

NGU Rapport nr. 89.074

Seismiske målinger

REDDALEN

Rapport nr. 89.074		ISSN 0800-3416		Åpen/Forfattet	
Tittel: Seismiske målinger Reddalen					
Forfatter: Gustav Hillestad			Oppdragsgiver: NGU		
Fylke: Aust-Agder			Kommune: Grimstad		
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Mandal			Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1511 I Lillesand		
Forekomstens navn og koordinater: Lundemoen 32V 4683 64685			Sidetall: 10		Pris: kr. 130,-
Feltarbeid utført: Oktober 1988		Rapportdato: 24.05.1989		Prosjektnr.: 53.2309.09	
				Seksjonssjef: <i>Jens S. Hennig</i>	
Sammendrag:  Seismiske refraksjonsmålinger ble utført langs 9 profiler på 4 lokaliteter i Reddalen. Samlet profillengde var ca. 2600 m. Hovedhensikten var å kartlegge nyttbare forekomster av sand og grus. Mektigheten av det tørre topplaget varierte fra noen få meter til ca. 20 m, og totaldyppet til fjell var opptil ca. 60 m.					
Emneord		Kvartærgeologi		Grus	
Geofysikk		Løsmasse			
Refraksjonsseismikk		Sand		Fagrapport	

INNHOOLD

	Side
OPPGAVE	4
UTFØRELSE	4
RESULTATER	4
Lundemoen	5
Høymoen	5
Møretrømoen	6
Rødmyrene	7

TEKSTBILAG

Beskrivelse av seismisk refraksjonsmetode  
Lydhastigheter i løsmasser

KARTBILAG

89.074-01 Situasjonsplan  
    -02 Grunnprofiler Lundemoen  
    -03         "         Høymoen  
    -04         "         Møretrømoen  
    -05         "         Rødmyrene

## OPPGAVE

Som et ledd i registreringen av nyttbare forekomster av sand og grus skulle det gjøres seismiske refraksjonsmålinger langs 9 profiler som var bestemt av Knut Wolden ved NGUs Løsmasseavdeling. Profilenes beliggenhet er vist på vedheftet tegning. Stedsangivelsen er ikke gjort på grunnlag av landmåling, men bare på grunnlag av mer eller mindre godt kjennbare punkter på kartet samt bruk av kompass og målebånd.

## UTFØRELSE

Profilene ble målt etter vanlig seismisk refraksjonsmetode, som i hovedtrekkene er beskrevet i vedheftet bilag. Den anvendte apparatur var en 24 kanals ABEM TRIO, og avstanden mellom seismometrene var delvis 10 m og delvis 20 m. Terrenget var ganske glatt og fint med forholdsvis lite undervegetasjon. Derfor ble det ikke ansett for nødvendig med nivellement av profilene. Det var endel mekanisk støy fra eksisterende grustak under målingene på Møretrømoen. Forøvrig var det lite grunnstøy i måleområdene. Været var stort sett meget bra i måleperioden. Assistent var tildels Bjørn Iversen og tildels Knut Wolden.

## RESULTATER

På vedheftede tegninger er måleresultatene fremstilt grafisk i vertikalsnitt gjennom profilene. De inntegnede dyp representerer egentlig de korteste avstander til sjiktgrensene - da lydbølgene ikke bare forplanter seg i vertikalplanet - og disse kan leilighetsvis være mindre enn de vertikale dyp. Sjiktgrensene må be-

traktes som utglattede, hvor de finere detaljer ikke alltid kommer frem. Jeg vil beskrive resultatene fra de enkelte målestedene hver for seg.

### Lundemoen

Seismogrammene i profil 1 var av svært varierende kvalitet, mens de i profil 2 var gode. Det øverste laget med tørr sand og grus har forholdsvis jevn hastighet på ca. 500 m/s. I profil 1 er hastigheten i det neste laget bestemt til 1600 m/s fra 0 til ca. pkt. 300 m. Herfra og videre til pkt. 440 m er hastigheten dårlig definert, men jeg har regnet med verdien 1600 m/s. Fra pkt. 440 m til pkt. 670 m er hastigheten målt til 1400 m/s. I profil 2 er hastigheten i dette laget bestemt bare i området 90-170 m, hvor den er 1600 m/s. Jeg har regnet med denne verdien over hele profilet. Laget består trolig for det meste av vannmettet sand og grus, men ut fra hastighetsverdiene er det heller ikke noe i veien for at det helt eller delvis kan dreie seg om leire. Hastigheten i fjellet varierer mellom 4050 m/s og 5000 m/s.

### Høymoen

Seismogrammene var av middels god kvalitet. På mesteparten av profil 1 og den vestre halvdel av profil 2 ser det ut for å være 2 lag i overdekket. Hastigheten i det tørre gruslaget er ganske jevn og ligger i området 340-390 m/s. I lag nr. 2 er hastigheten dårlig definert, men 1400 m/s ser ut for å være en sannsynlig verdi. Dette svarer trolig til vannmettet grus. Fjellhastigheten i profil 1 er 4300 m/s, og i profil 2 er den 4950 m/s. Forskjellen beror antagelig på sprekkesystemenes orientering.

## Møretrømoen

### Profil 1

Seismogrammene var ganske dårlige, delvis på grunn av støy fra grustak. Fra 0 til ca. pkt. 200 vises 2 lag i overdekket. I topplaget av tørr sand og grus varierer hastigheten mellom 320 og 600 m/s. I lag nr. 2 er hastigheten dårlig definert, og jeg har regnet med verdien 1500 m/s. Videre nordover i profilet vises bare en hastighet over fjellet, og den ligger på 500-600 m/s. Hvis det likevel skulle finnes et lag nr. 2 på deler av denne strekningen, betyr det at fjellet her er angitt for høyt. Fjellhastigheten er målt til 4600 m/s på den sydlige halvdel av profilet og 5150 m/s på den nordlige.

### Profil 2

Seismogramkvaliteten var her meget varierende. Topplaget har en mektighet på ca. 20 m på store deler av dette profilet, og hastigheten ligger i området 500-800 m/s. Det er mange små holdepunkter som tyder på et lag nr. 2 i overdekket, men det kommer ikke klart frem i gangtidsdiagrammene, og hastigheten er derfor dårlig bestemt. Jeg har regnet med 1500 m/s. Hastigheten i fjellet ser ut til å ligge på ca. 4500 m/s.

### Profil 3

Seismogrammene var meget gode. I dette profilet var det i topplaget at hastighetsbestemmelsen ble dårlig, fordi laget var så tynt. Det ser ut som 500 m/s kan være en rimelig verdi. Lag nr. 2 kommer her helt klart frem, og hastigheten er 1500 m/s. I fjellet er det registrert 4350 m/s på den nordlige del og 5150 m/s på den sydlige del.

## Rødmyrene

Seismogramkvaliteten var middels god.

### Profil 1

Topplaget har hastighet på 380-580 m/s, og mektigheten er ca. 10 m på de sydligste ca. 100 m. Fra ca. pkt. 170 og nordover er tykkelsen bare ca. 2 m. Det underliggende laget har trolig en hastighet på ca. 1500 m/s. Som de fleste andre steder i denne undersøkelsen kan det her dreie seg om vannmettet sand og grus, men en kan heller ikke se bort fra at det kan være snakk om tettere masser - som leire.

### Profil 2

Topplaget har stort sett hastighet 560 m/s, dog med et lag helt på toppen lengst vest, hvor hastigheten er 310 m/s. Dette profilet ble litt for kort til å gi entydige tolkninger, spesielt siden det ikke ble skutt fjernskudd. Jeg har derfor benyttet meg av "kjent dyp" i krysningen med profil 1. Hastigheten i løsmasselaget nærmest fjell kommer ikke frem i diagrammene, så jeg har benyttet verdien 1500 m/s som i profil 1. Hastigheten i fjell antas å være 5000 m/s.

Alle terrenghøyder er tatt fra økonomisk kart med 5 m ekvidistanse.

Trondheim, 24. mai 1989

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE

Geofysisk avdeling

*Gustav Hillestad*  
Gustav Hillestad

forsker

SEISMISK REFRAKSJONSMETODE.

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/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 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  $\frac{\sin i}{\sin R} = \frac{V_1}{V_2}$ . 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 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 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 opp-tegnete 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.

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 førsteklases 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.

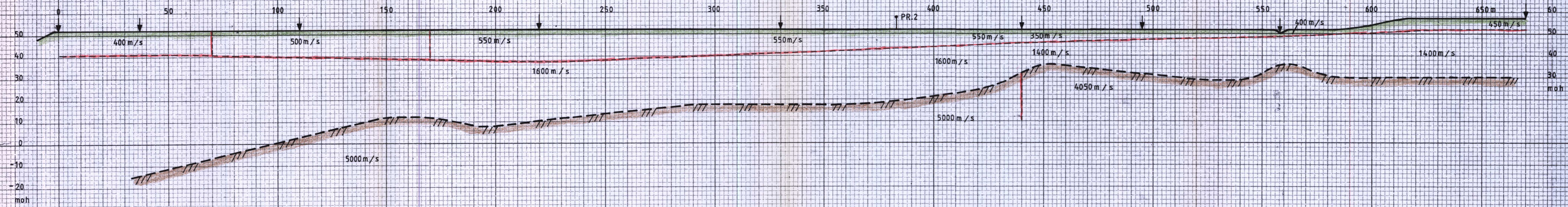
## LYDHASTIGHETER I DE MEST VANLIGE LØSMASSETYPER

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 "

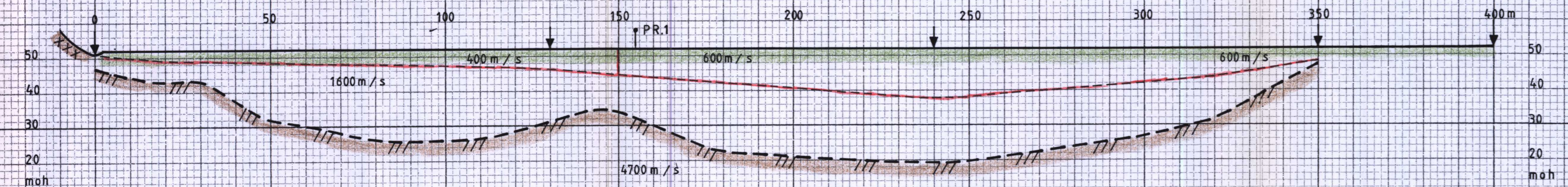


NGU SEISMISKE MÅLINGER OVERSIKTSKART REDDALEN AUST-AGDER	MÅLESTOKK	MÅLT G.H.	SEPT. OKT. 88
	1:5000	TEGN G.H.	FEB. 89
		TRAC T.H.	APRIL 89
		KFR G.H.	— — —
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM		TEGNING NR.	KARTBLAD NR.
		89.074-01	1611 IV

PROFIL 1



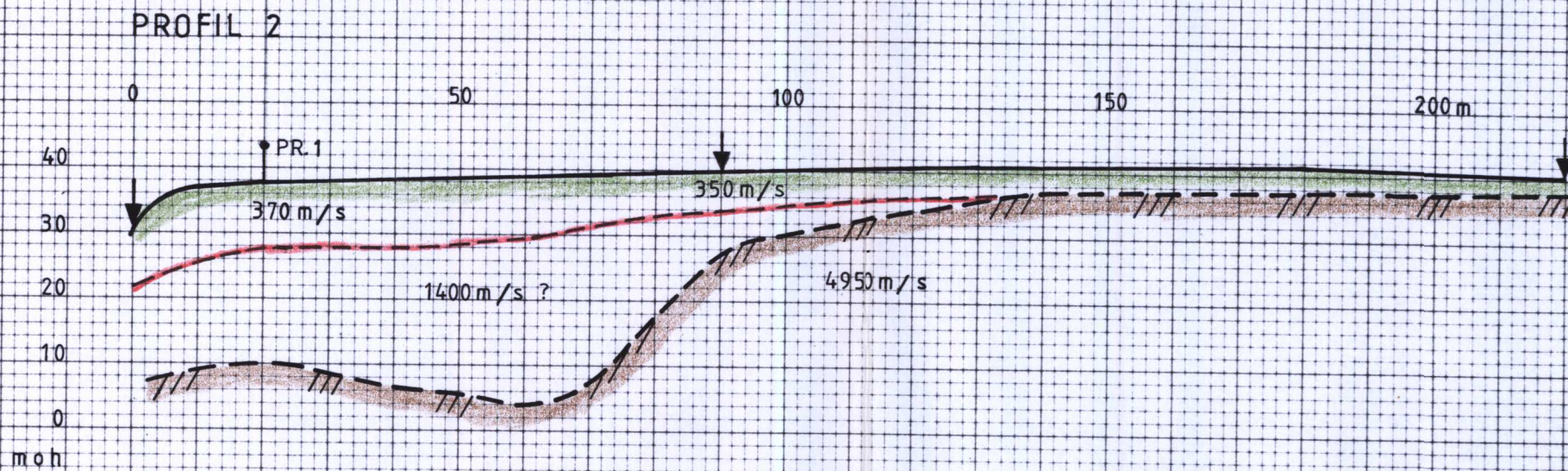
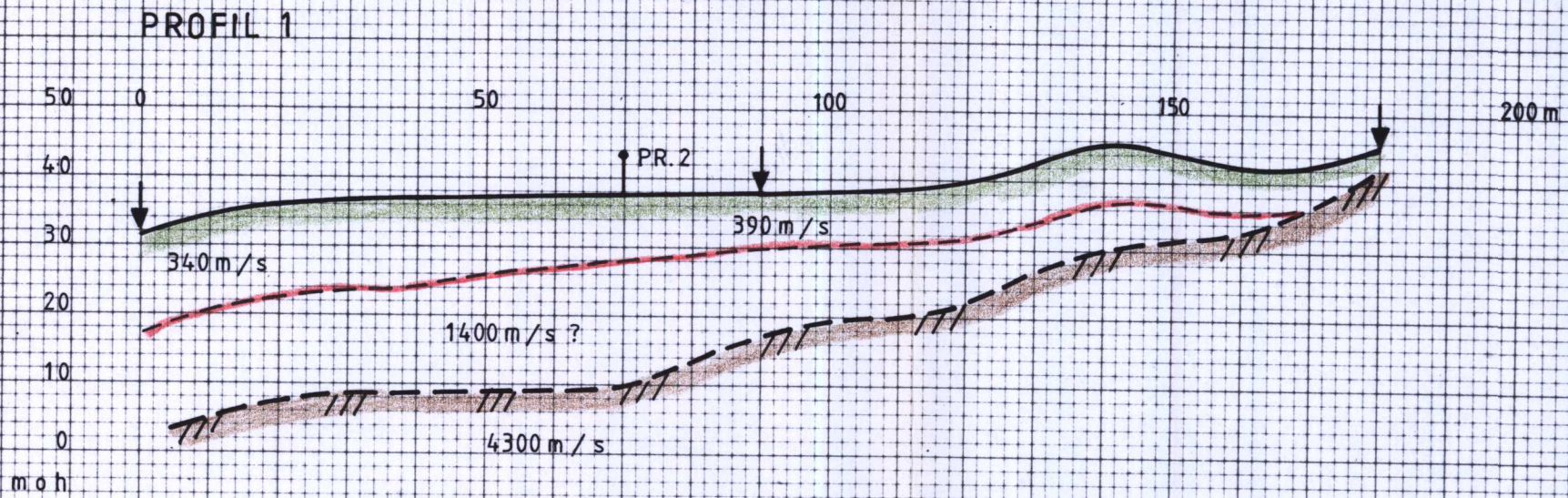
PROFIL 2






TEGNFORKLARING

-  TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
-  SJIKTGRENSE
-  INDIKERT FJELLOVERFLATE

NGU SEISMISKE MÅLINGER REDDALEN GRUNNPROFILER LUNDEMOEN AUST-AGDER	MÅLESTOKK	MÅLT G.H. SEPT. 1988
	1:1000	TEGN. G.H. FEB. 1989
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TRAC. T.H.	APRIL 1989
	KFR. 911	— II —
TEGNING NR. 89.074 - 02	KARTBLAD NR. 1611 IV	



#### TEGNFORKLARING

-  TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
-  SJIKTGRENSE
-  INDIKERT FJELLOVERFLATE

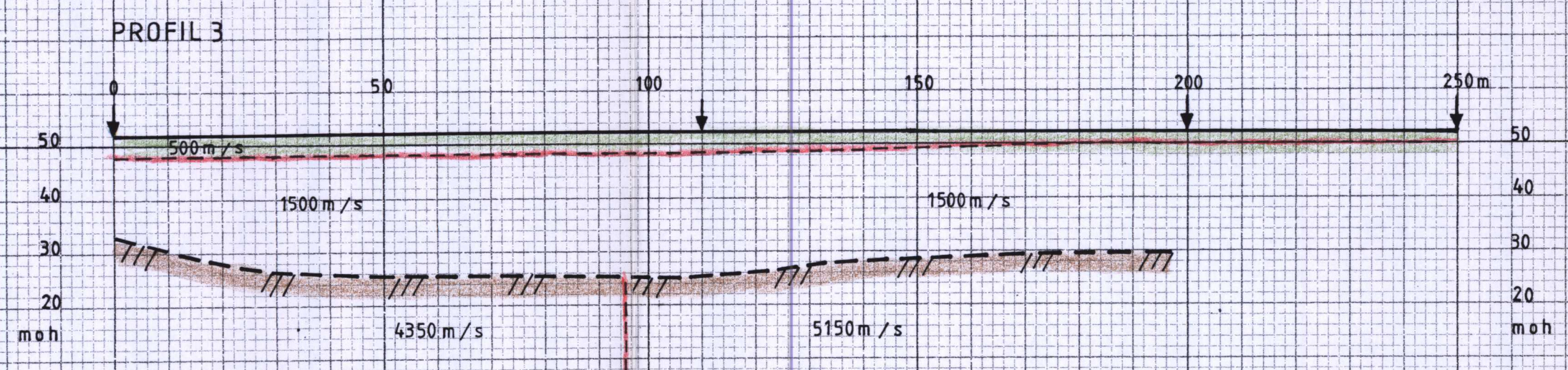
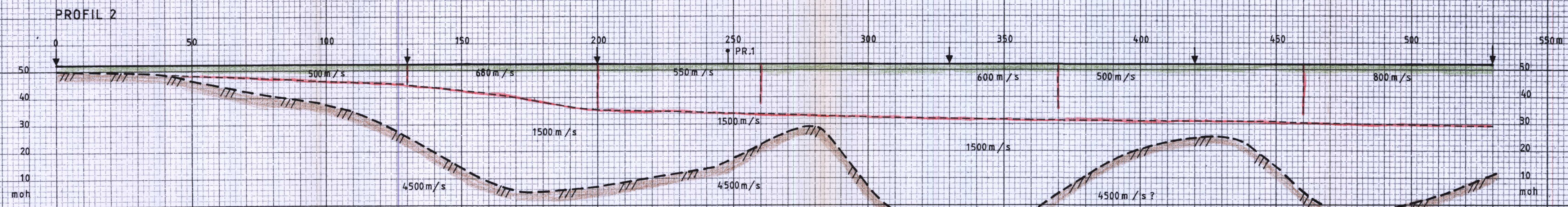
NGU  
SEISMISKE MÅLINGER REDDALEN  
GRUNNPROFILER  
HØYMOEN  
AUST-AGDER

MÅLESTOKK 1:1000	MÅLT G.H.	SEPT. 1988
	TEGN G.H.	FEB. 1989
	TRAC T.H.	MARS 1989
	KFR <i>GH.</i>	APRIL 1989

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

TEGNING NR.  
89.074-03

KARTBLAD NR.  
1611 IV



**TEGNFORKLARING**

↓  
TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT

---  
SJKIGRENSE

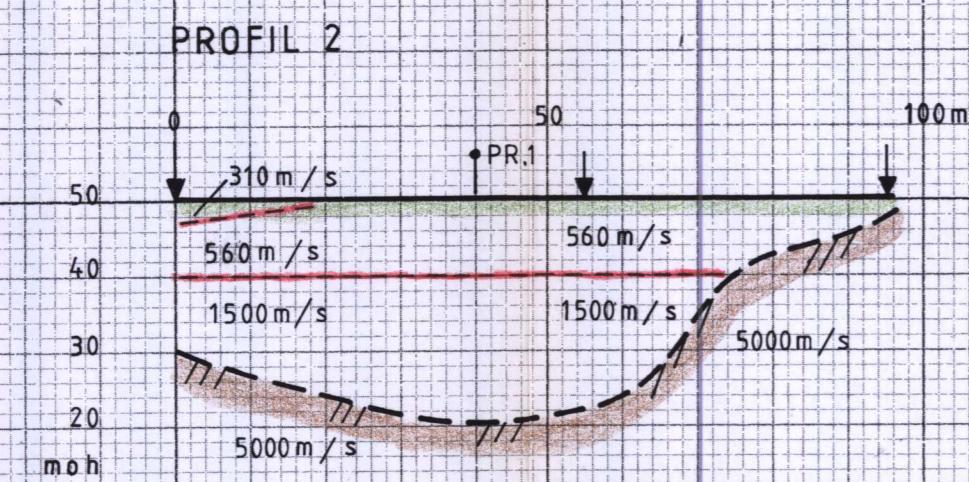
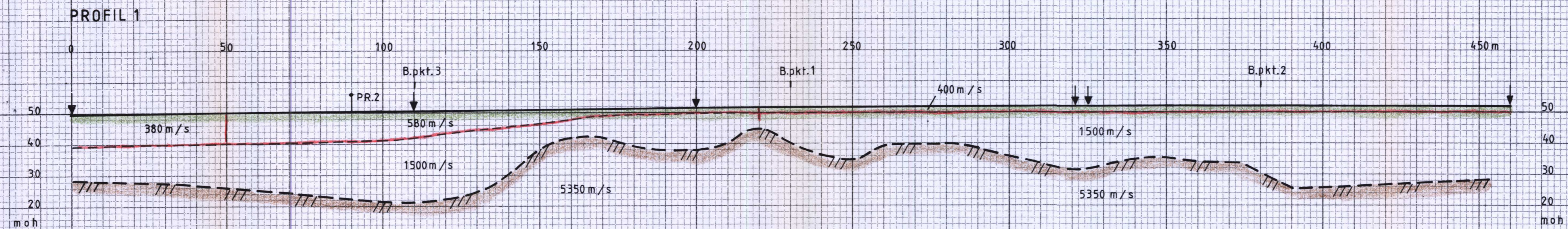
///  
INDIKERT FJELLOVERFLATE

NGU  
SEISMISKE MÅLINGER REDDALEN  
GRUNNPROFILER  
**MØRETRØMOEN**  
AUST-AGDER

MÅLESTOKK	MÅLT G.H.	OKT. 1988
1:1000	TEGN. G.H.	FEB. 1989
	TRAC. T.H.	APRIL 1989
	KFR. <i>GH</i>	—

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

TEGNING NR.	KARTBLAD NR.
89.074-04	1611 IV



TEGNFORKLARING

- TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
- SJIKTGRENSE
- INDIKERT FJELLOVERFLATE

NGU SEISMISKE MÅLINGER REDDALEN GRUNNPROFILER RØDMYRENE AUST-AGDER	MÅLESTOKK	MÅLT G.H.	SEPT. 1988
	1:1000	TEGN. G.H.	FEB. 1989
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	TRAC. T.H.	MARS 1989
	89.074-05	KFR. <i>GH</i>	APRIL 1989
		KARTBLAD NR.	1611 IV