



Fagrappport Ingeniørgeologi: Skjæringer Lyngdal Detaljregulering E39 Mandal – Lyngdal øst

LYNGDAL KOMMUNE

Oppdragsnr:	10219378
Oppdragsnavn:	E39 Mandal - Lyngdal øst
Dokument nr.:	NV42E39ML-GEO-RAP-0001
Filnavn	E39_ML_Lyngdal_Ingeniørgeologi_Skjæringer_Fagrapport

Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Revisjon gjelder	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
01	18.05.2021	1.gangsbehandling	NOVATN	NOLOHN	NOHOLL

Sammendrag

Foreliggende rapport inneholder geologisk beskrivelse av høye bergskjæringer langs ny E39 i Lyngdal kommune. Skredfare i tilknytning til veglinjen og bergskjæringene er også omtalt.

Generelt går prosjektet gjennom områder med god bergmassekvalitet. Det forventes moderat sikringsomfang i bergskjæringene. Det er stedvis et par meter med løsmasse som må håndteres på topp skjæring.

Arbeidet med berguttak må følges opp av ingeniørgeolog i byggefase for å avdekke potensielle stabilitetsmessige utfordringer.

Innhold

Sammendrag	3
1 Innledning	6
1.1 Bakgrunn	6
1.2 Rapportens innhold.....	6
1.3 Geoteknisk kategori	7
2 Bergskjæringer.....	9
2.1 Utforming av grøft og skjæringsprofil.....	10
2.2 Totalstabilitet i bergskjæringer.....	10
2.3 Sikring av skjæringer i berg og stabilitet.....	10
3 Grunnlag og utførte undersøkelser	12
3.1 Grunnlag	12
3.2 Tidligere undersøkelser	13
3.3 Utførte undersøkelser	14
4 Grunnforhold i planområdet	15
4.1 Topografi.....	15
4.2 Kvartærgeologi	15
4.3 Berggrunnsgeologi.....	15
4.4 Steinmaterialets kvalitet.....	16
4.5 Borbarhet og sprengbarhet.....	17
5 Flaten (profil 22 780-22 940).....	18
5.1 Innledning	18
5.2 Faktadel: Grunnforhold	18
5.3 Tolkningsdel: Ingeniørgeologiske vurderinger.....	21
6 Bekkedalsheia (profil 23 865-24 055)	23
6.1 Innledning	23
6.2 Faktadel: Grunnforhold	23
6.3 Tolkningsdel: Ingeniørgeologiske vurderinger.....	27
7 Optedal/Loppneset, lokalveg.....	29
7.1 Innledning	29
7.2 Fakta: Grunnforhold.....	29
7.3 Tolkningsdel: Ingeniørgeologiske vurderinger.....	31
8 Vottebakken (profil 24 950-25 010).....	34
8.1 Innledning	34
8.2 Faktadel: Grunnforhold	34
8.3 Tolkningsdel: Ingeniørgeologiske vurderinger.....	35
9 Kvaliteten på steinmaterialet	37
9.1 Steinkvalitet	37
9.2 Borbarhet og sprengbarhet.....	37
10 Usikkerheter og anbefalinger	37
10.1 Usikkerheter.....	37

10.2 Videre undersøkelser.....	37
10.3 Ingeniørgeologisk kompetanse i byggefasen	37
11 Referanser	38

Vedlegg

Vedlegg 1: Oversiktskart over bergskjæringer

Vedlegg 2: Ingeniørgeologiske tegninger – Plan og tverrprofil

Vedlegg 3: Resultater steinkvalitet

Vedlegg 4: Aktomhetskart skred

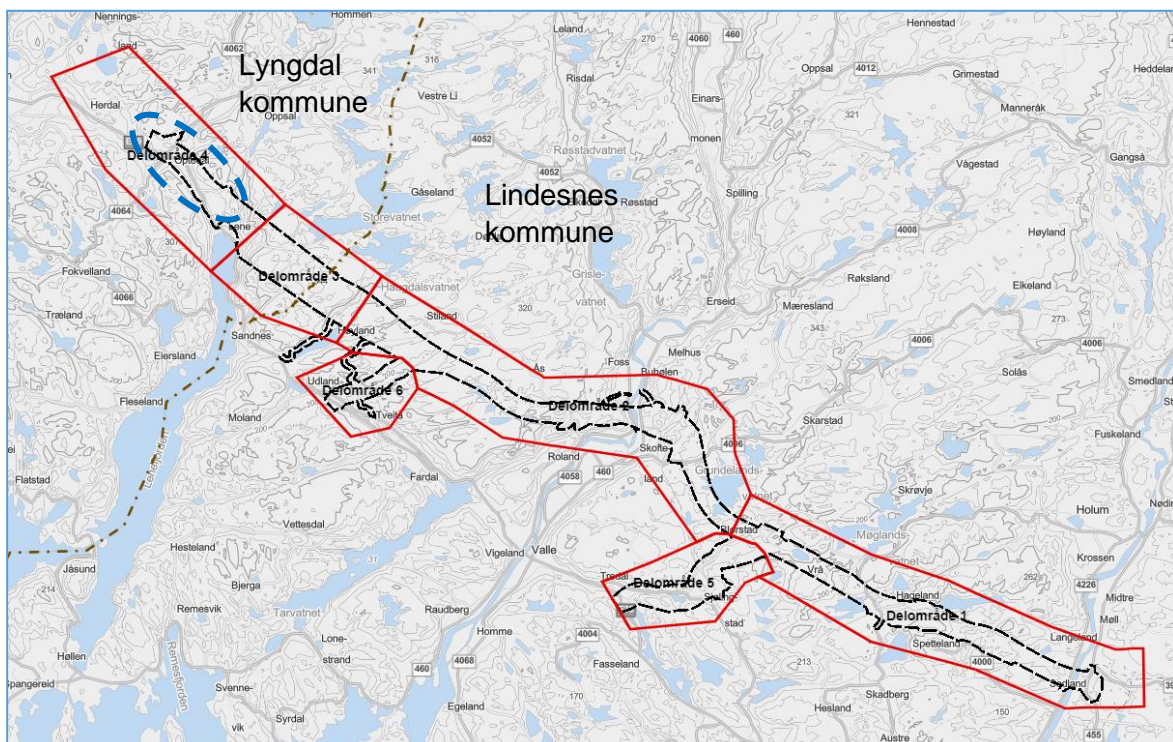
1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Sweco utarbeider på oppdrag fra Nye Veier AS detaljreguleringsplan for E39 Mandal – Lyngdal øst. Nåværende E39 mellom Kristiansand og Stavanger er om lag 208 km lang og har ikke god nok standard i henhold til dagens trafikkmengde og trafikkavvikling. Det er høy årsdøgnetrafikk (ÅDT) og mange trafikkulykker på strekningen. Dette er bakgrunnen for at nåværende E39 skal erstattes med ny, trafiksikker firefelts motorvei med fartsgrense 110 km/t. Ny motorvei vil gi vesentlig kortere reisetid for brukere, og dermed knytte Agder og Rogaland tettere sammen som felles bo- og arbeidsmarked.

Planområdet er totalt om lag 25 kilometer og strekker seg fra Mandalselva i Lindesnes kommune til Herdal i Lyngdal kommune (Figur 1). Det ligger nord for nåværende E39 og går hovedsakelig gjennom naturområder. Strekningen i Lyngdal kommune er på ca. 4,8 km.

Hele prosjektområdet er delt inn i 6 delområder. Totalt i prosjektet planlegges det 3 tunneler og over 10 000 løpemeter med høye bergskjæringer. Omtrent 600 meter av disse er lokalisert i Lyngdal kommune.



Figur 1: Oversiktskart over hele prosjektområdet. Mandalselva til høyre og Herdal til venstre. Skjæringene i Lyngdal kommune er lokalisert innenfor den blå sirkelen i vest.

1.2 Rapportens innhold

Foreliggende rapport omhandler de geologiske forholdene for bergskjæringer med høyde over 10 meter fra ferdig veg, i Lyngdal kommune. Det utgjør omtrent 500 løpemeter langs E39 og

ca. 100 løpemeter langs lokalveger. I tillegg er skredfare omtalt i de områder det er aktuelt. Forskjæringene i tilknytning til Eikeråsheiattunnelen er behandlet i egen rapport [1].

Rapporten er basert på disposisjon fra SVVs håndbok N200 [2]. For hvert område er teksten delt inn en faktadel og en tolkningsdel. Rapporten baserer seg på faglige vurderinger, feltobservasjoner, grunnundersøkelser og eksisterende kart- og bildedatabaser.

1.3 Geoteknisk kategori

Geoteknisk kategori (GK) har betydning for utførelse under planlegging, bygging og drift av prosjektet. Geoteknisk kategori og kontrollnivå skal angis i henhold til Eurokode 7 [3]. Den er en funksjon av vanskelighetsgrad og pålitelighetsklasse, og er gitt av Tabell 1.

Tabell 1: Definisjon av geoteknisk kategori [3].

Pålitelighetsklasse	Vanskelighetsgrad		
	Lav	Middels	Høy
CC/RC 1	1	1	2
CC/RC 2	1	2	2/3
CC/RC 3	2	2/3	3
CC/RC 4*	*	*	*

* Vurderes særskilt

Vanskelighetsgraden avhenger av grunnforholdenes kompleksitet og type prosjekt, og klassifiseres som angitt i Tabell 2.

Tabell 2: Klassifisering av vanskelighetsgrad [3].

Vanskelighetsgrad	Beskrivelse
Lav	Oversiktlige og enkle grunnforhold eller et prosjekt som er lite påvirket av grunnforholdene. Ingen eller bare enkle grunnundersøkelser kreves for å fastlegge eventuelle nødvendige geotekniske parametere. Tilfredsstillende erfaringer fra tilsvarende grunnforhold og konstruksjoner kan dokumenteres.
Middels	Uoversiktlige eller vanskelige grunnforhold og et prosjekt som er påvirket av grunnforholdene. Metoder for fastleggelse av grunnforhold og for dimensjonering er godt utviklet. Tilfredsstillende erfaringer fra tilsvarende grunnforhold og konstruksjoner kan dokumenteres.
Høy	Uoversiktlige eller vanskelige grunnforhold og et prosjekt som er påvirket av grunnforholdene. Metoder for fastleggelse av pålitelige parametere eller for dimensjonering er lite utviklet. Bare begrensede erfaringer fra tilsvarende grunnforhold og konstruksjoner kan dokumenteres.

For valg av pålitelighetsklasse refereres til NS-EN 1990 og tabell NA.A1 (901) i nasjonalt tillegg, se Tabell 3.

Tabell 3: Gjengitt fra tabell NA.A1 i nasjonalt tillegg til NS-EN 1990 [4].

Veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler	Pålitelighetsklasse(CC/RC)			
	1	2	3	4
Atomreaktor, lager for radioaktiv avfall				x
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller 1)		(x)	x	(x)
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i enkle og oversiktlige forhold 1)	x	(x)		
Ved vurdering av pålitelighetsklasse for grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg skal det også tas hensyn til omkringliggende områder og byggverk				

I henhold til håndbok N200 [2] skal bergskjæringer med høyde over 10 meter plasseres i geoteknisk kategori 3.

Alle de høye bergskjæringene i prosjektet er av en slik kompleksitet at de er vurdert til middels vanskelighetsgrad og pålitelighetsklasse CC/RC3, noe som gir geoteknisk kategori 3. Øvrige bergskjæringer med høyde opp til 10 meter vurderes til vanskelighetsgrad middels og pålitelighetsklasse CC/RC2 som resulterer i geoteknisk kategori 2.

For bergskjæringene benyttes prosjektering ved beregning, prosjektering ved konstruktive tiltak og observasjonsmetoden. For størstedelen av strekningen benyttes erfaring, normal praksis og etablerte klassifiseringssystem med tilhørende bergsikring for å oppnå tilfredsstillende stabilitet.

Avhengig av pålitelighetsklasse CC/RC stilles krav til prosjekteringskontrollklasse (PKK) med tilhørende krav til kontrollform slik det fremgår av Tabell 4 nedenfor. For CC/RC2 og CC/RC3 stilles PKK krav til egenkontroll, intern systematisk kontroll og utvidet kontroll.

Tabell 4: Valg av prosjekteringskontrollklasse og krav til kontrollform ved prosjektering, tabell NA-A (902) i NS-EN 1990 [4].

Valg av prosjekteringskontroll-klasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighets-klasse	Minste prosjekterings-kontrollklasse	Egenkontroll	Intern systematisk kontroll	Utvidet kontroll
CC/RC1	PKK1	Kreves	Kreves ikke	Kreves ikke
CC/RC2	PKK2	Kreves	Kreves	Kreves
CC/RC3	PKK3	Kreves	Kreves	Kreves
CC/RC4	Skal spesifiseres	Kreves	Kreves	Kreves

2 Bergskjæringer

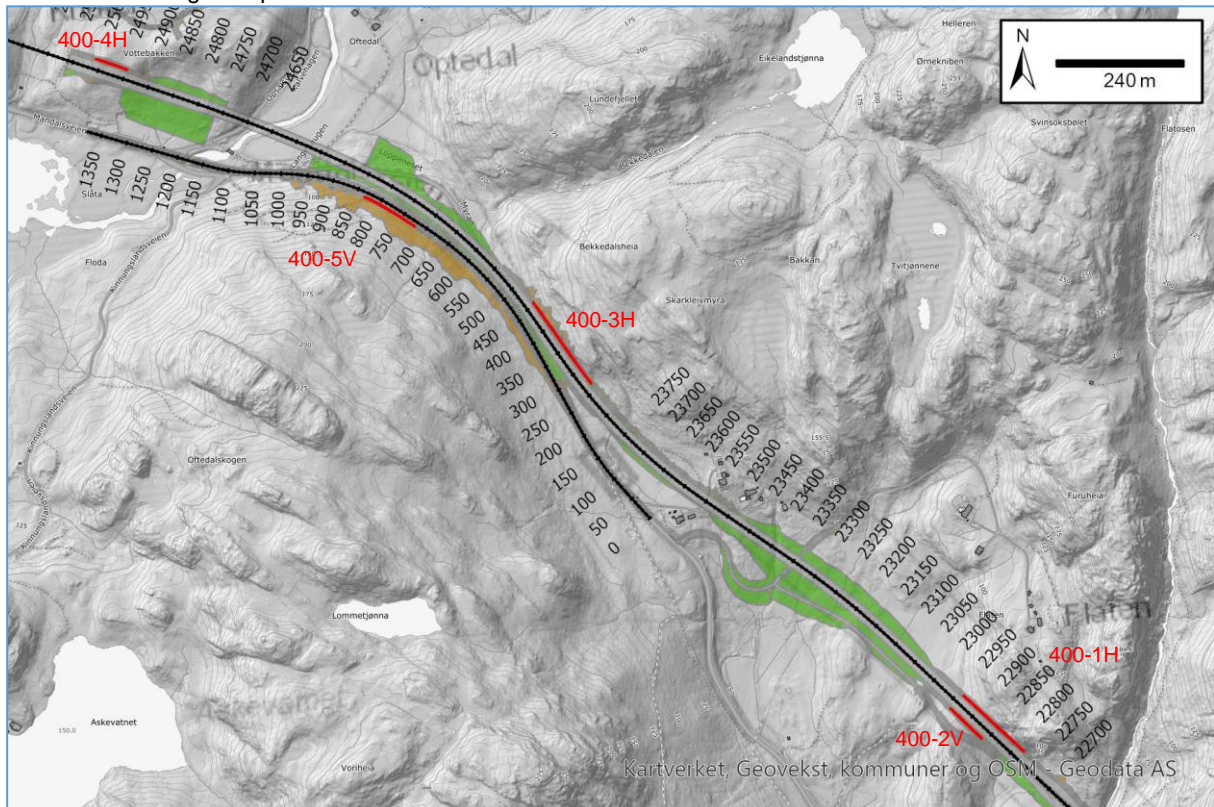
Det er planlagt høye bergskjæringer i fire områder. Tre av disse er langs ny E39 og en er langs ny lokalveg sørvest for ny E39. Totalt skal det sprenges ut i overkant av 600 meter skjæring som får høyde på over 10 meter. Oversikt over utredete bergskjæringer er vist i Tabell 5 og Figur 2. Profileringen for hovedlinjen gjennom prosjektet går fra øst og stiger mot vest.

Hver bergskjæring er gitt en egen ID. Den er først definert ut i fra hvilket delområde den ligger i (Figur 1). Deretter er skjæringene nummerert fra øst til vest langs veglinjen, og angitt med høyre eller venstre side sett med stigende profilretning. Oversikt over skjæringene med skjæringsID er vist i Vedlegg 1.

Tabell 5: Oversikt over høye bergskjæringer i Lyngdal kommune.

Område	Skjærings ID	Fra profil	Til profil	Lengde [m]	Side*	Vegreferanse	Maks høyde [m]
Flaten	400-1H	22780	22940	160	H	E39	22
Flaten	400-2V	22855	22940	85	V	E39	17
Bekkedalsheia	400-3H	23865	24055	190	H	E39	16
Vottebakken	400-4H	24950	25010	60	H	E39	15
Optedal/ Loppeneset	400-5V	720	835	115	V	Lokalveg, veglinje 24000	16

*side sett med stigende profilnummer.



Figur 2: Oversikt over planlagte høye bergskjæringer (rød strek) i Lyngdal kommune.

2.1 Utforming av grøft og skjæringsprofil

Grøft og skjæring i berg skal for vegskjæringer utformes etter kravene i håndbok N200 [2]. Bergskjæringen skal utformes med helning 10:1 eller brattere. Dersom det forekommer lagdeling eller andre svakheter i bergmassen, må det vurderes i hvert tilfelle om det er hensiktsmessig å utforme skjæringen langs disse.

Geometrisk utforming av forskjæringer og påhuggsflate må bl.a. ta hensyn til [2]:

- Skjæringshøyde
- Evt. svakhetssoner/slepper, geologi
- Inngrep i foten av høye skråninger/fjellsider som kan føre til stabilitetsproblemer
- Terreng over skjæring (skredfare/stabilitet)

Generelt er det lagt opp til maksimalt 15 meter høye paller med 1,5 meter hylle mellom. Ved høyde over 30 meter, legges det inn en hylle med 4 meters bredde før neste pall. I denne rapporten er det gjort enkeltvis vurdering av de ulike bergskjæringene basert på kartlagte sprekker, slik at utformingen av hylle vurderes i hvert tilfelle.

Bredde på fanggrøften er avhengig av høyde og helning på bergskjæringen. Ved 15 meter høy skjæring langs veg, skal bredden være minimum 5,2 meter iht. figur 222.2 i N200 [2].

2.2 Totalstabilitet i bergskjæringer

For å sikre god kontroll med stabiliteten i bergskjæringene er det viktig at følgende punkter følges opp under sprengningsarbeidet:

- Kartlegging og registrering av gjennomgående sprekkesett som kan påvirke totalstabiliteten.
- Vurdere om det er hensiktsmessig å utforme bergskjæringen etter lagdeling eller andre svake lag i bergmassen.
- Vurdere behov for forbolter.
- Vurdere behov for konturboring (tettere enn standard hullavstand) og sømboring.
- Pallhøyde og boret lengde bør ikke overstige 15 meter.
- Bergsikring må utføres suksessivt etter hvert som berg tas ut.

2.3 Sikring av skjæringer i berg og stabilitet

Skjæringene skal sikres slik at det ikke forekommer nedfall på vegbanen. Sikring bør etableres slik at man unngår rensk og annen sikring de første 20 årene [2]. Vanlige sikringsmetoder for skjæringer i berg er rensk, boltesikring, steinsprangnett og sprøytebetong.

Rensk: Det skal utføres maskinell rensk av skjæringen etter utsprengning. Arbeidet må utføres skånsomt for å ikke rive opp berget unødvendig. Låseblokker må ikke renskes ned, men boltesikres. Avslutningsvis skal det gjennomføres manuell rensk med spett.

Sikringsbolter: Det forventes behov for bolting i alle bergskjæringene. Boltetype og lengde må vurderes basert på geologiske forhold i hver enkelt skjæring. Normalt benyttes fullt innstøpte kamstålbolter med diameter Ø20-32mm. Lengde på boltene er normalt 2,4 til 6 meter. Ved

behov for umiddelbar sikring bør kombinasjonsbolter benyttes slik at de kan inngå i den permanente sikringen.

Steinsprangnett: I områder med svært oppsprukket berg og fare for mindre nedfall må steinsprangnett vurderes. Nettet skal være tredd med wire eller bånd i topp og i bunn. I bunn skal nettet lukkes for å hindre nedfall i grøft.

Sprøytebetong: Sprøytebetong kan benyttes som et alternativ til steinsprangnett der berget er svært oppknust. Det må bores dreneringshull gjennom sprøytebetongen for hindre oppbygging av poretrykk bak betongen.

Forbolter: Forbolter med lengde 6-8 meter kan benyttes for å hindre bakbryting og bidra til totalstabiliteten. Forbolter regnes ikke som permanent sikringstiltak.

Vann i bergskjæring: I tilfeller der bekkeløp eller større vannmengder krysser skjæringen vil det kunne oppstå problemer med iskjøving. Aktuelle tiltak er å kontrollere nedføringen av vann ved hjelp av dreneringsgrøfter og utsprengte nisjer i bergskjæringen. Ved vannsig over større områder i skjæringen bør isnett vurderes.

Fanggjerde: Fanggjerde benyttes for å hindre nedfall fra overliggende terreng i å nå vegbanen. Høyde og kapasitet på fanggjerde bestemmes og vurderes basert på størrelse på mulig nedfall og underlaget/skråningshelning.

Sikring av løsmasser topp skjæring: Løsmasser og vegetasjon skal renskes minst 2 meter ut fra prosjektert skjæringstopp. Løsmasser overfor skjæringstopp skal utformes med stabil graveskråning eller stabilitetssikres med f. eks. betongmur.

3 Grunnlag og utførte undersøkelser

3.1 Grunnlag

3.1.1 Kart- og bildedatabaser

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

- Berggrunnskart fra NGU i 1:250.000-skala og 1:50.000-skala [5]
- Kwartærgeologisk kart fra NGU [6].
- Grunnvannsdatabase GRANADA fra NGU [7].
- Skredhendelser og aktsomhetskart fra NVE [8].
- Vegkart, database hos Statens vegvesen [9].
- Aktsomhetskart for Radon fra NGU [10].
- Nettbasert kartverktøy: «Norgebilder», «Norgei3D», «Norgeskart», «Google Maps».
- GEODATA – Grunnlagkart i WMS-løsning av tilgjengelige kartdata fra kartverket [11]
- Kart over naturtyper, miljøstatus fra Miljødirektoratet [12].

3.1.2 Retningslinjer og krav

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 [13].
- Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 1 Allmenne regler NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 [14].
- Veileder til bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering [15].
- Statens vegvesen Håndbok N200 Vegbygging [2]
- Statens vegvesen Håndbok R760 Styring av vegprosjekter [16].
- NGI, Bruk av Q-systemet. Bergmasseklassifisering og bergforsterkning [17].
- Statens vegvesen Håndbok V225 Bergskjæringer [18]

3.1.3 Sikkerhet mot skred

Sikkerhet mot skred er omtalt i håndbok N200 [2]. Basert på samlet skredsannsynlighet pr. km veg og dimensjonerende trafikkmengde skal det velges sikkerhetsnivå (restrisiko). Restrisikoen skal være lavere enn tolererbar skredsannsynlighet og bør være lavere enn akseptabel skredsannsynlighet gitt i Figur 3. I valg av endelig sikkerhetsnivå skal det legges vekt på skredintensitet og skadepotensiale fra skred, konsekvenser av stengt veg regionalt og lokalt, samt kostnader for å oppnå ulike sikkerhetsnivå.

Ved framskriving av trafikkmengde neste 20 år er ÅDT for ny E39 oppgitt til >8000. Det er derfor lagt til grunn at veganlegget ikke skal ha større årlig nominell sannsynlighet for skred enn 1/1000 (Figur 3).

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

Figur 3. Matrise som angir sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på veg [2].

Ved Loppeneset/Optedal vil nåværende E39 bli omgjort til en lokalveg etter at ny E39 er ferdig. Denne har lavere ÅDT enn E39 (Tabell 6).

Tabell 6: Forventet ÅDT langs vegene i prosjektet.

Veg	ÅDT	Akseptabel skredsannsynlighet	Tolererbar skredsannsynlighet
E39	>8000	1/1000	1/100
Lokalveg, linje 24000	Ca. 1700 (700 dersom tilførselsveg ved Udland bygges)	1/50	1/20

I enkelte områder av prosjektet ligger planlagte veger innenfor NVEs aktsomhetssoner for skred [8]. Dette er vist i Vedlegg 4. Skredfaren er omtalt i kapitlene om de enkelte skjæringene.

Skredvurderingene er utført ved hjelp av terrengeanalyser, klimaanalyse, befaringer i felt, modelleringer av skred og faglig skjønn. Skredtypene som er vurdert er steinsprang, steinskred, snøskred, sørpeskred, jordskred og flomskred [19]. Kvikkleireskred og fjellskred er ikke vurdert spesifikt, da årlig nominell sannsynlighet for slike skredtyper vanskelig kan fastsettes. Det er ikke gjort observasjoner som tilsier at kvikkleireskred og fjellskred er en relevant problemstilling i området.

3.2 Tidligere undersøkelser

Det ble utarbeidet en teknisk fagrapport for ingeniørgeologi i forbindelse med områderegulering [20]. Her ble det gjennomført befaringer til kritiske områder. Det ble utført sprekkekartlegging, skredvurdering, seismikk og geotekniske borer.

Det ble i kommunedelplanfasen også utarbeidet geologiske rapporter, men disse er lokalisert vest og sør for nåværende planområde, og er dermed ikke aktuelle lenger.

3.3 Utførte undersøkelser

3.3.1 Feltbefaring

I denne planfasen er det gjennomført flere befaringer av områdene med høye bergskjæringer og av områder med potensiell skredfare. Befaringene er gjennomført i perioden november 2020 til mars 2021.

På befaring er veggrunnet lagt inn i ArcGIS programvare slik at data kan tas med ut i felt på mobil eller nettbrett. Sprekkekartlegging er utført med høyrehåndsregelen og sprekke-data er i rapporten oppgitt som strøk og fall.

3.3.2 Seismikk

I områdereguleringen ble det gjennomført refraksjonsseismikk i skråningen på sørvestsiden av nåværende E39 ved Loppeset. Undersøkelsen viser at mektigheten på løsmassene i skråningen er 5-10 meter .

I detaljreguleringsfasen er det gjennomført supplerende seismikkundersøkelser knyttet til Eikeråsheitunnelen.

3.3.3 Grunnboringer

Det er utført grunnboringer ved Optedal, ved Flaten, ved Haddeland og i ved østlig påhugg for Eikeråsheitunnelen ved Haugdal. Utdypende informasjon om grunnboringer er gitt i geoteknisk rapport [21].

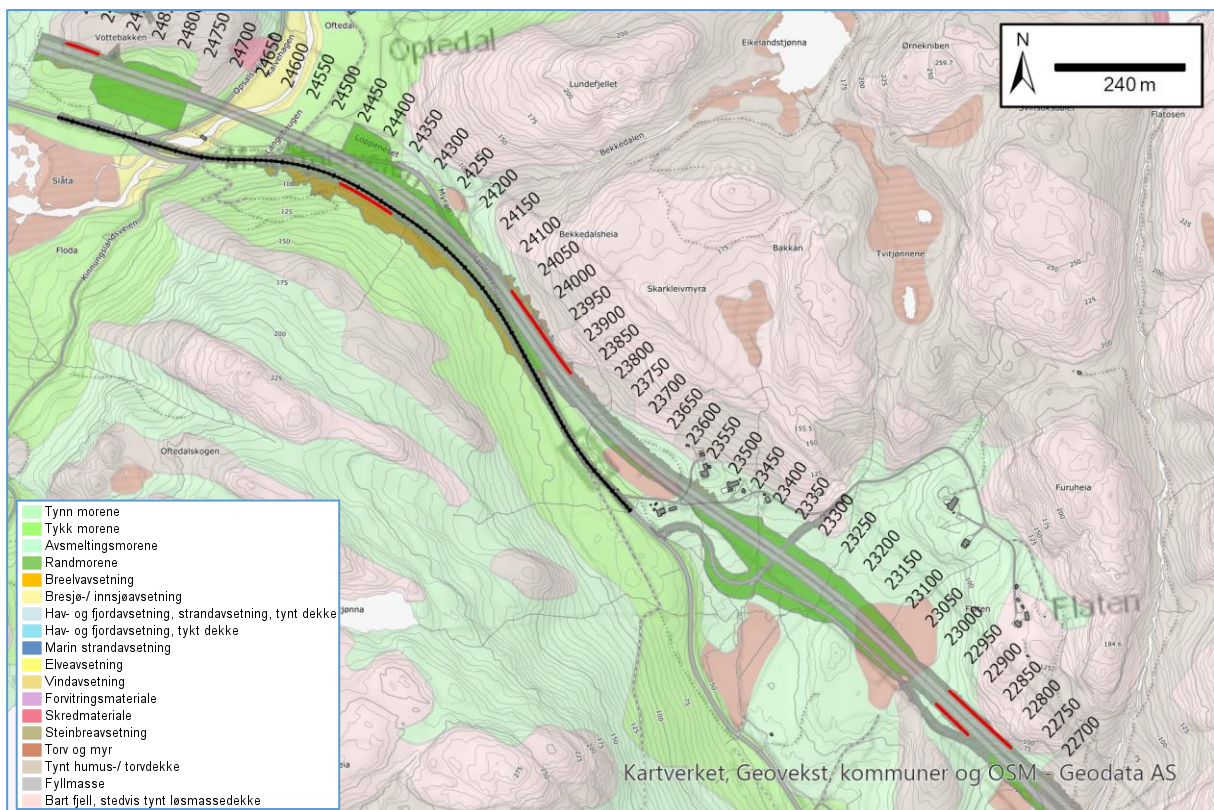
4 Grunnforhold i planområdet

4.1 Topografi

Planlagt E39 følge det samme dalsøkket som nåværende E39 ligger i. I sørlig del ligger den noe høyere opp i dalsiden da veglinjen kommer ut av ny tunnel her. Det bli en veksling mellom skjæring og fylling gjennom småkupert terreng, før veglinjen kommer ned på nivå med nåværende E39.

4.2 Kvartærgeologi

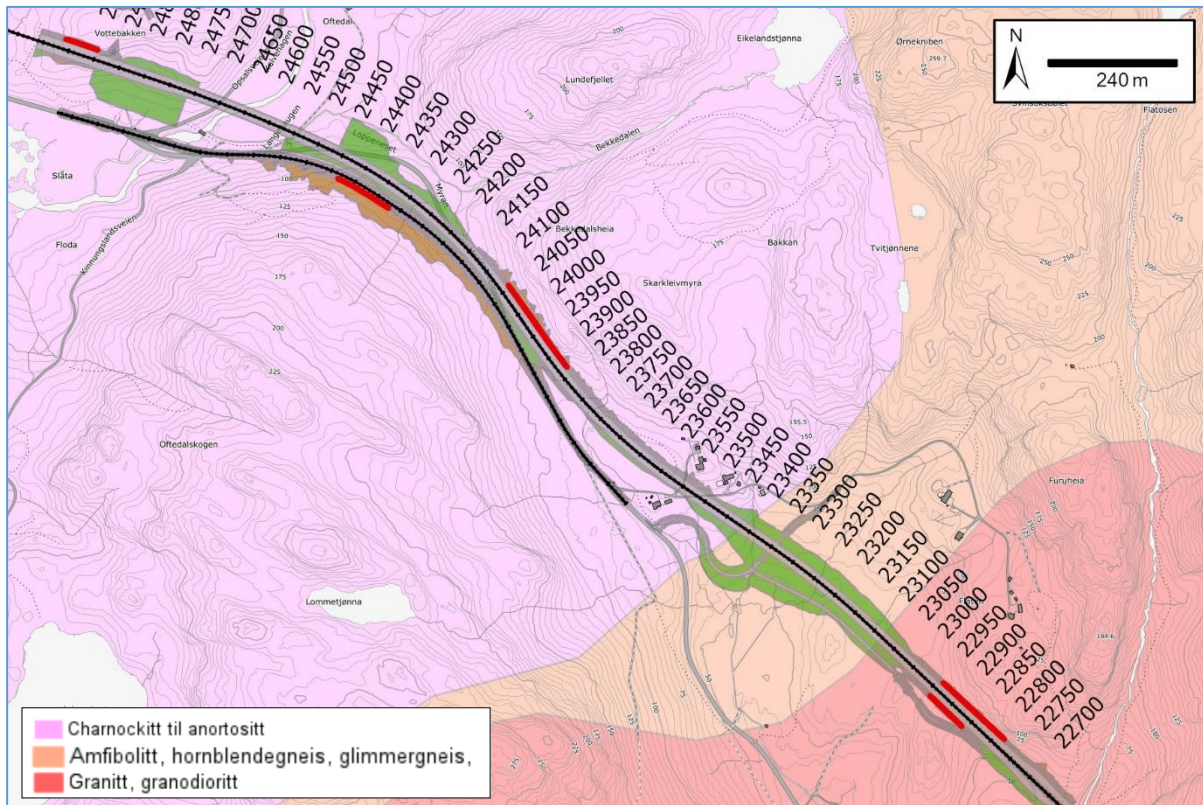
I dalsøkket langs planlagt veglinje er løsmassene kartlagt som tynne moreneavsetninger. Oppover sørlig dalside er det noe tykkere moreneavsetning. Ved Optedal er det elveavsatt materiale, mens de høyereliggende områdene i hovedsak domineres av torv og myr og berg i dagen (Figur 4).



Figur 4: Oversikt over løsmasser i planområdet kartlagt av NGU [6]. Røde streker viser planlagte bergskjæringer.

4.3 Berggrunnsgeologi

I østlig del består berggrunnen av prekambriske granitter (hornblende- og biotittgranitt) (Figur 5). Vest for granitten ligger en sone med amfibolitt og hornblendegneis. Det skal ikke etableres bergskjæringer i denne bergarten. Berggrunnen lengst i vest består i hovedsak av charnockitt.



Figur 5: Berggrunnsgeologisk over området, 1:250 000 fra NGU [5]. Røde streker viser planlagte bergskjæringer.

4.4 Steinmaterialets kvalitet

Bergskjæringene skal etableres i granitt og charnockitt (pyroksenholdig granitt). Det er utført test av steinmaterialet fra to områder over Eikeråsheiatunnelen som skal drives i granitt. Resultatene er gitt i Tabell 7. Den ene prøven er innenfor kravene, og den andre er så vidt utenfor.

På direktoratet for mineralforvaltning sine websider finnes det informasjon om utførte tester av forskjellig bergarter i nærheten av prosjektområdet. I 2007 ble det utført tester på charnockitt fra Akersmyr industriområde som er ca. 2,5 km vest for den vestligste bergskjæringen i prosjektet. Selv om resultatene ikke er direkte overførbare, gir de en indikasjon på hvilken kvalitet en kan forvente. Resultatene viser at bergartstypen er egnet til bruk i bærelag. Kravene til bruk i bærelag er LA-verdi < 35 og MD-verdi < 15.

Tabell 7: Resultatet av granittprøve over Eikeråsheiatunnelen og charnockittprøve fra Akersmyr industriområde.

Bergart	Årstall	Prøve nr.	Lokalitet	LA	MD
Granitt	2021		Eikeråsheiatunnelen, Grummedal	24	12
Granitt	2021		Eikeråsheiatunnelen, Haddeland	36	15

Charnockitt	2007		Akersmyr industriområde	15	9,7
-------------	------	--	-------------------------	----	-----

4.5 Borbarhet og sprengbarhet

Borbarhet er definert ved indeksene DRI (Drilling Rate Index, borbarhetsindeks) og BWI (Bit Wear Index, borslitasjeindeks). Avhengig av testresultat klassifiseres bergarten i kategorier fra 'ekstremt lav' til 'ekstremt høy'. Sprengbarhet beskrives ved sprengbarhetsindeksen, SPR. Indeksen er et mål på sprengstofforbruk (kg/m^3) for å oppnå en gitt fragmentering ($d_{50} = 270$ mm). SPR-skalaen til bergarten fastsettes som god, middels eller dårlig.

Det er ikke utført tester for å beregne/fastsette DRI, BWI eller SPR for dette prosjektet. Det er derfor benyttet erfaringsdata fra testing av tilsvarende bergarter (granitt).

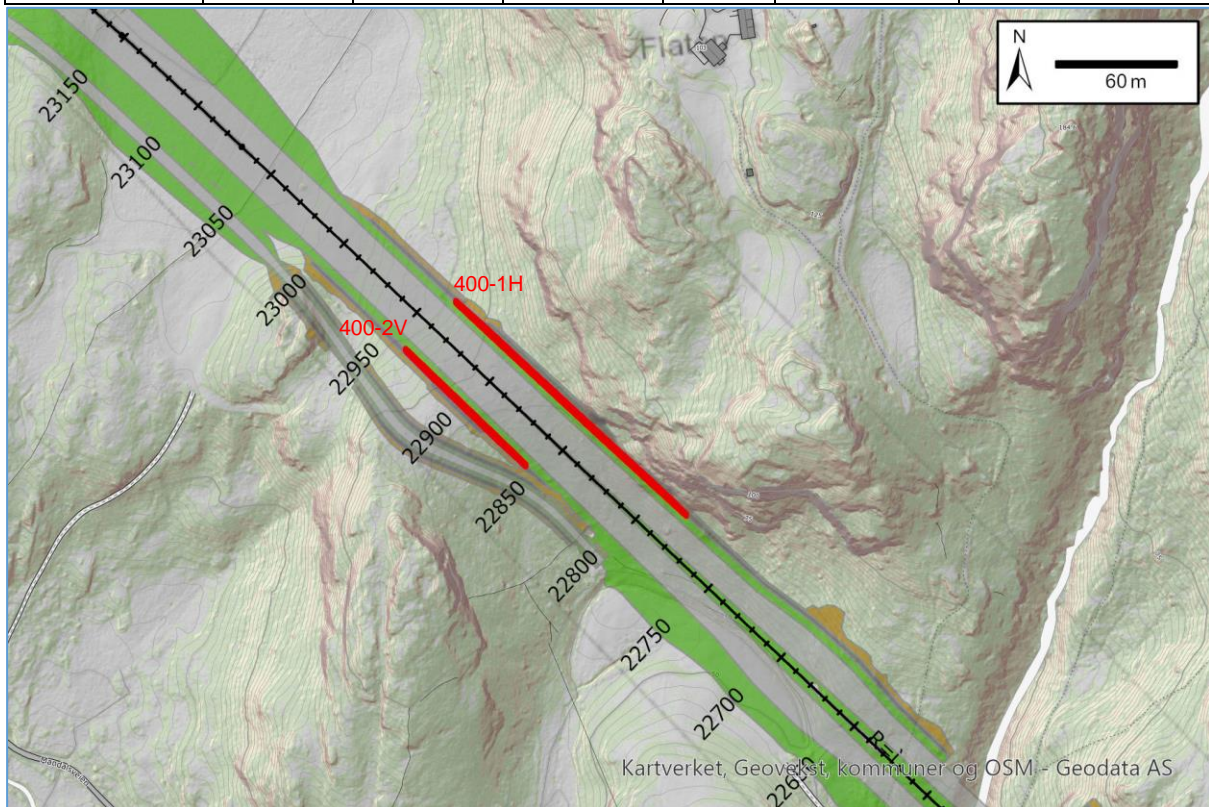
5 Flaten (profil 22 780-22 940)

5.1 Innledning

På Flaten vil det bli en tosidig bergskjæring langs ny E39 som får høyder over 20 meter på høyresiden. Detaljer om skjæringene er gitt i Tabell 8. På sørvestsiden av E39 skal det etableres en lokalveg (Figur 6). Også denne får tosidige bergskjæring, men høyden er under 10 meter. Ingeniørgeologisk kart og profil er vist i Vedlegg 2, tegning V4101.

Tabell 8: Bergskjæring med høyde over 10 meter ved Flaten.

SkjæringsID:	Fra pr.	Til pr.	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Kommentar
400-1H	22 780	22 940	160	H	22	Sidebratt terreng
400-2V	22 855	22 940	85	V	17	



Figur 6: Oversikt over E39 og lokalveg ved Flaten. Rød strek indikerer områder der bergskjæringene får høyde over 10 meter. Terrenghelning er angitt med grønt (10-30°), gult (30-45°), oransje (45-60°) og rødt (60-90°).

5.2 Faktadel: Grunnforhold

5.2.1 Topografi

Veglinjene skjærer seg gjennom en botnformasjon og en ryggformasjon. På nordøstsiden av hovedveglinjen er det bratt sideterreng. Total høyde på bergskrentene er ca. 40-45 meter.

5.2.2 Løsmasser

Ifølge NGU består løsmassene i botn av tynt dekke med morenemateriale [6]. Det er observert en del rasmateriale i underkant av bergskrenten i nordøst. På det høyeste punktet av ryggen er det ikke observert berg i dagen (rundt profil 22 950).

5.2.3 Berggrunn og oppsprekking

Ifølge NGU består berggrunnen av granitt, stedvis biotittførende [5]. I felt er det observert en generelt massiv granitt med lav oppsprekkingsgrad på sørvestlig side av veglinjen. Bergskrenten på nordøstlig side er noe mer oppsprukket, spesielt i øvre deler (Figur 7).

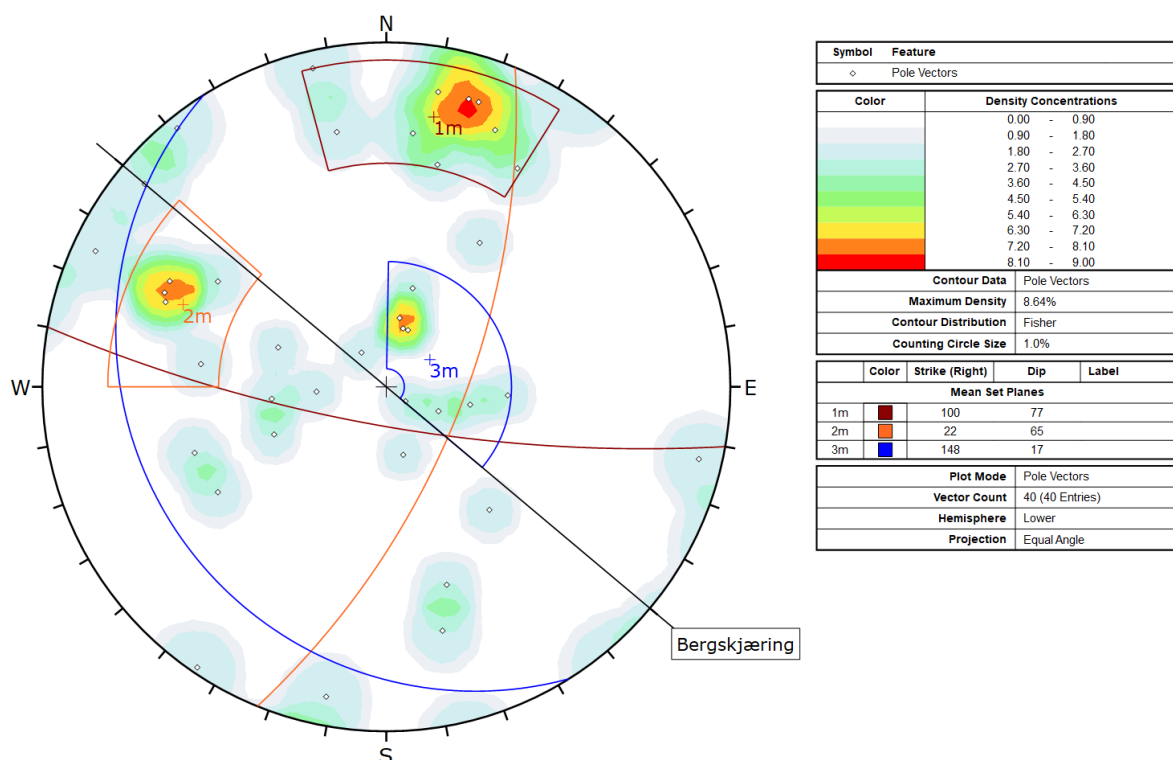


Figur 7: Bergskrenten i overkant av høyre bergskjæring. Bildet er tatt mot nord.

Det er kartlagt to sprekkesett og en del tilfeldige sprekker (Tabell 9 og Figur 8). Hovedsprekkesettet har fall på 75-80° mot sør. Det andre faller omtrent 70° mot øst. De tilfeldige sprekkeene er generelt slakere enn de to registrerte settene.

Tabell 9: Detaljer om registrerte sprekesett ved Flaten.

Sprekkesett	Strøk/fall	Kommentar
1m	100°/77° mot S	Bølget, ru overflate. Sprekkeavstanden er fra 1 til 3 meter.
2m	022°/65° mot Ø	Plan, ru sprekkeloverflate. Sprekkeavstand på 1-2 meter.
3m	148°/17° mot SV	



Figur 8: Stereonett av sprekkemålinger utført ved Flaten. Det er registrert to sprekesett i tillegg til mange tilfeldige sprekker.

5.2.4 Vannforhold

Det er observert noe vann i den nordøstlige bergskrenten.

5.2.5 Skredfare

Sørlig del av skjæringene og veglinjen ligger i aktsomhetsområde for steinsprang og snøskred ifølge aktsomhetskartene fra NVE [8](Vedlegg 4). Det er observert avgrensede bergpartier i bergskrenten i overkant av bergskjæringen på høyre side (Figur 7).

5.3 Tolkningsdel: Ingeniørgeologiske vurderinger

5.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Det er potensiale for planutglidning langs enkelte sprekker i sprekkesett 1m i høyre skjæring. Sprekkesett 2m har en forholdsvis gunstig orientering ved at det faller langs med skjæringene på begge sider (mot Ø-SØ). Det vil være potensiale for kileutglidninger ved kombinasjoner av de kartlagte sprekkesettene, spesielt i høyre skjæring.

5.3.2 Sikring av berg og løsmasser

Løsmassene i området må graves av. Urmassene under nordøstlig bergskrent må fjernes på en kontrollert måte ovenfra og ned. Eventuell sikring av løsmasser på toppen av skjæringene må prosjekteres i byggefasen.

Det forventes behov for bergsikring i skjæringene. I første omgang spredt boltesikring. Siden det ble observert noe iskjøving på befaring, kan det være det blir nødvendig med isnett i skjæringen.

I tillegg må det forventes ganske omfattende skredsikring av overliggende terreng. Se neste avsnitt om skredfare.

5.3.3 Skredfare

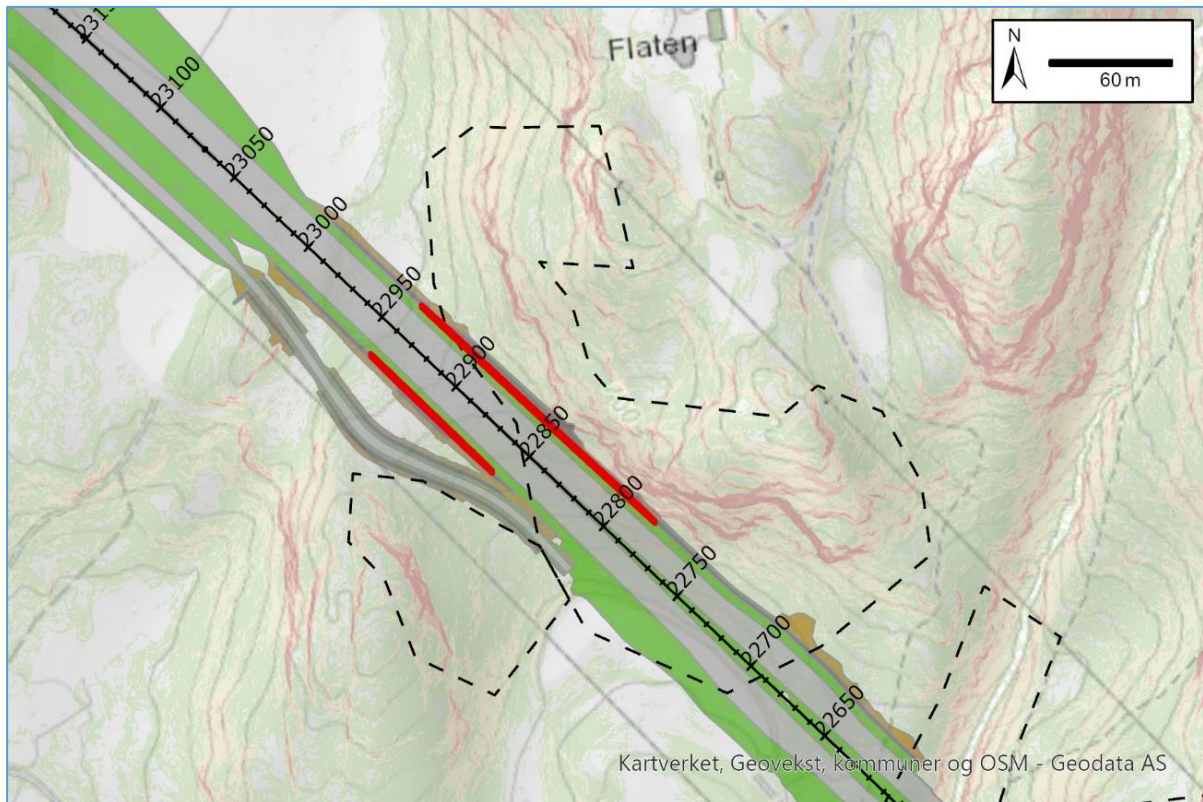
Steinsprang:

Det er observert avgrensede bergpartier i bergskrentene på nordøstsiden av veglinjen. Sannsynligheten for steinsprang fra bergskrentene vurderes som større enn 1/100, og det må utføres tiltak i forkant av arbeidet med bergskjæringene og veglinjen under. Området som må sikres/vurderes er vist i Figur 9. Det må utføres vegetasjonsrensk, spettrensk og boltesikring i bergskrenten. På grunn av bergskrentens høyde må det trolig utføres første rensk og sikring fra tau, og deretter fra kran/lift lenger nede. Geolog må anwise bergsikring på stedet etter at vegetasjonsrensk er utført.

Bergskrenten på venstresiden av veglinjen er i mindre grad oppsprukket, men det kan ikke utelukkes at det kan skje nedfall fra denne også. Her må det også utføres rensk og eventuell boltesikring.

Snøskred:

Veglinjen ligger i utløpsområde for snøskred. Det finnes enkelte partier med egnet bratthet, men basert på begrenset størrelse, ruhet i terrenget og at det er noe skog som vil binde snødekket, vurderes snøskred å være lite aktuelt innenfor gjeldene krav til skredsikkerhet.



Figur 9: Stiplede polygoner er områder som må vurderes, og eventuelt renskes og sikres.

5.3.4 Omgivelser

Det er ingen bygg, brønner eller installasjoner i nærheten.

5.3.5 Videre arbeid

Det er planlagt grunnboring på ryggen rundt profil 22 950 for å finne dybde til berg her.

Det bør utføres ytterligere ingeniørgeologisk kartlegging av bergmassen i området og det må gjøres detaljert kartlegging og vurdering av sikringstiltak i bergskrentene over skjæringene.

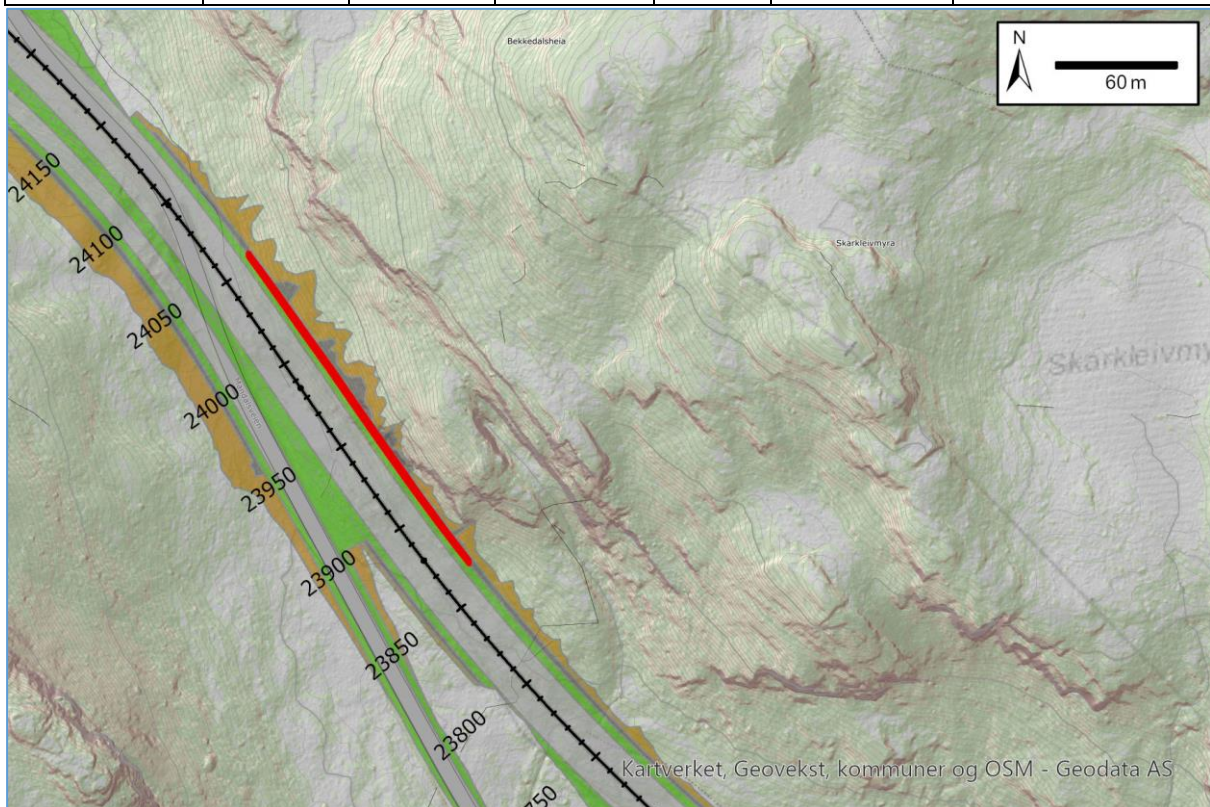
6 Bekkedalsheia (profil 23 865-24 055)

6.1 Innledning

Langs Bekkedalsheia skal ny E39 legges på østsiden av dagens E39. Det vil bli dannet høye bergskjæringer på høyre side av vegen. De vil få høyder opp mot 16 meter (Tabell 10 og Figur 10). Området har sidebratt terreng på nordøstsiden. Ingeniørgeologisk kart og profil er vist i Vedlegg 2, tegning V4102.

Tabell 10: Strekninger med bergskjæringer med høyde over 10 meter.

SkjæringsID:	Fra pr.	Til pr.	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Kommentar
400-3H	23 865	24 055	190	H	16	Sidebratt terreng



Figur 10: Planlagt bergskjæring nedenfor Bekkedalsheia. Terrenghelning er angitt med grønt (10-30°), gult (30-45°), oransje (45-60°) og rødt (60-90°).

6.2 Faktadel: Grunnforhold

6.2.1 Topografi

Veglinjen skjærer seg inn østlig dalside som heller mot vest-sørvest med rundt 25° der veglinjen ligger. Lenger øst stiger terrenget med en helning på 25-45° opp mot nær vertikale bergskrefter som ligger opp til kote ca. 140-150.

6.2.2 Løsmasser

Ifølge NGU består løsmassene i området av humusdekke over berg på høydedragene og tynt morenedekke rundt veglinjen [6]. I felt er det observert en del moreneblokker (ca. 1-3 m³) i nedre del av skråningen på nordøstsiden av veglinjen. Det er generelt kun observert bergblotninger i bergskrentene. Ellers er det løsmasser med en del moreneblokker i. Tykkelsen er antatt å være 1-3 meter.

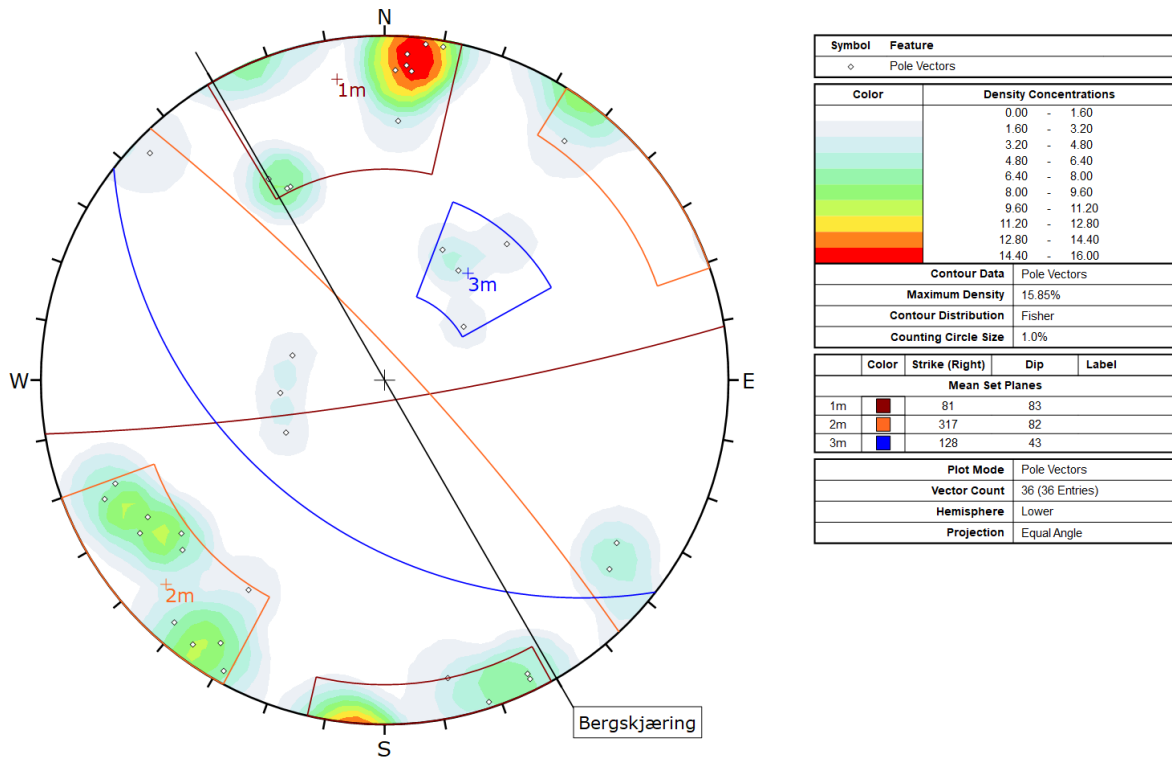
6.2.3 Berggrunn og oppsprekking

Ifølge NGU består berggrunnen av charnockitt, som er en pyroksenholdig granitt [5]. I felt er det observert en generelt massiv, charnockitt med lav oppsprekingsgrad. Enkelte steder er det partier i bergskrenter preget av overflateparallell avskalling hvor det er påbegynnende forvitring i bakkant (Figur 12). Stedvis er de observerte bergskrentene massive med lav oppsprekingsgrad (Figur 13).

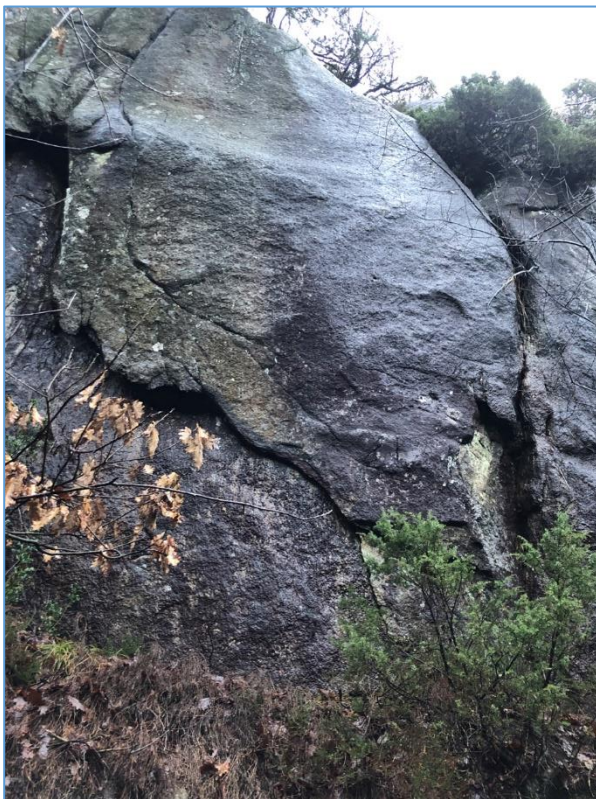
Det er registrert 3 hovedsprekkesett og en del tilfeldige sprekker (Figur 11 og Tabell 11).

Tabell 11: Detaljer om registrerte sprekkesett ved Bekkedalsheia.

Sprekkesett	Strøk/fall	Kommentar
1m	081°/83° mot S	Variierer om vertikalen. Sprekkeavstand er 2-3 meter. Sprekkeoverflatene er ujevne og bølgete. Sprekkesens utholdenhet er typisk 2-3 meter.
2m	317°/82° mot NØ	Sprekkeavstanden er 1-1,5 meter. Sprekkeoverflatene er plan, ru.
3m	128°/43° mot SV	Overflateparallell oppsprekking langs disse sprekkenes.



Figur 11: Stereoplot av sprekkemålingene i området.



Figur 12: Forvitring langs overflateparallele sprekker.



Figur 13: Massiv bergskrent i overkant av høyre bergskjæring ved ca. pr. 23 900.

6.2.4 Vannforhold

Det er en mindre bekk som kommer ned ved ca. pr. 23760.

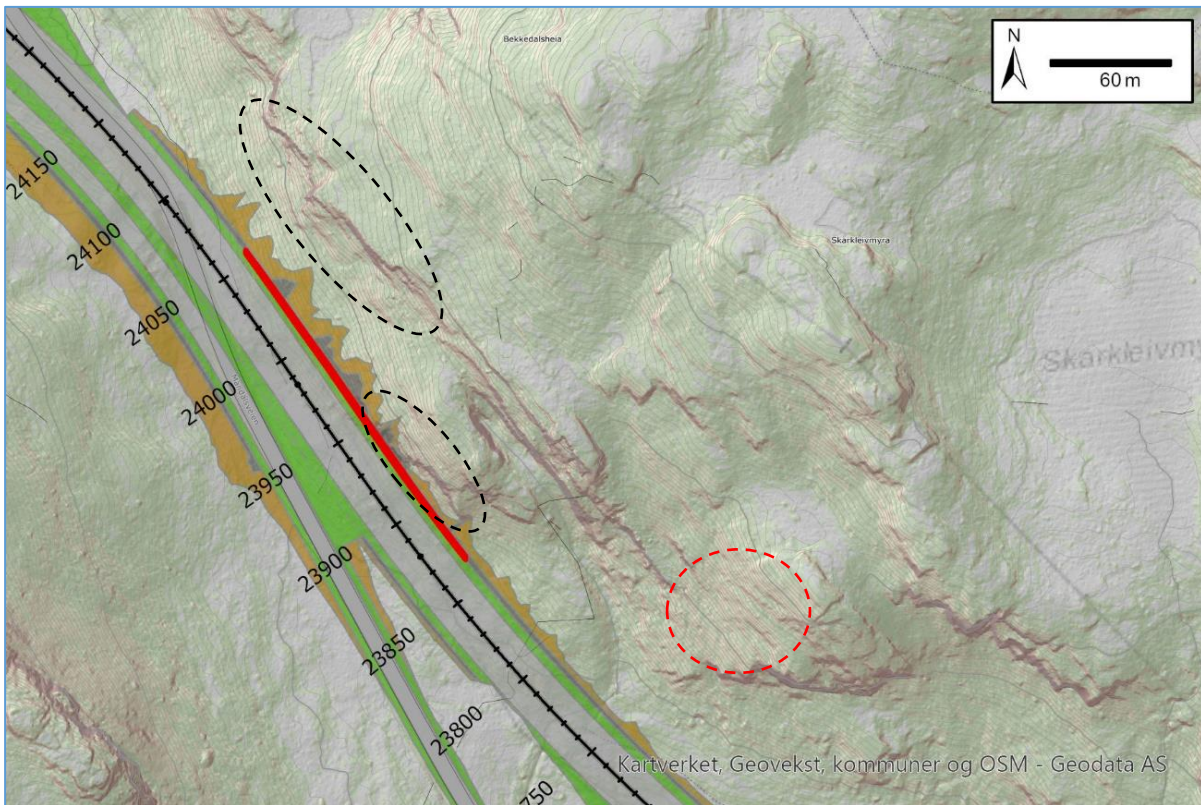
6.2.5 Skredfare

Snøskred:

Mellom ca. pr. 23 600-23 700 ligger veglinjen i utløpsområde for snøskred ifølge NVE sine aktsomhetskart [8] (Vedlegg 4). Vest for Skarkleivmyra er det et skråningsparti som har forholdsvis jevn helning på om lag 30-45° over en høyde på ca. 50 meter (Figur 14). Det er for det meste berg i dagen her, bestående av relativt glattskurt svaberg, med mindre variasjoner i helning. Det er også forholdsvis begrenset med trær på disse svabergene. Det er ikke observert noen tydelige spor på tidligere skred her.

Steinsprang:

Deler av terrenget i overkant av planlagt skjæring er bratt og består av bergskrenter. Stedvis er det observert overflateparallell avskalling med forvitring i bakkant.



Figur 14: Potensielt løsneområde for snøskred er markert med rød sirkel. Potensielle løsneområder for steinsprang er markert med sort.

6.3 Tolkingsdel: Ingeniørgeologiske vurderinger

6.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Sprekkesett 2 kan føre til toppling i bergskjæringen. Videre kan sprekke i sprekkeseett S3 gi planutglidninger. Det må utføres sprekkekartlegging etter at løsmassene er gravd av for å vurdere om forbolter bør installeres for å unngå store utfall langs S3.

6.3.2 Sikring av berg og løsmasser

Det forventes behov for boltesikring i selve skjæringen. Selv om det i stor grad er observert massiv berg i dagen, kan det ikke utelukkes at det finnes soner som er forvitret og oppsprukket. I slike området kan det bli nødvendig med steinsprangnett.

Det antas at det er et par meter med løsmasser i området hvor skjæringer kommer. Det må vurderes om det er hensiktsmessig å grave vekk alt av løsmasser bak til bergskrentene i bakkant. Eventuelt må det vurderes betongmur. Det blir trolig for liten plass til å etablere stabil graveskråning i løsmassene.

Bergskrentene i overkant av skjæringen må renskes for vegetasjon og stein, og boltesikring i sideterrenget må vurderes på stedet av geolog.

6.3.3 Skredfare

Snøskred:

Den omtalte skråningen vest for Skarkleivmyra vurderes å kunne være utsatt for løssnøskred. Ved store, intense snøfall kan snøen i slike partier miste feste mot det forholdsvis glatte bergsvaet i underkant, og mindre løssnøskred kan gå nedover skråningen. Våte snøskred ved hurtig snøsmelting kan også forekomme som følge av lite friksjon mot bergoverflaten.

Det er vurdert at den årlige nominelle sannsynligheten for snøskred fra den aktuelle skråningen er større enn 1/1000, men mindre enn 1/100. Simuleringer i RAMMS viser at slike snøskred vil stoppe relativt raskt opp i foten av skråningen.

For å sikre mot skred vil støtteforbygninger i selve skråningen (gjerder for å holde snøen på plass) kunne være et effektivt tiltak. Eventuelt kan det anlegges en voll eller grøft mellom skråningen og vegen for å stoppe eventuelle snøskred som måtte komme. Det er lagt inn areal for sikring i reguleringsplankartet.

Steinsprang:

Det er gjennomført enkle modelleringer ved hjelp av Rocky for 3D som gir en pekepinn på utløpslengde på steinsprang. Nedfall vil i stor grad stoppe opp i underkant av bergskrentene så fort terrenget slaker ut. I de tilfellene der det kommer bergskjæring rett under naturlig bergskrent, må det gjøres tiltak for å hindre nedfall ned på vegbanen. Generelt må skrentene renskes og eventuelt boltesikres. Geolog må vurdere på stedet etter rensk og sikring om det vil være behov for fanggjerde på topp skjæring.

6.3.4 Omgivelser

Området ligger i nærheten av eksisterende E39. Denne skal legges om i forkant. Det må tas hensyn ved sprengning nær trafikert veg.

Husene som ligger i området skal rives. Det er ikke registrert grunnvannsbrønner i nærheten av skjæringene.

6.3.5 Videre arbeid

Det må utføres ingeniørgeologisk kartlegging av bergmassen etter avgraving. Videre må det gjøres detaljert kartlegging i bergskrentene over skjæringen og vurdering og dimensjonering av sikring mot snøskred.

Det må vurderes om det er behov for å gjøre grunnundersøkelser i området for å avdekke løsmassemekktigheten.

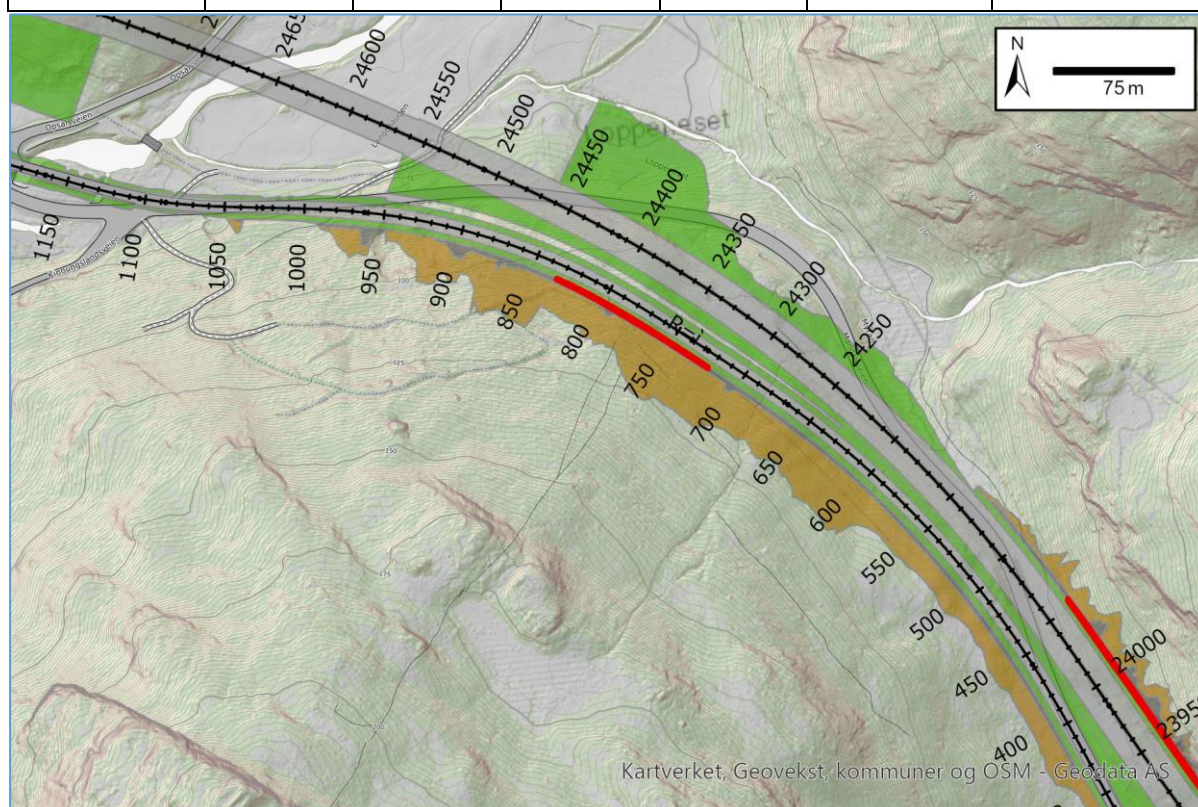
7 Optedal/Loppeneset, lokalveg

7.1 Innledning

Lokalveg 24000 skal gå på sørsiden av ny E39 gjennom Optedal. Den skal etableres inn i skråningen ved Loppeneset (Figur 15). Det vil bli ca. 400 meter bergskjæring på sørsiden av vegen. Omtrent 100 meter av disse får en høyde på over 10 meter. Ingeniørgeologisk kart og profil er vist i Vedlegg 2, tegning V4103.

Tabell 12: Strekning med bergskjæring med høyde over 10 meter.

SkjæringsID:	Fra pr.	Til pr.	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Kommentar
400-5V	720	820	100	V	16	Veglinje 24000



Figur 15: Oversiktskart over skjæringen langs lokalveg. Terrenghelning er angitt med grønt (10-30°), gult (30-45°), oransje (45-60°) og rødt (60-90°).

7.2 Fakta: Grunnforhold

7.2.1 Topografi og løsmasser

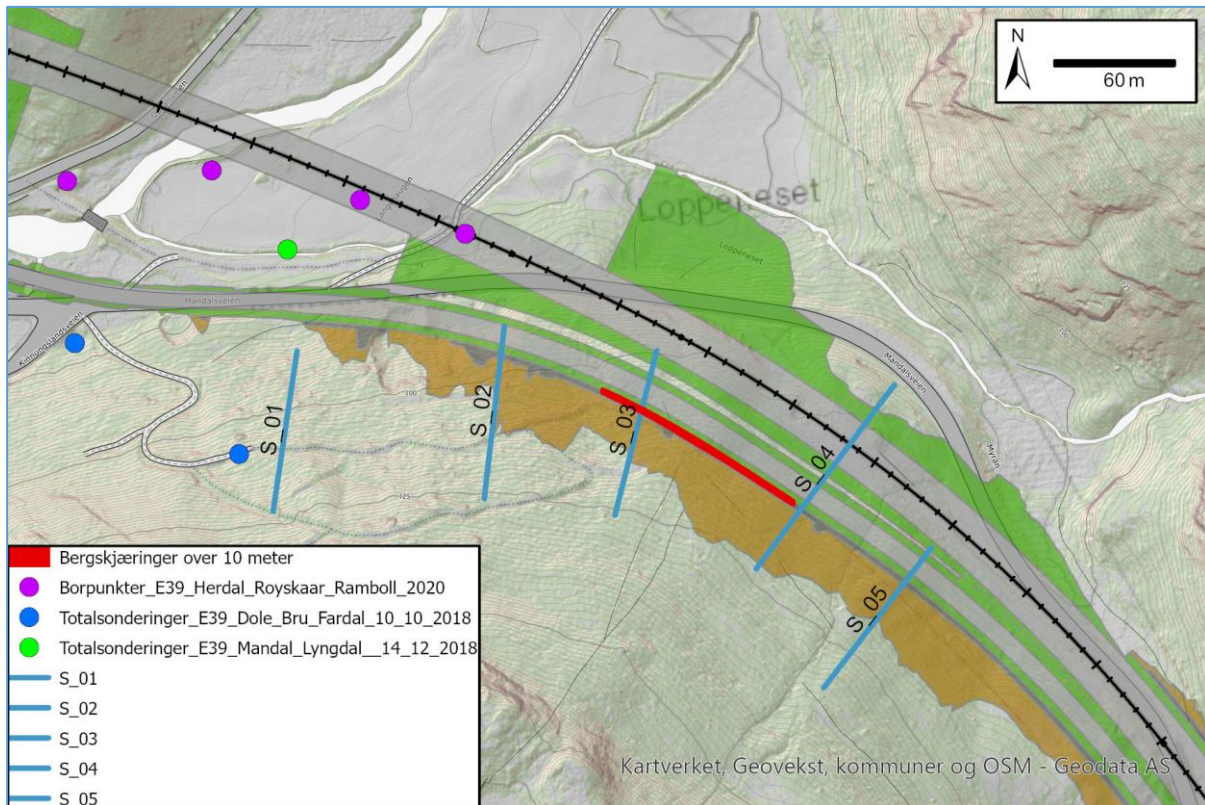
Sør for dagens E39 er det en skråning primært bestående av løsmasser som stedvis er brattere enn 25-30° (Figur 15). Det er etablert noen skogsveier i skråningen, trolig i forbindelse med hogst. Løsmassene i skråningen fremstår primært som godt konsoliderte morenemasser (Figur 16). Det ligger store moreneblokker i skråningen. Øverst i skråningen er det enkelte

mindre bergblotninger. I nedre del, langs eksisterende E39, er det preg av at det stedvis er tatt ut masser og øvre del av disse uttaksgropene står ganske bratt.

Det er gjennomført refraksjonsseismikk i skråningen [22]. Bergoverflaten er tolket å være 5-10 meter under terrengnivå med en seismisk hastighet på ca. 2000 m/s. Det antydes videre at dette er svakt berg og at det er en gradvis overgang til berg med bedre kvalitet som ligger omtrent 15 meter under terrengoverflaten. Det er altså stor usikkerhet knyttet til eksakt bergnivå i skråningen.



Figur 16: Løsmassene i skråningen langs en skogsvei.



7.2.2 Berggrunn og oppsprekking

Ifølge NGU består berggrunnen av charnockitt, som er en pyroksenholdig granitt [5]. Det er kun observert bergskrenter i øvre del av skråningen. Det har ikke vært mulig å kartlegge sprekkorienteringer. Det antas at det kan forventes omtrentlig de samme sprekkesettene som ble kartlagt ved Bekkedalsheia lenger vest. Se avsnitt 6.2.3 for detaljer om disse.

7.2.3 Vannforhold

Det er ikke observert noen tydelige drensløp i skråningen.

7.2.4 Skredfare

Deler av skråningen ligger i utløpsområde for snøskred ifølge NVE [8]. Se Vedlegg 4.

7.3 Tolkingsdel: Ingeniørgeologiske vurderinger

7.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Sprekkesett 2m kan potensielt gi planutglidning i bergskjæringen. Det er registrert å ha ca. 82° fall, noe som er litt slakere enn planlagt skjæringsutforming med 10:1 (84°). Bergskjæringen bør utformes langs sprekkesett 2m for å unngå å kutte foten av dette. De øvrige sprekkesettene har gunstig orientering med fall inn i skjæringen.

7.3.2 Sikring av berg og løsmasser

Det forventes behov for boltesikring i bergskjæringen. Det kan bli behov for steinsprangnett dersom bergmassen er oppsprukket og småfallen.

Basert på refraksjonsseismikk er det knyttet usikkerhet til mektigheten på løsmassene i skråningen. Avgravingen av løsmassene må utføres forsiktig for å unngå at større områder kan rase ut. Løsmassene på toppen av skjæringen må sikres. På grunn av store mengder løsmasser vurderes det at det kan bli nødvendig og etablere støttekonstruksjoner på topp skjæring.

7.3.3 Skredfare – vurdering

I øvre del av skråningen er det observert enkelte skrenter hvor det kan løsne steinsprang, men dette vurderes å skje sjeldent på grunn av lav oppsprekkingsgrad. Eventuelle steinsprang får trolig korte utløp og når ikke ned mot verken dagens eller planlagt veg. Steinskred vurderes å ikke være aktuelt.

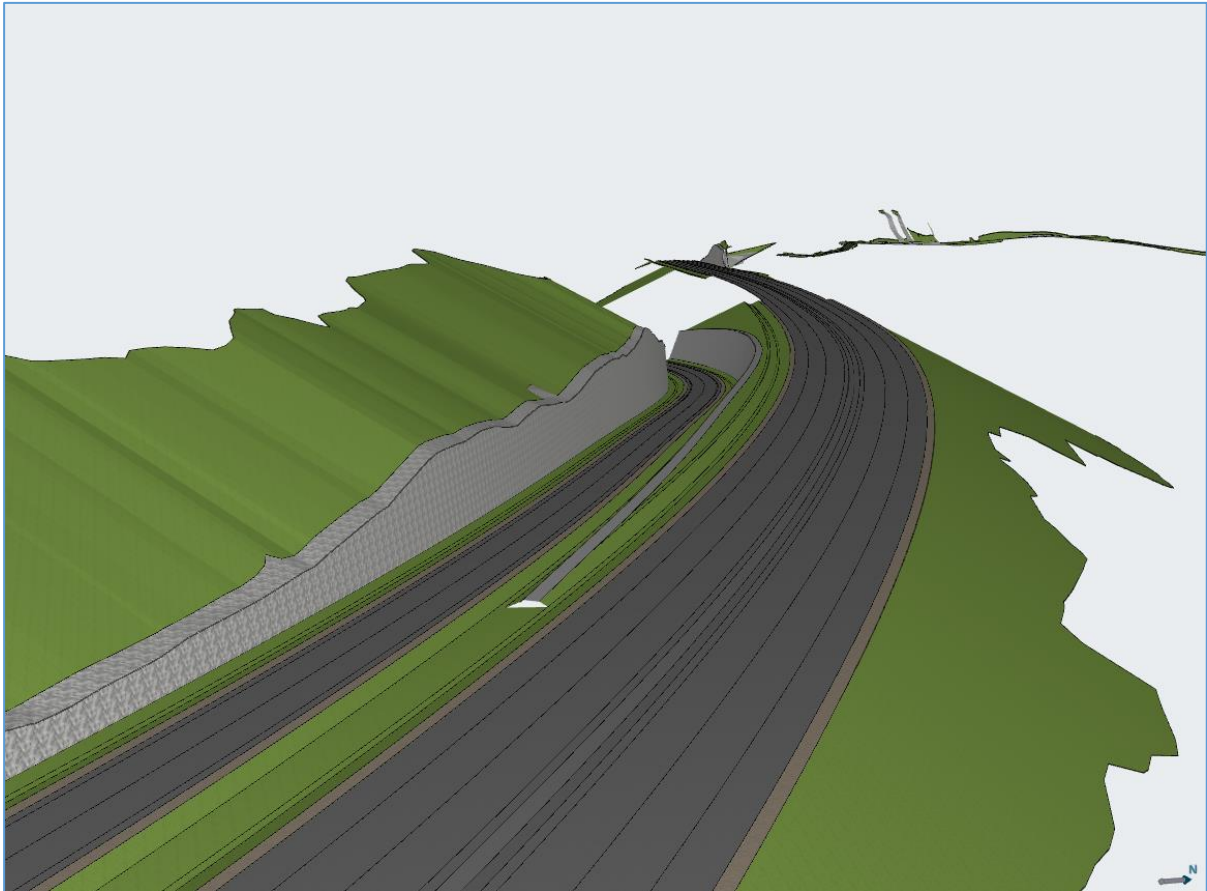
Det finnes enkelte partier med egnet bratthet for snøskred, men de er små, terrenget har en viss ruhet og det er noe skog som vil binde snølaget. Snøskred vurderes å være lite relevant.

Det er ikke observert spor etter tidligere jordskred i skråningen, men terrenget består av løsmasser som ligger bratt nok til at små og mellomstore jordskred kan bli utløst. Flomskred og sørpeskred er ikke aktuelt på grunn av mangel på egnede løsneområder og drensløp.

Samlet sett vurderes faren for jordskred å være dimensjonerende skredtype. Den årlige nominelle sannsynligheten for jordskred vurderes å være større enn 1/1000 i skråningen og noe ned forbi dagens E39. Slike skred vurderes å stoppe opp relativt raskt ved avtagende helning. Sannsynligheten for jordskred vurderes imidlertid å være mindre enn 1/100 i skråningen.

For den nye lokalvegen er akseptabel skredsannsynlighet på 1/50 basert på forventet ÅDT (Tabell 6) og det er dermed ikke behov for tiltak i området. Eventuelle skred vil ikke nå ny E39 da denne ligger på en brokonstruksjon nord for lokalvegen. Se utklipp fra modell i Figur 18.

I byggefasen når en tar ut jordmassene, må en allikevel være oppmerksom på at det kan forekomme mindre utglidninger og skred som følge av f.eks undergraving, kraftige nedbørshendelser etc. Geotekniker må vurdere behov for tiltak i byggefasen.



Figur 18: Utklipp fra modell som viser ny lokalveg på sørsiden av ny E39 som ligger på et høyere nivå gjennom området.

7.3.4 Omgivelser

Det er ingen bygg, brønner eller installasjoner i nærheten.

7.3.5 Videre arbeid

Det bør gjennomføres grunnboringer i skråningen for å kartlegge og kontrollere løsmassemekktighet i området opp mot utført seismikk. Det vil være viktig å ha kontroll på løsmassemekktighet med hensyn på massebalansen også.

Vurdering av stabilitet, behov for tiltak og videre anbefalinger må utføres av geotekniker. Det henvises til geoteknisk rapport for prosjektet [21].

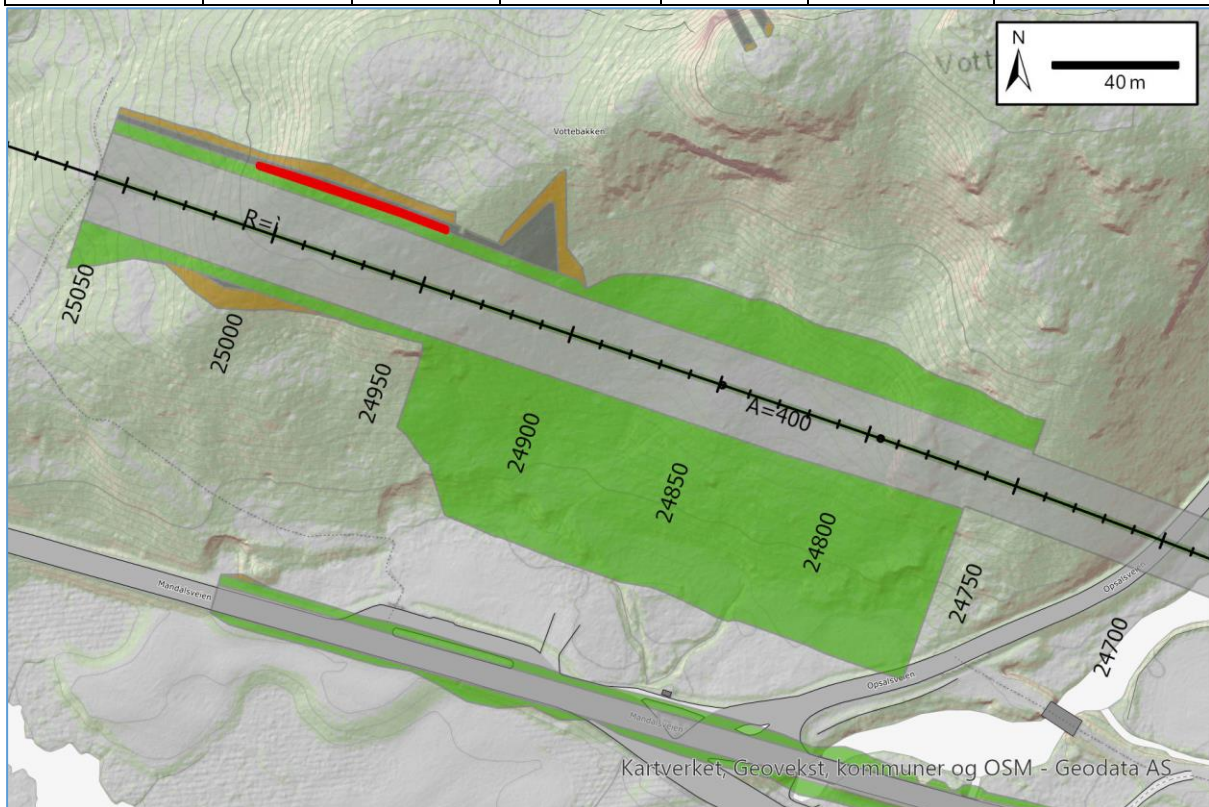
8 Vottebakken (profil 24 950-25 010)

8.1 Innledning

Fra Optedal bro ligger vegen på fylling før den skjærer seg inn i terrenget fra ca. pr. 24 900. Skjæringen på høyre side får høyde opp mot 15 meter (Tabell 13 og Figur 19). Ingeniørgeologisk kart og profil er vist i Vedlegg 2, tegning V4104.

Tabell 13: Strekning med bergskjæringer med høyde over 10 meter.

SkjæringsID:	Fra pr.	Til pr.	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Kommentar
400-4H	24 950	25 010	60	H	15	



Figur 19: Oversikt over skjæringen ved Vottebakken. Terrenghelning er angitt med grønt (10-30°), gult (30-45°), oransje (45-60°) og rødt (60-90°).

8.2 Faktadel: Grunnforhold

8.2.1 Topografi

Dalsiden har en relativt jevn helning på rundt 25-30°. Mot toppen av Vottebakken flater terrenget ut. På oversiden av fyllingen (pr. 24 750-24 900) er det enkelte bratte bergskreanter på ca. kote 110. Se Figur 20 for oversiktsbilde opp mot øvre deler av skråningen.



Figur 20: Bilde som viser skråningen og bergskrentene i øvre deler. Hentet fra Google maps.

8.2.2 Løsmasser

Ifølge NGU består løsmassene i området av humusdekke over berg på høydedragene og tykt morenedekke (> 0,5 meter mektighet) rundt veglinjen [6]. Området er dekket med spredt løvskog. I felt ble det observert morenedekke og vegetasjon.

8.2.3 Berggrunn og oppsprekking

Ifølge NGU består berggrunnen av charnockitt, som er en pyroksenholdig granitt [5]. I skråningen ble det kun observert en bergblotning som egnet seg til sprekkemåling. Målingene her viser at det er to sprekkesett i bergmassen. I områdereguleringen [20] ble det registrert tre sprekkesett. En oppsummering av de observerte sprekkesettene i området er gitt i Tabell 14.

Tabell 14: Detaljer om registrerte sprekkesett ved Vottebakken.

Sprekkesett	Strøk/fall	Kommentar
1m	290°/88° mot N	
2m	005°/76° mot Ø	
3m	034°/30° mot SV	

8.2.4 Vannforhold

Det er ikke observert vann i skråningen.

8.2.5 Skredfare

Veglinjen ligger ikke i aktsomhetsområder for skred.

8.3 Tolkingsdel: Ingeniørgeologiske vurderinger

8.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Basert på sprekkeorienteringene i tabell 13 forventes det ikke noen store stabilitetsproblemer, men det kan forekomme noe utvelting fra sprekkesett 1m. Det må utføres supplerende sprekkekartlegging i området etter avgraving av løsmasser for å registrere sprekkeene i det aktuelle området. Dersom det registreres brattere sprekker i sprekkesett 3m må forbolting vurderes.

8.3.2 Forventet bergsikring

Det forventes at det vil være behov for boltesikring. Ved småfallent berg kan det være nødvendig med steinsprangnett. Løsmasser må graves av på skjæringstopp.

8.3.3 Videre arbeid

Det må utføres ingeniørgeologisk kartlegging av bergmassen etter avgraving. Seismikk kan gjennomføres i området for å få kontroll på løsmassemektingheten i skråningen.

9 Kvaliteten på steinmaterialet

9.1 Steinkvalitet

Normalt er granitt en bergart som egner seg til gjenbruk i både fyllinger og i veioppbygging. Det forventes derfor at tunnelsteinen vil kunne brukes til fyllinger i de fleste tilfeller. Steinmaterialets brukbarhet til kvalitetsfyllinger og f.eks. som bærelag vil trolig være varierende. Basert på de 2 prøvene fra dagen over Eikeråsheiattunnelen er det kun den ene som tilfredsstillende oppfyller kravene til LA- og Md-verdi (Tabell 7).

Charnockitten (pyroksenholdig granitt) kan være sårbar for forvitring, og det observeres flere steder forvitring langs sprekkeplan som forårsaker avskaling. Det må utføres tester av bergmassen løpende under arbeidet da kvaliteten kan variere over korte avstander.

9.2 Borbarhet og sprengbarhet

Det foreligger ikke laboratorieanalyser av borbarhetsindeks DRI, slitasjeindeks BWI eller sprengbarhet SPR. Verdier må derfor estimeres fra erfaringsdata på bakgrunn av empiriske data. For granitt estimeres DRI = 45-60 («middels til høy») og BWI = 30-45 («middels») ifølge [23]. Sprengbarhetsindeksen estimeres til SPR = ca. 0,42 – 0,45 tilsvarende «middels til god» for granitt [24].

10 Usikkerheter og anbefalinger

10.1 Usikkerheter

Det er knyttet usikkerhet til løsmassemektigheten i skråningen ved Optedal/Loppeneset. Det bør gjennomføres supplerende grunnundersøkelser for å avdekke reell løsmasse-mektighet.

10.2 Videre undersøkelser

- For alle skjæringsområdene må det gjennomføres geologisk kartlegging av bergmassen etter at løsmasser er gravd av, før sprengning.
- Fortløpende prøvetaking og testing av mekaniske egenskaper underveis i byggefasen

10.3 Ingeniørgeologisk kompetanse i byggefasen

Ansvarlig ingeniørgeolog for prosjektet bør utnevnes før byggefasen. Ingeniørgeologen må ha relevant erfaring med bergteknisk oppfølging. Ingeniørgeologisk kompetanse er viktig i byggefasen for å sørge for god oppfølging og anbefalinger av sprengning- og bergsikringsarbeider.

11 Referanser

- [1] Sweco Norge AS, «E39 Mandal-Lyngdal øst. Fagrapport ingeniørgeologi Eikeråsheiattunnelen,» 2021.
- [2] Statens vegvesen, «Håndbok N200, Vegbygging,» 2018.
- [3] Standard Norge, «NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering,» 2016.
- [4] Standard Norge, «NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner,» 2016.
- [5] NGU, «Berggrunn - Nasjonal berggrunnsdatabase,» [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/.
- [6] NGU, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase,» [Internett]. Available: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>.
- [7] NGU, «GRANADA Nasjonal grunnvannsdatabase,» [Internett]. Available: <http://geo.ngu.no/kart/granada/>.
- [8] NVE, «NVE Atlas,» [Internett]. Available: www.atlas.nve.no.
- [9] Statens vegvesen, «Vegkart,» [Internett]. Available: <https://www.vegvesen.no/fag/teknologi/nasjonal+vegdatatabank/kart>. [Funnet 13 12 2018].
- [10] NGU, «Aktomhetskart radon,» [Internett]. Available: geo.ngu.no/kart/radon/.
- [11] Kartverket, «FKB4,» [Internett]. Available: <https://openwms.statkart.no/skwms1/wms.fkb4?request=GetCapabilities&service=WMS>.
- [12] Miljødirektoratet, «Miljøstatus - Naturtyper - DN-håndbok 13 - kartdatabase,» 2020. [Internett]. Available: <https://miljoatlas.miljodirektoratet.no/MAKartWeb/KlientFull.htm?>.
- [13] Standard Norge, «NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner,» 2016.
- [14] Standard Norge, «NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering,» 2016.
- [15] Norsk bergmekanikkgruppe, «Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering,» 2011.
- [16] Statens vegvesen, «R760 Styring av vegprosjekter,» 2019.
- [17] NGI, «Bruk av Q-systemet. Bergmasseklassifisering og bergforsterkning,» 2015.
- [18] Statens vegvesen, «Håndbok V225 Bergskjæringer,» 2020.
- [19] NVE, «Flaum- og skredfare i arealplanar,» 2011.
- [20] Sweco Norge AS, «Teknisk fagrapport: INGENIØRGEOLOGI. Områderegulering med KU for E39 Mandal-Lyngdal øst.,» 2019.
- [21] Sweco Norge AS, «E39 Mandal Lyngdal øst. Fagrapport Geoteknikk,» 2021.
- [22] Ramboll AS, «E39 Røyskår - Optedal - Fase 2 Geofysiske undersøkelser.,» 2020.

- [23] A. Bruland, «Hard Rock Tunnel Boring (Vol. 10 of 10) - Statistics of Drillability Test Results (Doctoral theses),» NTNU, 1998.
- [24] V. Olsen, «Rock Quarrying - Blast design (Doctoral theses),» NTNU, 2009.