

**Detaljplan:
Fagrapport ingeniørgeologi og
hydrogeologi**

Gevingåsen tunnel

Nordlandsbanen km 23,80 – 31,20



November 2008



Jernbaneverket


Planen er utarbeidet av:

Norconsult



Detaljplan

Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi

01	Detaljplan	2008-11-25	InT/KJT	AKVi	JPH
00A	Endelig utgave, foreløpig detaljplan	2008-09-05	InT/KJT	AKVi	JPH
Revisjon	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
DETALJPLAN		Antall sider:	24		
		Produsent	Norconsult AS		
		Prod.tegn.nr.			
		Erstatning for			
		Erstattet av			
Prosjekt: NORDLANDSBANEN		Dokument-/tegningsnummer:		Revisjon	
Parsell: GEVINGÅSEN TUNNEL		IUP-00-A-01708		01	
 Jernbaneverket Utbygging		Driftsdokument-/tegningsnummer:		Revisjon	

Jernbaneverket Utbygging Nordlandsbanen Gevingåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 2 av 25
---	--	---

INNHALDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG	3
1 INNLEDNING	5
2 UTFØRTE GRUNNUNDERSØKELSER	5
2.1 Geologisk og ingeniørgeologisk kartlegging	6
2.2 Grunnundersøkelser	7
3 TRASE-BESKRIVELSE	8
3.1 Løsmasser	8
3.2 Bergarter	9
3.2.1 Bergartsegenskaper	11
3.3 Strukturer, sprekke mønster og svakhetssoner	12
3.3.1 Strukturer	12
3.3.2 Sprekke mønster	12
3.3.3 Svakhetssoner	12
3.4 Grunnvann	13
3.5 Grunnforhold i spesielle områder	14
3.5.1 Påhugg for hovedtunnelene	14
3.5.2 Påhugg for tverrslag	14
3.6 Nærliggende berganlegg	15
3.6.1 E6 Helltunnelen	15
3.6.2 Oljelager Muruvik	15
3.6.3 Transporttunnel Muruvik – Hell	15
4 INGENIØRGEOLOGISKE OG HYDROGEOLOGISKE VURDERINGER	16
4.1 Generelt	16
4.2 Geologiske vurderinger	16
4.3 Nærliggende anlegg	17
4.3.1 E6 Helltunnelen	17
4.3.2 Oljelager Muruvik	17
4.3.3 Transporttunnel Muruvik – Hell	17
4.4 Sikringsmetoder	18
4.5 Vannbalanse, sårbarhet og tilhørende tett tiltak	18
4.5.1 Vannforhold i tunnelene	18
4.5.2 Grunnvann og vannbalanse langs tunneltraseene	18
4.5.3 Sårbarhet	20
4.5.4 Klassifisering og omfang av forinjeksjon	20
4.6 Anvendelse av tunnelstein	22
5 FORSLAG TIL VIDERE ARBEIDER	23
5.1 Grunnundersøkelser	23
5.2 Grunnvann og overflatevann	23
5.3 Sårbarhet	23
6 VEDLEGG	24
7 REFERANSER	24

Jernbaneverket Utbygging Nordlandsbanen Gevingåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 3 av 25
---	--	---

SAMMENDRAG

Prosjektet består av en jernbanestrekning med dagsone i Hommelvik, bergtunnel under Gevingåsen og ny dagsone på Hell. Tunnelen er ca 4403 m lang og har teoretisk sprengningsareal på 62,8 m². Tunnelens påhugg er i Hommelvik ved ca km 24,445 og på Hell ved ca km 30,475. Det er kjedebrudd inne i tunnelen på km 26,000-27,627. I tillegg til hovedtunnelen skal det drives 4 rømningstunneler (RT), hvorav en også er tverrslag for drivingen av hovedtunnelen. Hovedtunnelen drives således fra 3 stuffer, en ved Hell og to fra tverrslaget.

Bergartene tilhører Trondheimsfeltets kaledonske dekkekompleks. Dette er et kompleks av foldede skyvedekker. Berggrunnen består av lavmetamorfe sedimenter som varierer fra konglomerater, kalkholdige sandsteiner og gråvakker til leirskifre og fyllitter. Det kan forventes hyppig vekslende bergartstyper, men og stedvis liten variasjon. Bergmassene er overveiende sterkt foldet, noe småfallent og flisig.

Bergartenes oppsprekking domineres av to hovedtyper av sprekker. Den ene er et system av normalforkastninger dannet etter en innsynkning av berggrunnen mot nord. Den dominerende retningen har øst-vestlige strøk med steilt fall. I tillegg er retningene nord-sør, nordøst-sørvest og sørøst-nordvest hyppige sprekkeretninger. Den andre hovedtypen er en markert flattliggende foliasjonsoppsprekking. Denne forventes å opptre i varierende grad over hele tunnelens lengde, men muligens sterkest i de fyllittiske bergartene.

En steil forkastningssone er kartlagt langs den bratte skrenten ovenfor Muruvik, samt i E6-tunnelen. Denne svakhetssonen kan være hovedforkastningen mellom Gevingåsen og området vestenfor. Jernbanetunnelen vil krysse den markerte svakhetssonen med spiss vinkel (5-15 grader), og svakhetssonen kan følge tunnelen en lengre strekning. Vegvesenet hadde samme sted problemer med denne svakhetssonen, som gav to større innrasninger av bergmasser under tunneldrivingen.

Det er et typisk trekk i den kaledonske fjellkjeden at flattliggende skyvesoner opptrer. Slike soner kan opptre med sterk forskifring, høyt glimmerinnhold og glatte, bølgede glidestriper.

På grunn av bergstrukturene må det påregnes mye sikring med sprøytbetong og systematisk bolting. Ved de største kartlagte svakhetssonene, og i forbindelse med andre forventede svakhetssoner, kan det bli behov for sprøytbetongbuer eller full utstøpning.

Nedbør gir overflateavrenning til bekker, tjern og sjøen samt nedbør som infiltrerer berggrunnen. Det er imidlertid ingen større grunnvannsforekomst til uttak i den umiddelbare nærhet av tunneltraseene. Hommelvikstjønnen ligger i en horisontal avstand av omlag 400 m, men noe høyere. Med overveiende steiltstående oppsprekking forventes det lekkasjer i hele tunnellengden.

Berget er sterkt foldet og dels omdannet, og berggrunnen vurderes som middels kompetent. Berget ventes generelt å ha lave innlekkasjerater, men større lekkasjer kan opptre i åreer. Dette er positivt totalt sett, men kan være utslagsgivende ved en større lekkasje lokalt ved at det strømmer lite grunnvann til der det er lekkasje. Dette kan bety at influensområdet er begrenset men at grunnvannssenkningen/poretryksreduksjonen er større lokalt ved lekkasjen. Dette forhold er tatt hensyn til i forslagene til tettekraav.

Ved driving under bebyggelsen fra Hommelvik og opp på Hommelvikhøgda, samt ved passering innenfor oljelageret i Muruvik kan det være behov for å tette berget ved kontinuerlig forinjeksjon. Resten av tunneltraseen vurderes drevet etter behovsprøvd forinjeksjon. Det er aktuelt med injeksjon for tetting og stabilisering av dårlige masser i svakhetssoner.

Etter erfaringer fra E6-tunnelen, ble det estimert i Hovedplanen en total tunnellekkasje på 100-200 l/min for hele 4403 m tunnel (dvs. gjennomsnittlig 2-4,5 l/min/100m). I detaljplan legges det opp til et tettekraav på 5 l/min/100m tunnel for de mest sårbare områdene og et tettekraav på 15 l/min/100m for resten av traseen.

Jernbaneverket Utbygging Nordlandsbanen Gevingåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 4 av 25
--	--	---

Det er igangsatt flere forundersøkelser. Det er boret 5 fjellbrønner, og det skal settes ned 14 poretrykksmålere for overvåking av grunnvannsforhold og poretrykk i områder over tunnelen. Resultater foreligger ikke før til byggeplan.

Jernbaneverket Utbygging Nordlandsbanen Gevingåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 5 av 25
---	--	---

1 INNLEDNING

Norconsult er engasjert av Jernbaneverket Utbygging til å utarbeide detaljplan for utbyggingen av Gevingåsen tunnel, som ligger på Nordlandsbanen mellom Hommelvik og Hell. Denne rapporten omhandler de arbeider som er gjort for å klarlegge grunnforholdene vedrørende tunneltraseen, og omfatter ikke dagsone.

Tabellen under viser den planlagte bergtunnel på strekningen, med tilhørende nøkkeldata:

Tabell 1-1: Tekniske data for bergtunnelene

Tunnel	Lengde (m)	Profilnummer (km)
Gevingåsen	4403	ca. 24,445-30,475*
Rømningstunnel 1	530	25,360
Rømningstunnel 2 (tverrslag)	325	25,900
Rømningstunnel 3	250	28,500
Rømningstunnel 4	185	29,500

*Kjedebrudd km 26,000 – ca 27,627

Prosjektet består av en jernbanestrekning med dagsone i Hommelvik, bergtunnel under Gevingåsen og ny dagsone på Hell. I tillegg til hovedtunnelen skal det drives 4 rømningstunneler (RT), hvorav en også er tverrslag for drivingen av hovedtunnelen. Hovedtunnelen drives således fra 3 stuffer, en ved Hell og to fra tverrslaget.

Tunnelen er planlagt drevet som enkeltsporstunnel med teoretisk sprengningstverrsnitt på 62,8 m².

2 UTFØRTE GRUNNUNDERSØKELSER

I forbindelse med planleggingen av ny Gevingåsen jernbanetunnel er det frem til hovedplan utført en serie grunnundersøkelser. Av de som er relevant for den endelige trasé er grunnboringer og to linjer med seismikk, samt poretrykkmålinger over deler av traseen.

I forbindelse med prosjektering og bygging av E6 Helltunnelen (1995) er det utført omfattende bergkartlegging. Denne vegtunnelen ligger hovedsaklig i samme bergmassen som den nye jernbanetunnelen nå skal bygges i, og data derfra gir mye og viktig informasjon.

I det følgende gis en oversikt over aktuelt grunnlagsmateriale:

- Geoteam, "E6 i tunnel mellom Hommelvik og Hell. Ingeniørgeologiske forundersøkelser", rapport nr. 8618.01, 19. oktober 1983.
- NGU, Erik Holtar, "Gevingåsen, Rapport fra berggrunnskartlegging", rapp.nr. 85.217 (nov.85).
- NGU, Atle Dagestad, "Kvalitetsikring av rapport "Gevingåsen tunnel. Miljøkonsekvenser som følge av vannlekkasjer", rapp.nr. 99.073 (02.07.99).
- Statens vegvesen Nord-Trøndelag, "E6 Hommelvik-Hell, Gevingåsen tunnel, Geologiske undersøkelser for detaljplan", rapport nr. VD916C, nr. 1 (20. august 91).
- Statens vegvesen Sør-Trøndelag, "E6 Øst Stavsjøtunnelen, Setningsproblemer" (sep.92).
- Statens vegvesen Sør-Trøndelag, Arnstein Mehlum, Teknisk/Økonomisk sluttrapport Hell tunnel (mars 1996)
- Statens vegvesen Sør-Trøndelag, "Bygging av Helltunnelen, Geologiske forhold og fjellsikring, sluttrapport" (28.feb.96).
- Statens vegvesen Region Midt: Diverse notater og rapporter fra geologisk oppfølging av drivearbeider for E6 Helltunnelen.

Jernbaneverket Utbygging Nordlandsbanen Gevingåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 6 av 25
--	--	---

- O.T. Blindheim, "E6 Gevingåsen tunnel, Geologisk beskrivelse av grunnforholdene", rapp. nr. 2228.01 (27 aug.93).
- O.T. Blindheim, "NSB Bane Region Nord. Tunnelpåhugg Hommelvik, Ingeniørgeologiske og anleggstekniske vurderinger"(aug.94).
- O.T. Blindheim, "Gevingåsen jernbanetunnel. Kryssing under FINA-tunnelen. Ingeniørgeologisk vurdering", (06.aug.97).
- O.T. Blindheim, "Gjevingåsen jernbanetunnel. Kostnadsvurdering revidert trase", (29. aug.97).
- O.T. Blindheim, "Hovedplan Hell-Hommelvik, Gevingåstunnelen. Ingeniørgeologiske og anleggstekniske vurderinger trasealternativ 4", rapp.nr. 2370.01 (03.apr.98).
- O.T. Blindheim, "Tunnel Gevingåsen, Trasealternativ 4. Husfundamentering Hommelvik", (05.aug.98).
- O.T. Blindheim AS/NINA-NIKU, "Gevingåsen tunnel. Miljøkonsekvenser som følge av vannlekkasjer" rapp.nr. 2417, 01-02 (1999).
- Kummeneje, "Tunnelpåhugg Hommelvik, Fjellkontrollboringer, Datarapport", rapp. nr. 10470 nr. 1 (apr.94).
- Kummeneje, "Tunnelpåhugg v/Hell, Fjellkontrollboringer, Datarapport", rapp. nr. 10471 nr. 1 (apr.94).
- NSB Bane, Ingeniørtjenesten "Gevingåsen Jernbanetunnel, Grunnundersøkelser Km. ca. 23,17-31,56", rapport nr. Gk 4440 (des.94).
- Kummeneje, "Detaljplan og reguleringsplan: Hommelvik-Hell. Geoteknisk vurdering av forslag til planendring (alt. 4E)" (jan.97).
- Kummeneje, "Hovedplan Hommelvik-Hell, alt.4. Fjellkontrollboringer ved Langbekken. Datarapport". Rapp.nr. 12270 nr.1 (12.feb.98).
- Prosjektrapport HIST Arthur Sellis jr./Lars Ivar Melland, "Hovedprosjekt. Jernbanetunnel Gevingåsen. Anleggstekniske- og Ingeniørgeologiske forhold m/ kostnadsoverslag" (1995).
- Sverre Myklebust A/S, "Jernbanetunnel Hommelvik-Hell. Seismiske målinger". Rapp.nr. 96-1 (12. feb.98).
- NTNU/Vitenskapsmuseet, "Kvalitetsikring av rapport "Gevingåsen tunnel. Miljøkonsekvenser som følge av vannlekkasjer", (03.06.99).
- Kummeneje, "Gevingåsen tunnel.Grunnundersøkelser. Datarapport. Setningsberegninger" rapp.nr 12936 (jun.99).
- NINA, "Gevingåsen. Sårbare naturtyper i forbindelse med evt. Tunnellekkasje – botanisk og limnologisk undersøkelse", (okt.99).
- O.T. Blindheim, "Hovedplan Hell-Hommelvik, Gevingåstunnelen. Ingeniørgeologisk, geoteknisk og anleggsteknisk vurdering", rapp.nr. 2306.01 (20.08.1994).
- Rambøll, FORELØPIG rapport: "Jernbaneverket. Gevingåsen tunnel. Grunnundersøkelser. Datarapport", oppdrag nr. 6080603, rapport nr.1. Endelig rapport foreligger ikke før til byggeplan.

2.1 Geologisk og ingeniørgeologisk kartlegging

Bergartskartlegging er hovedsakelig utført av Norges Geologiske Undersøkelse (NGU), og rapportert i 1985 i rapport 85.217: "Rapport fra berggrunnskartlegging i Gevingåsen". Vegvesenet har videre i 1991 utarbeidet rapport nr. VD916C nr. 1 : "Gevingåsen tunnel. Geologiske forundersøkelser for detaljplan". Ved dette arbeidet ble de største svakhetssonene kartlagt ved hjelp av flybilder og ved tolking av kartgrunnlag. I tillegg ble svakhetssoner og sprekker kartlagt i felt. Registreringene ble tegnet inn på kart i målestokken 1:2500.

På oppdrag for vegvesenet laget O.T. Blindheim i 1993 rapport 222 8.01 hvor foregående arbeider ble oppsummert under tittelen "E6 Gevingåsen tunnel. Geologisk beskrivelse av grunnforholdene.

Som supplering til dette foreliggende materialet har Norconsult i forbindelse med detaljplanarbeidet utført følgende undersøkelser:

- Kartstudier og befaringer for strekningen Hommelvik-tverrslaget.
- Ingeniørgeologisk befarings og kartlegging av påhuggsområder for tunnelen.

Jernbaneverket Utbygging Nordlandsbanen Gevingsåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 7 av 25
---	--	---

- Ingeniørgeologisk befarings av påhuggsområde for tverrslag(/rømningstunnel) samt riggområde i tilknytning til tverrslag.
- Registrering av bergblotninger i utvalgte områder på strekningen Hommelvik-tverrslaget.
- Utført planlegging av videre grunnundersøkelser:
 - Fjellkontrollboringer i 3 utvalgte områder over tunnel for å verifisere bergoverdekning, 12 stk.
 - Fjellkontrollboringer ved påhugg i Hommelvik, ca 20 stk.
 - Boring av 5 fjellbrønner og nedsetting av 14 poretrykksmålere for overvåking av grunnvannsforhold og poretrykk i områder over tunnelen. Resultater foreligger ikke før til byggeplan.

2.2 Grunnundersøkelser

Grunnboringer

I forbindelse med hovedplanarbeidet for jernbanetunnelen er det utført en del grunnboringer i løsmasseområder over gjeldende trasé.

Det er utført 18 fjellkontrollboringer i skråningspartiet nord og øst for Kjellandhaugen i Hommelvika (ref. Kummeneje, rapp. nr. 10470 nr. 1, apr.94). For gjeldende trasé ble berg påtruffet fra ca kote +30 m og høyere opp, under ca 5-15 m løsmasse.

I forbindelse med detaljplanarbeidet for jernbanetunnelen er det utført fjellkontrollboringer for verifisering av bergoverflatens beliggenhet. Arbeidet er utført av Rambøll (ref. oppdrag nr. 6080603, rapport nr.1.):

- I dagen over tunnelens km 25,5, på jorde til Hommelvik Gård Østre: 4 fjellkontrollboringer (FK nr. 1-4) i rekke over jorde, vest for tunnel. Laveste bergoverflate målt til kote + 58 moh. God overdekning for tunnel.
- I dagen over km 25,6, på jorde til Hommelvik Gård Østre: 4 fjellkontrollboringer (FK nr. 5-8) i rekke over jorde, vest for tunnel. Laveste bergoverflate målt til kote + 51 moh. God overdekning for tunnel.
- I dagen over km 24,7-24,8, rett nord for Kjellandhaugen: 4 fjellkontrollboringer (FK nr. 9-12) i rekke over jorde, vest for tunnel. Laveste bergoverflate målt til kote + 29 moh. God overdekning for tunnel.
- Fjellkontrollboringer ved tunnelpåhugg i Hommelvik. Boringer ble utført i vegen samt noe i terreng. Berget faller bratt av. Målinger gjort fra fylkesvegen rett foran påhugg viser bergflater på koter + 3 meter til - 4 meter. Boringer gjort i skråningsfot til fylkesveien viser bergoverflate på kote +1 m til -21 m.

Refraksjonsseismiske målinger

Det ble i februar 1998 foretatt refraksjonsseismiske målinger (ref. Sverre Myklebust, rapp.nr. 96-1) i et område 250 meter NV for endelig trasé ved km 25,7. Måleprogrammet omfattet 2 profiler på hhv. 115 m og 225 m.

De seismiske målingene viser løsmassetykkelser på 15-20 i nordlig del, og 25-30 meter i midtre og sørlige del av måleområdet. Lavhastighetssoner med bredde 5-10 m er registrert i de fleste områdene, og hastigheten i disse sonene er målt til mellom 2600 og 3100 m/s. Den generelle lydshastigheten i berg i områdene varierer mellom 5300 og 5600 m/s.

Jernbaneverket Utbygging Nordlandsbanen Gevingåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 8 av 25
---	--	---

3 TRASÉ-BESKRIVELSE

Terrenget fra Hommelvik mot Hell er slakt og reiser seg fra kote +4 ved Hommelvik til kote +99 på Hommelvikhøgda, før det igjen faller ned mot Muruvik til kote +73. Derpå stiger det opp på Gevingåsen til kote +230 m. Innover åsen ligger terrenget mellom kote +245 og + 150, før det så gradvis avtar mot Hell til kote +5.

Tunnelen vil på strekningen Hommelvik til tverrslaget få en overdekning på hovedsakelig 30-80 m. Fra påhugget vil det være liten overdekning de første metrene.

På strekningen tverrslaget til Hell er terrenget noe høyere, og overdekningen vil typisk være 80-220 meter. I siste del mot Hell faller terrenget jevnt av, før det ender i en bratt skrent ved påhugg Hell.

Avstand til bebyggelse er liten langs første delen av strekningen fra Hommelvik til Hommelvikhøgda. Etter passering av gården Hommelvik Østre går tunnelen med god avstand til bebyggelse på overflaten til 600 meter før utgang ved Hell.

Tunnelen skal drives nært forbi 3 eksisterende berganlegg. Disse er E6-Helltunnelen, Muruvik oljelager og transporttunnel Muruvik-Hell.

3.1 Løsmasser

Fra siste isavsmelting er marin grense (MG) om lag 170 moh. Under dette nivå er det avsatt marin leire. Over MG er det er morenelag av varierende tykkelse. Store deler er dekket av myr. Vegetasjonen er meget frodig grunnet mye leirskifer og kalkholdige sandsteiner.

Hommelvik-Tverrslag (Muruvik)

Boringer ved Kjellandhaugen (Kummeneje) viser at løsmassetykkelser over og til siden for tunnelen ligger på 5-15 m. Løsmassene er til dels noe faste i øvre lag, muligens morenepregede på sydsiden av Kjellandhaugen, men bløtere avsetninger er registrert i dybden på det nordre området. Lenger øst på jordet under Liavegen er det mektige avsetninger av bløt og muligens kvikk leire.

Oppå Hommelvikhøgda antas marine avsetninger.

Grunnboringer (Rambøll) i to områder sør for Langbekken, over tunnelen ved hhv. Km 25,5 og 25,6, viser løsmassemektigheter på 7-20 meter over km 25,5 og 14 -18 meter over km 25,6.

Grunnboringer (Rambøll) i terrengforsenkning ved Langbekken, ned mot Muruvik, viser at løsmassene i hovedtrekk er marine avsetninger. Løsmassemektigheter på 25-35 meter ble målt. Løsmassene bærer preg av å være kraftig konsolidert, med høy tyngdetetthet og lavt vanninnhold. Tolkning av hovedtrekk i løsmassesammensetningen er:

- fra 0 til 2 m Tørrskorpeleire
- fra 2 til 10-15 m Leire, sterkt lagdelt med silt- og sandlag.
- fra 10-15 m til berg Lagdelte silt- og sandavsetninger, eller lagdelt leire med sterkere innhold av silt og sand enn mellomste leirlaget.

Tverrslag-Hell

Generelt liten løsmasseoverdekning. Mesteparten av bergoverflaten langs tunneltraseen har et relativt tynt vegetasjonsdekke med god blotningsgrad av berggrunnen.

Jernbanelverket Utbygging Nordlandsbanen Gevingsåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 9 av 25
--	--	---

Generelt

I de antatte svakhetssonene, som vises som større eller mindre kløfter i terrenget, er løsmassemektigheten gjerne noe større, med myr og humusjord. Stedvis er det også urmasser i kløftene. Berggrunnen i svakhetssonene er de fleste stedene tildekket slik at muligheten for detaljert beskrivelse har vært begrenset.

3.2 Bergarter

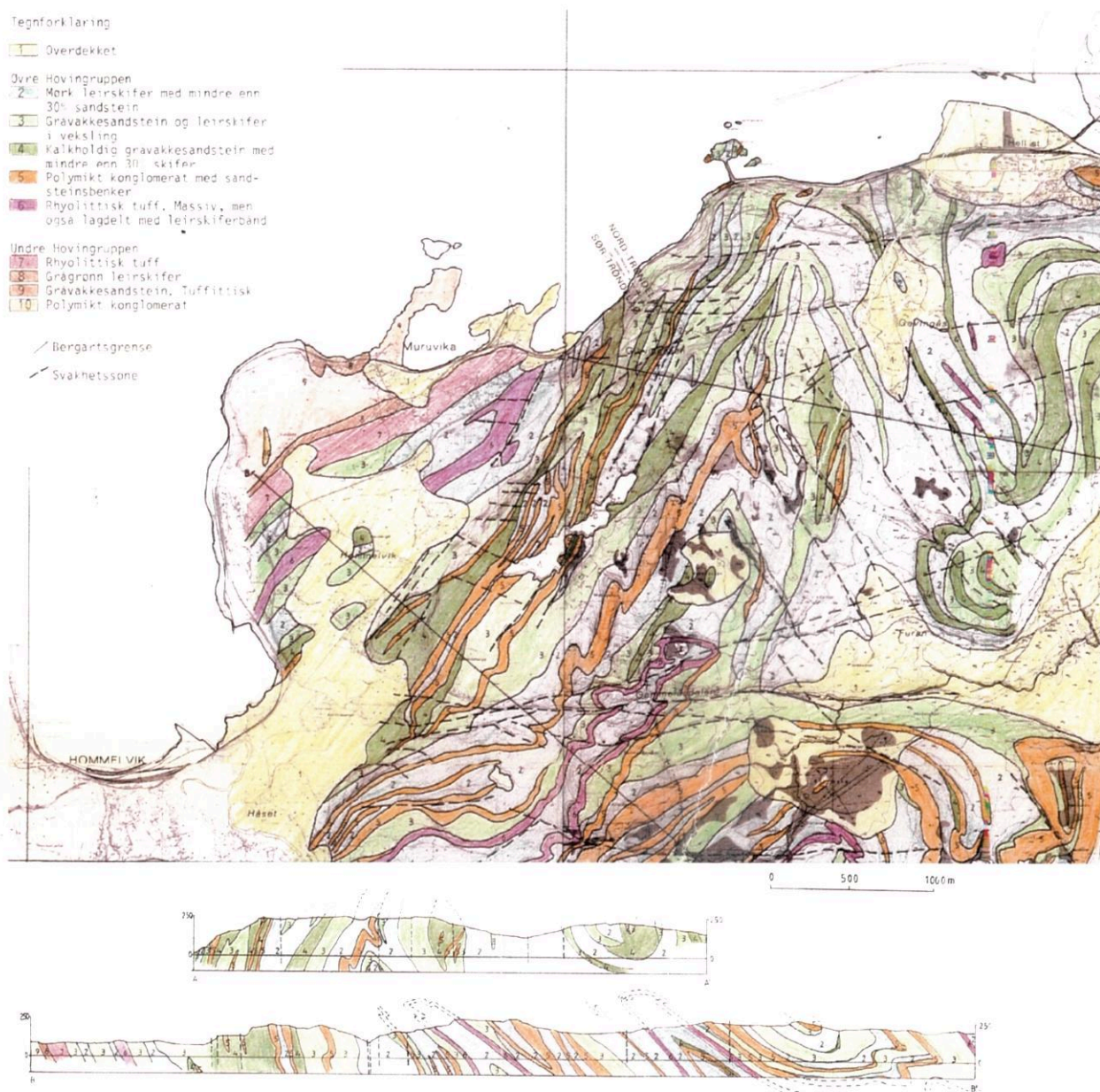
Bergartene tilhører Trondheimsfeltets kaledonske dekkekompleks. Dette er et kompleks av foldede skyvedekker. Berggrunnen består av lavmetamorfe sedimenter som varierer fra konglomerater, kalkholdige sandsteiner og gråvakker til leirskifer og fyllitter. Resultatet er at bergartene er gjennomgått av skifring og hovedsprekkemønstre i flere retninger. Dette medfører gjennomgående et småfallent og flisig berg.

Fra Hommelvik og til litt forbi tverrslaget forventes mest gråvakkessandstein i veksling med skifer, samt noe innslag av fyllitt. Videre nordover forventes hovedsakelig veksling mellom gråvake/leirskifer/fyllitt, men også konglomerat enkelte steder i veksling med gråvake. I den sørvestre delen av tunnelen (ca km 24,445-28,000) forventes bergartskarakteren å variere relativt lite over korte strekninger. Det er her knyttet usikkerhet til bergartsfordelingen da området her i stor grad er dekket av løsmasseavsetninger. I den nordøstre delen av tunnelen (ca km 28,000-30,475) forventes i større partier meget hyppig vekslende bergforhold over korte avstander. Vekslingen i bergforhold opptrer både som hyppige overganger mellom bergartstypene og hyppige endringer i oppsprekking og retning p.g.a. foldning i de leirrike lagene.

Fordelingen av de enkelte hovedtyper av bergarter er beskrevet av NGU og vist i fig 4-1, samt i en større versjon i vedlegg 1. Kartet er et utdrag av NGU's arbeider. Det presiseres at bergartene varierer mer i detalj enn kartet gir uttrykk for. Pga. variabelt slakt fall er bergartsfordelingen langs tunneltraseen usikker og kan avvike tildels mye fra bergartsfordelingen i dagen.

Den dominerende sprekkeretningene har strøk øst-vest med steile fall.

En forkastningssone er kartlagt langs den steile skrenten ovenfor Muruvik. Tunnelen krysser sonen med spiss vinkel. Det er forventet flere parallelle markerte svakhetssoner i dette området.



Figur 3-1: Utdrag fra berggrunnskart over området, NGU (1985). Se større utgave i vedlegg 1.

Beskrivelse av de ulike bergartene (ref. Statens vegvesen, rapport nr. VD916C, nr. 1):

1. Konglomerat

Konglomeratene er for det meste matriksbåret. Tetthet og størrelse på bollene varierer mye over korte avstander. Konglomeratet består av materiale fra omliggende sandsteiner og skiferbergarter, samt boller av granitt, kvartsitt, rhyolittisk tuff og noe rød jaspis. Grunnmassen varierer fra grov sandstein til leirskifer, og opptrer ofte oppsprukket og forskifret. Det er ikke uvanlig å finne sandsteinlag mitt i konglomeratsekvensene. Konglomeratenes mektighet er svært varierende, men overstiger sjelden 30 m. Ofte kiler bergarten ut og går over i sandstein og leirskifer.

Jernbaneverket Utbygging Nordlandsbanen Gevingsåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 11 av 25
--	--	--

2. Kalkholdig gråvakkesandstein

Bergarten er kartlagt som sandstein med mindre enn 30 % leirmineraler. Dette er en relativt hard og massiv grågrønn bergart som forekommer i lag opptil 2 m tykkelse. Mellom lagene er det gjerne leirskifer i 5-10 cm mektige soner. Bergarten er ofte lite utholdende og går gradvis over i konglomerat eller skifer. Bergarten inneholder fra 10 - 40 % kalkspat.

Mikroskopering: Kvarts 10-20%, feltspat 15-30 %, kalkspat 10-40 %, serisitt 10-20 % og kloritt 5-20 % og opakmineraler 5-10%.

3. Gråvakkesandstein og leirskifer i veksling

Dette er en fellesbetegnelse for en bergart som består av kalkspatholdig gråvakkesandstein og leirskifer i hyppig veksling. Lagtykkelsene er fra 2 - 5 cm. Bergarten inneholder omtrent like mye sandstein og skifer. Bergarten har ofte stor motstandsdyktighet, og står fram i rygger og koller i terrenget. Bergarten eksponerer foldemønsteret i området meget tydelig. Kрусfolding med tilhørende kruskløv er spesielt tydelig i skiferlagene.

I E6-tunnelen var denne bergartstypen den dominerende.

4. Leirskifer

Denne bergarten er definert til å ha mindre enn 30% andel sandstein i tynne lag. Leirskiferen er blågrå og ofte ganske mørk. Bergarten er sterkt forskifret og krusfoldet, og viser bare unntaksvis primær lagdeling. Bergarten inneholder en god del kalkspat.

Mikroskopering: Kvarts 10-20 %, feltspat 10-30 %, kalkspat 10-40 %, serisitt 10-40 % og kloritt 5-10 %.

3.2.1 Bergartsegenskaper

Bergartsegenskaper er ikke testet spesielt for jernbanetunnelen.

Det er tidligere utført noen tester som gjelder for traseen for vegtunnel på E6, Hell-tunnelen. Resultatene for borbarhet og sprengbarhet gjengis her da de vurderes å ha relevans i alle fall for strekningen fra tverrslaget til Hell:

Borbarhetsegenskaper (ref. Statens vegvesen Nord-Trøndelag, rapport VD916C, nr 1).

Bergartssammensetningen er varierende langs tunneltraseen, og det er foretatt uttesting av borbarhetsegenskapene for 5 prøver som er representative for de bergartene som vil forekomme hyppigst.

Prøve 1. Gråvakkesandstein og leirskifer i veksling ca. 70/30.

Prøve 2. Gråvakkesandstein og leirskifer i veksling ca. 50/50.

Prøve 3. Konglomerat.

Prøve 4. Leirskifer og gråvakkesandstein i veksling ca. 80/20.

Prøve 5. Gråvakkesandstein.

Undersøkelsene er utført ved SINTEF, avd. for bergteknikk.

De undersøkte parametrene er Sievers J-verdi, slitasjeverdi hardmetall AV, kvarts- og kisinnhold og bergartenes sprøhet og flisighet. Derav er borsynkindeks (DRI) og borslitasjeindeks (BWI) utregnet. Resultatene viser en middels til høy borsynkindeks ned unntak av den rene gråvakkesandsteinen, hvor verdien ble meget lav til lav. Borslitasjeindeksen er lav til meget lav for de leirskiferdominerte bergartene, og høy for den rene sandsteinen. Borsynkindeksen kan oppfattes som bergartens maksimale motstand mot boring. Den virkelige borsynk vil avhenge av utstyret som blir benyttet, og bormetoden. I tillegg vil borretning i forhold til bergartens foliasjon og oppsprekking ha betydning.

For flere detaljer se vedlegg til rapport VD916C, nr 1 "Geologiske undersøkelser for detaljplan" Statens vegvesen Nord-Trøndelag.

Jernbaneverket Utbygging Nordlandsbanen Gevingåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 12 av 25
---	--	--

3.3 Strukturer, sprekke mønster og svakhetssoner

3.3.1 Strukturer

Skyvedekkene i området er foldet i en rekke syn- og antiklinaler som ligger i en innsynkning i grunnfjellsoverflaten. I området domineres blotningene av relativt små folder med flattliggende akseplan. Amplituden varierer fra noen få mm til flere meter.

3.3.2 Sprekke mønster

Bergartenes oppsprekking er komplisert, men domineres av to hovedtyper av sprekker.

- Tektoniske prosesser har ført til vertikale forskyvninger av større partier, og dette fremtrer som et system av normalforkastninger etter en innsynkning av berggrunnen mot nord. Den dominerende retningen har øst-vestlige strøk med steilt fall. I tillegg er retningene nord-sør, nordøst-sørvest og sørøst-nordvest hyppige sprekkeretninger.
- Den andre hovedtypen er en markert flattliggende foliasjonsoppsprekking. Denne forventes å opptre i varierende grad over hele tunnelens lengde, men muligens sterkest i de fyllittiske bergartene.

I tillegg finnes flere mindre dominerende sprekkesett.

Det steile sprekkesettet orientert i Ø-V retning er relativt godt utviklet langs hele tunneltraseen. Sprekkene er plane, utholdende og gjennomsettende. Oppsprekningsgraden varierer fra 1 til 2 meter sprekkeavstand og ned til en sprekkeavstand på omlag 0,3 til 0,4 meter. Soner med såvidt tett oppsprekking som 0,3 meter vil vises som kløfter i terrenget.

3.3.3 Svakhetssoner

Mange steder opptre sprekke som en svakhetssone på flere meters bredde med glatte vertikale sidevegger. I kartleggingssammenheng er disse markerte sprekke tolket som svakhetssoner, hvor oppsprekkingen parallelt selve sonen gradvis øker inn mot sentrum av sonen. Mektigheten av sonene, eller deres influensområde, ventes å variere fra om lag 5 til 10 meter.

Fra Hommelvik til Muruvik står åskammen (Gevingåsen) langs en steil skrent med nordøstlig retning. Terengformasjonen kan følges forbi Muruvik idet den dreier mere østlig mot Gevingåsen. Den steile fjellskråningen, omlag 400 meter sør for Muruvik, er antatt å representere en normalforkastning som er dannet ved innsynkning av terrenget i nord. Forkastningen som har retning SV-NØ med fall nært 80° mot SØ vil kunne skjære tunnelen med spiss vinkel. Forkastningen forventes å ha karakter som en knusningssone.

En oversikt over potensielle svakhetssoner er vist i vedlegg 2 "Ingeniørgeologiske kart", tegning nr. V-00091, V-00092 og V-00093.

Det er et typisk trekk i den kaledonske fjellkjeden at flattliggende skyvesoner opptre. Disse kan ha utstrekning helt ned til noen titalls meter og er således vanskelig å kartlegge ved overflateobservasjoner. Slike soner kan opptre med sterk forskifring, høyt glimmerinnhold og glatte, bølgede glidestriper. Det er ikke påvist bevegelser av betydning horisontalt i de kartlagte svakhetssonene. I oljetransporttunnelen er disse svakhetssonene ikke observert, men de kan likevel forekomme i den prosjekterte tunnelen, og vil da kunne representere betydelige svakhetssoner.

Undersøkelser i transporttunnelen viser at markerte øst-vestgående steile sprekker i området ikke har medført betydelig ustabilitet i tunnelnivå. Det er i noen partier registrert litt mer lekkasjer og en del mer sikring i

Jernbaneverket Utbygging Nordlandsbanen Gevingåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 13 av 25
--	--	--

tunnelhengen enn ellers. På nordsida av Fadåsen er det foretatt utstøpning ved kryssing av tilsvarende markerte svakhetssoner.

Svelleleire

Innhold av svelleleire er ikke undersøkt på traseen for ny jernbanetunnel. I eksisterende E6-tunnel i samme bergmassivet er det tatt en prøve ved pel 20.095 (for vegen), som ligger 100 m NV for jernbanetunnelen km 21,100. Prøving ble utført desember 2007. På fri svelling ble resultatet klassifisert som "lite aktiv" og på svelletrykk ble resultatet klassifisert som "inaktiv".

Det er også tatt ut en prøve av en sone i E6 tunnelen hvor det skjedde en rasulykke, et sted mellom pel 19.510 og 19.570 (for vegen). Resultatet viser at ingen svelling ble registrert under testingen.

Ingeniørgeologiske kart er vist i vedlegg 2, tegning V-00091, V-00092 og V-00093. Kartene er mye basert på tidligere utførte kartlegginger, supplert med nye vurderinger basert på kartgrunnlag, feltbefaringer samt fra dokumenterte erfaringer fra driving av E6 tunnelen.

3.4 Grunnvann

Generelt sett ligger grunnvannet like under terrengoverflaten i dalene, i myrene og langs overflatevann. I åsene, ligger grunnvannet i berggrunnen for det meste under berggrunns-overflaten, og er dermed ikke en del av det ytre miljøet på ås-toppene. Vegetasjonen på toppene får sitt vann enten direkte fra nedbøren eller fra et "hengende grunnvannsspeil" i løsmassene over berggrunns-overflaten, og er ikke i forbindelse med grunnvannet som blir påvirket av en eventuell tunnellekkasje.

For å vurdere eventuelle konsekvenser på det ytre miljøet ved tunnellekkasjer, er det viktig å vurdere vannbalansen i naturen. Det sees på "tilgjengelig" vann som kan tas inn i en tunnellekkasje, uten at det går ut over naturen. Denne overordnede vurderingen er basert på årlig middel nedbør og temperatur i området, estimert fordampning, estimert overflatevannavrenning samt estimert infiltrasjon av vann til grunnvannet.

Fra Gevingåsområdet er det overflateavrenning til bekker, tjern og sjøen samt nedbør som infiltrerer berggrunnen. Imidlertid er det ingen større grunnvannsforekomster i den umiddelbare nærhet av tunneltraseene. Hommelvikstjønnen ligger i en horisontal avstand på omlag 400 m, men noe høyere. Sprekkesonene kan også være potensielle lekkasjebærere. Med overveiende steiltstående oppsprekking forventes det drypplekkasjer i hele tunnallengden.

Erfaringene ved driving av E6-tunnelen er at det ble vannlekkasjer i store deler av tunnelen, som oftest lave lekkasjerater, men stedvis store lekkasjer ved noen av de større svakhetssonene. Ved passering innenfor oljelageret vil det kunne være behov for å tette bergmassene ved injeksjon.

Det er registrert private brønner som fungerer som energibrønner/enkelt/husholdningsbrønner. En av brønnene ligger i tunneltraseen. Det vil være behov for å begrense tunnellekkasjer for å hindre påvirkning på de øvrige brønnene.

Jernbaneverket Utbygging Nordlandsbanen Gevingsåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 14 av 25
--	--	--

3.5 Grunnforhold i spesielle områder

3.5.1 Påhugg for hovedtunnelene

A. Påhugg Hommelvik

Påhugget ligger ved Nygård i foten av Kjellandhaugen. Fv 950 går i dag igjennom påhuggsområdet, sprengt delvis inn i berget med 1-5 meter bergskjæring. Øvre del av påhuggsområdet er som følge av vegutbyggingen blottlagt berg. Nedre del ligger under vegen og er dekket.

Det ble undersøkt med fjellkontrollboringer for å vurdere om denne vegen kan legges om tettere opp i berget for å gi plass til arbeider med jernbanetunnelens portal m.m. Målingene viser at berget skråer bratt ned under eksisterende fylkesvei, som ligger på fylling og ikke på berghylle.

I påhugget står bergflaten noe skrått på sporet og bergkontakt blir først på høyre side. Overdekningen er 3-5 meter de første 10 meterene og øker så på.

Det er aktuelt med forbolting før sprengning, samt normal sikring av forskjæring.

En mindre steiltstående svakhetssone krysser traseen i påhuggsområdet, trolig innenfor påhugg. Ved valg av påhuggsflate må denne sonen hensyntas. Svakhetsonen kan gi problemer med å etablere påhuggsflate tett på denne, da hengen kan få lite fot i venstre side. Det kan være aktuelt med delte salver og støp i venstre vegg før resten av profilet sprenges ut.

Det ligger bolighus tett på både på siden og over jernbanetraseen.

B. Påhugg Hell

Påhugg er plassert i en bratt skrent med tynt løsmassedecke og tett skog. Påhugget ligger dels i enden av en bergskjæring, som ble laget for omlegging av togspor da E6 Helltunnelen ble bygget.

Påhugget ligger nær eksisterende jernbane.

Berget har noen gjennomgående sprekkeplan, dels med ugunstig fall ned og ut (30°). Berget er flisig med et sprekkepattern som gir en overordnet storblokkig struktur. Stedvis er en viss skifrihet registrert.

Foran påhugg er det en flat skogvokst flate, trolig fylling. Eksisterende togspor ligger tett på.

Det er aktuelt med forbolting før sprengning, samt normal sikring av forskjæring.

Fjellsida over påhugget er skogbevokst og bratt. Det kan ikke utelukkes behov for ekstra sikringstiltak.

3.5.2 Påhugg for tverrslag

Påhugget er planlagt nær lokal avkjøringsveg fra Fv. 950, i foten av en bergkølle på ca. kote +45. Stedet ligger ca. 360 m NV for hovedtunnelen.

Det er generelt tynt løsmassedecke, men mye bergblotninger i dagen ved påhuggsstedet.

Jernbanelinjen Utbygging Nordlandsbanen Gevingsåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 15 av 25
--	--	--

3.6 Nærliggende berganlegg

3.6.1 E6 Helltunnelen

Vegvesenets nye tunnel for E6 gjennom Gevingåsen stod ferdig i 1995. Hovedsakelig ligger denne i god avstand fra traseen for den nye jernbanetunnelen, men inn for Muruvik ved ca km 25.800 krysser jernbanetunnelen under vegtunnelen med spiss vinkel. Jernbanetunnelen går noe lavere i berget, og har omtrentlig 14 meter overdekning opp til vegtunnelen.

3.6.2 Oljelager Muruvik

I Muruvik er det anlagt et lager for olje i berg. Toppen av lagertankene ligger opp mot kote + 50. Tankene er innstøpt i betong som fyller hele rommet inn til berg. Vegtunnelens senter ligger ca. 110 m inne for oljelageret, med høyde i tunnelsålen ca. kote +32 m. Den nye jernbanetunnelen skal passere med en minste horisontal avstand på ca 160 meter, i ca kote +13 m. Dette er 19 meter lavere enn vegtunnelen.

Da E6 tunnelen ble drevet satte DSB krav om at grunnvannstand rundt oljelageret skulle opprettholdes. For å oppfylle samme krav i dag vil det kunne være behov for tetting av berget over en strekning langs jernbanetunnelen.

3.6.3 Transporttunnel Muruvik – Hell

Fra Muruvik går det en transporttunnel med tverrsnitt på 7,5 m² (2,5*3 m) over til Hell. Det er rørinstallasjoner i tunnelen. Jernbaneanlegget vil krysse transporttunnelen 2 steder. Transporttunnelen krysser hovedtunnelen (omtrent lik såle høyde) ved ca km 29.620, mens den krysser under rømningstunnel ved ca profil 130, med bergoverdekning på ca 3 meter.

Jernbaneverket Utbygging Nordlandsbanen Gevingåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 16 av 25
---	--	--

4 INGENIØRGEOLOGISKE OG HYDROGEOLOGISKE VURDERINGER

4.1 Generelt

I vurderingene er det forutsatt konvensjonell driving av tunnelene med boring og sprengning. Utførelsen av sprengningsarbeidene vil kunne påvirke sikringsomfanget noe.

4.2 Geologiske vurderinger

Overdekningen for tunnelene er under 223 m, og det forventes ikke at spenninger vil medføre stabilitetsproblemer i tunnelene. Det er ikke registrert slike problemer ved driving av E6-tunnelen.

Steiltstående oppsprekning

De geologiske forhold som i utstrekning i størst grad vil medføre nedsatt stabilitet er kombinasjonen av steiltstående oppsprekking med flatliggende intens akseplanskifrihet.

Langs den steile fjellskrenten ovenfor Muruvik tyder undersøkelsene på at det er utviklet en betydelig svakhetssone langs en forkastning med steilt fall mot vest-nordvest. Det er usikkert i hvilken grad bevegelsene har påvirket bergkvaliteten, men det er grunn til å forvente en markert svakhetssone i dette området. Sonens fall er også usikkert. Sonen er kartlagt som steil, men den kan ha fall mot øst på 70 grader (ref. sone påtruffet under driving av E6-tunnel)

Jernbanetunnelen krysser denne sonen med spiss vinkel ved ca. km 28.400-28.600, og dette kan medføre stabilitetsproblemer over en lang strekning. Under driving av E6 tunnelen skjedde det to større utrasninger i en sone i dette området, som også er stedet hvor jernbanen krysser under vegtunnelen. Det første raset ca. i km 19.575 utviklet seg gradvis, og nådde 12-15 m over hengen før det ble støpt igjen. Det andre raset skjedde brått og uventet ca. ved km 19.530, der venstre side raste ut i 20 m lengde.

I det ene raset omkom sjåføren på en betongbil. Raset skjedde langs et sprekkeplan som stod i veggen. Det var tett og systematisk bolting på stedet, men disse ble slitt av. En tid etter raset kom store vannmengder.

Rømningstunnel nr. 3 krysser samme sonen ved ca profil 150, men her med gunstig vinkel.

Flere liknende soner med tilnærmet samme orientering opptrer i området (se vedlegg 2) og antas å representere normalforkastninger med tilnærmet karakteristikk som ovennevnte, men sannsynligvis med noe mindre mektighet.

Ved ca km 29.050 virker det som flere svakhetssoner krysser, muligens rett øst for traseen. Det kan forventes noe dårlig berg i dette området.

I tillegg kan det forventes at det påtreffes større svakhetssoner som er utviklet langs akseplanskifriheten. Disse er vanskelige å kartlegge i tunnelnivå, men de er bl.a. kartlagt ved påhugget på Hellstranda. Der hvor disse svakhetssonene påtreffes vil de kunne volde betydelige stabilitetsproblemer.

Steile øst-vestlige sprekke- og svakhetssoner er kartlagt langs hele Gevingåsen, men spesielt fra Muruvik og nordover er terrenget preget av disse sonene. Undersøkelser i transporttunnelen viser at det var utført betydelige sikringsarbeider i forbindelse med disse sonene på nordsida av Fadåsen, men de viser også at ikke alle disse sonene er like utholdende i tunnelnivå. På tegningene er det avmerket hvor oppsprekningen er av en slik karakter at det vil kunne opptre som en svakhetssone. På kartene er det også lagt inn en grafisk framstilling av sprekkefordelingen i form av sprekkeroser.

Tunnelen med tverrslag og rømningstunneler dekkes av 3 kartblad, tegn. IUP-00-V-00091, 00092 og 00093.

Jernbaneverket Utbygging Nordlandsbanen Gevingåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 17 av 25
--	--	--

4.3 Nærliggende anlegg

4.3.1 E6 Helltunnelen

Jernbanetunnelen passerer 14 meter under vegtunnelen. Driftsopplegget må tilpasses rystelseskraav for vegtunnelen, og det må tas hensyn til risikoen for "løpske" sprenggasser. Det er en risiko for nedfall i vegtunnelen grunnet rystelser, samt for at kjørrende i vegtunnel skremmes av lyden fra sprengning. E6 tunnel bør stenges under sprengningsarbeid når disse er på det nærmeste.

Det er registrert en svakhetssone i vegtunnelen rett over, og det ventes at denne kan medføre tyngre sikringstiltak som sprøytebetongbuer eller betongutstøpning.

Det er nødvendig med egne prosedyrer for sprengnings- og sikringsarbeidene, samt for eventuelle injeksjonsarbeider i dette området.

Dersom det viser seg å være behov for injeksjon i området må det opprettes stramme prosedyrer for både boring og mengdebruk for å unngå at injeksjonsmasser pumpes inn i vegtunnelen. Det må opprettes rutiner for inspeksjon av vegtunnel og dennes drenssystem spesielt.

4.3.2 Oljelager Muruvik

Jernbanetunnelen ligger lavere enn væsknivået i oljelageret, men i avstand på minimum 160 meter. Avstanden regnes som betryggende mht. rystelser, men måling av rystelser kan være aktuelt i driftfasen.

Ved driving av E6 tunnelen på DSB at vegvesenet skulle opprettholde grunnvannstand rundt oljelageret for å forhindre migrering av forurensing. Det er å påregne at samme krav vil gjelde jernbanetunnelen. Det vil derfor være aktuelt å tette berget rundt tunnelen slik at grunnvannsnivået opprettholdes. Dette løses med et opplegg med sonderboring, vanntapsmåling og injeksjon ved passering av oljeanlegget.

Skulle det oppstå en større lekkasje i oljelageret er det, i følge korrespondanse mellom Norske Fina A/S og vegvesenet før bygging av E6-tunnelen, mulig å regulere avløps- og dreneringssystemene slik at grunnvannet stiger tilstrekkelig til å sperre oljen inne og forhindre at den drenerer ut i sprekker i fjellet.

Opplysninger gitt fra Norske Fina A/S tyder på at ved praktiske forsøk har grunnvannsstanden steget med ca. 6-7 m når dreneringen er helt avstengt. Det er observert lokale variasjoner i anlegget.

4.3.3 Transporttunnel Muruvik – Hell

Fra oljelageret går det en transporttunnel for oljen til Hell. Petroleumsproduktene føres i rør til utlastingsterminalen.

Tunnelens beliggenhet er målt inn, og tunnelen ligger i direkte konflikt med jernbanetunnelen, hvor den kommer inn lavt i profilet. Den ligger også tett på rømningstunnelen, ca 3 meter under. Transporttunnelen gir derfor utfordringer mht. sprengning av jernbanetunnelen og rømningstunnel 4. Det er nødvendig med egne prosedyrer for omlegging av rør, for sprengnings- og sikringsarbeidene samt for eventuelle injeksjonsarbeider i disse to områdene.

Jernbaneverket Utbygging Nordlandsbanen Gevingåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 18 av 25
--	--	--

4.4 Sikringsmetoder

Basert på erfaringene fra driving av E6 Helltunnelen vil sikringen i tunnelene for det meste bestå av en kombinasjon av bolter og sprøytebetong. Omfanget av sikring på det enkelte stedet i tunnelen vil tilpasses bergkvaliteten slik at tilfredsstillende stabilitet oppnås. Ved dårlig stabilitet (svakhetssoner) kan det være nødvendig med spesielle opplegg for drift og sikring.

Det må tas hensyn til sikkerhet i driftsfasen, bl.a. med hensyn til inspeksjon bak hvelv.

På grunn av bergstrukturene må det påregnes mye sikring med sprøytbetong. Ved de største kartlagte svakhetssonene, og i forbindelse med forventede svakhetssoner, kan det bli behov for sprøytebetongbuer eller full utstøpning.

Boltelengden for de ulike tverrsnittene bør normalt være 2,5-3 m for hovedtunnel og tverrslag, og 2-2,5 m for rømningstunneler. Ved spesielle forhold kan det være nødvendig å øke boltelengden lokalt.

Det antas behov for forbolting ved påhugg samt ved passering av noen svakhetssoner. Forbolter bør normalt være 6 m.

4.5 Vannbalanse, sårbarhet og tilhørende tett tiltak

4.5.1 Vannforhold i tunnelene

Nedbør gir overflateavrenning til bekker, tjern og sjøen samt nedbør som infiltrerer fjellgrunnen. Det er imidlertid ingen større grunnvannsforekomst til uttak i den umiddelbare nærhet av tunneltraseene. Hommelvikstjønna ligger i en horisontal avstand av omlag 400 m, men noe høyere.

Vannlekkasjer i tunnelene må påregnes langs hele tunnellengden, men intensiteten vil variere avhengig av bergart, sprekkens utforming og tilgang på vann. Selv i de områder der omfattende injiseringsarbeider gjennomføres vil spredte lekkasjer i form av vannsig og drypp kunne forekomme. Basert på denne vurderingen forventes det at vannsikring blir nødvendig på hovedsakelig hele tunnelen.

I Stavsjøfjellet tunnel, som ligger på Europavei 6 sørvest for Hommelvik, var erfaringene at lekkasjene forandret seg fra uke til uke, og nye lekkasjer dukket opp etter en tid. I enkelte områder kan lekkasjene være så store at det må benyttes patronert sprengstoff.

Grunnvannet langs parsellen har blitt beskrevet generelt i flere tidligere rapporter (se referanseliste). Disse rapportene har også sett på sårbarhet til flora, fauna og vannressursene langs traseen.

Generelt ligger grunnvannet like under terrengoverflaten ved foten av fjell, i myrer og langs overflatevann. I fjellåser ligger grunnvannet for det meste under berggrunnsoverflaten, og er dermed ikke en del av det ytre miljøet på åsene. Vegetasjonen på åsene får sitt vann enten direkte fra nedbør eller fra et "hengende grunnvannsspeil" i løsmassene over berggrunnsoverflaten, og er ofte ikke i forbindelse med grunnvannet som blir påvirket av en eventuell tunnellekkasje.

4.5.2 Grunnvann og vannbalanse langs tunneltraseene

For å vurdere eventuelle konsekvenser ved tunnellekkasjer på ytre miljø, er det viktig å vurdere vannbalansen i naturen og "tilgjengelig" vann som kan tas opp i en tunnellekkasje uten at det går ut over naturen. Denne overordnede vurderingen er basert på årlig middelnedbør i området, estimert fordampning, overflatevannavrenning og estimert infiltrasjon av vann til grunnvannet. En enkel likning er benyttet:

Jernbaneverket Utbygging Nordlandsbanen Gevingsåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 19 av 25
---	--	--

$$N = ET + Q + I$$

der

N = årsmiddelnedbør

ET = årsmiddel fordampning

Q = årsmiddel overflatevannavrenning

I = årsmiddel infiltrasjon til grunnvannet

Årsmiddelnedbør (N) er basert på normal nedbør fra måleperioden 1961-1990. Data er hentet fra Målestasjon nr. 6910, Værnes, fra databasen til Meteorologisk Institutt. For normalperioden har det vært en årlig nedbør på 892 mm.

Fordampning er estimert ved hjelp av Turcs formel, som tar i betraktning årsmiddelnedbør og temperatur i et område.

$$ET = N / [0,09 + (N/It)^2]^{1/2}$$

der

ET = årlig fordampning i mm,

N = årlig nedbør i mm

It = $300 + 25t + 0,05t^3$, hvor t er årsmiddeltemperatur.

For denne parsellen er den estimerte verdien ET utregnet til ca. 44 % av årsmiddelnedbør, dvs. ca. 390 mm.

Overflateavrenning er vurdert ut fra terrengrelieff, terrengdekke/vegetasjon og NVEs Atlas for årsavrenning. Området er kupert, og generelt er berggrunnen dekket av et tynt morenelag, ofte med åpent vann og myr i dalbunnene. Avrenningstall fra NVEs Atlas antyder en overflateavrenning i størrelsesorden 470 - 490 mm/år. Denne vannmengden er imidlertid både vann som har rent på overflaten ned til åpent vann, samt vann som har infiltrert ned i grunnen til grunnvannsførekosten og kommet opp til overflaten igjen til overflatevannet før målestasjonen. Det vil si at ikke hele 470 - 490 mm er rent overflatevannavrenning.

Dersom vi ser på vannbalansen etter at fordampningen har blitt trukket fra årlig nedbør, er restvolumet 502 mm/år. Dette er noe mer enn mengde overflateavrenning som kan leses ut av NVEs Atlas, og tyder på den usikkerheten som ligger i estimatene for parametrene som er benyttet i vannbalansen. En del av dette restvolumet går altså til overflateinfiltrasjon til grunnvannsførekosten. Overflateinfiltrasjon er estimert basert på erfaringer fra lignende terreng med morenemasser, bart fjell og marine avsetninger. Det er estimert at ca. 20 % av årsnedbøren (tilsvarer 180 mm/år) går til infiltrasjon til grunnvannsførekosten.

Ren overflateavrenning er da estimert til $892 - 390 - 180 \text{ mm/år} = 322 \text{ mm/år}$ (36 % av årsnedbør). Tabell 4-1 viser en oppsummering av vannbalansen.

Tabell 4-1. Vannbalanse for Gevingåsen tunnel.

	Nedbør (Met.Inst.)	Fordampning (Turcs formel)	Avrenning (NVE-atlas/erfaring)	Infiltrasjon (erfaringstall)
Årsmiddel [mm]	892	390	322	180
Prosentandel [%]	100	44	36	20

Jernbanelinjen Utbygging Nordlandsbanen Gevingåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 20 av 25
---	--	--

4.5.3 Sårbarhet

Det er i hovedsak sårbarhet knyttet til ytre miljø, setninger og brønner som må vurderes når det skal settes krav til tunnellekkasje og konsekvenser av tunnelen. Det er her vurdert effekten av tunnellekkasje på ytre miljø og infrastruktur. Sårbarhet i forbindelse med håndtering av tunnelvann blir vurdert i Miljøoppfølgingsprogrammet (MOP). Det må tas i betraktning at tunnelen sannsynligvis vil etablere en lokal senkningstrakt i områder med lekkasje, og at eventuelt forurenset grunnvann dermed kan fanges inn i tunnelvannet.

Vurdering av områder for tiltak for å begrense konsekvensen av eventuelle tunnellekkasjer er basert på kartlegging av sårbar natur, setningspotensial, grunnvannsbrønner og geometri av sprekke- og svakhetssoner i berggrunnen.

To områder med sårbart ytre miljø er kartlagt tidligere (O.T. Blindheim AS/NINA-NIKU, 1999). Det ble vurdert at områdene hadde en lav risiko. De to områdene ligger under Gevingåsen og i myrområdene like nord for Hommelvikjernet. Begge områdene er vurdert å ha høy naturverdi på grunn av sin flora og mosemangfold. Konsekvensen ved skader ble vurdert som middels. Sannsynlighet for at det skulle oppstå skader var imidlertid liten, og risikoen ble dermed vurdert til å være liten. Dette var imidlertid før traseen ble flyttet ved km 26. Nå går traseen gjennom en del av det sårbare området under Gevingåsen.

Det er kartlagt områder med til dels stor mektighet med leirholdige masser, særlig fra Hommelvik til Geilberget/Austre Hommelvik og ved Gevingåsplassen. Det bør undersøkes om eksisterende infrastruktur er godt fundamentert. Dersom eksisterende infrastruktur kan bli påvirket av en setning i terrenget ved åssidene ved tunneltraseen og oppe på Gevingåsen, bør det gjøres en vurdering av kost/nytte i forhold til tettestrategi og oppgradering av eksisterende infrastruktur.

Det er registrert (NGUs brønnregister) 3 private grunnvannsbrønner mellom Hommelvik og Geilberget, der den ene brønnen er en energibrønn som befinner seg over traseen ved omtrent P24,83. Denne brønnen må med stor sannsynlighet erstattes. De 2 andre private brønnene ligger 400 - 500 meter fra traseen, og vil sannsynligvis ikke bli påvirket dersom det er en begrenset og lav tunnellekkasje.

Det er også tidligere rapportert om 2 private brønner i Muruvika, ved gamle E6. Brønnene er rapportert til å ligge ca. 150 meter fra traseen. Disse brønnene kan bli påvirket ved en begrenset og lav lekkasjerate i tunnelen.

NGUs brønnregister viser også 3 private brønner i Muruvika. Disse er registrert som energibrønner i fjell, med en brønn dybde på mellom 125 - 140 meter. Brønnene er satt nær fjorden. Dersom brønnene er avhengig av å pumpe ferskvann, kan en grunnvannsenkning i området bety at brønnene begynner å pumpe inn saltvann. Det er imidlertid liten sannsynlighet for at en kontrollert tunnellekkasje vil kunne påvirke privatbrønnene som ligger på Muruvika siden de ligger drøye 500 meter fra traseen.

4.5.4 Klassifisering og omfang av forinjeksjon

Det er ikke data langs traseen som gir god nok bakgrunnsinformasjon for å kunne beregne nøyaktige nok endringer i grunnvannsstanden ved lekkasjer i tunnelen. Det er p.t. igangsatt feltundersøkelser for å få et bedre grunnlag for vurdering av grunnvannsstanden i berggrunnen og løsmasser, samt løsmassemekanikk. Mer nøyaktig vurdering av tettekrav og influensområdet vil kunne bli foretatt etter resultatene fra feltundersøkelsene har kommet inn.

I detaljplan foreslås to typer forinjeksjonsstrategi. I sårbare områder anbefales det å foreta kontinuerlig forinjeksjon, mens i de resterende områder anbefales behovsprøvd forinjeksjon, dvs. at det legges opp til sonderinger foran stuff for å vurdere om det er nødvendig med forinjeksjon. Kontinuerlig forinjeksjon er anbefalt benyttet i sårbare områder der det er store løsmassemekanikker med potensiale for setninger og skade

Jernbaneverket Utbygging Nordlandsbanen Gevingsåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 21 av 25
--	--	--

på infrastruktur, samt der grunnvannsenkninger vil kunne bety redusert sikring av andre tekniske installasjoner og fare for spredning av eventuelle forurensinger.

Tunnelstrekninger med kontinuerlig forinjeksjon:

(der det er nødvendig å fokusere på en sterkt begrenset innlekkasje i tunnelen)

- km 24,445 - km 25,30

Langs disse to strekningene, som er anbefalt utført med kontinuerlig forinjeksjon, anbefales et tettekrav på **5 l/min/100m tunnel**. Dette strenge kravet begrunnes med at det langs disse strekningene er behov for å beskytte mot poretrykksreduksjon med etterfølgende setningsproblemer langs traseen. Områdene er identifisert i tidligere rapporter, og sammenholdt med kartleggingen av svakhetssoner i berggrunnen. I tillegg tas det hensyn til enkelte private brønner.

Berget er sterkt foldet og dels omdannet, og berggrunnen vurderes som middels kompetent. Berget ventes generelt å ha lave innlekkasjerater, men større lekkasjer kan opptre i årer. Det er kun funnet data fra et fåtall målinger ved E6-tunnelen, men de som er viser lave Lugeon-tall og lave innlekkasjerater. Dette er positivt totalt sett, men kan være utslagsgivende ved en større lekkasje lokalt ved at det strømmer lite grunnvann til der det er lekkasje. Dette kan bety at influensområdet er begrenset men at grunnvannssenkningen /poretrykksreduksjonen er større lokalt ved lekkasjen.

Tunnelstrekninger der det er ansett som tilstrekkelig å utføre en behovsprøvd forinjeksjon i tunnelen er strekninger med antatt større sannsynlighet for å påtreffe vannførende sprekker/svakhetssoner og strekninger hvor ytre miljø og eksisterende infrastruktur spesielt tilsier det.

Slike strekninger er:

- km 25,30 - km 25,68, både i tunnelen og Rømningsveien
- km 25,90 - km 27,66 **NB! Kjedebrudd km 26,000 – ca. 27,627*
- km 28,03 - km 28,16
- km 28,98 - km 29,08
- km 28,48 - km 28,52
- Rømningsveien/tverrslag P125 - P175
- Rømningsveien/tverrslag P220 - tunnelen
- km 30,22 - km 30,27
- km 30,40 - Påhugget

25,900 - 27,660
27,527 - 27,660
~ 133 m

Langs disse av tunnelpartiene og rømningsveiene/tverrslagene er det anbefalt å ha et tettekrav på **15 l/min/100 m tunnel**.

Tabell 4-2 viser hvor stor andel en lekkasjerate i tunnel vil utgjøre av estimert infiltrasjon til grunnvannsføremkomsten. Tabell 4-2 viser et konservativt estimat av "forbrukt" overflateinfiltrasjon til lekkasjerater fordi estimatet ikke har tatt hensyn til grunnvannstrømning inn til området, kun overflateinfiltrasjon. Tabellen viser også estimer for en enda mer konservativ beregning ved å anslå prosent "forbruk" ved en overflateinfiltrasjon på kun 15 % av årsmiddelnedbør. Ved 20% infiltrasjon er en lekkasjerate på 5 l/min/100 m tunnel under 25 % av overflateinfiltrasjonen til grunnvannsføremkomsten. En lekkasjerate på 10 l/min/100m tunnel utgjør ca. 50% av grunnvannsmatingen ved en infiltrasjon med 20% av årsmiddelnedbør.

Jernbaneverket Utbygging Nordlandsbanen Gevingsåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 22 av 25
---	--	--

Tabell 4-2. Estimert andel infiltrert grunnvann som utgjør lekkasjevann, ut fra ulike lekkasjerater. Tallene er basert på vannbalansen i Tabell 4-1 og et influensområde på 300 m til hver side av tunneltraseen. Prosentandelene er konservative fordi de ikke tar hensyn til grunnvannstilstrømning fra områder lengre enn 300 m fra traseen.

		litt lekkasje			moderate lekkasje								høy lekkasje						
Infiltrasjon (mm/år)	lekkasje (l/min pr 100 m tunnel)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Infiltrasjon (% av nedbør)																		
180	20	15%	19%	24%	29%	34%	39%	44%	49%	54%	58%	63%	68%	73%	78%	83%	88%	92%	97%
134	15	20%	26%	33%	39%	46%	52%	59%	65%	72%	78%	85%	92%	98%	105%	111%	117%	124%	131%

For den strengeste tettekrav (5 l/min/100m tunnel) vil det være behov for systematisk og kontinuerlig forinjeksjon med mange injeksjonshull pr. omgang. Kontrollboringer vil vise om det er nødvendig med en tilleggsinjeksjon (kontrollskjerm ved etterfølgende salve). Ved laveste tettekrav (15 l/min/100m tunnel) anbefales behovsprøvd forinjeksjon, med et enklere og mindre omfattende injeksjonsopplegg enn for det strengeste kravet. Sonderboring med flere hull og forinjeksjon ved påtruffet vannlekkasjer over et på forhånd definert nivå er aktuelt i denne tetteklassen.

Det forutsettes bruk av sementbaserte materialer (industrisement/mikrosement) med nødvendige tilsetningsstoffer (silika, akselerator etc.) Det anbefales i utgangspunktet å benytte så høyt injeksjonstrykk som forholdene tillater, dvs. størrelsesorden 60-100 bar. Ved overdekning under 30 m må imidlertid maksimaltrykket reduseres. Generelt gjelder at trykket skal tilpasses forholdene på stedet.

4.6 Anvendelse av tunnelstein

Jernbaneverket skal trolig anvende noe stein i eget anlegg, men omfang er ikke avklart. Tekniske egenskaper til tunnelmassene ventes å variere mye med bergartstypene. Det er i denne omgang ikke gjort testing av bergparametre.

Det er tidligere gjort en vurdering av vegvesenet for E6-tunnelen, hvor det opplyses følgende:

På bakgrunn av den generelle geologiske kartleggingen og utførte sprøhets- og flisighetsanalyser av representative prøver, er tunnelmassene vurdert for bruk i overbygningen. I de formasjonene som domineres av konglomerater og gråvakkessandstein er det gode muligheter for å produsere materialer til forsterkningslaget. Problemer vil oppstå i forbindelse med at det alltid vil kunne forekomme enkelte skifersoner. Selv om kvaliteten i partier også vil tilfredsstille kravene for bærelagspukk er det trolig ikke økonomisk lønnsomt å rigge til knuseverk for en slik produksjon når denne varen kan kjøpes i Stjørdal.

For fallprøveresultater henvises til Statens vegvesen Nord-Trøndelag, rapport VD916C, nr 1. Bilag 3-7.

Jernbanelinjen Utbygging Nordlandsbanen Gevingsåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 23 av 25
---	--	--

5 FORSLAG TIL VIDERE ARBEIDER

5.1 Grunnundersøkelser

Det foreslås supplerende forundersøkelser:

- Opprette en serie fjellbrønner (5 stk.) og poretrykkmålere (14 stk.) fordelt over tunneltraseen for å overvåke grunnvannsnivå i berg og poretrykk i løsmasser, se kap 6.2.

Under driving av tunnelene bør geologisk kartlegging og bestemmelse av sikringsomfang utføres av erfarne ingeniørgeologer.

5.2 Grunnvann og overflatevann

Det er p.t. igangsatt feltundersøkelser og etablering av fjellbrønner og poretrykkmålere. Grunnvannstansmålinger bør igangsettes minst ett år før anleggsstart, og fortsette gjennom anleggsperioden, og minst ett år etter avsluttet tunnel. Målingene benyttes til å dokumentere grunnvannsforhold før, under og etter anleggsarbeidet, samt til støtte ved tetningsarbeid til kontroll av tiltaket. Etablering av poretrykkmålere i finkornige løsmasser bidrar til overvåking av forhold rundt ikke-fundamentert eksisterende infrastruktur som kan bli påvirket av poretryksreduksjon eller i sårbart myrområder.

Det kan være aktuelt med en vannprøverunde fra enkelte fjellbrønner før anleggsstart for å kartlegge vannkvaliteten som vil kunne lekke inn i tunnelen. Tunnelvannet skal håndteres, og det er viktig å ha en oversikt over eventuelle behov for tiltak før vannet leveres til mottak.

5.3 Sårbarhet

Vurderingen av tettekrav i tunnelen er basert på en enkel sårbarhetsanalyse av det ytre miljøet og eksisterende infrastruktur. Det er et behov for en nærmere utredning om sårbarhet i området, deriblant:

- Fina-anlegget
- Løsmassenes beskaffenhet på Hommelvik og mellom påhugget på Hommelvik og Austre Hommelvik gård
- Løsmassenes beskaffenhet på Hell og ved påhugget ved Hell
- Det kartlagte sårbare området under Gevingåsen, samt i myrområdene like nord for Hommelviktjernet

I tillegg bør det gjøres en gjennomgang av eksisterende private brønner som kan bli påvirket av tunnelen, med analyse av konsekvenser og kostnader for erstatningsbrønner og andre tiltak.

Jernbaneverket Utbygging Nordlandsbanen Gevingåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 24 av 25
--	--	--

6 VEDLEGG

Vedlegg 1 Berggrunnskart, bearbeidet av kopi fra NGU.

Vedlegg 2 Ingeniørgeologiske kart (Tegning nr. V-00091, V-00092, V-00093)

7 REFERANSER

Geoteam, "E6 i tunnel mellom Hommelvik og Hell. Ingeniørgeologiske forundersøkelser", rapport nr. 8618.01, 19. oktober 1983.

NGU, Erik Holtar, "Gevingåsen, Rapport fra berggrunnskartlegging", rapp.nr. 85.217 (nov.85).

NGU, Atle Dagestad, "Kvalitetsikring av rapport "Gevingåsen tunnel. Miljøkonsekvenser som følge av vannlekkasjer"", rapp.nr. 99.073 (02.07.99).

Statens vegvesen Nord-Trøndelag, "E6 Hommelvik-Hell, Gjevingåsen tunnel, Geologiske undersøkelser for detaljplan", rapport nr. VD916C, nr. 1 (20. august 91).

Statens vegvesen Sør-Trøndelag, "E6 Øst Stavsjøtunnelen, Setningsproblemer" (sep.92).

Statens vegvesen Sør-Trøndelag, Arnstein Mehlum, Teknisk/Økonomisk sluttrapport Hell tunnel (mars 1996).

Statens vegvesen Sør-Trøndelag, "Bygging av Helltunnelen, Geologiske forhold og fjellsikring, sluttrapport" (28.feb.96).

Statens vegvesen Region Midt: Diverse notater og rapporter fra geologisk oppfølging av drivearbeider for E6 Helltunnelen. Arkivmateriale.

O.T. Blindheim, "E6 Gevingåsen tunnel, Geologisk beskrivelse av grunnforholdene", rapp. nr. 2228.01 (27 aug.93).

O.T. Blindheim, "NSB Bane Region Nord. Tunnelpåhugg Hommelvik, Ingeniørgeologiske og anleggstekniske vurderinger"(aug.94).

O.T. Blindheim, "Gevingåsen jernbanetunnel. Kryssing under FINA-tunneler. Ingeniørgeologisk vurdering", (06.aug.97).

O.T. Blindheim, " Gjevingåsen jernbanetunnel. Kostnadsvurdering revideret trasé", (29. aug.97).

O.T. Blindheim, "Hovedplan Hell-Hommelvik, Gevingåstunnelen. Ingeniørgeologiske og anleggstekniske vurderinger traséalternativ 4", rapp.nr. 2370.01 (03.apr.98).

O.T. Blindheim, "Tunnel Gevingåsen, Traséalternativ 4. Husfundamentering Hommelvik", (05.aug.98).

O.T. Blindheim AS/NINA-NIKU, "Gevingåsen tunnel. Miljøkonsekvenser som følge av vannlekkasjer" rapp.nr. 2417, 01-02 (1999).

Kummeneje, "Tunnelpåhugg Hommelvik, Fjellkontrollboringer, Datarapport", rapp. nr. 10470 nr. 1 (apr.94).

Kummeneje, "Tunnelpåhugg v/Hell, Fjellkontrollboringer, Datarapport", rapp. nr. 10471 nr. 1 (apr.94).

Jernbaneverket Utbygging Nordlandsbanen Gevingåsen Tunnel	Detaljplan Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi	Dok.nr.: IUP-00-A-01708 Dato: 2008-11-25 Rev.: 01 Side 25 av 25
--	--	--

NSB Bane, Ingeniørtjenesten "Gevingåsen Jernbanetunnel, Grunnundersøkelser Km ca. 23,17-31,56", rapport nr. Gk 4440 (des.94).

Kummeneje, "Detaljplan og reguleringsplan: Hommelvik-Hell. Geoteknisk vurdering av forslag til planendring (alt. 4E)" (jan.97).

Kummeneje, "Hovedplan Hommelvik-Hell, alt.4. Fjellkontrollboringer ved Langbekken. Datarapport". Rapp.nr. 12270 nr.1 (12.feb.98).

Prosjektrapport HIST Arthur Selliås jr./Lars Ivar Melland, "Hovedprosjekt. Jernbanetunnel Gevingåsen. Anleggstekniske- og Ingeniørgeologiske forhold m/ kostnadsoverslag" (1995).

Sverre Myklebust A/S, "Jernbanetunnel Hommelvik-Hell. Seismiske målinger". Rapp.nr. 96-1 (12. feb.98).

NTNU/Vitenskapsmuseet, "Kvalitetsikring av rapport "Gevingåsen tunnel. Miljøkonsekvenser som følge av vannlekkasjer"", (03.06.99).

Kummeneje, "Gevingåsen tunnel. Grunnundersøkelser. Datarapport. Setningsberegninger", rapp.nr 12936 (jun.99).

NINA, "Gevingåsen. Sårbare naturtyper i forbindelse med evt. Tunnellekkasje – botanisk og limnologisk undersøkelse", (okt.99).

Fjellanger Widerøe Plan AS, "Gevingåsen tunnel, Støykartlegging av jernbanestøy, Rev. Hovedplan Hommelvik-Hell", 815.01.2002).

O.T. Blindheim, "Hovedplan Hell-Hommelvik, Gevingåstunnelen. Ingeniørgeologisk, geoteknisk og anleggsteknisk vurdering", rapp.nr. 2306.01 (20.08.1994).

Sintef Tele og Data, "Gevingåsen Tunnel (notat). Beregning av støy fra jernbanen ved Hommelvik, ny trasé. Resultater for planlagt alternativ", (24.02.1997).

A.R. Reinertsen: "E6 Gevingåsen Tunnel. Tilstandsregistrering av Norsk Fina A.S's fjellanlegg i Muruvik", september 1991.

Rambøll, FORELØPIG rapport: "Jernbaneverket. Gevingåsen tunnel. Grunnundersøkelser. Datarapport", oppdrag nr. 6080603, rapport nr.1.