


NGU Rapport 2000.079

**Geologiske forhold langs planlagt
tunneltrasé fra Moi til Drangsdalen**

Rapport nr.: 2000.079		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Geologiske forhold langs planlagt tunneltrasé fra Moi til Drangsdalen			
Forfatter: Silje S.Berg, Mogens Marker, Øystein Nordgulen & Ole Lutro		Oppdragsgiver: Jernbaneverket Region Sør	
Fylke: Rogaland		Kommune: Lund	
Kartblad (M=1:250.000) Mandal		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) Sokndal 1311 IV	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 11	Pris: 100,-
		Kartbilag: 2	
Feltarbeid utført: 22.-26.06-2000	Rapportdato:	Prosjektnr.: 275506	Ansvarlig: 
<p>Sammendrag:</p> <p>Det finnes tre ulike bergartsenheter langs den planlagte tunneltraséen: 1) granittisk gneiss, 2) noritt og 3) anortositt. Bergartene er homogene og kompetente, og antas å være svært gunstige for tunneldrift.</p> <p>Det er flere sett av sprekkesoner i området. De fleste er steile og de vanligste sprekkeretningene er ØNØ-VSV, NV-SØ og NØ-SV. Den dominerende sprekkeretningen er ØNØ-VSV. Størrelsen på sonene varierer, og noen representeres ved markante søkk i terrenget. Frekvensen av mindre sprekker øker med minkende avstand til sprekkesonene, og spesielt ved skjæringen mellom to soner er sprekkefrekvensen høy. Permeabiliteten forventes således å øke i nærheten av sprekkesoner eller ved skjæringen mellom to sprekkesoner.</p> <p>Det er flere partier langs traséen hvor sprekkesoner og andre svakhetssoner forventes å redusere bergmassekvaliteten og en må for disse områdene ta høyde for tung stabilitetssikring under tunnelutbyggingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 479800-480000 m. Traséen kutter skjæringen mellom to betydelige svakhetssoner. Skjæringen er lokalisert under Knapptjørn. • 480300-481100 m. Det opptrer flere markante sprekkesoner som står relativt tett. Berggrunnen i dette området har generelt mye oppsprekning. Traséen krysser en markant sprekkesone under Langavatnet ved 481000 m. • 483620 m. Traséen skjærer gjennom en meget betydelig sprekkesone. Skjæringen ligger 20 m sør for nordligste Marigjelvatn. • 485650 og 485750 m. Grensene mellom 1) granittisk gneis og noritt og 2) noritt og anortositt kan utgjøre svakhetssoner. Grensene er skarpe, og eventuelle problemer tilknyttet sonene burde ikke strekke seg over mer enn noen meter. <p>Til tross for svakhetssonene beskrevet over anses bergmassene langs strekningen mellom Moi og Drangsdalen (alternativ 4) for å være relativt stabile. På grunnlag av generelt lave sprekkefrekvenser utenfor sprekkesonene, i tillegg til at tunnelen drives forholdsvis dypt under dagen, forventes ingen områder av særdeles problematisk karakter. Faren for innlekkasje av grunnvann eller overflatevann anses i utgangspunktet å være relativt moderat.</p>			
Emneord: Berggrunnsgeologi	Strukturgeologi	Forkastning	
Sprekkesone	Fagrapport		

INNHOOLD

1.	INNLEDNING	4
2.	DATAGRUNNLAG OG GJENNOMFØRING	4
3.	GEOLOGISK BESKRIVELSE	4
3.1	Bergartsenheter	6
3.2	Foliasjon	6
3.3	Sprekker og forkastninger	7
4.	VURDERING AV TUNNELTRASÉ (ALTERNATIV 4)	8
4.1	Beskrivelse av traséen	8
4.2	Plassering av traséen i forhold til geologiske faktorer	9
5.	KONKLUSJON	10
6.	REFERANSER	11

FIGURER

Figur 1. Oversiktskart over tunnelalternativene.

Figur 2. Orienteringsdata for sprekkesoner kartlagt langs tunneltrasé alternativ 4.

KARTBILAG

2000.079-01 Geologisk kart, M 1: 10 000, over området med planlagte tunneltraséer.

2000.079-02 Geologisk profil langs planlagt tunneltrasé (alternativ 4), horisontal M 1: 10 000, ingen vertikal overforhøyning.

1. INNLEDNING

Etter oppdrag fra Jernbaneverket er det utført geologisk undersøkelser i området Moi-Drangsdalen med særlig vekt påstrekingen langs den planlagte jernbanetraséen (alternativ 4) fra Moi til Monatjørn i Drangsdalen (figur 1). Arbeidet er utført av Norges geologiske undersøkelse (NGU) i perioden juni-juli 2000.

Hensikten har vært å danne et grunnlag for den videre planleggingen av tunnelutbyggingen, og spesielt for vurdering av ingeniørgeologiske og hydrogeologiske forhold. Rapporten beskriver berggrunnen i det undersøkte området, og inneholder bl.a. geologisk kart og profil langs den planlagte tunneltraséen. Opptreden av løsmasser er ikke vurdert.

2. DATAGRUNNLAG OG GJENNOMFØRING

Materiale som ligger til grunn for dette arbeidet er tidligere NGU-publikasjoner (Maijer & Padget 1987), økonomisk kartverk M 1: 10 000, og topografisk kart Sokndal 1311 IV (M 1: 50 000). I tillegg er flyfoto, M 1: 23 000 (serie 3316, C6-C9 fra Fjellanger Widerøe A/S), benyttet som supplement under analysen av svakhetssoner.

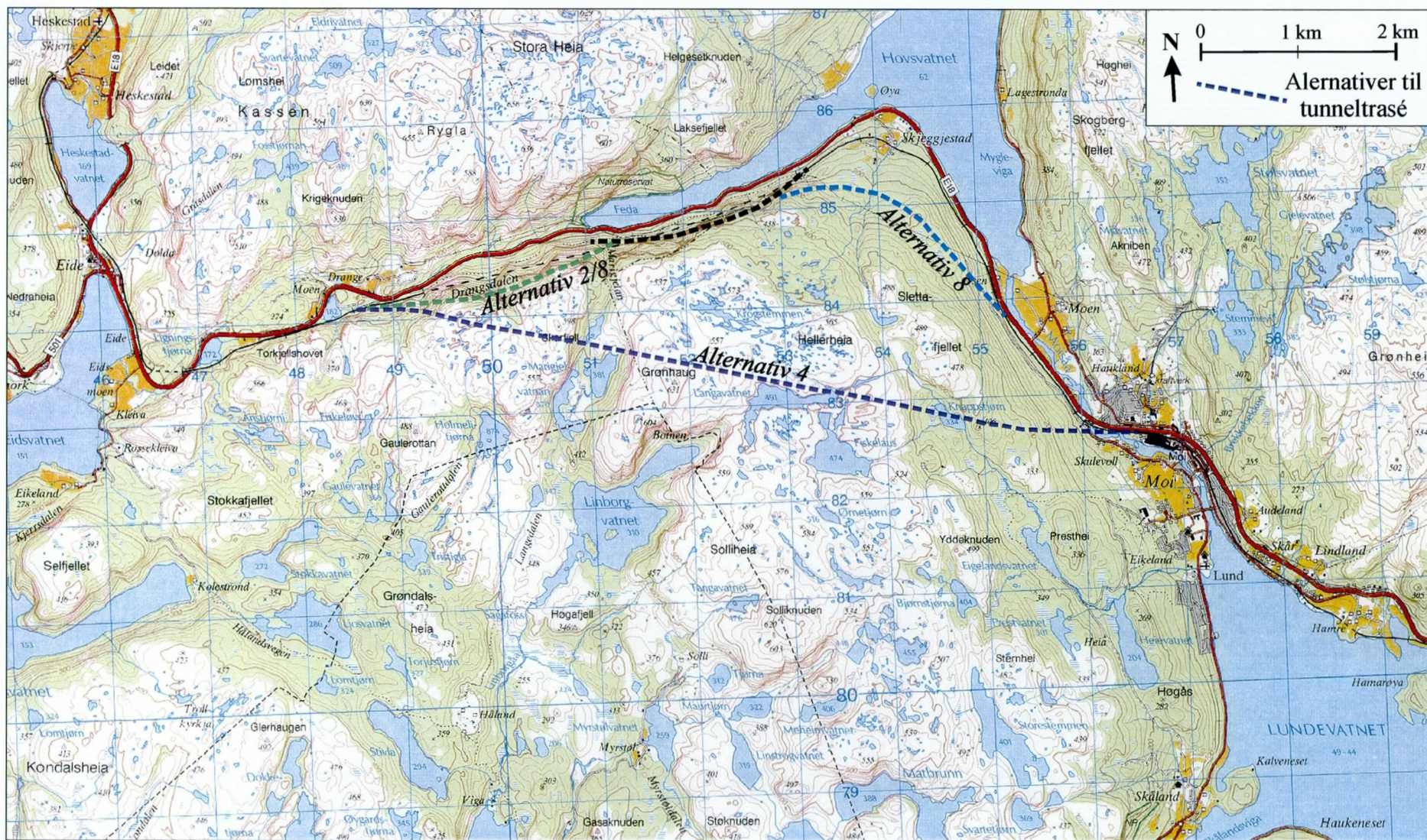
Kartleggingen av berggrunnen ble delvis utført høsten 1999 i M 1: 20 000 i forbindelse med sammenstillingen av kartblad Sokndal M 1: 50 000. Denne ble supplert i juni 2000, da det ble foretatt undersøkelser av svakhetssoner langs selve traséen. Resultatene fra feltkartleggingen og flyfotoanalysen er sammenstilt på økonomisk kartverk, M 1: 10 000 (bilag 2000.079-01). Et profil langs tunneltraséen er tegnet i samme horisontal-målestokk og uten vertikal overforhøyning (bilag 2000.079-02).

3. GEOLOGISK BESKRIVELSE

I undersøkelsen er det lagt vekt på kartlegging av:

1. Bergartsenheter
2. Foliasjon
2. Sprekker og forkastninger

Bergartene i det undersøkte området er av prekambrisk alder og tilhører Agderkomplekset og Egersundkomplekset (Falkum 1982). Langs den planlagte jernbanetraséen dominerer båndete granittiske gneiser og diverse typer av svakt folierte granitter. Gneisene er deformert under høye trykk- og temperaturbetingelser (såkalt "granulitt facies"). Bergartene har vanligvis en



Figur 1. Oversiktskart over tunnelalternativene.

velutviklet planstruktur, som i den vestlige del av området er steiltstående med strøk NNV-SSØ parallelt med kontakten til et udeformert massiv av lys noritt og anortositt lengst i vest. I den østlige del av området har foliasjonen i de granittiske gneisene slakt hellende fall mot SØ.

3.1 Bergartsenheter

Granittisk gneiss. Denne enheten er dominerende i området, og består av forskjellige typer grå granitter, som har intrudert hverandre i varierende mengdeforhold og senere er blitt deformert. De er generelt fattige på mørke mineraler (amfibol og pyroksen; sjeldent biotitt). Granitttypene er petrografisk sett svært like med gradvise overganger, og kan i en mekanisk sammenheng betraktes som en homogen enhet. De eldre granitt-elementer utgjøres først og fremst av en fin- til middelskornet, mørk grå, homogen granodiorittisk gneis, som bare lokalt nær Moi utgjør den dominerende fase. Ellers domineres området av svært homogen, lysegrå og middelskornet granitt med kun underordnet bånding av den granodiorittiske typen. I tillegg kan det lokalt forekomme enkelte centimeter- til halvmeter-tykke bånd av amfibolitt, som også kan finnes som opptil 2-3 meter lange inklusjoner hvor deformasjonen er svakest. I den vestligste del av det granittiske gneisområdet (øst for Foreli) finnes en litt mer grov- til middelskornet, svakt foliørt, homogen granitt som er lettere porfyrisk.

Lys noritt. Bergarten er en forholdsvis mørk grå, homogen og grov- til middelskornet dypbergart. Den består hovedsaklig av feldspaten plagioklas og ca. 15-25 % jevnt fordelte mørke mineraler (mest pyroksen). Noritten har jevn overgang til anortositt, som har under 10 % mørke mineraler, og danner en marginal fase til denne.

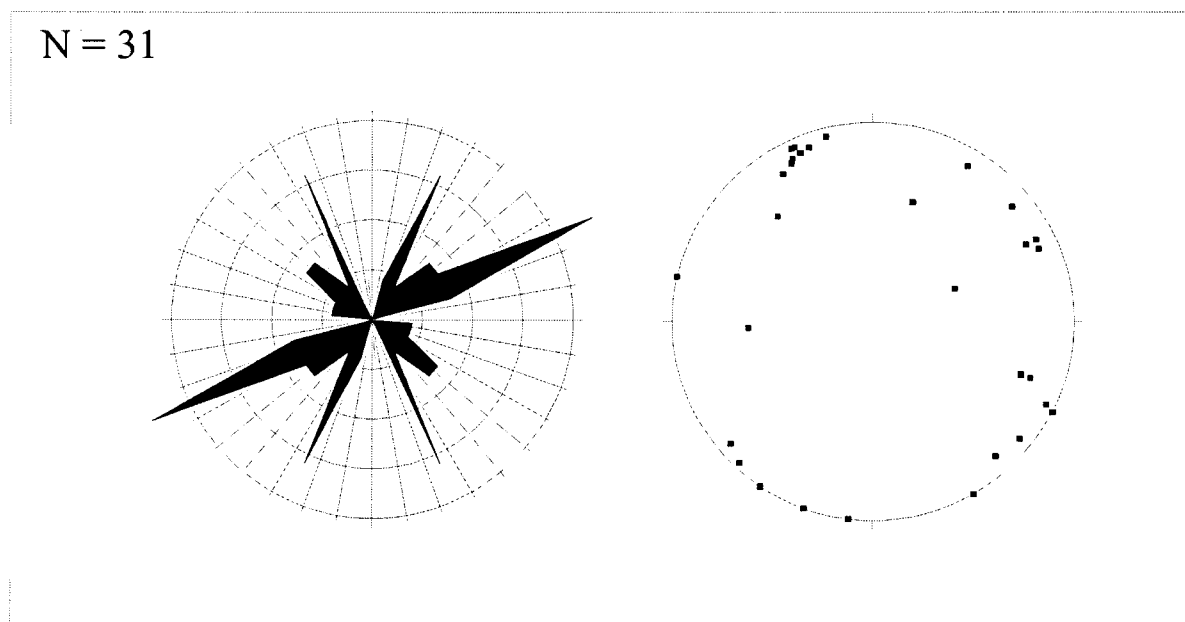
Anortositt. Denne er en oftest grovkornet, grå dypbergart som er meget massiv og homogen. Den består hovedsakelig av feldspaten plagioklas.

3.2 Foliasjon

Den svakt utviklede planare foliasjonen i de granittiske gneisene er omtrent vertikaltstående med et NV-SØ strøk i den vestlige del nær kontakten til det massive noritt-anortositt komplekset. Helningen avtar gradvis østover til omkring 30° mot SV i området omkring Langavatnet. I den østligste del av området, mellom Langavatnet og Moi, har foliasjonen NØ-SV strøk og generelt en helning på 15-25° mot SØ. De granittiske gneisene er således foldet i en åpen antiklinal som bøyer rundt i området omkring Langavatnet-Fiskelausvatnet, og med en foldeakse som stuper svakt mot SSØ.

3.3 Sprekker og forkastninger

Det er flere betydelige soner med oppsprekking i området. De fleste sonene opptrer som markante lineamenter, som kan sees i felt såvel som på flyfoto. Sonene varierer i lengde fra 100 meter til flere km. Det er funnet tre forskjellige hovedbruddsett: 1) ØNØ-VSV, 2) NV-SØ og 3) NØ-SV, men også andre orienteringer er representert. Langs tunneltraséen er ØNØ-VSV-retningen den mest framtrædende (figur 2). De fleste sonene er steile (subvertikale), men også lavere fallvinkler er observert (ned til 36°). Bredden av sonene varierer fra noen titalls cm til flere hundre meter, hvor de største fremtrer som dype, brede og lange dalfører. Det er ikke observert tegn til forflytning langs bruddplan, men enkelte fallorienteringer kan tyde på at noen av sonene representerer normal- og/eller reversforkastninger. De fleste sonene tolkes til å være rene sprekker, dvs. de har hatt minimal forflytning parallelt med sine bruddplan. Strukturene vil følgelig bli omtalt som sprekkesoner.



Figur 2. Rosediagram (venstre) og poler til plan i stereonet (høyre) for sprekkesoner kartlagt langs trasé alternativ 4. Se standard prosedyre for bruk av stereonet i Davis & Reynolds (1996).

I områder hvor det er stor avstand til nærmeste sprekkesone, er frekvensen av mindre sprekker (sprekker i blotningsskala) relativt lav. Med minkende avstand til sonene øker sprekkefrekvensen. Ved skjæringen mellom to eller flere sprekkesoner forventes sprekkefrekvensen å være svært høy, noe som kan skape ustabile partier. En bør derfor være ekstra oppmerksom der tunneltraséen skjærer kryssende sprekkesoner.

Det er ikke funnet mineraliseringer eller forkastningsbergarter langs observerte sprekkeplan. Sprekkene er dermed ikke forseglet, og har potensiale for å lede vann. Uregelmessigheter langs sprekkeplan kan føre til at sprekker står åpne, eller at det dannes åpne kanaler hvor vann kan strømme gjennom. I områder med høy sprekkefrekvens, hvor sprekker ofte er i forbindelse med hverandre, kan permeabiliteten være svært høy og potensielt gi betydelige vannlekkasjer. Det bemerkes at små tjern og vann ofte opptrer i forsenkninger langs flere av sprekkesonene, hvorav flere er lokalisert langs tunneltraséen. Selv om det er stor avstand mellom overflaten og planlagt tunnelnivå, bør mulighetene for vannlekkasje vurderes der tunnelen krysser større svakhetssoner under vann.

Noen av sprekkeretningene er sammenfallende med foliasjonen i området. De har i de fleste tilfeller lave fallvinkler. Foliasjonsparallele sprekkesoner utgjør ingen vesentlig del av det totale antallet sprekkesoner, men synes i terrenget som små hakk. De har en begrenset utbredelse og har liten påvirkning på oppsprekningen i nærliggende områder. Sonene er derfor av underordnet betydning i forhold til de mange større og mer synlige sprekkesonene i området.

4. VURDERING AV TUNNELTRASÉ (ALTERNATIV 4)

4.1 Beskrivelse av traséen

Traséen (alternativ 4) beskrives fra Moi i øst til Monatjørn (Drangsdalen) i vest. Der plassering av sprekkesoner eller annet er nevnt, refereres det til avstander på overflaten. I lengdeprofilen (bilag 2000.079-02) er sprekkesonenes tilsynelatende fallretning inntegnet. Fallet er bestemt på grunnlag av målinger i felt, og den planlagte tunnelens skjæring med sprekkesonene er basert på at de målte verdiene er representative for sprekkesonenes orientering mot dypet. For soner hvor fallretning ikke har vært målbar er fallet antatt å være vertikalt. Økende avstand fra overflaten vil medføre stigende usikkerhet i sprekkesonenes plassering mot dypet i lengdeprofilen, og plassering i tunnelnivå bør dermed anses som veiledende.

478500–479500 m: Påhugg vest for Moi – øst for Slettafjella. Det opptrer ingen betydelige sprekkesoner langs traséen, og det forventes ingen spesielle problemer langs denne strekningen.

479500–480300 m: Dalføret ved Knapptjørn. Ved 479550 m krysser traséen en mindre, 1-2 m bred, Ø-V-orientert sprekkesone som har moderat fall mot sør. Sonen anses som uproblematisk for tunnelutbyggingen. Under Knapptjørn (ca. 479800 – 480000 m) krysser traséen skjæringen mellom to lineamenter: 1) Et betydelig NV-strykende lineament av usikker type. Lineamentet er definert av et dypt dalføre og kan utgjøre en eller flere større sprekkesoner. 2) En NØ-gående sprekkesone. Det kan ventes stor grad av oppsprekning rundt

skjæringen, og det bør rettes stor oppmerksomhet mot sikring av dette området. Ved 480150 m opptrer en N-S-strykende sprekkese hvor flere meter med oppsprekning kan forventes.

480300–481100 m: Langavatnet øst. Langs denne strekningen krysser traséen flere markante sprekkesoner (bredde mellom 3 og 8 meter). Flere av sonene er orientert ØNØ-VSV med steile fall mot SSØ, mens enkelte er orientert NNØ-SSV og NV-SØ. Sonene står tett og påvirker den omliggende berggrunnen, som er preget av relativt mye oppsprekning. Det forventes dermed ustabile partier langs denne strekningen. Traséen krysser en relativt utholdende og markant sprekkese under Langavatnet (ca. 481000 m).

481100–483100 m: Langavatnet øst - Grønhaug vest. Traséen krysser relativt få sprekkesoner. Sonene er orientert VNV-ØSØ og NV-SØ til N-S. Det forventes ingen betydelige problemer langs denne strekningen.

483100–483800 m: Nord for Stokkavatnet. Traséen krysser et meget stort dalføre, som utgjør et markant lineament. Ved ca. 483260 m opptrer en NØ-SV-strykende sprekkese med moderat fall mot SØ og med en bredde på opptil 8 meter. Sonen skjærer den planlagte traséen ca. 30 m nord for Stokkavatnet. Ved 483620 m krysser traséen en meget betydelig sprekkese. Denne sonen er orientert NNØ-SSV og faller moderat mot VNV. Skjæringen mellom denne sonen og tunneltraséen er lokalisert ca. 20 m sør for nordligste Marigjelvatn. Her forventes en bred sone med oppsprekning og ustabile partier. Ved 483750 - 483780 m finnes to mindre NNV-SSØ-orienterte sprekkesoner som ikke burde gi særlige problemer ved tunneldrift.

483800–485100 m: Skarfjellet øst - sørlige dalsiden av Drangsdalen. Strekningen skjæres av flere steile sprekkesoner av moderat størrelse. De to dominerende sprekkeretningene er NV-SØ NØ-SV. Ved 484250 m og 484450 m krysses traséen av to NV-SØ-strykende, relativt utholdende og markante soner, begge med fall mot SV. Sentraldelen av hver av sonene er observert til opptil 8 meter.

485100–486000 m: Sørlige dalside av Drangsdalen - Monatjørn. Det er kartlagt to-tre mindre sprekkesoner langs denne strekningen. Sonene burde ikke gi spesielle problemer for tunneldrift. Noe ustabile partier kan påberegnes ved grensene mellom enhetene granittisk gneiss - noritt og noritt - anorthositt ved henholdsvis 485650 m og 485750 m. Grensene er parallelle med foliasjonen, som i dette området står steilt.

4.2 Plassering av traséen i forhold til geologiske faktorer

Traséens beliggenhet i forhold til geologiske faktorer er vurdert med utgangspunkt i valgte påhugg og antatte krav til linjegeometri. Ved å flytte traséen fra området vest for påhugg ved Moi til Skarefjellet 50-100 m nordover, vil en kunne unngå at tunnelen krysser store sprekkesoner som leder rett opp til større vann på overflaten. En vil også kunne unngå at tunnelen krysser et område med skjærende sprekkesoner som antas å ligge under Knapptjørn.

Selv om faren for innlekkasje i utgangspunktet vurderes som moderat, kan en viss justering av traséen bidra til noe mindre risiko forbundet med innlekkasje fra større vann på overflaten. En slik justering vil imidlertid ikke medføre at en unngår å treffe sprekkesonene, og det er ikke grunnlag for å anta at sprekkesonenes egenskaper vil være vesentlig endret langs en justert trasé.

5. KONKLUSJON

I det kartlagte området og langs den planlagte tunneltraséen (alternativ 4) mellom Moi og Drangsdalen opptrer følgende bergartsenheter:

- Granittisk gneis. Bergarten opptrer langs mesteparten av traséen, og består av ulike granittiske sammensetninger med ulikt utviklet foliasjon og kornstørrelse.
- Noritt. Enheten opptrer kun langs den vestligste delen av traséen, og danner en marginal fase av anortositten. Den består hovedsakelig av plagioklas, men også en andel mørke mineraler.
- Anortositt. Bergarten opptrer lengst i vest langs traséen. Den er massiv og homogen, og består hovedsakelig av plagioklas.

Bergartene er svært homogene og kompetente, og antas å være gunstige for tunneldrift. De granittiske gneisene er foldet i en åpen antiklinal hvor foldeaksen stuper svakt mot SSØ.

Det er flere sett av sprekkesoner i området. De fleste er steile og de vanligste sprekkeretningene er ØNØ-VSV, NV-SØ og NØ-SV, hvor den dominerende sprekkeretningen er ØNØ-VSV. Størrelsen på sonene varierer, og noen representeres ved markante søkk i terrenget. Frekvensen av mindre sprekker øker med minkende avstand til sprekkesonene, og spesielt ved skjæringen mellom to soner er sprekkefrekvensen høy. Permeabiliteten forventes således å øke i nærheten av sprekkesoner eller ved skjæringen mellom to sprekkesoner.

Partier langs traséen hvor sprekkesoner og andre svakhetssoner forventes å redusere bergmassekvaliteten er som følger: Mellom 479800-480000 m kutter traséen skjæringen mellom to betydelige svakhetssoner, som er lokalisert under Knapptjørn. Fra 480300 til 481100 m opptrer flere markante sprekkesoner som står relativt tett, og følgelig er berggrunnen i dette området preget av relativt mye oppsprekning. Videre krysser traséen markante sprekkesoner under Langavatnet ved 481000 m og like nord for Stokkavatnet ved 483620 m. Ved 485650 og 485750 m ligger to bergartsgrenser som også kan utgjøre svakhetssoner. Sikringstiltak for hver av disse partiene bør vurderes, spesielt hvor tunnelen krysser større sprekkesoner under vann.

Det vil alltid være nødvendig å ta hensyn til og være forberedt på fare for innlekkasje der en tunnel kutter gjennom sprekkesoner som kan lede vann nedover fra grunnvann eller fra

overflaten. Etter som det langs det meste av den planlagte traséen er 200 m eller mer mellom tunnelnivå og dagen, vurderes denne faren som relativt moderat. En mindre justering av deler av traséen (50-100 m mot nord) vil kunne bidra til noe mindre risiko forbundet med innlekkasje fra større vann på overflaten, men vil ikke medføre at en unngår kryssing av sprekkesoner.

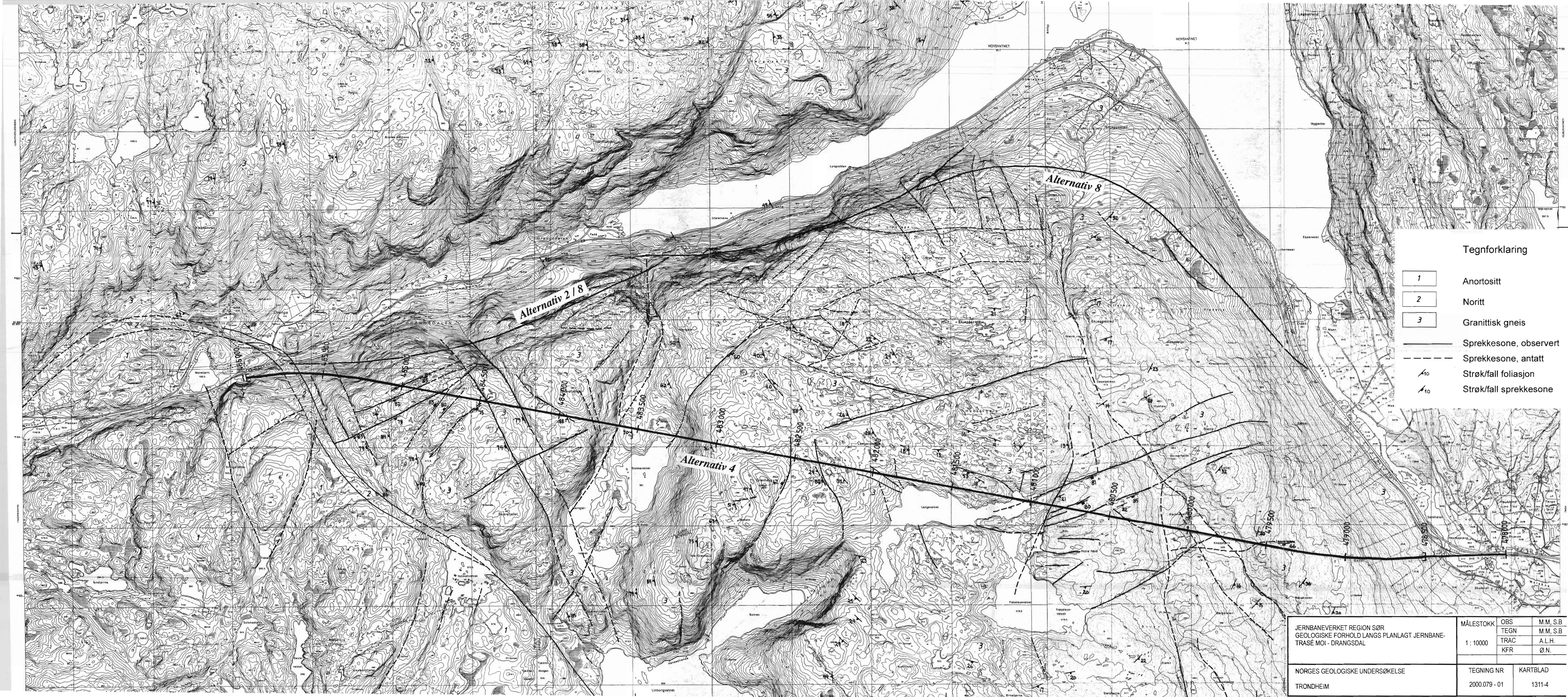
Det anbefales en mer detaljert ingeniørgeologisk undersøkelse med særlig vekt på de større sprekkesonene som er kartlagt langs den planlagte traséen.

6. REFERANSER

Davis, G.H. & Reynolds, S.J. 1996: Structural geology of rocks and regions. 2.utg. John Wiley & Sons., New York.

Falkum, T. 1982: Geologisk kart over Norge, berggrunnskart Mandal, M 1: 250 000. Norges geologiske undersøkelse.

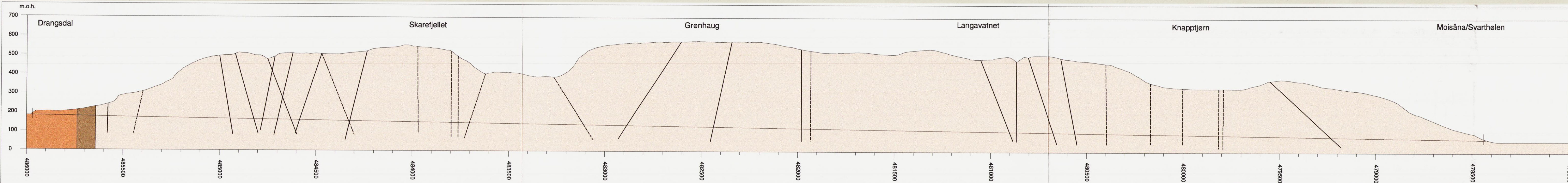
Maijer, C. & Padget, P. 1987: The geology of the southernmost Norway. An excursion guide. Norges geologiske undersøkelse Special Publication 1, 109 s.



Tegnforklaring

- 1 Anortositt
- 2 Noritt
- 3 Granittisk gneis
- Sprekkesone, observert
- - - Sprekkesone, antatt
- ↙₁₀ Strøk/fall foliasjon
- ↘₁₀ Strøk/fall sprekkese

JERNBANEVERKET REGION SØR GEOLOGISKE FORHOLD LANGS PLANLAGT JERNBANE- TRASÉ MOI - DRANGSDAL	MÅLESTOKK	OBS	M.M. S.B
	1 : 10000	TEGN	M.M. S.B
		TRAC	A.L.H.
	KFR	Ø.N.	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE	TEGNING NR	KARTBLAD	
TRONDHEIM	2000.079 - 01	1311-4	



- TEGNFORKLARING**
- Anortositt
 - Noritt
 - Granittisk gneis
 - Sprekkesone, observert
 - Sprekkesone, antatt

JERNBANEVERKET REGION SØR GEOLOGISKE FORHOLD LANGS PLANLAGT JERNBANE- TRASÉ MOI - DRANGSDAL	MÅLESTOKK	OBS	M.M, S.B
		TEGN	M.M, S.B
	1 : 10000	TRAC	O.L.
		KFR	Ø.N.
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE	TEGNING NR	KARTBLAD	
TRONDHEIM	2000.079 - 02	1311-4	