

NGU Rapport nr. 91.143

Seismiske målinger
JUTULHOGGET,
Hedmark

Rapport nr. 91.143		ISSN 0800-3416		ÅPEN	
Tittel: Seismiske målinger Jutulhogget, Hedmark					
Forfatter: Gustav Hillestad			Oppdragsgiver: NGU		
Fylke: Hedmark			Kommune: Rendalen		
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Røros, Lillehammer			Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1619 II Tyllidal 1918 IV Hanestad		
Forekomstens navn og koordinater: Fallegga 32V 6017 68765			Sidetall: 12		Pris: Kr. 182,-
Feltarbeid utført: Aug. 89 og aug. 90		Rapportdato: 16.04.1991		Prosjektnr.: 62.2298.26	
Seksjonssjef: <i>Jan S. Hennings</i>					
Sammendrag: Det ble målt 7 profiler med samlet lengde av 3800 m øst for elva Tysla for å prøve å finne ut om det her kunne ligge de steinmasser som man mener ble spylt ut fra Jutulhogget i sin tid. Det ble beregnet tildels store løsmassemektheter - flere steder over 100 m. Målingene ga ikke klare svar på hvor dyp ura er. Det er endel holdepunkter for å si at morenemassene ser ut for å være betydelig større enn urmåssene.					
Emneord		Refraksjonsseismikk		Grus	
Geofysikk		Løsmasse		Sand	
Seismikk		Blokk		Fagrapport	

INNHOOLD

	Side
OPPGAVE	4
UTFØRELSE	4
RESULTATER	5

TEKSTBILAG

Beskrivelse av seismisk refraksjonsmetode
Lydhastighet i løsmasser

KARTBILAG

91.143-01	Oversiktskart
-02	Grunnprofil 1
-03	" 2 og 3
-04	" 4 og 5
-05	" 6 og 7

OPPGAVE

NGUS forsker Morten Thoresen har utført kvartærgeologisk kartlegging i traktene ved Jutulhogget, og han har stilt seg spørsmålet om den store blokkdekte terrassen øst for Tysla kunne inneholde de massene som en gang i tida ble spylt ut fra Jutulhogget. For å prøve å belyse dette forholdet ble det i august 1989 målt profilene 1-4. Etter tolkning av disse profilene satt en igjen med så mange spørsmål at det ble bestemt at 3 nye profiler (5-7) skulle måles i august 1990. Profilene har en samlet lengde av ca. 3800 m, og deres beliggenhet er vist på vedheftet situasjonsplan.

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. Det ble benyttet 10 m avstander mellom seismometrene i hele profil 4 og 5 samt i deler av profil 1 og 7. Forøvrig var avstandene stort sett 20 m. I de fleste profilene var det tildels grovblokket ur i overflaten. Dette er et meget dårlig medium å skyte i, fordi mesteparten av energien går opp i lufta uten å bidra til sjokkbølgen nedover i massene. Endel mekanisk støy var det fra trafikken på Riksvei 28, og da 5 av profilene ble krysset av høgspenningledninger, var det rimeligvis også endel elektrisk støy som virket inn på opptakene. Været var stort sett ganske bra, bortsett fra de 2 dagene da profil 7 ble målt, under nærmest uavbrutt regnvær. Torbjørn Haugen assisterte under målingene. I profil 5 var også Morten Thoresen behjelpelig. Det ble ikke utført nivellementer, og plassering av profilene er også gjort uten bruk av landmålingsinstrumenter. Terreng høydene i de opptegnede profiler er tatt fra økonomiske kart med ekvidistanse 5 m. Den minst sikre innlegging på kartet har profil 3.

Av nevnte grunner må en regne med at det er flere meters usikkerhet i de opptegnede terrenghøyder.

RESULTATER

På vedheftede tegninger er måleresultatene fremstilt grafisk i vertikalsnitt gjennom profilene. De inntegnede dyp viser egentlig de korteste avstander til sjiktgrensene - da lydbølgene ikke bare forplanter seg i vertikalplanet - og disse kan være noe mindre enn de vertikale dyp. De angitte sjiktgrenser må betraktes som utglattede linjer, hvor de finere detaljer ikke kommer frem. I de fleste profilene ble seismogrammene av mindre god kvalitet. Dette skyldtes delvis store løsmassemektheter og at ur er et dårlig medium å skyte i. På de fleste stedene virket det som det var 2 lag i løsmassene. Det øverste laget hadde forholdsvis liten mektighet, men hastigheten var likevel godt bestemt. I lag nr. 2 var hastigheten som regel dårlig definert til tross for at mektigheten kunne være betydelig. Spesielt i profil 2 og 3 var dette et problem. Diagrammene kunne gi like god dekning for et lag med hastighet 1000 m/s som 2200 m/s. Når en her skulle bestemme seg for hastighetsverdi, ble det lagt vekt på profil 5, hvor forholdene var mye bedre bestemt. Når hastighetene i stor grad beror på gjetning blir det rimeligvis vanskelig å uttale seg om hva massene består av. Jeg vil i det følgende knytte noen bemerkninger til hvert enkelt profil, som er nummerert i den samme rekkefølge som de er målt.

Profil nr. 1

Dette profilet går over den flate elvesletta nord for den blokkrike terrassen - fra Tysla i vest til Riksvei 28 i øst. Fra pkt.

0 ved elva til pkt. 730 ble det målt med 20 m mellom seismometrene og videre østover med 10 m. Seismogrammene ble noe under middels gode, hvilket egentlig kan sies å være meget bra når en tar hensyn til de store løsmassemektheter. På elvesletta er det øverst et 10-12 m tykt lag med hastighet 300-400 m/s. Dette svarer til tørr sand og grus. I området ved Rv. 28 er hastigheten i topplaget øket til 640 m/s, hvilket muligens kan skyldes mer grovt materiale i grusen. Topplagets nedre begrensning er ifølge målingene tilnærmet horisontal, og det er vel rimelig å anta at denne grensen representerer grunnvannspeilet. Den neste hastigheten, som går igjen langs hele profilet, ligger på 1500-1600 m/s. Verdien er forenlig med både leire og morene, men det er naturlig å tro at det iallfall delvis dreier seg om vannmettet sand og grus. Ved beregningene har jeg kalkulert med at denne hastigheten gjelder helt ned til fjell. Men i et par av diagrammene fins det indikasjon på muligheten av et tredje lag i løsmassen - med en hastighet som kan ligge på ca. 2200 m/s. I så fall dreier det seg trolig om bunnmorene. På tegningen har jeg antydnet en mulig beliggenhet av en slik grense. Dette vil være bunnmorene, og fjellet vil i så fall ligge på ennå større dyp, spesielt på partiet nær elva. Lydhastigheten i fjellet er bare godt bestemt i den østlige del av profilet, hvor dypene er moderate. Videre vestover er det antatt at hastigheten 5000 m/s holder seg.

Profil nr. 2

Det ble målt med 20 m avstand mellom seismometrene. En del av profilet gikk ned en meget bratt steinur, hvor en måtte bevege seg med den ytterste forsiktighet for å unngå at massene kom i bevegelse. Langs hele profilet var det stor stein i overflaten - tildels med bare luft i mellomrommene. Dette er et meget dårlig medium å skyte i, og opptakene ble da også gjennomgående av mindre god kvalitet. Et unntak danner et skudd i elva, som ga meget gode registreringer. Hastigheten i det blokkrike topplaget varierer mellom 430 m/s og

750 m/s. Forskjellen kan helt eller delvis bero på om det fins lite eller mye luft mellom blokkene. Under topplaget kommer hastighetene meget dårlig frem i diagrammene. Jeg har valgt å regne med at hastigheten 2000 m/s gjelder helt ned til fjell. Dette vil i så fall stemme best med at storparten av pakken består av morenemasser. Men diagrammene er så uklare at hastigheten like godt kan være 1200 m/s, og da er det tenkbart at massen består av steinblokker, hvor mellomrommene er godt oppfylt med f.eks. fuktig sand. Hvis denne laveste hastighet er nærmest sannheten skal dypene til fjell være betydelig mindre enn angitt. Heller ikke hastigheten i fjell er godt bestemt. Men mye tyder på at den er 3900 m/s i den østlige del av profilet. Og det fins noen holdpunkter for at den er ca. 5000 m/s i vest.

Profil nr. 3

Her ble det målt fra Riksvei 28 over sletta og frem til brinken for den bratte skråningen ned mot elva. Forholdene for skyting var like dårlige som i pr. 2. Dessuten var det mer elektrisk støy i form av 50 Hz fra høyspentledninger som krysset profilene. Her fikk en ikke avfyrt noe skudd i elva, som kunne gi pålitelige data. Alt i alt var det derfor enda dårligere muligheter for entydige tolkninger enn i profil 2. Hastigheten i topplaget ligger mellom 530 m/s og 700 m/s. I det underliggende lag - hvor hastigheten kommer dårlig frem - har jeg valgt å bruke verdien 1900 m/s som gyldig helt ned til fjell. Hastigheten i fjellet ser også her ut til å være 3900 m/s i øst. Ut fra profil 2 har jeg regnet med at hastigheten lenger vest er 5000 m/s. Den påførte grense mellom de 2 verdier er basert på gjetning. Det fins nok flere modeller som kan tilfredsstillende de foreliggende data. Det kan f.eks. være et mindre dyp i øst sammen med et større dyp i vest; d.v.s. at fjellet faller brattere mot elva.

Profil nr. 4

Her ble det målt med 10 m avstander. Opptakene var gode, hvilket skyldes bedre jordsmonn å skyte i samt at dypene til fjell var moderate. Likevel har en ikke grunnlag for entydige tolkninger. I topplaget er det trolig tørr sand og grus, og hastigheten er 390-520 m/s. Det foreligger noen indikasjoner på at det kan være et lag nr. 2 i løsmassen, men dette er meget usikkert, og hastigheten er ikke avlesbar. Med sideblikk til de øvrige profilene i området har jeg satset på at det her fins et morenelag med hastighet 2000 m/s. I fjellet kommer hastigheten godt frem. Også her får en 2 verdier - 5600 m/s og 4100 m/s - atskilt ved en skarp grense. Dette forholdet går igjen på en rekke av profilene, og det er nærliggende å tro at det kan dreie seg om en bergartsgrense.

Profil nr. 5

Dette profilet gikk over en flat elveslette i dalbunnen. Avstanden var 10 m mellom seismometrene, og opptakene ble meget gode. Nærmest overflaten var det et lag med tørr sand og grus på opp til 3 m tykkelse. Herunder ble det registrert et mektig lag, hvor hastigheten ser ut til å være omkring 1950 m/s. Helt øverst i dette laget kan det vel dreie seg om vannmettet sand og grus, men på grunn av den høye hastigheten er det rimelig å tro at meste-
parten er morenemasser. Av praktiske grunner ble det ikke skutt fjernskudd i dette profilet, og derfor fikk en heller ikke refrakterte impulser fra motsatte retninger over det samme partiet, på grunn av store dyp til fjell. Den sanne fjellhastighet kunne derfor ikke bestemmes. Den er stipulert til 5000 m/s. Hvis verdien i virkeligheten er 3500 m/s, vil de angitte dyp i gjennomsnitt være ca. 25% for store.

Profil nr. 6

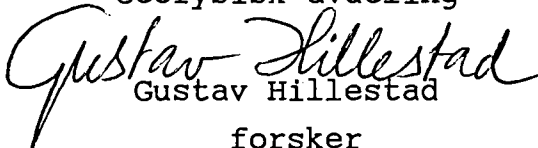
Avstandene var her 20 m, og opptakene ble middels gode. Hastigheten i topplaget varierte mellom 370 m/s og 640 m/s. I haugen nærmest elva er hastigheten ikke bestemt, og det er her regnet med 500 m/s. Til tross for betydelig mektighet av lag nr. 2, er hastigheten her dårlig definert. Jeg har regnet med 1500 m/s. På en stor del av profilet er fjellhastigheten såvidt lav som 3200 m/s.

Profil nr. 7

På den østlige del av profilet, hvor terrenget skråner ganske sterkt, ble det målt med 10 m avstander, og opptakene ble her gode. Utover den flate terrassen og ned mot elva ble det målt med 20 m avstander. Her var det nesten overalt ur i topplaget. Sammen med elektrisk støy resulterte dette i dårlige opptak. Fra et skudd i elva fikk vi likevel meget god virkning.

I det øverste laget varierer hastigheten mellom 550 m/s og 700 m/s. Verdiene kan passe til tørr sand, grus og ur. På de vestligste ca. 450 m er det indikasjoner på 2 lag i overdekket. Hastigheten i det underste laget er dårlig definert, men jeg har regnet med 1500 m/s, som er meget vanlig i vannmettet sand og grus. Men målingene er også godt forenlige med morene og f.eks. 2000 m/s. Hastigheten i fjellet er godt bestemt på de østligste ca. 450 m av profilet. Lengre vest er verdiene usikre, men jeg har regnet med 4700 m/s. Målingene gir dårlige holdepunkter for å si noe sikkert om hvor langt ned i løsmassene uren gjør seg gjeldende.

Trondheim, 16. april 1991
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE

Geofysisk avdeling

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 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 sekundær-bølger 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.

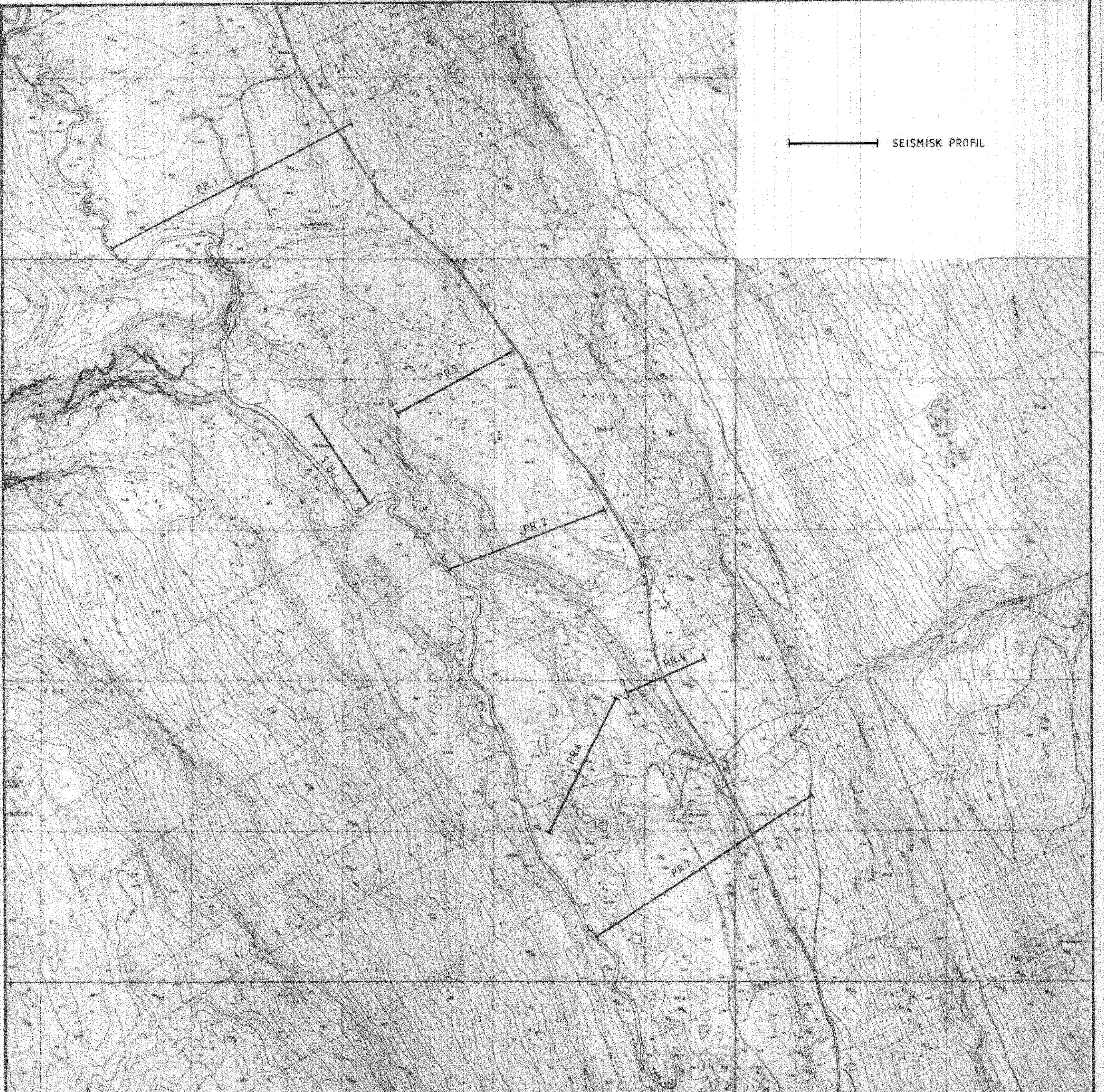
Med den anvendte apparatur vil en kunne bestemme bølgenes "løpetid" med en usikkerhet av 1 millisekund når seismogrammene har gjennomsnittlig kvalitet. Hvis overdekkehastigheten er 1600 m/sek, svarer dette til en usikkerhet på ca. 0.8 m i dybdebestemmelsen på grunn av avlesningsfeil. I tillegg kommer 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 bunmorene		1900 - 2800 "
Leire		1100 - 1800 "

SEISMISK PROFIL



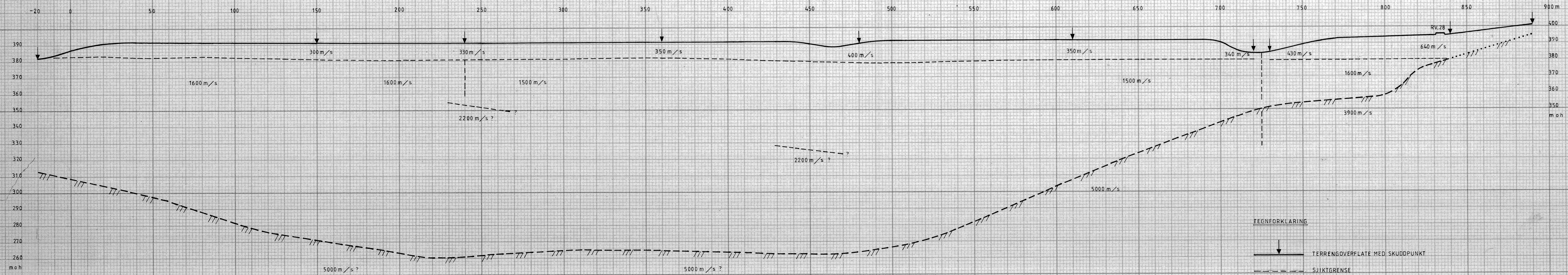
NGU
SEISMISKE MÅLINGER
JUTULHOGGET
OVERSIKTSKART
RENDALEN, HEDMARK

MÅLESTOKK 1:10000	MÅLT G.H.	1989-90
	TEGN G.H.	APR. 1991
	TRAC T.H.	MAI 1991
	KFR	GH — II —

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR 91.143-01	KARTBLAD NR 1619 II 1918 IV
-------------------------	-----------------------------------

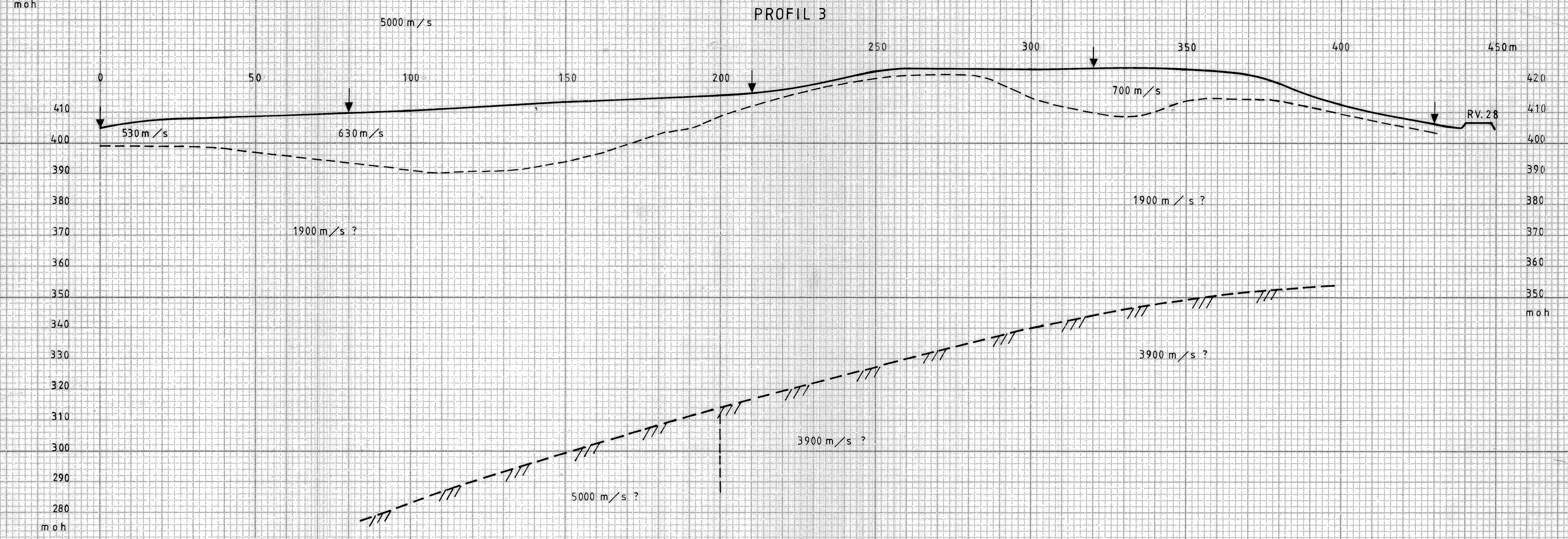
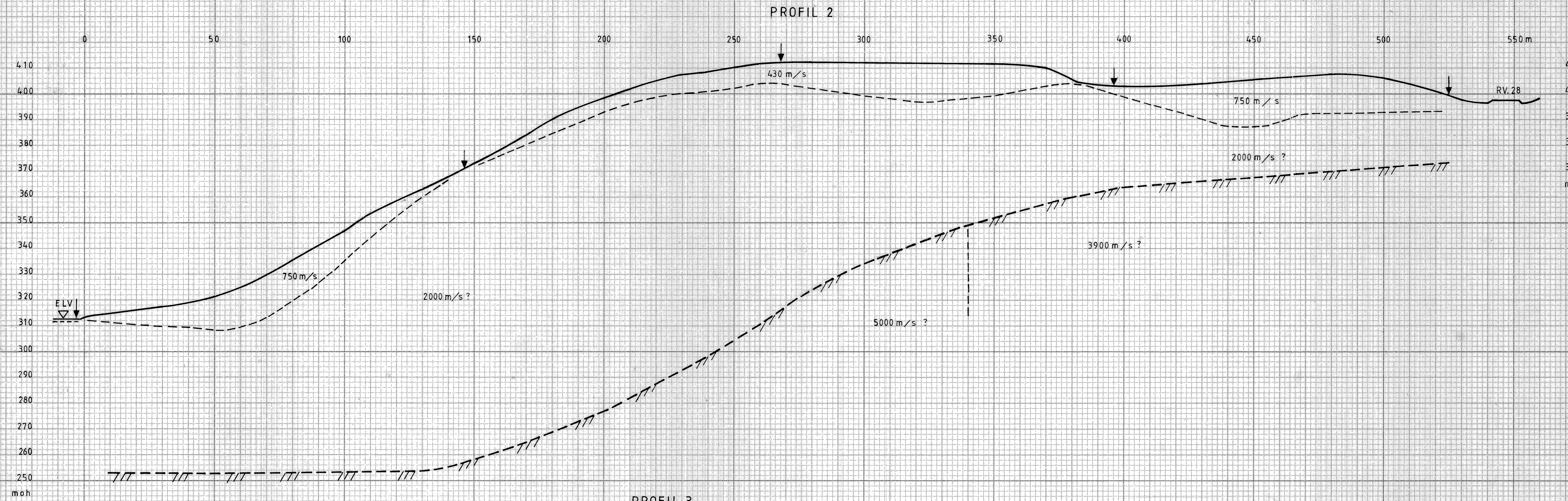
PROFIL 1



TEGNFORKLARING

- TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
- SJIKTGRENSE
- INDIKERT FJELLOVERFLATE
- " " , USIKRERE

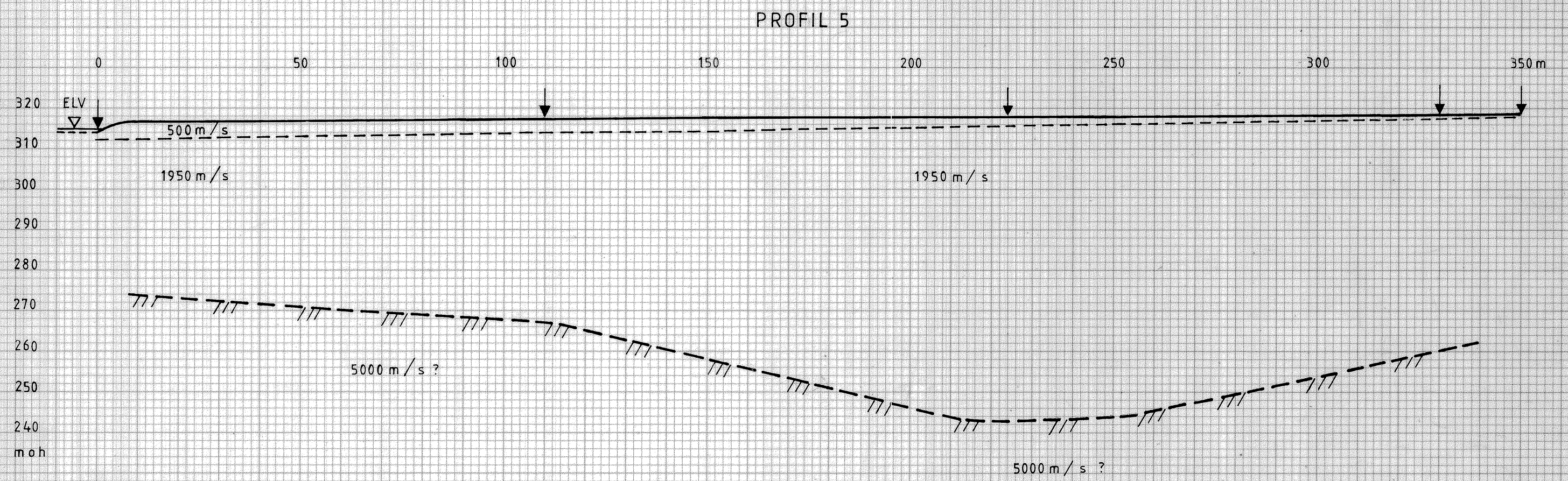
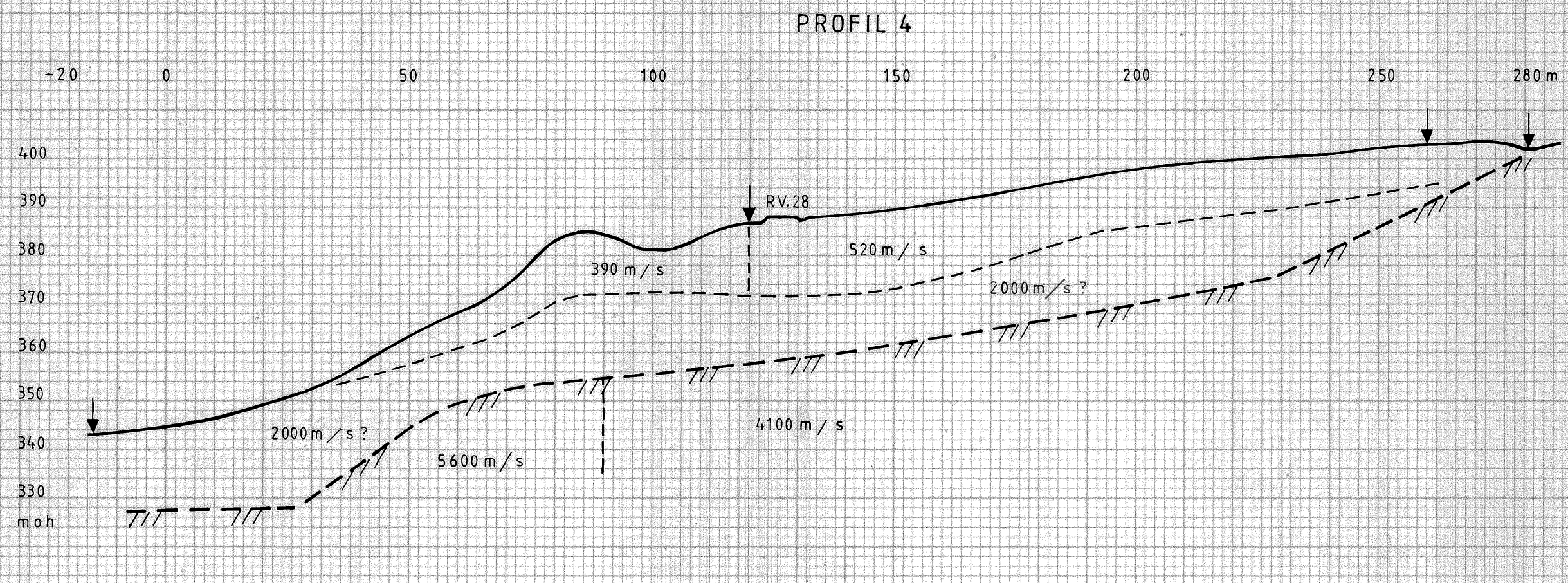
NGU SEISMISKE MÅLINGER JUTULHOGGET GRUNNPROFIL 1 RENDALEN, HEDMARK	MÅLESTOKK	OBS. G.H. AUG. 1989 TEGN. G.H. APR. 1991 TRAC. T.H. MAI. 1991 KFR. <i>G.H.</i>
	1:1000	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 91.143-02	KARTBLAD NR. 1619 II



TEGNFORKLARING

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

NGU SEISMISKE MÅLINGER JUTULHOGGET GRUNNPROFIL 2 OG 3 RENDALEN, HEDMARK	MÅLESTOKK	MÅLT G.H.	AUG. 1989
	1: 1000	TEGN G.H.	APR. 1991
		TRAC T.H.	MAI 1991
	KFR	G.H.	— II —
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM		TEGNING NR. 91.143-03	KARTBLAD NR. 1918 IV

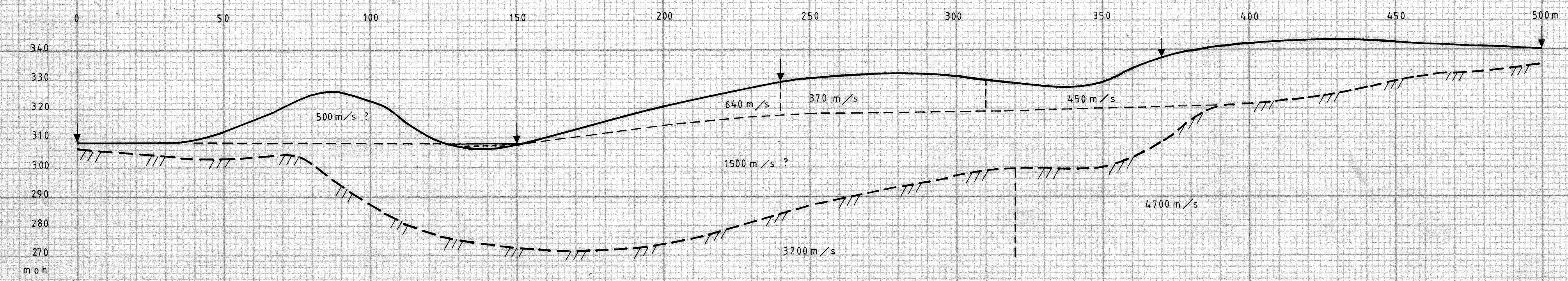


TEGNFORKLARING

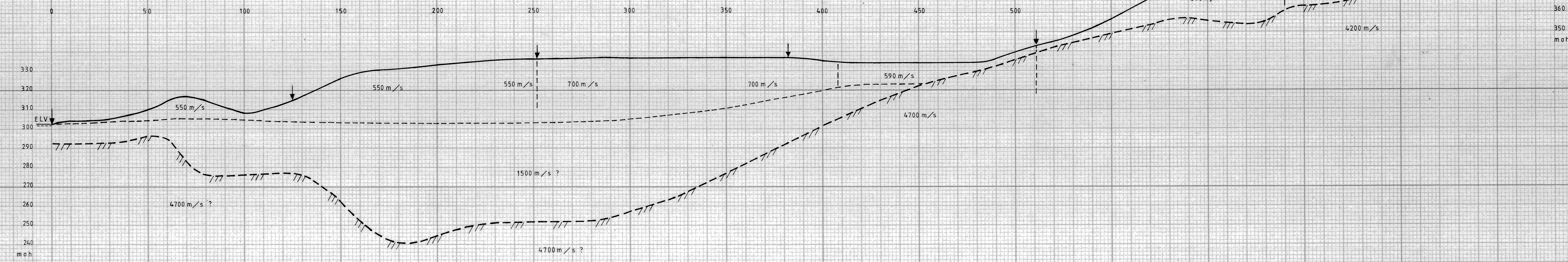
- ↓ ————— TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
- - - - - SJIKTGRENSE
- /// - /// INDIKERT FJELLOVERFLATE

NGU SEISMISKE MÅLINGER JUTULHOGGET GRUNNPROFIL 4 OG 5 RENDALEN, HEDMARK	MÅLESTOKK	MÅLT G.H.	AUG. 1989
	1:1000	TEGN. G.H.	APR. 1991
		TRAC. T.H.	MAI 1991
		KFR. <i>GH</i>	—
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 91.143-04	KARTBLAD NR. 1619 II 1918 IV	

PROFIL 6



PROFIL 7



- TEGNEFORKLARING
- ↓ TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
 - - - SJIKTGRENSE
 - /// INDIKERT FJELLOVERFLATE

NGU SEISMISKE MÅLINGER JUTULHØGGET GRUNNPROFIL 6 OG 7 RENDALEN, HEDMARK	MÅLESTOKK	OBS. G.H. AUG. 1990
	1:1000	TEGN. G.H. APR. 1991
		TRAC. I.H. MAI 1991
		KFR. <i>G.H.</i>
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.
	91.143-05	1918 IV