

Rapport nr. 87.052

Seismiske målinger

SLETTMOEN,

Modum, Buskerud



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. 87.052	ISSN 0800-3416	Åpen/Fortrykt	
Tittel: Seismiske målinger Slettmoen			
Forfatter: Gustav Hillestad		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke: Buskerud		Kommune: Modum	
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Hamar		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1715 II Krøderen	
Forekomstens navn og koordinater: Slettmoen 32V 5455 66620		Sidetall: 9	Pris: kr. 60,-
		Kartbilag: 2	
Feltarbeid utført: oktober -85 september -86	Rapportdato: 08.04.1987	Prosjektnr.: 2349.03.32	Prosjektleder: G. Hillestad
Sammendrag: <p>På Slettmoen syd for Krøderen skulle løsmassene kartlegges. Seismiske refraksjonsmålinger ble utført langs 6 profiler med tilsammen ca. 7,5 km. Langt nord på platået kom fjellet opp til bare ca. 5 m fra terrengoverflaten på det minste. Over store deler av sletta tyder målingene på løsmassemektheter av 50 m tykkelse eller mer.</p>			
Emneord	Løsmasse		
Geofysikk	Sand		
Refraksjonsseismikk	Mektighet	Fagrapport	

INNHOLD

	Side
OPPGAVE	4
UTFØRELSE	4
RESULTATER	5

TEKSTBILAG

Beskrivelse av seismisk refraksjonsmetode
Lydhastigheter i løsmasser

KARTBILAG

87.052-01 Oversiktskart
-02 Grunnprofiler

OPPGAVE

Ved Løsmasseavdelingen på NGU var Slettmoen blinket ut som et område hvor det kunne være interessant å finne ut mer om løsmassene. Hans Jørund Hansen og Knut Wolden fikk ansvaret for å lage et opplegg, og de bestemte seg for å få målt noen seismiske refraksjonsprofiler. Profilenes beliggenhet er vist på vedheftet tegning. Høsten 1985 ble profilene 1, 2 og 3 målt, og på bakgrunn av resultatene fra disse ble det bestemt å supplere med profilene 4, 5 og 6 høsten 1986. Noen boringer ble også utført av NGU ved begge anledninger.

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 stort sett 20 m. Terrenget var flatt og fint med lite undervegetasjon. Trafikken var ganske stor på riksvei 280, og dette forårsaket leilighetsvis sjenerende grunnstøy.

Videre var det problemer med registreringer i nærheten av Splitkon-fabrikken, som produserte meget sjenerende grunnstøy. Dette bidro til å redusere kvaliteten av seismogrammene, og et visst monn av apparatursvikt - spesielt i 1985 - trakk i samme retning. Når det er snakk om såvidt store løsmassemektigheter som det viste seg å være her, er det ikke så enkelt å få frem tilstrekkelig gode signaler når man skyter i tørr sand. Terrenghøyder ble ikke målt. Med holdepunkt i økonomiske kart i M 1:5 000 har jeg stort sett lagt terrenmlinjen som horisontale linjer på kote 190 m o.h. Her kan det trolig være feil på opptil 5 m. Profilenes beliggenhet ble heller ikke nøyaktig innmålt, og situasjonsplanen baserer seg på endel spredte notater samt hukommelsen.

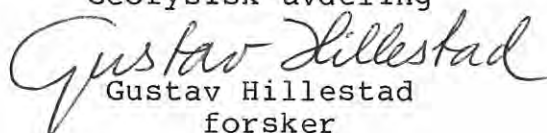
I veggen til grustaket like nord for profil 1 kunne en se at det nærmest terrengoverflaten var et steinrikt lag på et par meter tykkelse og under dette forholdsvis fin sand. Her kunne det være grunn til å mistenke at det øvre laget hadde høyere hastighet og derfor ville kamuflere den underliggende finsand. For å belyse dette ble det målt et 100 m langt profil i bunnen av grustaket - rett på finsanden, hvor hastigheten viste seg å være 350 m/s ned til ca. 6 m. Under dette lot det til å være et lag hvor hastigheten varierte fra ca. 500 m/s til ca. 700 m/s. Dette korresponderer bra med hastighetene som ble målt i topplaget av profil 1 og profil 3 og det synes rimelig at dette kan være et tilsvarende steinrikt sandlag - med mektighet på ca. 10 m. På bakgrunn av dette kontrollprofilet har jeg innført korreksjoner som går ut på at jeg har regnet med eksistensen av et 4 m tykt "usynlig" lag med hastighet 350 m/s i nærheten av terrengoverflaten på strekningen 0 til 880 m av profil 1 og 300-800 m av profil 3. I profilsnittene er dette laget ikke tegnet inn fordi det ville være vanskelig å få det tydelig frem i den valgte målestokk.

RESULTATER

På vedheftet tegning 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 betraktes som utglattede, hvor de finere detaljer ikke alltid kommer frem. Kvaliteten av seismogrammene var ganske variabel - av grunner som er nevnt foran. De resulterende gangtidsdiagrammer virker noen steder greie og noenlunde entydige. Men på majoriteten av profilstrekningene har en måttet gjøre visse antakelser. Det er allerede nevnt innføring av et lavhastighetslag på deler av pr. 1 og pr. 3. Lengst vest i profil 3 er det ganske

klare indikasjoner på lavhastighet under topplaget med 800-960 m/s. Herunder er det regnet med 500 m/s ned til et 1500 m/s-lag, som er lagt inn i overensstemmelse med det kryssende profil 4. Øverst i lagpakken har man et sandlag med varierende innhold av stein og med hastigheter mellom 350 m/s og 960 m/s. De høyeste verdiene kan skyldes innhold av silt. Tykkelsen av det tørre laget ser ut for å variere mellom 5 m og 50 m. Under dette tørre sandlaget er det registrert et lag med hastighet som varierer mellom 1200 m/s og 1700 m/s. De laveste verdiene kan muligens knyttes til silt og de høyeste til leire eller morene. Men for en stor del er det rimelig å assosiere denne grensen med grunnvannsspeil. På steder hvor jeg tror at et slikt lag finnes selv om det ikke fremkommer i diagrammene, har jeg regnet med hastighet på 1500 m/s. Dette laget synes ikke mellom 220 og 880 m i profil 1, men er likevel regnet med her. I profil 2 har en fått gode bestemmelser av laget langs hele profilet. I profil 3 vises laget mer og mindre tydelig fra 0 til 850 m. I profil 4 er det visse indikasjoner på et 1500 m/s-lag mellom 100 og 300 m. Ingen indikasjoner på strekningen 300-800 m, og videre er det helt klare indikasjoner på partiet 800-1900 m. I profil 5 er det også klare indikasjoner på et lag nr. 2 i overdekket mellom 200 m og 780 m. Derimot har en ingen slike klare indikasjoner i profil 6. Det virker likevel usannsynlig at laget ikke finnes også her, og med litt sideblikk til nærliggende profiler er grensen lagt på 150 m o.h. og hastigheten er satt til 1500 m/s. Hvis lag nr. 2 virkelig skulle mangle her, er fjellet angitt for dypt. Fjell-overflaten ligger da trolig på kote 125-130 m o.h. på det dypeste. De registrerte lyd hastighetene i fjellet ligger for det meste rundt 5000 m/s, hvilket tyder på solid fjell. Noen partier ligger dog nede på 4000 m/s og under, og her er det rimelig å regne med atskillig oppsprekking.

Trondheim, 8. april 1987
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
Geofysisk avdeling


Gustav Hillestad
forsker

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 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 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 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° .

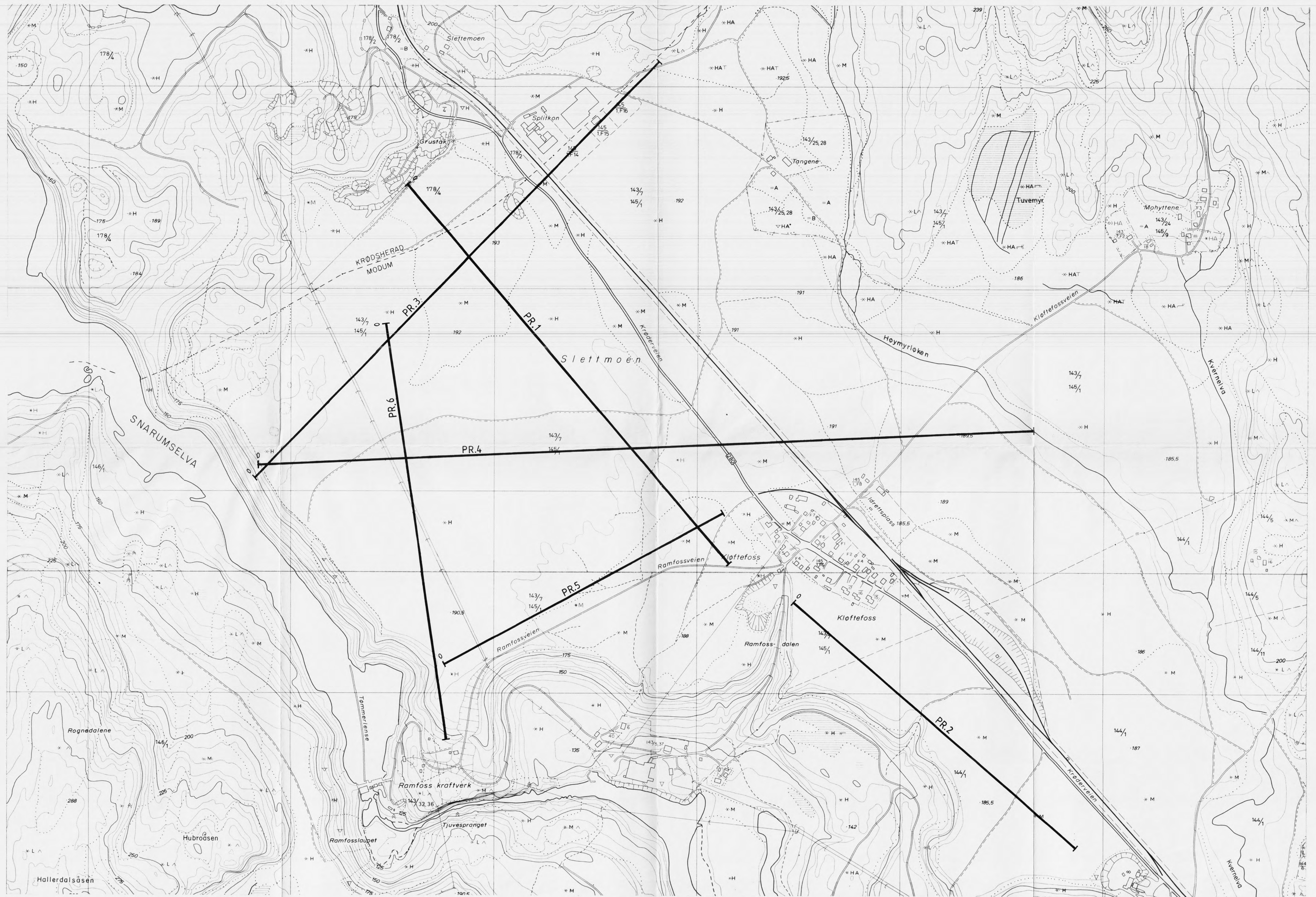
Det forekommer at en sjiktgrense ikke avspeiler seg i de oppregnede diagrammer, fordi de refrakterte bølger fra denne grense når overflaten senere enn fra en dypere grense. Det foreligger da en såkalt "blind sone", og de virkelige dybder kan være vesentlig større enn de beregnede. En annen feilkilde 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 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.

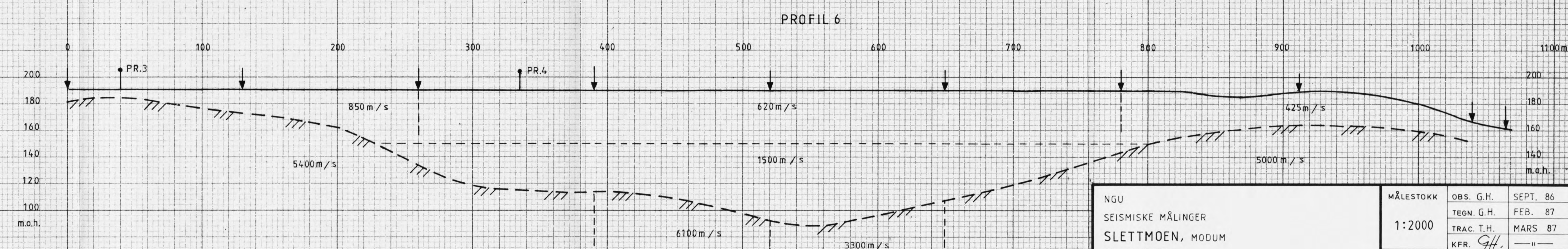
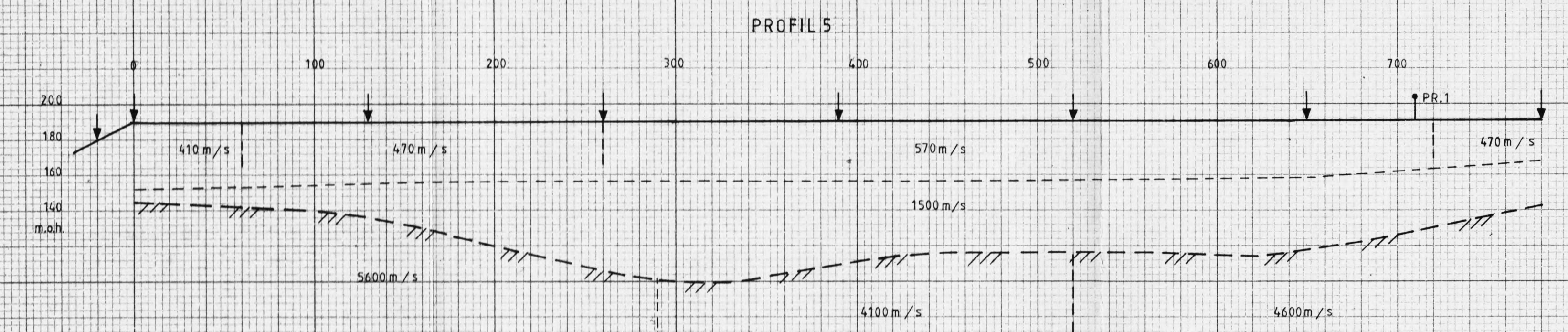
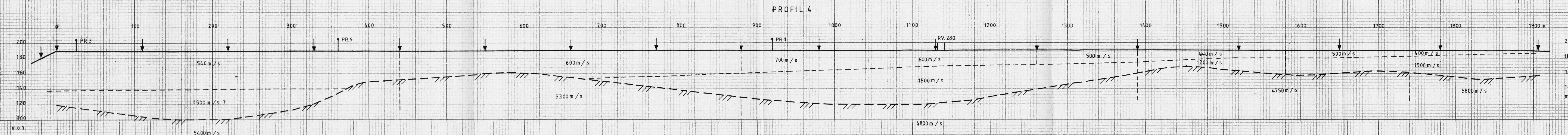
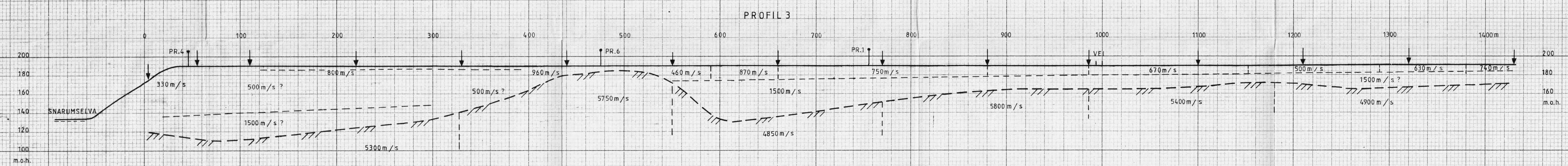
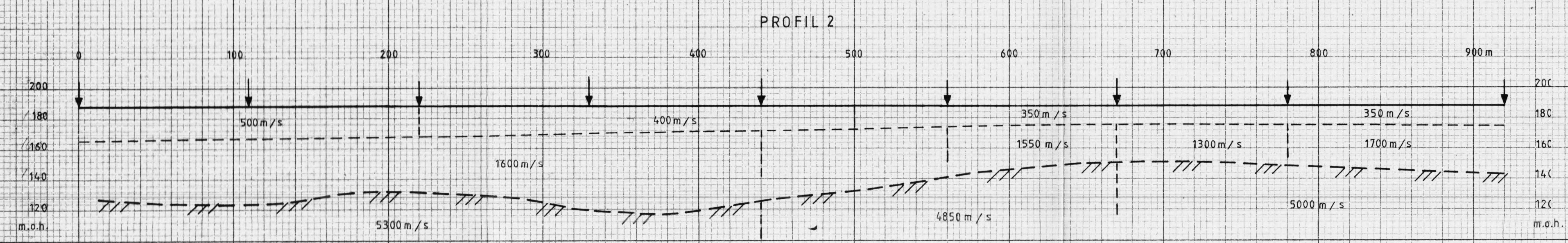
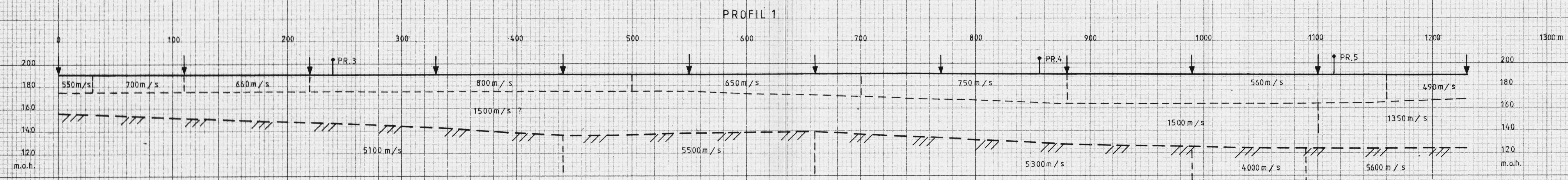
Når en oppnår førsteklases seismogrammer, kan tiden avleses med 0.5 millisekund nøyaktighet, men selv da mener vi det er urealistisk å regne med mindre enn 0.5 m usikkerhet i dybdeangivelsene. Ved meget små dyp til fjell - størrelsesorden 1 m - blir overdekkehastigheten dårlig bestemt, og en må regne 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 SLETTMOEN, MODUM OVERSIKTSKART	MÅLESTOKK	OBS. G.H.	SEPT. 86
	1: 5000	TEGN. G.H.	FEB. 87
		TRAC. T.H.	MARS 87
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
	87.052-01	1715 II	



TEGNFORKLARING:

- ↓ TERRENGOVERFLATE MED SKJDDPUNKT
- - - - - SJIKTGRENSE
- /// INDIKERT FJELLOVERFLATE

NGU SEISMISKE MÅLINGER SLETTMOEN, MODUM GRUNNPROFILER NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	MÅLESTOKK	OBS. G.H.	SEPT. 86
	1:2000	TEGN. G.H.	FEB. 87
	TEGNING NR. 87.052-02	TRAC. T.H.	MARS 87
		KFR. G.H.	KARTBLAD NR. 1715 II