

Beregnet til

Statens vegvesen, Region sør

Dokument type

Geologisk rapport til konsekvensutredning for reguleringsplan E18/E39

Gartnerløkka – Meieriet

Dato

Juni, 2014

**INGENIØRGEOLOGISK
RAPPORT TIL
REGULERINGSPLAN E18/E39
GARTNERLØKKA - MEIERIET
TUNNEL OG HØYE FJELL-
SKJÆRINGER**

**INGENIØRGEOLOGISK RAPPORT TIL
REGULERINGSPLAN E18/E39 GARTNERLØKKA -
MEIERIET
TUNNEL OG HØYE FJELL-SKJÆRINGER**

Revisjon **00**
Dato **2014-06-30**
Utført av **Ingrid Margrethe Olaisen Hagen**
Kontrollert av **Stefan Degelmann**
Godkjent av **Marielle Øyvik**
Beskrivelse **Ingeniørgeologisk rapport til reguleringsplan**

Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Revisjonen gjelder
00	2014-08-19	Første utgivelse

INNHOILDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG	1
DEL 1 – Generelt	2
1. Innledning	2
2. Grunnlag	3
3. Utførte undersøkelser	3
4. Geoteknisk kategori	4
4.1 Skjæringer	4
4.2 Tunnel	5
DEL 2 - FAKTA	6
5. Geologiske forhold	6
5.1 Kwartærgeologi / LØSMASSER	6
5.2 Berggrunn	6
5.3 Svakhetssoner og oppsprekking	8
5.3.1 Sprekker	8
5.3.2 Svakhetssoner	11
6. Hydrogeologi	12
7. Gjennomførte undersøkelser	13
7.1.1 Fjellkontrollboringer	13
7.1.2 Kjerneboringer	13
DEL 3 - TOLKNINGER	15
8. Ingeniørgeologiske vurderinger	15
8.1 Skjæringer	15
8.1.1 Generelt	15
8.1.2 Bergmassekvalitet - stabilitetssikring	15
8.1.3 Rasfare fra skjæringstopp	16
8.1.4 Sprengning	16
8.1.5 Skjæringsutforming	16
8.2 tunnel	16
8.2.1 Generelt	16
8.2.2 Bergmassekvalitet - stabilitetssikring	17
8.2.3 Innlekkasje - setningsproblematikk	19
8.2.4 Bruk av steinmasser	19
9. Videre undersøkelser	20
10. Referanseliste	21

TABELL LISTE

<i>Tabell 1: Valg av geoteknisk kategori - tunnel</i>	<i>4</i>
<i>Tabell 2: Valg av geoteknisk kategori – skjæringer.</i>	<i>5</i>
<i>Tabell 3: Antatt fordeling av tunnelen i bergmasseklasser</i>	<i>18</i>

FIGURLISTE

<i>Figur 1: Løsmassekart. Blå ring viser utredningsområde</i>	<i>6</i>
<i>Figur 2: Berggrunnskart. Blå ring viser aktuelt område</i>	<i>7</i>
<i>Figur 3: Massivt berg ved eksisterende Statoilstasjon</i>	<i>8</i>
<i>Figur 4: Omtrentlig lokasjon for påhuggsområdet øst</i>	<i>9</i>
<i>Figur 5: Vestre påhugg ved Meieriet</i>	<i>10</i>
<i>Figur 6: Sprekkeroser for området</i>	<i>10</i>
<i>Figur 7: Grov skisse over hovedorientering av svakhetssoner</i>	<i>11</i>
<i>Figur 8: Figur over fjell -og løsmassebrønner</i>	<i>12</i>
<i>Figur 9: Antatte svakhetssoner over tunnel traséen og antatt bergkvalitet</i>	<i>18</i>

VEDLEGG

Vedlegg 1: Kart – Plassering av fjellkontrollboringer juni 2013

Vedlegg 2: Kart – Plassering av fjellkontrollboringer desember 2013

Vedlegg 3: Kart - Plassering og retning på kjerneboringer

SAMMENDRAG

Dette dokumentet er en geologisk rapport for tunnel og høye skjæringer, utarbeidet i forbindelse med reguleringsplanarbeidet for strekningen E18/E39 mellom Gartnerløkka og Meieriet i Kristiansand kommune.

Den nye vegstrekningen innebærer en tunnel på 550 meter gjennom Hannevikåsen og ca. 500 meter nye skjæringer som er opp mot 20 meter høye både på øst- og vestsiden av den planlagte tunnelen.

Traséen går gjennom ulike typer gneis og amfibolitt. Bergmassen er generelt massiv og av god kvalitet, men det er merkbart bedre kvalitet på berget i østre ende av traséen. Bergmassen er i hovedsak gjennomført av tre sprekkesett, to steile og ett subhorisontalt. De største svakhetssonene i området har orientering NNW-SSØ. Soner med leire og eventuell svelleleire kan ikke utelukkes.

To av de målte sprekkesettene har gunstig orientering i forhold til tunneldriften, men sprekkeorienteringen kan være utfordrende ved påhuggsområdene. Tunnelen gjennom Hannevikåsen vil krysse to markerte svakhetssoner.

I tillegg til ingeniørgeologisk kartlegging, er det gjennomført fjellkontrollboringer langs planlagte tunneltrasé, og fire kjerneboringer gjennom de to største svakhetssonene som krysser tunneltraséen.

Vurdering av de hydrogeologiske forholdene er ikke gjort i denne omgang. Dette anbefales gjort ved neste planfase.

Med bakgrunn i den ingeniørgeologiske kartleggingen og gjennomførte grunnundersøkelser i området, er det anslått en fordeling av bergmasseklasser/sikringsklasser for permanent sikring av tunnelen.

DEL 1 – GENERELT

1. INNLEDNING

I forbindelse med utbedring av E18/E39 mellom Gartnerløkka og Meieriet er Rambøll engasjert av Statens vegvesen Region sør for å utarbeide reguleringsplan. Denne rapporten tar for seg de ingeniørgeologiske betraktningene for høye fjellskjæringer og tunnelen under Hannevikåsen.

Den ingeniørgeologiske rapporten er utarbeidet med grunnlag i tidligere silingsrapport, notater utarbeidet av Rambøll, og videre geologiske undersøkelser gjort for å øke sikkerheten i antakelser tatt på tidligere stadier. Denne rapporten vil summere opp de bergforhold som er registrert på strekningen, de gjennomførte undersøkelsene og ingeniørgeologiske tolkninger av situasjonen.

Ved tidligere planfase var det flere aktuelle alternativer til vegstrekning. Det valgt å gå videre med alternativ B.

Iht. krav i Statens vegvesen håndbok N500 Vegtunneler, denne er rapporten bygget opp i to deler:

1. **Faktadelen:** gjelder kapittel 5-7 og omhandler topografiske og geologiske forhold samt hydrogeologi. I tillegg oppsummeres resultater fra grunnundersøkelser og analyser. Denne informasjonen er basert på tilgjengelig bakgrunnsmateriale, gjennomførte grunnundersøkelser samt observasjoner i felt.
2. **Tolkningsdelen:** gjelder kapittel 8 og omhandler vurderinger av bergmassen.

2. GRUNNLAG

Denne rapporten er utarbeidet på grunnlag av:

Befaringer og undersøkelser utført av geologer i Rambøll

- November 2012 av Stefan Degelmann. Kartlegging av geologisk tilstand av tilfluktsrommet under Duekniben.
- 8.-10. oktober 2012 av Marielle Øyvik, Stefan Degelmann og Silje Wiik. Kartlegging i områdene ved Arkivet/fergehavna, Duekniben, Kolsdalen og Meieriet samt Glencores fjellhaller (deponi).
- 31.1.13-1.2.13 (nattarbeid) av Stefan Degelmann og Silje Wiik. Kartlegging av Vesterveitunnelen.
- Februar 2013 av Stefan Degelmann. Grov kartlegging av strekningen Kolsdalen – Meieriet med tanke på eksisterende berganlegg i området.
- 19.-20. oktober 2013 av Ingrid M. Olaisen Hagen og Stefan Degelmann.
- Logging av borekjerner, desember 2013 og januar 2014 v/ Ingrid M. Olaisen Hagen og Stefan Degelmann.

Foto og kart

- Satelittfoto
- NGUs berggrunnskart (Berggrunnsgeologi – N250 Vektor)
- NGUs løsmassekart
- NGUs grunnvannsbrønner

Notater og rapporter

- 24.3.1995, rapport fra Noteby til oppdragsgiver Falconbridge Nikkelverk A/S (nå Glencore). *Fjelldeponi – Hall 3 Anbudsrapport. Ingeniørgeologiske undersøkelser og vurderinger.*
- Datarapport fjellkontrollboringer. Under utarbeidelse av SVV.
- 20.6.2013, Rambøll, *Silingsrapport E18/E39 Gartnerløkka – Meieriet Plan nr 1380*
- G-rap-03- Kjerneboringer

3. UTFØRTE UNDERSØKELSER

Det er gjennomført fjellkontrollboringer og kjerneboringer i reguleringsplanfase for å få best mulig kontroll på de geologiske forholdene på tunnelstrekningen.

- Fjellkontrollboringer 19. og 25. juni 2013
- Fjellkontrollboringer desember 2013
- Kjerneboringer desember 2013 og januar 2014

4. GEOTEKNISK KATEGORI

Geoteknisk kategori bestemmes med bakgrunn i et prosjekts pålitelighetsklasse (CC/RC) og vanskelighetsgrad og definerer blant annet omfang av geotekniske undersøkelser og kontroll av prosjektering og utførelse. Det vises til *NS-EN 1997:2001+NA:2008 eller Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering – Veileder* (Norsk Bergmekanikkgruppe, 31.8.2011) for definisjon av pålitelighetsklasse og vanskelighetsgrad. Det er mulighet til å variere innad i prosjektet med forskjellig kategori for ulike deler og faser av prosjektet.

4.1 SKJÆRINGER

I følge håndbok N200 Vegbygging, skal alle fjellskjæringer med høyde over 10 meter alltid klassifiseres som geoteknisk kategori 3. Skadekonsekvensen ved sprengning av slike høye skjæringer er meget alvorlig, da sprengningsarbeider til enhver tid er risikofylt arbeid som ved verste utfall kan føre til store personskader og død. For skjæringer der forundersøkelser viser godt og forutsigbart berg kan kategori 2 benyttes.

Med bakgrunn i anbefalinger fra håndbok N200 og skadekonsekvensen omtalt over setter skjæringene i geoteknisk kategori 3.

Det finnes mye erfaring med sprengning av fjellskjæringer i disse bergartene, da det er flere skjæringer langs eksisterende veg. Med bakgrunn i den erfaringen som er opparbeidet fra tidligere sprengning av skjæringer i området, kan det antas at det ikke vil møtes spesielle vanskeligheter og enkelte av skjæringene kan mulig settes som geoteknisk kategori 2. Enkelte av de eksisterende skjæringene vil ligge nær ny veg og må derfor sikres ekstra for å tilfredsstille dagens standard. Disse skjæringene kan antakeligvis settes i geoteknisk kategori 2. Dette må endelig fastsettes ved senere planfase.

Tabell 1: Valg av geoteknisk kategori - tunnel

Pålitelighetsklasse	Vanskelighetsgrad		
	Lav	Middels	Høy
CC/RC1	1	1	2
CC/RC2	1	2	2/3
CC/RC3	2	2/3	3
CC/RC4	*	*	*

Valgt pålitelighetsklasse: 3. Valgt vanskelighetsgrad: middels til høy. Geoteknisk kategori: 3.

4.2 TUNNEL

I følge Håndbok N500 Vegtunneler, skal alle tunnelprosjekter i utgangspunktet ligge i geoteknisk kategori 3 på grunn av fare for personskader under driving med ytterste konsekvens død. For tunnelprosjekter er det kun to geotekniske kategorier som er mulige, kategori 2 og 3. Geoteknisk kategori 3 brukes for teknisk kompliserte prosjekter med større skadeomfang på omgivelsene og vanskelige bergforhold med liten bergoverdekning. Geoteknisk kategori 2 brukes for enklere tekniske tunneler med liten skadeevne på omgivelsene. Det er antatt vanskelige driveforhold under deler av tunnelen som ligger innenfor de antatte svakhetssonene, og det er store konsekvenser som følge av en eventuell ulykke. Derfor er tunnelen her satt i geoteknisk kategori 3.

De delene av tunnelen som ikke går gjennom svakhetssonene, kan mulig nedklassifiseres til geoteknisk kategori 2. Berget utenom svakhetssonene er massivt. På grunn av utbygging av Vågsbygd tunnelene finnes mye erfaring knyttet til anleggsdrift i fjellet. Vågsbygd tunnelene går gjennom en av de samme svakhetssonene som denne tunnelen er planlagt gjennom, noe som kan gjøre drivingen gjennom denne sonen mer forutsigbar.

Reduksjon i geoteknisk kategori kan vurderes etter videre geologisk kartlegging til neste planfase.

Tabell 2: Valg av geoteknisk kategori – skjæringer.

Pålitelighetsklasse	Vanskelighetsgrad		
	Lav	Middels	Høy
CC/RC1	1	1	2
CC/RC2	1	2	2/3
CC/RC3	2	2/3	3
CC/RC4	*	*	*

Valgt pålitelighetsklasse: 3. Valgt vanskelighetsgrad: Høy. Geoteknisk kategori 3.

DEL 2 - FAKTA

5. GEOLOGISKE FORHOLD

5.1 KVARTÆRGEOLOGI / LØSMASSER

Store deler av området består av fyllmasser eller bart fjell. Kristiansand kirkegård ligger på elveavsetninger. Nord for Duekniben går det et belte med breelvavsetning med ukjent mektighet med orientering mot nordvest (Figur 1).



Figur 1: Løsmassekart. Blå ring viser utredningsområde

5.2 BERGGRUNN

Berggrunnen i Kristiansand er en del av Agderkomplekset og er karakterisert av en N-S foliasjon i granittiske gneiser. I henhold til NGUs berggrunnskart går vegtraséen gjennom diorittisk til granittisk gneis, migmatitt, øyegneis, granitt, foliert granitt, amfibolitt, hornblendegneis, glimmergneis, stedvis migmatittisk. I felt er det observert migmatittisk gneis, øyegneis, amfibolittisk gneis og glimmerrik gneis (Figur 2). Kornstørrelsen varierer fra finkornet til grovkornet.



Figur 2: Berggrunnskart. Blå ring viser aktuelt område

Gneis er en bergart som er dannet ved metamorfose av sedimentære eller magmatiske bergarter. Gneis har ofte et karakteristisk utseende med striper i lyse og mørkere lag. Dette kommer av at plateformede mineraler parallelorienteres gjennom metamorfosen. Dette kalles foliasjon.

Berget er generelt massivt og grovblokkig og av meget god kvalitet (med unntak av svakhetssoner). Bergkvaliteten endres noe fra øst mot vest. Den er bedre bergkvalitet i den østlige delen av området enn i den vestlige delen.

Trolig vil det ikke være behov for store mengder sikring i de nye skjæringene. Skjæringene i vestre ende vil trolig ha behov for noe mer sikring enn skjæringene i øst pga. ulik bergkvalitet. De eksisterende skjæringene like sørvest for Vesterveitunnelen er opp mot 25 meter høye og er kun sikret med nett og stedvis noen få bolter med trekantskiver (Figur 3). Ved befaring så dette ut til å stå godt.



Figur 3: Massivt berg ved eksisterende Statoilstasjon

5.3 SVAKHETSSONER OG OPPSPREKKING

5.3.1 Sprekker

Det er gjort en rekke sprekkemålinger på de befaringene som er gjennomført i forbindelse med tidligere faser av dette prosjektet. Høyrehåndsregelen er benyttet ved innsamling av sprekke-data. Dette betyr at når man ser i strøkretningen, vil planet falle ned mot høyre.

Det er registrert 2-3 sprekkesett i tillegg til sporadiske sprekker. I hele området ble sprekkeoverflaten oppfattet hovedsakelig som ru/bølget, men også ru/plan mange steder. Foliasjonen sees tydelig i området ved Meieriet og Kolsdalen. Her ble den målt til 130-175/40-60. Den er noe vanskeligere å observere ved Duekniben og ved Arkivet/fergehavna. Sprekkeroser for strekningen Arkivet – Meieriet vises i Figur 6.

I påhuggsområdet i Kolsdalen (øst) er det registrert en migmatittisk båndgneis som er svært oppsprukket. Følgende sprekkesett er målt:

- S1: N25/75
- S2: N285/80
- S3: N145/25

Sprekkesettene vil trolig ikke gi problemer i forhold til tunneldriving, men sprekkeseett S1 og S2 er uheldige i forhold til påhugget. Det blir et delvis vanskelig påhuggsområde med store bergkiler som må sikres. Dette er gjennomførbart med tilstrekkelig sikringstiltak.



Figur 4: Omtrentlig lokasjon for påhuggsområdet øst

For påhuggsområdet ved Meieriet (vest) er det også registrert en migmatittisk båndgneis. Berget er oppsprukket, men eksisterende fjellskjæring i området virker stabil. Følgende sprekkeseett er målt:

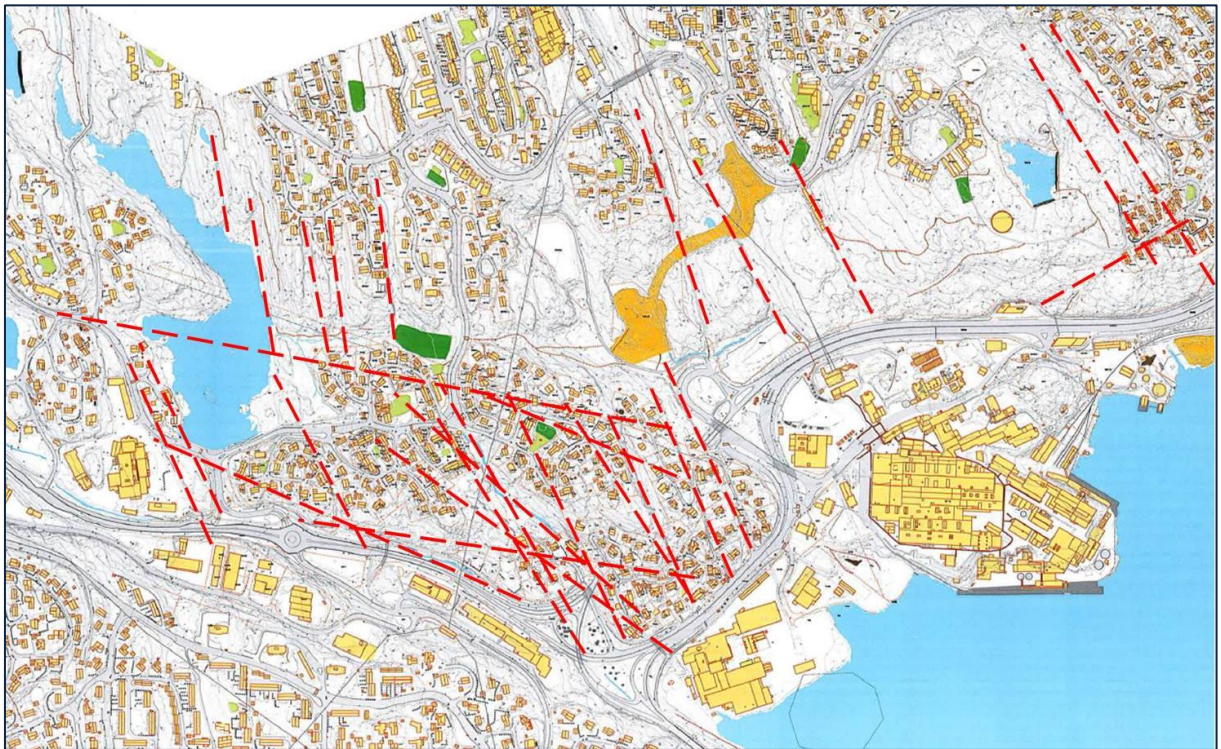
- S1: N260/75
- S2: N310/65
- S3: N165/45 (foliasjon)



Figur 5: Vestre påhugg ved Meieriet



Figur 6: Sprekkeroser for området



Figur 7: Grov skisse over hovedorientering av svakhetssoner

5.3.2 Svakhetssoner

Tolkede svakhetssoner er basert på flyfoto, observasjoner i terreng og erfaringer fra tidligere vegprosjekter. Hovedorienteringen for svakhetssonene er NNV-SSØ og vises som stiplede linjer i Figur 7. Det er gjennomført flere fjellkontrollboringer og fire kjerneboringer over tunneltraséen for å få verifisert to av svakhetssonene som er antatt å ha innvirkning på stabiliteten i tunnelen.

Over tunneltraséen på Hannevikåsen er det to svakhetssoner som er antatt å ha innvirkning på stabiliteten i tunnelen. De to hovedsvakhetssonene som er tolket kalles vestre svakhetszone og midtre svakhetszone. Den midtre svakhetssonen er den største av disse to. Begge svakhetssonene er bekreftet ved kjerneboringer og inneholder omdannet bergart og leire.

Tre-fire store svakhetssoner treffer veglinjen noe lenger øst enn tunnelen. Disse vil kunne ha en innvirkning på stabiliteten på de høye skjæringene som skal etableres.

6. HYDROGEOLOGI

NGUs brønnkart viser at det ligger fjellbrønn ved Meieriet i vest, Kolsdalen og Christianssands Bryggerier i øst. Følgende data er oppgitt for disse brønnene:

Brønn	Fjellbrønn nr.	Dybde (meter)	Vannføring
Meieriet	18624	75	3200 l/time
Kolsdalen	55850	140	Energibrønn, enkelthusholdning
Christianssands Bryggerier	18633	32	Ikke oppgitt, vannforsyning

Ytre Eigevann og en dam ved Duekniben ligger i nærheten av det aktuelle området. Under befaring ble det oppdaget en bekk som krysser tunneltraséen fra Kolsdalen til Meieriet.



Figur 8: Figur over fjell -og løsmassebrønner

7. GJENNOMFØRTE UNDERSØKELSER

7.1.1 Fjellkontrollboringer

Det er gjennomført fjellkontrollboringer i to omganger over tunneltraséen. Fjellkontrollboringene er gjort for å finne dybde til berg over tunnelstrekningen. Datarapporten fra grunnundersøkelsene skal utarbeides av SVV.

Første runde fjellkontrollboringen ble gjennomført 19. og 25. juni 2013. Ved første runde med fjellkontrollboringer ble det boret 15 steder, på ulike punkter over tunnelstrekningen Kolsdalen – Meieriet. Hensikten med gjennomføring av fjellkontrollboringene var å finne løsmassemektighet over fjell, og dermed overdekning fjell i tunnelen. Resultatene fra fjellkontrollboringene er tolket for å verifisere eller avkrefte tilstedeværelsen av antatte svakhetssoner. Enkelte av disse hullene ble avsluttet tidligere enn ønsket pga. stangbrekk og vanskelig tilgjengelighet. Vedlegg 1 viser kart med borepunktene.

Andre runde fjellkontrollboringer ble gjennomført i desember 2013. I andre omgang ble det gjennomført fjellkontrollboringer over den antatte svakhetssonen ca. midt på tunnelstrekningen (midtre svakhetssone), for å få en sikker påvisning av dyp til bergoverflaten/bergoverdekning over tunnelen i denne antatt største svakhetssonen. Berg ble truffet etter 1,7 meter på det grunneste og etter 15 meter på det dypeste. Vedlegg 2 viser kart med borepunktene.

7.1.2 Kjerneboringer

Det er gjennomført kjerneboring på 4 punkter over tunnelstrekningen, K1 – K4. Plassering og retning på borehullene er i størst mulig grad utført for å få vite mer om de geologiske forholdene før, gjennom og etter de to antatt største svakhetssonene over traséen, vestre svakhetssone og midtre svakhetssone. Se vedlegg 3 for plassering og retning på borehullene.

Kjernene er logget for bergart, forvitring, omvandling, sprekesett, sprekketetthet, RQD, sprekkeegenskaper og svakhetssoner. RQD defineres som summen av alle kjernebiter lengre enn 10 cm i prosent av målt kjernelengde og er vanligvis målt på kjernebiter mellom naturlige sprekker. Det er ikke regnet ut Q-verdier fra kjernene.

Borekjernene består i all hovedsak av båndgneis. Det er vekslende lag av grå båndgneis med høyt innhold av mafiske mineraler som amfibol og biotitt, og lysrosa granittisk gneis med høyt innhold av felsiske mineraler som kvarts og feltspat. Det opptrer også bånd med grovkornet granittisk sammensetning der krystallstrukturen viser at bergarten er rekrystallisert. Disse båndene veksler mellom hvit og rød, grunnet ulikt innhold av kalifeltspat (rosa) og plagioklas (hvit).

De mørke mineral-kornene i gneisen er tydelig orientert i samme retning. Dette kalles foliasjon og kan gi inntrykk av lagning i bergarten. Sprekkene i den amfibolrike båndgneisen er hovedsakelig langs foliasjonen.

K1 og K2 er boret gjennom den vestre svakhetssonen. Begge borehullene traff en tydelig svakhetsone som inneholdt leire. Det er ikke gjort svelletester på leira. Resten av kjernene er av relativt god kvalitet.

K3 og K4 er boret gjennom midtre svakhetsone. Disse to kjernene er mer oppsprukket enn kjerne K1 og K2. Det er truffet flere svake soner i disse to kjernene og flere av sonene inneholder leire. Det er heller ikke her gjort tester på svelleegenskapene til leira.

Flere detaljer rundt kjerneboringer kan leses i geologisk rapport 03 – E18/E39 Gartnerløkka-Meieriet. Kjerneboringer Hannevikåsen.

DEL 3 - TOLKNINGER

8. INGENIØRGEOLOGISKE VURDERINGER

8.1 SKJÆRINGER

8.1.1 Generelt

NA rundskriv 2009/11 – «Utfyllende bestemmelser for planlegging, prosjektering, bygging og vedlikehold av høye vegskjæringer i berg» og håndbok N200 Vegbygging, gir bestemmelser for planlegging, prosjektering, bygging og vedlikehold av høye skjæringer i berg.

Utforming av høye skjæringer bør kunne endres underveis dersom grunn- og stabilitetsforhold er annerledes enn forventet. Sprengningsmetode, salvestørrelser, pallhøyder, sikringsmetode og sikringsomfang planlegges og prosjekteres utfra forventede geologiske utfordringer på stedet. Endelig beslutning knyttet til ovennevnte forhold tas underveis i byggingen basert på kontinuerlig geologisk kartlegging og vurdering av stabilitetsforholdene.

Det vil være høye skjæringer både på øst- og vestsiden av tunnelen. På tunnelens østside vil det bli en strekning på ca. 350 meter med skjæringshøyder over 10 meter. Det vil også bli høye skjæringer inn mot Meieriet. Iht. håndbok N200 faller bergskjæringer med >10 meter høyde under geoteknisk kategori 3. Langs vegstrekningen vil det etableres fjellskjæringer med høyde opp mot 20 meter, og slike høye fjellskjæringer er utfordrende.

De høyeste fjellskjæringene må skytes ut i flere pallhøyder.

Med tanke på de registreringene som er gjort i eksisterende skjæringer på befaring, er det ikke grunn til å tro at det vil bli knyttet spesielle problemer med utsprenging av nye høye skjæringer. Berget som er observert er massivt og eksisterende skjæringer langs E39 står godt selv uten mye stabiliserende tiltak.

8.1.2 Bergmassekvalitet - stabilitetssikring

Eksisterende fjellskjæringer langs traséen står godt med dagens installerte stabilitetssikring. Mengden sikring installert i skjæringene tilfredsstillende ikke dagens krav, og det må påregnes installasjon av noe mer sikring for å komme opp til dette nivået. Dette innebærer trolig ikke store tiltak.

I øst er sprekkereetningene gunstige for å etablere en rett skjæring. Vestover svinger vegen og sprekkesettene er noe mer ugunstig for skjæringene. Her kan det bli et noe hakkete utseende på skjæringene.

Ettersom kvaliteten på berget er god vil det mest sannsynlig ikke bli behov for store sikringsmengder i nye skjæringer. Det er bedre kvalitet på berget i østre del av traséen som går

igjennom øyegneis. Her vil det trolig bli lite behov for sikring. I vestre del av traséen er bergkvaliteten noe dårligere, og sikringsbehovet vil trolig bli noe høyere. Blokkbolting og nett i skjæringene vil trolig utgjøre hoveddelen av sikringen.

8.1.3 Rasfare fra skjæringstopp

Det er ikke blitt gjort detaljert vurdering av eventuell rasfare fra terreng over skjæringstopp. Dette bør gjøres ved neste planfase.

Det er skrånende terreng nord for alle skjæringer mellom Gartnerløkka og til Hannevikåsen. Det er gjort en grov vurdering av rasfare fra sideterreng langs bergskjæringer. Observasjoner gjort i felt viser at det er hovedsakelig bart berg i vest. Her er det ikke tydelige sprekker som gir fare for blokkdannelse og utglidninger av disse. I Ledningedalen er det ikke gjort observasjoner, men ut fra terrengkart og ortofoto er det vurdert at det er liten fare for at det kan komme steinras i dette området.

8.1.4 Sprengning

Når høyden på skjæringene blir tydelig over 10 meter, anbefales det å skyte skjæringene ut i to paller. Det kan bli behov for sømboring og forbolting. Dette må vurderes i neste planfase.

I forhold til sprengning og opprettholdelse av eksisterende trafikk, vil det være behov for nøye vurderinger av salvestørrelser og kast på salvene. Rystelseskrav vil også være et tema for byggeplan.

8.1.5 Skjæringsutforming

Skjæringer og grøfter skal utformes etter stedlig tilpasning og lokale forhold i byggeplan. For reguleringsplan er bergskjæringer utformet med 10:1. Se håndbok N200 for standard skjæringsutforming.

8.2 TUNNEL

8.2.1 Generelt

Tunnelen vil gå fra profil nr. 2100 til 2650, noe som tilsvarer en lengde på 550 meter. Videre estimert overdekning er hentet fra profiltegning, og det er derfor ikke tatt hensyn til eventuelle løsmassemekktigheter. Overdekning ved østlig påhugg vil være ca. 13-16 meter deretter stiger terrenget raskt som gir overdekning på knapt 30 meter. Ca. 25 meter før vestlig påhugg går terrengoverflaten fra ca. kote +60 til ca. kote +30, noe som fører til at overdekningen synker til ca. 20 meter ved vestlig påhugg.

Grunnet nær beliggenhet til Vågsbygd-tunnelen, kan informasjon fra denne tunnelen i stor grad brukes til planlegging av ny tunnel. Vågsbygd-tunnelen går i en granittisk/amfibolittisk båndgneis med pegmatittårer. Her oppgis det at svakhetssonene går parallelt med foliasjonsretning og at disse ofte er leireinfiserte. Det er sannsynlig at leiresoner vil opptre i tunnelen.

8.2.2 Bergmassekvalitet - stabilitetssikring

Tunnelen må drives gjennom to markerte svakhetssoner.

Den vestre svakhetssonen treffes ca. ved pel 2600. Sonen blir smalere og av bedre kvalitet mot dypet. I kjerneboring K1 er det møtt ca. 15 cm med knust sone, hvorav 7 cm er totalt oppknust og omvandlet bergart (leire). I kjerneboring K2 er det ett område på ca. 4 meter som er veldig oppknust. Deler av disse 4 meterne er totalomvandlet til leire, silt og sand.

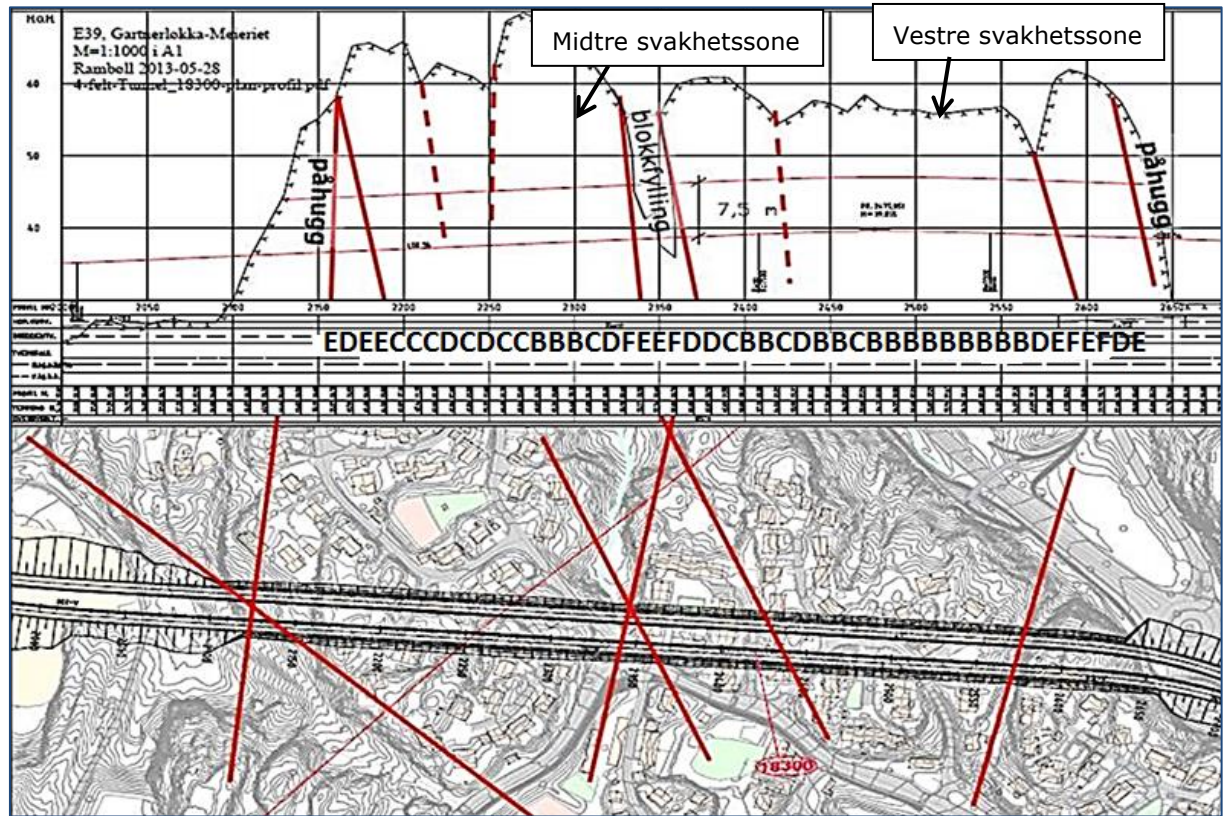
Sonen er tolket med 60-70 graders fall mot vest. Dette er funnet fra målinger av sprekker i kanten av skrenten. Ved likelydende forhold på tunnelens nivå er det tolket at det vil være en sone på 5-10 meter bredde som vil være påvirket av sonen. Gjennom sonen er det antatt overdekning ned mot 8 meter. Svakhetssonen er antatt å ligge i sikringsklasse E. Se tabell 3 og figur 6. Det er ikke gjort undersøkelser på svelleegenskapene til leira funnet på sprekker og i svakhetssonen.

Midtre svakhetszone ligger under krysset ved Hanneviktoppen, Eigevannsveien og Nikkelveien. Denne midtre svakhetssonen er større og mer utfordrende enn den vestre. Svakhetssonen er tolket å gå fra ca. pel-nr. 2340 – 2375. Det forventes liten overdekning i hengen gjennom deler av denne sonen, dette er også bekreftet fra fjellkontrollboringer som er gjort i området over sonen. Fjellkontrollboringene i desember 2013 viste en løsmassemektighet på mellom 1,7 meter – 15 meter over svakhetssonen. Størst mektighet av løsmasser ble funnet i forlengelsen av dalen som ligger i krysset ved Hanneviktoppen, Eigevannsveien og Nikkelveien, se kart med borpunkter i vedlegg 2. Borepunkt nr. 3, 4 og 8 viste størst mektighet av løsmasser.

Svakhetssonen kan være et resultat av to soner som krysser hverandre der tunneltraséen krysser midtre svakhetszone. Kjerneboringene som er gjort gjennom midtre svakhetszone viser tilstedeværelsen av enkelte smale leiresoner og noen bredere knuste soner. I K3 er det funnet to soner på 2-3 meter bredde med helt knust og omdannet bergart med leire.

I kjerneboring K4 er det funnet flere dårlige soner. Denne kjernen er boret relativt grunt, og den er derfor av dårligere kvalitet enn K3. Også i K4 er det funnet to tydelige svakhetssoner med oppknust berg og mye omdannet bergart med leire. Det er ikke gjort undersøkelser på svelleegenskapene til leira. Midtre svakhetszone er tolket til å være mellom 20 og 35 meter bred i tunnellopet.

På bakgrunn av den ingeniørgeologiske kartleggingen av området, vurderinger fra gjennomførte kjerneboringer, fjellkontrollboringer og Q-verdier fra registreringer under driving av Vågsbygd-tunnelen, er det anslått en fordeling av bergklasser som vist i tabell 3.



Figur 9: Antatte svakhetszoner over tunnel traséen og antatt bergkvalitet

Tabell 3: Antatt fordeling av tunnelen i bergmasseklasser

Bergklasse		Q-verdier	Antatt % av tunnelen
A/B	God	10-40	34
C	Middels	4-10	21
D	Dårlig	1-4	19
E	Svært dårlig	0,1-1	17
F	Ekstremt dårlig	0,01-0,1	9
G	Eksepsjonelt dårlig/løsmasser	<0,01	0

Disse veiledende Q-verdiene gir også forslag til sikringsomfang. Se tabell 7.1 i håndbok N500 Vegtunneler, for sikringsomfang til de ulike bergklassene.

8.2.3 Innlekkasje - setningsproblematikk

Ved midtre svakhetsone kommer det en bekk ut ved østgående løp. Det er ikke kjent hvor denne bekken kommer fra, om den starter her eller om den ligger i rør lenger opp. Det bør gjøres en vurdering på om vannet her må legges om. Det er også mulig at grunnvannstanden kan bli påvirket på oppsiden (mot nord) av bekken på grunn av injeksjon.

Observasjoner av bygninger på Hannevikåsen viser at de fleste hus og bygninger er fundamentert på fjell. Enkelte garasjer er fundamentert på løsmasser. En eventuell senkning av grunnvannstand vil trolig ikke forårsake setninger på bolighus på Hannevikåsen.

Det er ikke gjennomført gjennomgående hydrogeologisk analyse. En vurdering av hydrogeologiske forhold, en sårbarhetsanalyse av ytre miljø med eventuelt setningspotensiale, influensområde for tunnelen samt tetthetskrav bør gjennomføres for vurdering av ev. injeksjonsbehov og -omfang. En nærmere kartlegging av eventuell eksisterende brønner må også gjøres. Det antas at det vil bli behov for injeksjon i deler av tunnelen.

8.2.4 Bruk av steinmasser

Gneis er ofte en relativ massiv bergart som har god kvalitet når det gjelder tunnelstabilitet og bruk til byggetekniske formål. Det bør gjøres undersøkelser for å finne ut om berget er egnet i bruk til vegformål.

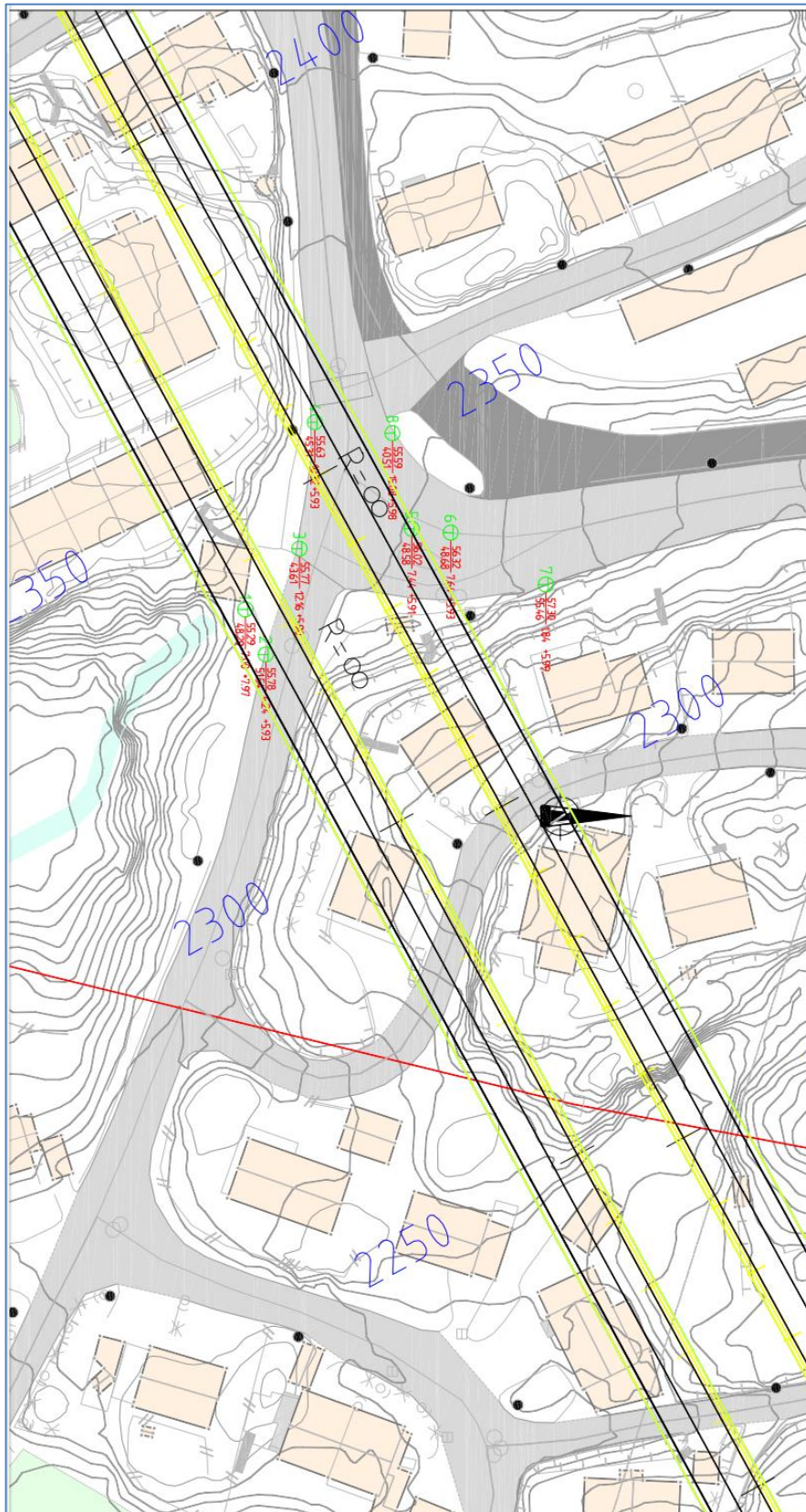
9. VIDERE UNDERSØKELSER

- Det vil bli anlagt flere høye skjæringer i området ved Arkivet på grunn av rundkjøringen som er planlagt. Denne er planlagt i en slik høyde at Glencores jernbanespor må flyttes. Dette vil også føre til mer sikringsarbeid.
- Det anbefales å hente inn mer informasjon om de to hovedsvakhetssonene i tunnelen. Dette kan gjøres ved refraksjonsseismikk over traséen eller ved kontinuerlig sonderboring under driving av tunnelen.
- Det anbefales å gjennomføre en gjennomgående hydrogeologisk analyse. En vurdering av hydrogeologiske forhold, en sårbarhetsanalyse av ytre miljø med eventuelt setningspotensiale, influensområde for tunnelen samt tetthetskrav bør gjennomføres for vurdering av ev. injeksjonsbehov og -omfang. En nærmere kartlegging av eventuell eksisterende brønner bør også gjøres.
- Det er ikke detaljert kartlegging for ras fra skjæringstopp. Dette må undersøkes nærmere ved neste planfase.
- I reguleringsplanfasen er det ikke gjort undersøkelser på steinmassenes egnethet til bruk i veg og andre formål. Det anbefales å teste for Micro Deval verdi og LA-verdi.
- Det bør gjøres vurderinger av rystelseskrav og en kartlegging av spesielt ømfintlige bygninger.

10. REFERANSELISTE

- GoogleMaps.* (u.d.). Hentet 11 06, 2013 fra www.google.com/maps
- Norges geologiske undersøkelse. (u.d.). *NGU.* Hentet 10 20, 2013 fra <http://geo.ngu.no/kart/arealis>
- Noteby. (24.03.1995). *Rapport til oppdragsgiver Falconbridge Nikkelverk A/S - Fjelldeponi - Hall 3 Anbudsrapport. Ingeinørgeologiske undersøkelser og vurderinger.*
- Statens vegvesen. (1997). *R211 - Feltundersøkelser, retningslinjer.*
- Statens vegvesen. (2003). *Publikasjon nr. 101, Miljø og -samfunnstjenelige tunneler, Riktig omfang av undersøkelser for berganlegg.*
- Statens vegvesen. (2004). *N200 - Vegbygging.*
- Statens vegvesen. (2007). *NA rundskriv2007/3. Nye utfyllende bestemmelser, prosedyrer og tiltak vedrørende planlegging, prosjektering, bygging, drift og vedlikehold av vegtunneler.*
- Statens vegvesen. (2010). *N500 - Vegtunneler.*

VEDLEGG 2: KART - PLASSERING AV FJELLKONTROLLBORINGER DESEMBER 2013



VEDLEGG 3: KART - PLASSERING OG RETNING PÅ KJERNEBORINGER

