

Aktuelle videre undersøkelser er oppsummert i Tabell 6.

Tabell 6: Aktuelle videre undersøkelser.

Type undersøkelse	Beskrivelse
Geofysiske undersøkelser	<p>Det anbefales at det utføres geofysiske undersøkelser der hvor det er vanskelig tilkomst for utførelse av geotekniske undersøkelser. Dette er i flest tilfeller knyttet til terrengsøkk. Spesielt aktuelt er tunneler:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alternativ M1, M2 og M3 hvor de har lav terrengoverdekning under søkk. • Alternativ M2 hvor tunnelen krysser under bekk ved Eikanger. • Alternativ A2 og A3 ved passering av søkk etter påhugg ved Bjørndal.
Geotekniske undersøkelser	<p>Supplerende geotekniske undersøkelser (totalsonderinger) bør gjennomføres langs vegtrasé i et tettere mønster for å detaljere påhuggsplasseringer. Grunnboringer bør kombineres med refraksjonsseismikk der dette er hensiktsmessig.</p>
Laboratorieanalyser	<p>Laboratorieundersøkelser av bergmassen bør gjennomføres for å vurdere bruksområde for steinmaterialet. Det skal også utføres kjemiske analyser av bergmassen for vurdering av risiko for sydedannende bergarter.</p>
Hydrogeologiske undersøkelser	<p>Det må utføres nærmere vurdering av de hydrogeologiske forholdene langs planlagt vegtrasé. Behov for hydrogeologiske undersøkelsesprogram og eventuelle grunnundersøkelser må vurderes spesielt. Krav til innlekkasje bør vurderes ytterligere basert på resultater fra grunnundersøkelsene. Det bør kartlegges private brønner i influensområdet til planlagt vegtrasé, slik at risiko for at brønner påvirkes negativt fra veg og tunnel kan vurderes.</p> <p>Alternativ K6-3: Tunnelen er planlagt med begrenset bergoverdekning under et vann, Lonena, som antagelig ligger i forbindelse med en svakhetssone i berget. Dersom det skal drives tunnel under Lonena ved Knarvik, bør det utføres kontroll av bergkvalitet og vannledningsevne i berget.</p> <p>Alternativ M2: Tunnelen er planlagt med liten overdekning under Nedgardselva, som antagelig løper langs en svakhetssone i berget. Dette gir stort potensiale for innlekkasje til tunnelen, og bergkvalitet og vannledningsevne i berget bør derfor undersøkes.</p> <p>Tunnelen er planlagt under havnivå mellom pel.nr. 2500 og 3500. Tunnelen krysser her flere mulige svakhetssoner som kan ha korrespondanse med sjøvann i Eikangervågen. Oppsprekking i berget bør kartlegges, og det bør undersøkes om det finnes innblanding av sjøvann i grunnvannet.</p>
Ingeniørgeologisk kartlegging	<p>Detaljert ingeniørgeologisk kartlegging, her med fokus på påhugg, kryss/rampeområder hvor bergoverdekning er marginal for avklaring av bergmassekvalitet, supplerende grunnundersøkelser, kartlegging av bergmassekvalitet langs tunnelstrekninger og for bergskjæringer for valgt alternativ.</p>

	<p>Dersom det fortsatt er usikkerhet knyttet til beskaffenhet av svakhetssoner, kan det også være aktuelt å gjennomføre kjerneboring fra stoff under driving av tunnel.</p> <p>Skredfaren for påhugg og veg i dagen må kartlegges i detalj og sannsynligheten for skred tallfestes.</p>
Geoteknisk kategori	Geoteknisk kategori må fastsettes for det aktuelle alternativet basert på kjennskap til grunnen etter ytterligere detaljering i neste planfase.

6 Referanser

- [1] Norsk Standard, «NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (Eurokode 0), Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner».
- [2] Norsk standard, «NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 (Eurokode 7), Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler».
- [3] Norsk Bergmekanikkgruppe, «Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergtekniks prosjektering,» 08.10.2011.
- [4] Statens vegvesen, «Håndbok N200. Vegbygging,» Vegdirektoratet, 2018.
- [5] Statens vegvesen, «Håndbok N500 Vegtunneler,» 2020.
- [6] Statens vegvesen, «Håndbok V520 Tunnelveiledning,» 2020.
- [7] NGU, «Berggrunn- og løsmassekart,» Hentet fra www.ngu.no, 2020.
- [8] NVE, «NVE Atlas,» Hentet fra atlas.nve.no, 2020.
- [9] Kartverket, «Norge i bilder,» 2020c. [Internett]. Available: www.norgeibilder.no.
- [10] Kartverket, «Norgeskart,» 2020a. [Internett]. Available: www.norgeskart.no.
- [11] Kartverket, 2020b. [Internett]. Available: www.hoydedata.no.
- [12] Norconsult AS, «R009. Kommunedelplan E39, Flatøy-Eikefettunnelen. Grunnundersøkelser. Geoteknisk datarapport,» 2020.
- [13] A. Myrvang, «Bergmekanikk,» Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU, Trondheim, 2001.
- [14] NGI, «Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter. Veileder for miljødirektoratet,» 2015.

Vedlegg

Tilhørende rapporten er det utarbeidet ingeniørgeologiske tegninger i plan og lengdeprofiler. Tegningene er utarbeidet i målestokk 1:5000 og lengdeprofilene har vertikal forsterkning tilvarende som for C-tegninger for å synliggjøre terrenget. Det er for hvert alternativ vist til et lite utvalg av tverrprofiler.

- Vedlegg 1: Sprekkekartlegging

Følgende ingeniørgeologiske tegninger er vedlagt rapporten:

Delområde	Alternativ	Tegningsnummer
Flatøy	F3	V001
Vest	V3	V002-V003
	V4	V004-V005
	V100	V006-V007
	K6-3	V008-V010
	V7C	V011-V013
	V8	V014-V016
	V101	V017-V019
	V102	V020-V022
Midt	M1	V023-V024
	M2	V025-V26
	M3	V027-V028
	M4	V029-V030
Aust	A2	V031-V032
	A3	V033-V034

Følgende tverrprofiler er vedlagt rapporten:

Alternativ	
A2 og A3	V035
K6 og V100	V036
M1 og M2	V037
M3 og M4	V038
V3 og V4	V039
V7C og V8	V040
V101 og V102	V041
F3	V042