



Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr BV 1597	Intern Journal nr 85/81 VB	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering Trondheim	Gradering Åpen
Kommer fra ..arkiv	Ekstern rapport nr NGU 1795	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel Seismiske målinger på Bruland og i Angedalen ved Førde				
Forfatter Tønnesen, Jan Fredrik		Dato 19.02 1981	Bedrift NGU	
Kommune Førde	Fylke Sogn og Fjordane	Bergdistrikt Vestlandske	1: 50 000 kartblad 12171	1: 250 000 kartblad
Fagområde Geofysikk	Dokument type		Forekomster Bruland Angedalen	
Råstofftype Byggeråstoff	Emneord Sand Grus			
Sammendrag				

7
Fr. nev. 5

NORFOLK GEOL. STREKE KINDE TILVIT 1971

NGU-rapport nr. 1795

Seismiske målinger
BRULAND OG ANGEDALEN
FØRDE, SOGN OG FJORDANE

1981



Rapport nr. 1795		Åpen/ Forbeholdt	
Tittel: Seismiske målinger på Bruland og i Angedalen ved Førde			
Oppdragsgiver: NGU		Forfatter: Jan Fredrik Tønnesen, geofysiker	
Forekomstens navn og koordinater: Bruland LP 355 152, LP 349 160 Angedalen LP 357 185		Kommune: Førde	
Fylke: Sogn og Fjordane		Kartbladnr. og -navn (1:50 000): 1217 I Holsen	
Utført: Feltarbeid: 9. - 17. juni 1980 Rapport : Februar 1981		Sidetall: 7 Tekstbilag: 2 Kartbilag: 4	
Prosjektnummer og -navn:			
Prosjektleder:			
Sammendrag: Oppdraget er utført i forbindelse med kvartærgeologisk kartlegging ved Førde. Målingene er fordelt på 6 profiler på Bruland og 3 i Angedalen med samlet lengde 2.6 km. Sentralt på sand- og grusterrassen sørøst på Bruland ligger fjelloverflaten 15-25 m o.h. og avsetningen er mellom 40 og 50 m tykk. I terrassen er det registrert seismiske hastigheter typiske for sand og grus, mens det like nordvest for terrassekanten opptrer silt og leire opp til en høyde av 35-40 m o.h. I området nordvest på Bruland ligger fjellet 20-30 m under havnivå og avsetningen er vel 40 m tykk. Avsetningen tynner ut mot nord og sør til henholdsvis 12 og 15 m. Under et 1-4 m tykt overflatelag er det registrert vannmettet materiale, trolig silt og leire. I et snitt over Angedalen ved Hjelle er avsetningen opptil 15 m tykk i bakkeskråningen på nordsiden av dalen og 11 m på sørsiden. Nedover mot elva er avsetningen tynn. På en terrasse 0.7 km lenger opp i dalen varierer fjelldypet mellom 18 og 28 m, og det er trolig vannmettet materiale dypere enn 10-13 m. Seismiske hastigheter i avsetningene er typiske for sand og grus.			
Nøkkelord	Geofysikk	Sand og grus	
	Refraksjonsseismikk	Mektigheter	
	Løsmasser	Hastigheter	

Ved referanse til rapporten oppgis forfatter, tittel og rapportnr.

<u>INNHold:</u>	<u>Side:</u>
INNLEDNING	4
UTFØRELSE	4
RESULTATER	5

Tekstbilag:

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

Kartbilag :

- 1795-01 : Oversiktskart
1795-02 : Grunnprofiler, Bruland
1795-03 : Grunnprofiler, Bruland
1795-04 : Grunnprofiler, Angedalen

INNLEDNING

De seismiske målingene er utført i forbindelse med kvartærgeologisk kartlegging ved Førde.

Målingene er fordelt på 6 profiler ved Bruland på tilsammen vel 2 km og 3 profiler i Angedalen på tilsammen knapt 0.6 km. Plasseringen av profilene er vist i kartbilag 1795-01.

Profilene 1-3 er målt på sand- og grusterrassen lengst sørøst på Bruland som ligger vel 60 m o. h. Profil 4 er målt like nedenfor terrassekanten. Profilene 5 og 6 er målt i kryss på det lavereliggende området nordvest på Bruland. I Angedalen gir profilene 7 og 8 et snitt over dalen ved Hjelle, mens profil 9 er målt på en terrasseflate 0.7 km lenger oppe i dalen.

UTFØRELSE

Målingene ble utført etter vanlig seismisk refraksjonsmetode, se Bilag 1. Som registreringsinstrument ble benyttet en 12 kanals ABEM TRIO. Det ble brukt både 100 m og 200 m lange kabelutlegg. I de lange utleggene var avstanden mellom geofonene 20 m, men ble innkortet til 10 m i hver ende. Skuddpunkt ble plassert 10 m fra hver ende og ett ved midten av utlegget. I de korte utleggene var avstanden mellom geofonene halvparten så stor, likeså avstanden mellom skuddpunktene. Fjernskudd ble som regel plassert ved midtskudd i naboutlegget. Fjernskudd ble også benyttet ved avslutningen av profilene 5, 6, 7 og 9 og ved begynnelsen av profil 8. Profil 3, som er et noe innkortet utlegg, mangler skuddpunkt ved sørenden.

I seismogrammene for profil 2 og 3 er utslagene noe svake og brede. I profil 4 kom det inn mye støy fra driften i sandtaket, men opptakene er brukbare. I de andre profilene var det lite grunnstøy og registreringene ble meget gode.

Profilene er noe omlagt fra opprinnelig plan for å slippe kryssing av sandtak og trafikkert vei, og unngå å komme i konflikt med bebyggelse og jordbruk.

Feltarbeidet ble utført av Torbjørn Haugen, Odd Petter Rønning og Jan Fredrik Tønnesen.

RESULTATER

Bruland (Profil 1-6)

Resultatene av målingene er vist i kartbilag 1795-02 for profil 1-4 og kartbilag 1795-03 for profilene 5 og 6.

Profil 1. Det 315 m lange profilet regnes jevnt over å ligge 61 m o.h. Løsmassetykkelsen øker fra 7 til 17 m de første 70 m av profilet fra vest, men øker bare til knapt 25 m videre fram til 240 m. I løpet av de neste 50 m øker tykkelsen til vel 40 m. Seismisk hastighet i avsetningen øker østover langs profilet fra 470 til 800 m/sek. Et overflatelag et par meter tykt har noe lavere hastighet. Under overflatelaget mellom 200 og 300 m i profilet opptrer et tynt høyhastighetslag på 1100 m/sek.

Profil 2. Øst for terrassekanten, langs de østligste 100 m av det 330 m lange profilet, er fjelloverflaten beregnet å ligge 37 - 39 m o.h. Mot vest skråner fjellet bratt ned til mellom 20 og 25 m o.h. og når lengst vest ned til 15 m o.h. Fra terrasseoverflaten som ligger 64 - 66 m o.h. blir fjelldypet 40 - 45 m, økende til 50 m lengst vest. I det lavereliggende området øst for terrassen er løsmassetykkelsen bare 6 - 10 m. Det er bare registrert ett gjennomgående løsmassesjikt. Lengst øst er seismisk hastighet 550 - 600 m/sek, mens den i terrassen er 730 - 800 m/sek. Fra terrassekanten og 100 m vestover er det et tynt overflatelag av 900 m/sek.

Profil 3. Profilet krysser profil 2 og er bare 180 m langt. Avsetningen er 35 m tykk ved sørenden av profilet. Mot midten øker mektigheten til 45 m, men blir noe mindre igjen mot nordenden. Seismisk hastighet av-

tar fra 800 til 640 m/sek nordover mot terrassekanten, men fra kanten og et stykke innover terrassen er det et tynt overflatelag med noe høyere hastighet.

Profil 4. I det 220 m lange profilet ligger fjellet lavest ved midten 7 - 8 m under havnivå. I den vestlige delen ligger fjelloverflaten 2 - 4 m under havnivå, mens den stiger opp mot østenden til 4 - 5 m o.h. Ved midten av profilet er avsetningen vel 45 m tykk, mens tykkelsen ellers ligger rundt 40 m. Øverst er det et 3-4 m tykt sjikt med seismisk hastighet 450 - 620 m/sek, mens materialet under har hastighet rundt 1500 m/sek.

I profil 1-3 er de seismiske hastighetene typiske for sand og grus over grunnvannsnivå. Avtagende hastighet mot vest i profil 1 tyder på at avsetningen blir finere vestover. De tynne topplagene med høy hastighet kan være grovt og godt pakket materiale. Den høye hastigheten langs profil 4 tyder på at vannmettet silt og leire når opp til en høyde av 35 - 40 m o.h. I profil 1-3 er det ikke registrert noe vannmettet sjikt, men det kan opptre som en såkalt blind sone nederst i avsetningen. Teoretisk kan en slik vannmettet sone nå opp til et nivå rundt 35 m o.h. uten å bli registrert. Fjelldypet vil da være opptil 15 m større enn beregnet. Sonen kan bare ventes å nå så høyt hvis materialet er silt og leire. Hvis avsetningen er sandig helt til fjell, kan den vannmettede sone antas å være ganske tynn.

Profil 5. Sentralt i det 710 m lange profilet ligger fjelloverflaten mellom 20 og 30 m under havnivå. Femti meter fra sørenden stikker fjellet opp til 7 m o.h. Fra 550 m i profilet skråner fjellet oppover til et platå 1-2 m under havnivå ved nordenden. Under et 1-4 m tykt overflatesjikt med seismisk hastighet 450 - 650 m/sek er det vannmettet materiale med hastighet 1500 m/sek. Det nedre sjiktet regnes å bestå av silt og leire, da sjiktgrensen ligger opptil 8-10 m over elvenivå. Mellom skuddpunktene ved 110 m og 220 m i profilet er det imidlertid bare registrert en hastighet på 900 m/sek i sjiktet, og materialet antas å være grovere der. Under elvenivå kan det også opptre grovere materiale da vannmettet sand og grus vil ha omtrent samme seismiske hastighet som silt og leire.

Profil 6. Fjelloverflaten ligger 6-7 m under havnivå langs de vestligste

90 m av det 270 m lange profilet. Fjellet skråner nedover mot øst og når ned til 30 m under havnivå ved enden. Avsetningen er 20-24 m tykk i vest, men øker på mot øst til vel 45 m. Avsetningen er som i profil 5 med vannmettet materiale under et 1-4 m tykt overflatesjikt.

Angedalen (Profil 7-9)

Resultatene av målingene er vist i kartbilag 1795-04.

Profil 7. Ved nordenden av det 260 m lange profilet er avsetningen 8 m tykk. Tykkelsen øker til 15-16 m etter 40 m, men avtar til under 4 m etter 105 m. Avsetningen holder seg tynn langs resten av profilet ned til elva. Det er bare registrert ett løsmassesjikt hvor seismisk hastighet øker fra 330 m/sek nede på den tynne avsetningen til 550 m/sek lengst nord. Avsetningen regnes å bestå av sand og grus.

Profil 8. I det 155 m lange profilet sørover fra elva er avsetningen under 3 m tykk de første 60 m. Avsetningen er tykkest med 11 m etter 120 m langs profilet, men avtar til bare 5 m ved sørenden. Seismisk hastighet i avsetningen er vel 800 m/sek med stedvis et tynt topplag med lavere hastighet. Avsetningen regnes å bestå av sand og grus, men den høye hastigheten tyder på grovere materiale enn i profil 7.

Profil 9. Fjelldypet er beregnet til 28 m hundre meter fra sørvestenden av det 155 m lange profilet. Fjelldypet avtar til 18 m mot nordøst. I den sørvestlige delen ligger fjellet 19-20 m under overflaten. Avsetningen har seismisk hastighet på vel 700 m/sek under et tynt topplag med lavere hastighet. Målingene tyder på at det kommer inn et lag med høyere hastighet 10-13 m under overflaten. Hastigheten er satt til 1500 m/sek, men er dårlig bestemt. Avsetningen regnes å bestå av sand og grus. Sjiktgrensen i avsetningen er antatt å være grunnvannsnivå.

Terrenghøyden i alle profiltegningene er i hovedsak beregnet ut fra oversiktskartet. Feil i terrengoverflaten vil medføre tilsvarende feil i nivået på sjiktgrenser og fjelloverflate.

Trondheim 19. februar 1981.

Geofysisk avdeling

Jan Fredrik Tønnesen

Jan Fredrik Tønnesen

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 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° .

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.

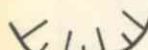
Når en oppnår førsteklasses seismogrammer, kan tiden avleses med 0.5 millisekund nøyaktighet, men selv da mener vi det er urealistisk å regne med mindre enn 0.5 m usikkerhet i dybdeangivelsene. Ved meget små dyp til fjell - størrelsesorden 1 m - blir overdekkehastigheten dårlig bestemt, og en må regne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



TEGNFORKLARING

-  MÅLT PROFIL
-  MASSETAK (ANSLÅTT UTSTREKNING)
-  FJELLBLOTNING NÆR PROFIL

NGU
SEISMISKE MÅLINGER
OVERSIKTSKART
FØRDE, SOGN OG FJORDANE

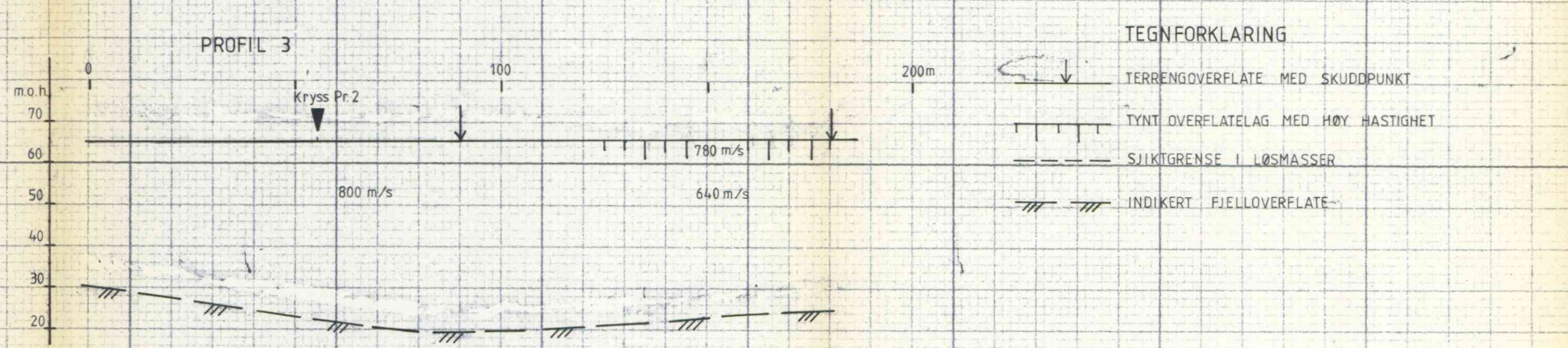
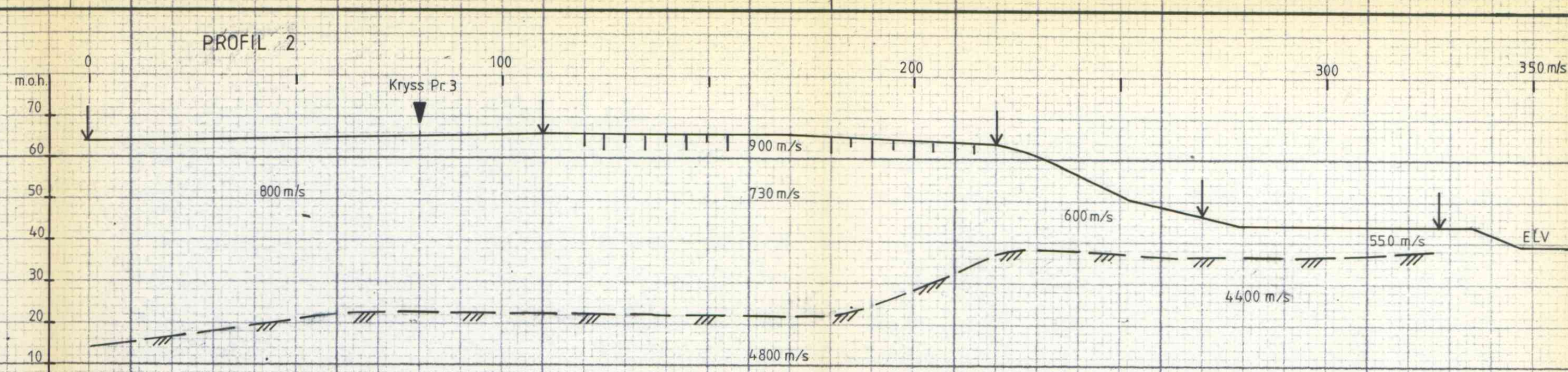
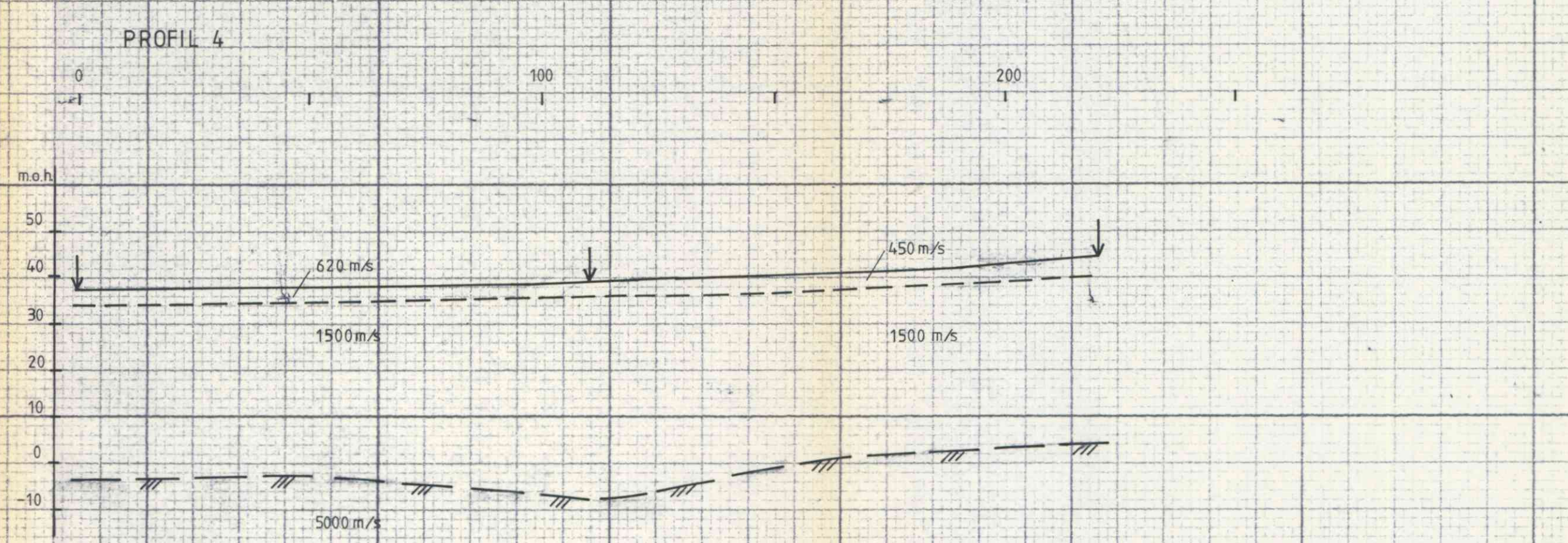
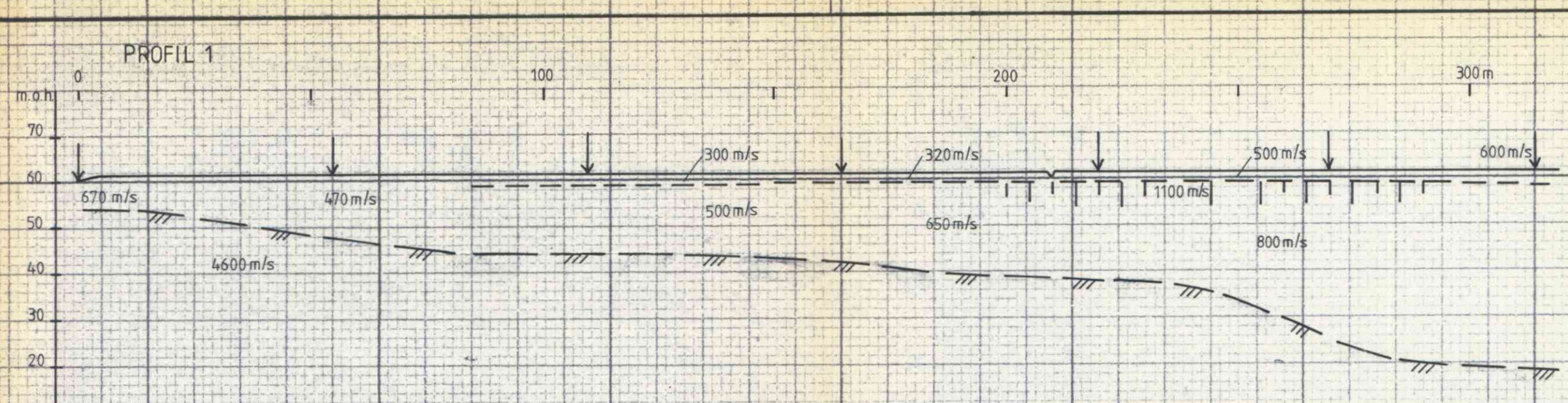
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK
1:10000

MÅLT J.F.T.	Juni 80
TEGN J.F.T.	Jan. 81
TRAC	Feb. 81
KFR.	

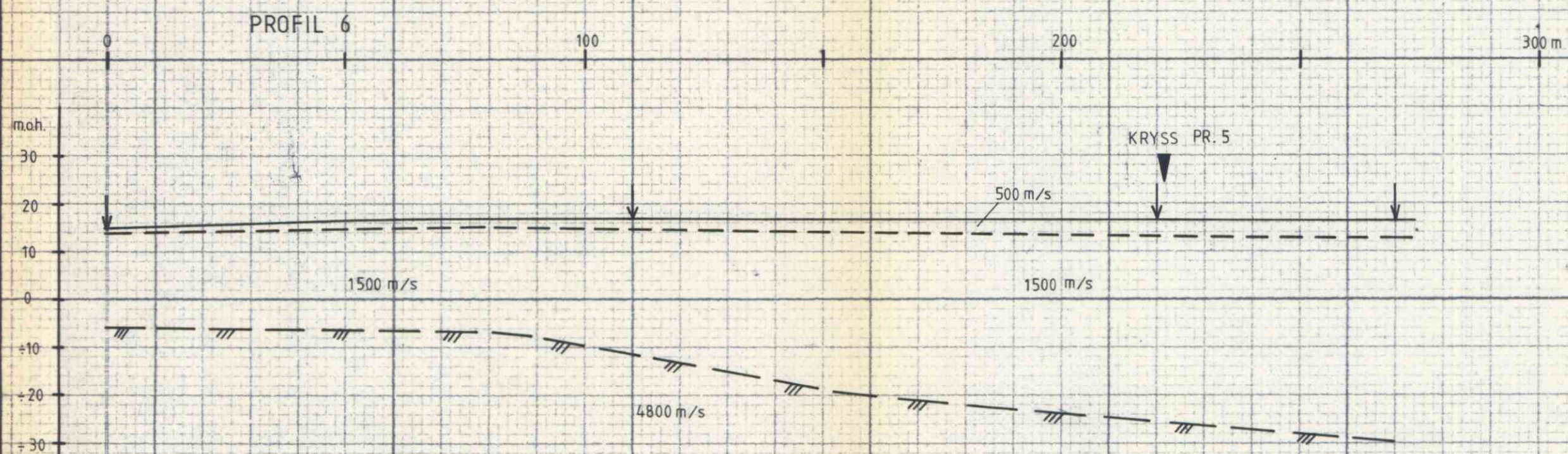
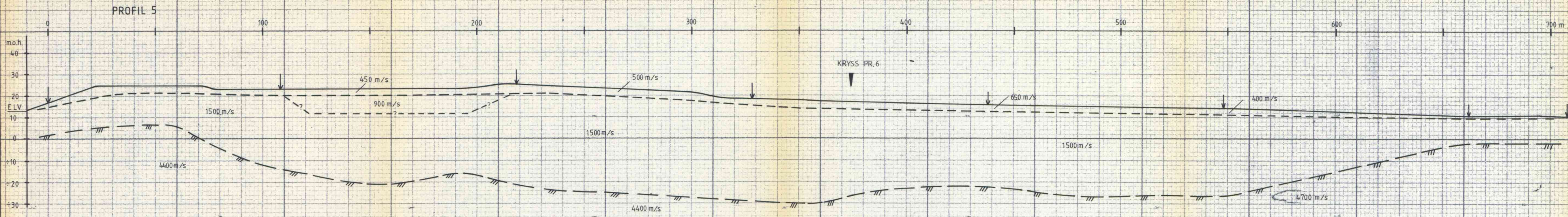
TEGNING NR.
1795-01

KÅRTBLAD NR.
1217 I



- TEGNFORKLARING
- TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
 - TYNT OVERFATELAG MED HØY HASTIGHET
 - SJIKTGRENSE I LØSMASSE
 - INDIKERT FJELLOVERFLATE

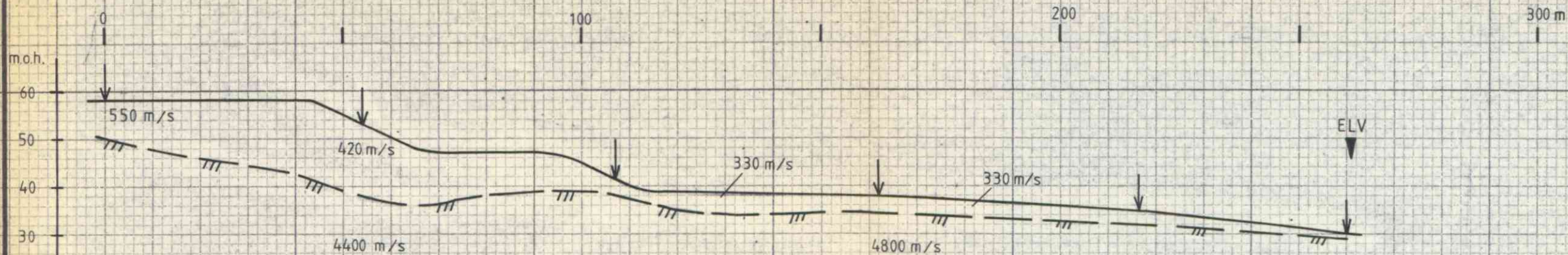
NGU SEISMISKE MÅLINGER GRUNNPROFILER BRULAND, FØRDE, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK	MÅLT J.F.T.	JUNI 80
	1:1000	TEGN J.F.T.	
		TRAC <i>GLB</i>	FEB. 81
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM		TEGNING NR.	KARTBLAD(AMS)
		1795-02	1217-I



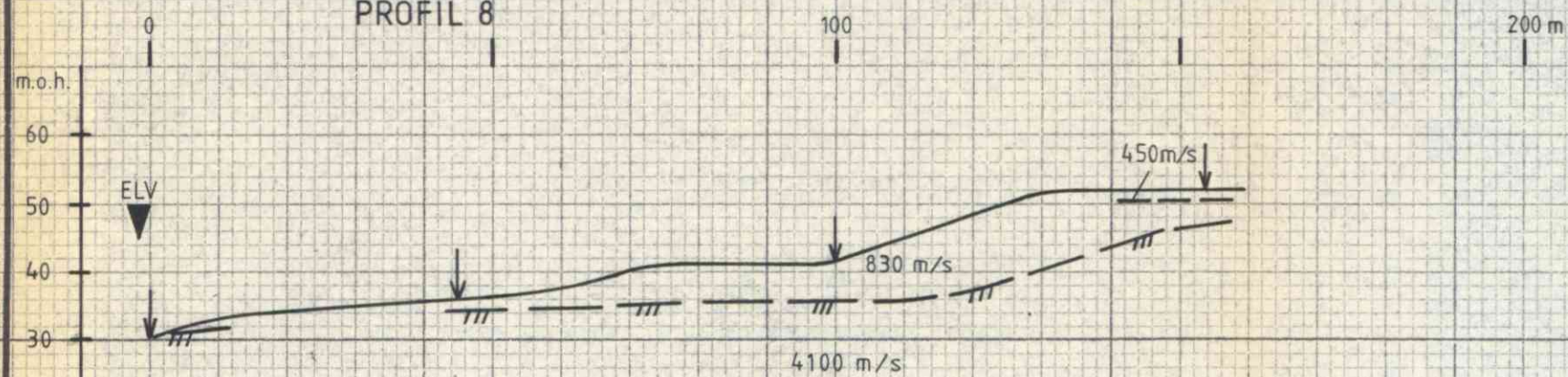
- TEGNFORKLARING :
- ↓ TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
 - - - SJIKTGRENSE I LØSMASSE
 - /// INDIKERT FJELLOVERFLATE

NGU SEISMISKE MÅLINGER GRUNNPROFILER BRULAND , FØRDE, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK 1:1000	MÅLT J.F.T.	Juni 80
		TEGN J.F.T.	
		TRAC <i>24/2</i>	Feb. 81
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 1795 - 03	KARTBLAD(AMS) 1217 I	

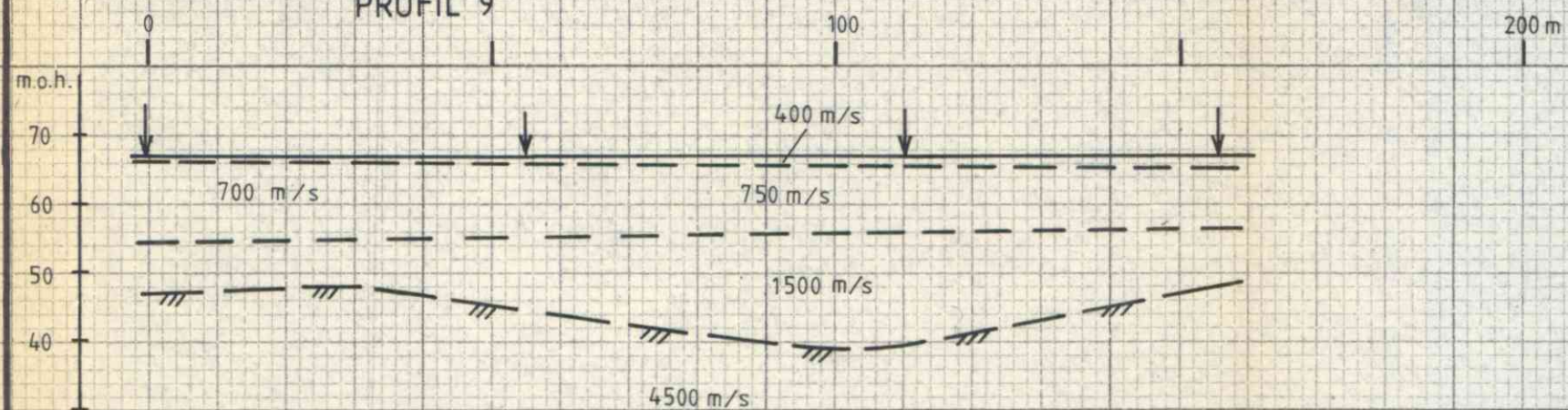
PROFIL 7



PROFIL 8



PROFIL 9



TEGNFORKLARING:

- TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
- SJIKTGRENSE I LØSMASSE
- INDIKERT FJELLOVERFLATE

NGU
SEISMISKE MÅLINGER
GRUNNPROFILER

ANGEDALEN, FØRDE, SOGN OG FJORDANE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK 1:1000	MÅLT J.F.T.	Juni 80
	TEGN J.F.T.	
	TRAC <i>Bido</i>	Feb. 81
	KFR	

TEGNING NR. 1795 -04	KARTBLAD (AMS) 1217 I
-------------------------	--------------------------