

Rapport nr.: 97.032		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Regionalgeologisk vurdering av området rundt Averøytunnelen				
Forfatter: Reidulv Bøe		Oppdragsgiver: Statens Vegvesen, Møre og Romsdal		
Fylke: Møre og Romsdal		Kommune: Averøy, Kristiansund, Frei		
Kartblad (M=1:250.000) Kristiansund		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1321 II (Kristiansund), 1321 III (Bremsnes)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 18	Pris: 70,-	
		Kartbilag: 1		
Feltarbeid utført:	Rapportdato: 11. mars 1997	Prosjektnr.: 266410	Ansvarlig:	
<p>Sammendrag:</p> <p>Statens Vegvesen i Møre og Romsdal planlegger bygging av en undersjøisk tunnel, kalt Averøytunnelen, mellom Stavnes i Averøy kommune og Tjørnvikneset-Klubbneset i Kristiansund kommune. I denne sammenheng har Norges geologiske undersøkelse foretatt en regionalgeologisk vurdering av forholdene i området for den undersjøiske tunnelen. Hovedformålet med arbeidet har vært å foreta: 1) en sammenstilling av eksisterende geologisk informasjon, 2) en flyfototolkning av regionale og lokale lineamenter (her definert som sprekker, forkastninger og knusningssoner) i områdene rundt tunneltraseen, 3) en gjennomgang, vurdering og oppsummering av tidligere arbeider utført i forbindelse med Averøytunnelen.</p> <p>Berggrunnen innen det aktuelle tunneltraseområdet består av forskjellige gneisser, som i seg selv burde være av god kvalitet for tunneldriving. Problemer kan imidlertid oppstå der tunnelen må passere sprekke-/knusningssoner i fjellet. Flyfototolkningen viser at den dominerende lineamentretningen er N-S til NNW-SSØ. Viktige lineamenter opptrer imidlertid også langs retningene NNØ-SSV, ØNØ-VSV, VNV-ØSØ, NØ-SV og NV-SØ. Sprekker og knusningssoner med retning NØ-SV til ØNØ-VSV, subparallelt med den foreslåtte tunneltraseen ut fra Averøya, vil sannsynligvis forårsake vannlekkasjer, og en må unngå at en tunnel blir lagt langs slike strukturer over lengre distanser. En må forvente at også sprekke-/knusningssoner i andre retninger vil gi store vannlekkasjer. Dette gjelder spesielt de N-S til NNØ-SSV gående svakhetssonene kartlagt ved hjelp av refraksjonsseismikk i dyprennen vest for Tjørnvikneset-Klubbneset, og de NNW-SSØ gående svakhetssonene i områdene rundt fjellterskelen vest for Tjørnviktaren.</p>				
Emneord: Berggrunnsgeologi	Strukturgeologi		Tektonikk	
Geofysikk	Refraksjonsseismikk		Refraksjonsseismikk	
Undersjøisk tunnel	Fjordkryssing		Fagrapport	

## **INNHOOLD**

1	INNLEDNING .....	4
2	KVARTÆRGEOLOGI .....	4
3	BERGGRUNNSGEOLOGI .....	6
4	SPREKKE OG FORKASTNINGSMØNSTER .....	7
5	VURDERING AV TIDLIGERE ARBEID .....	10
6	DISKUSJON OG OPPFØLGENDE UNDERSØKELSER .....	12
7	REFERANSER.....	16

## **VEDLEGG**

Tegning 97.032.01 Lineamenter (sprekker, forkastninger og knusningssoner) tolket fra flyfoto.

## **1 INNLEDNING**

Statens Vegvesen i Møre og Romsdal planlegger bygging av en undersjøisk tunnel, kalt Averøytunnelen, mellom Stavnes i Averøy kommune og Tjørnvikneset i Kristiansund kommune (Fig. 1). I denne sammenheng har Norges geologiske undersøkelse foretatt en regionalgeologisk vurdering av forholdene i området for den undersjøiske tunnelen.

Hovedformålet med arbeidet har vært å foreta: 1) en sammenstilling av eksisterende geologisk informasjon, 2) en flyfototolkning av regionale og lokale lineamenter (her definert som sprekker, forkastninger og knusningssoner) i områdene rundt tunneltraseen, 3) en gjennomgang, vurdering og oppsummering av tidligere arbeider utført i forbindelse med Averøytunnelen.

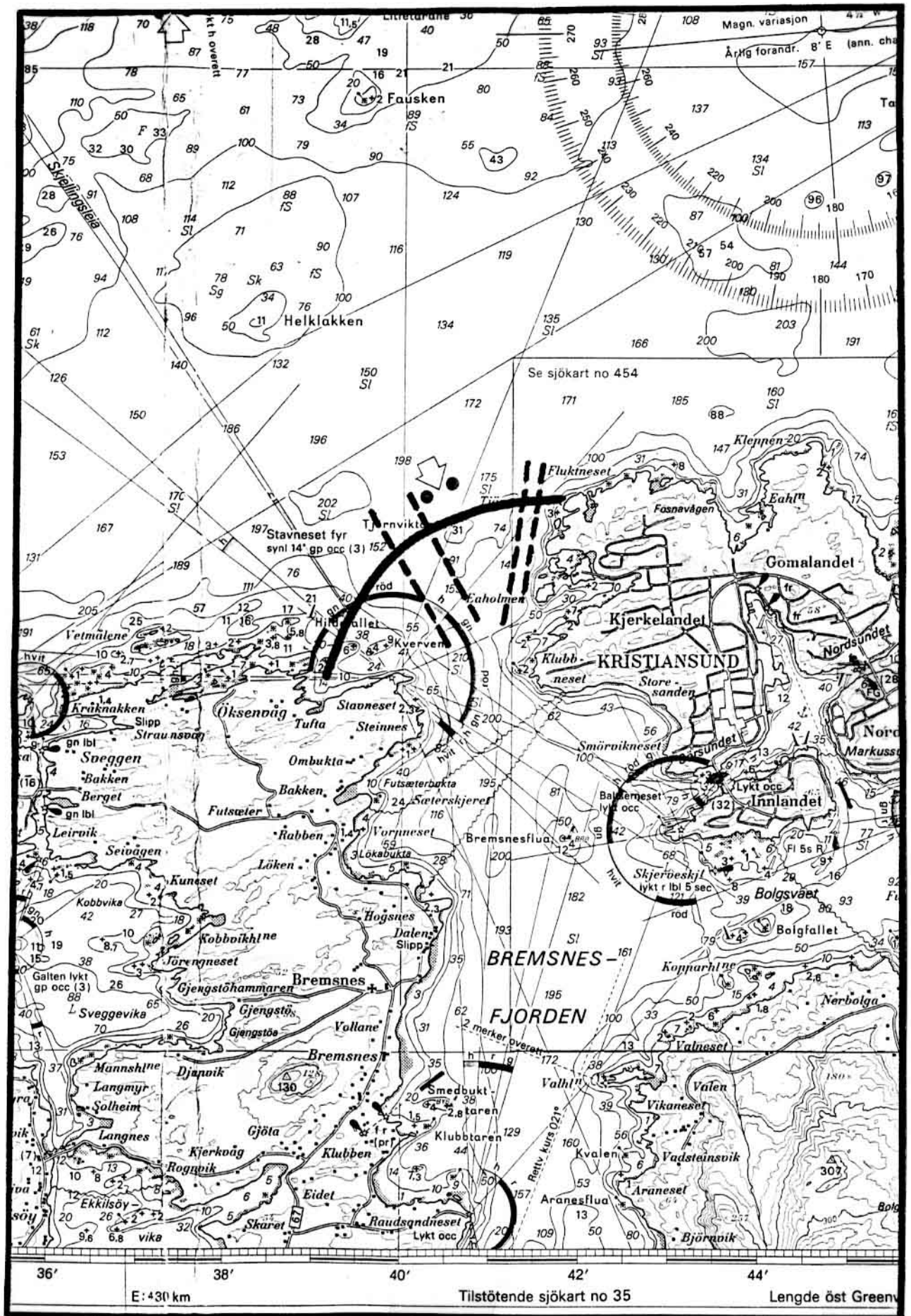
Bakgrunnen for å utføre arbeidet er at en har ønsket å få en geologisk vurdering av området, samt å vurdere risikoen for å påtreffes bergarter eller sprekkesoner med høy permeabilitet/vanngjennomstrømning i området for tunneltraseen.

Arbeidet er utført i februar og mars 1997, og er utelukkende basert på tilgjengelig materiale. Det har ikke vært utført feltarbeide.

## **2 KVARTÆERGEOLOGI**

Innen det aktuelle området er kvartærgeologien på land relativt godt kartlagt av Follestad (1985, 1986) og Follestad & Lebesby (1986). Landområdene er dominert av bart fjell med torv og myr, mens marine strandavsetninger, dominert av silt og sand, blir vanligere mot sør, spesielt på Averøysiden.

Før ca. 13 000 år siden var dette området dekket av innlandsis, som hadde en bevegelsesretning mot nordvest og vest-nordvest. Isavsmeltingen foregikk i tidsrommet fra 13 000 til 12 000 år siden (Follestad 1986). Nærmeste større brerandavsetning, som har fått navnet Bremsnestrinnet (Follestad 1989) ligger på sørsiden av Frei. Ved Bremsnes kirke (Fig. 1) og innenfor flere områder på østsiden av Averøya er det betydelige konsentrasjoner av sand og finsand (på kartene framstilt som strandsand). Avsetningen av så store volum må antakelig ha skjedd i tilknytning til innlandsisen, hvor store materialmengder fraktes ut med strømmen og sorteres. Lignende avsetninger er andre steder datert til å være eldre enn siste istid (Follestad 1986). Det er sannsynlig at lignende sedimenter kan opptre med relativt store mektigheter også i Bremsnesfjorden, f.eks. nordøst for Røsandneset, der NGU i 1987 kjørte et par rekognoserende profiler og påviste sedimentmektigheter mellom 150 og 200 m. Ellers består sedimentene i Bremsnesfjorden av morenemateriale, overlagret av mer finkornige, glasimarine og marine sedimenter.



Figur 1. Oversikt over området for den planlagte tunneltraseen mellom Tjørnvikneset-Klubbneset i Kristiansund kommune og Stavnes-Øksenvåg i Averøy kommune. Den svarte, buete linjen viser traseen kartlagt ved hjelp av refraksjonsseismikk av Geoteam (1987a, 1987b, 1989), der en vil få minst dybde til fjell. De stiplede linjene viser lavhastighetssoner påvist ved hjelp av refraksjonsseismikk. Utsnitt av Sjøkart nr. 36.

Forholdene i Ramnefjorden, nordvest for Kristiansund og Averøya, er dårlig kartlagt. NGU har imidlertid noen refleksjonsseismiske profiler fra 1987, som viser at en her har variable sedimenttyper og sedimentmektigheter. Nærmeste større brerandavsetning utenfor Bremsnes er Sulamoren, nord for Grip (Bugge 1980).

Ved utløpet av Bremsnesfjorden er utbredelse og mektighet av løsmasser kartlagt av Geoteam (1987a, 1987b, 1989) i forbindelse med den aktuelle tunneltraseen. Dette vil bli behandlet i et senere kapittel.

### **3 BERGGRUNNSGEOLOGI**

Berggrunnen i området Frei-Kristiansund-Averøy er dominert av forskjellige gneisser, hovedsaklig av prekambrisk alder og tilhørende gneisregionen på Vestlandet (Pidgeon & Råheim 1972, Råheim 1972, Ilebekk 1982, Sigmond et al. 1984, Askvik & Rokoengen 1985, Kirkeby 1989, Lundquist et al. 1996). Disse har gjentatte ganger opp gjennom den geologiske historien vært utsatt for metamorfose (omvandling) og deformasjon (folding). De mest vanlige gneissbergartene er granittisk og granodiorittisk gneiss, båndgneiss, migmatittisk gneiss og glimmergneiss. Disse tilhører Kristiansundgruppen (Raudsandgruppen) og Valsøyfjordkomplekset. I Ertvågøykomplekset opptrer glimmerskifer, amfibolitt, kalksilikatskifer, metasandstein, kalkspatmarmor, samt pegmatitt, gabbro og eklogitt.

På den nordligste del av Averøya, nord for Bremsnes, og rundt Kristiansund dominerer Kristiansundgruppen med relativt homogene granittiske gneisser og migmatitt, men også her opptrer båndgneiss, glimmergneiss, amfibolitt og pegmatitt. Bergartene har et relativt homogent ØNØ-VSV strøk av foliasjon/bånding, mens fallet varierer, både mot nord og sør. Ifølge Kirkeby (1989) faller gneissene 45-70° mot sør sør for linjen Litløksenvågen (ved Asphaugen innenfor Stavnes på Averøy) - Brunsvika på Kjerklandet. Nord for denne linjen faller bergartene stort sett mot nord, men med sterkt varierende vinkel, nå og da også mot sør. Berggrunnen i dette området er relativt detaljert kartlagt av Råheim (1972), Ilebekk (1982) og Kirkeby (1989).

Yngre sedimentære bergarter opptrer langs Hustadvika nord og nordøst for det aktuelle tunneltraseområdet. Devonske bergarter (konglomerat, sandstein, siltstein og dolomitt) opptrer med sikkerhet nord for området (Bryhni 1974, Fediuk 1975, Fediuk & Siedlecki 1977, Atakan 1988, Sigmond et al. 1984, Askvik & Rokoengen 1985, Bøe et al. 1989, Lundquist et al. 1996). Jurassiske bergarter (konglomerat og sandstein samt muligens siltstein og kull) er kartlagt i et basseng sør for Edøya på Smøla (Bøe & Bjerkli 1989, Bøe 1991, Lundquist et al. 1996), men det er mer usikkert om de også opptrer nord for tunneltraseområdet.

Refleksjonsseismiske data samlet inn av NGU i 1987 antyder at jurabergarter også ligger i et basseng nord for utløpet av Bremsnesfjorden, selv om dataene ikke er helt entydige. Den sørlige avgrensningen av devon- og eventuelt jurabergartene er sannsynligvis en ØNØ-VSV-

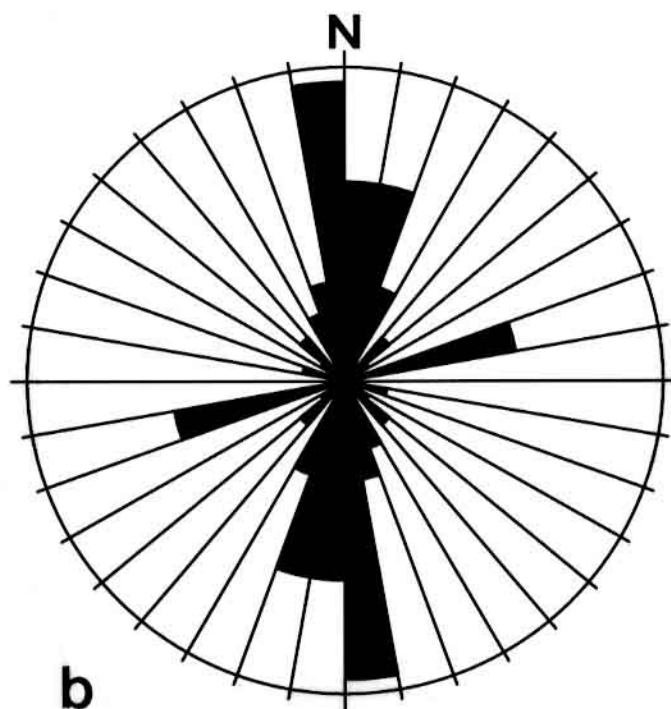
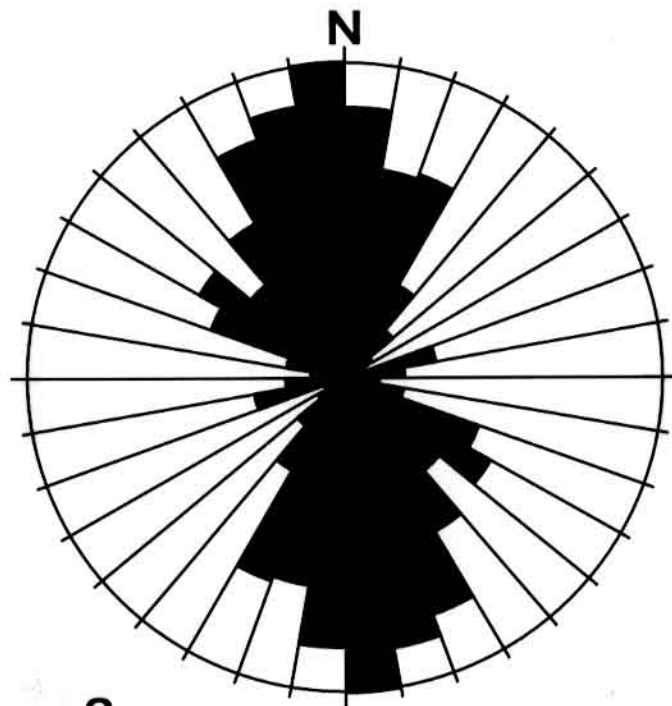
gående forkastning (Tegning 97.032-01). Tilsvarende forkastninger langs marginene av jurabassengene i Edøyfjorden, Beitstadvfjorden, Frohavet og utenfor kysten av Møre og Romsdal har vært aktive i flere perioder også etter at disse bergartene ble avsatt (Bøe & Bjerkli 1989, Bøe 1990, Bøe, under arbeid).

En eventuell forkastning går etter all sannsynlighet nord for det aktuelle tunneltraseområdet, slik at en ikke vil komme inn i sedimentære bergarter ved driving av en tunnel. Sedimentære bergarter av devonsk alder er uansett massive, og skulle ikke forårsake større problemer. Et unntak vil være om en skulle påtreffte dolomitt eller dolomittisk siltstein, der en kan ha oppløsningsfenomener og huledannelse. Skulle en imidlertid komme inn i bergarter av jurassisk alder, må en forvente store vannlekkasjer. Lignende bergarter av samme alder ble påtruffet i Bjorøytunnelen sørvest for Bergen, der de forårsaket store problemer (Fossen et al. 1995). En kan ikke helt utelukke at bergarter av devonsk eller jurassisk alder opptrer lenger sør enn antatt, nord for utløpet av Bremsnesfjorden. På grunn av relativt lav lyd hastighet i jurabergartene (3500-4000 m/s) skulle i alle fall disse kunne påvises ved hjelp av refrasjonsseismikk. En 10 m tykk lavhastighets sone, tolket som dagfjell (Geoteam 1987b) på terskelen nord for utløpet av Bremsnesfjorden kan teoretisk sett representere et lag med jurabergarter på toppen av gneiss, selv om dette anses som lite sannsynlig.

#### **4 SPREKKE OG FORKASTNINGSMØNSTER**

I forbindelse med dette oppdraget er det foretatt en flyfototolkning av lineamenter (sprekker, knusningssoner og forkastninger) i områdene rundt den aktuelle tunneltraseen i kommunene Frei, Kristiansund (inkludert øyene ved Grip og Inngripan), og den nordøstlige del av Averøy (Tegning 97.032-01). Tolkningen er utført på flybilder i målestokk 1:40 000 fra Fjellanger Widerøe AS.

I Fig. 2a er den retningsmessige fordelingen av disse lineamentene vist grafisk i et rosedigram. Den dominerende retningen av de 1050 plottede lineamentene er N-S til NNV-SSØ, men der er ganske stor spredning til hver side, med mange lineamenter også i NNØ-SSV og NV-SØ retning. Lineamenter med retning ØNØ-VSV, parallelt med strøkretningen til gneissene og tunneltraseen ut fra Averøya kan se ut til å utgjøre en mindre gruppe. Det er imidlertid verdt å merke seg at lineamenter parallelt med strøkretningen til gneissene er vanskelige å identifisere fra flyfoto, da de kan representere differensiell erosjon/forvitring av forskjellige bergarter, og være overdekt av løsmasser. Denne retningen er sannsynligvis underrepresentert i målingene, muligens kraftig underrepresentert. På grunnlag av feltkartlegging la Ilebekk (1982) merke til at en rekke sprekker ser ut til å følge strøkretningen til gneissene.



Figur 2. a) Rosediagram over lineamenter (sprekker, knusningssoner og forkastninger) i Frei, Kristiansund og den nordøstlige del av Averøy kommune. Lineamentretningene er tolket fra flyfoto i målestokk 1:40 000. Lineamenter parallelt med strøkretningen til gneissene (NNØ-SSV) er underrepresentert i målingene, da disse er vanskelige å identifisere og skille fra båndingen i bergartene. Det er ikke tatt hensyn til forskjeller i lengde (størrelse) på de forskjellige lineamentene ved plotting i rosedigram. Antall plottede lineamenter: 1050. b) Rosediagram over 100 lineamenter i områdene rundt den undersøkte tunneltraseen mellom Tjørnvikneset-Klubbneset og Stavnes-Øksenvåg. Se a) for videre forklaring.

Sortert etter retning opptrer de mest framtrede lineamentene innen følgende områder (Tegning 97.032-01):

N-S lineamenter: Sveggesundet, Ekkilsøya, sundet øst for Ekkilsøya, Bremsnesfjorden.

ØNØ-VSV lineamenter: Nordsundet, Sørsundet, Ormsundet, nordøstspissen av Averøya.

VNV-ØSØ lineamenter: Averøya, vestsiden av Frei.

NØ-SV lineamenter: Sentralt på Frei, nordøstspissen av Averøya.

NV-SØ lineamenter: Vestsiden av Frei, Averøya sør for Røsand.

NNØ-SSV lineamenter: Frei.

NNV-SSØ lineamenter: Gløsvågen, Markussundet, Frei, Bremsnesfjorden, Averøya sør for Røsand.

Det er nærliggende å anta at fjordsystemene innen det undersøkte området har samme retning som de dominerende sprekeretningene, og at fjorder, sund og karakteristisk form på mindre øyer er dannet ved glasial og fluvial erosjon langs tektoniske svakhetssoner.

Et rosedigram er vist for 100 lineamenter målt på begge sider av Bremsnesfjorden rundt den aktuelle tunneltraseen, i områdene Stavnes-Øksenvåg-Klubbneset-Tjørnvikneset (Fig. 2b). De to dominerende lineamentretningene er her N-S til NNV-SSØ til NNØ-VSV, og ØNØ-VSV, den siste parallelt med strøkretningen til bergartene. Andre lineamenter opptrer etter retningene ØSØ-VNV, NØ-SV og NV-SØ. Lineamenter langs disse siste retningene opptrer i lavere antall, men de kan være kritiske ved driving av en undersjøisk tunnel langs den foreslåtte traseen, spesielt NØ-SV lineamentene på Averøysiden. I området Klubbneset-Tjørnvikneset er der tett i tett med lineamenter i N-S, NNV-SSØ og NNØ-SSV retning. I områdene rundt Stavnes og Øksenvågen ser det ikke ut til å være så tett mellom lineamentene.

Resultatene av flyfototolkningen er i god overensstemmelse med tidligere flyfototolkning av lineamenter på Averøya utført av Ilebekk (1982). I hans sub-område 1, nordøst på Averøya, dominerer sprekeretningene ØNØ-VSV, N-S  $\pm 10^\circ$  og SSØ-NNV.

Resultatene av flyfototolkningen er også i god overensstemmelse med målinger utført i felt av Kirkeby (1989). Der ble det konkludert med at strøkparallele svakhetssoner generelt ligger parallelt med gneisfoliasjonen, og består av både skifrige horisonter og oppsprukne mylonittsoner. N-S-gående sprekesoner er overveiende vertikale, mens spreker langs andre retninger er vertikale til subvertikale. En lokalitet kan ha ett eller flere subparallele sprekesett, hvorav det mest markerte kan ha en underordnet betydning på en nabolokalitet. Ofte står sprekkene uregelmessig og med varierende innbyrdes avstand, men kan også være mer plane og utholdende, særlig i forbindelse med de N-S stående sprekesettene (Kirkeby 1989). De N-S gående sprekesonene danner ofte langstrakte søkk i terrenget. Selve sonene er ofte orientert med en liten vinkel ( $10-20^\circ$ ) til hovedsprekkene, dvs. de er dannet ved "en echelon" oppsprekking (Kirkeby 1989). Hvordan og når de forskjellige sprekeretningene har



oppstått og hvilken sammenheng det er mellom folding i berggrunnen og oppsprekking er diskutert av Ilebekk (1982).

Resultatene fra flyfototolkningen av lineamenter er i god overenstemmelse med liknende undersøkelser utført tidligere i nærliggende områder. Både i områdene Aure-Tustna (Bering et al. 1986), Julsundet (Bøe 1986a) og Midfjorden-Tomrefjorden (Bøe 1986b) dominerer ØSØ-VSV og NNV-SSØ lineamenter. Det overordnede lineamentmønsteret på Møre- og Trøndelagskysten er undersøkt av flere (Aanstad et al. 1981, Bering et al. 1986, Ramberg et al. 1977, Gabrielsen & Ramberg 1979a, 1979b). I disse arbeidene er kun de største og viktigste lineamentene, målt fra satelittbilder og flyfoto, tolket. De kan derfor bare i liten grad benyttes til detaljplanlegging av f.eks. veiprosjekter. Det er imidlertid verdt å merke seg at i området rundt Averøytunnelen er det de samme lineamentsretningene som dominerer i disse undersøkelsene, dvs. NNV-SSØ til N-S og ØNØ-VSV, med en kraftig dominans av ØNØ-VSV lineamenter. Dette indikerer igjen at en del ØNØ-VSV lineamenter sannsynligvis har unngått observasjon i flyfototolkningen.

Lavhastighetssoner/svakhetssoner målt ved hjelp av refraksjonsseismikk i fjorden langs den aktuelle tunneltraseen ser i hovedsak ut til å gå i NNV-SSE og NNØ-SSV retning (Tegning 97.032-01). Disse dataene vil bli diskutert i neste kapittel.

## **5 VURDERING AV TIDLIGERE ARBEID**

Materialet som inngår i vurderingen av tidligere arbeid i forbindelse med Averøytunnelen omfatter:

Geoteam 1987a: Akustiske undersøkelser for tunnel under Bremsnesfjorden. Rapport 31042.01.

Geoteam 1987b: Tunnelforbindelse under Bremsnesfjorden. Rapport 31349.01.

Geoteam 1989: Geofysiske undersøkelser - Bremsnes. Rapport 32000.01.

Kirkeby, R.T. 1989: Rv. 67. Bremsnes - Kristiansund N. Tunnel Øksenvågen - Kristiansund under Bremsnesfjorden. Veglaboratoriet Rapport T-224A nr. 1.

Rapporten av Kirkeby (1989) er basert på en ukes feltarbeid, og gir en oppsummering av berggrunnsgeologien og sprekkemønsteret i berggrunnen i det aktuelle tunneltraseområdet. Rapporten er omtalt i de foregående kapitlene, og vil ikke bli videre behandlet her.

Dybde til fjell i Bremsnesfjorden ble i 1987 kartlagt ved hjelp av refleksjonsseismikk (Geoteam 1987a). I denne relativt grundige undersøkelsen ble fire alternative fjordkrysningsområder kartlagt:

- Område I: Stavnes-Tjørnvikneset/Klubbneset
- Område II: Raudsandneset-Åraneset
- Område III: Hogsneset-Baltserneset
- Område IV: Valholmen/Kopperholmen-Innlandet

Resultatene viste at største dybde til fjell i Område I er 175-180 m, under en fjellterskel i den nordligste del av undersøkelsesområdet, og at det går en renne med dyp til fjell på 148-190 m vest for Tjørnvikneset. I Område II er største dyp til fjell 230-290 m, mens største dyp til fjell i Område III er 280-310 m. Den relativt store dybden til fjell i Områdene II og III, samt usikre sedimentmektigheter, førte til at en gikk videre med mer detaljerte undersøkelser kun i Område I.

En refraksjonsseismisk undersøkelse ble deretter utført i Område I (Geoteam 1987b). Denne undersøkelsen viste at løsmassehastighetene er større enn det som ble antatt etter de refleksjonsseismiske undersøkelsene, og at løsmassemektighetene er maksimalt opp til 25% større enn oppgitt i Geoteam (1987a). Det ble observert en betydelig N-S til NNØ-SSV gående lavhastighetssone/knusningssone i forbindelse med dyprennen vest for Tjørnvikneset. Det ble også påpekt at to mulige knusningssoner sentralt i sundet kan ha unngått observasjon, og ytterligere målinger for å avklare dette ble anbefalt.

Som en oppfølging av de to foregående undersøkelsene ble det utført nye målinger i 1989 (Geoteam 1989). I denne undersøkelsen ble det samlet inn både refleksjonsseismiske og refraksjonsseismiske data, og resultatene bekreftet beliggenheten av en fjellterskel mellom Stavnes og Tjørnvikneset, med fjelloverflate på ca. kote -180 m. Også i denne undersøkelsen ble det registrert svakhetssoner i fjellet, hvor det må forventes vannlekkasjer, mens en i andre områder har til dels svært godt fjell.

En kan oppsummere Geoteam's undersøkelser på følgende måte:

**a)** En tunnel langs traseen Geoteam har undersøkt utenfor munningen av Bremsnesfjorden vil måtte gå under en NNØ-SSV gående dyprenne vest for Tjørnvikneset-Eaholmen. Dybden på denne rennen varierer fra 190 m i sør til 148 m i nord. Ved refraksjonsprofil P-1/89, som Geoteam peker ut som det gunstigste krysningsområdet, er dybden til fjell 148-150 m, og en tunnel må gå gjennom to knusningssoner (lydhastighet 3000 m/s), som hver er på 10-15 m bredde. Her må det forventes store vannlekkasjer.

Om en velger å legge en tunnel lenger sørvest, ved refraksjonsprofil P-4/87 eller P-5/87, må en krysse svakhetssoner på opp til 45 m bredde, med lyd hastigheter fra 3700 m/s og oppover. Ved disse to profilene er bergartene sannsynligvis generelt kraftig oppsprukket, og vannlekkasjer må forventes. Ved P-4/87 er dessuten dybden til fjell i overkant av 160 m.

**b)** Det andre kritiske området som er undersøkt i detalj ved hjelp av refraksjonsseismikk er lokalisert nord for Stavnes. Geoteam har ved hjelp av sine undersøkelser fastslått at det her finnes en terskel med dybde til fjell fra havoverflaten på ca. 180 m. En NØ-SV til Ø-V-gående tunnel under fjellterskelen vil måtte krysse flere svakhetssoner. Noen av disse er relativt godt kartlagt, mens forløpet av andre er usikkert.

Vest for det grunneste partiet i utløpet av Bremsnesfjorden (Tjørnviktaren) er det på refraksjonsprofil P-89/2 kartlagt to svakhetssoner med lyd hastigheter på 3000 og 3200 m/s. Disse er hver 10-15 m brede, og går sannsynligvis i NNV-SSØ-lig retning, parallelt med den vestlige brattskrenten av Tjørnviktaren. I disse to sonene må det forventes en god del vannlekkasjer.

På selve fjellterskelen vest for Tjørnviktaren er det kartlagt en god del dårlig fjell, med lyd hastigheter fra 3000 til 4500 m/s. En markert svakhetssone med lyd hastighet på 3000 m/s er kartlagt på profil P-5/89. Lave lyd hastigheter (4100 m/s) er også kartlagt over en strekning på 30 m sydvest for svakhetssonen. Forløpet av svakhetssonen, som på profilet ser ut til å være ca. 20 m bred, er noe usikkert. Sannsynligvis går den NNV-SSØ, parallelt med den vestlige brattskrenten i dypålen i Bremsnesfjorden. Alternativt kan den tolkes til å gå N-S. De er sannsynlig at svakhetssonen beskrevet over kan korreleres med soner med dårlig fjell (lyd hastighet 4500 m/s) kartlagt midt på, og i den nordligste del av profil P-2/87 og i den sørvestlige del av profil P-7/87.

En lavhastighets sone (4300 m/s) er også observert midt på profil P-3/87, på fjellterskelen vest for Tjørnviktaren. Forløpet av denne er usikkert, men den har sannsynligvis forbindelse med dagfjell (4000-4500 m/s) observert langs hele profil P-7/87. Laget av dagfjell er ca. 10 m tykt, noe som gjør at en må tilsvarende ned for å treffe på fast fjell.

## **6 DISKUSJON OG OPPFØLGENDE UNDERSØKELSER**

Løsmassemektighetene i det aktuelle tunneltraseområdet ytterst i Bremsnesfjorden er kartlagt i detalj av Geoteam (1987a, 1987b, 1989) ved hjelp av refleksjonsseismikk og refraksjonsseismikk. Løsmassene består av relativt grovt morenemateriale, overlagret av glasimarine og marine, mer finkornige sedimenter.

Langs alternative tunneltraseer lenger sør i Bremsnesfjorden er løsmassemektighetene fortsatt usikre. Kun refrasjonsseismiske undersøkelser vil gi sikre svar på hvor tykke de kvartære avsetningen er i disse områdene.

Berggrunnen innen traseområdet ytterst i Bremsnesfjorden anses som godt kartlagt. Berggrunnen består av forskjellige gneissbergarter, som ikke burde by på store problemer ved driving av en tunnel. En må imidlertid forsøke å unngå at en tunnel blir liggende langs skifrige eller spesielt oppsprukne lag over lengre strekninger. Det største usikkerhetsmomentet knytter seg til eventuelle forekomster av yngre, sedimentære bergarter av devonsk eller jurassisk alder lengst nord i området. Sannsynligvis opptrer slike kun nord for en forkastning, nord for fjellterskelen ved Tjørnviktaren, men de kan også ligge inn mot fjellterskelen.

Skulle en velge å legge en tunneltrasee lenger sør i Bremsnesfjorden, burde gneissbergartene også der være av god kvalitet for tunneldriving. En bør imidlertid være oppmerksom på at oppløsningsfenomener (karst og huledannelse) kan opptre i forbindelse med marmor og kalksilikathorisonter.

Berggrunnen langs Bremsnesfjorden er gjennomført av lineamenter (sprekker, knusningssoner og forkastninger) i forskjellige retninger. Berggrunnen ser ut til å være spesielt kraftig oppsprukket langs østsiden av Bremsnesfjorden, og langs kysten nord og øst for Kristiansund. Større forkastninger av regional geologisk betydning er ikke kjent fra Averøya, Frei eller Kristiansund sør for Ramnefjorden/Ytrefjorden. Et unntak er en N-S gående forkastning på Rotholmane, nordvest for Ekkilsøy, der en 10 m bred kalksementert knusningsbreksje er beskrevet (Ilebakk 1982). Om en likevel skulle komme inn i regionale forkastninger er det lite sannsynlig at disse vil skape videre problemer, da disse trolig er relativt godt sementert av forskjellige mineraler. I Hitratunnelen gikk en gjennom en større forkastningssone i Trondheimsleia uten at dette skapte større problemer. Det er mulig at en del sprekker og knusningssoner, f.eks. langs kysten nord for Kristiansund, kan ha sin opprinnelse relatert til bevegelser langs hovedforkastningene i Trondheimsleia. Mange av disse sprekke og knusningssonene er åpne for vanngjennomstrømmning. Også Ilebekk (1982) nevnte at sprekke kan være åpne, eller fylt med sekundære mineraler som kalkspat, kvarts, kloritt og lys glimmer.

Hovedsprekkeretningen er NNV-SSØ, med en variasjon på 20-30° til hver side. Også andre viktige sprekkeretninger opptrer. De mest problematiske for en tunnel langs den foreslåtte traseen er muligens sprekke med retning NØ-SV til ØNØ-VSV, parallelt med strøket til bergartene. Disse opptrer spesielt lengst nordøst på Averøy.

Lineamenter med retning NV-SØ er vanlige lenger sør i Bremsnesfjorden. Enkelte av disse lineamentene kan følges over lange strekninger. Sør for Bolgsvaet ser det imidlertid ut til å være færre lineamenter parallelt med strøkretningen til bergartene.

De refraksjonsseismiske undersøkelser som er utført i forbindelse med Averøytunnelen har vært konsentrert om en tunneltrase under fjellterskelen (ca. 180 m under havnivå) utenfor utløpet av Bremsnesfjorden, der det maksimale tunneldypet vil bli minst. Ved alternative traseer lenger sør i Bremsnesfjorden vil en tunnel måtte gå dypere. Selv om flere spørsmål gjenstår, kan en si at de geofysiske undersøkelser gir et brukbart bilde av de geologiske forholdene en vil måtte forvente ved en tunnelkrysning ytterst i Bremsnesfjorden.

De geologiske forholdene er relativt godt kartlagt på fjellterskelen nord for Stavnes (vest for Tjørnviktaren) og i dyprenna vest for Tjørnvikneset-Eaholmen. Det er imidlertid verdt å merke seg at svakhetssoner/knusningssoner/forkastningssoner tilsvarende de som finnes langs sørvestskråningen av Tjørnviktaren også kan finnes langs nordvestskråningen av Tjørnviktaren, da i tilfelle med retning ØNØ-VSV, parallelt med hovedforkastningene i Trondheimsleia. Hvis en tunneltrase blir lagt for langt mot nord, risikerer en å komme inn i disse.

Det er mulig at det opptrer flere svakhetssoner i rennen vest for Tjørnvikneset-Eaholmen, i tillegg til de som allerede er kartlagt. Svakhetssoner med retning N-S til NNØ-SSV kan opptre i skråningene både øst og vest for refraksjonsprofilene som er skutt. Hvis det blir valgt å satse på en tunneltrase i dette området, bør det muligens skytes refraksjonsseismikk langs hele traseen.

En må også forvente at det finnes en N-S til NNØ-SSV gående svakhetszone over den østlige del av Tjørnviktaren, mellom de to grunnene på 31 og 74 m markert på sjøkartet (Fig. 1). I dette området vil en tunnel gå langt under fjelloverflaten, som ligger ca. 105 m under havnivå. En bør likevel vurdere å skyte refraksjonsseismikk over rennen.

De største usikkerhetene ser fortsatt ut til å knytte seg til fjellterskelen vest for Tjørnviktaren. Det er litt vanskelig å forklare at en på denne fjellterskelen har en sone med oppsprukket dagfjell. Det mest naturlige ville ha vært om fjellterskelen var blitt renskurt av isbreer under siste istid. En skal ikke se helt bort fra at det på fjellterskelen, og nord for fjellterskelen, ligger yngre sedimentære bergarter. Det bør vurderes å undersøke lavhastighetslaget videre, f.eks. med en boring, hvis det lar seg gjøre, eller med ytterligere refraksjonsseismikk. Uansett har en her et lag med dårlig fjell over mer massive bergarter. Geoteam (1989) foreslår å legge en sone med dagfjell langs hele fjellterskelen, selv om dagfjell ikke er oppdaget på alle profilene.

Forløpet av lavhastighetssonene/sprekkesonene som er identifisert på den sørvestligste del av fjellterskelen er relativt usikkert. Også her bør det vurderes å skyte mer refraksjonsseismikk, spesielt vinkelrett på tunneltraseen, for å finne ut om det går svakhetssoner i ØNØ, NØ og NNØ retninger.

De største problemene ved driving av en tunnel langs den foreslåtte traseen vil oppstå hvis en kommer inn i svakhetssoner/knusningssoner parallelt med tunneltraseen. Avhengig av hvor en tunnel går ut fra Averøyasiden og hvor dypt den blir lagt, bør ekstra undersøkelser utføres nord for Stavnes. I dette området finnes ØNØ-VSV og NØ-SV gående renner i fjellgrunnen. I forbindelse med disse rennene/opptrer det sannsynligvis svakhetssoner/knusningssoner, som vil bli liggende parallelt med tunneltraseen. En tunnel må legges slik at den ikke går i slike svakhetssoner over lengre distanser. På Averøysiden må en også prøve å unngå at en tunneltrase blir lagt parallelt med båndingen i gneissene der disse er skifrige eller spesielt oppsprukket.

## 7 REFERANSER

- Aanstad, K.M., Gabrielsen, R.H., Hagevang, T., Ramberg, I.B. & Torvanger, O. 1981: Correlation of offshore and onshore structural features between 62 N and 68 N, Norway. In Norwegian Petroleum Society (ed.): *Norwegian Symposium on Exploration, Proceedings NSE/II*, 1-25. Norsk Petroleumsforening, Bergen.
- Askvik, H. & Rokoengen, K. 1985: Geologisk kart over Norge, berggrunnskart KRISTIANSUND - M. 1:250 000. *Norges geologiske undersøkelse*.
- Atakan, K. 1988: The sedimentary and the structural development of the Devonian Smøla Group (Edøy Region), West Central Norway. Upublisert Cand. Scient. oppgave, 307 s.
- Bering, D., Boyd, R., Grønlie, A., Solli, A., Atakan, K., Bryhni, I., Gautneb, H., Krill, A., Lynum, R., Olesen, O. & Rindstad, B.I. 1986: Berggrunnsgeologisk rekognosering av fire områder på kysten av Trøndelag og Møre og Romsdal. *NGU Rapport 86.027, Bind I-IV*, 96 s.
- Bryhni, I. 1974: Old Red Sandstone of Hustadvika and an Occurrence of Dolomite at Flatskjær, Nordmøre. *Norges geologiske undersøkelse 311*, 49-63.
- Bøe, R. 1986a: Refleksjonsseismisk løsmassekartlegging/strukturgeologisk rekognosering i Julsundet, Møre og Romsdal. *NGU Rapport 86.208*, 11 s.
- Bøe, R. 1986b: Refleksjonsseismisk kartlegging i Midfjorden og Tomrefjorden, Møre og Romsdal. *NGU Rapport 87.014*, 18 s.
- Bøe, R. 1991: Structure and seismic stratigraphy of the innermost mid-Norwegian continental shelf: an example from the Frohavet area. *Marine and Petroleum Geology 8*, 140-151.
- Bøe, R., Atakan, K. & Sturt, B.A. 1989: The style of deformation in the Devonian rocks on Hitra and Smøla, Central Norway. *Norges geologiske undersøkelse Bulletin 414*, 1-20.
- Bøe, R. & Bjerkli, K. 1989: Mesozoic sedimentary rocks in Edøyfjorden and Beitstadfjorden, central Norway: implications for the structural history of the Møre-Trøndelag Fault Zone. *Marine Geology 87*, 287-299.
- Bugge, T. 1980: Øvre lags geologi på kontinentalsokkelen utenfor Møre og Trøndelag. *IKU Publ. nr. 104*, 44 s.

- Fediuk, F. 1975: SMØLA, berggrunnsgeologisk kart 1321 I - M. 1:50 000. Norges geologiske undersøkelse.
- Fediuk, F. & Siedlecki, S. 1977: Smøla. Beskrivelse til det berggrunnsgeologiske kart 1321 I - 1:50 000. Norges geologiske undersøkelse.
- Follestad, B.A. 1985: BREMSNES 1321 III, kvartærgeologisk kart M. 1:50.000. Norges geologiske undersøkelse.
- Follestad, B.A. 1986: Kristiansund 1321 II og Bremsnes 1321 III. Beskrivelse til kvartærgeologiske kart - M. 1:50.000 (med fargetrykte kart). *Norges geologiske undersøkelse Skrifter 74*, 27 s.
- Follestad, B.A. & Lebesby, E.H.T. 1986: KRISTIANSUND - 1321 II, kvartærgeologisk kart - M. 1:50.000. Norges geologiske undersøkelse.
- Fossen, H., Holter, K.G., Hesthammer, J., Mangerud, G., Martinsen, O. & Gabrielsen, R. 1995: Jurassic Park - nærmere enn vi tror. Problemer i Bjørøytunnelen. *Geonytt 3*, 3-6.
- Gabrielsen, R.H. & Ramberg, I.B. 1979a: Fracture maps - Møre-Trøndelag. Tectonic analysis of satellite imagery. *University of Oslo, Report*, 32 pp.
- Gabrielsen, R.H. & Ramberg, I.B. 1979b: Fracture patterns in Norway from Landsat imagery: results and potential use. Proceedings, Norwegian Sea Symposium, Tromsø 1979. Norwegian Petroleum Society, NSS/23, 1-28.
- Geoteam 1987a: Akustiske undersøkelser for tunnel under Bremsnesfjorden. *Rapport 31042.01*, 9 s.
- Geoteam 1987b: Tunnelforbindelse under Bremsnesfjorden. *Rapport 31349.01*, 6 s.
- Geoteam 1989: Geofysiske undersøkelser - Bremsnes. *Rapport 32000.01*, 6 s.
- Ilebekk, S. 1982: Geologisk undersøkelse av Averøy, Møre og Romsdal. Upublisert Cand. Real. oppgave, Universitetet i Oslo, 180 s.
- Kirkeby, R.T. 1989: Rv. 67 Bremsnes-Kristiansund N. Tunnel Øksenvågen-Kristiansund under Bremsnesfjorden. *Veglaboratoriet Rapport nr. T-224A nr. 1*, 38 s.
- Lundquist, T., Bøe, R., Kousa, J., Lukkarinen, H., Lutro, O., Roberts, D., Solli, A., Stephens, M. & Weihed, P. 1996: Bedrock map of Central Fennoscandia. Scale 1 : 1 000 000. *Geological Surveys of Finland (Espoo), Norway (Trondheim) and Sweden (Uppsala)*.



- Pidgeon, R.T. & Råheim, A. 1972: Geochronological investigation of the gneisses and minor intrusive rocks from Kristiansund, Western Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 52, 241-256.
- Ramberg, I.B., Gabrielsen, R.H., Larsen, B.T. & Solli, A. 1977: Analysis of fracture pattern in southern Norway. *Geologie Mijnbouw* 56, 295-310.
- Råheim, A. 1972: Petrology of High Grade Metamorphic Rocks of the Kristiansund Area. *Norges geologiske undersøkelse* 279, *Bulletin* 7, 75 s.
- Sigmond, E.M.O., Gustavson, M. & Roberts, D. 1984: Berggrunnskart over Norge - M. 1:1 million - Norges geologiske undersøkelse.



TEGNFORKLARING

- Lineamenter (sprekker/forkastninger) tolket fra flyfoto
- - - Svakhetssoner tolket fra refraksjonsseismikk
- Mulig forkastning mellom gneiser og sedimentære bergarter av devonsk og / eller jurassisk alder

STATENS VEGVESEN, MØRE OG ROMSDAL VEGKONTOR LINEAMENTKART	MÅLESTOKK	OBS. RB	FEB. 97
	1 : 40 000	TEGN. RB	FEB. 97
AVERØY, KRISTIANSUND OG FREI KOMMUNER	TRAC.		
	KFR.		
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 97.032 - 01	KARTBLAD NR. 1321 II,III	