

NGU-rapport nr. 87.105

Seismiske undersøkelser i
Fjørtoftfjorden,
Møre og Romsdal.



Norges geologiske undersøkelse

Leiv Eirikssons vei 39, Postboks 3006, 7001 Trondheim - Tlf. (07) 92 16 11
Oslokontor, Drammensveien 230, Oslo 2 - Tlf. (02) 50 25 00

Rapport nr. 87.105	ISSN 0800-3416	Åpen/Offentlig	
Tittel: Seismiske undersøkelser i Fjørtoftfjorden, Møre og Romsdal			
Forfatter: Reidulv Bøe Jan Fredrik Tønnesen		Oppdragsgiver: Møre og Romsdal fylkeskommune NGU	
Fylke: Møre og Romsdal		Kommune: Haram, Sandøy	
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Ålesund		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1220 III Brattvåg	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 20	Pris: 125.-
		Kartbilag: 8	
Feltarbeid utført: 06.05.87 . 11.05.87	Rapportdato: 24.09.1987	Prosjektnr.: 2301.05.51	Prosjektleder: K. Bjerkli
Sammendrag: <p>NGU har utført refleksjonsseismiske og refraksjonsseismiske undersøkelser i Fjørtoftfjorden samt strukturgeologisk rekognosering på Fjørtoft og Harøy som underlag for vurdering av fast veiforbindelse mellom de to øyer. Resultatene er presentert i form av ulike kart og plansjer.</p> <p>Maksimalt er det registrert 32 ms. sedimenter på to steder i Fjørtoftfjorden, men avsetningene er vanligvis en god del tynnere. De ligger som et relativt jevnt morenedekke på bunnen med glasimarine avsetninger over i de dypere deler av fjorden. Lydhastigheter er for sedimentene beregnet til 1900-2100 m/s og for fjellgrunnen 5000-5600 m/s.</p> <p>To gunstige tunneltraséer er utpekt. Den korteste vil måtte gå 110-130 m under havflaten, den andre 80-100 m under havflaten.</p>			
Emneord	Kvartærgeologi	Marin geologi	
Strukturgeologi	Refleksjonsseismikk	Refraksjonsseismikk	
Mektighet	Geofysikk	Fagrapport	

INNHold

	side
1. INNLEDNING	4
2. SJØBUNNSTOPOGRAFI	6
3. BERGGRUNN OG STRUKTURGEOLOGI	6
4. REFRAKSJONSSEISMISK TOLKNING	8
4.1 GENERELT	8
4.2 USIKKERHET	8
4.3 TOLKNINGSRESULTATER	8
5. REFLEKSJONSSEISMISK TOLKNING	9
5.1 GENERELT	9
5.2 OVERFLATESEDIMENTER/BUNNTYPE	9
5.3 FORDELING OG MEKTIGHET AV LØSMASSER	10
6. DISKUSJON	10
7. KONKLUSJON	11
REFERANSER	13

APPENDIKS:

1. REFLEKSJONSSEISMISKE MÅLINGER
2. REFRAKSJONSSEISMISKE MÅLINGER
 - 2.1 OM METODEN
 - 2.2 UTFØRELSE
3. AUTOMATISK POSISJONERING

KARTBILAG:

- 87.105-01: Havbunnstopografisk kart. M 1:10 000.
- 87.105-02: Strukturgeologisk kart. M 1:50 000.
- 87.105-03: Refleksjons-/refraksjonsseismiske profiler. M 1:10 000.
- 87.105-04: Tolkede refraksjonsseismiske profiler.
- 87.105-05: Tolkede refleksjonsseismiske profiler.
- 87.105-06: Overflatesediment-/bunntypekart.
M 1:10 000.
- 87.105-07: Mektighetskart. M 1:10 000.
- 87.105-08: Fjellkotekart. M 1:10 000.

1. INNLEDNING

I mai 1987 ble det utført refleksjonsseismiske og refraksjonsseismiske målinger i Fjørtoftfjorden, Møre og Romsdal. Prosjektet inngår som en forundersøkelse i vurderingen av muligheten for fast veiforbindelse mellom øyene Fjørtoft og Harøy. Hovedformålet med arbeidet var:

1. Beskrive den kvartære stratigrafi og hovedtyper av overflatesedimenter.
2. Kartlegge sedimentmektigheter og lage fjellkotecart.
3. Kartlegge berggrunn og strukturgeologiske elementer.
4. Peke ut interressante traseer for en fjordkryssing og eventuelt anbefale oppfølgende undersøkelser.

I forbindelse med punkt 3 er det benyttet datamateriale innsamlet under feltarbeide i juli 1986 (R. Bøe).

Det refleksjonsseismiske profilnett dekker et område som strekker seg fra linjen Hellvika (Fjørtoft) - Kvalneset (Harøy) i vest til linjen Kongsneset - Myklebusthamna i øst. 7 refraksjonsseismiske profiler med samlet lengde 1.5 km er skutt i nordøst-sydvestretning innen dette området.

Som kartgrunnlag er det benyttet Serie M 711 i målestokk 1:50 000 (kart 1220 III) og "Hydrografisk original" i målestokk 1:20 000 (kartene VI-111 og VI-113) fra Statens kartverk.

Under de refleksjonsseismiske målingene ble Elma (Appendiks 1) benyttet som seismisk signalkilde, og posisjoneringen ble utført v.h.a. Motorola Miniranger (Appendiks 3). Refraksjonsmålingene er utført som beskrevet i Appendiks 2.

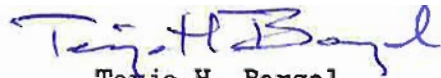
Feltarbeidet ble utført fra NGUs forskningsfartøy "Seisma" (55 fot) med følgende besetning fra NGU:

O. Longva	(geolog/skipper)
P.T. Moen	(ingeniør/teknisk drift)
R. Bøe	(geolog/navigatør)
J.F. Tønnesen	(geofysiker refraksjonsseismikk)

I tillegg deltok H. Longva som skipper med sitt hjelpefartøy.

Prosjektet er gjennomført med tilskuddsmidler fra Møre og Romsdal fylkeskommune. Undersøkelsene er koordinert av fylkesgeolog E. Anda.

Trondheim, 21. september 1987
Seksjon for løsmassekartlegging



Terje H. Bargel
seksjonssjef



Reidulv Bøe
forsker



Jan Fredrik Tønnesen
forsker

2. SJØBUNNSTOPOGRAFI

Hovedtrekkene i sjøbunnstopografien er gitt i Tegning 87.105-01. Dybdekartet er basert på "Hydrografiske originaler" nr. VI-111 og VI-113 i målestokk 1:20 000 utarbeidet i 1966 av Statens kartverk, Norges sjøkartverk. Disse er oppfotografert slik at det utarbeidede kart er i målestokk 1:10 000 med 10 m ekvidistanse i forhold til havnivå ved springfjære. Vedlagte kart må ikke benyttes til navigasjon.

Fjørtoftfjorden er en forholdsvis grunn fjord; kun i øst finnes det dybder over 50 m der det går et dypområde i nordvest-sydøstlig retning. Dette grunnes gradvis mot nordvest for så praktisk talt å forsvinne nordøst av Kongsneset.

Den vestlige del av fjorden er et stort grunnområde med flere båer og skjær. Dypeste del av fjorden ligger her i nord med dybder fra 20-40 m.

Det generelle bildet i Fjørtoftfjorden er at dybden øker fra nordvest mot sydøst.

3. BERGGRUNN OG STRUKTURGEOLOGI

Bergartene på Fjørtoft og Harøy er hovedsaklig grunnfjell av prekambrisk alder, og består av granodiorittiske og granittiske øyegneisser, båndgneisser og sliregneisser, migmatitter, amfibolitter, gabbroer, dunitter og eklogitter (Gjelsvik, 1951, 1952 og 1953; Sigmond et al., 1984; Mørk, 1986 og 1987).

Gneissenes alder er antatt å være ca. 1700 mill. år (Krogh, 1977; Brueckner, 1979; Cuthbert et al., 1983). For ca. 1000 mill. år siden ble bergartene påvirket av den Sveconorwegiske fjellkjededannelsen (Krogh, 1977; Brueckner, 1979), og man fikk intrusjon av blant annet gabbro.

Under den Kaledonske deformasjonsfasen for ca 400 mill. år siden ble så bergartene kraftig metamorfisert, og det ble dannet eklogitter (Krogh, 1977; Brueckner, 1979; Griffin og Brueckner, 1980; Cuthbert et al., 1983). Disse har senere gått gjennom en retrograd metamorfose med dannelse av blant annet serpentinitter.

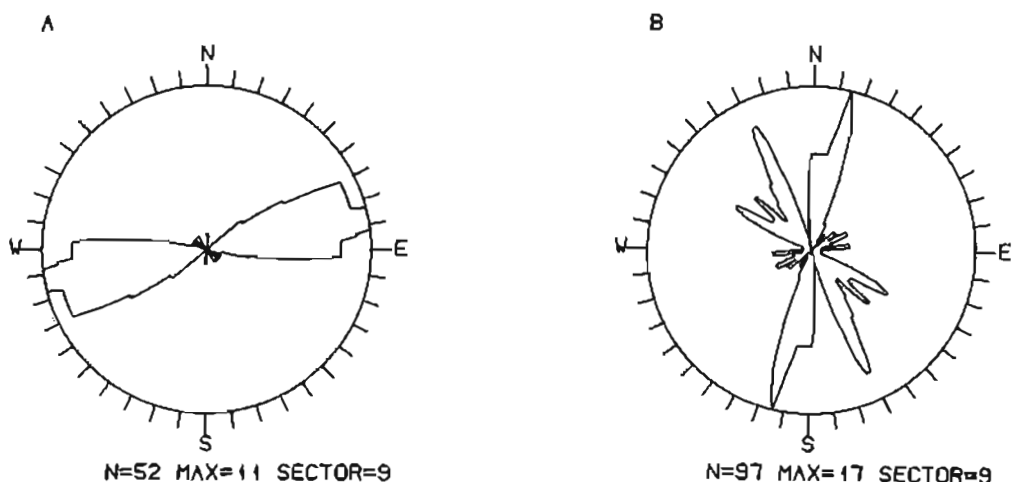
I slutten av Devontiden ble bergartene igjen foldet og deformert (Bøe, 1986). I hvilken grad senere deformasjonsfaser (i Mesozoicum og Tertiær) har påvirket bergartene er ennå ikke fullt ut klarlagt, men forkastningsaktivitet og kraftig oppsprekking har funnet sted.

Langs nordøstkysten av Fjørtoft dominerer grå, granodiorittiske båndgneisser og migmatitter, men det finnes også mer granittiske øyegneisser. Lenger vest ligger det en serie med finbandede gneisser og mylonitter som går tvers over øya og kan gjenfinnes langs sydvestkysten. Et karakteristisk trekk er at det overalt

finnes store mengder eklogitter og granatamfibolitter i gneissen. Fra Kongsneset og sydover langs østkysten av Fjørtoft er det ikke observert blotninger av bart fjell.

Bergartene på sydspissen av Harøya har en mer mafisk sammensetning, og består hovedsaklig av amfibolitter og granatamfibolitter, eklogitter og amfibolittiske gneisser.

På Nordøyane stryker bergartenes foliasjon vanligvis i østnordøst-vestsydvestlig retning (Fig. 1a), men innen området er det en god del lokale variasjoner (Tegning 87.105-02). Bergartene på sydspissen av Harøy har en mer nordøstlig orientering enn bergartene på nordøstkysten av Fjørtoft, som generelt stryker øst-vest.



Figur 1. a) Rosediagram over foliasjonens strøkretning fra Nordøyane. Merk østnordøst-vestsydvestlig orientering. b) Sprekke-/forkastningsretninger på Nordøyane. Merk de to dominerende retningene, en ca. 15 og den annen ca. 155 . (Hentet fra R. Bøe, 1987).

Et rosedigram over målte sprekke- og forkastningsretninger fra Nordøyane er presentert i Fig. 1b. To hovedretninger kommer klart til uttrykk, en i nordnordvest-sydsydøstlig retning, og en i nordnordøst-sydsydvestlig retning. Også her finnes det lokale variasjoner, og som man kan se fra Tegning 87.105-02 er det den nordnordøst-sydsydvestlige retningen som dominerer på nordøstkysten av Fjørtoft og sydspissen av Harøya. Andre viktige, men mindre utpregede sprekke-/forkastningsretninger er nordøst-sydvest og nordnordvest-sydsydøst.

Generelt kan det konkluderes at nordøstkysten av Fjørtoft er tildels kraftig oppsprukket. Sydspissen av Harøy er mer massiv og lite oppsprukket.

4. REFRAKSJONSSEISMISK TOLKNING

4.1 Generelt

Resultatene av de refraksjonsseismiske målingene er vist som profiltolkninger i Tegning 87.105-04. Lokaliseringen av profilene er vist på kartutsnitt (M 1:50 000) i samme bilag og dessuten i Tegning 87.105-03 (M 1:10 000). Refraksjonssmålingene er konsentrert langs to mulige fjordkryssingstraseer, en i øst mellom Vågholmen og Myklebusthamna og en i vest mellom Hellvika og Kvalneset. Profilplassering er valgt etter foreløpig vurdering av refleksjonsseismikken. Profilene er lagt til områdene med størst sjødyb og/eller med anslått størst løsmassemektighet, dessuten på enkelte grunnere områder nær land for bedre kontroll av fjellnivået.

4.2 Usikkerhet

Horisontal usikkerhet i profilplassering synes å være 30-50 m. Foruten en usikkerhet i målebåtens posisjon på 15-20 m kommer usikkerheten i kabelens beliggenhet på sjøbunnen. Den øker med økende sjødyb, men vil i vesentlig grad være avhengig av strømforholdene i fjorden under kabelutleggingen.

Sjødyppet langs profilene er tatt ut fra Hydrografisk original. I tolkningsprofilene representerer havoverflaten gjennomsnitts sjønivå. Nøyaktigheten i tegnet sjødyb regnes å være bedre enn 2-3 m. Usikkerhet i beregnede løsmassemektheter regnes å være mindre enn 2 m. Fjelloverflaten langs profilene vil derfor maksimum kunne ligge 4-5 m dypere enn angitt.

4.3 Tolkingsresultater

Profil 1-5 (Vågholmen-Myklebusthamna):

De største løsmassemekthetene på 15 m og 12 m er funnet ved sydenden av henholdsvis profil 3 og 4. Sydover langs profil 2 og 1 er løsmassemektheten i området 2-7 m med et maksimum på 9 m ved sydenden av profil 1. Videre mot nord langs profil 3, 4 og 5 varierer løsmassemektheten i området 4-8 m.

Laveste fjellnivå på 65 m under havnivå er registrert ved sydenden av profil 3. Sydover mot Vågholmen ligger fjelloverflaten 50-53 m under havnivå langs profil 2 og gjennomgående 40-43 m under havnivå langs profil 1. Lengst syd i profilet kan fjellet ligge noe grunnere. Mot nord langs resten av profil 3 og langs profil 4 er fjelloverflaten 50-60 m under havnivå, mens den langs profil 5 ligger 20-24 m under havnivå.

Profil 6-7 (Hellvika-Kvalneset):

Langs de sydligste 70 m av profil 6 er løsmassemekktigheten bare 2-4 m mens den forøvrig langs profilet varierer mellom 6 og 11 m. Ved sydenden av profilet er fjelloverflaten 17-18 m under havnivå, men den skråner nedover mot nord og er i området 28-32 m under havnivå langs nordlige halvdel av profilet. Løsmassemekktigheten langs profil 7 er gjennomgående 12-14 m, men med et maksimum ved nordenden på ca. 16 m. Fjelloverflaten langs profilet ligger i området 38-42 m under havnivå, men går mot nordenden av profilet ned til rundt 44 m.

Seismisk hastighet i løsmassene er funnet å være i området 1900-2100 m/s langs profil 3 og 7. Hastigheten synes å være høy også langs de øvrige profilene, men hastighetsverdiene er mer usikre på grunn av forholdsvis små løsmassemekktigheter. De høye hastighetene indikerer godt pakket materiale. Tilsvarende høye løsmassehastigheter er også registrert i Haramsfjorden og Nogvafjorden (Tønnesen, 1987).

Seismisk hastighet i fjell langs profilene er beregnet å ligge i området 5000-5600 m/s. De laveste verdiene opptrer i profil 3 og 5. De forholdsvis høye hastighetene indikerer at ingen større soner med oppsprukket fjell krysser de målte profilene. For sammenligning refereres til refraksjonsseismiske målinger ved Rogne på Skuløy (Tønnesen, 1986). Der er det registrert betydelige variasjoner i fjellhastigheten og det opptrer flere soner med lav hastighet (3000-4000 m/s).

5. REFLEKSJONSSEISMISK TOLKNING

5.1 Generelt

Tegning 87.105-03 viser en oversikt over utseilte refleksjonsseismiske profiler. Den interne profilavstand varierer mellom 200-400 m, og totalt er det skutt 19 profiler. 5 av disse tolkede profilene er gjengitt på Tegning 87.105-05. Som man kan se er sedimenttykkelsen angitt i millisekunder (ms) to-veis gangtid. Forutsetningene og fremgangsmåten for å konvertere dybdeverdier fra millisekunder to-veis gangtid til mektighet i meter er forklart i Appendiks 1.

5.2 Overflatesedimenter/Bunntype

De kvartære avsetningene i Fjørtoftfjorden består hovedsaklig av to typer. Glasimarine sedimenter dominerer i de dypere partier av fjorden og består av dårlig sortert leire med et høyt innhold av silt og sand samt isdroppet, grovere materiale. De grunnere områdene, spesielt syd av Harøy og nordøst av Fjørtoft, er dominert av grovere morenemateriale (Tegning 87.105-06). Det er vanligvis en gradvis overgang mellom disse to sedimenttypene, og skarpe skillelinjer kan ikke plasseres (Tegning 87.105-05) (se også Larsen et al., 1987).

Den tredje bunntypen som kan observeres er bart fjell. Dette finnes spesielt på det nordøst-sydvest-gående høydedraget rundt Vågholmen. Her ligger morenemateriale, hovedsaklig bunnmorene, som et jevnt dekke over fjell med oppstikkende fjellknauser innimellom.

Både nordvest og sydøst av Vågholmen ligger det enkelte steder sand i overflaten, og da som oftest ved overgangen mellom bart fjell og morene. Disse avsetningene har en tydelig akustisk lagdeling, og er sannsynligvis utvasket fra grovere morenemateriale av strøm, tidevann og bølger.

5.3 Fordeling og mektighet av løsmasser

Det utarbeidede mektighetskartet i målestokk 1:10 000 (Tegning 87.105-07) er basert på innsamlede data både fra refraksjons- og refleksjonsseismikken. Sedimenttykkelser er angitt i millisekunder to-veis gangtid og konturert for hvert 10. ms. To kontursymboler er benyttet. Sammenhengende linjer er trukket der man med forholdsvis stor sikkerhet har kunnet beregne total mektighet av løsmasser. Stiplede konturer er trukket der de geologiske forhold ikke har muliggjort en sikker identifisering av fjellreflektoren. Dette skyldes her tilstedeværelse av en tynn bunnmorene (sannsynligvis bare noen få meter mektig (Kap. 4)) som maskerer fjelloverflaten.

Fra Tegning 87.105-05 og Tegning 87.105-07 kan man se at det ligger et noenlunde jevnt tykt sedimentdekke på bunnen av Fjørtoftfjorden. Maksimalt er det observert 32 ms løsmasser på to steder; i "dyprenna" nordøst av Fjørtoft og i et lite basseng nord av Fjørtoft. Vanligvis ligger mektigheten mellom 10-30 ms med mange lokale maksima mellom 20-30 ms. Syd av Harøy og lengst vest i fjorden er det generelt mindre enn 10 ms overdekning.

6. DISKUSJON

Morene og glasimarin leire er de to dominerende sedimenttyper i Fjørtoftfjorden. I grunne områder ligger bunnmorene som et jevnt, relativt tynt dekke på fjelloverflaten, mens det i dypere partier av fjorden i tillegg finnes glasimarine sedimenter over morenen. Overgangen mellom disse to er aldri skarp, og det har derfor vært et spørsmål om skjønn hvor grensen mellom dem skulle plasseres. De refraksjonsseismiske målingene gir lydshastigheter i avsetningene på rundt 2000 m/s, noe som indikerer enten morene eller grovt, dårlig sortert, glasimarint materiale.

Det utarbeidede fjellkotekartet er vist på Tegning 87.105-08. Ved utarbeiding av kartet er det benyttet en lydshastighet i sedimentene på 2000 m/s (Kap. 4). Hastigheter i millisekunder to-veis gangtid er så omgjort til mektigheter i meter og summert med vanddyp fra hydrografiske originaler. Også mektigheter fremkommet ved de refraksjonsseismiske målingene ligger til grunn

for kartet. Verdier fremkommet ved disse to forskjellige målemetodene viser seg å stemme svært godt overens. Det antas at usikkerheten i kartet ligger i størrelsesorden +/- 5 m (Appendiks 1,2 og 3).

Som man kan se har fjelloverflaten i fjorden en generell helning mot sydøst. Midt i fjorden mellom Vågholmen og Harøy er det en ganske markert dypål med maksimalt dyp til fjell på 76 m. Mot nordvest forsvinner denne dypålen, og fjelloverflaten får en undulerende topografi med høydedrag og dypereliggende bassenger. Disse bassengene når en maksimal dybde på 50-55 m under havnivå. Lengst i vest ligger fjelloverflaten mindre enn 30 m under havnivå. Lengst nordvest i det undersøkte området er det igjen et dypere parti med verdier mellom 45 og 55 m.

Fra de refraksjonsseismiske målingene (Kap. 4) er det påvist lydshastigheter i berggrunnen på 5000-5600 m/s. Disse verdiene er relativt høye, og indikerer lite oppsprekking. Dette synes å stå i kontrast til observasjoner gjort på nordkysten av Fjørtoft der det er til dels kraftig oppsprekking (Kap. 3). Sannsynligvis avtar intensiteten i oppsprekking mot nordøst, men det er også mulig at refraksjonsprofilene krysser få sprekkesoner, da de ligger parallelt med hovedsprekkeretningen (Kap. 3).

7. KONKLUSJON

Fra de utførte undersøkelsene er det spesielt to traseer som peker seg ut som gunstige for en fjordkryssing med tunnel:

1. Den korteste traseen går langs linjen Vågholmen-sydspissen av Harøya. Fjelloverflaten ligger her maksimalt 76 +/- 5 m under havnivå, og en tunnel vil måtte gå 110-130 m under havflaten. Dypålen ligger omtrent midt i fjorden, noe som også peker i positiv retning. P.g.a. vanskeligheter med plassering av kablene under de refraksjonsseismiske undersøkelsene mangler det refraksjonsseismikk i det dypeste partiet av dypålen. Det anbefales at man her legger et ekstra refraksjonsprofil for å undersøke om det kan finnes en svakhetsone i berggrunnen.

2. Den andre traseen som etter disse undersøkelsene peker seg ut som gunstig går fra Hellvika på Fjørtoft til Endevika på Harøy. Ved å starte langt nok vest på Fjørtoft og bøye av mot øst etter hvert som man går mot nordøst blir største dyp til fjell mindre enn 50 m. En tunnel vil dermed kun måtte gå 80-100 m under havflaten.

Det er mulig at oppsprekking i fjellgrunnen, spesielt ved Fjørtoft, vil kunne skape endel problemer, da hovedsprekkeretningen går parallelt med de foreslåtte tunneltraseer. Det foreslås derfor at det legges noen refraksjonsseismiske profiler i nordvest-sydøstlig retning over traseeområdene for å kartlegge eventuelle sprekkesoner. Ellers er gneissene i dette området gunstige bergarter for tunnellbygging.

REFERANSER

- Brueckner, H.K. 1979: Precambrian ages from the Geiranger-Tafjord-Grotli area of the Basal Gneiss Region, West Norway. NGT 59, nr. 2. s. 141-153.
- Bøe, R. 1986: Some sedimentological and structural studies of the Old Red Sandstone Hitra Group, Hitra, Sør-Trøndelag. Cand. scient. thesis. Universitetet i Bergen. 238 s.
- Bøe, R. 1987: Refleksjonsseismisk kartlegging i Vigrafjorden og Haramsfjorden, Møre og Romsdal. NGU-rapport nr. 87.036. 15 s.
- Cuthbert, S.J., Harvey, M.A. and Carswell, D.A. 1983: A tectonic model for the metamorphic evolution of the Basal Gneiss Complex, Western South Norway. Journal of Metamorphic Geology 1, no. 1. s. 63-90.
- Gjelsvik, T. 1951: Oversikt over bergartene i Sunnmøre og tilgrensende deler av Nordfjord. NGU 179. s. 1-45.
- Gjelsvik, T. 1952: Metamorphosed Dolerites in the Gneiss Area of Sunnmøre on the West Coast of Southern Norway. NGT 30. s.33-134.
- Gjelsvik, T. 1953: Det nordvestlige gneis-område i det sydlige Norge, aldersforhold og tektonisk-stratigrafisk stilling. NGU 184, s. 71-94.
- Griffin, W.L. and Brueckner, H.K. 1980: Caledonian Sm-Nd ages and a crustal origin for the Norwegian eclogites. Nature 285. s. 319-321.
- Krogh, E.J. 1977: Evidence of Precambrian ontinent-continent collision in Western Norway. Nature 267. s. 17-19.
- Larsen, E., Klakegg, O. og Longva, O. 1987: Kwartærgeologisk kystsonerkart Brattvåg 1220 III - M 1:50 000. Norges Geologiske Undersøkelse. Under trykking.
- Mørk, M.B.E. 1986: High-pressure metamorphism of gabbroic rocks and the formation of eclogites, Western Norway. Dr. Scient. thesis. Universitetet i Oslo.
- Mørk, M.B.E. 1987: Berggrunnsgeologisk kart Brattvåg 1220 III M 1:50 000. Norges Geologiske Undersøkelse. Under utarbeiding.
- Sigmond, E.M.O., Gustavson, M. og Roberts, D. 1984: Berggrunnskart over Norge - M 1:1 000 000. Norges Geologiske Undersøkelse.

Tønnesen, J.F. 1986: Seismiske undersøkelser ved Rogne, på Rognholmen og ved vestenden av Engesetvatnet i Haram kommune, Møre og Romsdal. NGU-rapport nr. 86.157.

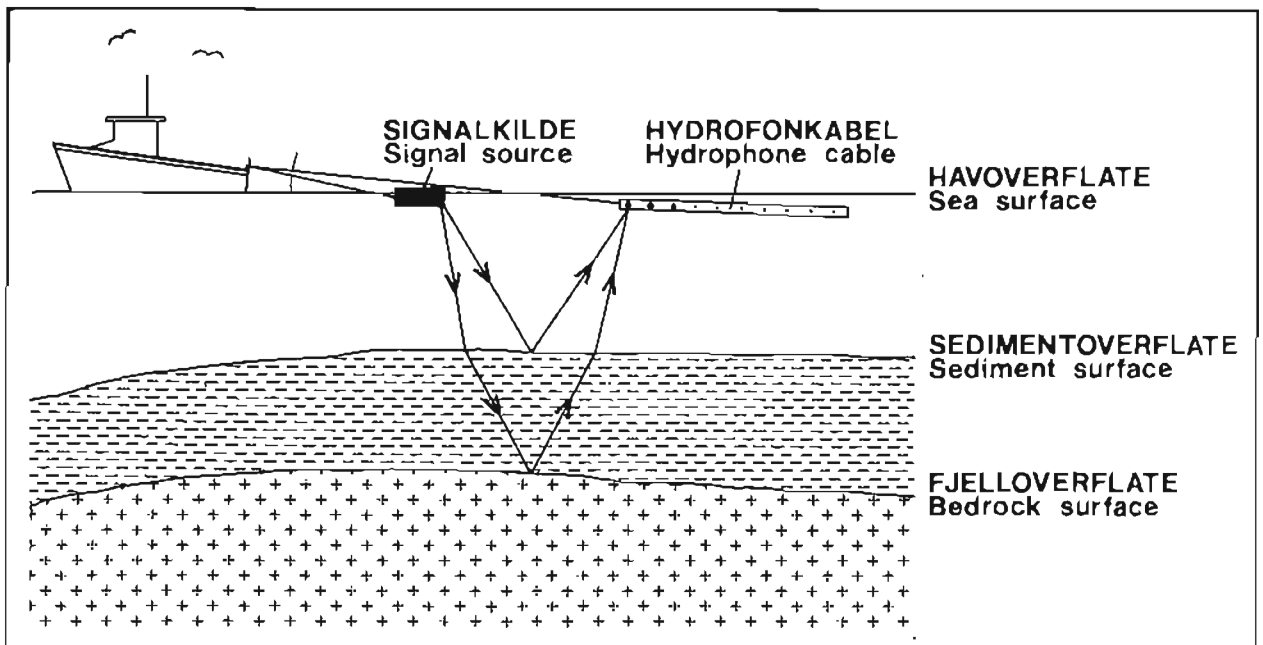
Tønnesen, J.F. 1987: Refraksjonsseismiske undersøkelser i Haramsfjorden og Nogvafjorden, Haram kommune, Møre og Romsdal. NGU-rapport nr. 87.040.

APPENDIX 1

REFLEKSJONSSEISMISKE MÅLINGER.

Ved den refleksjonsseismiske målemetoden sendes en seismisk bølge (lydpuls) ut fra ett punkt, og mottas i et annet punkt.

I praksis skjer dette ved at det sendes lydsignaler ut fra en signalkilde. Lyden vil forplante seg i det mediet den sendes ut i, for så å reflekteres ved overgangen til et annet medium. Mottak av det reflekterte signalet skjer ved hjelp av en hydrofonkabel ("lyttekabel").



Ved refleksjonsseismiske målinger registreres den utsendte lydimpulsen "2-veis gangtid". Dette er tiden lydimpulsen bruker på å forplante seg fra lydkilden, ned til en reflekterende horisont, og derfra tilbake til hydrofonkabelen. De reflekterende horisontene representerer grenseflater mellom medier med forskjellige fysiske egenskaper, blant annet forskjell i tetthet og seismisk hastighet. Eksempel på slike grenseflater er overgangen mellom vann/sediment og overgangen sediment/fast fjell.

Noe av energien fra en lydimpuls som er reflektert til havoverflaten vil bli reflektert ned igjen fra grenseflaten hav/luft. Lydimpulsen vil dermed gå en, eller normalt flere ganger ned til underliggende grenseflater for så å bli reflektert til overflaten og bli registrert på nytt. På de seismiske profilene vil dette bli tegnet ut som nye horisonter mot økende dyp. Disse "falske" horisontene kalles multipler. I mange tilfeller vil det

være vanskelig å identifisere geologiske grenseflater under 1. multippel.

Dersom en kjenner den seismiske hastigheten for et lag, kan en ved å måle tiden fra utsendelse til mottak av en lydimpuls, finne lagets mektighet.

Beregningseksempel:

Lydhastighet for laget: 2000 m/s
Målt 2-veis gangtid : 100 ms = 0.1s

Lagets mektighet: $2000 \text{ m/s} * 0.1 \text{ s} / 2 = 100\text{m}$

Vanlige lydhastigheter (seismiske hastigheter) for sedimenter i sjøen vil være:

Vann	:	ca. 1500 m/s
Leir	:	1500 - 1800 m/s
Sand/grus	:	1500 - 1700 m/s
Morene	:	1500 - 2800 m/s
Fjell	:	> ca. 4000 m/s

Penetrasjonsevne (evne til å trenge ned i løsmasser/bergarter) vil være avhengig av type signalkilde, men også av geologiske forhold. Lydimpulsen vil generelt forplante seg lett gjennom silt/leir- holdige sedimenter, selv om disse kan inneholde en del sand og grus. En større del av energien vil derimot reflekteres fra overflaten av morene og godt sortert sand/grus.

Den vertikale oppløsningen (detaljeringsgraden) vil hovedsakelig avhenge av type signalkilde. Seismiske signalkilder som Uniboom, Sparker, Luftkanon og Elma, gir registreringer med vertikal oppløsning mellom ca. 5 - 15 ms.

De signalkilder NGU benytter er:

Luftkanon	, oppløsning	8 - 10 ms
Elma	, oppløsning	5 - 7 ms

APPENDIKS 2

REFRAKSJONSSEISMISKE MÅLINGER

2.1 Om metoden

Metoden grunner seg på at lydets forplantningshastighet forandrer seg med mediets elastiske egenskaper. Det aktuelle hastighetsområde i den såkalte ingeniørseismikk er fra ca. 200 m/s (meter pr. sekund) i visse typer porøst overdekke til godt over 5000 m/s i enkelte bergarter.

En "lydstråle" fra en sprengning i overflaten treffer en grense mellom 2 sjikt hvor lydhastigheten er henholdsvis V_1 og V_2 , og vinkelen mellom lydstråle og innfallslodd kalles i . Etter at strålen har passert sjiktgrensen vil den danne en vinkel R med innfallslodden, slik at

$$\frac{\sin i}{\sin R} = \frac{V_1}{V_2} . \text{ Når } R \text{ blir } = 90^\circ, \text{ vil den refrakterte stråle følge sjiktgrensen og vi har } \sin i = \frac{V_1}{V_2}$$

Den bestemte innfallsvinkel som tilfredsstiller denne betingelse kalles kritisk vinkel eller i_c .

Lydforplantningen langs sjiktgrensen vil gi årsak til sekundærbølger som returnerer til terrengoverflaten under vinkelen i_c . I en viss kritisk avstand fra skuddpunktet vil disse refrakterte bølger nå frem før de direkte bølger som har fulgt terrengoverflaten. Den kritiske avstand er proporsjonal med dypet til sjiktgrensen og forøvrig bare avhengig av forholdet mellom de to hastigheter. Denne sammenheng utnytter en ved å plassere seismometre langs en rett linje i terrenget og registrere de først ankomne bølger fra skudd i hensiktsmessig valgte posisjoner i samme linje. En får da bestemt de nødvendige data for å fastlegge dypene til sjiktgrensen. Dersom overdekket er homogent med hensyn på lydhastigheten langs profilet, kan en oppnå en god dybdebestemmelse for hver seismometerposisjon. Imidlertid vil det ofte være betydelige laterale variasjoner til stede, og overdekkehastighetene blir ved små dyp bare bestemt i nærheten av skuddpunktene. Ofte vil det derfor være naturlig å legge størst vekt på dybdebestemmelsen under skuddpunktene.

Disse betraktninger kan utvides til å gjelde flere sjiktgrenser. En får refrakterte bølger fra alle grenser når hastigheten i det underliggende medium er større enn i det overliggende. Kontrasten må være av en viss størrelse, og vinkelen mellom sjiktgrense og terrengover-

flate må ikke være for stor. I praksis vil en gjerne få vanskeligheter når denne vinkel overstiger 25° .

Det forekommer at en sjiktgrense ikke avspeiler seg i de opptegnede diagrammer, fordi de refrakterte bølger fra denne grense når overflaten senere enn fra en dypere grense. Det foreligger da en såkalt "blind sone", og de virkelige dybder kan være vesentlig større enn de beregnede. En annen feilkilde er til stede hvis lyden på sin vei nedover i jordskorpen treffer et sjikt med lavere hastighet enn det overliggende. Fra denne sjiktgrense vil det aldri komme refrakterte bølger opp igjen til overflaten, og lavhastighetssjiktet vil derfor ikke kunne erkjennes av måledataene. De virkelige dyp vil være mindre enn de beregnede. Generelt må en si at usikkerheten i de beregnede dyp øker med antall sjikt.

Dersom det ikke opptrer systematiske feil som beskrevet ovenfor, er erfaringsmessig usikkerheten i dybdeberegningene under 10% for dyp større enn 10 m og 1 m for mindre dyp. De største hastighetsendringer opptrer ved overgangen "tørre"/vannmettede løsmasser og overgangen løsmasser/fjell. Nedenfor er angitt seismisk hastighetsområde for de mest vanlige løsmassetyper. Spesielt under grunnvannsnivå er det betydelig hastighetsoverlapp mellom løsmassetypene.

Soner med lave hastigheter i fjell skyldes som regel oppsprukket (dårlig) fjell. Normalt er hastigheten i fast fjell i området fra 4000 til godt over 5000 m/s.

LYDHASTIGHETER I DE MEST VANLIGE LØSMASSETYPER

Organisk materiale		150 - 500 m/s
Sand og grus	- over grunnvann	200 - 800 "
Sand og grus	- under "	1400 - 1600 "
Morene	- over "	700 - 1500 "
Morene	- under "	1500 - 1900 "
Hardpakket bunnmorene		1900 - 2800 "
Leire		1100 - 1800 "

2.2 Utførelse

I denne undersøkelsen ble det benyttet et registreringsinstrument av typen ABEM Trio me 24 kanaler. For profil 1 og 6 ble det anvendt 2 registreringskabler med 12 hydrofoner (seismometre) hver. Langs den korteste kabelen er avstanden 10 m mellom hydrofonene, den andre har to hydrofonavstander i hver ende på 10 m, mens avstanden ellers er 20 m. Det ble brukt to båter ved målingene. Forskningsskipet "Seisma" med instrumenteringen ble ankret opp i ønsket posisjon. Med hjelpefartøyet ble hydrofonkabelen lagt ut på sjøbunnen langs profilretningen, en til hver side fra målebåten. Små dynamittladninger ble plassert på sjøbunnen, en ved målebåten mellom kabelutleggene og en i hver ende av kabelen, ca. 10 m utenfor siste hydrofon. I tillegg ble det plassert et skuddpunkt (fjernskudd) 50-100 m ut fra hver ytterende for å få heldekkende måling av fjellrefraktoren langs kabelutleggene.

For profil 2-4 ble bare den korte hydrofonkabelen benyttet, mens den lengste kabelen ble brukt alene for profil 5 og 7. I tillegg til skuddpunkt ved hver ende av kabelen ble det også her benyttet fjernskudd.

APPENDIX 3

POSIJONERING.

Automatisk posisjonering.

Utstyr: Motorola Miniranger , Falcon 484
HP 9836 datamaskin med 2 diskettstasjoner

Posisjonering ved hjelp av Motorola Miniranger er basert på å måle avstanden fra båten til to koordinatbestemte punkter på land.

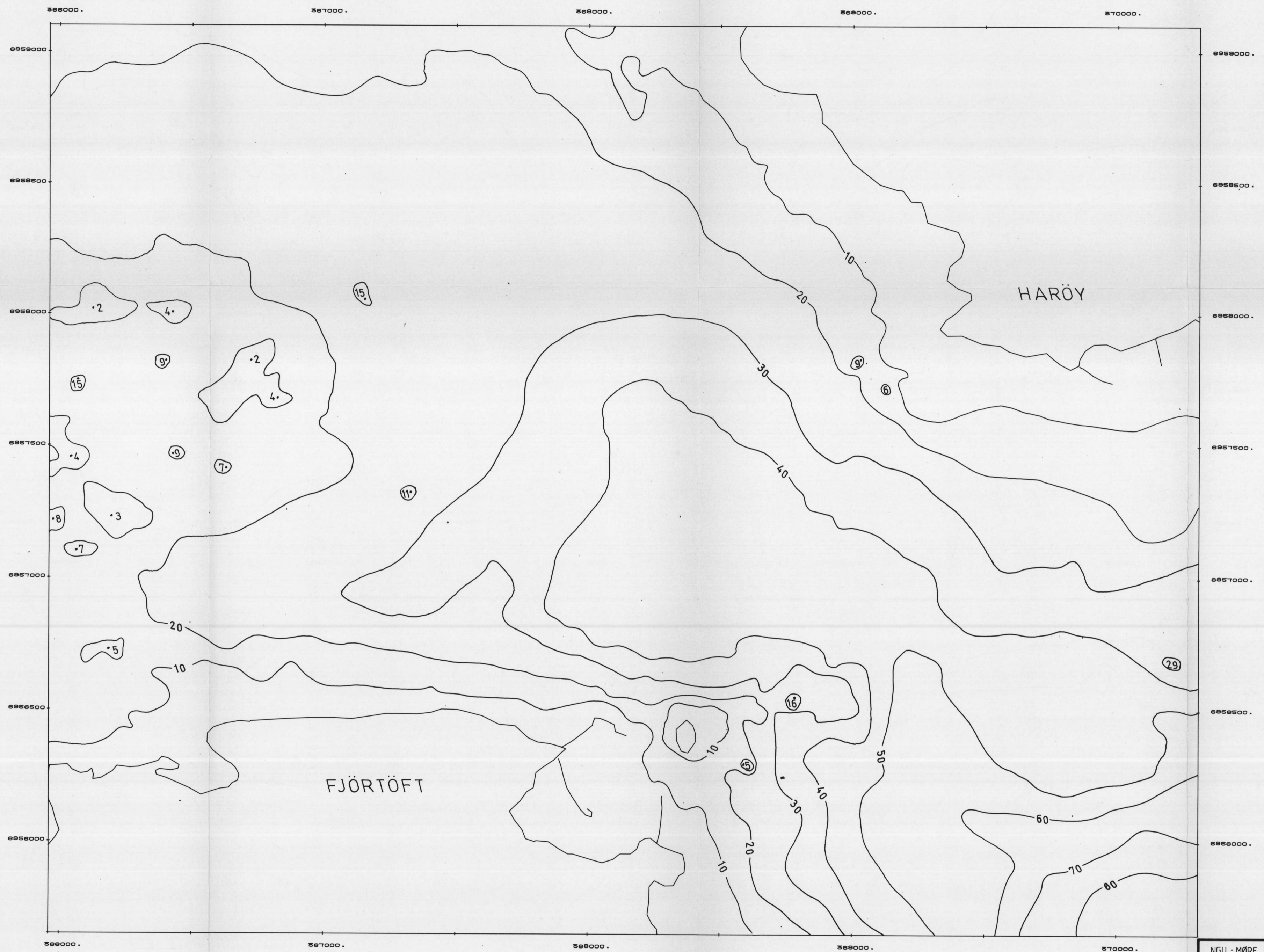
En sender/mottaker-enhet ombord i båten sender ut radiopulser til transpondere (peilestasjoner) plassert på land. Transponderne "svarer" med å sende pulser tilbake via sender/ mottaker-enheten til en prosessor-enhet ombord i båten hvor radiopulsenes gangtid omgjøres til avstander i meter. Posisjoneringssystemet styres fra en HP 9836 datamaskin koblet til prosessor-enheten.

I datamaskinen omregnes båtenes posisjon til koordinater i det koordinatsystem som på forhånd er definert. Ut fra båtenes posisjon, beregnes også slepets posisjon. Posisjonsdata lagres på diskett. Båtenes seilingslinje framkommer på datamaskinaens grafiske skjerm sammen med digitalisert kystkontur og punkter som viser transpondernes plassering.

Motorola Miniranger er et radioposisjoneringssystem som er avhengig av fri sikt mellom sender/mottaker-enheten ombord og transponderne på land. Posisjoneringssystemet er også avhengig av tilfredsstillende skjæringsvinkler mellom transponderne og båten for god posisjonsbestemmelse.

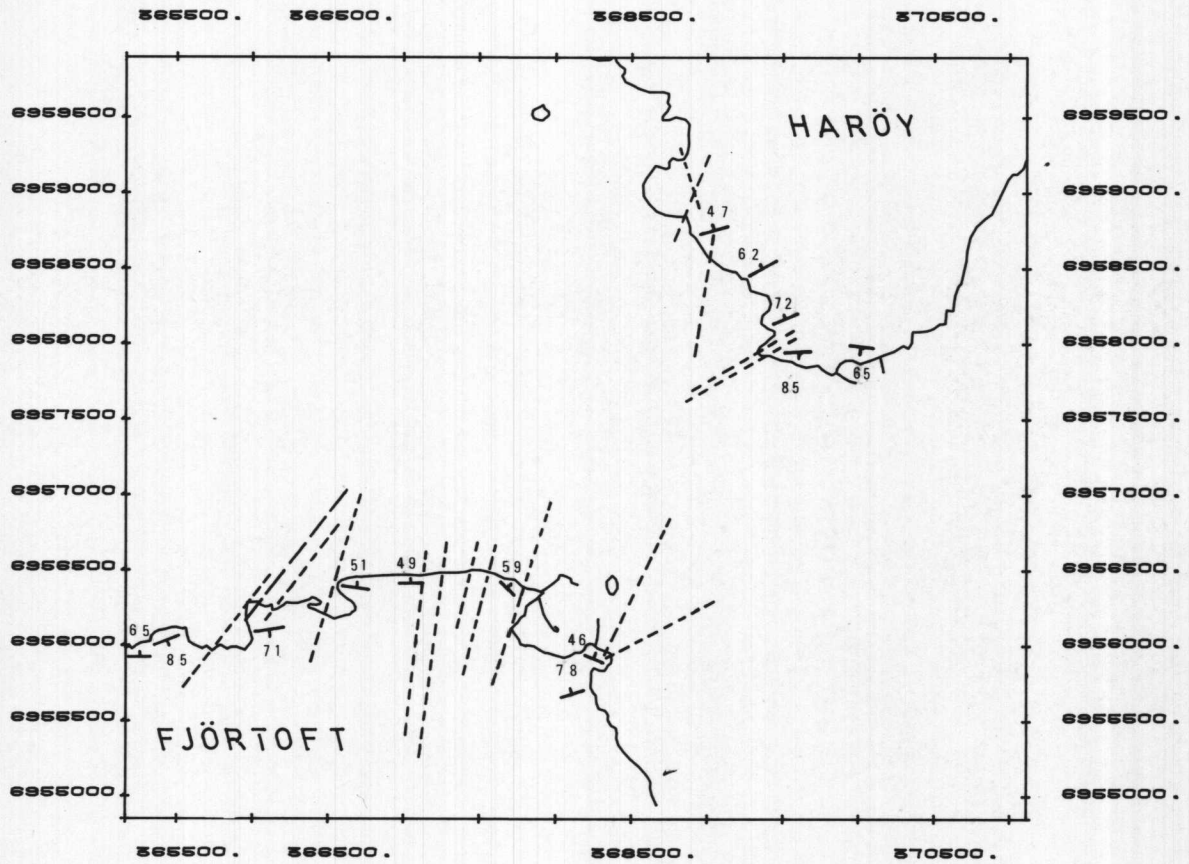
Utstyrets nominelle nøyaktighet er +/- 2m. Ved å plassere transponderne på oppmålte fastpunkter (NGO), kan en operere i det nominelle nøyaktighetsområdet. I områder hvor det ikke er tilgang på egnede oppmålte punkter, vil en måtte foreta innmåling ut fra lokalisering av punkter i kart, og nøyaktigheten vil bli noe mindre.

Etter feltarbeidet blir posisjonsdata overført til NGU's data-anlegg for lagring. Posisjonsdata (utseilte profillinjer) kan deretter plottes ut i ønsket målestokk sammen med digitalisert kystkontur.




TEGNFORKLARING
 ~20~ VANDDYP I METER
 •29 PUNKTOBSERVASJON AV VANDDYP

NGU - MØRE OG RØMSDAL FYLKESKOMMUNE HAVBUNNSTOPOGRAFISK KART FJÖRTÖFTFJORDEN MØRE OG RØMSDAL FYLKE	MÅLESTOKK	MÅLT RB	MAI 1987
	1:10 000	TEGN. RB	SEP. 1987
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD (AMS)	
	87.105-01	1220 III	



TEGNFORKLARING

- FORKASTNING
- .-.- SPREKKESONE
-  51 FOLIASJON MED STRØK- / FALLANGIVELSE

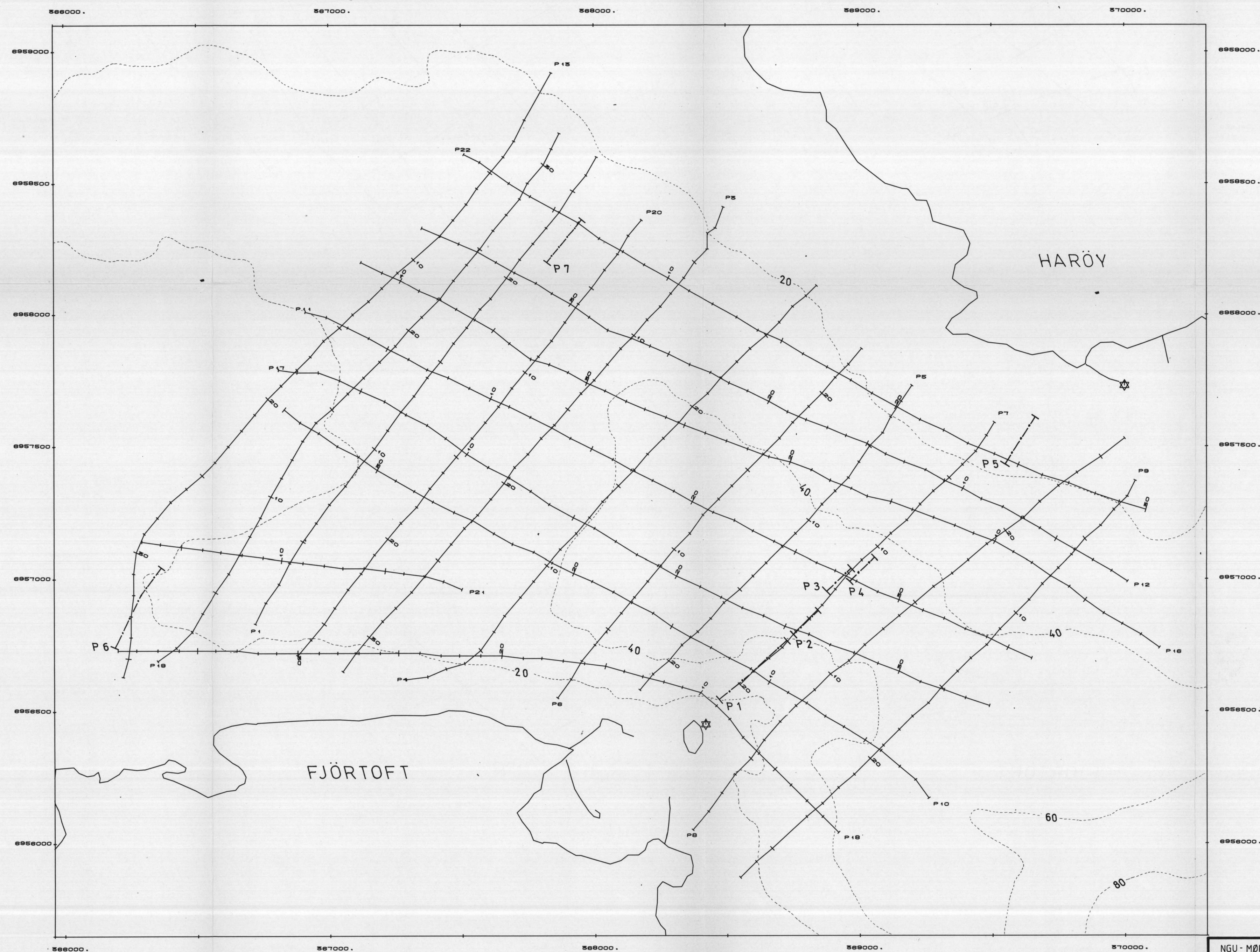
NGU - MØRE OG ROMSDAL FYLKESKOMMUNE
 STRUKTURGEOLOGISK KART
 FJÖRTOFTFJORDEN
 MØRE OG ROMSDAL FYLKE

MÅLESTOKK 1:50 000	MÅLT RB	JULI 1986
	TEGN RB	SEP. 1987
	TRAC	
	KFR. <i>Kibj</i>	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

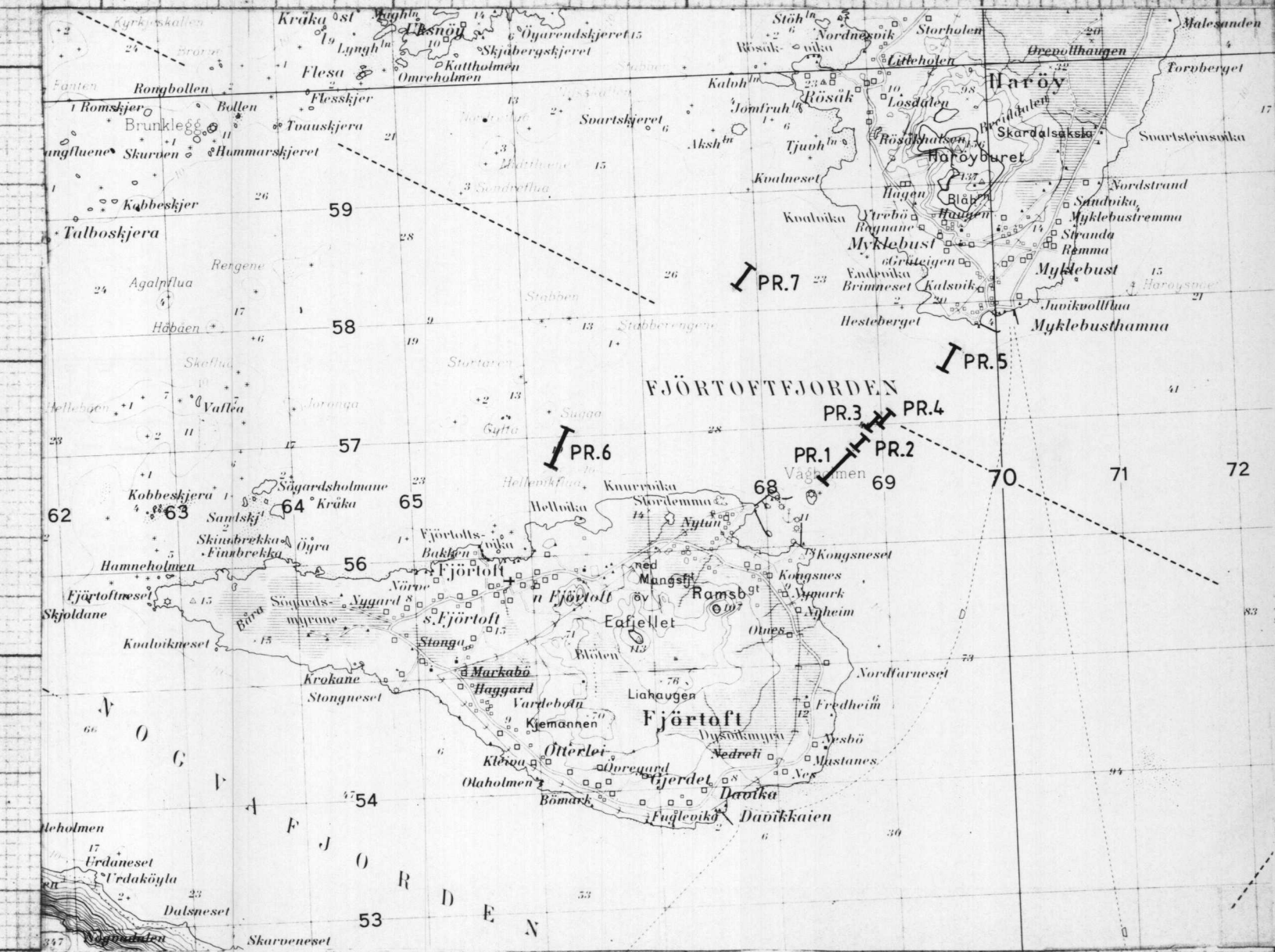
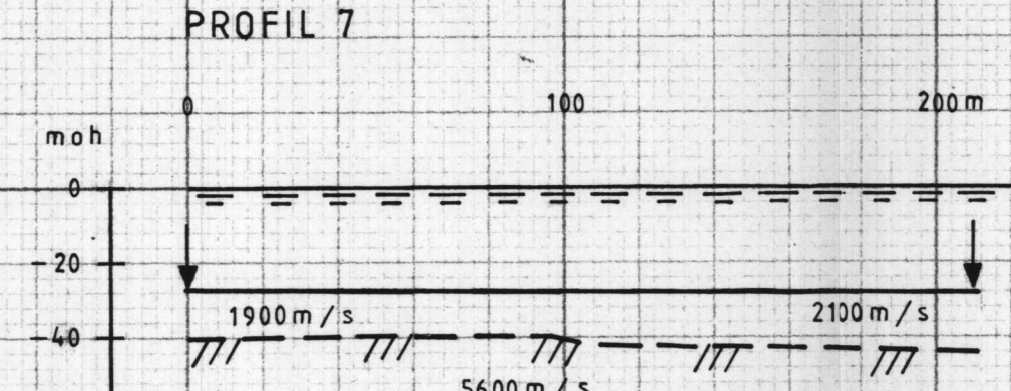
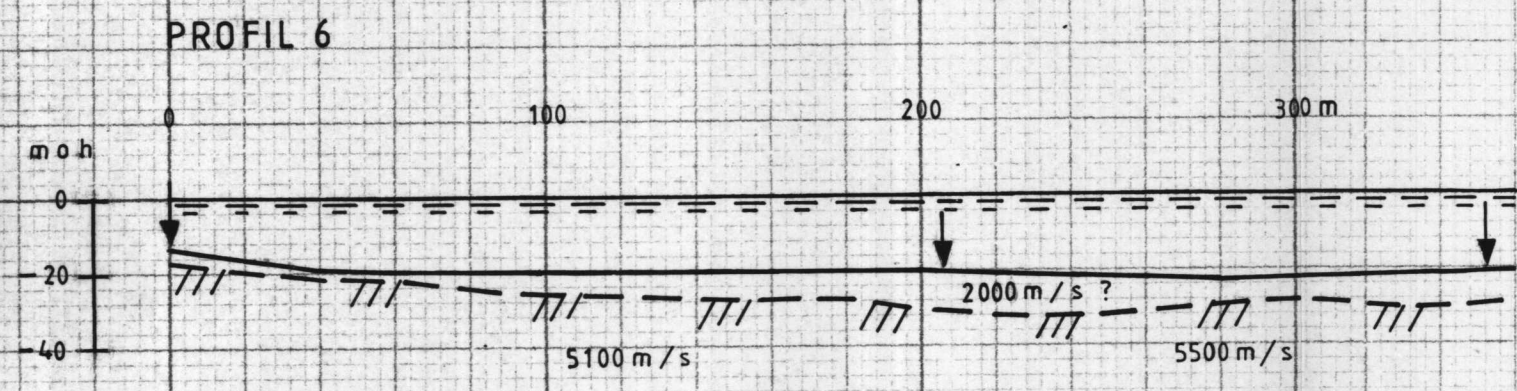
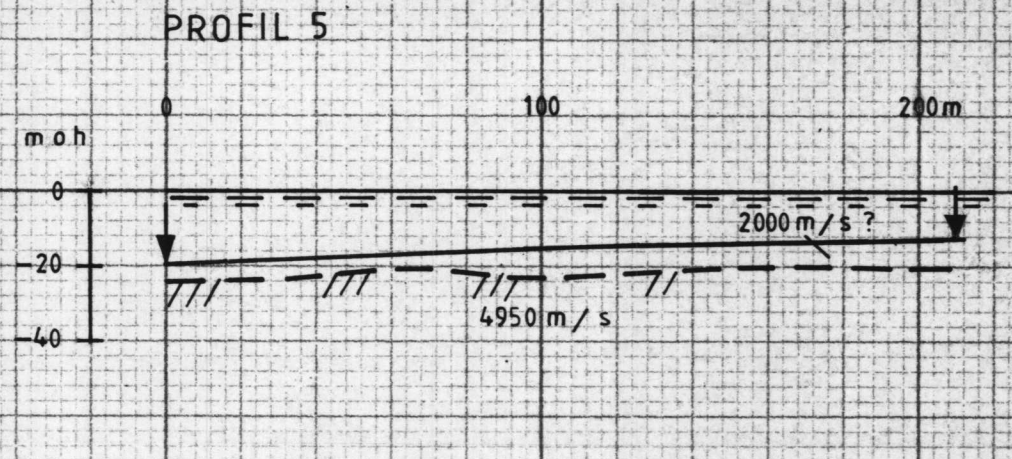
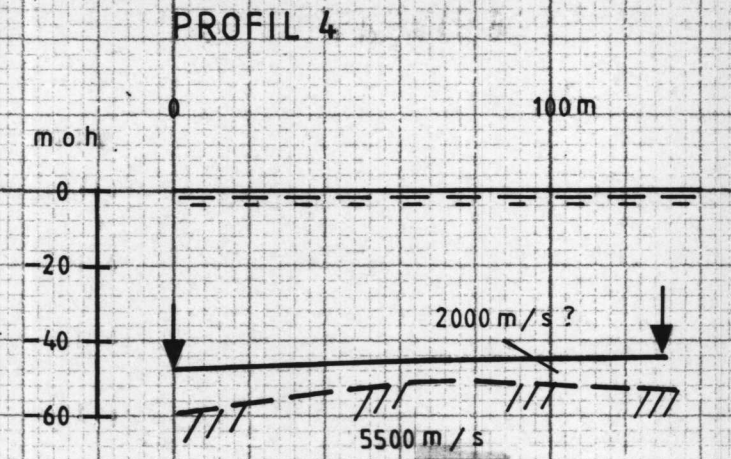
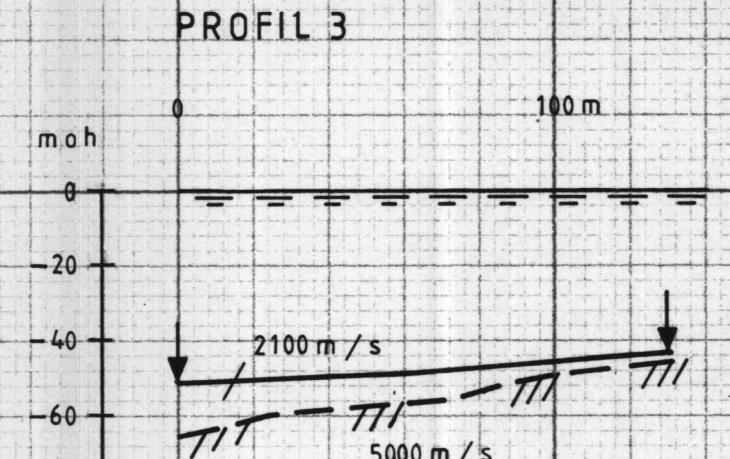
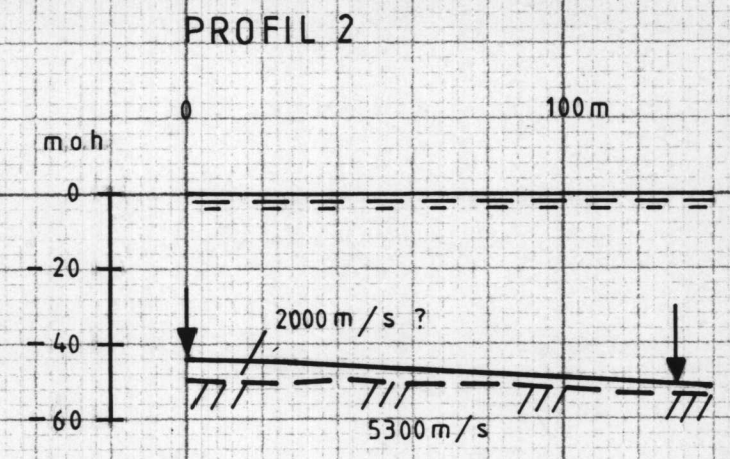
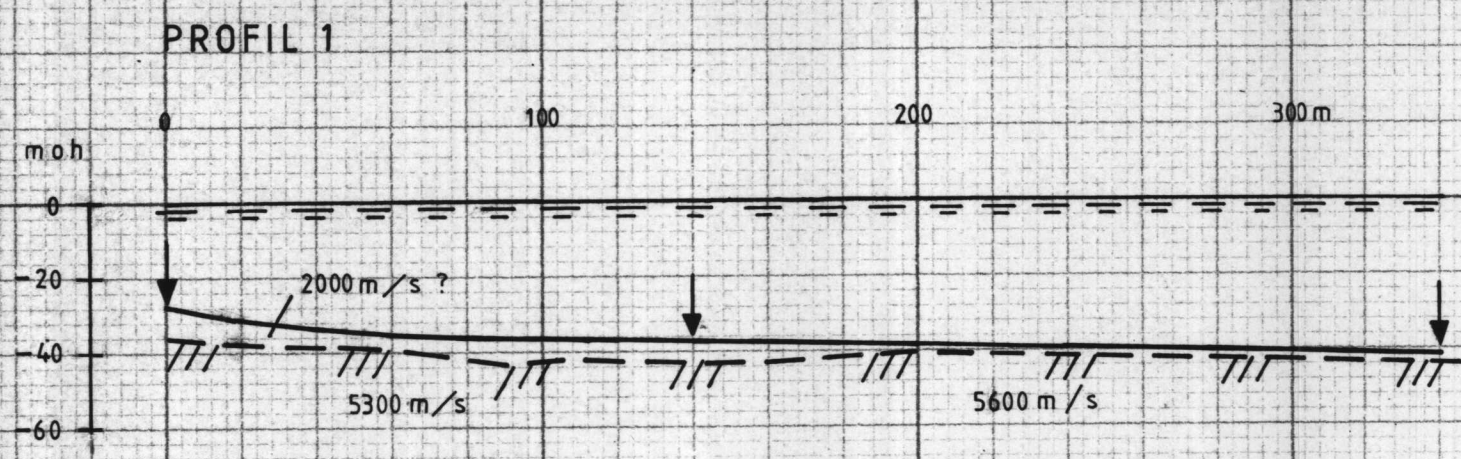
TEGNING NR.
 87.105 -02

KARTBLAD NR.
 1220 III



- TEGNFORKLARING**
- REFLEKSJONSSEISMISK PROFILLINJE MED PROFILNUMMER OG POSISJONSANGIVELSE
 - REFRAKSJONSSEISMISK PROFILLINJE MED PROFILNUMMER VED START AV PROFIL
 - TRANSPONDERLOKALITET
 - 20 ----- VANDDYP I METER

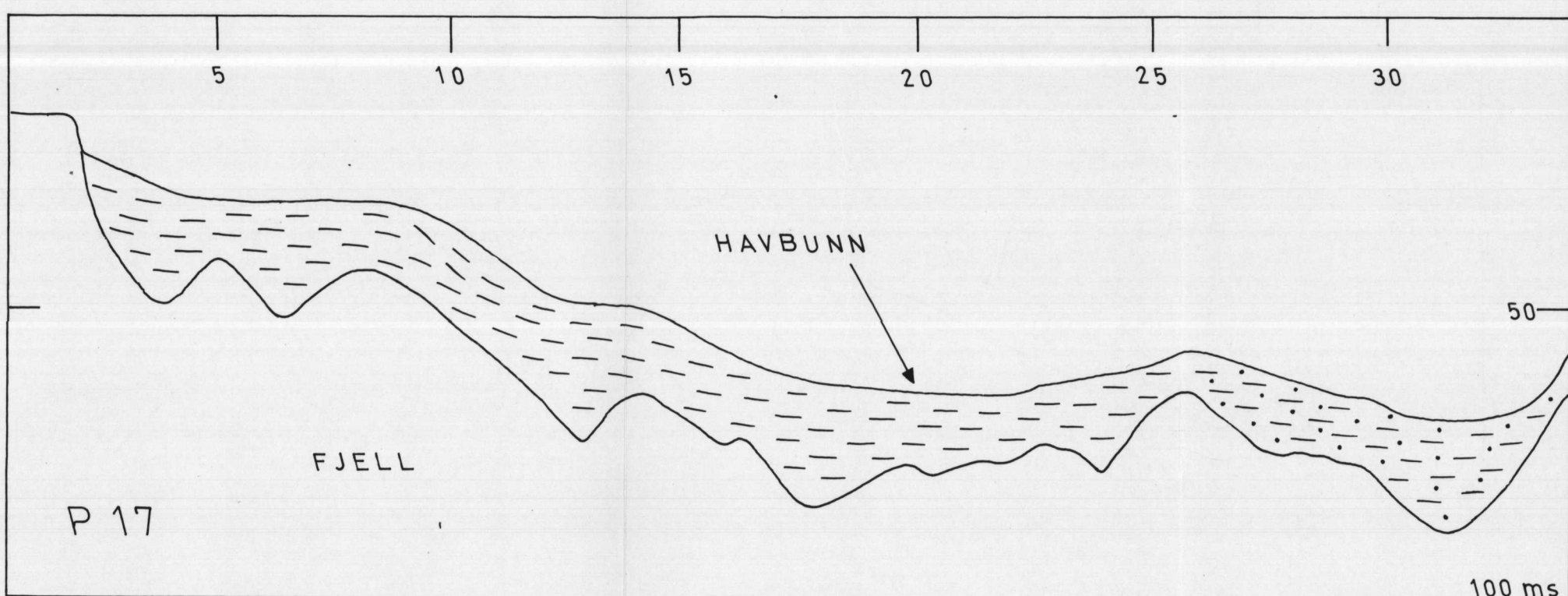
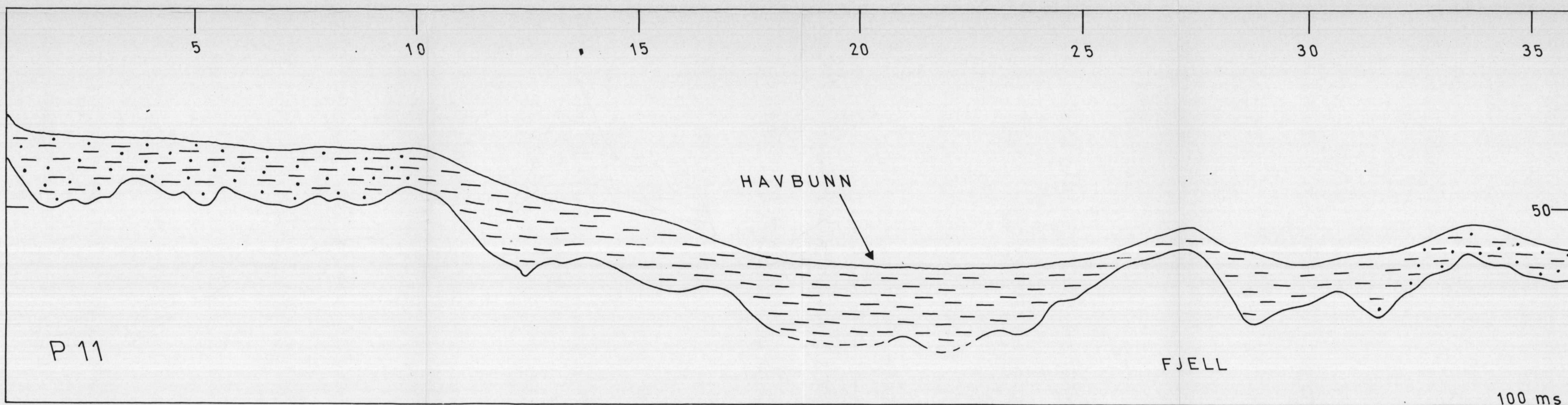
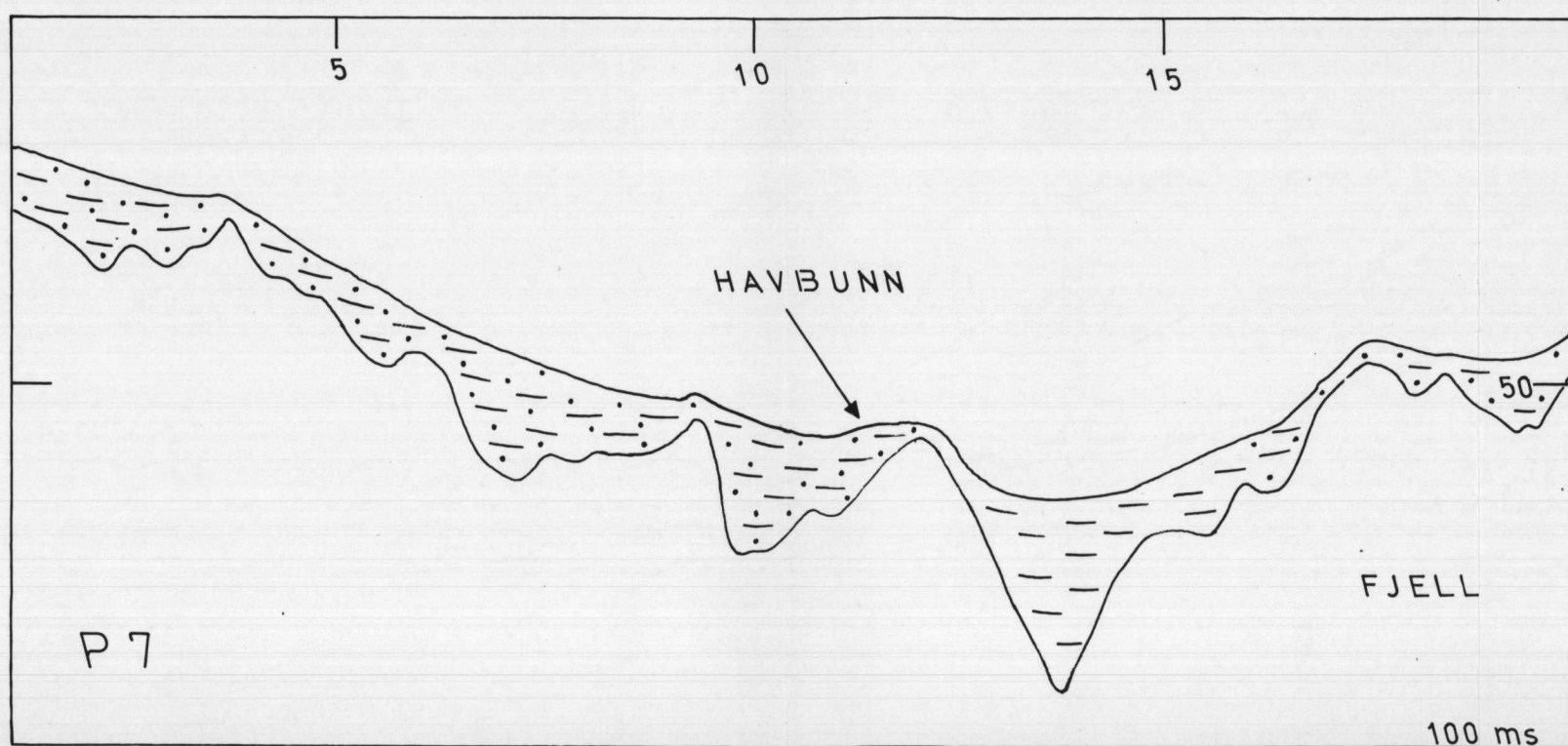
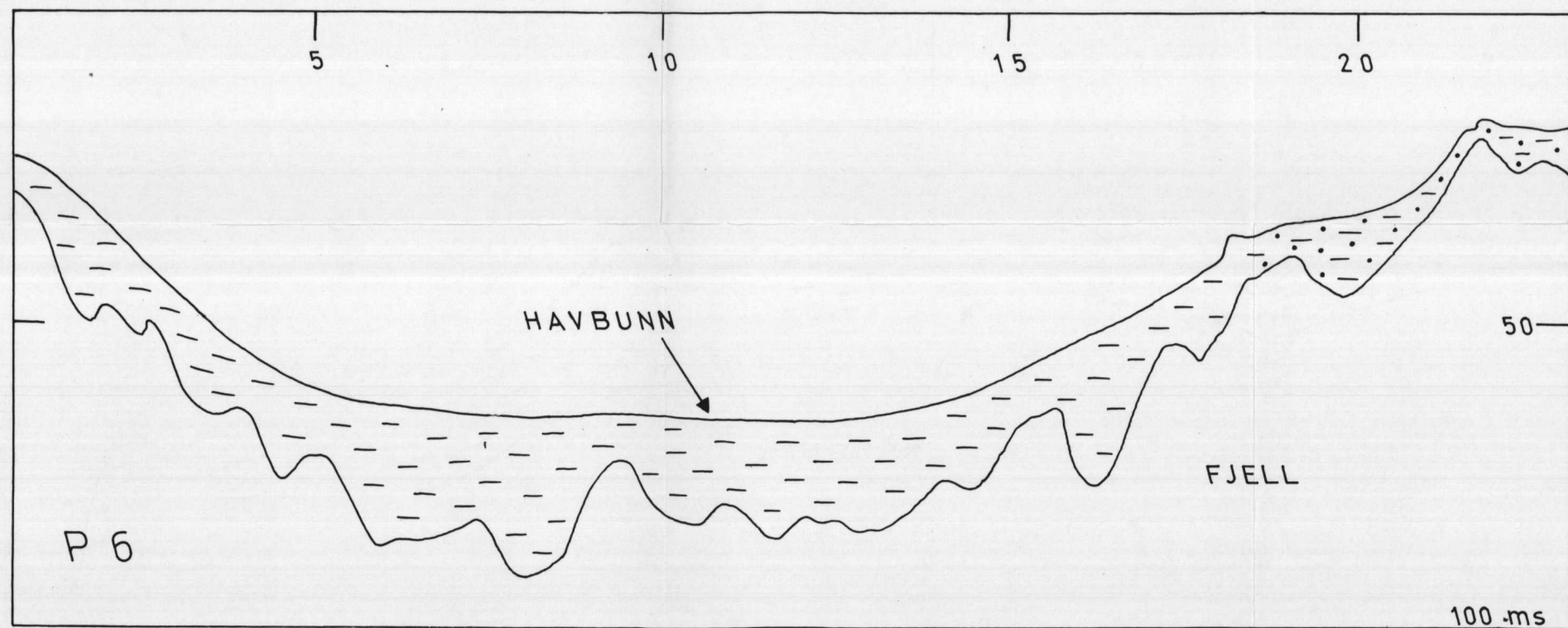
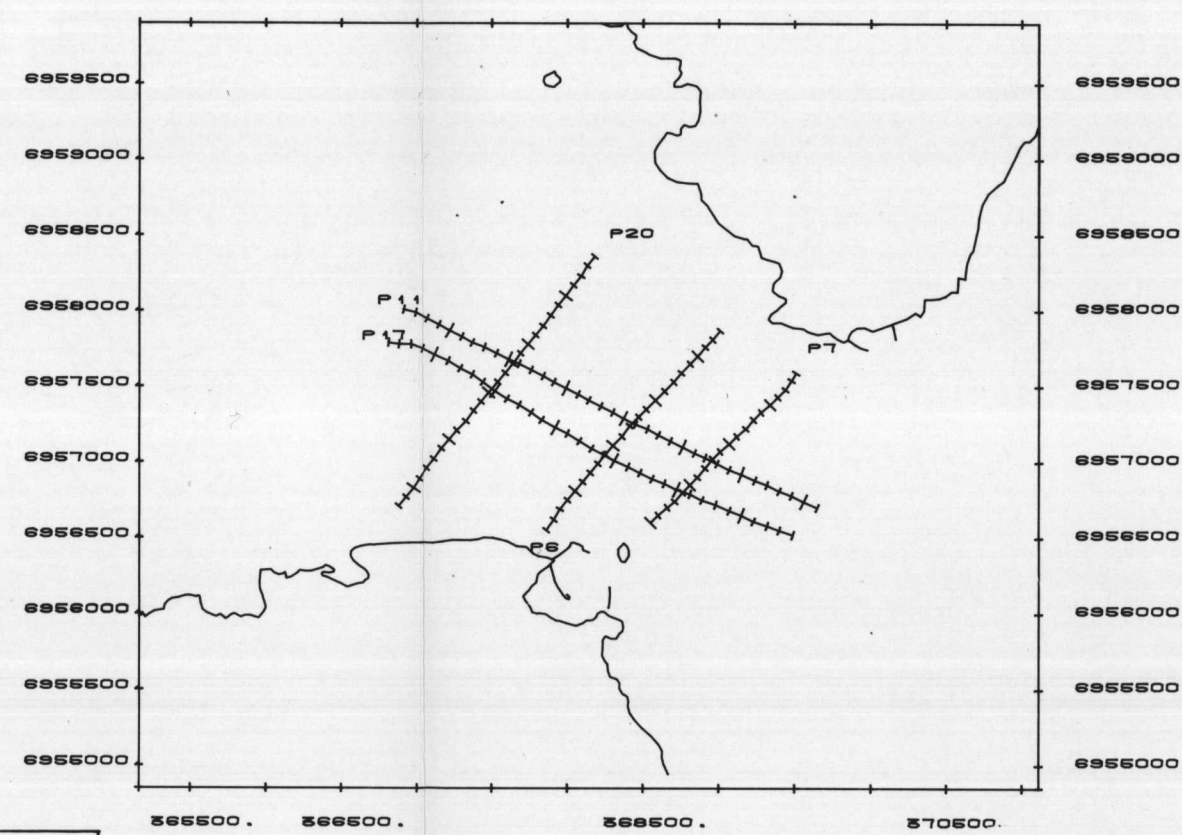
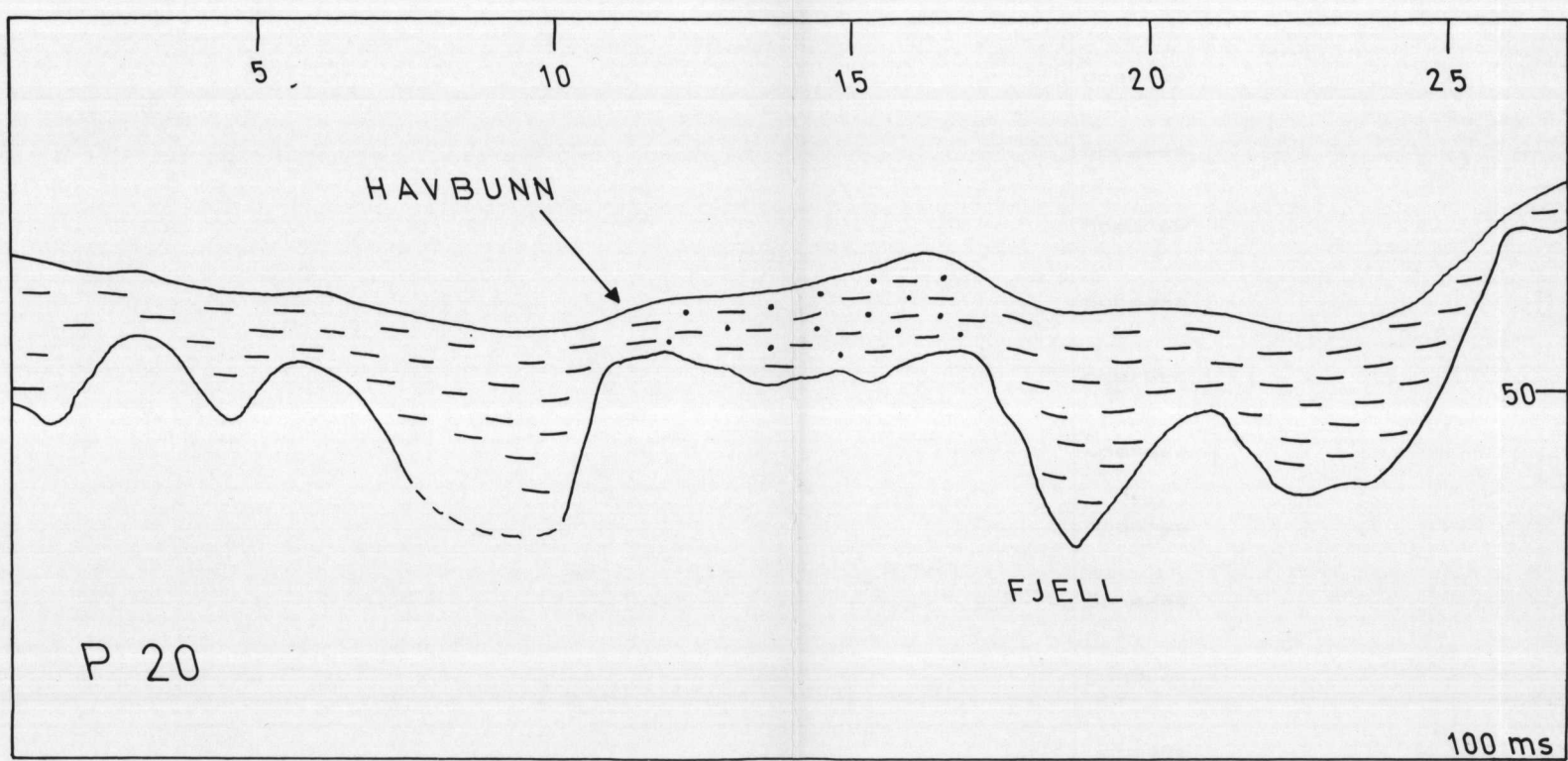
NGU - MØRE OG ROMSDAL FYLKESKOMMUNE SEISMISKE PROFILER FJØRTOFTFJORDEN MØRE OG ROMSDAL FYLKE	MÅLESTOKK	MÅLT RB/JFT	MAI 1987
	1:10 000	TEGN. RB	SEP. 1987
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD (AMS)	
	87.105-03	1220 III	



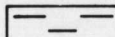
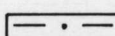
TEGNFORKLARING:

HAVOVERFLATE
 SJØBUNN MED SKUDDPUNKT
 BEREGNET FJELLOVERFLATE

NGU/MØRE OG RØMSDAL FYLKESKOMMUNE REFRAKSJONSSEISMIKK TOLKETE PROFILER FJORTOFTFJORDEN HÅRAM OG SANDØY KOMMUNER, MØRE OG RØMSDAL	MÅLESTOKK 1:2000	OBS. J.F.T. MAI 87 TEGN. J.F.T. AUG. 87 TRAC. T.H. SEPT. 87 KFR. — II —
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 87.105-04



TEGNFORKLARING

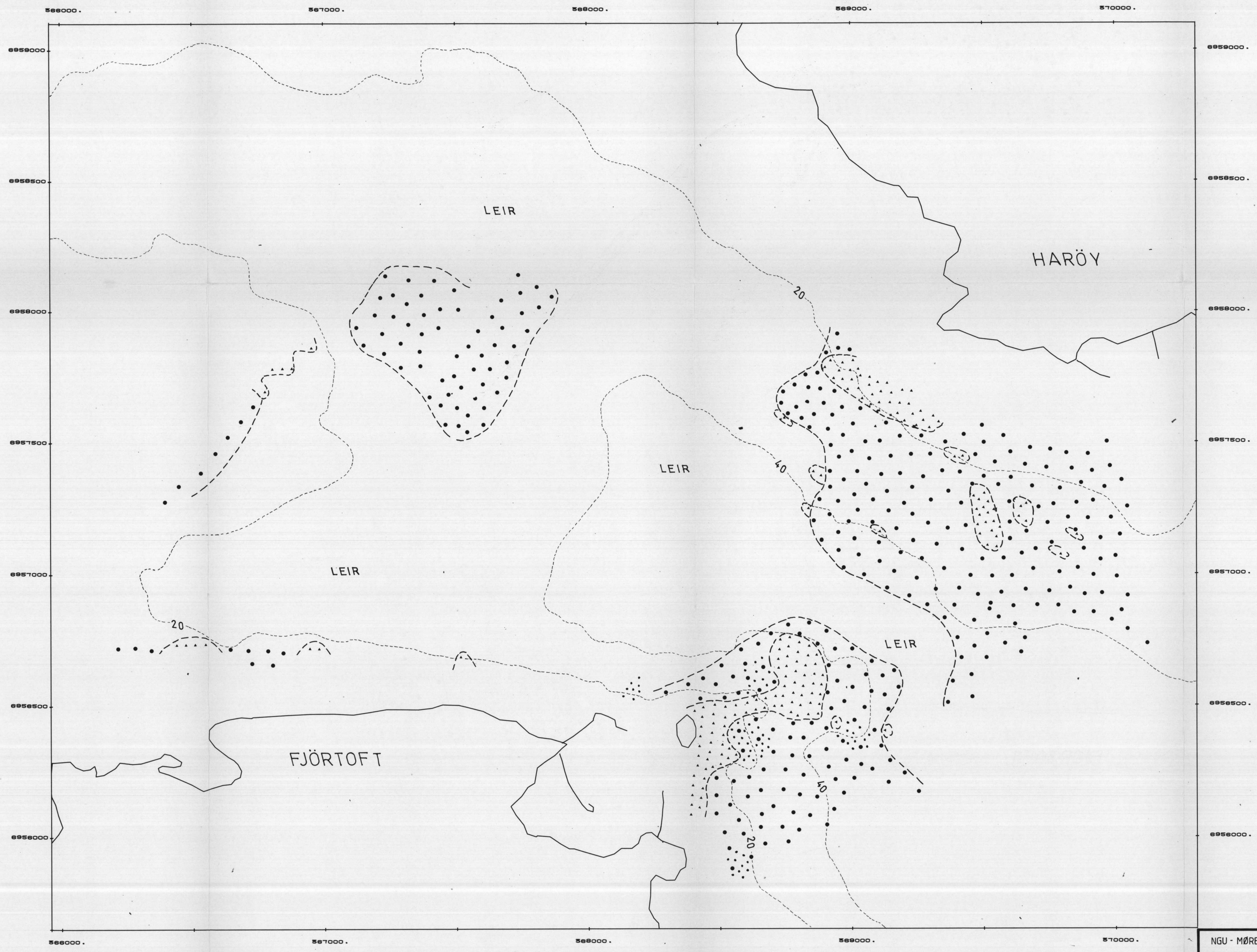
-  GLASIMARINE SEDIMENTER
-  MORENEMATERIALE

NGU - MØRE OG ROMSDAL FYLKESKOMMUNE
 TOLKETE REFLEKSJONSSEISMISKE PROFILER
FJØRTOFTFJORDEN
 MØRE OG ROMSDAL FYLKE

MÅLESTOKK	OBS. RB	MAI 1987
	TEGN. RB	SEP 1987
	TRAC.	
	KFR. <i>K.B.</i>	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

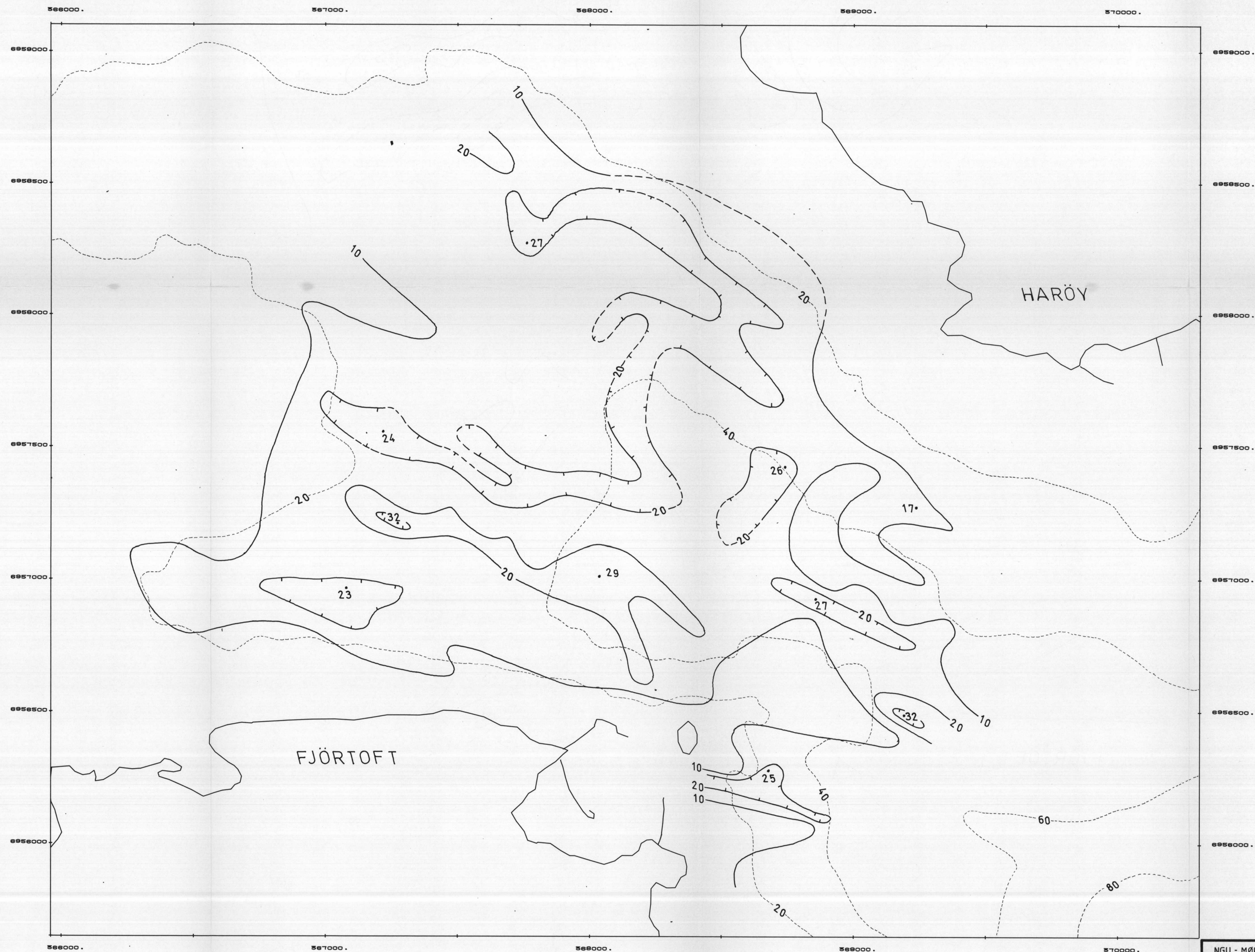
TEGNING NR.	KARTBLAD NR.
87.105 - 05	1220 III



TEGNFORKLARING

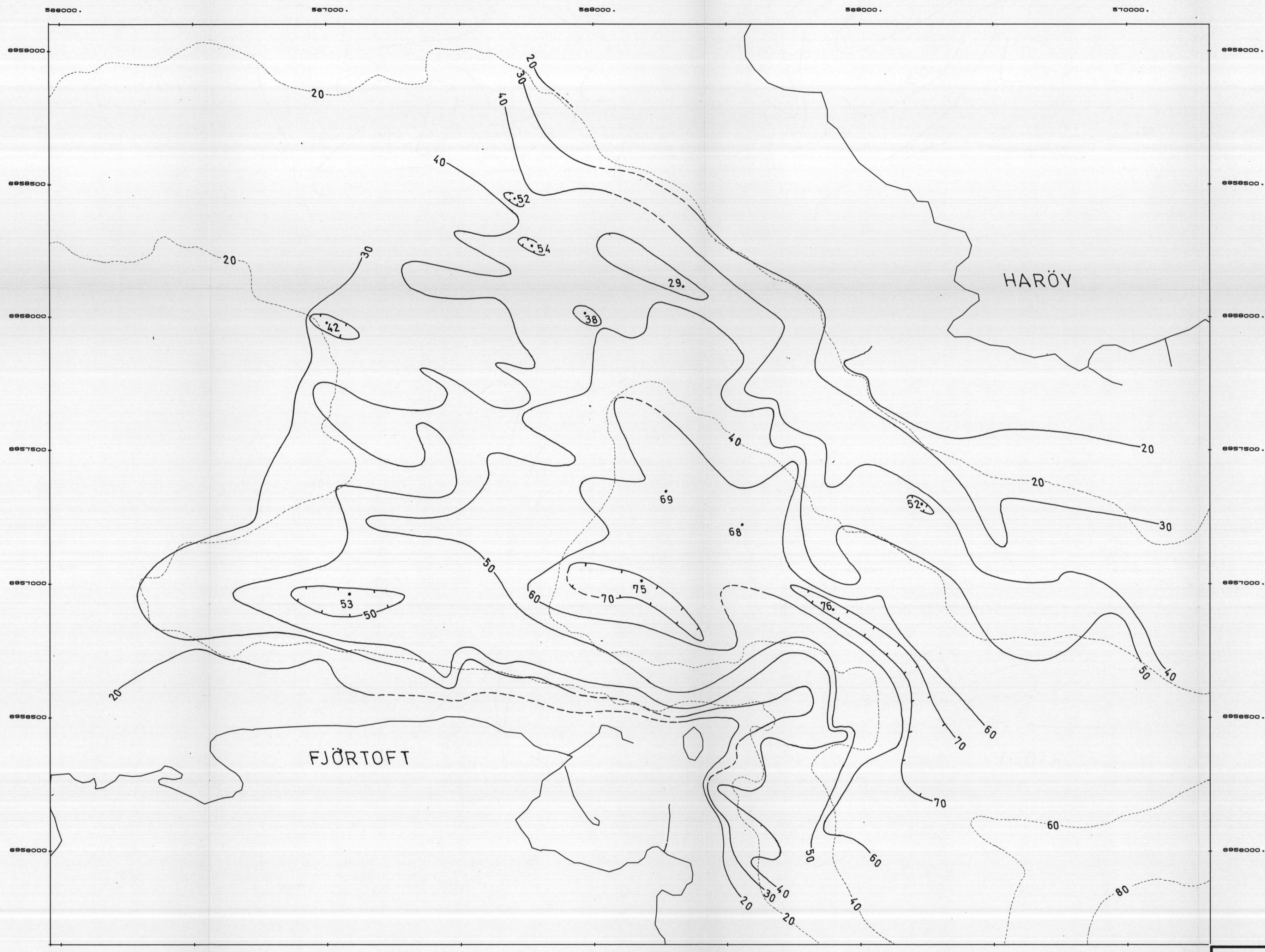
- MORENEMATERIALE
- LEIR
- SAND
- ▲▲▲▲ BÆRT FJELL

NGU - MØRE OG ROMSDAL FYLKESKOMMUNE OVERFLATESEDIMENT - / BUNNTYPEKART FJØRTOFTFJORDEN MØRE OG ROMSDAL FYLKE	MÅLESTOKK	MÅLT RB	MAI 1987
	1:10 000	TEGN. RB	SEP. 1987
		TRAC.	
	KFR. <i>K.Bj.</i>		
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD (ÅMS)	
	87.105 -06	1220 III	



- TEGNFORKLARING
- 23 PUNKTMÅLING AV MAKSIMUM SEDIMENTMEKTIGHET
ANGITT I MILLISEKUNDER (ms)
 - 10— MEKTIGHET AV KVARTÆRE AVSETNINGER (ms)
 - -20- - MEKTIGHET AV KVARTÆRE AVSETNINGER (ms), USIKKER
 - -40- - VANNDYP I METER

NGU - MØRE OG ROMSDAL FYLKESKOMMUNE MEKTIGHETSKART FJØRTOFTFJORDEN MØRE OG ROMSDAL FYLKE	MÅLESTOKK	MÅLT	RB/JFT	MAI 1987
	1:10 000	TEGN.	RB	SEP 1987
		TRAC.		
		KFR. <i>K.Bj.</i>		
NORGES GEOLIGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 87.105 - 07	KARTBLAD (AMS) 1220 III		



HARÖY

FJØRTOFT

- TEGNFORKLARING
- 53 PUNKTMÅLING AV DYBDE TIL FJELL I METER
 - 20— DYBDE I METER TIL FJELL
 - - -40- - - DYBDE I METER TIL FJELL (USIKKER)
 - - -20- - - VANNDYP I METER

NGU - MØRE OG ROMSDAL FYLKESKOMMUNE FJELLKOTEKART FJØRTOFTFJORDEN MØRE OG ROMSDAL FYLKE	MÅLESTOKK	MÅLT RB/JFT	MAI 1987
	1:10 000	TEGN. RB	SEP 1987
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD (AMS)	
	87.105 -08	1220 III	