

Rapport nr. 86.156

Seismiske undersøkelser ved  
Botne og Lendingane  
i Strand kommune, Rogaland



# 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. 86.156	ISSN 0800-3416	Åpen/ <del>Fortrolig</del> stik	
Tittel: Seismiske undersøkelser ved Botne og Lendingane i Strand kommune, Rogaland			
Forfatter: Jan Fredrik Tønnesen		Oppdragsgiver: NGU/Strand kommune	
Fylke: Rogaland		Kommune: Strand	
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Mandal Haugesund		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1212 I Høle 1213 II Strand	
Forekomstens navn og koordinater: Botne 32V 3328 65419 Lendingane 32V 3254 65505		Sidetall: 11 Kartbilag: 5	Pris: kr. 70,-
Feltarbeid utført: 06.-10.05.85	Rapportdato: 11.09.1986	Prosjektnr.: 5311.01	Prosjektleder: J.A. Stokke
Sammendrag: <p>De refraksjonsseismiske målingene er utført i forbindelse med kvartærgeologisk kartlegging og forundersøkelse av sand- og grusressursene i Strand kommune (NGU rapport nr. 85.185). Målingene omfatter 2 profiler over Tjøsheimavsetningen ved Lendingane og 2 profiler øverst på Botneavsetningen.</p> <p>Ved Lendingane er det beregnet løsmassemektheter i området 35-80 m, med de største mektigheter vest og nord på avsetningen. Det er da regnet med "morenehastigheter" på 1500-2000 m/s i løsmassene under et 2-12 m tykt overflatesjikt med løsere og tørrere materiale. Hvis morenesjiktet er tynt og det opptrer sand og grus med lavt vanninnhold under, kan løsmassemekthetene være opptil 40-50% mindre.</p> <p>På østlige del av Botneavsetningen er løsmassemektheten beregnet til 10-15 m. Sentralt på avsetningen er mektigheten opptil 35-38 m, og fjelloverflaten danner en dalform som går ned til under havnivå. Geotekniske eksperter bør vurdere faren for vanngjennombrudd fra Botnevatnet og ut i massetaket på nordsiden av avsetningen.</p>			
Emneord	Refraksjonsseismikk		
Geofysikk	Løsmasse		
Seismikk	Ingeniørgeologi	Fagrappport	

INNHOOLD

	Side
1. INNLEDNING	4
2. UTFØRELSE	4
3. RESULTATER	5
4. REFERANSER	8

TEKSTBILAG

- Bilag 1 Beskrivelse av seismisk refraksjonsmetode
- 2 Seismiske hastigheter i løsmasser

KARTBILAG

- 86.156-01 Oversiktskart (1:50 000)
- 02 Oversiktskart Lendingane (1:10 000)
- 03 Oversiktskart Botne (1:10 000)
- 04 Tolkede profiler Lendingane (1:2000)
- 05 Tolkede profiler Botne (1:1000)

## 1. INNLEDNING

De refraksjonsseismiske målingene er utført i forbindelse med kvartærgeologisk kartlegging og forundersøkelse av sand- og grusressursene i Strand kommune. Denne rapport omhandler kun resultatene av de seismiske undersøkelsene. Kartlegging og ingeniørgeologisk vurdering er omhandlet i NGU rapport nr. 85.185.

Det er i alt målt 4 seismiske profiler med samlet lengde ca. 1250 m. To av profilene er målt over Tjøsheimavsetningen ved Lendingane og to profiler er målt øverst på Botneavsetningen. Profilenes beliggenhet er vist i kartbilag 86.156-01, -02 og -03.

## 2. UTFØRELSE

Målingene ble utført etter vanlig seismisk refraksjonsmetode, se bilag 1. Som registreringsinstrument ble benyttet en ABEM Trio med 12 kanaler. Det ble gjennomgående brukt 100 m lange kabelutlegg. Avstanden mellom geofonene langs kabelen var 10 m, men ble innkortet til 5 m i hver ende av utlegget. Skuddpunkt ble som regel plassert 5 m ut fra hver endegeofon og ett ved midten av hvert utlegg, slik at skuddpunktavstanden langs profilene ble 55 m.

På grunn av forholdsvis store løsmassemekktigheter, spesielt ved Lendingane, var det nødvendig med fjernskudd for hvert kabelutlegg for å få inn fjellrefraktoren. Disse ble plassert ved midtskudd og/eller endeskudd i tilstøtende og evt. fjernere utlegg i profilet. Fjernskudd ble også benyttet henholdsvis nordenfor og vestenfor startpunkt i profil 1 og 2 ved Lendingane. I profil 4 ved Botne er det benyttet fjernskudd øst for enden av profilet. Sydligste utlegg i profil 1 er noe innkortet i forhold til normalutlegget mens østligste utlegg i profil 3 er innkortet til under halve lengden.

Feltarbeidet ble utført av Jan Fredrik Tønnesen sammen med en assistent fra Teknisk kontor i Strand kommune.

### 3. RESULTATER

Tolkningsresultatene er vist i kartbilag 86.156-04 for Lendingane og 86.156-05 for Botne.

Terrenghøyden langs profilene er ikke oppmålt, men er tegnet ut fra kartgrunnlag og visuell observasjon i felt. Feil i terrengoverflaten vil medføre tilsvarende høydenivåfeil for sjiktgrenser og fjelloverflate.

#### Lendingane (Tjøsheimavsetningen)

Løsmassene ser ut til å bestå av to hastighetssjikt. I overflate-sjiktet varierer seismisk hastighet i området 400-900 m/s med mektigheter fra 2 til 12 m. Hastigheter mindre enn 600-700 m/s indikerer vesentlig tørr sand og grus. De høyere hastighetene kan representere grovere sortert materiale eller kan også være vesentlig moreneholdig materiale (ablasjonsmorene).

I underliggende sjikt varierer hastigheten i området 1500-2000 m/s. Sjiktgrensen ligger svært høyt til å være grunnvannsspeil, det må i tilfelle være et hengende grunnvannsspeil. De høye hastighetene i nedre sjikt tyder derfor på morenemateriale med varierende sammensetning og pakningsgrad. Hastigheten øker mot syd og vest langs profilene. Ved beregning av løsmassemektigheter er det antatt at hastigheten i det nedre sjiktet er homogen til fjell. Fjelloverflaten vil da ligge 13-15 m over havnivå lengst nord i profil 1, men stiger bratt mot midten av profilet og ligger mellom 50 og 60 m o.h. langs sydlige halvdel. Løs-

massemektigheten blir da i størrelsesområdet 55-65 m i nord og 35-40 m i syd. I profil 2 varierer løsmassemektighet mellom 60 og 80 m og fjelloverflaten synker fra 25-30 m o.h. østligst i profilet til 10-15 m o.h. i vest.

Dersom det nede i avsetningen opptrer et sjikt med lavere hastighet enn i materialet over, vil de beregnede løsmassemektheter være for store. Kvartærgeologisk kartlegging ved Lendingane tyder på at det nede i Tjøsheimavsetningen kan være betydelige mengder breelvavsatt sand og grus, men at hele avsetningen er blitt dekket med morenemateriale ved et senere brefremstøt i området. I opptegeingene er det utført korreksjoner for dette tilfellet. Det er antatt at sjiktet med hastighet 1500-2000 m/s bare er noen få meter mektig og at et underliggende sjikt av sand og grus har hastighet 800 m/s. I profil 1 vil da løsmassemektheten kunne bli redusert til 32-36 m i nord og 22-25 m i syd. I profil 2 vil tilsvarende beregning medføre mektigheter i området 30-45 m. De korrigererte mektighetene må regnes som absolutte minimumsmektigheter for avsetningen.

#### Botne (Botneavsetningen)

Langs profil 3 øst på avsetningen er løsmassemektheten beregnet til 11-12 m i vestnordvest nærmest massetaket, økende til rundt 15 m mot østenden nær elveløpet fra Botnevatnet. Seismisk hastighet på 500-600 m/s i vest indikerer tørr sand og grus. Lengst øst i profilet er det minimum 2 sjikt. Et få meter tykt overflatesjikt har samme hastighet som materialet i vest. Hastigheten i det underliggende er anslått til 1500 m/s, men er dårlig bestemt. Forløpet av sjiktgrensen mot vest er usikker. Hvis det underliggende sjikt fortsetter vestover i profilet må det tynne ut til under 7 meters mektighet. I vest kan fjellnivået da ligge maksimum 4-5 m dypere enn beregnet. Sjiktet med høy hastighet er trolig morenemateriale, men hastigheten kan også forklares med annet vannmettet materiale.

Profil 4 er målt langs sydsiden av avsetningen nær kanten av Botnevatnet. Et overflatesjikt med seismisk hastighet 500-600 m/s er gjennomgående bare 1-2 meter tykt og ser ut til å forsvinne lengst vest. I det underliggende sjikt øker hastigheten vestover fra midten av profilet fra 800 til 1000 m/s. Østover i profilet er hastigheten beregnet til rundt 1200 m/s, men denne høye hastigheten ser ut til å være begrenset til et ganske tynt sjikt og med lavere hastighet i materialet under. Den høye hastigheten kan skyldes en helt eller delvis vannmettet sone i tilknytning til Botnevatnet (hengende grunnvannsspeil). Det er også mulig at blokkrikt materiale øverst i avsetningen kan forårsake den høye hastigheten. Hastigheten i underliggende løsmasser er anslått til 800 m/s som i materialet vestenfor. Denne hastighet er benyttet ved beregning av dyp til fjelloverflaten langs midtre og østre del av profilet. Dersom det finnes materiale med høyere hastighet nede i avsetningen vil dyp til fjell være større enn angitt.

Beregningene viser at fjelloverflaten danner en markert dalform i profilet, og dypeste parti ligger i underkant av dagens havnivå i området 130-160 m fra vestenden av profilet. Løsmassemekktigheten blir der 35-38 m. Mekktigheten avtar til 6-7 m mot vestenden og til ca. 14 m mot østenden. Ved fjernskudd vel 70 m østenfor kan det se ut til å være mindre enn 10 m til fjell.

Profil 4 indikerer altså at det ikke er noen fjellterskel under avsetningen mellom massetaket i nord og Botnevatnet i syd. Videre sand- og grusuttak i retning Botnevatnet bør ikke foretas før geotekniske eksperter har vurdert faren for vanngjennombrudd.

Trondheim, 11. september 1986  
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
Geofysisk avdeling

*Jan Fredrik Tønnesen*

Jan Fredrik Tønnesen  
forsker

#### 4. REFERANSER

Stokke, J.A. & Nielsen, J.T.: Kvartærgeologisk kartlegging og forundersøkelse av sand- og grusressursene i Strand kommune, Rogaland fylke. NGU rapport 85.185.



SEISMISK REFRAKSJONSMETODE.

Metoden grunner seg på at lydens forplantningshastighet forandrer seg med mediets elastiske egenskaper. Det aktuelle hastighetsområde i den såkalte ingeniørseismikk er fra ca. 200 m/sek i visse typer porøst overdekke til godt over 5000 m/sek i enkelte bergarter.

En "lydstråle" fra en sprengning i overflaten treffer en grense mellom 2 sjikt hvor lyd hastigheten 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 innfallsloddet, slik at  $\frac{\sin i}{\sin R} = \frac{V_1}{V_2}$ . Når  $R$  blir  $= 90^\circ$ , vil den refrakterte stråle følge sjiktgrensen, og vi har  $\sin i = \frac{V_1}{V_2}$

Den bestemte innfallsvinkel som tilfredsstillter 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 lyd hastigheten 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 hastig-

heten i det underliggende medium er større enn i det overliggende. Kontrasten må være av en viss størrelse, og vinkelen mellom sjiktgrense og terrengoverflate må ikke være for stor. I praksis vil en gjerne få vanskeligheter når denne vinkel overstiger  $25^{\circ}$ .

Det forekommer at en sjiktgrense ikke avspeiler seg i de oppregnede 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 lavhastighetsjiktet 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.

Med den anvendte apparatur vil en kunne bestemme bølgenes "løpetid" med en usikkerhet av 1 millisekund når seismogrammene har gjennomsnittlig kvalitet. Hvis overdekkehastigheten er 1600 m/sek, svarer dette til en usikkerhet på ca. 0.8 m i dybdebestemmelsen på grunn av avlesningsfeil. I tillegg kommer eventuelle feil på grunn av at forutsetningene om isotropi og homogenitet ikke gjelder fullt ut.

Når en oppnår førsteklasses seismogrammer, kan tiden avleses med 0.5 millisekund nøyaktighet, men selv da mener vi det er urealistisk å regne med mindre enn 0.5 m usikkerhet i dybdeangivelsene. Ved meget små dyp til fjell - størrelsesorden 1 m - blir overdekkehastigheten dårlig bestemt, og en må regne med prosentvis store feil i dypene.

## 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 "



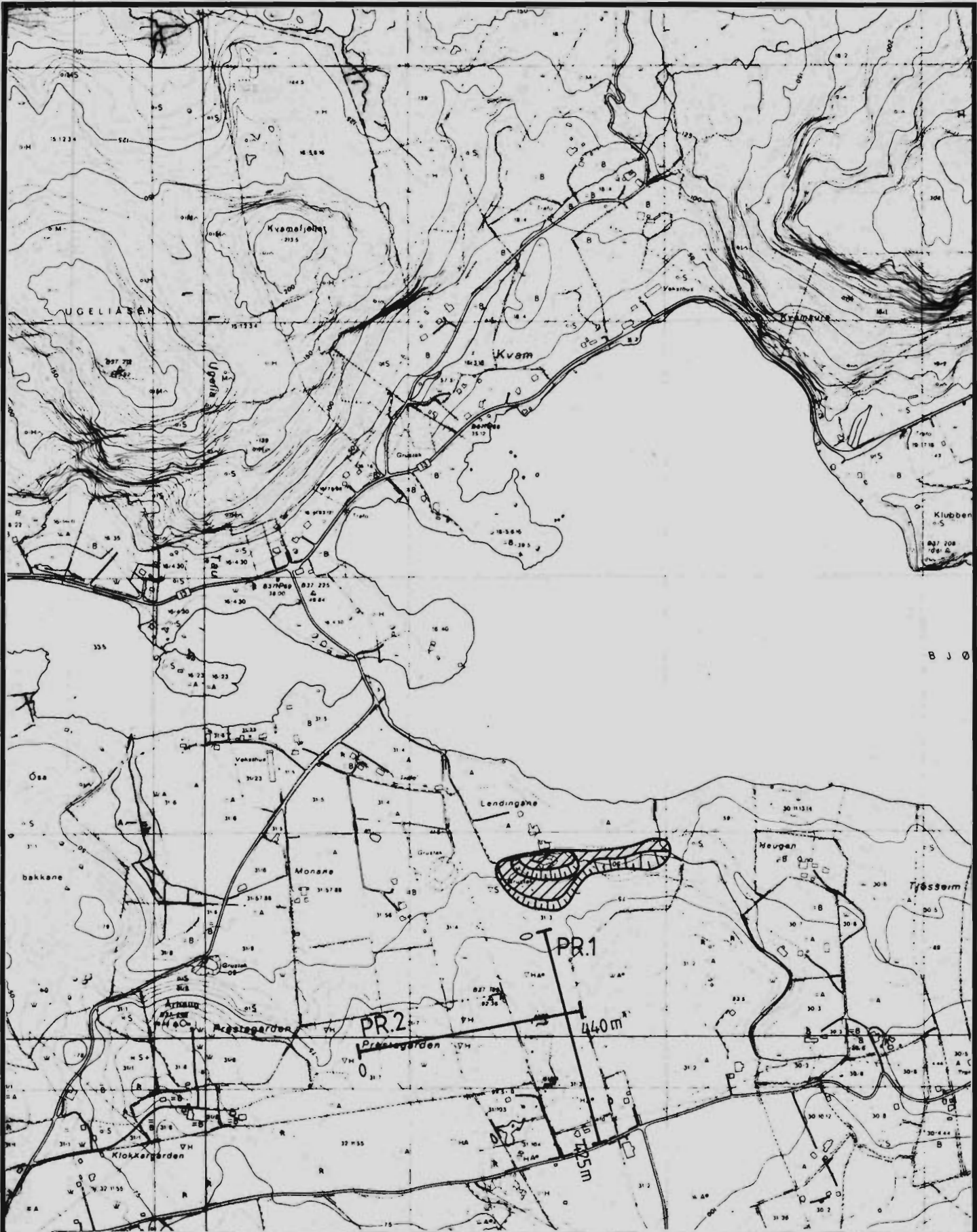
I D S E F D

NGU  
 SEISMISKE MÅLINGER  
 OVERSIKTSKART  
 LENDINGANE OG BOTNE  
 STRAND KOMMUNE, ROGALAND

MÅLESTOKK 1:50 000	MÅLT J.F.T.	MAI 1985
	TEGN J.F.T.	DES 1985
	TRAC	
	KFR.	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

TEGNING NR. 86,156-01	KARTBLAD NR. 1213 II - 1212 I
--------------------------	----------------------------------



B J 0

NGU  
 SEISMISKE MÅLINGER  
 OVERSIKTSKART  
 LENDINGANE, STRAND, ROGALAND

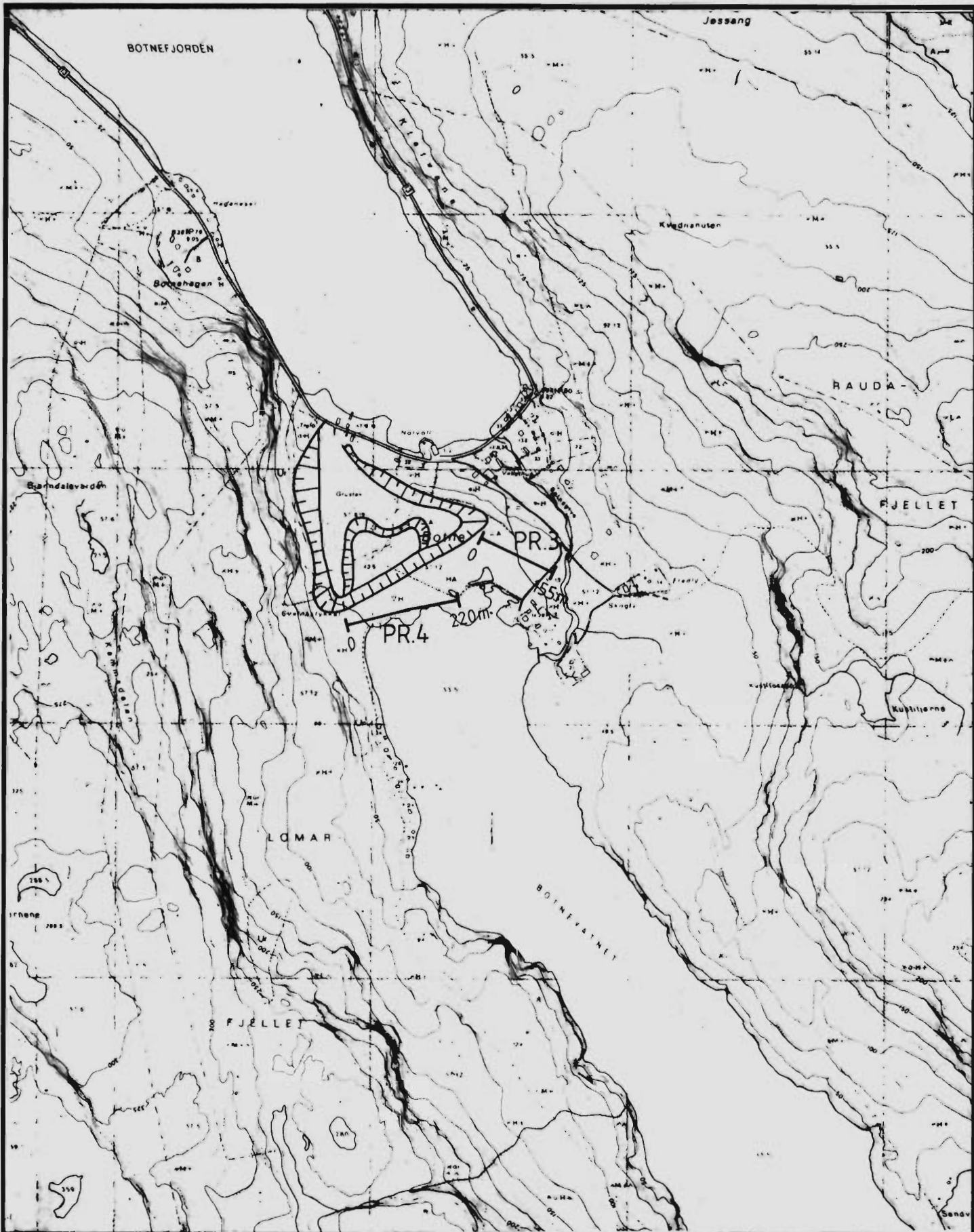
MÅLESTOKK  
 1:10000

MÅLT J.FT	MAI 1985
TEGN J.FT	DES. 1985
TRAC	
KFR.	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

TEGNING NR.  
 86.156-02

KARTBLAD NR.  
 1213 II



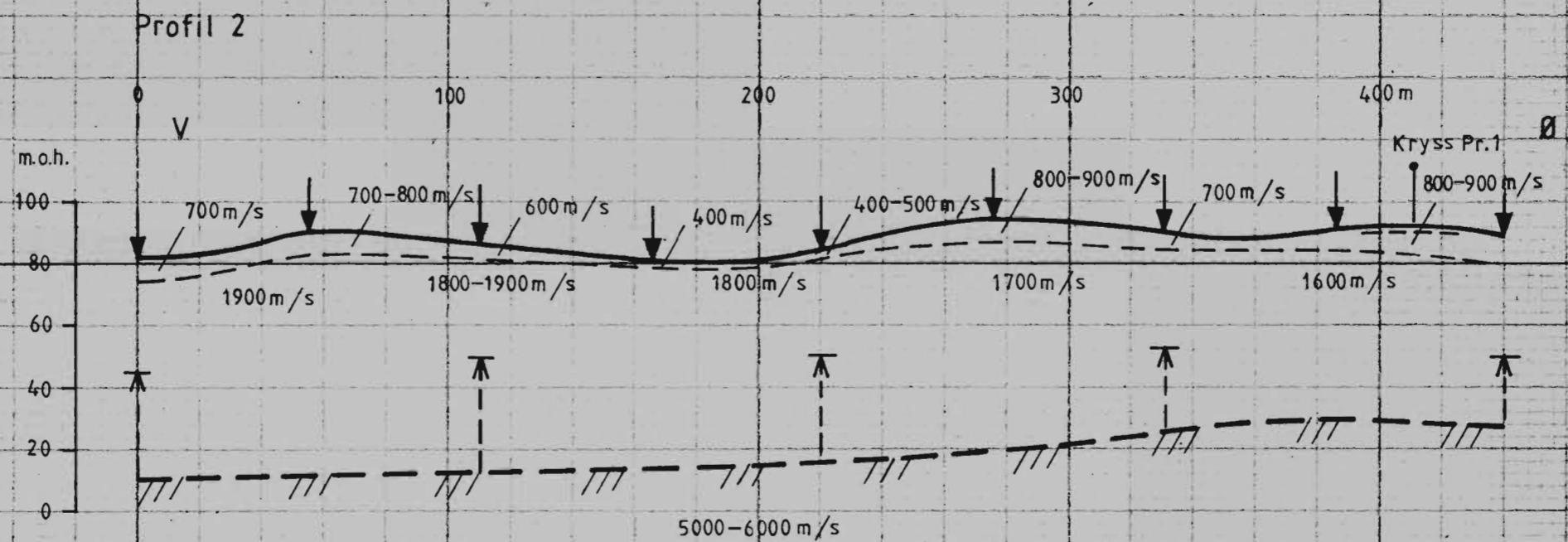
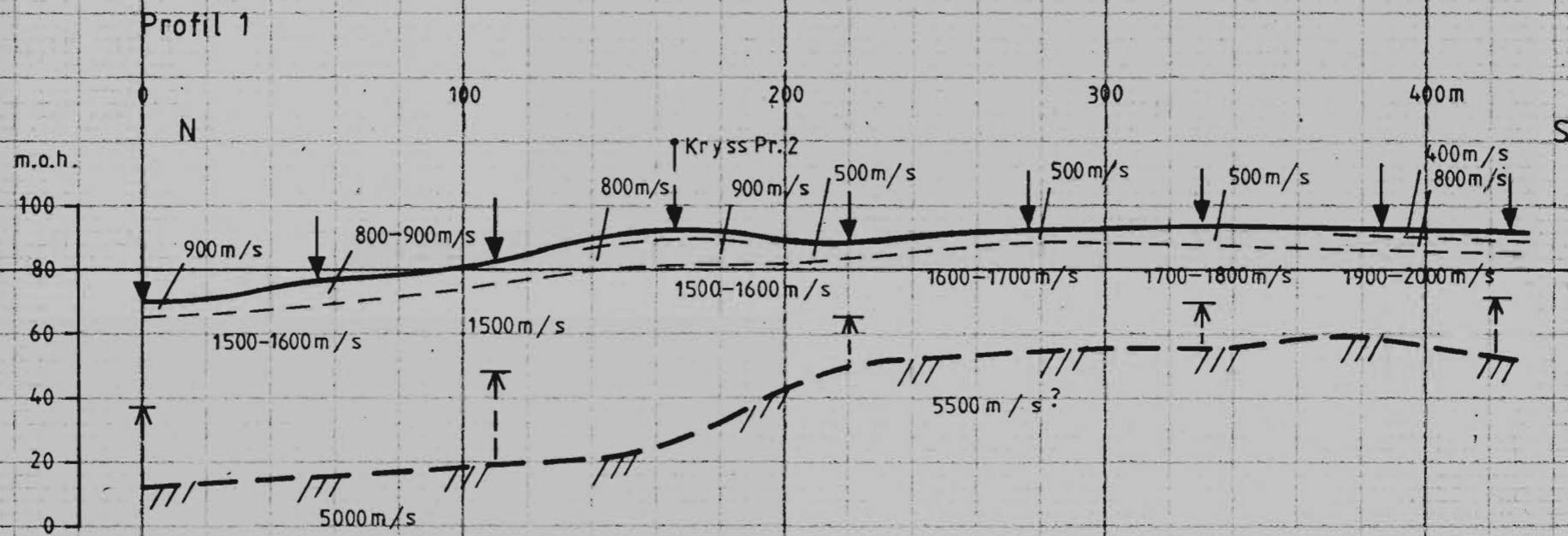
NGU  
 SEISMISKE MÅLINGER  
 OVERSIKTSKART  
 BOTNE, STRAND, ROGALAND

MÅLESTOKK 1:10 000	MÅLT J.F.T	MAI 1985
	TEGN J.F.T	DES. 1985
	TRAC	
	KFR.	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

TEGNING NR.  
 86.156-03

KARTBLAD NR.  
 1212 I



#### TEGNFORKLARING

- Terrengoverflate med skuddpunkt
- Sjiktgrense i løsmasser
- Beregnet fjelloverflate
- Maksimal reduksjon i løsmassemektighet for lavhastighetssone av 800 m/s i nedre løsmassesjikt

NGU  
SEISMISKE MÅLINGER  
TOLKEDE PROFILER  
LENDINGANE, STRAND, ROGALAND

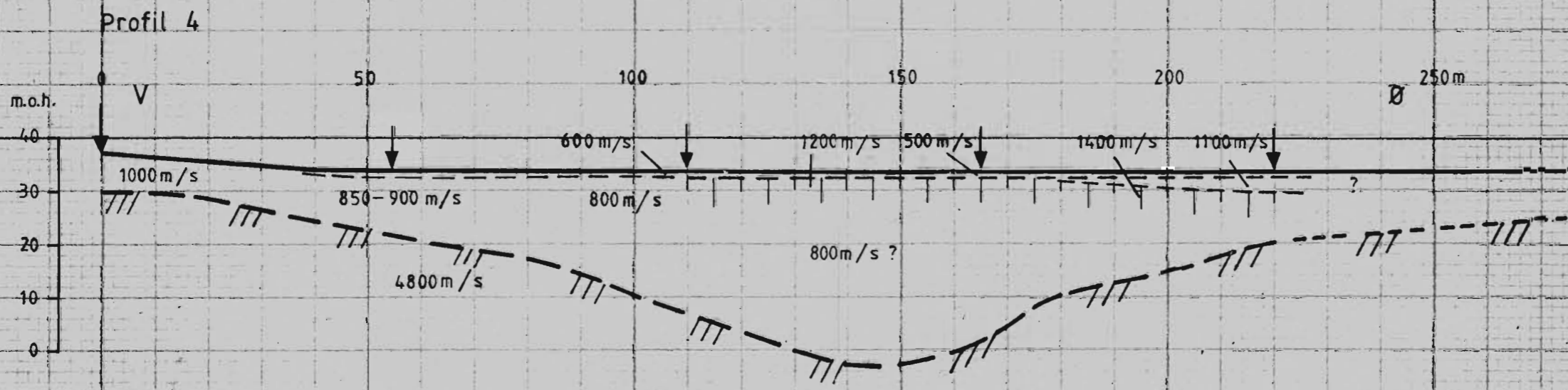
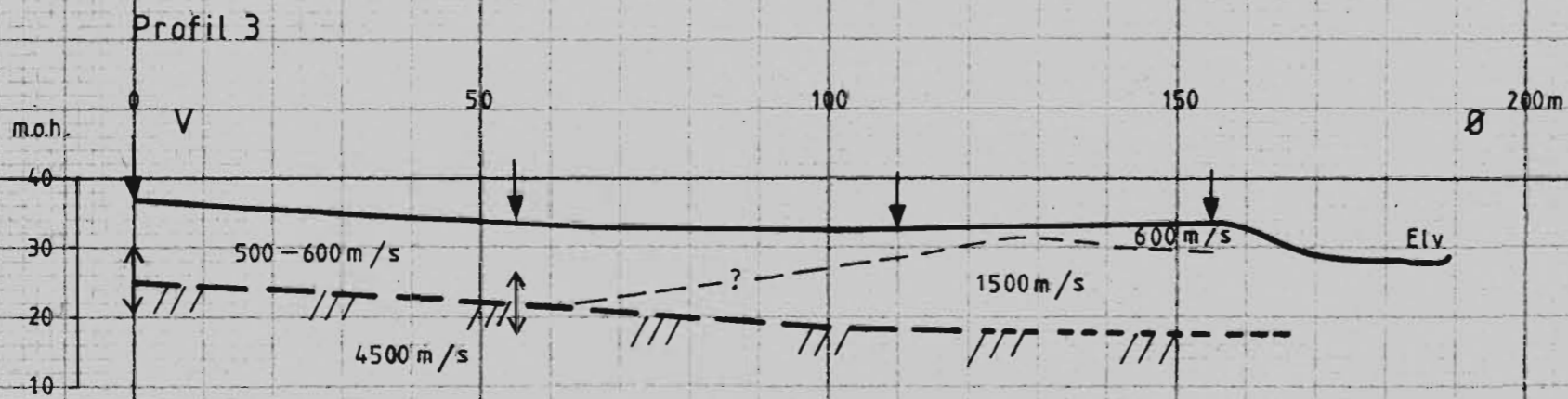
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

MÅLESTOKK  
1:2000

OBS. J.F.T.	MAI -85
TEGN. J.F.T.	DES. -85
TRAC. T.H.	NOV. 86
KFR.	—II—

TEGNING NR.  
86.156-04

KARTBLAD NR.  
1213 II



**TEGNFORKLARING**

- Terrengoverflate med skuddpunkt
- Sjiktgrense i løsmasser
- Beregnet fjelloverflate
- Usikker fjelloverflate
- Maks. mektighet av mulig blindsonesjikt av 1500 m/s
- Tynt overflatenært høyhastighetssjikt

NGU SEISMISKE MÅLINGER TOLKEDE PROFILER BOTNE, STRAND, ROGALAND	OBS. J.F.T. MAI -85
	MALESTOKK 1:1000 TEGN. J.F.T. DES -85 TRAC. T.H. NOV. 86 KFR.
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 86.156-05 KARTBLAD NR 1212 I