



Fagrappport Ingeniørgeologi – Grimstadporten

E18 Arendal -Grimstad. Forprosjekt.

Oppdragsnr:	A234538
Oppdragsnavn:	E18 Arendal-Grimstad. Forprosjekt
Dokument nr.:	NV42E18AG-GEO-RAP-0003
Filnavn	NV42E18AG-GEO-RAP-0003_Fagrapport Ingeniørgeologi - Grimstadporten.pdf

Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Revisjon gjelder	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
01	30.06.2022	Utgivelse	SSBO, CSSE, MAPM	SKAN	KDLA
02	21.11.2022	Innarbeiding av kommentarer fra NV	SHSV	SKAN	KDLA

Forord

Denne fagrapporten er utarbeidet som en del av arbeidet med forprosjekt for E18 mellom Arendal og Grimstad. Veistrekningen går gjennom kommunene Arendal og Grimstad i Agder. Rapporten tar for seg temaet ingeniørgeologi i Grimstadporten.

Tiltakshaver og ansvarlig for utredningen er Nye Veier.

Hos Nye Veier leder Håkon Lohne arbeidet med forprosjekt. Kristian de Lange er prosjektleder hos COWI AS. Fagansvarlig for ingeniørgeologi har vært Martin Palm.

Rapporten er utarbeidet av Christopher Sæbø Serck, Susanne Bøe og Martin Palm.

November 2022

Innhold

Forord	3
1 Sammenheng	6
2 Innledning	7
2.1 Bakgrunn	7
2.2 Mål for prosjektet og planarbeidet	7
2.3 Kort beskrivelse av tiltaket	8
2.4 Om rapporten	8
3 Geoteknisk kategori	9
4 Grunnlag	11
4.1 Prosjekteringsforutsetninger	11
4.2 Kartgrunnlag	12
4.3 Tidligere grunnundersøkelser	12
4.4 Trasévalg, linjeføring og tunneltverrsnitt	17
4.5 Utførte grunnundersøkelser i denne fasen	21
DEL 1: FAKTADEL	24
5 Fakta	25
5.1 Topografi	25
5.2 Kvartærgeologi	25
5.3 Berggrunnsgeologi	26
5.4 Lineamenter	27
5.5 Dypforvitring	28
5.6 Hydrogeologi	30
5.7 Miljøgeologi	31
5.8 Skred	35
5.9 Bergmassens egnethet til vegformål	35
5.10 Naturtyper	36
5.11 Bebyggelse	36
6 Ingeniørgeologisk kartlegging	37
6.1 Grimstadporten	38
7 Resultater fra øvrige grunnundersøkelser	47
7.1 Geofysiske undersøkelser	47
7.2 Grunnboringer	48
DEL 2: TOLKNINGSDEL	49
8 Tolkning - generelt	50
8.1 Bergmasseklasser, sikringsklasser og sikringsestimater	50

8.2	Mekanismer for utfall og ustabilitet	50
8.3	Tolkning av løsnemekanismer	51
9	Tolkning for Grimstadporten.....	54
9.1	Påhugg og forskjæring øst – lokalitet S002	54
9.2	Grimstadportentraséen.....	56
9.3	Påhugg og forskjæring vest – lokalitet S001	66
9.4	Sikringsestimat forskjæringer og påhuggsflate.....	68
10	Boring og sprengning	69
10.1	Borbarhet og sprengbarhet.....	69
10.2	Vibrasjoner	70
11	Anvendelse av steinmateriale	72
12	Usikkerheter	73
13	Videre arbeid.....	76
14	Vedlegg	77
15	Referanser	78

1 Sammendrag

Denne fagrapporten omhandler Grimstadporten med tilhørende forskjæringer.

Grimstadporten eksisterer i dag som en ettløpstunnel med tunnelprofil T9. For å oppfylle krav i N500 [1] og N200 [2] må det etableres et parallelt løp inntil eksisterende løp samt at eksisterende løp må strosses ut til T10,5 profil. Nytt løp planlegges etablert sør for eksisterende løp. Det vil være steder hvor profilet utvides grunnet sikt, samt for å få plass til nødvendig sikkerhetskonstruksjoner i henhold til tunnelklasse E.

Det er i dette forprosjektet utført grunnundersøkelser i form av geofysiske undersøkelser, geotekniske boringer og ingeniørgeologisk kartlegging i tillegg til prøvetaking av mulig sulfidførende bergmasser. I denne ingeniørgeologiske rapporten er det gitt en generell beskrivelse av grunnlag og forutsetninger for videre ingeniørgeologisk prosjektering av tunnelen. Fagrapporten oppsummerer geologiske observasjoner og vurderinger knyttet til tunneltraséen og tilhørende forskjæringer, bergmassekvalitet og bergsikringsbehov. I tillegg oppsummerer fagrapporten resultater fra tidligere og supplerende grunnundersøkelser (GU). Det er gitt en kort oppsummering av skred, miljø, natur og hydrogeologiske aspekter.

Arbeidet i dette forprosjektet har fokusert på å identifisere kostnadsdrivere i prosjektet, som områder med lav overdekning, dårlig bergmassekvalitet, syredannede bergmasser og annen prosjektrisiko knyttet til ingeniørgeologi. Vurdering av bergmassekvalitet og bergsikringsbehov er hovedsakelig basert på rapporter i grunnlagsmaterialet, men også befaringer i planområdet, grunnboringer, topografiske og geologiske kart, relieffkart og lengdeprofil av tunnelen.

Befaringsobservasjoner i dagen viser generelt sett lite oppsprukket berg av god kvalitet. Tidligere erfaringer fra inspeksjon i eksisterende løp indikerer at det kan forventes tettere oppsprekking inne i tunnelen enn det som er observert i dagen. Det er generelt observert en god del leirfylte sprekker og soner i dagens løp under inspeksjon og det er registrert svelleleire. Disse forholdene forventes å bidra til å øke sikringsbehovet i tunnelen. Flere registrerte soner fra inspeksjon kan ikke sees som lineamenter i terrenget over tunnelen. Grunnundersøkelser undersøker derfor primært bergoverdekning.

2 Innledning

2.1 Bakgrunn

E18 Arendal – Grimstad inngår i kommunedelplanen for E18 Dørdal – Grimstad som ble vedtatt i de åtte berørte kommunene høsten 2019. Styret i Nye Veier har igangsatt forprosjekt for strekningen E18 Arendal – Grimstad. Veistrekningen som det skal utarbeides forprosjekt for går gjennom kommunene Arendal og Grimstad i Agder.

COWI har i 2020-21 gjennomført verdioptimalisering med bla. linjen som nå er gått videre til et forprosjekt. Resultatene av verdioptimaliseringen legges til grunn for dette forprosjektet som omfatter ca. 22 km med ny 4-felt motorveg fra Harebakken (Arendal) i øst til Morholt (Grimstad) i vest.



Figur 2-1 Utsnitt av utbyggingsområde E18 Sørøst.

2.2 Mål for prosjektet og planarbeidet

Målet med forprosjektet er det samme som i verdioptimaliseringen: Å finne løsninger som kan øke den samfunnsøkonomiske lønnsomheten i prosjektet, slik at veistrekningen kan prioriteres for utbygging. Ved beregning av samfunnsøkonomisk lønnsomhet i Nye Veiers prosjekter, vurderes blant annet

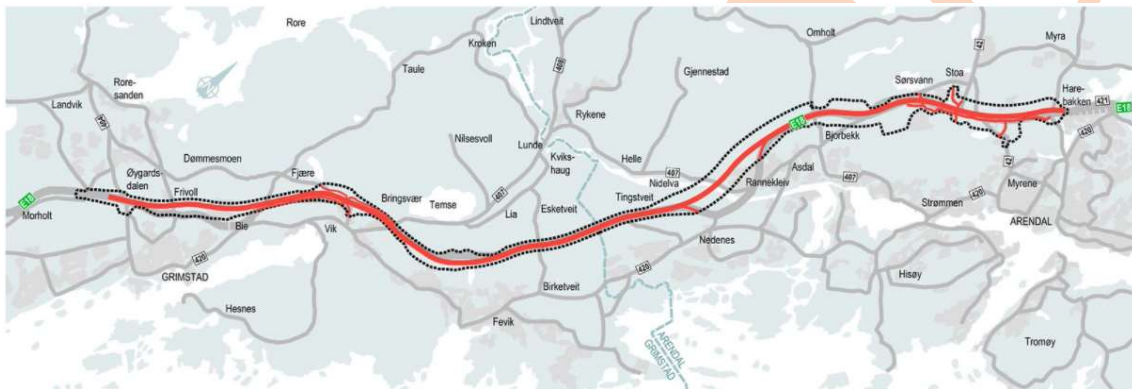
- › Trafikkmengde
- › Trafikksikkerhet
- › Reisetid
- › Rasfare
- › Klimagassutslipp

I tillegg vil selvsagt investeringskostnad være sentralt i vurderingen.

2.3 Kort beskrivelse av tiltaket

Forprosjekt for E18 Arendal – Grimstad gjelder ny firefelts motorvei fra Harebakken i Arendal kommune til Morholt i Grimstad kommune. Men prosjekteringen avsluttes ved Øygardsdalen i vest, og her skal den nye veien kobles til E18 Grimstad – Kristiansand som ble åpnet i august 2009. I Arendal skal den planlagte veien kobles til ny E18 Tvedestrand – Arendal som ble åpnet i desember 2019. Strekningen er på ca. 22 km, og planlegges for fartsgrense på 110/100 km/t.

Tiltaket omfatter to tunneler i tillegg til et antall veiskjæringer, seks veikryss og konstruksjoner for blant annet vann, myke trafikanter og friluftsliv.



Figur 2-2 Strekningen E18 Arendal - Grimstad. Kartet viser grensen for varsel om oppstart av planarbeidet.

2.4 Om rapporten

Denne rapporten omhandler ingeniørgeologiske fakta og tolkninger tilknyttet Grimstadporten, med tilhørende forskjæringer og påhugg, i prosjektområdet. Beskrivelser for Frivolltunnelen og veiskjæringer langs traséen er gitt i separate rapporter [3] [4].

3 Geoteknisk kategori

Vegnormal N500 [1] knytter ikke lenger kontroll og kvalitetssikring til geotekniske kategorier gitt i NS-EN 1997-1+NA [5], men utelukkende til konsekvens- og pålitelighetsklasser i henhold til Eurokode 0 [6].

Ut fra kriterier gitt i Eurokode 0 [6] skal det velges konsekvensklasse (CC). Videre skal det basert på Nasjonalt tillegg i Eurokode 0 angis pålitelighetsklasse (RC), hvor et utdrag er vist i Tabell 3-1. Ifølge N500 skal vegtunnelprosjekter i plan- og prosjekteringsfase generelt klassifiseres i konsekvensklasse 3 og pålitelighetsklasse 3.

Tabell 3-1: Utdrag av tabell NA.A1 (901) i Nasjonalt tillegg til Eurokode 0 [6].

Veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler	Pålitelighetsklasse (CC/RC)			
	1	2	3	4
Atomreaktorer, lager for radioaktivt avfall				X
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller*.		(X)	X	(X)
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i enkle og oversiktlige grunnforhold*	X	(X)		

*Ved vurdering av pålitelighetsklasse for grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg skal det også tas hensyn til omkringliggende områder og byggverk.

Som det fremgår av Tabell 3-1 er grunn- og fundamenteringsarbeider splittet i to alternativer; "kompliserte tilfeller" og "enkle og oversiktlige grunnforhold". Det er vurdert at Grimstadporten langs ny trasé til E18 Arendal-Grimstad skal ligge i pålitelighetsklasse CC/RC 3.

Pålitelighetsklasse RC3 medfører at Grimstadporten havner i prosjekteringskontrollklasse PKK3, se Tabell 3-2, og utførelseskontrollklasse UKK3, se Tabell 3-3.

Tabell 3-2: Tabell NA.A1(902) i Nasjonalt tillegg til Eurokode 0 [6], med beskrivelse og bestemmelse av prosjekteringskontrollklasse.

Valg av prosjekteringskontrollklasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighetsklasse	Minste prosjekteringskontrollklasse	Egenkontroll (DSL 1) ¹⁾	Intern systematisk kontroll (DSL 2) ¹⁾	Utvidet kontroll (DSL 3) ¹⁾
1	PKK1 ²⁾	kreves	kreves ikke	kreves ikke
2	PKK2 ²⁾	kreves	kreves	kreves
3	PKK3	kreves	kreves	kreves
4	Skal spesifiseres	kreves	kreves	kreves

¹⁾ Se punkt B4 (informativt tillegg B) for betegnelsen DSL.
²⁾ Det kan velges høyere prosjekteringskontrollklasse.

Tabell 3-3: Tabell NA.A1(903) i Nasjonalt tillegg til Eurokode 0 [6], med beskrivelse og bestemmelse av utførelseskontrollklasse.

Valg av utførelses-kontrollklasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighets-klasse	Minste utførelses-kontrollklasse	Egenkontroll (IL 1) ¹⁾	Intern systematisk kontroll (IL 2) ¹⁾	Utvidet kontroll (IL 3) ¹⁾
1	UKK1 ²⁾	kreves	kreves ikke	kreves ikke
2	UKK2 ²⁾	kreves	kreves	kreves
3	UKK3	kreves	kreves	kreves
4	UKK3, eventuelt med tilleggsbestemmelser	kreves	kreves	kreves

¹⁾ Se punkt B5 (informativt tillegg B) for betegnelse IL.
²⁾ Det kan velges høyere utførelseskontrollklasse.

4 Grunnlag

4.1 Prosjekteringsforutsetninger

For dette prosjektet gjelder følgende regelverk, standarder og veiledninger:

- Håndbok N100 Veg- og gateutforming, 2021
- Håndbok N101 Rekkverk og vegens sideområder, 2022
- Håndbok N200 Vegbygging, 2021
- Håndbok V225 Bergskjæringer, 2020
- Håndbok N500 Vegtunneler, 2022
- Håndbok V521 Geologi og bergsikring i tunnel, 2022
- Statens vegvesen Publikasjon 103 – Undersøkelser og krav til innlekkasje for å ivareta ytre miljø, 2003
- Statens vegvesen Publikasjon 104 – Berginjeksjon i praksis, 2004
- Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner, NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016
- Geoteknisk prosjektering del 1: Allmenne regler (Eurokode 7), NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020
- Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser - Identifisering, beskrivelse og klassifisering av berg, NS-EN ISO 14689:2018
- Vibrasjoner og støt - Måling av svingehastighet og beregning av veiledende grenseverdier for å unngå skade på byggverk, NS 8141:2001
- Vibrasjoner og støt - Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk – Del 2, NS 8141-2:2013
- Vibrasjoner og støt - Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk - Del 3, NS 8141-3:2014
- Bruk av Q-systemet, 2015

I forbindelse med kommunedelplanen for prosjektet ble det utarbeidet følgende geologiske rapport:

- Temarapport Ingeniørgeologi – KU E18 Dørdal - Grimstad [7]

I forbindelse med verdioptimalisering ble det også utarbeidet aktuelle dokumenter:

- Fagnotat: Veiføring, anleggskostnader, konstruksjoner og grunnforhold. [8]

4.2 Kartgrunnlag

Følgende kart har blitt brukt under arbeid med rapporten:

- Berggrunnskart, NGU [9]
- Løsmassekart, NGU [10]
- Grus-, puk- og steintippdatabasen [11]
- Nasjonalt aktsomhetskart for radon [12]
- GRANADA [13]
- Relieffkart [14]
- Aktsomhetskart for tunnelplanlegging [15]

Kartene/datasettene inneholder data under Norsk lisens for offentlige data (NLOD) tilgjengeliggjort av Norges geologiske undersøkelse (NGU).

4.3 Tidligere grunnundersøkelser

4.3.1 KDP

Det er ikke utført noen grunnundersøkelser over Grimstadporten i forbindelse med KDP.

4.3.2 Verdioptimalisering våren 2021

I forbindelse med verdioptimalisering ble det utført skredfarekartlegging for planlagt veistrekning. Skredfarevurdering er gitt i kapittel 7.6-7.10 i "Fagnotat: Veiføring, anleggskostnader, konstruksjoner og grunnforhold" fra verdioptimaliseringen [8].

4.3.3 Dokumentasjon fra eksisterende løp

Grimstadporten, tidligere Temsetunnelen, er en 552 m lang ettløps tunnel bygget i år 2000. Håndbok 021, utgitt i 1992, lå til grunn ved bygging av tunnelen.

Teksten i dette kapittelet er basert på oversendt dokumentasjon fra tunnelforvalter og personlig kommunikasjon med vedkommende. Relevante data og vurderinger fra rapporter som omhandler Grimstadportens eksisterende løp er gjengitt under:

Oppdrag I-262B rapport nr. 1. Geologisk undersøkelse for 2 tunnelalternativer. E-18 Rannekleiv-Temse, Aust-Agder. Statens Vegvesen, Vegdirektoratet, Veglaboratoriet. 19.07.1995 [16].

Rapporten vurderer to tunnelalternativer ved omlegging av E18 parsell Rannekleiv-Temse. Traséen til tunnelen som ble bygget følger omtrent alternativ A i rapporten. Det ble kartlagt middels- til grovkornet granitt med en rødlig til noe gråaktig farge langs traséen. Oppsprekkingsmønsteret domineres av nordvest-sørøstgående sprekker. Bergoverdekning over tunnelen var antatt å variere mellom ca. 6 og 30 m. Det ble forventet at tunnelen skulle krysse to svakhetssoner, hvorav den vestre var antatt å kreve tyngre sikring. I rapporten ble det estimert et sikringsomfang på 4 bolter per løpemeter tunnel og ca. 100 m³ sprøytebetong totalt for hele tunnelen.

E18 Rannekleiv – Temse. Temsetunnelen. Sikringsarbeider. NOTEBY. 29.04.1998 [17].

Det ble utført befaring på anlegget for å vurdere utførelsen av sikringsarbeidene etter et arbeidsuhell under tunnelarbeidene som følge av nedfall av stein. Berget karakteriseres ved markert oppsprekking med plane og gjennomsettende sprekker som gir berget et grovblokkig utseende. Blokkene kan være opptil flere m³ store, og det fører til en uregelmessig kontur med utfall utenfor teoretisk sprengningsprofil. Utfallene kan komme langs enkle sprekkeplan eller som kiler med avløsning langs flere sprekkeplan. Det er lav friksjon på sprekkenes fordi de er leirbelagte og plane. I tillegg finnes leire i slepper og knusningssoner. Det er ikke foretatt noen laboratorieanalyser av leirmateriale, men det anses sannsynlig at det er svelleleire.

E18 Temsetunnelen. Sikringsbefaring. NOTEBY. 19.11.1999 [18].

Det ble utført befaring for å vurdere permanent sikring. Mesteparten av tunnelen er sprøytebetongsikret i hengen og delvis i veggene. Dette hindret detaljvurdering av sprekkenes karakter og retning. Det ble ikke registrert oppsprekking av sprøytebetong, som kunne antydde svelling.

Rapport fra inspeksjon i Grimstadporten. Statens Vegvesen. 19.04.2007 [19].

Hele tunnelen ble inspisert bak hvelv. Det ble registrert nedfall av blokker som i utgangspunktet var sikret med bolter. Oppsprukket og oppsmuldret usikret berg ble observert langs store deler av tunnelen. Det ble konkludert med at det straks måtte gjennomføres en grundigere inspeksjon av geologer da mulighet for nye nedfall var sannsynlig. I forbindelse med nedfallet er det tatt prøver av sprekkematerialet. Undersøkelsene viser at materialet har en frisvelling på 230 – 270% og klassifiseres derfor som meget aktivt. Se også [20].

Grimstadporten. Ingeniørgeologisk tunnelinspeksjon. Sweco Grøner. 27.10.2007 [20].

Formålet med inspeksjonen var å fremskaffe informasjon om tilstanden til tunnelen og utføre en supplerende geologisk kartlegging. Under inspeksjon er det registrert grov- til middelskornet, rosa til oransjefarget granitt. Granitt er i utgangspunktet en hard bergart, noe som berget i forskjæring viser. På grunn av forvitring av feltspaltkrystallene kan kornbindingen imidlertid svekkes og berget knuses lettere ved sprengning. Oppsprekningen i tunnel er dermed sterkere enn i dagen. Den registrerte sprekkeavstanden er ca. 20-30 cm i partier med blokkig berg og ca. 10-15 cm i mer oppsprukne partier. I knusningssoner ble betydelig kornstørrelsesreduksjon registrert, med berg redusert til sandig/siltig/leirig materiale. Det ble registrert tre sprekkesett i tunnelen, heretter kalt S1, S2 og S3.

S1 ble beskrevet som steiltstående sprekker med strøkretning omtrent V-Ø og fall mot N eller S. Karakteristisk sprekkeavstand var ca. 1 m i dagen, men ca. 10-30 cm i tunnelen. Mindre sprekkeavstand ble også registrert. Sprekkene ble beskrevet som plane og glatte til rue, og det ble registrert belegg av både leire og hard kloritt på sprekkeplanene. Sprekkene har stor utholdenhet og kan følges over flere titalls meter i tunnelens lengderetning.

S2 ble beskrevet til å stryke omtrent N-S med steilt til moderat fall mot V eller Ø. Karakteristisk sprekkeavstand i tunnelen er ca. 10-30 cm. Tettere oppsprekking ned til cm-nivå ble også registrert. Sprekkeplanene ble beskrevet som plane og glatte til rue, og det ble registrert belegg av leire på flere av sprekkeplanene. Sprekkene har stor utholdenhet og kan forfølges over hele tverrsnittet i tunnelen.

S3 ble beskrevet som sprekker med strøkretning omtrent NNØ-SSV og moderat fall på 50-60 grader mot VNV/ØSØ. Karakteristisk sprekkeavstand i tunnelen ble registrert som større enn 50 cm og plane og glatte til rue. Det ble journalført at det kun unntaksvis var leirbelegg på sprekkeflatene.

I tillegg til sprekkesettene ble det registrert subhorisontal oppsprekning, spesielt i hengen. Her var sprekkeavstanden er 5 til 10 cm og sprekken førte til flakdannelse med bom i hengen. Det ble ikke registrert sprekkebelegg langs sprekken.

Svakhets- eller knusningssoner ble registrert parallelt både S1 og S2. De mest markerte sonene ble registrert ved følgende pelnr.:

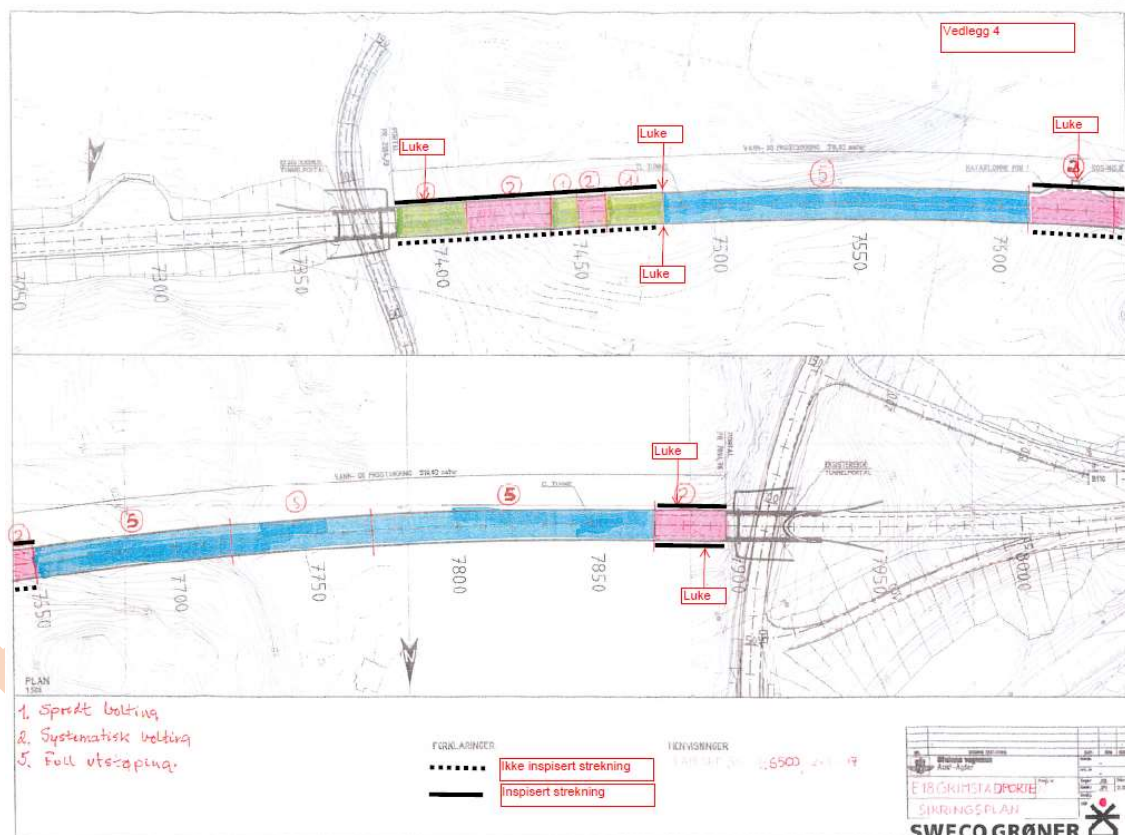
- Pel 7485: sone parallelt S1, tykkelse ca. 10cm.

- Pel 7518: sone parallelt S1, tykkelse ca. 10cm.
- Pel 7542: sone parallelt S1/S3, tykkelse 5-15cm.
- Pel 7568: sone parallelt S2, tykkelse 15-20cm.
- Pel 7627: sone parallelt S2, tykkelse 30cm.
- Pel 7653: sone parallelt S1, tykkelse 50cm.
- Pel 7730: sone parallelt S3, tykkelse 10-50cm.
- Pel 7755: 2 parallelle soner, tykkelse 10cm.
- Pel 7802: sone parallelt S2, tykkelse 10cm.
- Pel 7810-7815: flere parallelle soner, tykkelse 5-10cm.

De registrerte sonene sammenfalt kun enkelte steder med forsenkninger i terreng over tunnelen.

Notat Tunnelinspeksjon Grimstadporten. Sweco Grøner. 01.02.2008 [21].

Med bakgrunn i rapport fra 27.10.2007 ble det utarbeidet en sikringsplan for rehabilitering av Grimstadporten. Utført sikring er illustrert i Figur 4-1.



Figur 4-1: Utført ettersikring i Grimstadporten.

E18 Grimstadporten, ingeniørgeologisk inspeksjon. 26070-460. Statens Vegvesen. 08.05.2013 [22].

Inspeksjon bak hvelv første gang etter ettersikring utført i 2008. Det ble ikke registrert nedfall eller bruddutvikling av betydning i bergmassen eller sprøytebetongen. Det ble ikke registrert lekkasjer i de utstøpte seksjonene. Det ble ikke registrert forhold i tunnelen som krever tiltak umiddelbart eller på sikt.

Notat E18 Grimstadporten. Inspeksjon. Statens Vegvesen. 30.05.2017 [23].

Begrenset inspeksjon ble utført i Grimstadporten. Ved pelnr. 7950 ble det registrert to steile, tverrgående slepper med leirig sleppefyll på opptil et par cm. Ca. 5-7 meter innenfor portal øst ble det observert delvis avløste, usikrete skiver i veggen. Ved profil 7455 ble et avløst betongflak i veggen registrert. Leirbelegg på berg har trolig gitt dårlig heft for betong. Muligens også svelleleire. Ved profil 7630 – 7640 skal det etableres nytt teknisk rom. Normal bergkvalitet, grovblokkig berg uten synlige svakhetssoner. Tydelig vertikal oppsprekking (to-tre sprekkesett), to med strøkretning omtrent parallelt med tunnelakse, i tillegg et tverrgående. De to langsgående sprekkeretningene ble observert å falle steilt (80-90 grader) henholdsvis innover i berget og utover mot tunnelrommet. Bolting utført ved tunneloppgradering.

E18 Grimstadporten (Hp11/m62299) – inspeksjon. Statens Vegvesen. 20.05.2019 [24].

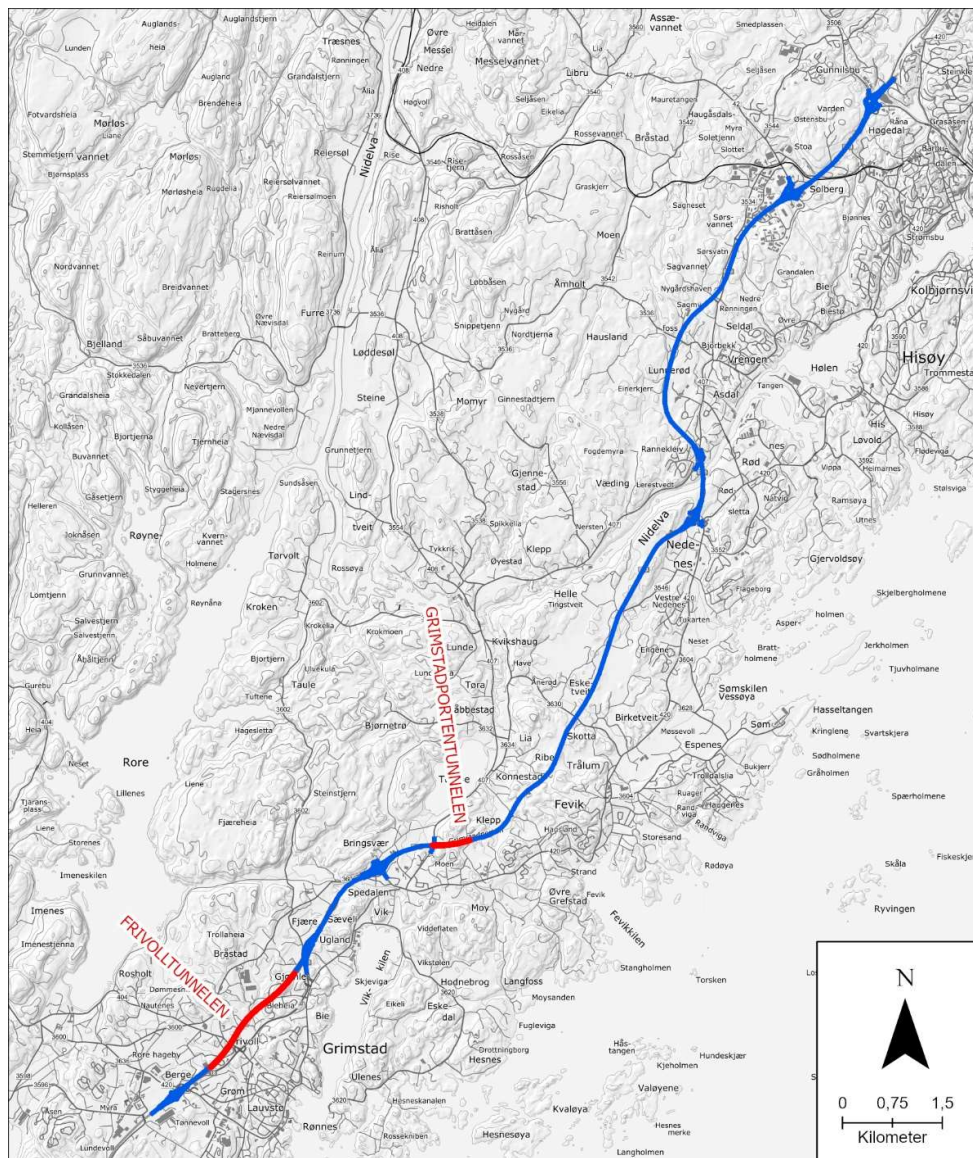
Inspeksjon bak hvelv, langs sålen. Ikke funnet nedfall på såle og det ble ikke funnet tegn på ny deformasjon i berg eller sprøytebetong fra sist utført inspeksjon. Ved profil 7405 ble noen delvis avløste betongflak observert. Ved profil 7465 – 7475 ble det registrert blokk ca. 2,5-3 m over sålen med usikker stabilitet. I overgangen mellom vederlag og heng ble det registrert flere benker og blokker helt eller delvis uten fot.

Intervju med tunnelforvalter

I telefonintervju 02.12.2021 opplyser tunnelforvalter rundt detaljer gjengitt over. Vegger er ikke sikret i henhold til dagens krav og standard (N500). Videre blir det fortalt at tunnelen ikke er tettet med injeksjon og at det ikke er registrert vannproblemer i dagens løp.

4.4 Trasévalg, linjeføring og tunneltverrsnitt

Grimstadporten er lokalisert i sørlig halvdel av prosjektet, nord for Grimstad og vest for Fevik. Figur 4-3 viser plasseringen til blant annet Grimstadporten i prosjektet. I Figur 5-1 vises tunnelen med profilnummer.



- Senterlinje
- Tunneltrase

Figur 4-3: Oversiktskart som viser plasseringen til tunnelene i prosjektet.

4.4.1 Utforming av tunnel

E18 Arendal – Grimstad planlegges som motorvei med fire felt, fartsgrense 110/100 km/t og normalprofil i henhold til dimensjoneringsklasse H3, håndbok N100 [25].

For denne dimensjoneringsklassen angir Statens Vegvesens håndbok N100 [25], Tillegg B, at tunnelprofil T10,5 skal legges til grunn. Tverrsnittarealet til T10,5

normalprofil er 60,64 m² og til sprengingsprofil er 74,59 m² [1]. ÅDT på strekningen er mellom 12 000 – 50 000 som plasserer tunnelen i tunnelklasse E.

Tunnelklasse E gir blant annet krav om havarinisje hver 500 m samt tverrforbindelse mellom tunnellopene hver 250 m.

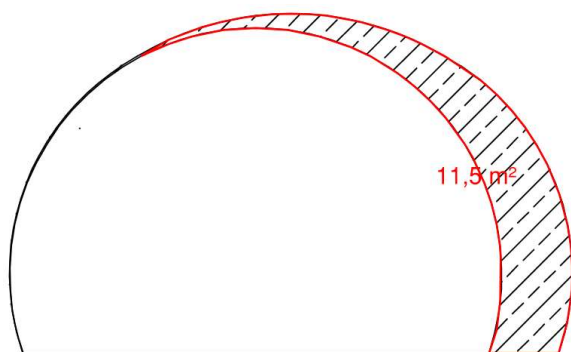
Eksisterende løp i Grimstadporten er 565 m i tunnelprofil T9, inklusive portaler. Ytterligere dokumentasjon finnes i kap. 4.3. Grimstadporten er i henhold til vegkart.no [26] bygget etter tunnelklasse D. Tunnelen ble oppgradert 2017 for å tilfredsstille krav i Tunnelsikkerhetsforskriften [27]. Dette løpet planlegges utvidet for å møte dagens krav. I tillegg skal det drives ett nytt parallelt løp sør for det gamle løpet.

Bergsikringsomfang og -metoder i tunnelene skal bestemmes ved hjelp av Q-metoden i henhold til håndbok N500 [1]. Forskjæringer og tunnelpåhugg skal utformes og sikres som skjæringer ellers i henhold til håndbok N200 [2], og skal også vurderes med hensyn til skredhendelser. Både tunneler og forskjæringer skal også sikres mot vann og is.

4.4.2 Strossing av eksisterende tunnel

Strossing av eksisterende vegtunneler betyr i denne sammenheng å utvide eksisterende tunneltverrsnitt, til et nytt og større prosjektert tverrsnitt. Det kan for eksempel være å strosse langs hele, eller deler av, tunnelkonturen for å oppnå større kjøreboks og få plass til tyngre og bedre bergsikring og større vann- og frostsikringshvelv. Strossing utføres også for å etablere flere havarinisjer og tverrforbindelser grunnet strengere standarder og økt trafikkmengde i tunnelen.

For å utvide tunnel fra T9 til T10,5 må det utvides 1,5 m i bredden. Dette innebærer at det må sprenges 11,5 m³/m, avhengig av hvor mye ekstra det er sprengt ut bak hvelv/full utstøping. I tillegg kommer sålesprenging og pigging/sprenging av uarmert betonghvelv der det er støpt ut. Tykkelsen av dette varierer trolig, men basert på tegning så antas det 11,5 m³/m (Figur 4-4).



Figur 4-4: Tunnelutvidelse fra T9 til T10,5.

Det foreslås at utvidelse etableres sørover da berget i partiene med lavest overdekning faller mot nord. Nytt løp skal etableres sør for eksisterende løp. Endelig bredde på bergstappe mellom eksisterende og nytt løp samt valgt side for strossing må vurderes nærmere i eventuell reguleringsplanfase. Minste avstand mellom sprengningsprofilene skal ifølge N500 være 10 m [1].

Grunnet liten bergoverdekning er det forventet liten endring i spenningsfordelingen som følge av strossingen. Grunnet økt spennvidde kan det forventes spenningsavløsning i hengen. De mest markante stabilitetsproblemene antas å være avløsning av blokker og nedfall i moderat til sterkt oppsprukne svakhetssoner. Dannelse av blokker med mulig utgliding og nedfall er den vanligste bruddtypen i tunneler med oppsprukket bergmasse og liten bergoverdekning. Utglidning oppstår som følge av kiledannelse mellom kontinuerlige og kryssende sprekkeplan med for lav skjærstyrke. Utglidning av blokker kan forekomme som utfall i heng og vegger. Strossing i tunnel med oppsprukket bergmasse kan avløse nye blokker eller utløse utglidninger i allerede avløste blokker. I tillegg blir bergsikring fjernet i områder som strosses.

Estimert sikringsomfang i dette forprosjektet er basert på ingeniørgeologisk tunnelinspeksjon utført av Sweco Grøner 27.10.2007.

Faktorer som er avgjørende for effektiv inndrift ved strossing i tunnel, er muligheten til å utføre arbeidsoperasjoner parallelt på flere stuffer og om tunnelen er stengt under driving. Trafikkavvikling i tunnelen under driving stiller større krav til entreprenørens planleggings- og tilpasningsevne. Strosseinndrift i tunneler med trafikkavvikling avhenger hovedsakelig av tilgjengelig tid til bergsikring og lasting av masser mellom tunnelens stenge- og åpningstid. For strossing av Grimstadporten anbefales det at tunnelen stenges og at trafikk

avvikles i nytt løp parallelt med eksisterende løp, som er sprengt ut i forkant av oppstart av arbeider i eksisterende løp.

Den viktigste forskjellen mellom strossing av eldre tunneler og driving av nye tunneler er at det kan etableres drift på flere stuffer samtidig. Ved at man borer klart flere salver ved ulike stuffer i tunnelen og senere sprenger samtidig, kan ulike arbeidsprosesser dermed foregå parallelt langs hele den prosjekterte tunnallengden. Videre er bergmassen mindre innspent, slik at det er behov for mindre sprengstoff.

4.5 Utførte grunnundersøkelser i denne fasen

Det er utført flere typer undersøkelser i denne planfasen.

- Geofysiske undersøkelser.
- Geotekniske boringer og prøvetakinger.
- Ingeniørgeologisk kartlegging.
- Prøvetaking og undersøkelser for sulfidinnhold.

4.5.1 Geofysiske grunnundersøkelser

Flere refraksjonsseismiske profiler er samlet inn over Grimstadporten, se Figur 4-5. Refraksjonsseismiske data gir et bilde av seismiske hastigheter i løsmasser og berg. Dataene indikerer derfor både bergkvalitet og løsmassetykkelse, og dermed bergoverdekning i tunnelen. De seismiske profilene samtolkes med utførte totalsonderinger og tolkede lineamenter. Det henvises til kapittel 7.1 og 9.2.2, samt vedlegg 3-6.



Figur 4-5: Utførte geofysikklinjer over Grimstadporten.

4.5.2 Geotekniske grunnbøringer og prøvetakninger

Det er gjort flere geotekniske grunnbøringer i planområdet. Hovedsakelig er det utført totalsonderinger, men også prøveserier, CPTu og poretrykkmålinger i utvalgte punkter. Det henvises til geoteknisk datarapport for detaljer [28].

4.5.3 Ingeniørgeologisk kartlegging

Det er utført ingeniørgeologisk kartlegging i to omganger i dette forprosjektet.

Grimstadporten ble befart i forbindelse med planlagt vedlikehold og stenging av tunnelen 16.-17. februar 2022. Da ble områdene til begge forskjæringene/påhuggene befart og kartlagt og det ble anledning til å inspisere bak hvelv. Da det allerede foreligger god dokumentasjon på eksisterende løp, ble det prioritert å kun inspisere bak hvelvet ved nisjen i eksisterende løp. Bergkvalitet ble kartlagt i den grad det var mulig og tilstand på eksisterende sikring og installasjoner ble vurdert, samt mulighet for å etablere tverrforbindelse til nytt tunnellop mht. blant annet geologi og eksisterende konstruksjoner.

Observasjoner og tolkninger knyttet til utført feltbefaring er gjengitt i kapittel 5, 6 og 9.

4.5.4 Undersøkelser for sulfidinnhold

Det er foretatt en innledende testing og vurdering for å avdekke forekomster av syredannende bergarter langs traséen. Bergartene som ifølge NGUs berggrunnskart skal påtreffes er prøvetatt og sendt til laboratorium for undersøkelse med XRF og peroksidtest. Resultater omtales i kapittel 5.7.1 og 9.2.7.

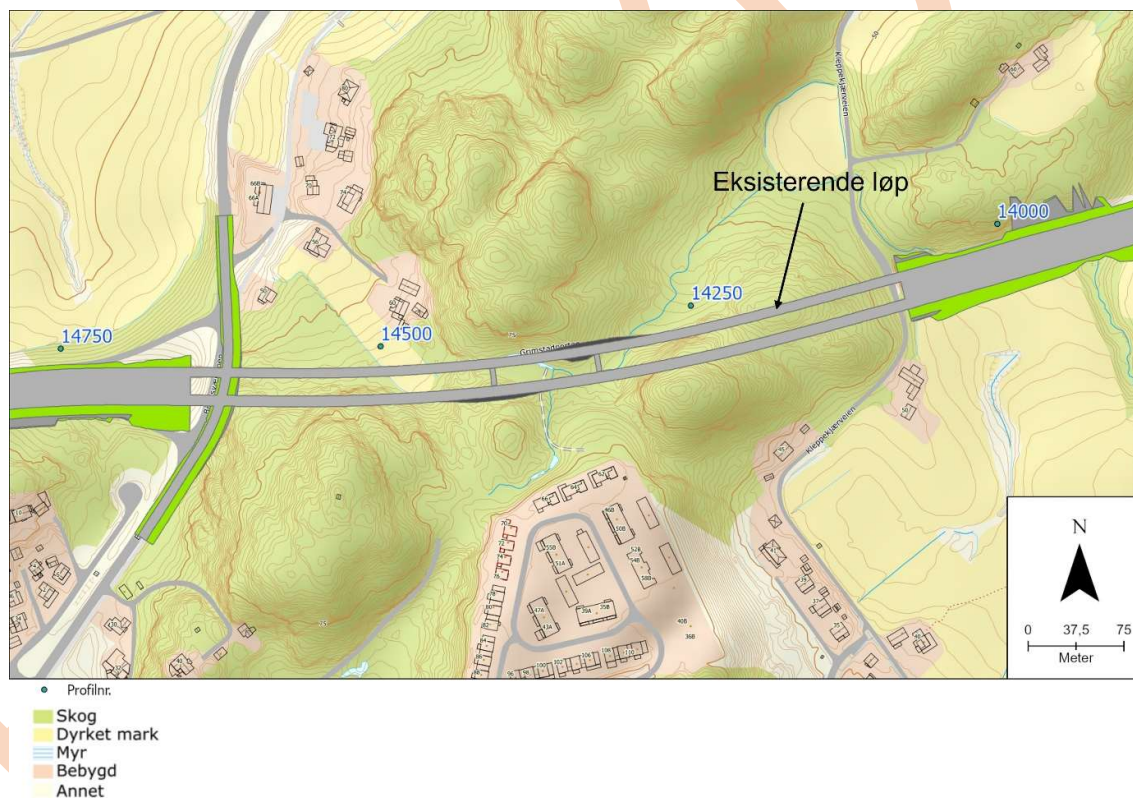
DEL 1: FAKTADEL

Foreløpige

5 Fakta

5.1 Topografi

Topografien i området er preget av erosjon og forvitring langs eksisterende strukturer i bergmassen. Landskapet over tunnelen er småkupert med små koller og forsenkninger mellom disse. Terrengformene i området varierer i orientering; mange stryker enten vinkelrett på, eller parallelt med kysten. Grimstadgranitten stikker opp av landskapet som koller. Høyere liggende områder har avrundede til flate partier langs toppene og brattkanter ned mot omkringliggende dalsøkk. Landskapet har i stor grad vært påvirket av isbrebevegelse, som har slipt og polert bergoverflaten [7, 8]. Arealdekket utgjøres primært av grøntarealer over tunnelen, med nærliggende boligbebyggelse og jordbruk. Topografiske kart vises i Figur 5-1.

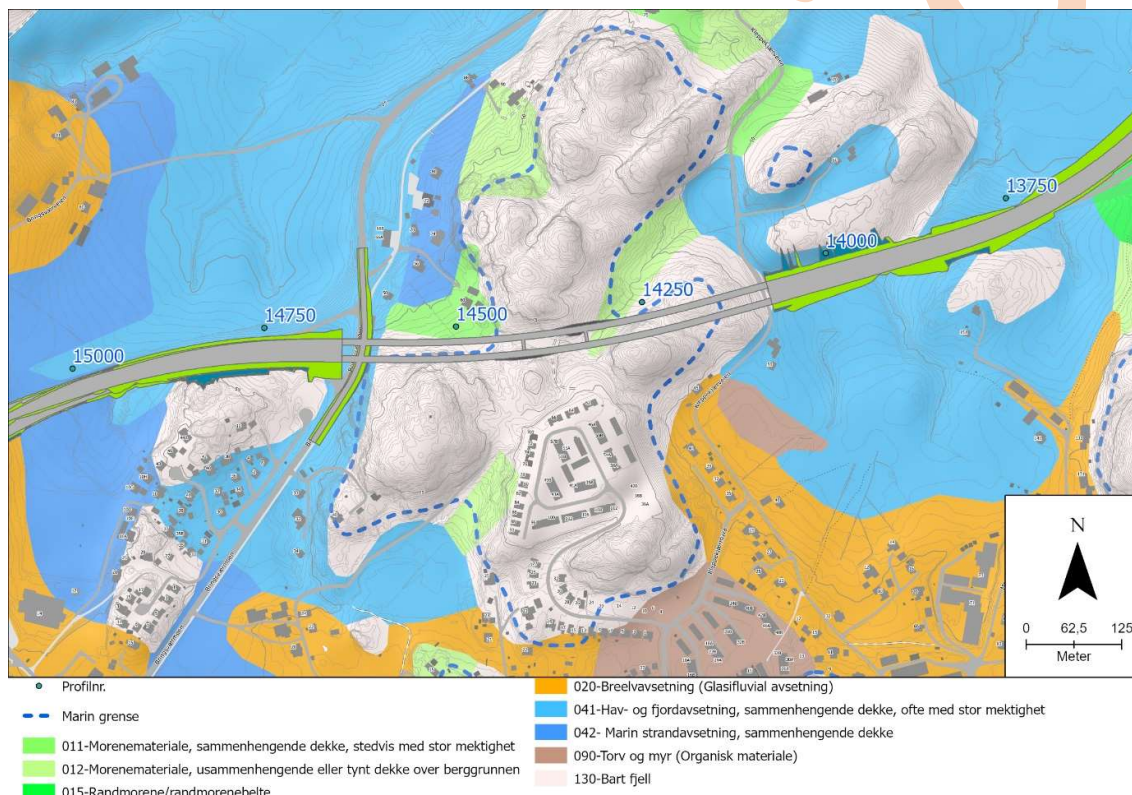


Figur 5-1: Topografisk kart over traséen til Grimstadporten.

5.2 Kvantærgeologi

Langs strekningen til Grimstadporten finner man ifølge NGUs løsmassekart [10] tykt dekke med hav- og fjordavsetninger og morenemateriale i både tynt og tykt dekke. Det er også marine strandavsetninger, breelavsetninger og torv og myr i

nærheten. Hav- og fjordavsetninger består typisk av leirig materiale mens strandavsetninger typisk inneholder mer sand. Hele prosjektområdet er under marin grense, som her påtreffes ca. 60 meter over havet. Topp av koller er typisk ikke dekket med løsmasser. Kvartærgeologisk kart vises i Figur 5-2. Grunnboringer indikerer løsmassemektigheter mellom ca. 1 og 11 m over Grimstadporten. Geoteknisk datarapport for dette forprosjektet viser resultatene fra de geotekniske grunnundersøkelsene [28].



Figur 5-2: Kvartærgeologisk kart over traséen til Grimstadporten [10].

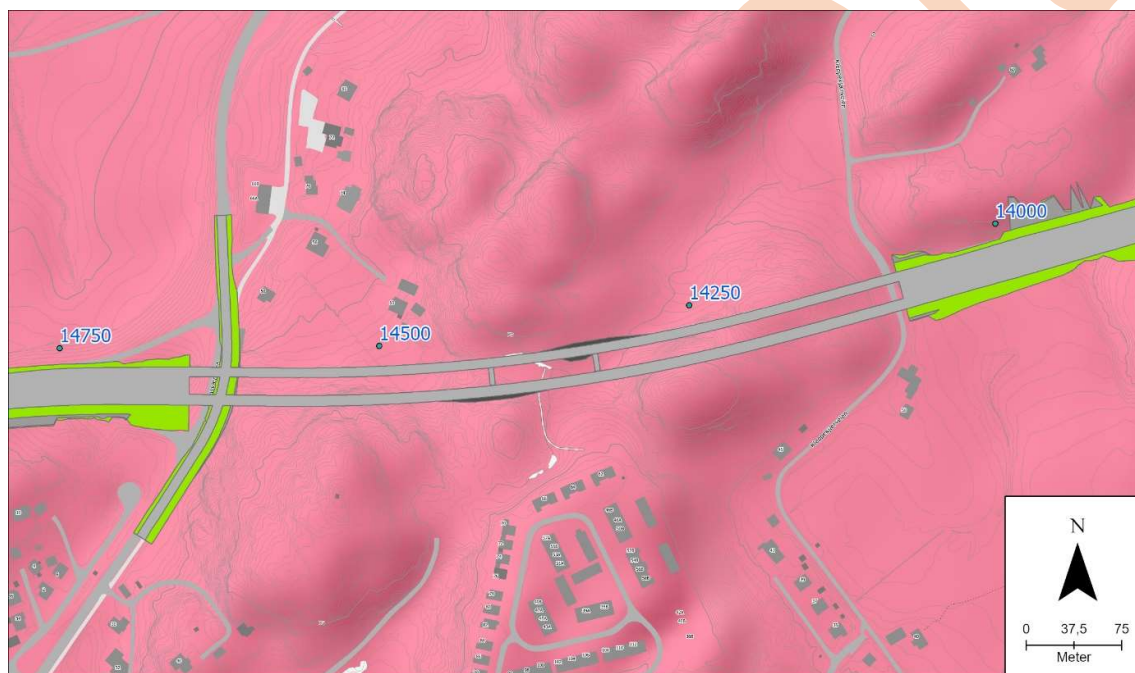
5.3 Berggrunnsgeologi

Ifølge NGUs berggrunnskart [9] skal traséen til Grimstadporten gå gjennom kun granitt. Et berggrunnskart for Grimstadporten vises i Figur 5-3.

Flertallet av bergartene langs traséen til ny E18 Arendal-Grimstad tilhører Bamble-komplekset. Bamble-komplekset består av prekambriske (ca. 1600-1000 millioner år gamle) gneiser, amfibolitter, migmatitter og kvartsitter [29] [30]. Bergartene bestod opprinnelig av sedimentære bergarter og vulkanske dag- og dypbergarter som har blitt metamorfoserte under den Svekonorvegiske

fjellkjedefoldingen. Bergartsstrukturen domineres av isoklinale folder som stryker NØ-SV.

Granitten er en del av Grimstadgranitten, som intruderte de eldre grunnfjellsbergartene senere (ca. 1000-900 millioner år siden) [29]. Den yngre granitten har ofte markante grenser til omkringliggende eldre bergarter. Det forekommer også ganger med rompeporfyr (ca. 300 millioner år gamle) i området som skjærer igjennom både de eldre gneisene og Grimstadsgranitten [29]. Ifølge NGUs berggrunnskart krysser ikke tunneltraséen rombeporfyranger [9].



Figur 5-3: Berggrunnskart for Grimstadporten [9].

5.4 Lineamenter

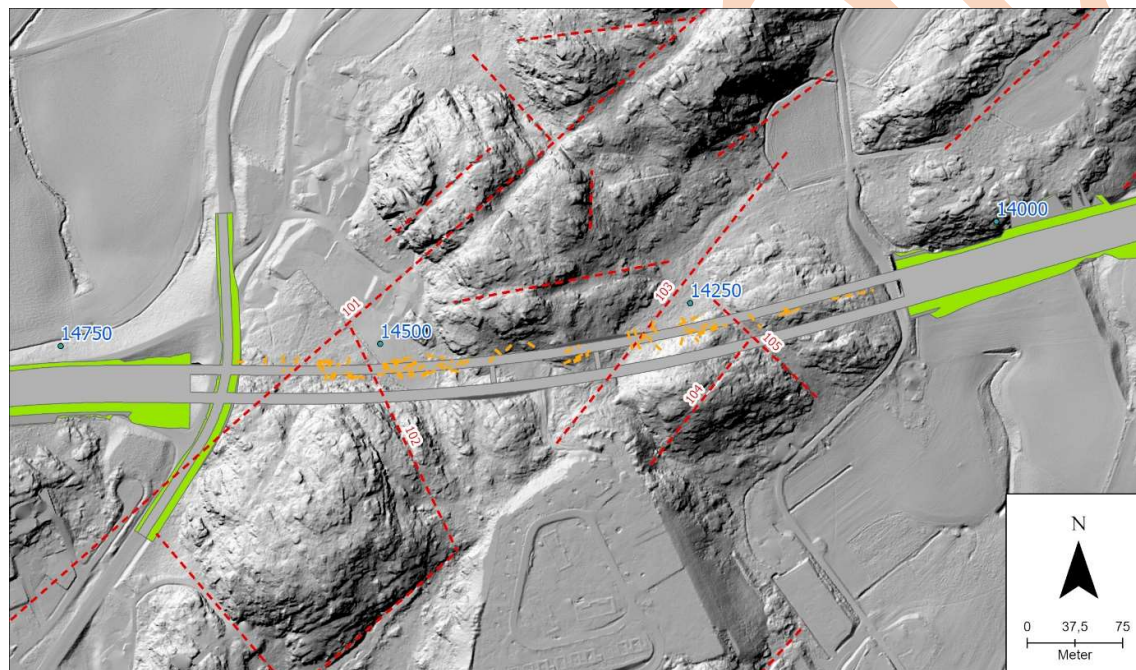
Det er to til tre dominerende orienteringer til tolkende lineamenter i planområdet:

- A. NNØ-SSV til N-S
- B. NV-SØ til NNV-SSØ
- C. Ø-V til ØNØ-VSV

Av disse er orienteringene i punkt A og B klart mest dominerende i området.

Figur 5-4 viser kart med tolkede lineamenter fra relieffkart og kartlagte leirsoner fra tunnelinspeksjon i 2007. Det er kun området nærmest traséen som er vurdert. Lineamentene som krysser planlagt veitrasé, er nummerert fra 101 og opp langs Grimstadporten. Ved og langs Grimstadporten er det flere tolkede lineamenter. De viser gjentagende orienteringer. Lineament nr. 101 er det lengste lineamentet som krysser tunneltraséen.

Generelt viser resultater fra grunnboringer ofte større løsmassemektheter langs lineamenter, men ikke alltid.



- Profilnr.
- Leirsoner/-slepper >1cm i Grimstadporten
- Tolkede lineamenter

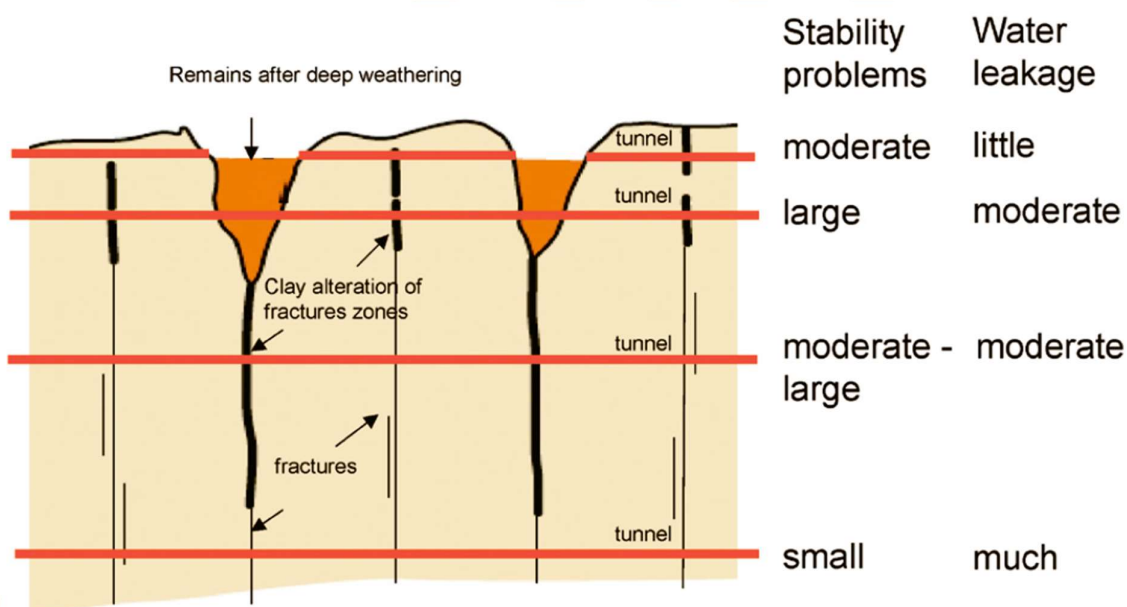
Figur 5-4: Skyggerelieffkart med oversikt over tolkede lineamenter og registrerte leirsoner langs Grimstadporten. Lineamentene som krysser traséen er nummerert fra 101 til 105.

5.5 Dypforvitring

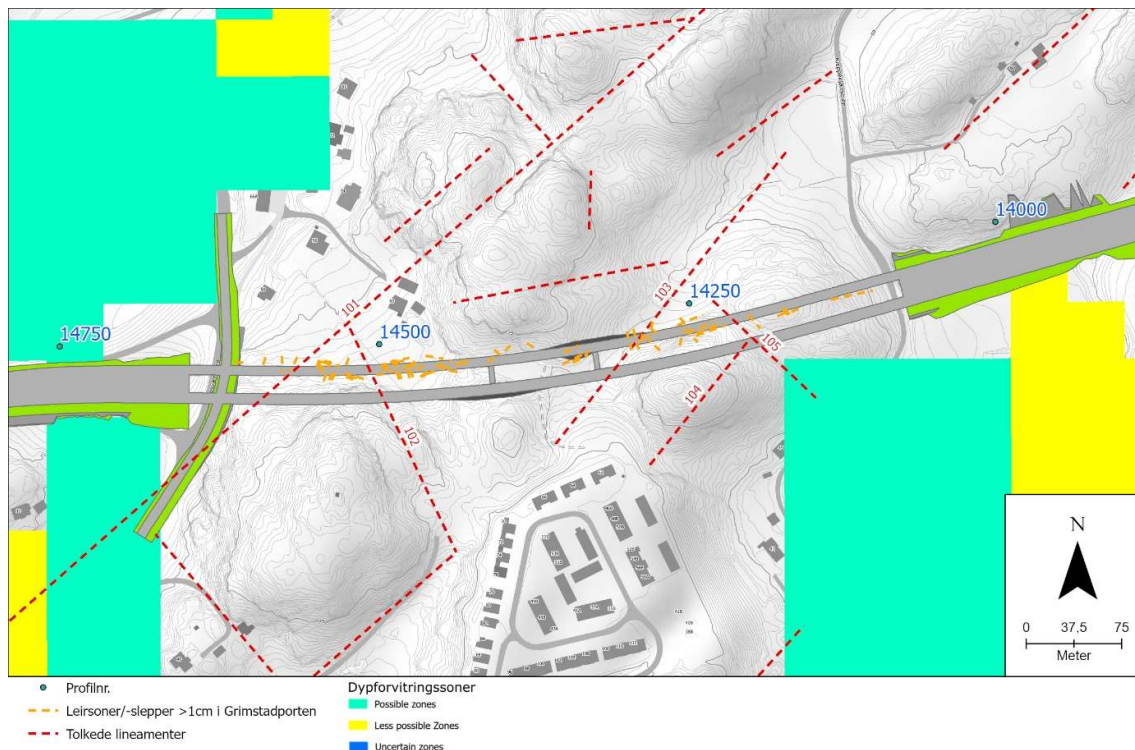
Eksponert grunnfjell ble utsatt for kjemisk forvitring da Norge lå ved tropiske breddegrader i Trias- og Juratiden [31]. Forvittringsprosessen var styrt av sirkulasjon av surt vann og sprekkesystemer og svakhetssoner var derfor ekstra utsatt. Silikatmineraler i grunnfjellsbergartene ble omdannet til leirmineraler (f.eks. smektitt og kaolinitt), som kan gi problemer både med svelling og lav friksjon på sprekker. Erfaring fra bygging i bergartene i området tilsier at det kan

forventes å påtreffes svakhetssoner med leire og svelleleire, se f.eks. [32]. Dypforvitrede sprekkesystemer kan påtreffes ned til flere hundre meter under bakken (Figur 5-5) og dermed gi utfordringer med bygging av undergrunnsanlegg. Et typisk forvittringsprofil går fra friskt berg, via kantete til avrundete blokker av friskt berg ("core stones"/reststeiner) omgitt av forvittringsprodukter, til sjikt som består nesten utelukkende av forvittringsprodukter [33].

NGU har publisert aktsomhetskart for dypforvitring basert på sammenfall av topografiske forsenkninger og negative magnetiske anomalier fra flybåren magnetometri [15]. I prosjektområdet indikerer kartene at stort sett alle større forsenkninger i topografien kan være påvirket av dypforvitring. Aktsomhetskartet indikerer ingen soner med dypforvitring langs Grimstadporten (Figur 5-6). Samtidig viser erfaring fra arbeid i dagens tunneløp at det ble påtruffet flere leirsoner langs traséen, som har medført at det i dag er ganske tungt sikret flere steder.



Figur 5-5: Utfordringer for tunneler i ulike dyp i forhold til dypforvitrede svakhetssoner [31].



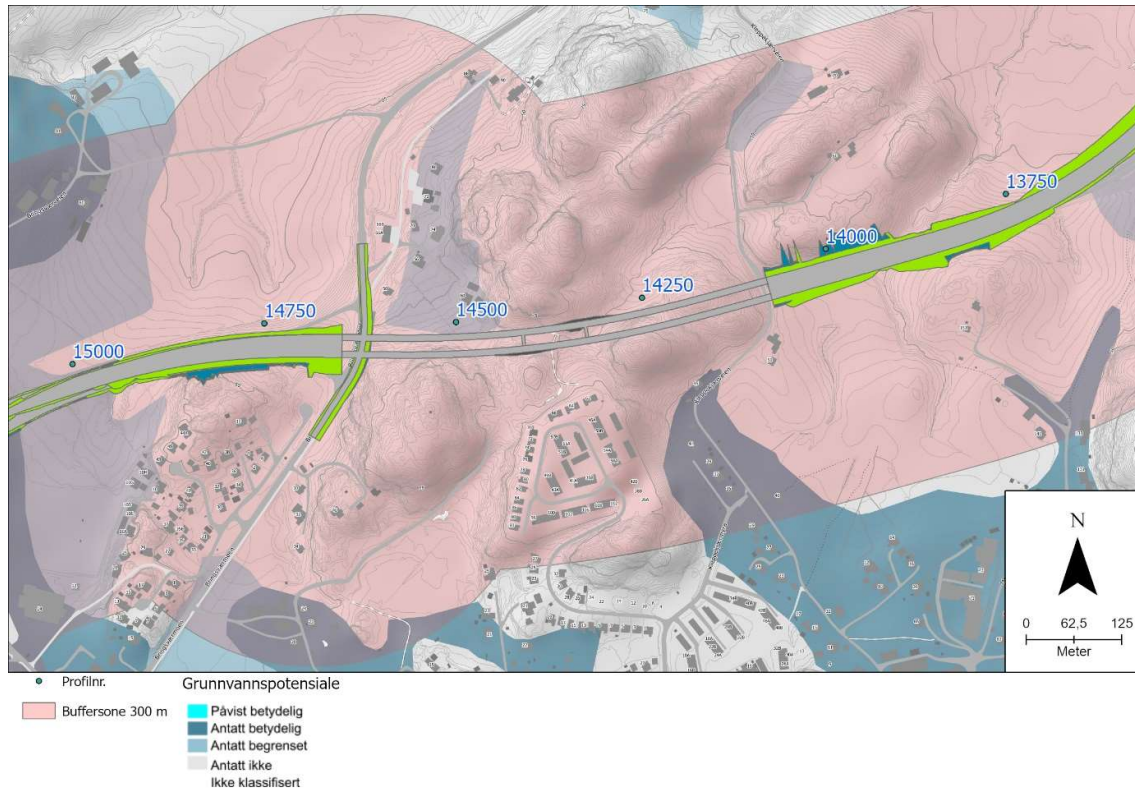
Figur 5-6: Aktsomhetskart for dypforvitring med mulige dypforvitringssoner ved Grimstadporten.

5.6 Hydrogeologi

NGUs løsmassekart [10] viser varierende grunnvannspotensiale langs tunneltrasé (Figur 5-7). Grunnvannspotensialet er relatert til massenes vannledningsevne og følger i grove trekk dominerende kornstørrelse i avsetningene, slik at grovkornete strandavsetninger, elveavsetninger og breelavsetninger har større grunnvannspotensiale enn leirige hav- og fjordavsetninger. Grimstadporten planlegges primært under bart berg og noen moreneavsetninger, og til dels noe hav- og fjordavsetninger (Figur 5-2).

Rapporten "Undersøkelser og krav til innlekkasje for å ivareta ytre miljø" [34] konkluderer med at det er liten fare for påvirkning av grunnvannsspeil i avstander over ca. 300 m fra et tunnelanlegg. Det tas derfor utgangspunkt i at grunnvannsforhold kan påvirkes innen et influensområde på 300 m fra tiltaket. Granada [13] viser at det ikke er registrert noen brønner innenfor influensområdet rundt Grimstadporten. Det bør likevel kartlegges nærmere om det finnes brønner i planområdet som ikke er registrert i Granada. Hydrogeologiske kart vises i Figur 5-7.

Topografiske kart viser at det er vann og vassdrag i nærheten av og som krysser planlagt trasé [35]. Det ligger blant annet et lite vann over Grimstadporten, ca. ved profilnr. 14370.



Figur 5-7: Hydrogeologisk kart med oversikt over grunnvannspotensiale og brønner for Grimstadporten. Det er ikke registrert noen brønner i nærheten av tunnelen.

5.7 Miljøgeologi

5.7.1 Syredannende bergarter

Tidligere byggeprosjekter på Sørlandet, inkludert tilstøtende veistrekninger både nord og sør for E18 Arendal-Grimstad, har hatt utfordringer med syredannende bergarter og sur avrenning [7] [36] [37]. Disse utfordringene har blitt knyttet til sulfidinnhold i gneiser i det prekambriske Bamblekomplekset, som utgjør mesteparten av berget i kystnære områder mellom Bamble og Kristiansand, inkludert traséen for ny E18 Arendal-Grimstad. Det er utført prøvetaking for å undersøke sulfidinnhold i granitt ved begge påhuggene til Grimstadporten i tillegg til en prøvelokalitet i granitt litt lenger nord. Disse er undersøkt i laboratorium med to undersøkelsesmetoder. Den ene undersøkelsesmetoden som er benyttet er X-Ray Fluorescens (XRF), som gir et estimat av svovelinnhold, hvilket gir en indikasjon på sulfidinnhold. Den andre undersøkelsesmetoden som

er benyttet er peroksidtesting, der knust bergart blandes ut i 7% hydrogenperoksid og temperaturendring måles etter 25 minutter. Dette gir indikasjon på bergartens syredanningspotensial. Klassifikasjonskriteriene for syredannende/ikke-syredannende bergarter er gitt i *Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis* av Prosjektgruppen for kontroll på svovelholdig avrenning i Agder [38], gjengitt her i Figur 5-8. For berg som etter disse retningslinjene vises å ha middels eller lav forvittringsgrad, klassifiseres berget som syredannende/ikke-syredannende etter Figur 5-9 [39].

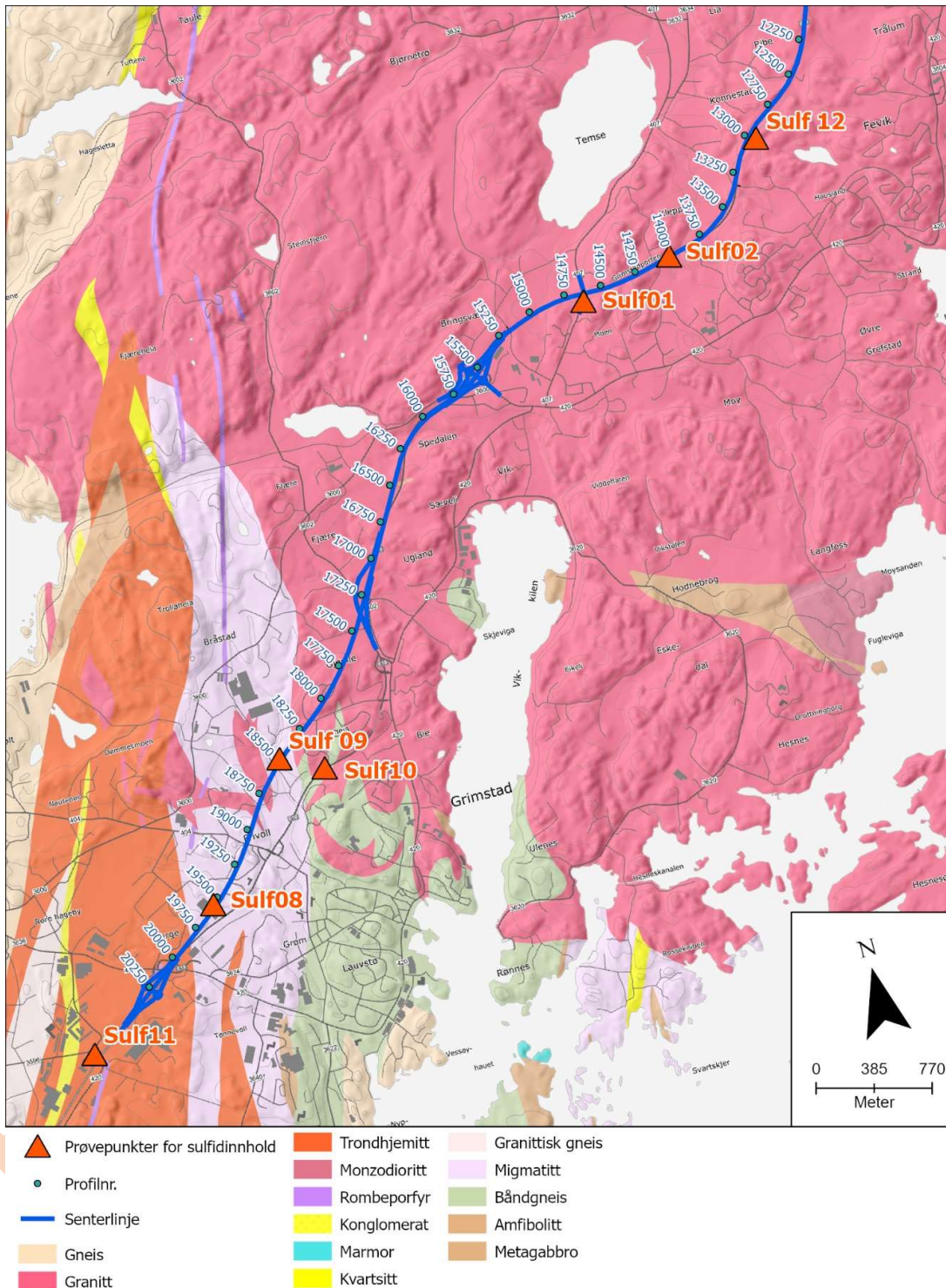
Faktor	Kategorier		
	Lav	Middels	Høy
Forvittringsgrad			
Innhold av svovel	<0,15 %	0,15 – 0,8 %	>0,8 %
Hydrogenperoksidtest	<0,7 C°	>0,7 C° - <1,2 C°	>1,2 C°

Figur 5-8: Faktorer som vurderes i undersøkelser av mulig syredannende bergarter [38].

Innhold av svovel (Avsnitt 5.4)	Hydrogenperoksidtest (Avsnitt 5.5)		
	Lavt syredanningspotensial	Middels syredanningspotensial	Høyt syredanningspotensial
Lavt svovelinnhold	ikke-syredannende	ikke-syredannende	Syredannende
Middels svovelinnhold	ikke-syredannende	Syredannende	Syredannende
Høyt svovelinnhold	Syredannende	Syredannende	Syredannende

Figur 5-9: Klassifikasjon av syredannende egenskaper i berg med middels eller lav forvittringsgrad [38].

Figur 5-10 gir en oversikt over sulfidprøvelokalitetene som er relevante for Grimstadporten. Tabell 5-1 oppsummerer resultatene fra XRF svovelanalyse og testing etter peroksidmetoden, som ble utført av Vannlaboratoriet AS.



Figur 5-10: Berggrunnskart over sørlig halvdel av prosjektområdet med oversikt over plassering til sulfidprøver som er innhentet [9].

Tabell 5-1: Utdrag fra resultater fra undersøkelse av syredanningspotensiale i granitt ved Grimstadportens påhugg og nord for Grimstadporten. Det vises resultater fra XRF svovelanalyser og peroksidtest med kategorisering og klassifikasjon etter Lillesand Kommunes retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis [38].

Bergart	XRF svovelanalyser		Peroksid-metode		Forvittrings-grad	Klassifikasjon
	Prøve-nr.	Resultat	Kategori	Temp.		
		%		diff. ° C		
Granitt	1	0,091	Lav	0,0	Lav	Ikke-syredannende
Granitt	2	0,105	Lav	0,1	Lav	Ikke-syredannende
Granitt	12	0,049	Lav	0,6	Lav	Ikke-syredannende

5.7.2 Radon

Store deler av Grimstadporten går i bergmasse som er merket med høy aktsomhet for radon ifølge aktsomhetskart fra NGU [12]. Dette kan medføre behov for overvåkning med radonmålere under driving. Høye målte radonverdier vil utløse behov for tiltak som for eksempel tetting, endring av trykkforhold, ventilasjon, redusert oppholdstid og personlig verneutstyr. Aktsomhetskart for radon vises i Figur 5-11.



Figur 5-11: Aktsomhetskart for radon for Grimstadporten [12].

5.8 Skred

I forbindelse med verdioptimalisering i 2021 [8] ble det utført en skredfarevurdering for traséen. Det er registrert flere skredhendelser langs eksisterende E18 mellom Arendal og Grimstad, hovedsakelig i form av steinsprang. Disse er utløst i eksisterende veiskjæring. Det er registrert én skredhendelse fra skjæringen som antas å være en forlengelse av vestlig påhuggslate til Grimstadporten (se kapittel 6.1.3). Ellers har ikke NVE kartlagt aktsomhetsområder for hverken jord-, flomskred eller steinsprang som berører selve veien. Det er kartlagt ett utløpsområde for snøskred som berører vestre påhugg til Grimstadporten. Det er ikke vurdert å være en reell fare for snøskred her og aktsomhetsområdet kan derfor håndteres som aktsomhetsområde for steinsprang.

Skredfarevurderingen stadfester at planlagt veitrasé generelt ligger i et relativt flatt terreng uten betydelig problematikk knyttet til skred fra naturlig terreng. Det er samtidig kartlagt faresone for skred ved vestre påhugg til Grimstadporten, samt litt øst for østre påhugg. Det henvises til fagnotat fra verdioptimaliseringen for kart og andre detaljer [8].

5.9 Bergmassens egnethet til vegformål

Granitt, som er kartlagt langs traséen til Grimstadporten kan egne seg til bruk i både veifundament, toppdekke og bærelag [9] [40].

I forbindelse med KDP ble NGUs grus- og pukkdatabase [11] gjennomgått for en innledende vurdering bergmassens egnethet til bruk i veioppbygging langs planlagt trasé for E18 Arendal-Grimstad. Det foreligger resultater (Los Angeles- og Micro-Deval verdi) fra Landvik pukverk som indikerer at massene herfra kan brukes blant annet som forsterkningslag, bærelag og asfalt. Landvik pukverk ligger 4 km fra nærmeste punkt på E18 ved Øygardsdal-krysset ved Frivolltunnel påhugg S. Massene fra Klodeborg pukverk har noe høyere verdier, men skal være godkjent ihht. NS-EN 13043. Klodeborg pukverk ligger 0,6 km fra nærmeste punkt på traséen ved Stoa. Masser fra Vestre Dale pukverk er brukt av Vegvesenet tidligere, men det opplyses ikke om resultater herfra. Vestre Dale pukverk ligger 14 km fra nærmeste punkt på traséen ved Stoa. De nevnte pukverkene driver i (meta)gabbroide bergarter innhyllet i amfibolitt og gneis [11] [41]. (Meta)gabbro er i utgangspunktet ikke en bergart som skal påtreffes langs traséen.

Det er ikke utført tester på dette for bergartene langs E18 Arendal-Grimstad i forbindelse med KDP eller dette forprosjektet. Det anbefales å gjøre uttak av prøver og for testing av bergmassens egnethet i neste planfase.

5.10 Naturtyper

Selv om tunneldrift fører til mindre negative konsekvenser på naturmangfold enn andre arealbeslag, kan tunnelanlegg føre til lekkasje og endringer i grunnvannstand, spesielt i naturtyper som myr, sumpskog, tjern og vassdrag. Det er viktig å vurdere om det er naturtyper som kan påvirkes over tunnel.

Det er ikke registrert naturtyper over Grimstadporten [42], og området består hovedsakelig av bart berg uten løsmasser.

5.11 Bebyggelse

Grimstadporten går gjennom en mer eller mindre bar bergkulle omgitt av løsmasser av forskjellig karakter, blant annet antatt leirige hav- og fjordavsetninger. På disse massene ligger det boligbebyggelse ved det vestre påhugget og gårdsbruk ved det østre påhugget innenfor 300 meter fra traséen (Figur 5-2, Figur 5-7). Ellers er bebyggelsen anlagt på bart berg, breelavsetninger og områder med torv og myr.

6 Ingeniørgeologisk kartlegging

Det er utført ingeniørgeologisk kartlegging i to omganger i dette forprosjektet; en befaring i februar og en i mars. Grimstadporten ble befart på befaringen i februar. Befaringen ble utført kveld og natt i regnvær.

Navngivingen til befaringslokalitetene er satt sammen av en bokstav som identifiserer ingeniørgeologen som har kartlagt lokaliteten og et løpenummer som starter på 001 for hver bokstav. Videre er befaringslokalitetene klassifisert som *fullstendige befaringslokaliteter* eller *korte befaringslokaliteter* etter detaljnivå på innsamlede data. Data er samlet inn med ArcGIS Field Maps.

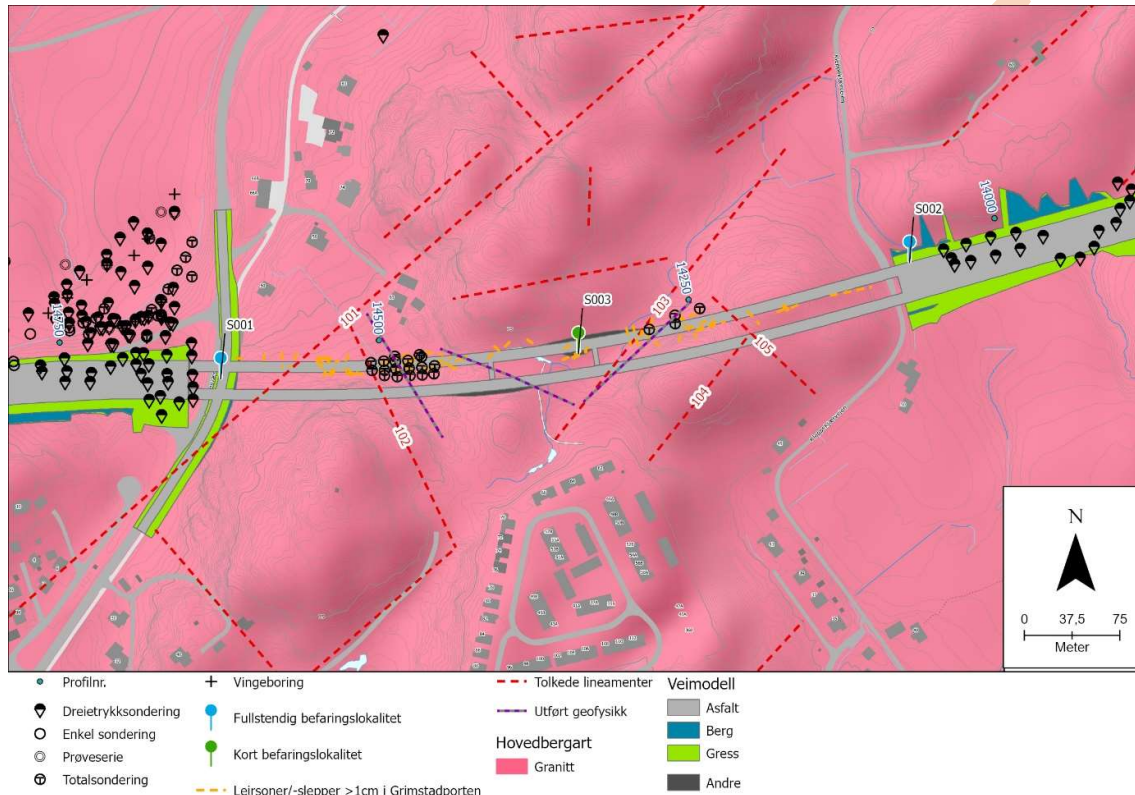
Under befaringen ble befaringspunkter kartlagt i henhold til standard NS-EN ISO 14689:2018 [43] og Q-systemet [44]. Orientering til plane strukturer oppgis i fall og fallretning. Standarden definerer ulike geologiske begreper. Standarden er på engelsk og utvalgte begreper relevant for dette dokumentet er oversatt i Tabell 6-1.

Tabell 6-1: Kvalitative begreper oversatt fra engelsk til norsk

	Begrep på engelsk	Begrep på norsk
UCS felttest	Extremely strong	Ekstremt sterk
	Very Strong	Veldig sterk
	Strong	Sterk
	Medium strong	Moderat sterk
	Moderately weak	Moderat svak
Sprekkeåpning	Very tight	Veldig tett
	Tight	Tett
	Partly open	Delvis åpen
	Open	Åpen
	Moderately wide	Moderat bred
	Wide	Bred
Sprekkeruhet	Very wide	Veldig bred
	Extremely wide	Ekstremt bred
	Striated	Striasjon
	Planar	Plan
	Straight	Rett
	Smooth	Glatt
	Rough	Ru
	Undulating	Undulerende
	Curved	Krummet
Forvitningsgrad	Stepped	Hakkete
	Wavy	Bølgete
	Fresh	Uforvitret
	Slightly weathered	Svakt Forvitret
	Moderately weathered	Moderat Forvitret

Det er i det videre gitt en beskrivelse av Grimstadporten med tilhørende forskjæringer og aktuelle feltresultater. Se også geologisk kartvedlegg for hele veistrekningen i vedlegg 1.

6.1 Grimstadporten



Figur 6-1: Oversiktskart over Grimstadporten.

6.1.1 Påhugg og forskjæring øst

Geometri

Geometrien til forskjæringen øst for Grimstadporten er beskrevet i Tabell 6-2. En oversikt over veigeometrien og annen informasjon ved forskjæringen kan sees i Figur 6-1. Påhuggene til sør- og nordgående tunnelløp er lokalisert ved profilnr. 14080. Påhuggsflaten vil være på ca. 400 m² og med en snitthøyde på ca. 9 m. Bergoverdekningen er forventet ca. 2 m.

Tabell 6-2: Oversikt over geometrien til forskjæringen øst for Grimstadporten.

	Fra profil	Til profil	Lengde [m]	Høyde [m]	Areal [m ²]
Forskjæring nord	14050	14080	30	8	100
Forskjæring sør	14055	14080	25	10	100

Berggrunn og løsmasser

Ifølge NGUs berggrunnskart [9] skal bergmassen bestå av granitt i forskjæringen og påhugget. På befaringslokalitet S002 er bergarten tolket som granitt. Løsmassedekket forventes generelt tynt, men med økende mektighet mot sør. Grunnboringer i området indikerer løsmassemektigheter mellom ca. 3 og 8 m. Det er påvist berg med 3 m innboring i berg under ca. 5 m løsmasser over påhugget til nordgående løp. Det er stigende terreng mot nord og over påhugget som lokalt heller brattere enn 30 grader. Over portalen går det i dag en liten lokalvei. Det er ikke tolket noen lineamenter som skal krysse forskjæringen eller påhugget.

Befaringsobservasjoner

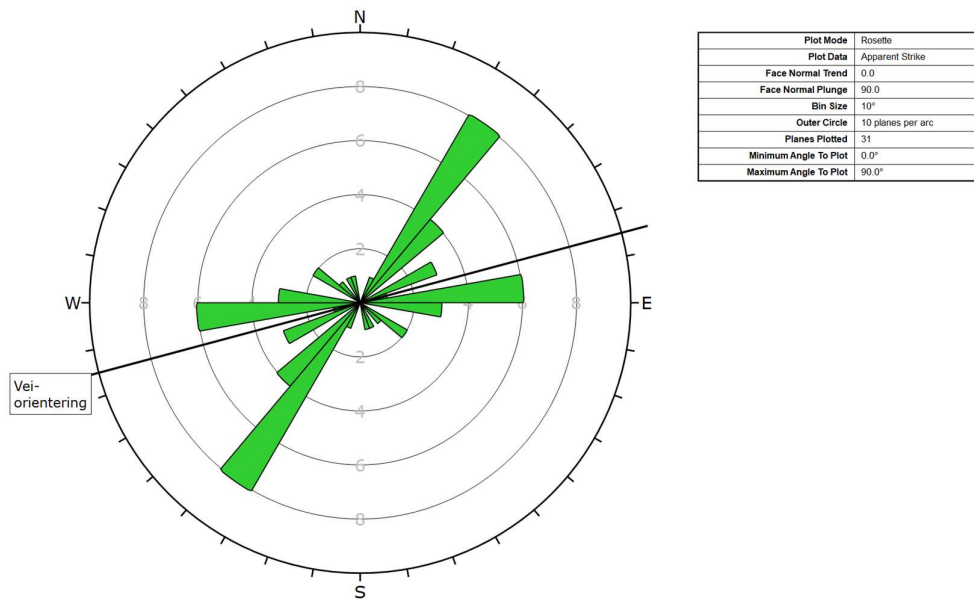
S002 er lokalisert i Grimstadportens østlige påhuggsområde. En bekk renner mot sør gjennom blotningen og i rør under eksisterende E18. Data og sprekkesettregistrering sees i Tabell 6-3 og Tabell 6-4. Se Figur 6-2 for sprekkerose. Figur 6-3 gir en oversikt over S002 og Figur 6-4 viser et nærbilde av en observert gang på befaringslokaliteten.

Tabell 6-3: Generell geologisk beskrivelse for befaringslokalitet S002.

Egenskap	S002
Bergbeskrivelse	Grovkornet, magmatisk, rødlig bergart. Få forvitrede soner. Observert mørk gang (~20 cm tykk) som ser ut til å være lagdelt, forvitret, tett oppsprukket og med brun oksidering. Lokalt er denne observert jordaktig.
Bergart	Granitt
Isotropi	Isotrop
UCS	Veldig sterk (100-250 MPa)
RQD	90-100
Antall sprekkesett	3+
J_r	1,5 Ru, ujevn, plan
J_a	1 a)
Forvitningsgrad	Svakt forvitret
Bergvann	-
Overvann	Rennende vann
Blokkstørrelse	>2000 mm
Blotningsstørrelse	L=200 m. B= 15 m. H= 5 m.
Eksisterende bergsikring	Spredd bolting

Tabell 6-4: Sprekkesettregistreringer fra befaringslokalitet S002.

	S1	S2	S3
Orientering (fall/fallretning)	90/180	85/305	10/120
Sprekkeutstrekning	5-15 m	1-5 m	1-10 m
Sprekkeavstand	600 - 2000 mm. Stor.	600 - 2000 mm. Stor	600-2000 mm. Stor.
Sprekkeåpning	10 - 100 mm. Bred.	<0,1 mm. Veldig tett.	<0,1 mm. Veldig tett
Sprekkefyll	Knust berg i noen sprekker, overflateoksidasjon, sort/mørkt belegg	Knust berg i noen sprekker, sort/mørk overflateoksidasjon.	-
Sprekkeruhet mm	Ru	Glatt	Ru
Sprekkeruhet cm	Plan	Plan	Plan
Sprekkeruhet m	Rett	Rett	Rett
Kommentar	Omtrent parallell med eksisterende forskjæring.	Glidespeil på noen sprekkeflater, skråbevegelse indikert.	



Figur 6-2: Sprekkerose med målinger fra befaringslokalitet S002.



Figur 6-3: Oversiktsbilde av lokalitet S002. Bildet er hentet fra Google Street View, da det ikke var mulig å ta gode oversiktsbilder på nattbefaring. Bildet ser mot nordvest.



Figur 6-4: Nærbilde av mørk gang i granittisk vertsbjergart på lokalitet S002. Bildet er orientert mot nord med bok for skala.

6.1.2 Tunneltraséen

Geometri

Grimstadporten eksisterer i dag som en ettløpstunnel med tunnelprofil T9. Denne planlegges utvidet til to løp med T10,5 til T12 pga. siktutvidelse. Ved nisjer økes tverrsnittet til ca. T15. Nytt løp blir nordgående løp og skal etableres sør for eksisterende løp. Eksisterende løp skal strosses ut for å møte dagens krav til dimensjoner og sikring. Tunnelen skal bli 565 m lang, inklusive portaler, se Tabell 6-5. En oversikt over veigeometrien og annen informasjon kan sees i Figur 6-1. Bergoverdekningen varierer mellom ca. 5 og 33 m. Det forventes særlig lav bergoverdekning mellom ca. profilnr. 14220-14300 og 14460-14500. Minste bergoverdekning på ca. 5 m forventes over sørgående løp ved ca. profilnr. 14268

og 14484. Ved disse profilnumrene er overdekningen forventet over 20 m over nordgående løp. Avstanden mellom løpene er ca. 10 m.

Tabell 6-5: Oversikt over geometrien til Grimstadporten.

	Fra profil	Til profil	Lengde [m]
Sørgående løp	14080	14645	565
Nordgående løp	14080	14645	565

Berggrunn og løsmasser

Ifølge NGUs berggrunnskart skal bergmassen bestå av granitt langs tunnelen. På befaringslokalitet S003 bak hvelvet i eksisterende løp og på S001 og S002 ved påhuggene er bergarten også kartlagt som granitt. Løsmassedekket forventes generelt tynt. Grunnboringer over tunnellopene indikerer løsmassemektigheter mellom ca. 1,5 og 11 m, se Figur 6-1 for borpunktene plassering. Flere tolkede lineamenter krysser tunneltraséen med 35-65 graders vinkel, se Figur 5-4.

Befaringsobservasjoner

Grimstadporten er befart ved befaringslokalitet S003, bak hvelvet ved nisje i eksisterende løp. Vanskelig tilkomst og mye sprøytebetong begrenset omfanget av befaringen og muligheten til å ta gode oversiktsbilder. Befaringsdata er oppsummert i Tabell 6-6. Det er utført noen sprekkemålinger på befaringslokaliteten, og flere sprekkemålinger sammenfaller med sprekkesett definert på S001 og S002. For øvrig vurderes ikke observert oppsprekkingsmønster ved de to påhuggene å samsvare spesielt godt.

Sweco Grøner utførte i 2007 en omfattende tunnelinspeksjon i Grimstadporten. De noterte seg tre sprekkesett i tunnelen i tillegg til en subhorisontal oppsprekking. De tre sprekkesettene stryker V-Ø, N-S og NNØ-SSV, hvorav de to førstnevnte er beskrevet som steile og sistnevnte har moderat fall. Disse sprekkesettorienteringene kan ikke sies å samstemme spesielt godt med observert oppsprekking i påhuggsområdene under befaring i forbindelse med dette forprosjektet. Trolig varierer oppsprekkingen gjennom kollen tunnelen skal drives i.

En generell observasjon under tunnelinspeksjonen utført av Sweco Grøner var at oppsprekking er tettere inne i tunnelen enn i dagen. Typisk var observert sprekkavstand i tunnelen 20-30 cm og tettere i parter med sterkere oppsprekking. Flere sprekker er observert svært utholdende. Det ble også registrert leirbelegg på flere sprekker i tillegg til mange tykkere slepper og soner

med knust berg og/eller leire. Det er påpekt at sonene kun unntaksvis kan sees som forsenkninger i terrenget over tunnelen.

Tabell 6-6: Geologisk beskrivelse for befaringslokalitet S003.

Egenskap	S003
Bergbeskrivelse	Grovkornet granitt. Begrensede observasjonsmuligheter grunnet sprøytebetong. Heng utilgjengelig for befaring.
Bergart	Granitt
Isotropi	Isotrop
UCS	Veldig sterk (100-250 MPa)
RQD	75-90
Antall sprekkesett	3
J_r	1,5 Ru, ujevn, plan
J_a	1 a)
Forvittringsgrad	Svakt forvitret
Bergvann	Tørt
Overvann	-
Blokkstørrelse	600-2000 mm
Blotningsstørrelse	-
Eksisterende bergsikring	Spredt og systematisk bolting i tak, ser ut som flere bolter ikke er gyst. Sprøytebetong, tynn sprøytebetong i vegger. Ikke ettersikret i vegger, kun tak og vederlag. Rust på noen boltplater og noen løse plater.

6.1.3 Påhugg og forskjæring vest

Geometri

Forskjæringen vest for Grimstadporten er ikke synlig i dagen. Portalen går inn i fylling og er ca. 35 m lang. Fylkesvei 407 krysser over portalområdet. Langs denne går skjæring 16 (se kartblad 40 i vedlegg 1). Skjæring 16 er orientert parallell med vestre påhuggsflate til Grimstadporten og er mest sannsynlig en forlengelse av påhuggsflaten. Det anslås derfor at påhuggsflaten ligger på ca. profilnr. 14610. Den anslås videre å være ca. 1300 m² og med en gjennomsnittshøyde på ca. 26 m. Bergoverdekningen er følgelig forventet ca. 19 m. På dette stadiet foreligger det ikke informasjon om evt. forskjæringer. En oversikt over veigeometrien og annen informasjon ved påhuggsområdet kan sees i Figur 6-1.

Berggrunn og løsmasser

Ifølge NGUs berggrunnskart [9] skal bergmassen bestå av granitt i forskjæringen og påhugget. På befaringslokalitet S001 (Figur 6-1) er bergarten kartlagt som granitt. Grunnboringer i området indikerer løsmassemektheter mellom ca. 0,5

og 15 m, med økende mektighet mot nord [28]. Det er stigende terreng over påhugget som lokalt heller brattere enn 30 grader. Videre er det ett tolket lineament i området som ser ut til å gå sør for påhuggsområdet, se Figur 7-1. Det er også observert to svakhetssoner i befaringslokalitet S001, hvorav den ene ser ut til å gå langs sørgående løp.

Befaringsobservasjoner

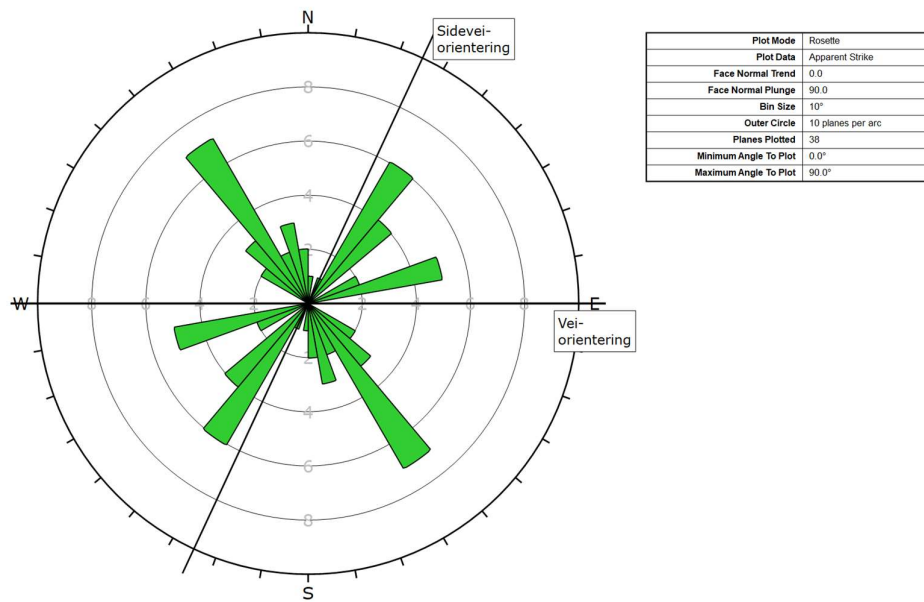
Nærmeste befaringslokalitet til forskjæringen og påhugget er S001. Oversikt over data og sprekkesettregistrering finnes i Tabell 6-7 og Tabell 6-8. Sprekkerose sees i Figur 6-5 og oversiktsbilde i Figur 6-6.

Tabell 6-7: Generell geologisk beskrivelse for befaringslokalitet S001.

Egenskap	S001
Bergbeskrivelse	Grovkornet, grovblokkig granitt. Kan lokalt brytes med hendene i forvitrede, grusige soner. Bredden av disse sonenes kjerner er ca. 10-20 og ca. 50 cm. Smal sone følger S1, 85/348, parallell med tunnel. Bred sone følger S2, 65/050, sør for eksisterende løp, trolig for langt sør for nytt løp.
Bergart	Granitt
Isotropi	Isotrop
UCS	Veldig sterk (100-250 MPa)
RQD	90-100
Antall sprekkesett	3+
J_r	1,5 Ru, ujevn, plan
J_a	1 a)
Forvitningsgrad	Svakt forvitret
Bergvann	-
Overvann	-
Blokkstørrelse	>2000 mm
Blotningsstørrelse	L=100 m. B= 5 m. H= 15 m.
Eksisterende bergsikring	Spredt bolting

Tabell 6-8: Sprekkeregistreringer for befaringslokalitet S001.

	S1	S2	S3
Orientering (fall/fallretning)	90/310	70/050	50/250
Sprekkeutstrekning	1-10 m	1-10 m	1-5 m
Sprekkeavstand	600 - 2000 mm. Stor.	600 - 2000 mm. Stor	600-2000 mm. Stor.
Sprekkeåpning	10 - 100 mm. Bred.	<0,1 mm. Veldig tett.	10 - 100 mm. Bred.
Sprekkefyll	Knust berg i noen sprekker	-	Knust berg i noen sprekker
Sprekkeruhet mm	Ru	Glatt	Ru
Sprekkeruhet cm	Plan	Plan	Plan
Sprekkeruhet m	Rett	Rett	Rett



Figur 6-5: Sprekkerose med målinger fra befaringslokalitet S001.

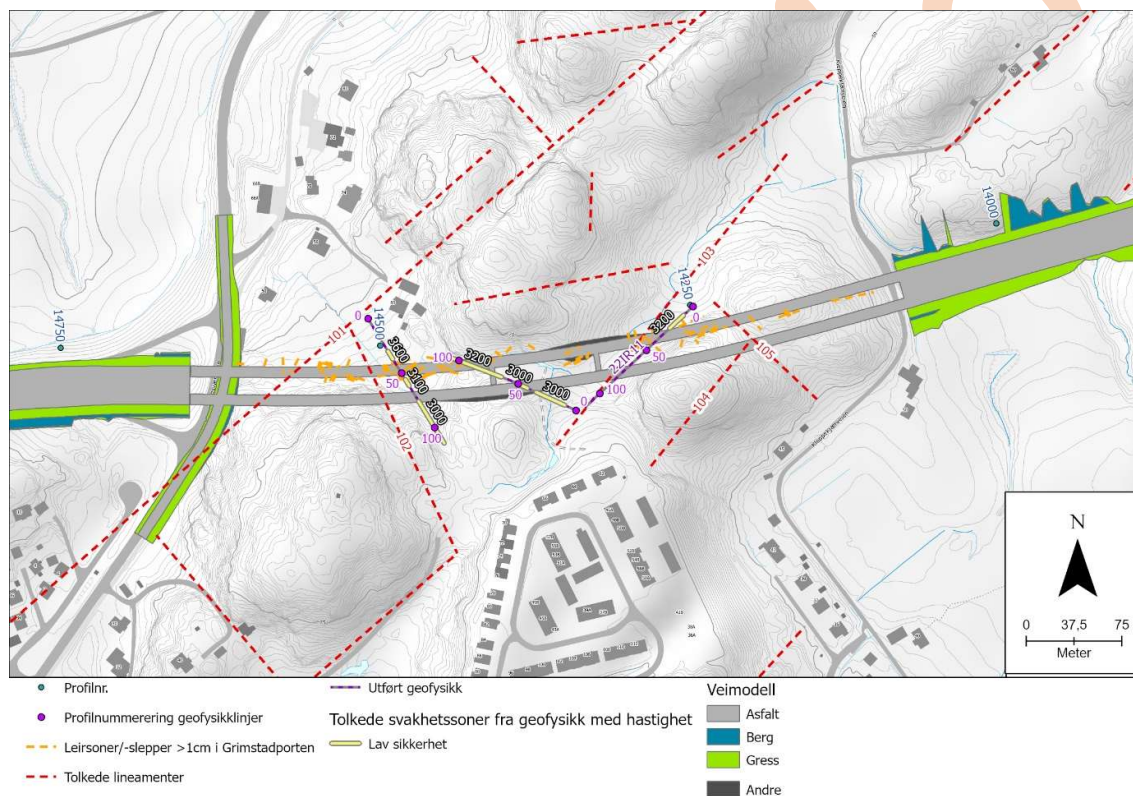


Figur 6-6: Oversiktsbilde av lokalitet S001. Bildet er hentet fra Google Street View, da det ikke var mulig å ta gode oversiktsbilder på nattbefaring. Bildet ser mot sørøst.

7 Resultater fra øvrige grunnundersøkelser

7.1 Geofysiske undersøkelser

Det er samlet inn data med refraksjonsseismikk over Grimstadporten, se *Figur 7-1*. Totalt er det utført refraksjonsseismikk langs 3 linjer over Grimstadporten. Disse har ID 221R0X, hvor X er et løpenummer som løper fra 9 til 11.



Figur 7-1: Kart over Grimstadporten med tolkede svakhetssoner fra geofysikk sammen med tolkede lineamenter og kartlagte soner. Anslått seismisk hastighet i de ulike tolkede svakhetssonene er indikert, oppgitt i m/s.

Fra de geofysiske dataene er det tolket svakhetssoner og topp av berg. Tolkningen av topp av berg mates inn som grunnlag i bergmodellen til prosjektet. Det er identifisert flere svakhetssoner og områder med dårligere bergkvalitet i de geofysiske dataene. Geofysiske data indikerer at ikke alle tolkede lineamenter samsvarer med svakhetssoner. Seismiske hastigheter er tolket ned mot 3000-3500 m/s i tolkede svakhetssoner. Ellers er seismisk hastighet i bergmassen generelt tolket mellom 4200 og 5300 m/s.

De geofysiske dataene er tolket vha. lagbasert tolkning, tomografi, tolkede lineamenter og nærliggende grunnboringer. Tolkede svakhetssoner fra

geofysiske data har generelt lav sikkerhet. Denne sikkerheten er vurdert ut fra hvor tydelig en sone vises i tolkningsmetodene som er benyttet. Det henvises til vedlegg 3-6 for geofysisk notat, kart og profiler. Tolkning av de geofysiske dataene opp mot tolkede lineamenter beskrives i kapittel 9.2.2 i denne rapporten.

7.2 Grunnboringer

Det er utført flere grunnboringer i forbindelse med dette forprosjektet. Resultatene fra boringene over Grimstadporten er vist i tegning V049-V051 i geoteknisk datarapport [28]. Boringene viser varierende løsmassemektheter fra ca. 1,5 m til 8 m langs tunneltraséen. Se ellers kap. 4.5.2.

DEL 2: TOLKNINGSDEL

Foreløpige

8 Tolkning - generelt

8.1 Bergmasseklasser, sikringsklasser og sikringsestimater

Q-verdi beregnes ut fra følgende formel:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

De seks parameterne i formelen er beskrevet i Tabell 8-1, for ytterligere informasjon om parameterne henvises det til håndbok for Q-systemet [44]. Ved befaring i felt kan ikke J_w eller SRF bestemmes. Da kan Q'-verdi beregnes basert på RQD, J_n , J_r og J_a .

Tabell 8-1: Parametere for Q-verdi.

Parameter	Beskrivelse
RQD	Tall for oppsprekking av bergmasse
J_n	Tall for antall sprekesett
J_r	Tall for sprekkeruhet
J_a	Tall for sprekkeomvandling
J_w	Tall for sprekkevannstrykk
SRF	Spenningsreduksjonsfaktor

Videre angir håndbok N500 [1] hvilke bergmasseklasser og sikringsklasser som defineres for ulike intervaller av Q-verdi, samt hvordan de ulike sikringsklassene skal sikres.

Basert på utført kartlegging, geofysiske og geotekniske undersøkelser, vurdering av overdekning, bergmassekvalitet, svakhetssoner og grovt estimat av bergspenninger, er det laget en vurdering av Q-verdi og tilhørende bergmasse- og sikringsklasse for tunnelen. Vurderingen av Q-verdi er basert på tilgjengelig data, og er beheftet med usikkerhet, da klassifisering etter Q-metoden egner seg best for kartlegging under tunneldriving, men den kan også anvendes ute i felt [44]. Det henvises til kapittel 9.2.3 og 9.2.5 for oversikt over anslåtte Q-verdier, bergmasseklasser og sikringsestimater. Det endelige sikringsomfanget fastsettes etter kartlegging på stoff under driving av tunnelen.

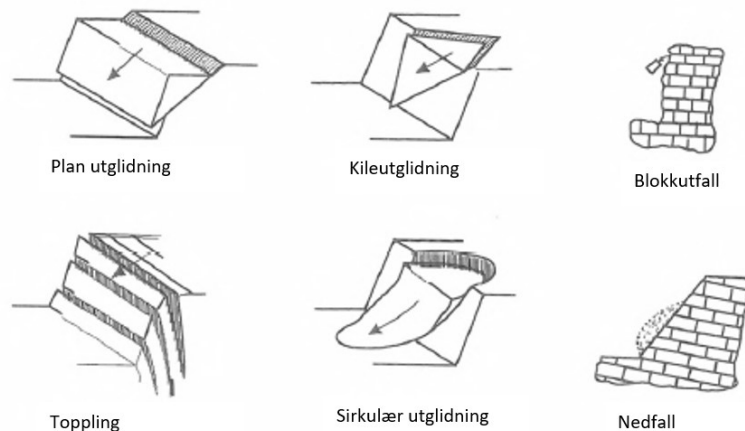
8.2 Mekanismer for utfall og ustabilitet

Det finnes ulike mekanismer som kan gi utfall fra forskjæringer og i tunneler. Utfall er avhengig av bergartenes oppsprekking, sprekkeorienteringer, svakhetssoner og eventuelt leire/svelleleire i sprekken. Orientering til tunnelakse og forskjæringer har også stor betydning for utfall fordi de påvirker

hvordan sprekkesettene kutter disse konstruksjonene. Bergspenninger og vannforhold kan også være medvirkende årsaker til utfall.

Det er i Figur 8-1 gitt en illustrasjon av de vanligste mekanismene for utfall fra bergvegger. De vanligste løsnemekanismene er plan utglidning, kileutglidning, toppling og blokkutfall. For plan utglidning kan man skille mellom ubegrenset plan utglidning og plan utglidning med sideavgrensning, som normalt settes til 20 grader. Dette er fordi plan utglidning er mer sannsynlig når sprekkeplans fallretning er tilnærmet normal på veilinja. Sirkulær utglidning forekommer oftest i svake bergarter eller løsmasser, og er ikke vanlig i bergskjæringer og tunneler. Nedfall er vanligvis forårsaket av overflateprosesser slik som forvitring og erosjon. Hyppige nedfall kan være indikasjon på større utglidninger [45].

I tunnel vil det også være mulighet for nedfall av kiler og blokker fra tak, ikke bare tunnelvegger. Dette er særlig kritisk når man har langsgående, gjennomsettende, steile sprekker i hengen, samt ved lav innspenning. Svakhetssoner gir normalt de største stabilitetsproblemene i tunneler.



Figur 8-1: Ulike mekanismer for utfall i berg [45] (figuren er oversatt til norsk).

8.3 Tolkning av løsnemekanismer

For å vurdere stabilitet i de ulike forskjæringene langs E18 Arendal-Grimstad, er det utført kinematiske analyser basert på feltdata fra nærliggende

befaringslokaliteter. Aktuelle feltdata for de ulike forskjæringene er presentert i kapittel 6.1.1 og 6.1.3.

For hver befaringslokalitet hvor det er gjort målinger av sprekkeplan er disse sprekkemålingene brukt til å utføre kinematiske analyser med dataprogrammet DIPS 8.0. Detaljerte resultater fra de kinematiske analysene er gitt i vedlegg 2. En kort sammenfatning av disse, med mer, gis i kapittel 9.1 og 9.3. I disse kapitlene presenteres det blant annet tabeller med vurdering av løsnemekanismer. En forklaring av de ulike løsnemekanismene gis i 8.2. DIPS gir resultater for plan utglidning (planar sliding), ubegrenset plan utglidning (planar sliding (no limits)), kileutglidning (wedge sliding), toppling (flexural toppling) og blokkutfall (direct toppling). Det brukes norske begreper i denne rapporten, mens resultatene i vedlegg 2 står på engelsk.

For løsnemekanismene er det vurdert en grad av fremtreden i henhold til andel av målte sprekker i sprekkesett som det indikeres at kan gi en løsnemekanisme i de kinematiske analysene. 1 til 15 % beskrives som lite fremtredende, fra 15 til 40 % beskrives som middels fremtredende og fra 40 til 100 % beskrives som sterkt fremtredende. Det er i tillegg gjort en vurdering av stabiliteten mht. feltresultater og visuelle observasjoner i stereoplott.

De kinematiske analysene er utført med representative forskjæringsorienteringer og med forskjæringshelning på 84° (10:1). Det er benyttet en friksjonsvinkel på 30° og sideavgrensning på 20° . For plan utglidning er det oppgitt mulighet for både begrenset (20° sideavgrensning) og ubegrenset plan utglidning. Ubegrenset utglidning er tatt med for å synliggjøre om plan utglidning kan bli aktuelt om forhold som sprekke- eller forskjæringsorientering endrer seg betydelig langs skjæringen.

Sprekkesett som vises i polplott, og som er brukt i de kinematiske analysene, er definert mht. feltobservasjoner. Eventuelle samlinger i plott som i felt ikke er vurdert som sprekkesett, er heller ikke blitt definert som sprekkesett i polplott. Der det er vurdert som aktuelt, er stabilitet også vurdert opp mot udefinerte samlinger, i tillegg til eventuelle sprekkesett.

Ettersom det er usikkerhet i representativiteten til feltdataene både lokalt og mot dypet er det naturligvis også usikkerhet i analyseresultatene og deres representativitet for forskjæringene og stabilitetsutfordringene de belyser. Der en forskjæring går langs en kurve vil det være tatt ut en omtrentlig

forskjæringsorientering til den kinematiske analysen. Dette har også betydning for hvor representative analyseresultatene er. Analyseresultatene ansees å være indikasjoner for hva slags stabilitetsutfordringer som kan oppstå i forskjæringene, men er ingen fasit. Det kan ikke utelukkes hverken flere eller færre fremtredende løsnemekanismer i de enkelte forskjæringene.

De kinematiske analysene som er utført i denne rapporten danner, sammen med feltresultatene, grunnlaget for vurdering av sikringsbehov for hver forskjæring og sikringsestimat.

Dette er ikke en endelig vurdering av skjæringenes total- eller detaljstabilitet. Endelig vurdering av detalj- og totalstabilitet må gjøres etter at berget er avdekket og forskjæringene er etablert. Analysene i denne rapporten kan brukes til en innledende vurdering av hvilke forskjæringer som kan være krevende å utforme og sikre. I forbindelse med evt. kinematiske analyser i videre faser av prosjektet bør for eksempel friksjonsvinkel vurderes for hver enkelt forskjæring. Dette gjelder spesielt der det er registrert lave J_r - og/eller høye J_a -verdier med Q-systemet på befaringslokaliteter.

9 Tolkning for Grimstadporten

9.1 Påhugg og forskjæring øst – lokalitet S002

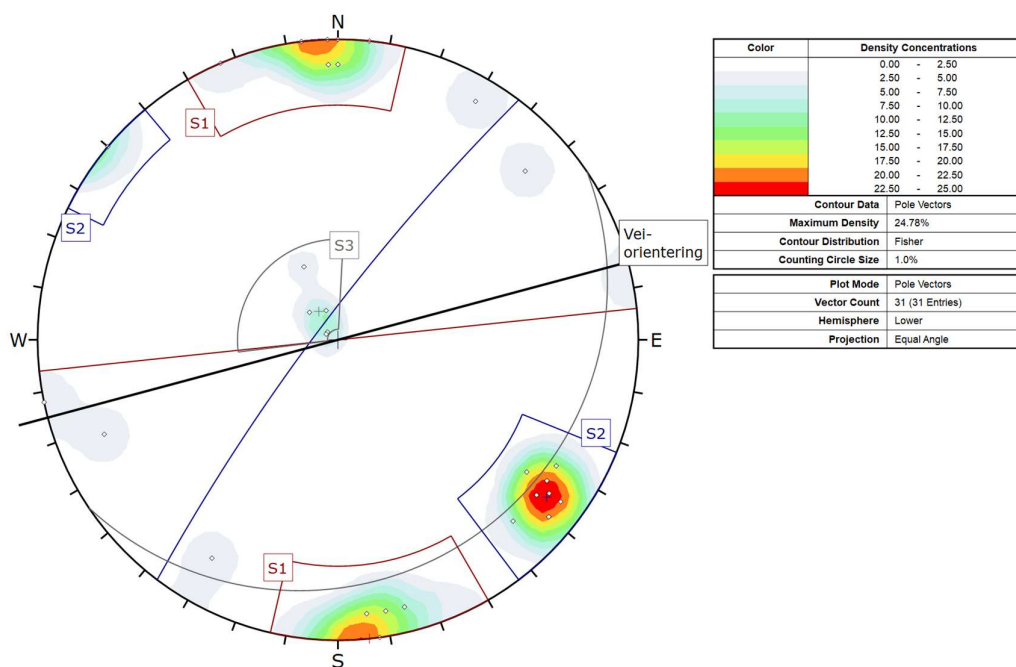
9.1.1 Tolkning av sprekkesett og stabilitet

For Grimstadportens østlige påhugg er det utført kinematisk analyse basert på data fra befaringslokalitet S002. Sprekkemålingene fra S002 er vist i Figur 9-1 og en oppsummering av de mest fremtredende løsnemekanismene i den kinematiske analysen kan sees i Tabell 9-1.

Den kinematiske analysen indikerer at sprekkesett 3 kan gi plan utglidning i nordre forskjæringsvegg. Videre kan sprekkesett 1 og 2 danne kiler i både påhuggsflaten og søndre forskjæringsvegg. Sprekkesett 1 kan gi toppling i begge forskjæringsveggene. Det er også mulighet for blokkutfall i påhuggsflaten og nordre forskjæringsvegg.

Sprekkesett 1 og 2 har steilt fall, hvilket vil begrense volum til eventuelle ustabile blokker. Samtidig er sprekkeavstanden observert stor og særlig sprekkesett 1 kan få ganske lang sprekkeutstrekning. Dette bidrar til å øke blokkvolum og kan medføre utfordringer med større utglidninger ved toppling i forskjæringen. Sprekkene i sprekkesett 3 faller typisk ca. 10 grader. Disse sprekkeene er beskrevet som rue hvilket er gunstig for friksjonsforholdene. Det slake fallet og ruheten kan bidra til å motvirke utglidning langs sprekkesett 3.

Det kan være hensiktsmessig å legge forskjæringen langs sprekkesett 1 for å redusere mengden nødvendig bergsikring.



Figur 9-1: Polplott med sprekke målinger og tolkede sprekkesett fra lokalitet S002.

Tabell 9-1: Fremtredende løsnemekanismer fra kinematisk analyse av sprekker fra lokalitet S002.

Side	Plan utglidning	Ubegrenset plan utglidning	Kileutglidning	Toppling	Blokkutfall
Påhuggsflate		Middels S3	Lite S1 og S2		Sterkt S3 + S1 og S2
Nordre forskjæringsvegg	Middels S3	Middels S3		Middels S1	Sterkt S3 + S1 og S2
Søndre forskjæringsvegg		Sterkt S2	Lite S1 og S2	Sterkt S1	

Blank celle = løsnemekanisme indikeres ikke
 Lite = lite fremtredende; 1-15.0 % av målte sprekker i sprekkesett kan gi løsnemekanisme
 Middels = middels fremtredende; 15.1-40.0 % av målte sprekker i sprekkesett kan gi løsnemekanisme
 Sterkt = Sterkt fremtredende; 40.1-100 % av målte sprekker i sprekkesett kan gi løsnemekanisme
 S = sprekkesett (for blokkutfall oppgis baseplan-sprekkesett + to sprekkesett som skjærer hverandre)

9.1.2 Sikringsbehov

Det er ikke tolket noen svakhetssoner som skal krysse forskjæringen. Videre er det et vassdrag som krysser forskjæringen ved ca. profil nr. 14055. Dette er i dag lagt i rør under veien. Her kan det oppstå utfordringer med vann og is i forskjæringen og det kan gi behov for vann- og frostsikring.

Det forventes at østre forskjæring til Grimstadporten kan sikres med delvis systematisk og delvis spredt bolting. Påhuggsflaten kan generelt sikres med systematisk bolting. Andre aktuelle sikringstiltak kan være f.eks. steinsprangnett,

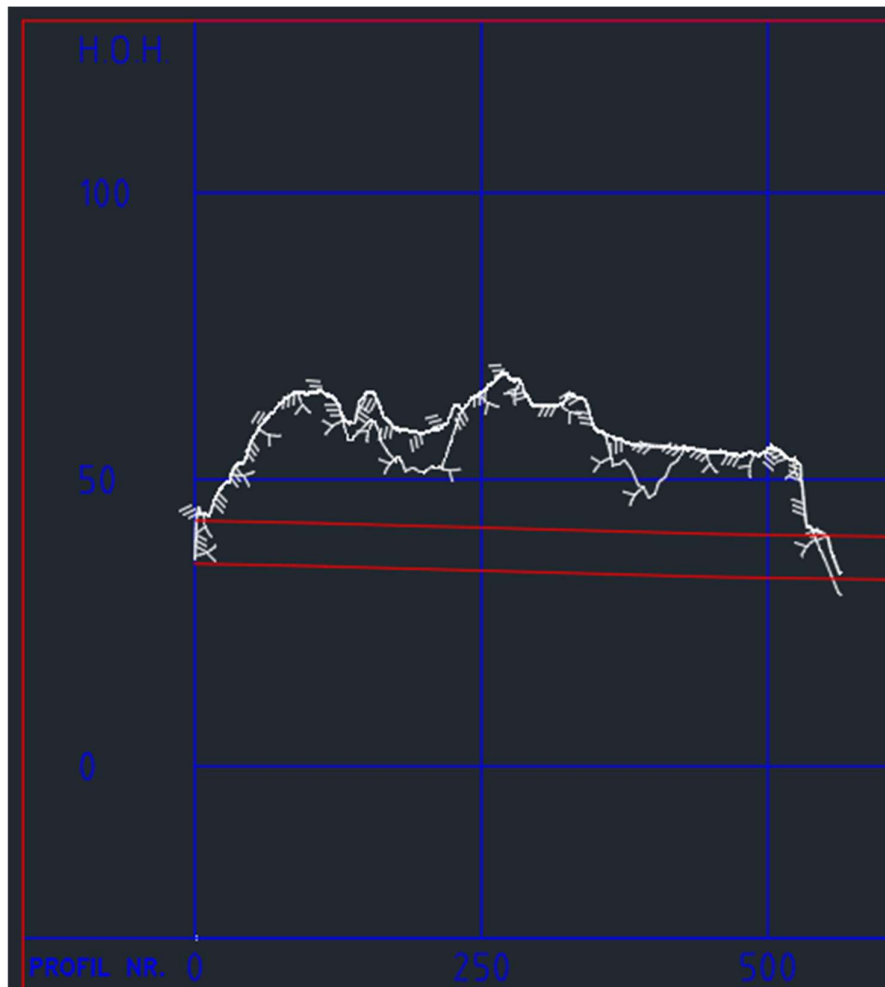
sprøytebetong, forbolter og stag. Det har tidligere blitt antatt at avskalling av sprøytebetong skyldes leirbelagt berg som har gitt dårlig heft [23]. Påhugget planlegges etablert med lav overdekning på ca. 2 m. Ifølge veileder V521 anbefales bergoverdekning i påhugg å tilsvare halve spennvidden. Med så lav bergoverdekning forventes behov for tung sikring i påhuggsflaten og noen salver innover, til det oppnås bedre bergoverdekning.

9.2 Grimstadportentraséen

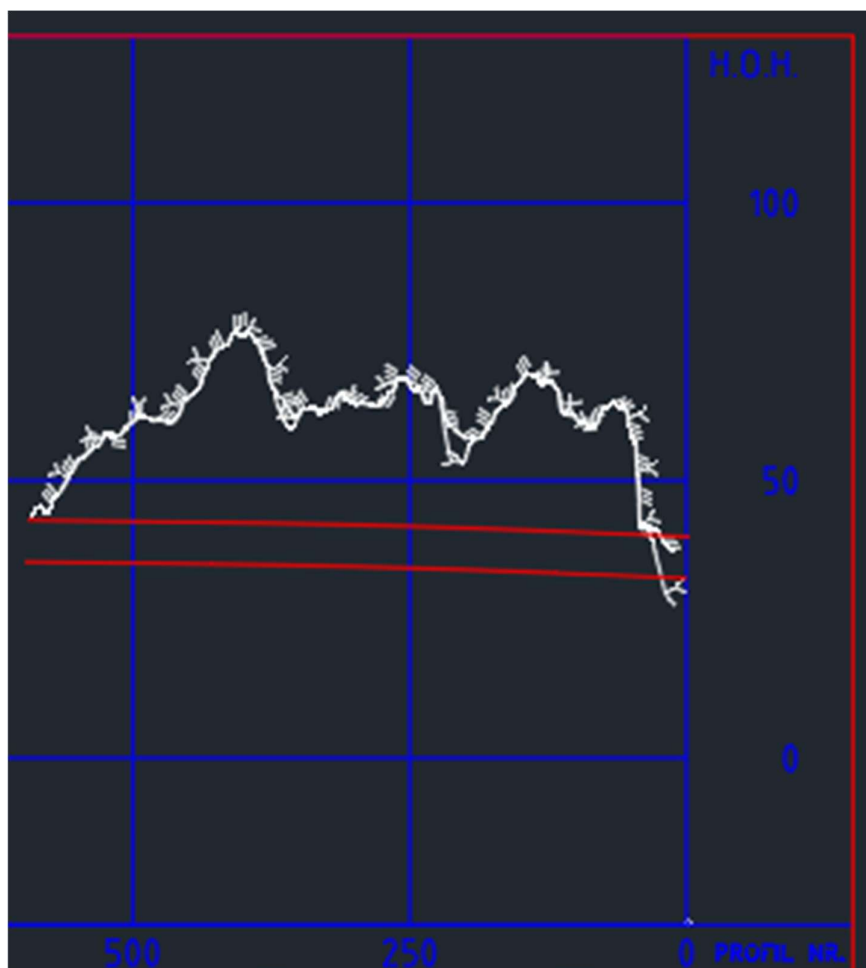
9.2.1 Bergoverdekning og bergspenninger

Bergoverdekningen er ca. 2 m ved østlig påhugg og trolig ca. 19 m ved vestlig påhugg. Største bergoverdekning forventes ca. 33 m og ellers forventes generelt overdekningen å være rundt 20 m. Laveste bergoverdekning i tunnelen forventes mellom ca. profilnr. 14220-14300 og 14460-14500, med lavpunkter ved ca. profilnr. 14268 og 14484. Her skal bergoverdekningen komme ned i ca. 5 m over sørgående løp mens overdekningen er bedre over nordgående løp her.

Det er ikke utført bergspenningsmålinger i forbindelse med prosjektet. Det antas et rent gravitativt spenningsbilde. Tunnelstrekningen som planlegges er planlagt med liten til middels overdekning, og det antas derfor ikke store problemer knyttet til høye bergspenninger. Det kan bli problemer med lite innspenning i områdene der tunnelen drives med liten overdekning [7]. Generelt forventes lave til svært lave bergspenninger langs tunnelen. Lengdeprofiler av sørgående/eksisterende og nordgående/nytt løp vises i henholdsvis Figur 9-2 og Figur 9-3.



Figur 9-2: Lengdeprofil av sørgående/eksisterende løp med 5 ganger vertikaloverdrivelse. Vest er til høyre. Lengdeaksen følger lokal profilering, stigende langs kjøreretning, ikke profilering i prosjektet. Røde streker viser topp vei og antatt topp av sprengningsprofil for T10,5, 7,5 m over veibanen.



Figur 9-3: Lengdeprofil av nordgående/nytt løp med 5 ganger vertikaloverdrivelse. Vest er til høyre. Lengdeaksen følger lokal profilering, stigende langs kjøreretning, ikke profilering i prosjektet. Røde streker viser topp vei og antatt topp av sprengningsprofil for T10,5, 7,5 m over veibanen.

9.2.2 Svakhetssoner

En tolkning av svakhetssoner har blitt gjort på grunnlag av grunnundersøkelser, topografiske kart og digital terrengmodell (DTM). Tolkning av svakhetssoner er knyttet til stor usikkerhet i både eksistens, plassering, retning, forløp mot dypet og mektighet. Det er tolket 5 mulige svakhetssoner langs lineamenter som er forventet å krysse tunneltraséen ved ca. profilnummer 14210 (2 stk.), 14300, 14500 og 14575, med henholdsvis ca. 60, 40, 40, 65 og 40 grader.

Under inspeksjon av eksisterende tunnellop i Grimstadporten i 2007 ble det observert mange tykkere slepper og soner med knust berg og/eller leire [32]. Disse kan kun unntaksvis sees som forsenkninger i terrenget over tunnelen. Det må altså forventes å påtreffes flere svakhetssoner og leirsoner enn det som kommer frem av lineamentskartet. Det er registrert meget aktiv svelleleire med

fri svelling 230-270 % i tunnelen i forbindelse med inspeksjonen i 2007 [19], men det er uvisst eksakt hvor og i hvilket omfang svelleleire kan forventes.

Det er utført refraksjonsseismiske undersøkelser over Grimstadporten og samlet inn data langs tre linjer; 22IR09, 22IR10 og 22IR11. Det er tolket svakhetssoner med lav sikkerhet langs alle tre linjene, se Figur 7-1. Det bemerkes at hastigheter tolket fra tomografisk inversjon har stor usikkerhet. For detaljer henvises det til vedlegg 3-6.

Linje 22IR11 ligger så å si parallelt med tolket lineament 103. Her er det tolket en svakhetszone fra lagbasert tolkning med tolket hastighet 3200 m/s. Den tomografiske inversjonen viser hyppig varierende hastigheter i berg langs hele linjen. Dette indikerer at vi kan ha en langsgående svakhetszone her. Denne svakhetssonen kan korreleres med en eller flere av de tolkede svakhetssonene i linjen 22IR10. Langs denne linjen viser også den tomografiske inversjonen hyppig varierende hastigheter i berg. Tolkede svakhetssoner her har tolket hastighet mellom 3000 og 3200 m/s fra lagbasert tolkning. Dette kan tyde på at ikke alle svakhetssoner sees som tydelige lineamenter på overflaten.

Langs 22IR09 er det tolket høye seismiske hastigheter på ca. 5200 m/s over et område av eksisterende tunnel hvor det er registrert mange leirsoner/-slepper i tunnel. Tolkede svakhetssoner langs denne linjen sammenfaller ikke med tolkede og kartlagte soner ellers i området. Det er tolket tre svakhetssoner langs linjen 22IR09. Én av disse er tolket å ha seismisk hastighet 3600 m/s fra lagbasert tolkning og øvrige er tolket fra tomografi ved nordgående løp. Det kan derfor være rimelig å forvente enda dårligere berg i nordgående løp enn sørgående løp langs denne linjen. Tolkede hastigheter fra lagbasert tolkning er mellom 4100 og 4750 m/s her. Samtidig forventes det bedre bergoverdekning over nordgående løp enn sørgående løp her.

DTM skyggerelieffkart med tolkede lineamenter og kartlagte soner er vist i Figur 5-4. Se også Figur 5-6 for oversikt over aktsomhetskart for dypforvitring langs traséen. Det er ikke indikert mulighet for dypforvitring i tolkede lineamenter langs Grimstadporten, i henhold til NGUs aktsomhetskart for dypforvitring [15], men våre tolkninger indikerer at dette likevel er en mulighet

9.2.3 Bergmasseklassifisering

Tabell 9-2 gir en oversikt over beregnet Q' fra befaringslokaliteter langs Grimstadporten. Generelt ser berget ut til å ha god bergmassekvalitet, men det

antas at det også vil påtreffes dårligere bergmassekvalitet i tunnelen, særlig i forbindelse med tolkede svakhetssoner og forventede leir- og knusningssoner. Det bemerkes at observasjon av berget bak hvelv inne i tunnelen var begrenset av at det var en del sprøytebetong, og Q' -verdi fra befaringslokalitet S003 antas derfor å være overestimert. Q' tar ikke inn alle parameterne for Q -verdi, hvilket også er en feilkilde.

En oversikt over estimerte bergmasseklasser langs Grimstadporten er vist i Tabell 9-3, Tabell 9-4 og Figur 9-4. Dette er den innledende vurderingen av bergmasseklasse, som igjen fører til et anslag på sikringsmengder.

Tabell 9-2: Beregnet Q' fra befaringslokaliteter langs Grimstadporten.

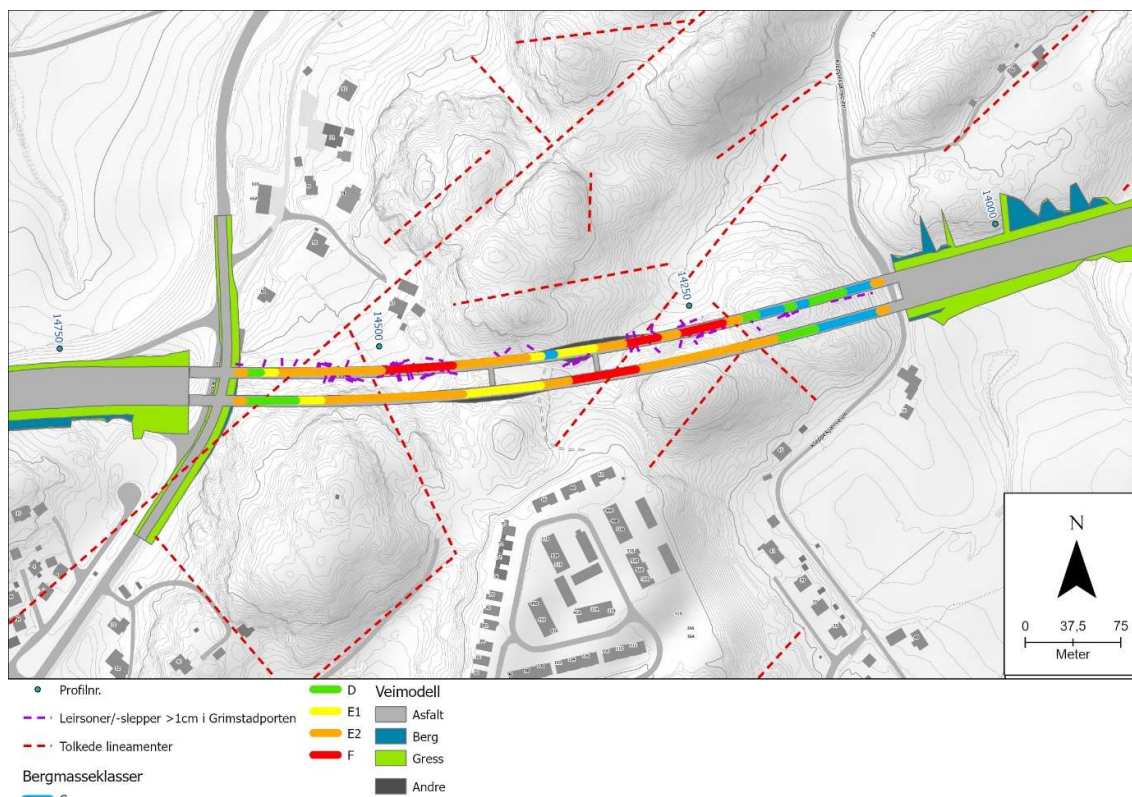
Lokalitetsnr.	RQD_{min}	RQD_{snitt}	RQD_{max}	J_n	J_r	J_a	Q'_{min}	Q'_{snitt}	Q'_{max}
S001	90	95	100	12	1,5	1	11,3	11,9	12,5
S002	90	95	100	12	1,5	1	11,3	11,9	12,5
S003	75	82,5	90	9	1,5	1	12,5	13,8	15,0

Tabell 9-3: Estimert bergmassekvalitet langs Grimstadportens sørgående løp.

Sørgående løp				
Fra profil [m]	Lengde [m]	Til profil [m]	Kommentar	Bergmasseklasse
14080	20	14100	Portal	Portal
14100	5	14105	Påhugg Ø	F
14105	20	14125	Normal	C
14125	30	14155	Normal	D
14155	10	14165	Normal	C
14165	10	14175	Normal	D
14175	20	14195	Normal	C
14195	5	14200	Normal	D
14200	10	14210	Normal	D
14210	15	14225	Svakhetssone	E2
14225	35	14260	Svakhetssone	F
14260	15	14275	Svakhetssone	E2
14275	30	14305	Svakhetssone	F
14305	25	14330	Svakhetssone	E2
14330	30	14360	Svakhetssone	E1
14360	10	14370	Normal	C
14370	10	14380	Svakhetssone	E1
14380	60	14440	Svakhetssone	E2
14440	55	14495	Svakhetssone	F
14495	85	14580	Svakhetssone	E2
14580	10	14590	Svakhetssone	E1
14590	15	14605	Normal	D
14605	5	14610	Påhugg V	E2
14610	35	14645	Portal	Portal

Tabell 9-4: Estimert bergmassekvalitet langs Grimstadportens nordgående løp.

Nordgående løp				
Fra profil [m]	Lengde [m]	Til profil [m]	Kommentar	Bergmasseklasse
14080	20	14100	Portal	Portal
14100	5	14105	Påhugg Ø	F
14105	50	14155	Normal	C
14155	35	14190	Normal	D
14190	110	14300	Svakhetssone	E2
14300	55	14355	Svakhetssone	F
14355	20	14375	Svakhetssone	E2
14375	60	14435	Normal	E1
14435	110	14545	Svakhetssone	E2
14545	20	14565	Normal	E1
14565	40	14605	Normal	D
14605	5	14610	Påhugg V	E2
14610	35	14645	Portal	Portal



Figur 9-4: Oversikt over antatt fordeling av bergmasseklasser langs hvert tunnellop i Grimstadporten. Lineamenter og soner/slepper fra inspeksjonen i 2007 vises også i bakgrunnen for å fremheve grunnlaget for vurderingene. For nærmere studie av disse henvises det til Figur 5-4.

9.2.4 Stabilitet

Under inspeksjon av Grimstadporten ble det observert tegn til at større, sprekkesettavgrensede blokker hadde falt fra heng og vederlag flere steder. Dette har resultert i store og dype spir og overheng i heng og vederlag. Konturen er derfor ujevn flere steder. Det er følgelig rimelig å forvente behov for rensk og bolting av større blokker i tunnelen. Generelt er overdekningen forventet lav i tunnelen. Dette gir lav innspenning og ansees som en drivende faktor for blokkutfall fra konturen.

Tunnelen krysser flere lineamenter med moderat vinkel. Videre indikerer geofysiske data og undersøkelser fra eksisterende løp at det må forventes at svakhetssoner påtreffes under driving. Flere av de tolkede svakhetssonene synes ikke som lineamenter i dagen. Dette forventes å kunne gi stabilitetsutfordringer flere steder.

Basert på erfaring fra eksisterende løp forventes det å påtreffes svelleleire i sprekkebelegg i tunnelen, med det er uvisst eksakt hvor og i hvilket omfang

svelleleire kan forventes [19]. Svellende mineraler på sprekkeoverflater vil kunne påvirke stabiliteten negativt og må tas hensyn til når sikring installeres.

I områder hvor det forventes spesielt lav overdekning forventes det også dårlig innspenning av berget og potensielt strekkspenninger som kan gi ytterligere stabilitetsutfordringer i tverrsnittet. Det forventes behov for ekstra sikring i disse områdene.

9.2.5 Sikringsbehov

Sikringsestimater gjøres i henhold til tabell 7.5-1 i N500 [1]. Fordeling av estimerte sikringsklasser er vist i Tabell 9-5. Sikringsestimat for begge løp er vist i Tabell 9-6. For å beregne sikringsmengder er det antatt at gjennomsnittlig tunnelprofil er T12,5 når man inkluderer nisjer og siktutvidelse. Det har tidligere blitt antatt at avskalling av sprøytebetong skyldes leirbelagt berg som har gitt dårlig heft for betong [23]. Det gjøres oppmerksom på at dette er et innledende estimat.

Tabell 9-5: Antatt fordeling av sikringsklasser i Grimstadporten.

Sørgående løp	Bergmasseklasse	Q-verdi fra	Q-verdi til	Sikringsklasse	Antall	Lengde [m]	Andel [%]
	A/B	10	100	I	0	0	0 %
C	4	10	II	4	50	10 %	
D	1	4	III	5	75	15 %	
E1	0,2	1	IVa	3	80	16 %	
E2	0,1	0,2	IVb	7	245	48 %	
F	0,01	0,1	V	3	55	11 %	
G	0	0,01	VI	0	0	0 %	
Nordgående løp	Bergmasseklasse	Q-verdi fra	Q-verdi til	Sikringsklasse	Antall	Lengde [m]	Andel [%]
	A/B	10	100	I	0	0	0 %
	C	4	10	II	1	60	12 %
	D	1	4	III	2	70	14 %
	E1	0,2	1	IVa	2	50	10 %
	E2	0,1	0,2	IVb	5	210	40 %
	F	0,01	0,1	V	1	120	24 %
	G	0	0,01	VI	0	0	0 %

Tabell 9-6: Sikringsestimater for Grimstadporten, begge løp.

Bergmasse-klasse	Bolter	Forbolter	Sprøytebetong E700	Sprøytebetong E1000	Sålestøp lengde	Sprøytebetong-buer
-	stk	stk	m ³	m ³	m	stk
A/B	0	0	0	0	0	0
C	559	0	326	0	0	0
D	986	0	0	537	0	0
E1	1232	0	0	722	0	0
E2	4359	6900	0	2555	0	184
F	1658	3500	0	1296	175	88
G	0	0	0	0	0	0
SUM	8793	10400	326	5110	175	272

9.2.6 Hydrogeologiske forhold og injeksjon

Det skal, ifølge kart, være vassdrag som krysser over planlagt tunneltrasé ved ca. profilnr. 14300, 14450 og 14500. I tillegg ligger det et vann ca. over profilnr. 14370. Overliggende vann kan gi utfordringer med innlekkasjer i tunnel, særlig hvis det også opptrer f.eks. åpne sprekker eller knusningssoner i forbindelse med disse.

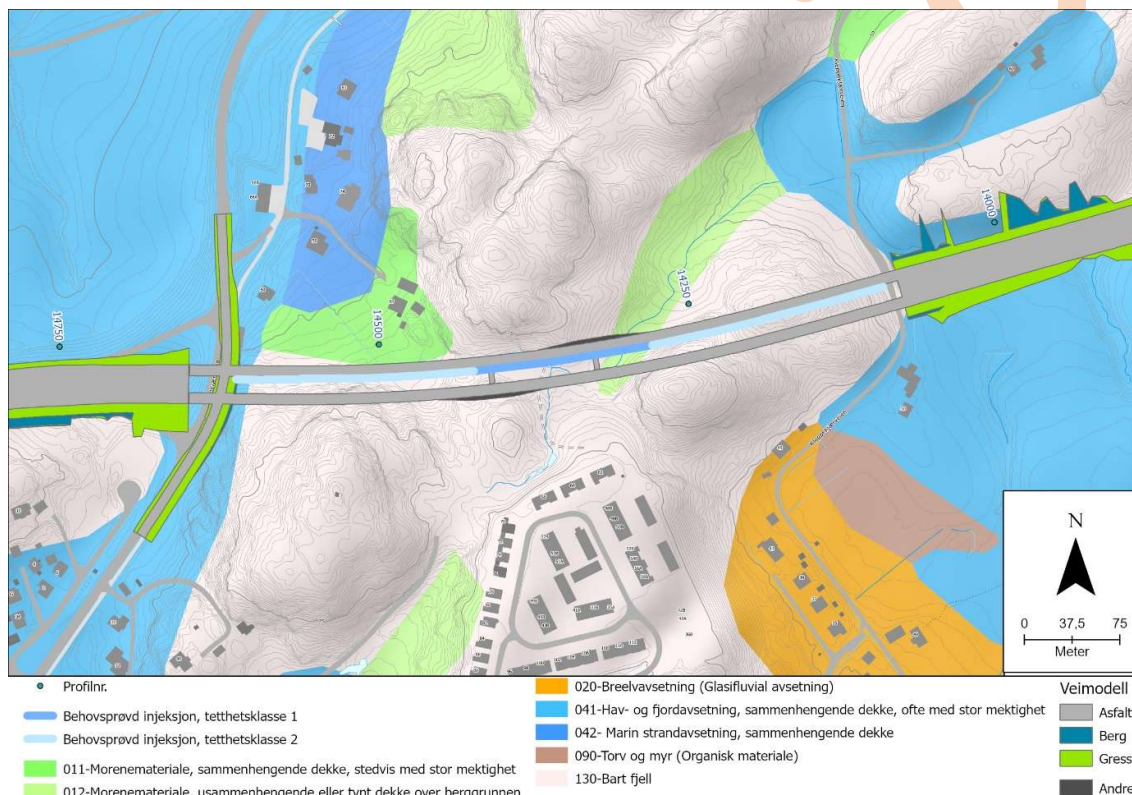
Det er ikke registrert noen brønner innenfor influensområdet til planlagt trasé, men det bør kartlegges om det finnes brønner i området som ikke er registrert i Granada [13]. Veibygging kan potensielt medføre f.eks. redusert vannføring og endret vannkemi i nærliggende grunnvannsbrønner.

Løsmassene direkte over tunnelen ikke vurdert å være spesielt utsatt for setninger, men det er kartlagt løsmasser innenfor influensområdet til tunnelen som er det (Figur 5-2). Det er kartlagt bebyggelse på disse løsmassene og det vil derfor være viktig å iverksette tiltak for å hindre setningsskader. Et sentralt tiltak for dette er injeksjon i tunnel, som med lav bergoverdekning kan gi utfordringer med at injeksjonsmasser kommer ut i dagen over tunnelen.

På grunn av setningsømfintlige masser innenfor influensområdet til tunnelen, noe bebyggelse i området, samt flere kryssende vassdrag og et vann over tunnelen er det vurdert som aktuelt å injisere tunnelen. Da eventuelle løsmasser direkte over tunnelen ikke er vurdert å være spesielt utsatt for setninger er det vurdert at det i stor grad vil være tilstrekkelig med behovsprøvd injeksjon. En oversikt over dette er gitt i Figur 9-5. Her benyttes to ulike tetthetsklasser for behovsprøvd injeksjon. I tetthetsklasse 1 er det satt tetthetskrav 10 L/min/100 m per løp og i tetthetsklasse 2 er det satt tetthetskrav 20 L/min/100 m per løp. For systematisk injeksjon er det satt tetthetskrav 5 L/min/100 m per løp. Det er

anslått at ca. 35 % av tunnelens lengde vil trenge injeksjon. Det gjøres oppmerksom på at dette er et innledende estimat der det er tatt hensyn til at eksisterende tunnel ikke er injisert og ikke har problemer med vanninnlekkasje.

Det er ikke utført poretrykksmålinger over Grimstadporten. Det anbefales å utføre flere hydrogeologiske undersøkelser i kommende planfaser for å undersøke behov for injeksjon.



Figur 9-5: Innledende anslag for tetthetskrav og injeksjon i Grimstadporten. Den blå linjen langs senterlinjen til veien gjelder for begge løp. Løsmassekart er vist som bakgrunnskart.

9.2.7 Miljøgeologi

Bergarter forventet påtruffet i tiltaksområdet har blitt prøvetatt og undersøkt med XRF-analyser for svovel og testing etter peroksidmetoden. Resultatene er presentert i Tabell 5-1. Tidligere erfaring tilsier at forhøyet konsentrasjon av svovel kan forekomme i båndgneis, pelittisk gneis og migmatitt nær tiltaksområdet [46] [47]. Granitten som er kartlagt langs Grimstadporten og omkringliggende områder kategoriseres som ikke syredannende. Testing under anleggsfasen kan likevel være nødvendig, og høye svovelverdier fra XRF-analyser vil kunne utløse behov for tiltak.

9.2.8 Naturfarevurderinger

Det er ikke registrert naturtyper over Grimstadporten [42], og området består hovedsakelig av bart berg uten løsmasser. Det vurderes derfor at det ikke er noen stor risiko for store miljøskader på naturmangfoldet over tunnelen.

9.2.9 Vann- og frostsikring

Veitunneler skal sikres mot vann og is, slik at det ikke er lekkasjevann eller isdannelse i trafikkrommet, i nødutganger, i nisjer til tekniske bygg eller i ventilasjonssjakter. Lekkasjer i vegg og heng skal håndteres vha. vanntett tunnelkledning. Vann- og frostsikring må utføres i henhold til funksjonskrav gitt i punkt 8.1 i vegnormal N500 [1] og det henvises til denne for detaljer om vann- og frostsikring.

Kjente løsninger kan benyttes ved valg av vann- og frostsikringshvelv og skal utføres i henhold til punkt 8.4 i N500. For tunnelklasse E skal hvelvet bestå av frostisolerte veggelementer av betong med nettarmert sprøytebetong i heng. Vannsikring utføres med membran type III. I området der tunnelen skal etableres er frostmengden (F_{10}) anslått til ca. 6000h°C. Følgelig skal det ikke være nødvendig med frostsikring med PE-skum i tunnelkledningen.

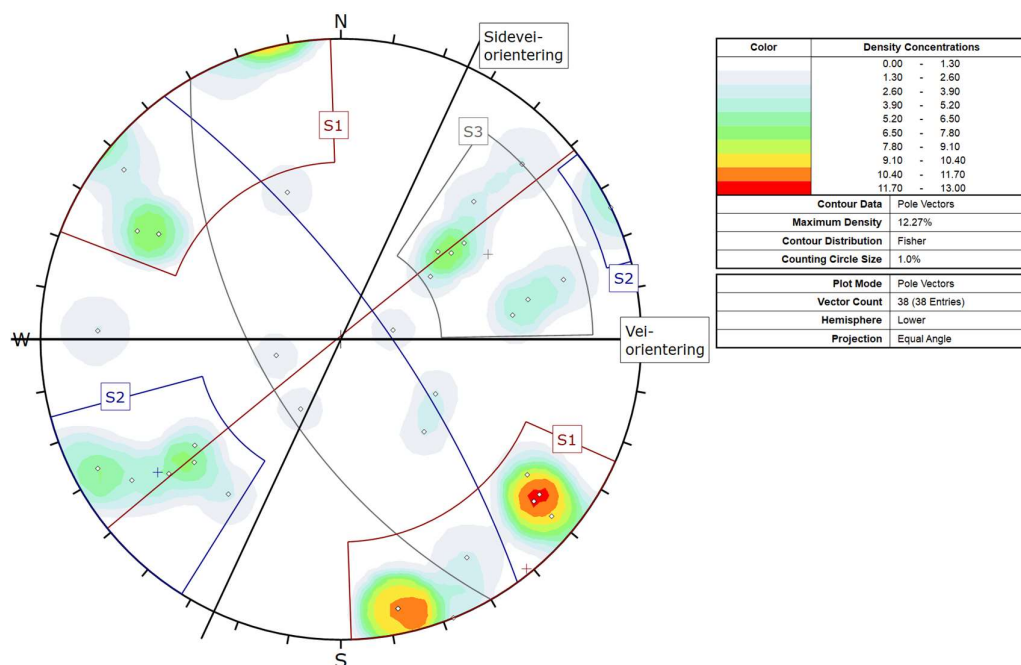
9.3 Påhugg og forskjæring vest – lokalitet S001

9.3.1 Tolkning av sprekkesett og stabilitet

For Grimstadportens vestlige påhugg er det utført kinematisk analyse basert på data fra befaringslokalitet S001. Sprekkemålingene fra S001 er vist i Figur 9-6 og en oppsummering av de mest fremtredende løsnemekanismene i den kinematiske analysen kan sees i Tabell 9-7. Det er antatt at det er forskjæringer på begge sider av veien i påhuggsområdet selv om dette er uvisst.

Den kinematiske analysen indikerer at sprekkesett 1 kan gi plan utglidning i påhuggsflaten. Videre kan de ulike sprekkesettene danne kiler mot hverandre i både påhuggsflaten og i forskjæringsveggene. Sprekkesett 1 kan gi toppling i både påhuggsflaten og i nordre forskjæringsvegg. Det er også mulighet for blokkutfall i påhuggsflaten, med sprekkesett 1 som baseplan.

Sprekkaavstanden er generelt observert stor i felt og sprekkautstrekningen kan bli lang. Sprekkesett 2 og 3 har også moderat fall. Disse egenskapene vurderes at kan bidra til å øke volum på eventuelle ustabile blokker. Bred sprekkåpning kan også være drivende for utfall og utglidninger.



Figur 9-6: Polplott med sprekke målinger og tolkede sprekkesett fra lokalitet S001.

Tabell 9-7: Fremtredende løsnemekanismer fra kinematisk analyse av sprekker fra lokalitet S001.

Side	Plan utglidning	Ubegrenset plan utglidning	Kileutglidning	Toppling	Blokkutfall
Påhuggsflate	Middels S1	Sterkt S1, S3	Sterkt Alle	Middels S1	Middels S1 + S1 og S2 S1 + S1 og S3 S1 + S2 og S3
Nordre forskjæringsvegg		Sterkt S1, S3	Sterkt Alle	Middels S1	
Søndre forskjæringsvegg		Sterkt S1, S2	Sterkt S1 og S2 S2 og S3		

Blank celle = løsnemekanisme indikeres ikke
 Lite = lite fremtredende; 1-15.0 % av målte sprekker i sprekkesett kan gi løsnemekanisme
 Middels = middels fremtredende; 15.1-40.0 % av målte sprekker i sprekkesett kan gi løsnemekanisme
 Sterkt = Sterkt fremtredende; 40.1-100 % av målte sprekker i sprekkesett kan gi løsnemekanisme
 S = sprekkesett (for blokkutfall oppgis baseplan-sprekkesett + to sprekkesett som skjærer hverandre)

9.3.2 Sikringsbehov

En svakhetszone som skal gå sør for påhuggsområdet er tolket fra relieffkart. På grunn av usikkerhet knyttet til svakhetssonenes eksistens, plassering og utbredelse vurderes det å være en risiko for at denne tolkede svakhetssonen kan påvirke bergmassen i forskjæringen og påhugget. I tillegg er det observert to svakhetssoner i eksisterende skjæring. Det kan forventes økt sikringsbehov hvis svakhetssonene påtreffes. Det har tidligere blitt antatt at avskalling av

sprøytebetong skyldes leirbelagt berg som har gitt dårlig heft for betong [23]. Videre er det ikke observert forhold som skulle tilsi spesielle utfordringer med vann og is i forskjæringen.

Det forventes at vestre forskjæring og påhugg til Grimstadporten generelt kan sikres med systematisk bolting. Andre aktuelle sikringstiltak kan være f.eks. steinsprangnett, sprøytebetong, forbolter og stag.

9.4 Sikringsestimat forskjæringer og påhuggsflate

Det er gjort et grovt estimat på sikringsmidler og -mengder for forskjæringer og påhuggene. Estimering av stabilitetssikring er forenklet ved å dele bergmassen inn i fire kategorier og anslå sikringen basert på disse og tilpasning for den enkelte forskjæring. Sikringsomfang kan ikke bestemmes på forhånd. Det må fastsettes endelig i utførelsesfasen. Det understrekes derfor at sikringsmengdene er et estimat basert på den informasjonen som er tilgjengelig i dette forprosjektet. Å dele inn forskjæringene i kategorier er en forenkling som er akseptabel på det nåværende detaljeringsnivået.

Basert på vurderinger angående sikringsbehov for forskjæringer og påhuggsflater for Grimstadporten, er det laget et sikringsestimat, se Tabell 9-8. Det påpekes at dette er et innledende estimat.

Tabell 9-8: Sikringsestimat for forskjæringer og påhuggsflater for Grimstadporten.

Sikringstiltak	Mengder	Enhet
Bolter	360	stk
Steinsprangnett	420	m ²
Sprøytebetong	10	m ³
Forbolter	65	stk
Stag	0	stk

10 Boring og sprengning

10.1 Borbarhet og sprengbarhet

I Norge er det vanlig å benytte borbarhetsindeksene DRI_{TM} (Drilling Rate Index) og BWI_{TM} (Bit Wear Indeks) for å tallfeste borbarhet, hvor DRI er borsynkindeks og BWI er borslitasjeindeks. Høy borsynk (DRI) og lav borslitasje (BWI) indikerer god borbarhet. Og i motsatt tilfelle indikerer lav borsynk og høy borslitasje dårlig borbarhet.

Det er ikke utført laboratorietesting av borbarhet eller sprengbarhet i forbindelse med dette prosjektet. Erfaringsdata for borbarhet for aktuelle bergarter fra Agder og Telemark [48] er oppsummert i Tabell 10-1. En klassifisering av DRI og BWI er vist i Tabell 10-2. Generelt forventes middels til god borbarhet i Grimstadporten.

Tabell 10-1: Oversikt over DRI og BWI for ulike aktuelle bergarter langs veitraséen fra Vest- og Øst-Agder og Telemark [48].

Bergart	Antall tester	DRI min	DRI snitt	DRI max	BWI min	BWI snitt	BWI max
Gneis	24	18	49	63	24	39	71
Amfibolitt	6	26	48	67	18	27	36
Kvartsitt	5	33	45	60	33	58	79
Granitt	2	54	55	55	28	28	28
Glimmergneis	5	37	54	70	19	27	39

Tabell 10-2: Klassifisering av DRI og BWI (oversatt fra engelsk) [45].

Betegnelse	DRI	BWI
Ekstremt lav	26	<11
Meget lav	26-32	11-20
Lav	33-42	21-30
Middels	43-57	31-44
Høy	58-69	45-55
Meget høy	70-82	56-69
Ekstremt høy	>82	>69

Generelt kan bergarter med fremtredende foliasjon eller lagdeling ha utfordringer med tanke på sprengbarhet [45]. Svakhetssoner og sprekkesett vil også kunne påvirke boring og sprengningsresultat. Mye oppsprekking, åpne sprekker, høyt glimmerinnhold og sprekker parallell med tunnelakse reduserer sprengbarhet. Det forventes det middels til god sprengbarhet i Grimstadporten [49].

10.2 Vibrasjoner

N200 kapittel 1.3.4.4 setter krav til at det skal fastsettes grenseverdier for sprengnings- eller anleggsinduserte vibrasjoner. Veiledende grenseverdier for vibrasjoner fra bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk, NS 8141, har vært igjennom revisjoner og på tidspunktet for rapporten, er følgende versjoner gyldige:

- NS 8141:2001 [50]
- NS 8141-2:2013 [51]
- NS 8141-3:2014 [52]
- NS 8141-4:2021 [53]

Det anbefales at det i utførelsesfasen sjekkes hvilke standarder som er gjeldende, da det pågår revisjonsarbeid for NS8141-1.

I henhold til NS 8141:2001 [50] skal omkringliggende bygninger og andre konstruksjoner som kan tenkes å bli påvirket av grunnarbeidet besiktigtes før og etter at arbeidet er utført. Den anbefalte avstanden er, i henhold til NS 8141:2001, 50 m for byggverk fundamentert på berg og 100 m for byggverk fundamentert på løsmasser. Ved omfattende sprengningsarbeider, skal et større område for besiktigelse vurderes. Dersom den utførte besiktigelsen tilsier det, må det utføres vibrasjonsovervåking og oppfølging av aktuelle områder i anleggsfasen.

Det er konstatert at det i dag eksisterer bygg som ligger innenfor 50 eller 100 m avstand fra planlagt veglinje. Det er ikke foretatt en detaljert undersøkelse av hvor disse byggene er, hvordan disse er fundamentert eller hvor mange bygg det gjelder.

Det er ikke påvist kvikkleire i borpunktene i umiddelbar nærhet til Grimstadporten, men prøveserie fra punkt 24031, ca. 430 m øst for østre påhugg, viser forekomst av kvikkleire. Det henvises til geoteknisk datarapport [28], områdestabilitetsvurdering [54] og geoteknisk rapport [55] for detaljer.

Sprengning nær kvikkleire har egne krav til vibrasjoner, som er beskrevet i NS8141-3:2013. Grenseverdien for svingehastighet er 45 mm/s der bølgene når frem til kvikkleiren [52] [56]. Generelt må det sikres at sprengning nær kvikkleire ikke påvirker kvikkleirens stabilitet negativt. Dette innebærer å:

- Sikre at berg ikke bryter direkte ut mot kvikkleiren

- Sikre at berg ikke kastes opp på kvikkleiren og fungerer som tilleggslast
- Sikre at sprenggasser ikke virker som dynamisk last på kvikkleiren
- Unngå for store vibrasjoner
- Sikre at lufttrykk ikke virker som en kortvarig flatebelastning på kvikkleireoverflaten

Ved etablering av nytt løp parallelt med eksisterende løp i Grimstadporten vil man sprengre inntil det eksisterende løpet. Grenseverdier for lufttrykkstøt og vibrasjoner i eksisterende tunneler og bergrom anbefales fastsatt av rystelseskrav i tilbaketrunket NS 8141-1 [57], gjengitt i figur under.

Beskrivelse av tilstand av tunnel/bergrom	v_t tunnel ^{a,b,c} mm/s
Dårlig berg, kun spredt bolting eller ingen forsterkning, eller uarmert sprøytbetong	15
Dårlig berg, armert sprøytbetong sammen med bolter	25
Dårlig berg, sikring med full utstøpning	45
Godt berg, kun spredt bolting eller ingen forsterkning, eller uarmert sprøytbetong	25
Godt berg, armert sprøytbetong sammen med bolter	45

^a Dersom tunnelen/bergrommet ikke er i bruk, kan det vurderes å heve de angitte grenseverdiene med en faktor på 1,25
^b Dersom det måles på frittstående hvelv i tunnelen, skal de angitte grenseverdiene reduseres med en faktor på 0,5.
^c Tekniske installasjoner i tunneler kan være styrende for grenseverdi.

Figur 10-1: Anbefalte grenseverdier for vibrasjoner i eksisterende tunneler og bergrom, basert på bergkvalitet [57].

11 Anvendelse av steinmateriale

Som nevnt i kapittel 5.9 kan trolig granitten som skal påtreffes i Grimstadporten brukes i både veifundament, bærelag og toppdekke. Bergartene i prosjektet er imidlertid ikke testet for å vurdere dette. Bergmassens egnethet bør kartlegges videre i senere planfase, men det kan også være behov for løpende testing under anleggsfasen. I tillegg til krav til mekaniske egenskaper må også hensyn til miljø ivaretas ved bruk av masser, se kapittel 9.2.7.

Foreløpig

12 Usikkerheter

Rapporten er skrevet med bakgrunn i skrivebords-/kartstudier og enkelte feltbefaringer. Det er gjort en vurdering rundt gjennomførbarheten til den spesifikke veilinjens med tanke på ingeniørgeologiske problemstillinger. Det er flere usikkerheter tilknyttet innholdet i denne rapporten.

- Forskjæringsutforming

Endelig forskjæringsutforming og bergsikringsbehov fastsettes i senere planfaser. Plassering av påhugg er ikke endelig og kan justeres i senere planfaser.

- Borbarhet og sprengbarhet

Det er usikkerhet knyttet til borbarhets- og sprengbarhetsparametere da det ikke er utført testing på bergarter i planområdet.

- Geologiske forhold og utført feltkartlegging

Faktiske geologiske forhold kan avvike fra observasjoner utført i nærliggende bergblotninger og bergskjæringer, selv om avstanden er relativt liten.

- Svakhetssoner

Tolkning av svakhetssoner er utført basert på topografiske kart og relieffkart. Det er knyttet usikkerhet til tolkning av svakhetssonene, både i eksistens, kvalitet, plassering, retning, forløp mot dypet og mektighet. Observerte leirsoner og -slepper ved inspeksjon i eksisterende løp i 2007 er digitalisert for å kunne brukes i prosjekteringen. Disse er det knyttet mindre usikkerhet til, men ekstrapolering til det nye løpet som skal drives er noe mer usikkert. Det er funnet svelleleire i eksisterende løp, men det er usikkert eksakt hvor og i hvilket omfang.

- Syredannende bergarter

Prøver for testing av svovelinnhold og syredannende potensiale hos bergartene i planområdet har generelt lave konsentrasjoner av svovel.

Tidligere erfaring tilsier likevel at forhøyet konsentrasjon av svovel kan forekomme i flere aktuelle bergarter nær planområdet. Testing under anleggsfasen kan derfor være nødvendig, og høye svovelverdier vil kunne utløse behov for tiltak.

- Bergmassens egnethet til veiformål

Bergartene i planområdet er ikke testet for egnethet til veiformål. Vurderinger tilknyttet dette baserer seg på erfaringer fra andre prosjekter og generelle data.

- Løsmasser

Utbredelsen av kvikkleire og andre sensitive løsmasser er ikke kjent. For detaljer tilknyttet dette henvises det til geoteknisk datarapport [28] og geoteknisk rapport om områdestabilitet [54].

- Sikringsmengder

Sikringsestimatet for tunneler er gitt ut ifra antatte og foreløpige Q-verdier, samt installert sikring i dagens løp. Sikringsestimatet for forskjæringer er basert på hvordan forskjæringene er beskrevet i foreliggende rapport. Beregnede sikringsmengder er grove anslag, og endelig omfang av sikring vil være usikker frem til bergmassen sprenges ut og vurderes videre av ingeniørgeolog.

- Hydrogeologi

Det er kun gjort enkle estimater på tetthetskrav og injeksjonsomfang. Det er ikke gjort hydrogeologiske undersøkelser i planområdet. Setningsømfintlighet i løsmasser og bebyggelse og nærliggende sårbar natur, som myr, er ikke vurdert eller kartlagt i detalj. Det er anvist noen piezometermålinger, men resultatene fra disse foreligger ikke. Det er derfor usikkerhet knyttet til innlekkasjekrav, behov for injeksjon og andre tiltak for vann både i tunnel og ved og i forskjæringer.

- Bergspenninger

Bergspenninger er ikke målt i området og det er kun antatt gravitative spenninger. Spenningsnivå i tunnel er antatt ut fra bergoverdekning.

- Vibrasjoner

Det er ikke fastsatt vibrasjonsgrenser eller utarbeidet måleprogram for vibrasjoner.

Foreløpige

13 Videre arbeid

Videre arbeid må basere seg på krav gitt i N500 [1].

I senere planfaser anbefales det ytterligere ingeniørgeologisk kartlegging for å kartlegge geologien langs tunnelen og ved påhuggsområdene bedre.

Videre anbefales det å teste bergmassens egnethet til veiformål mht. mekaniske egenskaper, testing av borbarhet og sprengbarhet, samt ytterligere testing av syredannende berg.

Det bør også utføres flere undersøkelser knyttet til hydrogeologiske forhold. Dette innebærer blant annet å kartlegge om det finnes brønner i planområdet som ikke er registrert i Granada og undersøke setningsømfintlighet i området. Innlekkasjekrav og behov for injeksjon må vurderes nærmere. Før og under utførelse kan det være aktuelt med hydrogeologisk overvåkning.

Det må vurderes behovet for spenningsmålinger spesielt ved større tverrprofiler i kombinasjon med andre utvidelser som f.eks. nisjer m.m. Det kan være behov for å teste svelleegenskaper hvis en påtreffer leirfylte soner.

Numerisk analyse tilknyttet de to områdene med spesielt lav overdekning kan bli aktuelt i senere planfaser. I forbindelse med dette kan det være aktuelt å utføre kjerneboring med testing av kjerneprøver i lab.

Vibrasjonsgrenseverdier og evt. måleprogram for vibrasjoner må bestemmes. Det bør også utføres en fullverdig skredfarekartlegging for veistrekningen.

14 Vedlegg

Følgende vedlegg hører til denne rapporten:

- Vedlegg 1: Geologisk kartvedlegg
- Vedlegg 2: Kinematisk analyse
- Vedlegg 3: Notat om geofysikk ved Frivoll- og Grimstadporten-tunnelen
- Vedlegg 4: Kartserie fra geofysisk refraksjonsseismisk kartlegging
- Vedlegg 5: Grimstad 2022, Geofysiske undersøkelser, 2022006. Impakt Geofysik AB. 2022-06-03
- Vedlegg 6: Digital leveranse geofysikk

15 Referanser

- [1] Statens vegvesen Vegdirektoratet, «Håndbok N500 Vegtunneler,» 2022.
- [2] Statens vegvesen Vegdirektoratet, «Håndbok N200 Vegbygging,» 2021.
- [3] COWI, «NV42E18AG-GEO-RAP-0004_Fagrapport Ingeniørgeologi - Frivolltunnelen,» 2022.
- [4] COWI, «NV42E18AG-GEO-RAP-0005_Fagrapport Ingeniørgeologi - Bergskjæringer,» 2022.
- [5] Standard Norge, «NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 (Eurokode 7),» 2008.
- [6] Standard Norge, «NS-EN 1990:2002+NA:2008 (Eurokode 0),» 2008.
- [7] Asplan Viak og Rambøll, «Dok-D-007 - Temarapport Ingeniørgeologi – KU E18 Dørdal - Grimstad,» 2019.
- [8] COWI, «NV42E18AG-PLA-NOT-0008 Fagnotat: Veiføring, anleggskostnader, konstruksjoner og grunnforhold fase 4B,» 2021.
- [9] NGU, «B e r g g r u n n - Nasjonal berggrunnsdatabase,» 2022. [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/.
- [10] NGU, «L ø s m a s s e r - Nasjonal løsmassedatabase,» 2022. [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/.
- [11] NGU, «Grus og pukk,» 2022. [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/grus_pukk_mobil/.
- [12] NGU, «Nasjonalt aktsomhetskart for radon,» 2022. [Internett]. Available: <http://geo.ngu.no/kart/radon/>.
- [13] NGU, «GRANADA,» 2022. [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/.
- [14] GeoNorge, «GeoNorge,» [Internett]. Available: <https://kartkatalog.geonorge.no/>.
- [15] NGU, «Rock construction awareness map from South Norway,» 2017.
- [16] Statens vegvesen, Vegdirektoratet, «Oppdrag I262-B rapport nr. 1: Geologisk undersøkelse for 2 tunnelalternativer. E-18 Rannekleiv-Temse, Aust-Agder,» 1995.
- [17] NOTEBY AS, «E18 Rannekleiv - Temse. Temsetunnelen. Sikringsarbeider.,» 1998.
- [18] Noteby AS, «E18 Temsetunnelen. Sikringsbefaring.,» 1999.
- [19] Statens vegvesen Vegdirektoratet, «Rapport fra inspeksjon i Grimstadporten,» 2007.

- [20] SWECO Grøner AS, «Grimstadporten. Ingeniørgeologisk tunnelinspeksjon.,» 2007.
- [21] SWECO Grøner AS, «Notat Tunnelinspeksjon Grimstadporten,» 2008.
- [22] Statens vegvesen, «E18 Grimstadporten, ingeniørgeologisk inspeksjon. 26070-460.,» 2013.
- [23] Statens vegvesen Vegdirektoratet, «E 18 Grimstadporten. Inspeksjon 30.05.2017,» 2017.
- [24] Statens vegvesen Vegdirektoratet, «E18 Grimstadporten (Hp11 /m6299) - inspeksjon. 10.04.2019 - Id215B-3,» 2019.
- [25] Statens Vegvesen, «N100 Veg- og gateutforming,» Statens Vegvesen, Oslo, 2021.
- [26] Statens Vegvesen, «VEGKART,» Statens Vegvesen, [Internett]. Available: <https://vegkart.atlas.vegvesen.no/>. [Funnet 31 05 2022].
- [27] Lovdata, «Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler (tunnelsikkerhetsforskriften),» Lovdata, 15 05 2007. [Internett]. Available: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2007-05-15-517>. [Funnet 02 06 2022].
- [28] COWI, «NV42E18AG-GEO-RAP-0006_Geoteknisk datarapport,» 2022.
- [29] P. Padget, «Arendal berggrunnskart 1611 4 1:50000,» NGU, 2000.
- [30] T. G. Nijland, D. E. Harlov og T. Andersen, «The Bamble Sector, South Norway: A review,» *Geoscience Frontiers*, vol. 5, nr. 5, pp. 635-658, 2014.
- [31] O. Olesen, J. F. Dehls, J. Ebbing, H. Henriksen, O. Kihle og E. Lundin, «Aeromagnetic mapping of deep-weathered fracture zones in the Oslo Region - a new tool for improved planning of tunnels,» *Norwegian Journal of Geology*, vol. 87, pp. 253-267, 2007.
- [32] Sweco Grøner, «Statens Vegvesen, Region Sør - Grimstadporten Ingeniørgeologisk tunnelinspeksjon,» 2007.
- [33] R. I. Acworth, «The development of crystalline basement aquifers in a tropical environment,» *Quarterly Journal of Engineering Geology*, vol. 20, pp. 265-272, 1987.
- [34] K. Karlsrud, L. Erikstad og P. Snilsberg, «Publikasjon 103 - Undersøkelser og krav til innlekkasje for å ivareta ytre miljø,» Statens vegvesen, 2003.
- [35] Kartverket, «Norgeskart,» 2022.
- [36] A. Hindar, «Highway E18 Grimstad-Kristiansand; effects and quantification of acid runoff from deposits of sulphide-bearing rock,» NIVA - Norsk Institutt for Vannforskning, 2011.

- [37] A. T. Pearce, «A Mineralogical and Geochemical Description of Potentially Acid-producing Gneisses from the Lillesand Area - Implications for Leaching Behaviour,» Universitetet i Oslo, 2018.
- [38] Prosjektgruppen for kontroll på svolveholdig avrenning i Agder, «Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis versjon 2.4,» 2021.
- [39] Lillesand Kommune, «Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis: Versjon 2,4,» Lillesand Kommune, 2021.
- [40] K. A. Aasly, A. M. E. Erichsen, T. Rise og L. I. Alnæs, «Forundersøkelser og bruk av kortreist stein,» 2019.
- [41] R. Nålsund og P. Padget, «Pukkundersøkelser i Aust-Agder,» NGU, 1987.
- [42] Miljødirektoratet, «Naturbase kart,» 2022. [Internett]. Available: <https://geocortex01.miljodirektoratet.no/Html5Viewer/?viewer=naturbase>. [Funnet 26. 04. 2022].
- [43] Standard Norge, «NS-EN ISO 14689:2018 Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser - Identifisering, beskrivelse og klassifisering av berg (ISO 14689:2017)».
- [44] NGI, Bruk av Q-systemet, 2015.
- [45] Norwegian Group for Rock Mechanics / Norsk bergmekanikkgruppe (NBG), «Haandbook No 2 Engineering geology and rock engineering,» 2000.
- [46] COWI, «Aprova AS - Sulfidvurderinger for VA-anlegg Rorevann-Lindtveit i Grimstad og Arendal Kommune,» 2021.
- [47] COWI, «Eimyr AS - Morholtåsen - tiltaksplan til håndtering av avrenning fra sulfidholdig berg,» 2020.
- [48] NTNU, «Prosjektrapport anleggsdrift 13B-98: Borbarhet, katalog over borbarhetsindekser,» 1998.
- [49] S. Zare, «Drill and Blast Tunneling Blast Design,» 2007.
- [50] Standard Norge, «NS8141:2001. Vibrasjoner og støt - Måling av svingehastighet og beregning av veiledende grenseverdier for å unngå skade på byggverk,» 2001.
- [51] Standard Norge, «NS 8141-2:2013 Vibrasjoner og støt – Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk – Del 2: Virkning av vibrasjoner på byggverk fra annen anleggsvirksomhet enn sprengning, og fra trafikk,» 2013.
- [52] Standard Norge, «NS 8141-3:2014 Vibrasjoner og støt - Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk - Del 3:

Virkning av vibrasjoner fra sprengning på utløsning av skred i kvikkleire,» 2014.

- [53] Standard Norge, «NS8141-4:2021: Vibrasjoner og støt - Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk - Del 4: Retningslinjer for besiktigelse av byggverk og eiendom før bygge- eller anleggsstart,» 2021.
- [54] COWI, «NV42E18AG-GEO-RAP-0002_Fagrapport geoteknikk- Innledende områdestabilitetsvurdering,» 2022.
- [55] COWI, «NV42E18AG-GEO-RAP-0001_Fagrapport geoteknikk,» 2022.
- [56] Statens Vegvesen, «Rettelser i håndbok V220, 2018-utgaven (utgitt 20. desember 2018),» Statens Vegvesen, 2019.
- [57] Standard Norge, «NS 8141-1:2012 Vibrasjoner og støt - Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk - Del 1: Virkning av vibrasjoner og lufttrykkstøt fra sprengning på byggverk, inkludert tunneler og bergrom (tilbaketrukket),» 2012.
- [58] Norsk bergmekanikkgruppe, «Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering, versjon 1,» Norsk bergmekanikkgruppe, 2011.