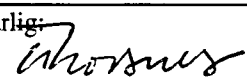


NGU Rapport 96.075

Regionalgeologisk vurdering av området rundt
Eiksundsambandet

Rapport nr.: 96.075		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Regionalgeologisk vurdering av området rundt Eiksundsambandet				
Forfatter: Alvar Braathen		Oppdragsgiver: Statens vegvesen i Møre og Romsdal		
Fylke: Møre og Romsdal		Kommune: Eiksund, Ørsta, Volda		
Kartblad (M=1:250.000) Ålesund og Ulsteinvik		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1119 I Ålesund, 1119 II Volda		
Forekomstens navn og koordinater: Eiksundsambandet		Sidetall: 17	Pris: 54,-	
Feltarbeid utført:	Rapportdato: 15. mai 1996	Prosjektnr.: 2664.04	Ansvarlig: 	
Sammendrag: <p>Statens vegvesen i Møre og Romsdal planlegger bygging av en undersjøisk tunnel, kalt Eiksundsambandet, mellom Eiksund i Ulstein kommune og Berkneshalvøya med påhugg enten i Ørstra eller Volda kommune. I denne sammenheng har Norges geologiske undersøkelse (NGU) foretatt en regionalgeologisk vurdering av området for den undersjøiske tunnelen.</p> <p>Hovedmålet for arbeidet har vært å vurdere risikoen for å påtreffe bergarter eller soner med høy permeabilitet/vanngjennomstrømning i området for tunneltraseen. I denne problemstillingen inngår (1) en beskrivelse av berggrunnens sammensetning, (2) analyser av regionale og lokale sprekkesoner, (3) vurderinger av det eksisterende geofysiske/akustiske materialet for Eiksundsambandet, og (4) vurdering av data fra NGUs borebrønnsarkiv. Hele arbeidet er basert på tilgjengelige materialer, det har ikke vært utført feltarbeid.</p> <p>Det bearbejdede materialet påviser to større refraksjonsseismiske lavhastighetssoner i området som muligens kan by på problemer ved bygging av en tunnel for Eiksundsambandet. Ingen geologiske observasjoner peker mot at det er permeabel sand eller sandstein i fjorden. Dagens spenningsfelt indikerer at NV-SØ orienterte sprekkesoner vil ha det største potensialet for å være åpne til vannstrøm.</p> <p>Rapporten anbefaler at to punkter kjernebores, dette for å redusere risikoen for å påtreffe sand, sandsteiner karsthuler eller store, åpne sprekkesoner i tunnelen.</p>				
Emneord:		Geofysikk		
Ingeniørgeologi		Berggrunnsgeologi		
Strukturgeologi		Geologisk risiko		

INNHold

1.	INNLEDNING	4
2.	MATERIALER SOM INNGÅR I VURDERINGEN	4
3.	GJENNOMGANG AV DE GEOFYSISKE UNDERSØKELSENE	6
4.	REGIONENS BERGGRUNN.....	8
5.	SPREKKESONER.....	9
6.	GRUNNVANN SOM INDIKATOR FOR VANNLEKKASJER I UNDERGRUNNEN	12
7.	DISKUSJON AV MATERIALET	14
8.	KONKLUSJON.....	15
9.	FORSLAG TIL VIDERE ARBEIDER	15
10.	REFERANSER	16

1. INNLEDNING

Statens vegvesen i Møre og Romsdal planlegger bygging av en undersjøisk tunnel, kalt Eiksundsambandet, mellom Eiksund i Ulstein kommune og Berkneshalvøya med påhuggenten i Ørstra eller Volda kommune (Fig. 1). I denne sammenheng har Norges geologiske undersøkelse (NGU, ved dr. scient Alvar Braathen) foretatt en regionalgeologisk vurdering av området for den undersjøiske tunnelen. Arbeidet er utført i april og mai 1996.

Hovedmålet for arbeidet har vært å vurdere risikoen for å påtreffes bergarter med høy permeabilitet/vanngjennomstrømning i området for tunneltraseen. I denne problemstillingen inngår en beskrivelse av berggrunnens sammensetning, og analyser av regionale og lokale sprekkesoner. Den lokale sprekk-analysen er understøttet av det eksisterende geofysiske/akustiske materialet for Eiksundsambandet. Videre er data fra NGUs borebrønnsarkiv benyttet til å vurdere berggrunnens hydrogeologiske egenskaper, herunder i hvilken grad bestemte soner i fjellet er preget av stor vannstrøm. Hele arbeidet er basert på tilgjengelige materialer; det har ikke vært utført feltarbeid.

2. MATERIALER SOM INNGÅR I VURDERINGEN

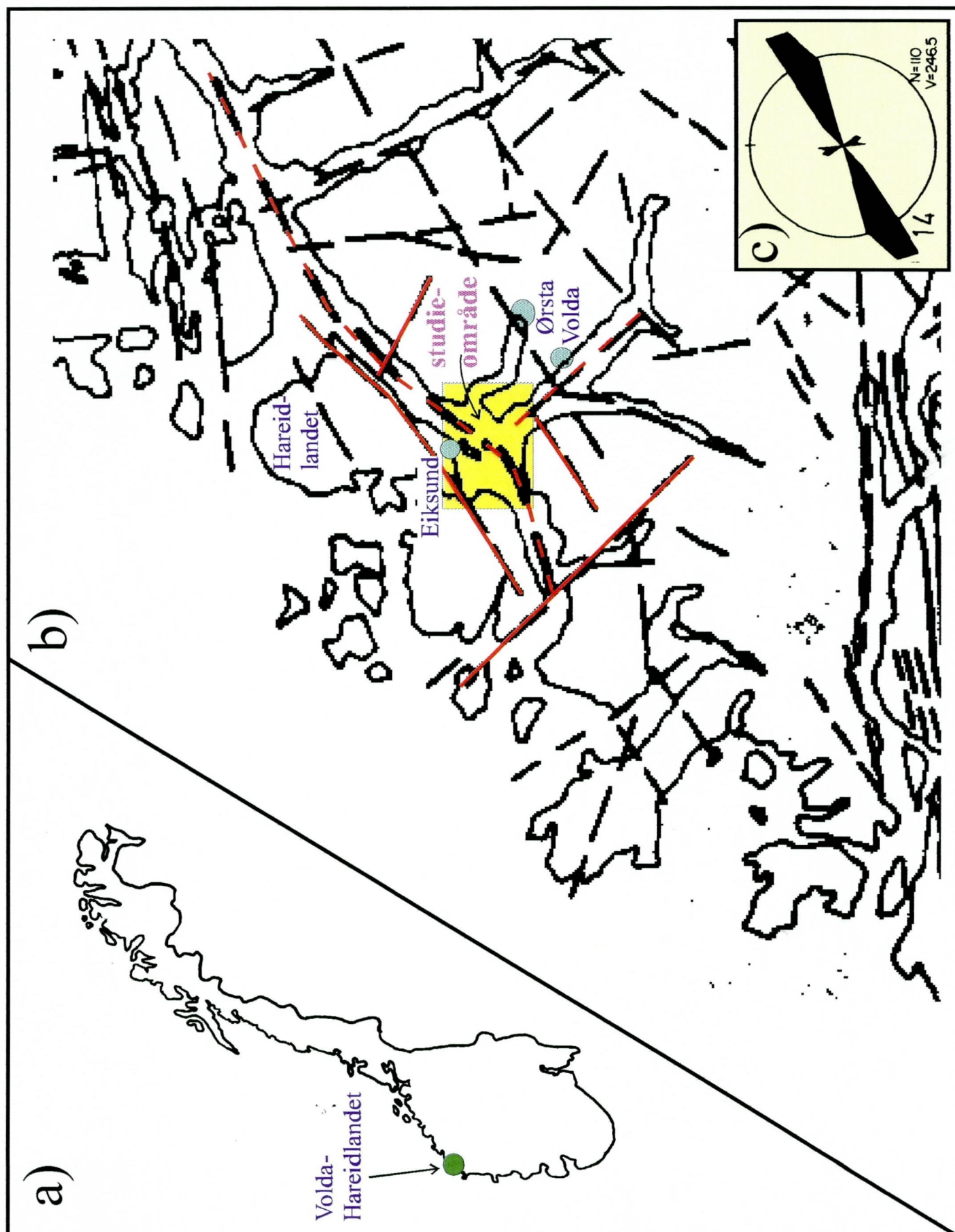
Arbeidet og vurderinger er basert på følgende materialer:

- (i) Topografiske kart i målestokk 1:50 000 (serie 1119, blad I og II),
- (ii) flybilder i 1:40 000 (Norsk luftfoto og fjærmåling, dekning 9575),
- (iii) foreløpige berggrunnsgeologiske kart i 1:50 000 (1119 I Ålesund [Bryhni 1991]; 1119 IV Fosnavåg [Thorsnes og Lutro 1990]),
- (iv) berggrunnskart som er under utarbeidelse i målestokk 1:250 000 (Ålesund og Ulsteinvik; Tveten og Lutro, personlig meddelt),
- (v) løsmassekart over Møre og Romsdal fylke (Follestad 1995),
- (vi) opplysninger om borebrønner i fjell fra NGUs brønndatabase,
- (vii) rapporter fra geofysiske/akustiske undersøkelser for Eiksundsambandet (Geoteam 1983; Noteby 1986; Noteby 1988; Geomap 1993; Geomap 1994), og
- (viii) aktuell geofaglig litteratur for regionen (f.eks. Gjelsvik 1951; Ramberg mfl. 1977, Gabrielsen og Ramberg 1978).

Fig. 1. a) Lokalisering av det studerte området i Norge.

b) Sprekkesoner i berggrunnen i ytre strøk av Møre og Romsdal. Kartet er modifisert fra Ramberg m.fl. (1977). Soner med betydning for det studerte området er markert med rødt.

c) Rosediagram som viser dominerende orientering av sprekkesoner/lineamenter i ytre deler av Møre og Romsdal (plott nr. 14 i Ramberg m.fl. 1977).



3. GJENNOMGANG AV DE GEOFYSISKE UNDERSØKELSENE

Et stort materiale om fjordbunnforholdene er innsamlet gjennom fem geofysiske/akustiske undersøkelser for Eiksundsambandet (Geoteam 1983; Noteby 1986; Noteby 1988; Geomap 1993; Geomap 1994). Disse arbeidene inkluderer: (i) sonarstudier av havbunnen for kartlegging av havbunnstopografien, (ii) refleksjonsseismikk for kartlegging av løsmasser og dyp til fjell, og (iii) refraksjonsseismikk for kartlegging av lyd hastigheter i de øverste metrene av berggrunnen. Arbeidene er utført i Eiksundet, i fjorden ved Raudøyna, i området mellom Berkneset og Yksnøyna, og i sundet mellom Eika og Yksnøyna (Fig. 2).

Rapportene fra de geofysiske arbeidene viser at fjordbunnen mellom Berkneset og Yksnøyna ligger på ca. 230 meters dyp (Noteby 1986, 1988). I sundet mellom Eika og Yksnøyna er dybden 10 til 80 meter, mens Eiksundet viser dybder mellom 10 og 50 meter (Geomap 1993).

Det kvartære løsmassedekket på fjordbunnen i området er relativt tynt, som oftest mindre enn 10 meter. Denne tolkningen er basert på vurderinger av den seismiske hastigheten til enheten under havbunn, dvs. de øverste metrene hvor den seismiske hastigheten er mindre enn 2,5 km/sekund. Disse avsetningene kan antagelig deles i to hovedenheter; underst et tynt morenedekke og overliggende marine strand- og fjordavsetninger (Larsen og Longva, 1987). Enhetene utgjør de vanligste løsmassene på land i området (Follestad 1995).

Det er ikke kartlagt dypere renner med løsmasser. Store ansamlinger av løsmasser finnes kun vest for Raudøyna, hvor mektigheter på opptil 100 meter er antydnet (Noteby, 1986).

Tilsvarende er det mulig at større mektigheter opptrer syd av en linje mellom Berkneset og Yksnøyna.

De refraksjonsseismiske målingene i berggrunnen gir hastigheter på mellom 4,5 og 6 km/sekund; hastigheter som det er vanlig å finne i krystallin berggrunn uten omfattende oppsprekning eller vitring. I tillegg er det flere soner i berggrunnen med hastigheter som er lavere enn 4 km/sekund, i noen tilfeller ned mot 2,3-2,8 km/sekund. Disse sonene representerer antagelig sprekkesoner i berggrunnen preget av dypvitring og sekundær leirinnfylling. Seismiske lyd hastigheter i denne størrelsesorden er vanlige også for kompakte løsmasser, som morene. Tilsvarende vil relativt porøse sandsteiner og leirskifre, som er vanlige på den norske kontinentalsokkelen, kunne ha seismiske hastigheter under 3 km/sekund.

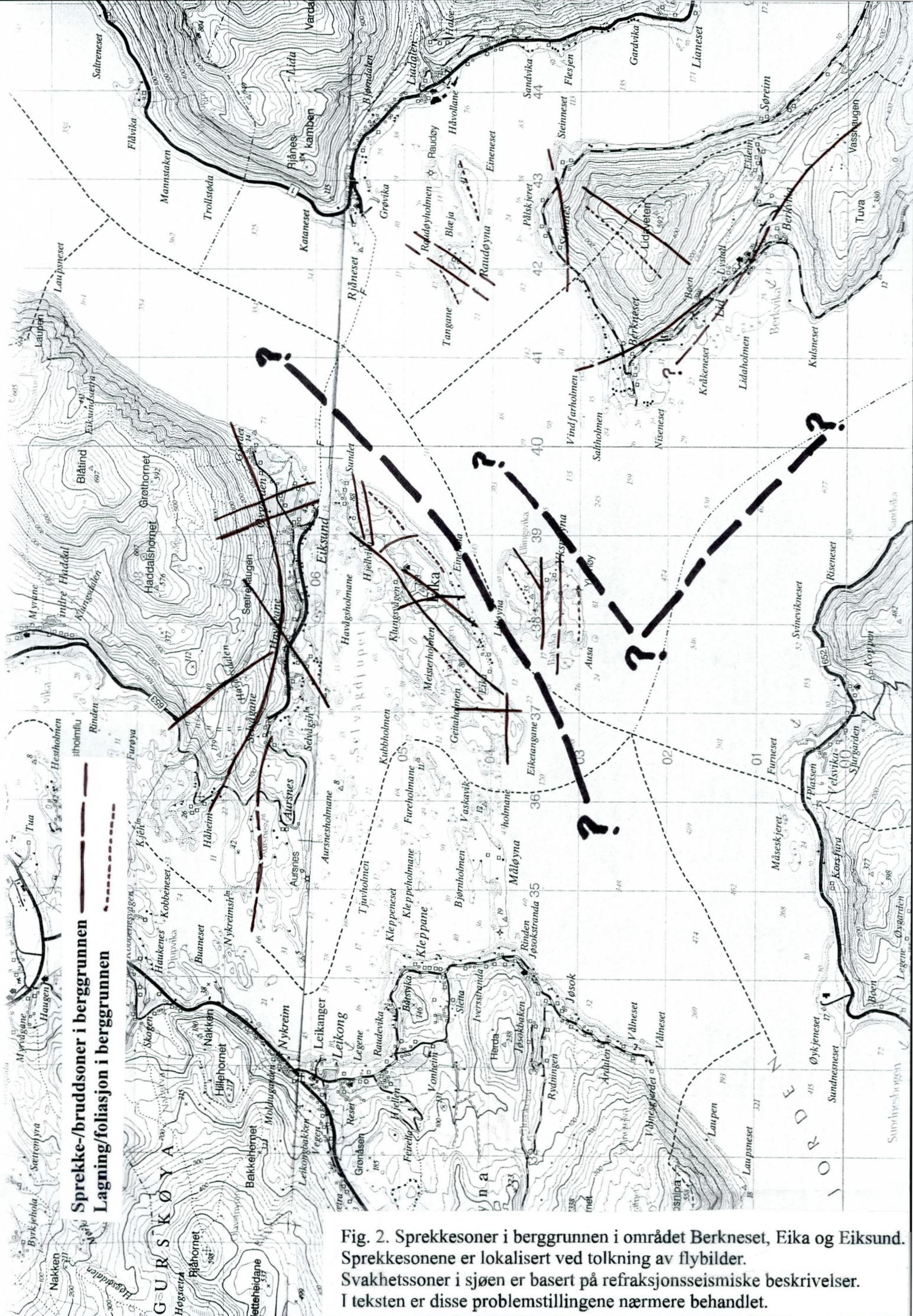


Fig. 2. Sprekkesoner i berggrunnen i området Berkneset, Eika og Eiksund. Sprekkesonene er lokalisert ved tolkning av flybilder. Svakhetssoner i sjøen er basert på refraksjonsseismiske beskrivelser. I teksten er disse problemstillingene nærmere behandlet.

Det er vanskelig å antyde orienteringen av disse sonene på grunn av begrenset linjedekning, og siden sonene ikke kan gjenkjennes på flere seismiske profiler. En annen begrensning i den refraksjonsseismiske metoden er at den kun gir hastigheter av bergartene nær fjelloverflaten, noe som medfører at det er umulig å fastslå fallet til sprekkesoner. Kombinasjonen av disse to usikkerhetsmomentene, sett i sammenheng med orienteringen av de seismiske linjene, medfører at anslått bredde av sprekkesoner blir maksimumsanslag med en stor feilmargin.

Refraksjonsseismikken antyder to betydelige soner med lav hastighet i berggrunnen; i sundet mellom Eika og Yksnøya og rett sydøst av Yksnøya (Fig. 2; Noteby 1988). Førstnevnte sone stryker NØ-SV (tre punkts anslag) og har en bredde på opptil 100 meter. Sydøst av Yksnøyna opptrer en sone med vekslende lavhastighet-høyhastighet bergarter som er 50 til 100 meter bred. Sonen har antagelig en NØ-SV orientering, men det refraksjonsseismiske nettet, som er konsentrert langs en smal trasee, gir en viss usikkerhet ved bestemmelse av orienteringen. I tillegg til ovennevnte soner viser refraksjonsseismikken i Eiksund flere partier på opptil 20 til 40 meters bredde med lave hastigheter (Geoteam 1983; Geomap 1994).

4. REGIONENS BERGGRUNN

Bergartene på nordlige deler av Vestlandet tilhører berggrunnsprovinsen «Nordvestre gneisregion». Provinsen er sammensatt av prekambriske gneiser (> 545 millioner år) som ble trykket ned på store dyp i jordskorpa (50-100 km) under dannelsen av den kaledonske fjellkjeden for rundt 410 millioner år siden. Dette vises ved opptreden av bergarter med mineralselskap som er stabile ved meget høye trykk (f.eks. Griffin mfl., 1985). Bergartene ble påtrykket en gjennomsettende planstruktur/foliasjon karakterisert ved orienterte mineraler (Fig. 3; Gjelsvik 1951) under den omfattende kaledonske deformasjonen i regionen. Denne foliasjonen stryker i hovedsak NØ-SV, og har et steilt ($60-80^\circ$) nordvestlig eller sydøstlig fall. Der hvor en finner avvik fra den generelle orienteringen skyldes dette gjerne lokal folding av planstrukturen (Gjelsvik 1951).

I området rundt Eiksundsambandet er det to dominerende bergartsgrupper (Tveten og Lutro, pers. med.). Den første gruppen opptrer mot nordøst. Her er den vanligste bergarten en lys, grovkornet kvarts-diorittisk til granittisk gneis (Fig. 3), som har en diffus grense mot granittiske øyegneiser og granodiorittiske åregneiser med linser av amfibolitt og eklogitt. Disse bergarten finnes på Hareidlandet, nord av Østra og på Eika.

Den andre hovedgruppen opptrer mot syd. Den er dominert av glimmergneiser og kvartsglimmergneiser med innslag av granatamfibolitt, granatglimmerskifer, metaarkose og anortositt. En gradvis overgang (Lutro, pers. med.) mellom de to hovedgruppene strekker seg fra området ved Ørsta over mot Gurskøya, dvs. gjennom området ved Eiksundsambandet.

I dette området opptrer også et belte med amfibolitt og amfibolførende gneis, som lokalt fører langstrakte linser med marmor (Fig. 3). En av disse sonene kan følges fra sydlige deler av Gurskøya videre mot øst, inn i området som vurderes for Eiksundsambandet (Tveten og Lutro, pers. med.). Sonen kiler enten av mot øst, eller, alternativt, kan ha et motstykke på Berkneset, på østsiden av fjorden. I begge tilfeller er det mulig at de amfibolførende bergartene, med marmor-linser, kan påtreffes ved tunnelbryting mellom Berkneset og Yksnøyna. Dette amfibolførende beltet er antagelig karakterisert ved en hyppighet av åpne sprekkesoner som overstiger det normale i området, og kan også inneholde karsthuler i marmor-linsene (se kapittel 6 og 7).

5. SPREKKESONER

Eiksundsambandet ligger i et område av gammelt grunnfjell som ble kraftig duktilt deformert under den kaledonske fjellkjede-dannelsen. Yngre episoder er beskrevet fra regionen mot NNØ, på Nordmøre og i Trøndelag, som gjennomlevde en rekke faser med sprø forkastningsaktivitet i paleozoisk (545-250 millioner år) og mesozoisk tid (250-65 millioner år; Grønlie mfl. 1994). Muligens kan noen av de regionale sprekkesonene/lineamentene på Sunnmøre, som ligger marginalt til ovennevnte provins, knyttes til tilsvarende yngre deformasjonsepisoder.

Flere regionale sprekkesoner/lineamenter opptrer i området for Eiksundsambandet (Ramberg mfl. 1977; Gabrielsen og Ramberg 1978). De har en dominerende NØ-SV orientering (Fig. 1c). Den antatt største sonen strekker seg fra Rovdefjorden videre nordøstover, inn i Vartsdalsfjorden, og passere dermed gjennom det studerte området (Fig. 1b). Her er den antagelig sammenfallende med sprekkesonen mellom Eika og Yksnøyna (Fig. 2). En annen sone av betydning følger den NV-SØ-orienterte Voldafjorden, og kan fortsette helt til området sydøst av Yksnøyna (Fig. 2). Siden begge disse sonene følger fjorder, og derfor ikke kan observeres på land, er det uvisst om de representerer forkastninger med sprø deformasjon eller bare soner med forskifring av berggrunnen. Dog ser det ut til at NØ-SV-lineamentet skiller fjellplatå (gamle erosjonsflater?) på hver side av fjorden med forskjellig høyde (600 og 1000 moh), noe som kan antyde at det har vært bevegelse langs denne sonen (E. Anda, pers. med., 1986). Det er ikke mulig å tidfeste en eventuell slik bevegelse, med det er klart at den er yngre enn dannelsen av den kaledonske fjellkjeden.

0 5 10 Km

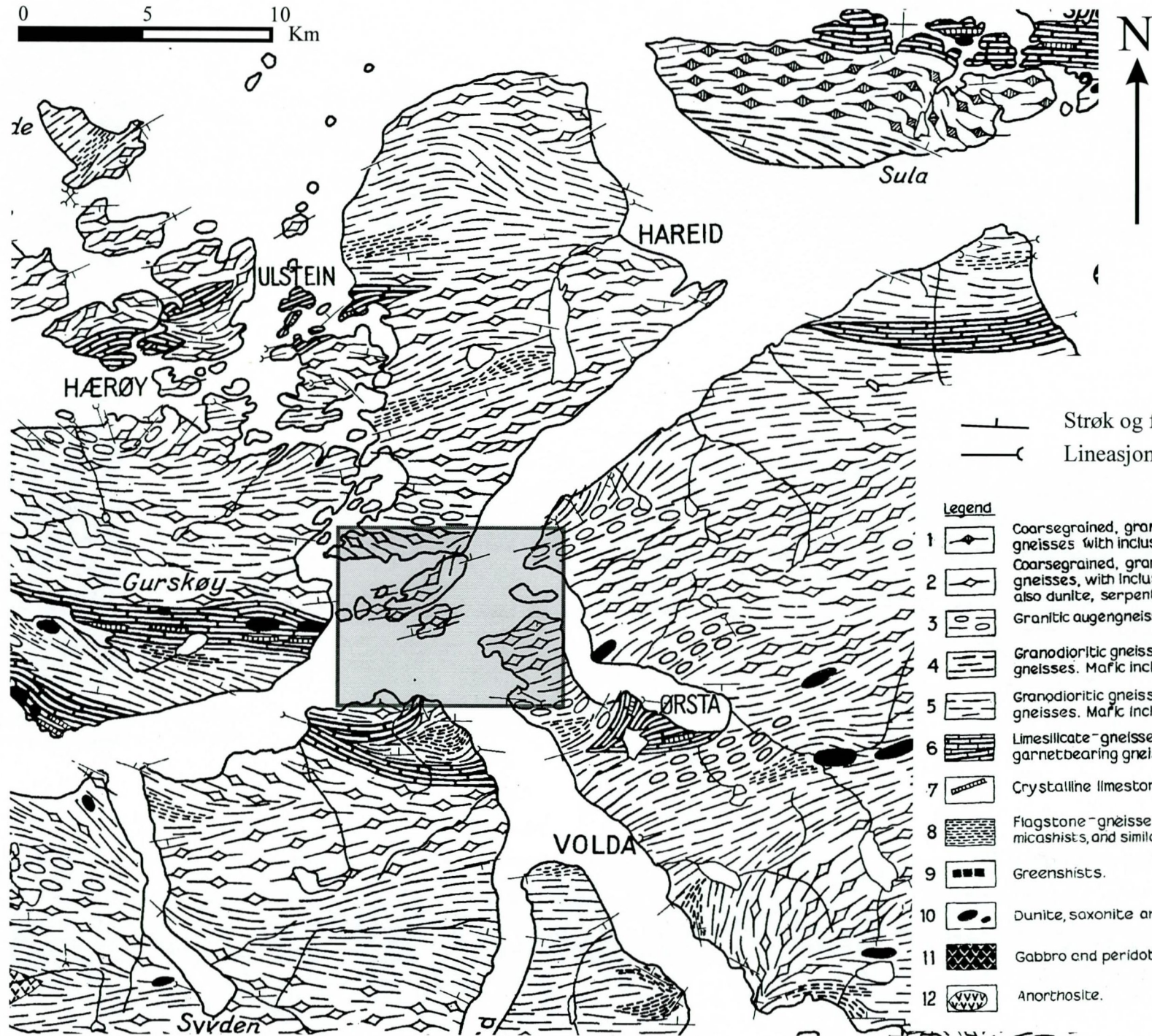


Fig. 3. Berggrunnskart for Volda-Hareid området. Kartet er modifisert fra Gjelsvik (1951). Boksen lokaliserer området som er vurdert i denne rapporten.

—|— Strøk og fall, foliasjon
 —|— Lineasjon

Legend

- 1 Coarsegrained, granodioritic gneisses, mainly vein-gneisses with inclusions of gabbro and olivinegabbro
- 2 Coarsegrained, granodioritic gneisses, mainly vein-gneisses, with inclusions of amphibolite, eclogite (and also dunite, serpentine, anorthosite)
- 3 Granitic augengneisses.
- 4 Granodioritic gneisses with frequent bands of finegrained gneisses. Mafic inclusions like group 1.
- 5 Granodioritic gneisses with frequent bands of finegrained gneisses. Mafic inclusions like group 2.
- 6 Limesilicate-gneisses, mainly amphibole-diopside- or garnetbearing gneisses.
- 7 Crystalline limestone.
- 8 Flagstone-gneisses, quartzite, leptite, arkose (sparagmite) micashists, and similar, mainly finegrained rocks.
- 9 Greenshists.
- 10 Dunite, saxonite and serpentine.
- 11 Gabbro and peridotite.
- 12 Anorthosite.

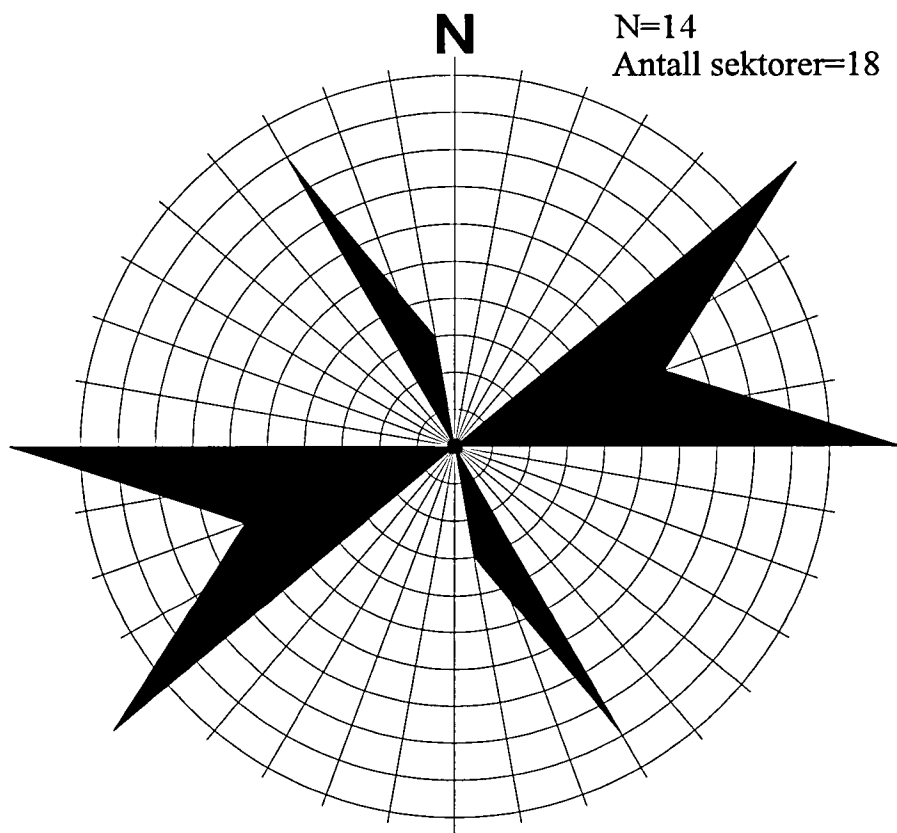


Fig. 4: Rosediagram av kartlagte sprekkesoner. Materialet stammer fra flybildetolkning.

Flyfoto-tolkning av området rundt Eiksundsambandet klargjør det dominerende mønsteret av sprekkesoner i berggrunn (Fig. 2 og 4). Siden området har et tett vegetasjonsdekke er det kun mulig å observere store soner; sprekketettheten er det derfor ikke mulig å anslå.

Orientering på sprekkesoner er antydning med basis i utgående i topografien, som gir et tredimensjonalt bilde. Det må bemerkes at sprekker med slakt fall i de fleste tilfeller vil bli undertrykt i en flybildeanalyse. Sprekkesoner på land som er kartlagt fra flybildene er tegnet inn i figur 2. På Berkneset ser det ut til at flere NV-SØ til NNV-SSØ soner følger kystlinjen. Raudøyna viser to mindre sprekker med NNØ-SSV orientering. På Yksnøyna kan tre soner ses i flybildet; to stryker Ø-V og en er orientert NØ-SV. Videre mot vest, på Eika, er mønsteret mer komplisert, med dominerende NØ-SV sprekkesoner, og underordnet NV-SØ og N-S soner. Ved Eiksund er tre orienteringer framtrede: Ø-V, NØ-SV og NV-SØ. Det gjennomgående inntrykket fra flybildene er at området i liten til moderat grad er gjennomsett av sprekkesoner. Observerte soner har en dominerende NØ-SV orientering, med et steilt NV eller SØ fall (Fig. 1c). Mindre sprekkesoner, også disse med et steilt fall, har dominerende Ø-V og NNV-SSØ orientering (Fig. 4).

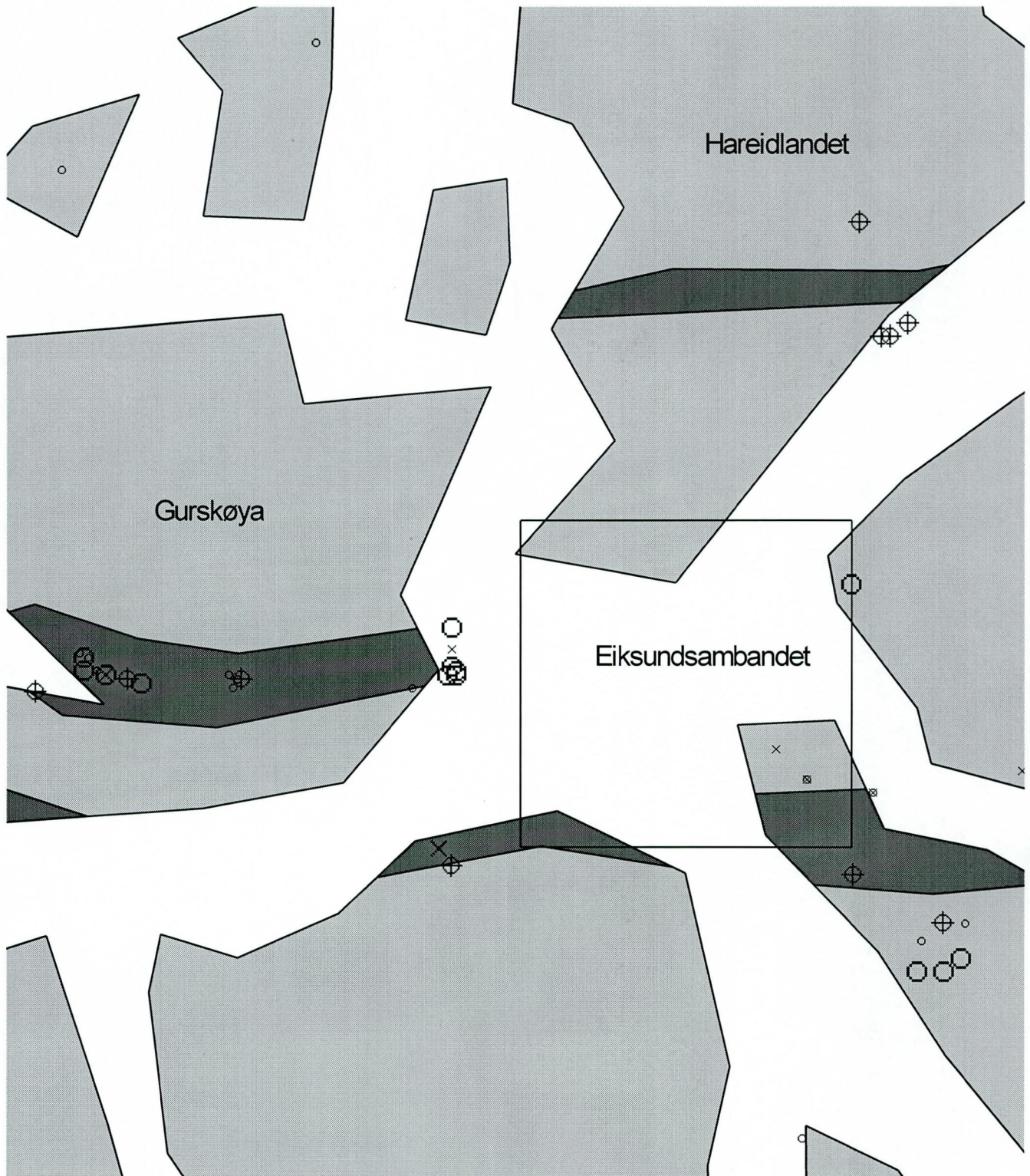
6. GRUNNVANN SOM INDIKATOR FOR VANNLEKKASJER I UNDERGRUNNEN

NGUs brønndatabase inneholder en rekke punkter i det aktuelle området hvor borebrønner i fjell brukes til vannforsyning. Vannføringen i disse brønnene, sett ut i fra deres plassering i forhold til bergart og sprekkesoner, gir gode indikasjoner på soner i berggrunnen hvor hyppigheten av sprekker med vannstrøm er høy eller lav.

Hovedmønsteret i området er at soner med mørk amfibolitt og amfibolførende gneis, som lokalt fører langstrakte linser med metasedimenter, som marmor og arkose, gir større vannmengder enn de omliggende lyse gneisene (ortogneiser). Speiselt framtrede er sonene med amfibolitt på sydlige Gurskøya (Fig. 5), hvor de fleste grunnvannsbrønner gir mer enn 1000 liter per time, i enkelte tilfeller opptil 10000 liter per time. Bare et fåtall brønner her gir små vannmengder, mens de lyse gneisene oftere gir et slikt resultat.

Den amfibolførende sonen i berggrunnen kan fortsette inn i området som er aktuelt for tunnelbryting (se kap. 4), og vil i såfall antagelig være den mest vannførende bergarten langs tunneltraseen. Er det linser med marmor i sonen, slik det er på Gurskøya, medfører dette en risiko for å påtreffe større hulrom og kanaler, dvs. karst-fenomener.

Fig. 5. Borebrønner for grunnvann i området rundt Eiksundsambandet. Brønnene antyder enkelte soner med forholdsvis høye brønnytelser. Grunnlagskartet for dette plottet er i målestokk 1:1 mill. Mange geografiske detaljer er derfor utelatt.



Brønnyttelse, liter/time

- × 0 - 100
- 101 - 350
- ⊗ 351 - 700
- ⊙ 701 - 1900
- ⊕ 1901 - 10000

Bergart

- Gneis, migmatitt, foliert granitt, amfibolitt
- Omdannede sedimentære og vulkanske bergarter, gneis

7. DISKUSJON AV MATERIALET

Hovedspørsmålet i denne vurderingen er hvorvidt det er en risiko for å påtreffe permeable sandlag og sandsteiner eller åpne sprekkesoner ved bygging av en undersjøisk tunnel for Eiksundsambandet. Det tilgjengelige materialet og den sparsomme geologiske litteraturen fra regionen gir ikke et klart svar på problemstillingen. For eksempel er unge (jurassiske i Bjørøytunnelen; Fossen mfl., 1995), permeable sandsteiner ikke beskrevet fra fjordene i området. Avstanden ut til kontinentalsokkelen, hvor slike bergarter er vanlig forekommende, er relativt stor, da sett i forhold til andre nyere tunnelprosjekter (f.eks. Hitra-Frøya; Braathen 1996; Sættem og Mørk 1996). Med en større avstand reduseres risikoen for å påtreffe denne type bergarter/avsetninger. Hvis permeable sandkropper skulle opptre i berggrunnen ved Eiksundsambandet er det mest sannsynlig at de er assosiert med lave refraksjons-seismiske hastigheter. I dette tilfellet fremkommer de lave hastighetene ved en kombinasjon av vitrede og omvandlede skifrihetssoner/bruddsoner, gjerne med leirfylling, og porøs sand med lav tetthet. Det er to hovedkandidater til slike soner i området, hvor den mest betydningsfulle er den ca. 100 meter brede lavhastighetssonen mellom Eika og Yksnøyana. Likeledes er sonen sydøst av Yksnøyana en annen kandidat. En rekke lavhastighetssoner i Eiksundet er såpass smale (maksimalt 10 til 40 meter) at de mest sannsynlig representerer dypvitrede skifrihetssoner.

Problemstillingen vedrørende muligheten for å påtreffe permeabel sand eller sandstein kan kun avklares ved boring mot punkter som potensielt utgjør den største risikoen (se under).

Åpne sprekker og sprekkesoner vil kunne gi store vanninnslag i en tunnel (f.eks. Selmer-Olsen 1981). Beskrivelsen over klargjør at en mørk amfibolitt og amfibol-gneis som lokalt fører linser med marmor, muligens kan påtreffes i området. Borebrønndata fra regionen indikerer at denne bergartssonen fører en større mengde åpne sprekker enn omliggende lyse gneiser. Videre kan den linseformige marmoren som opptrer i sonen ha utvikle åpne sprekker og huler ved kjemiske oppløsning av bergarten (karst), noe som lokalt kan gi meget stor vannstrøm.

Det er klart at spenninger i berggrunnen vil kunne påvirke åpenhetsgraden av sprekker (Banks mfl. i trykk). I en slik sammenheng vil sprekker orientert vinkelrett på spenningsfeltet bli klemt igjen, mens sprekker parallelt med den største spenningen blir presset slik at de blir mer åpne. Det regionale stressfeltet i denne regionen har en VNV-ØSØ til NV-SØ orientert største horisontal akse (f.eks. Lindholm mfl. 1995). Med et slikt utgangspunkt vil de NV-SØ orienterte sprekkesonene (Fig. 2 og 4) ha det største potensialet for å være åpne for vannstrøm.

Inntrykket fra flybildetolkningen og det refraksjonsseismiske materialet er at området i forholdsvis liten grad er gjennomslutt av større sprekkesoner. Dette kan antyde en forholdsvis lav sprekketetthet i berggrunnen.

8. KONKLUSJON

- (i) Det bearbejdet geofysiske materialet påviser to større refraksjonsseismiske lavhastighetssoner i sundet.
- (ii) Ingen geologiske observasjoner peker mot at det er permeabel sand eller sandstein i fjorden tilsvarende det man fant for Bjorøytunnelen (Fossen mfl., 1995).
- (iii) Risikoen for å påtreffre slik sand eller sandsteiner, eventuelt store, åpne sprekkesoner, vil kunne reduseres betraktelig ved å bore mot to utvalgte punkter.
- (iv) NV-SØ orienterte sprekkesoner vil med dagens spenningsfelt ha det største potensialet for å være åpne for vannstrøm.

9. FORSLAG TIL VIDERE ARBEIDER

Risikoen for å påtreffre sand, sandstein eller større, åpne sprekkesoner ved konstruksjon av en tunnel i området kan reduseres betraktelig ved at minst et, eventuelt to, punkter kjernebores. Disse punktene bør ligge rett over den planlagte tunneltraseen. Den viktigste boringen må lokaliseres til sentrale deler av lavhastighetssonene i sundet mellom Eika og Yksnøyana, og kan for eksempel skråbores mot nord eller NV fra Litløyana. Målet her må være å gjennomføre den markerte lavhastighetssonen. En annen boring kan være aktuell for lavhastighetssonen SØ av Yksnøyana. Plasseringen av denne sonen, litt ut fra øya, og på forholdsvis stort vanddyb, gjør at en boring her antagelig må utføres fra et boreskip eller en platform.

10. REFERANSER

- Anda, E., 1986. Regional topografi og den teriære landhevningen. Abstrakt, *Geolog nytt*, 21.
- Banks, D., Odling, N.E., & Skarphagen, H.E., in press. Permeability and stress in crystalline rocks. *Terra Nova*.
- Bryhni, I., 1991. Ålesund, berggrunnskart 1119 I - 1:50000, foreløpig utgave. *Norges geologiske undersøkelse*.
- Braathen, A., 1996. Bruddsoner på Frøya og Nord-Hitra. *NGU Rap. 96.023*. 15 sider.
- Follestad, B.A., 1995. Møre og Romsdal fylke - kvartærgeologisk kart M 1:250000. *Norges geologiske undersøkelse*.
- Fossen, H., Holter, K.G., Hesthammer, J., Mangerud, G., Martinsen, O., og Gabrielsen, R., 1995. Jurassic Park - nærmere enn vi tror. Problemer i Bjorøytunnelen. *Geonytt* 3, 3-6.
- Gabrielsen, R., and Ramberg, I.B., 1978. Fracture patterns in Norway from LANDSAT imagery: results and potential use. *Norwegian Petroleum Society*.
- Gjelsvik, T., 1951. Oversikt over bergartene i Sunnmøre og tilgrensende deler av Nordfjord. *Norges geologiske undersøkelse nr. 179*, 45 sider.
- Griffin, W.L., Austrheim, H, Brastad, K., Bryhni, I., Krill, A.G., Krogh, E.J., Mørk, M.B.E., Qvale, H., og Tørudbakken, B., 1985. High-pressure metamorphism in the Scandinavian Caledonides. In: Gee, D.G. and Sturt B.A. (eds.). *The Caledonian Orogen - Scandinavia and related areas*. John Wiley and Sons Ltd.
- Grønnlie, A., Naeser, C.W., Naeser, N.D., Mitchell, J.G., Sturt, B.A., and Ineson, P.R., 1994. Fission-track and K-Ar dating of tectonic activity in a transect across the Møre-Trøndelag Fault Zone, central Norway. *NGT* 74, 24-34.
- Larsen, E., og Longva, O., 1986. Miljøgeologi i Ørstafjorden. Del I. Sedimenttyper, mektighet og fordeling. NGU Rap. 87.125. 10 sider.
- Lindholm, C.D., Bungum, H., Bratli, R.K., Aadnøy, B.S., Dahl., N., Tørudbakken, B., & Atakan, K., 1995. Crustal stress in the northern North Sea as inferred from borehole breakouts and earthquake focal mechanisms. *Terra Nova* 7, 51-59.

- Ramberg, I.R., Gabrielsen, R., Larsen, B.T., og Solli, A., 1977. Analysis of fracture patterns in southern Norway. *Geologie en Mijnbouw*, 56, 295-310.
- Selmer-Olsen, R., 1981. Betragtninger over store vannlekkasjer i dyptliggende tunneler. In: Heltzen, A.M., Nilsen, B., og Mowinckel, A. (eds). *Fjellspregningsteknikk, bergmekanikk/geoteknikk*, 21.1-21.15. Tapir forlag.
- Sættem, J., og Mørk, M., 1996. Forstudier basert på vertikalboringer og regional lineament informasjon. *IKU Rap. 23.2574.00/01/96*.
- Thorsnes, T., og Lutro, O., 1990. Fosnavåg, berggrunnskart 1119 IV - 1:50000, foreløpig utgave. *Norges geologiske undersøkelse*.
- Tveten, E. og Lutro, O, under forberedelse. Berggrunnskart Ulsteinsvik - 1:250000. *Norges geologiske undersøkelse*.
- Tveten, E. og Lutro, O, under forberedelse. Berggrunnskart Ålesund - 1:250000. *Norges geologiske undersøkelse*.