

Rapport nr. 84.097

Seismiske målinger
SUNNDALEN



Norges geologiske undersøkelse

Leiv Eirikssons vei 39, Postboks 3006, 7001 Trondheim - Tlf. (07) 92 16 11
Oslokontor. Drammensveien 230, Oslo 2 - Tlf. (02) 55 31 65

Rapport nr. 84.097	ISSN 0800-3416	Åpen/Fortrolig til XXXXXX	
Tittel: Seismiske målinger Sunndalen			
Forfatter: Gustav Hillestad		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke: Møre og Romsdal		Kommune: Sunndal, Nesset og Surnadal	
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Ålesund		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1420 II Romfo 1410 III Sunndalsøra 1420 IV Stangvik	
Forekomstens navn og koordinater: Hoås 876460, Drihjellen 763476, Vinnavoll 835476, Meisal 608624, Hårstad 759462, Rossåa 853662		Sidetall: 10	Pris: kr. 120,-
Feltarbeid utført: Juni-juli 1983		Rapportdato: 21.12.1984	Prosjektnr.: 2104
Prosjektleder: G. Hillestad			
Sammendrag: Seismiske målinger ble utført i nedre del av Sunndalen og i noen nærliggende områder. Noen steder hadde målingene tilknytning til planlegging av vannverk, og andre steder gjaldt det primært å skaffe data til NGUs grusregister.			
<i>Norges geologiske undersøkelse Biblioteket</i>			
Emneord	Geofysikk	Løsmasser	
	Seismikk	Grus	

Hydrogeologiske rapporter kan lånes eller kjøpes fra Oslokontoret, mens de øvrige rapportene kan lånes eller kjøpes fra NGU, Trondheim.

INNHold

	<u>Side</u>
OPPGAVE	4
UTFØRELSE	4
RESULTATER	4
Hoås	5
Vinnavoll	5
Hårstad	6
Drihjellen	7
Meisal	7
Rossåa	8

TEKSTBILAG

Beskrivelse av seismisk refraksjonsmetode

KARTBILAG

84.097-01	Hoås
-02	Vinnavoll
-03	Hårstad
-04	Drihjellen
-05	Meisal
-06	Rossåa

OPPGAVE

Overdekkets tykkelse og sammensetning skulle undersøkes ved hjelp av seismiske refraksjonsmålinger på 6 lokaliteter i nærheten av Sunndalsøra. På Drihjellen, Meisal og Rossåa ble målingene gjennomført primært for å skaffe data til grusregistret, som er etablert ved NGU. På de øvrige stedene hadde målingene tilknytning til planlegging av vannverk for Sunndal kommune.

UTFØRELSE

Målingene ble utført etter vanlig seismisk refraksjonsmetode, som i hovedtrekkene er beskrevet i vedheftet bilag. Den anvendte apparatur var en 24-kanals ABEM TRIO. Innbyrdes seismometeravstand varierte mellom 5 m i de korteste profilene til 20 m i de lengste. Målingene ble utført under gode værforhold i juni-juli av Gustav Hillestad med Peter Melleby og Ragnar Opdahl som assistenter. Profilenes beliggenhet var angitt på kartskisser fra Løsmasseavdelingen. Det ble ikke utført nivellementer, og terrenghøydene er tatt fra økonomiske kart i målestokk 1:5 000.

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 betraktes som utglattede linjer, hvor de finere detaljer ikke

alltid kommer fram. De forskjellige lokaliteter blir omtalt enkeltvis i de følgende avsnitt.

Hoås

I profilene 1 og 2 på Knutsliøya fikk en gode seismogrammer. Profilene var for korte til å gi fjellkontakt. De øverste lagene med hastigheter på 300-800 m/s er antakelig sandige masser, mens den underliggende hastighet på 1600 m/s kan svare til leire, vannmettet grus eller morene. Profil 3 ble lagt langs en gårdsvei. Det øverste lag med 600-830 m/s og tykkelse 15-20 m består trolig av elveavsetninger. Under dette er hastigheten bestemt til 1580 m/s. Dette kan være vannmettet sand, morene eller leire. Fjellkontakt ble ikke oppnådd, og med den aktuelle profilengde må dypet til fjell i gjennomsnitt være minst 145 m. Profil 4 ble lagt langs en hovedvei. Det øverste lag med sand og grus har en maksimal tykkelse på ca. 10 m. Det neste lag i pakken har en hastighet på 1300-1350 m/s og dette synes litt lavt til å dreie seg om grunnvannsspeil. Det kan være silt, leire eller morene. På 30-40 m dyp finner en et nytt lag med 1750 m/s. Dette kan være leire eller morene. Dypet til fjell er ikke bestemt, men det må være minst 150 m.

Vinnavoll

Seismogrammene ble her ganske gode, men de har likevel ikke gitt grunnlag for entydige tolkninger. Profil 1 ble lagt i nordkanten av en flystripe, og her fikk en kontakt med fjell samt et dyptliggende morenelag, men bare fra ett eneste skudd, som ble avfyrt 700 m vest for flyplassen. De 2 tilsvarende hastigheter har en derfor måttet gjette seg til den sanne verdi av, og en even-

800

tuell feilgjetting kan ha ført til feil beregning av dypene. I de øvre lagene ble det registrert et rikt utvalg av hastigheter - fra 440 m/s til 1100 m/s. Den høyeste verdien kan tyde på silt eller leire. På strekningen mellom 130 m og 200 m ble det registrert 1100 m/s helt i toppen. Dette laget er trolig meget tynt, og en regner med at det ligger over et tykkere lag med hastighet 600-800 m/s. Under dette laget ble det registrert 1450-1550 m/s, hvilket kunne være vannmettet sand og grus, men en skulle da vente en mer horisontal grenseflate. Sannsynligvis er det derfor en materialforandring til leire eller morene. Nærmest fjell ser det ut til å ligge et mektig lag med bunnmorene. Hastigheten i dette lag er stipulert til 2800 m/s og i fjellet til 4800 m/s. På grunn av manglende fjernskudd fra øst er som nevnt disse verdier svært usikre. Den angitte skråning av fjellet er heller ikke særlig vel fundert, og dypet til fjell kan gjerne være tegnet 30 m for stort. Profil 2 var så kort at her fikk en bare registrert de øverste sjiktgrenser.

Hårstad

Seismogrammene var av vekslende kvalitet. De fleste var skjemet av 50 Hz vekselspanning fra kraftlinjer i nærheten. Det øvre tørre sandlag har hastighet 600 m/s i pr. 1 - best bestemt lengst nord - og 350 m/s lengst vest i pr. 2. Grensen mellom dette lag og det underliggende med henholdsvis 1500 m/s og 1300 m/s kan gjerne svare til grunnvannsspeil under den flate elvesletta, men grensens bratte forløp opp bakken i nord tyder på at det iallfall her dreier seg om tette masser, leire eller morene. Det dypeste løsmasselag med hastighet ca. 2000 m/s er trolig hard morene. Profil 2 var ikke langt nok til å gi fjellkontakt.

Drihjellen

Her ble det mindre gode seismogrammer, og det skyldes at det tørre topplaget ga dårlig lydforplantning fra skuddene. I profil 1 har en øverst elveavsetninger, hvor hastigheten varierer mellom 330 og 650 m/s. Maksimal mektighet av dette laget er beregnet til ca. 45 m. Her under ligger et ganske mektig lag med 1050 m/s. Dette kan være grus, silt eller leire, eller en blanding av disse materialer. I bunnen av pakken ser det ut som det finnes et lag med høy hastighet, som neppe kan være noe annet enn bunnmorene. Hastigheten er dårlig definert, men jeg har regnet med 2300 m/s. Det ble dårlige impulser fra fjell, og den stipulerte hastighet 4000 m/s er noe spekulativ. Det opptegnede fjellforløp er derfor temmelig usikkert, men jeg regner med at det iallfall gir riktig størrelsesorden av løsmassetykkelsen. I pr. 2 har en bare fått gode bestemmelser av de øverste grenser. Det er angitt en øvre grense for bunnmorenelaget, men denne er svært usikker.

Meisal

Dette profilet måtte avkortes og dreies i forhold til opprinnelig plan for å unngå eiendommen til en uvillig grunneier. Seismogrammene var gode, og hastigheten i løsmassen er målt til 1100 m/s. Siden den nedre ende av profilet ligger svært nær det eksisterende grustak er det rimelig å anta at dette må være grus, selv om verdien er høyere enn det man vanligvis assosierer med tørr sand og grus.

Rossåa

Her ble det middels gode opptak. Topplagene med 400-770 m/s svarer til sand og grus. Det er uvisst om den påførte hastighet 1100 m/s øverst i pr. 1 er reell. Det kan tenkes at en her isteden har 770 m/s på toppen med 2000 m/s under. Denne høye hastigheten, som svarer til hard morene, ser ut til å forefinnes i store deler av profilene, men verdien er dårlig definert i diagrammene.

Trondheim, 21. desember 1984
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
Geofysisk avdeling

Gustav Hillestad
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° .

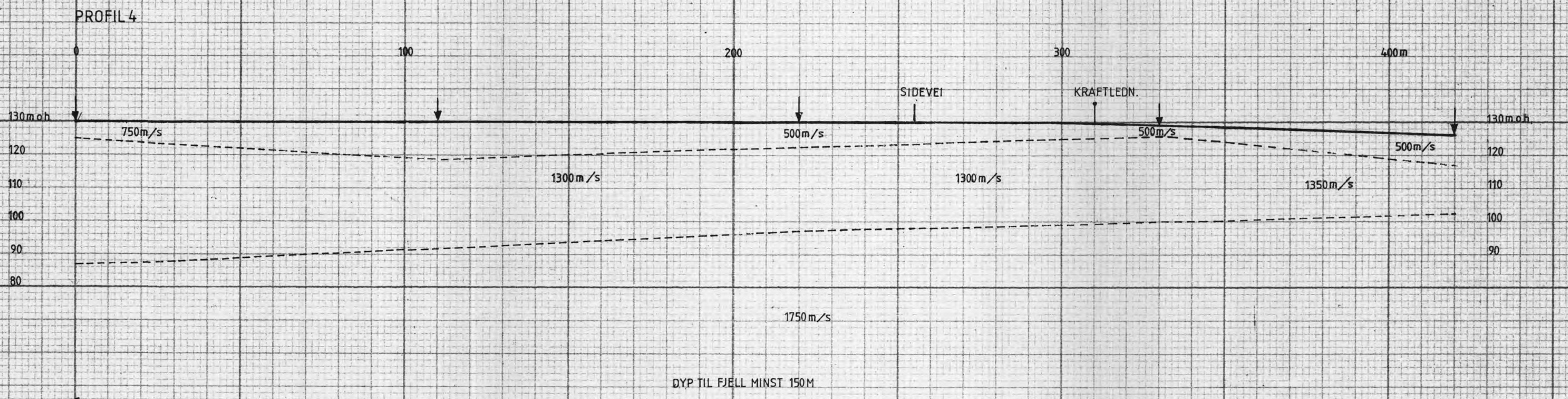
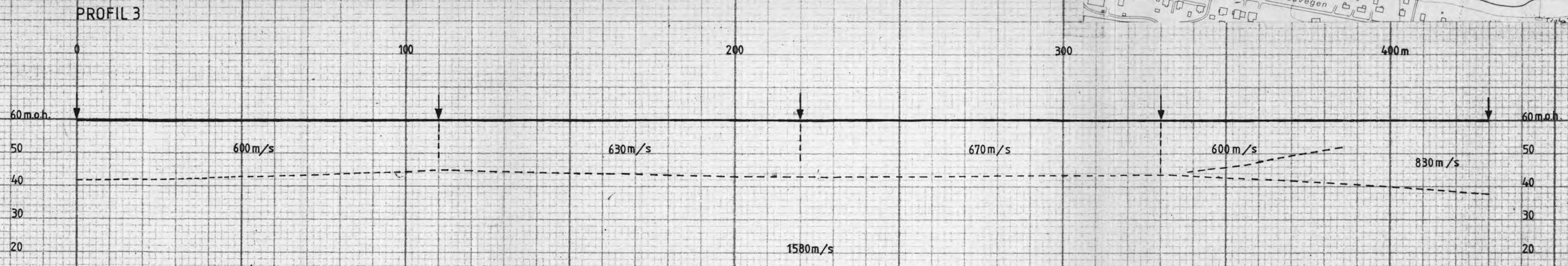
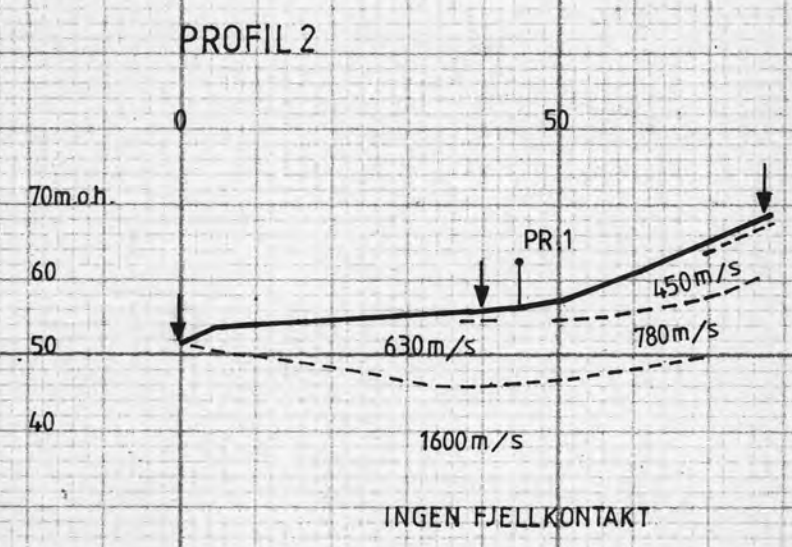
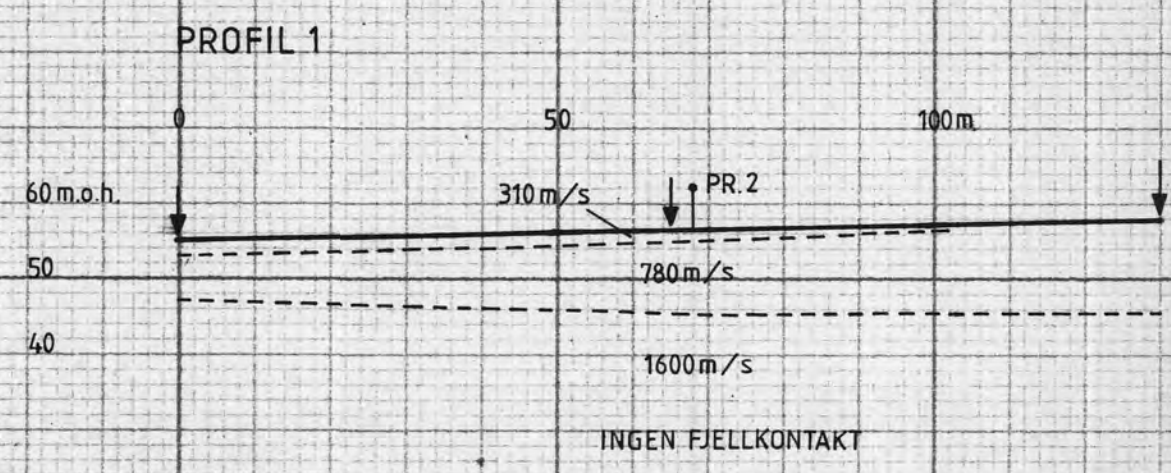
Det forekommer at en sjiktgrense ikke avspeiler seg i de opptegnete diagrammer, fordi de refrakterte bølger fra denne grense når overflaten senere enn fra en dypere grense. Det foreligger da en såkalt "blind sone", og de virkelig dybder kan være vesentlig større enn de beregnede. En annen feilkilde er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

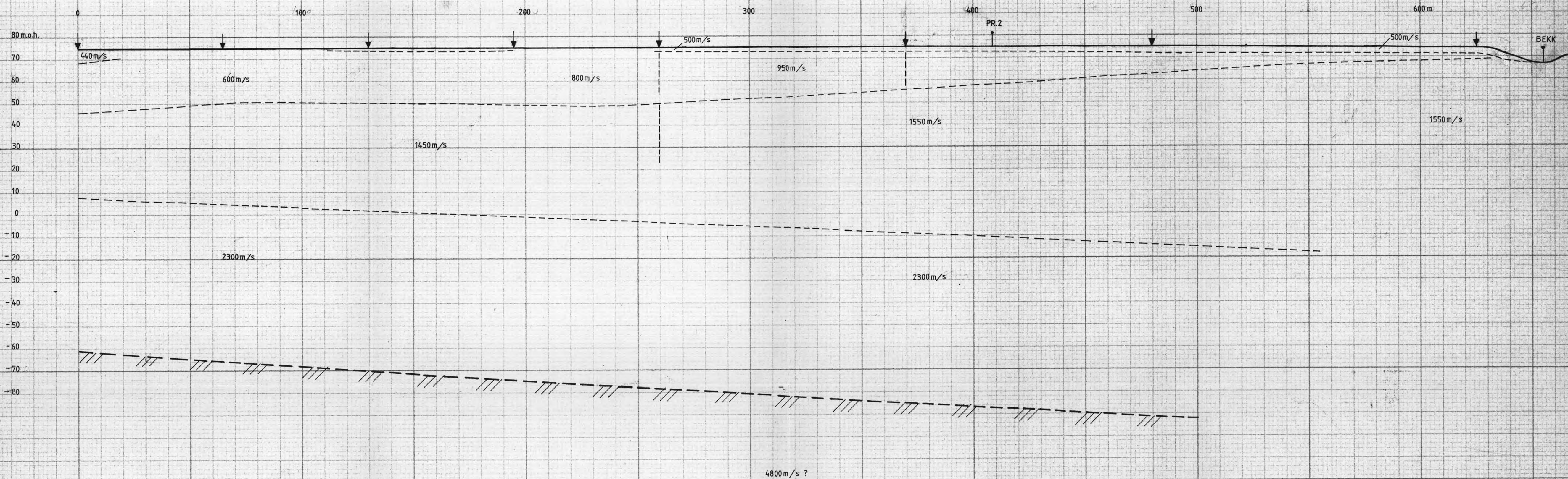
Organisk materiale		150 - 500 m/s
Sand og grus	- over grunnvann	200 - 800 "
Sand og grus	- under "	1400 - 1600 "
Morene	- over "	700 - 1500 "
Morene	- under "	1500 - 1900 "
Hardpakket bunnmorene		1900 - 2800 "
Leire		1100 - 1800 "



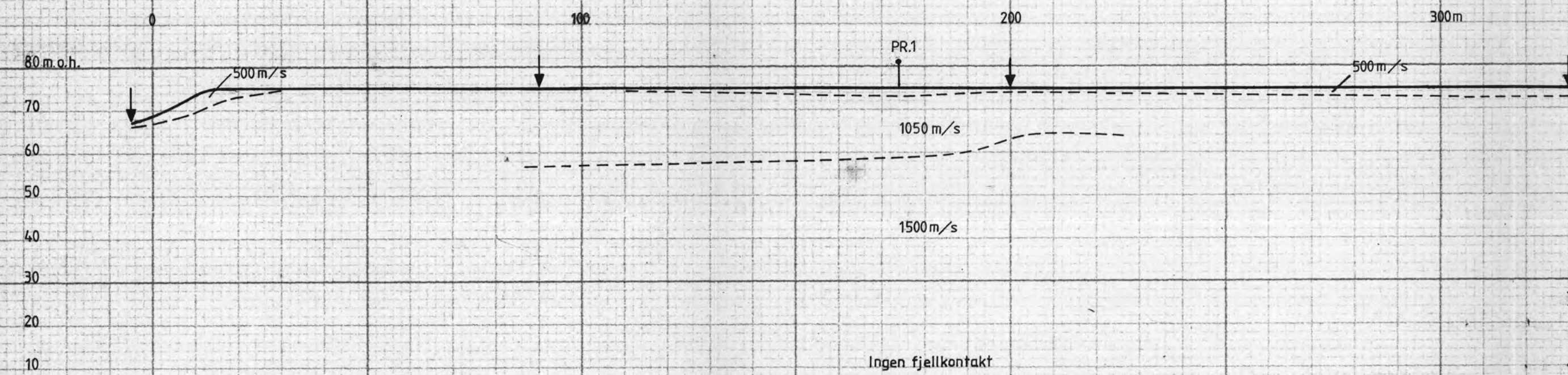
- TEGNEFORKLARING**
- ↓ TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
 - - - SIKTGRENSE
 - /// INDIKERT FJELL OVERFLATE

NGU SEISMISKE MÅLINGER HOÅS SUNNDAL KOMMUNE	MÅLESTOKK: MÅLT G.H. JUNI-83 1:1000	TEGN G.H. FEB-84 TRAC T.H. MAI-84 KFR J.H. JUNI-84
	TEGNING NR. 84.097-01	KARTBLAD NR. 1420 II
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	

PROFIL 1

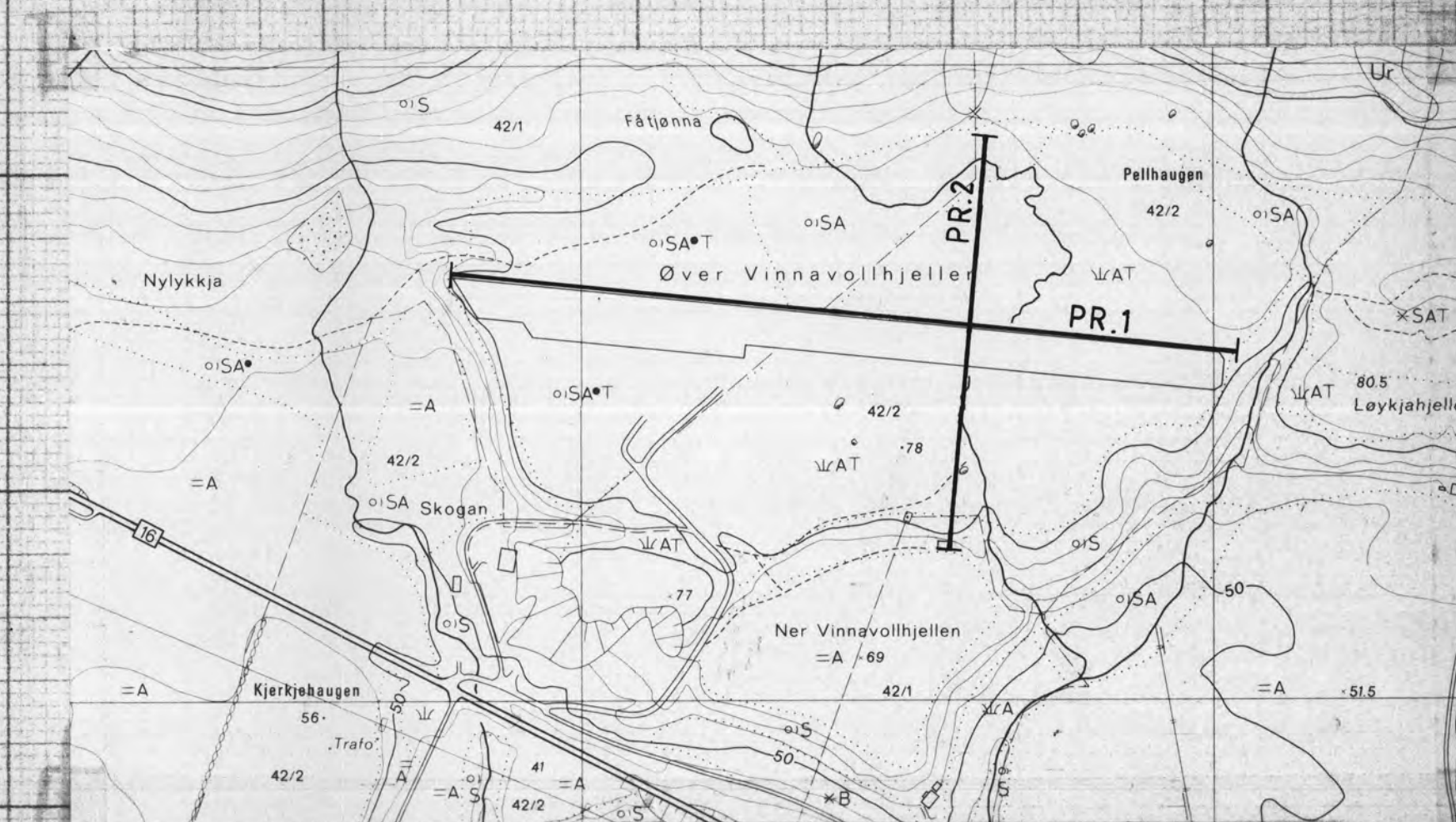


PROFIL 2



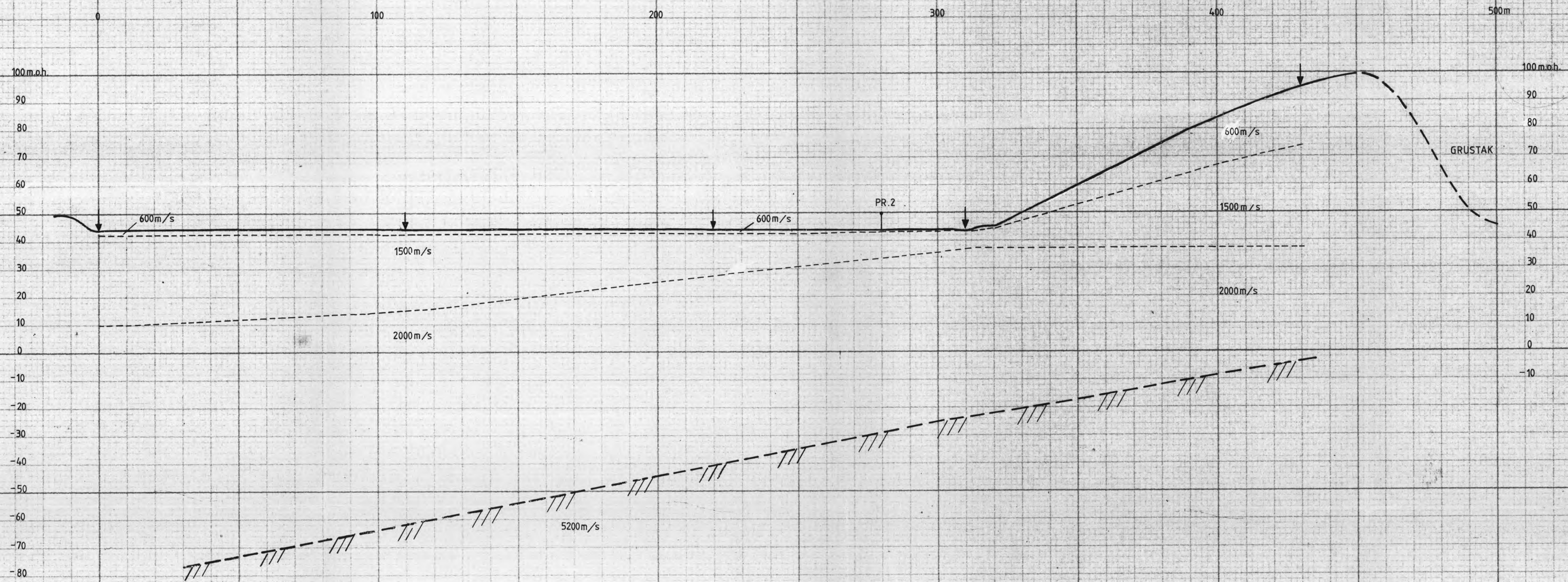
TEGNFORKLARING

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

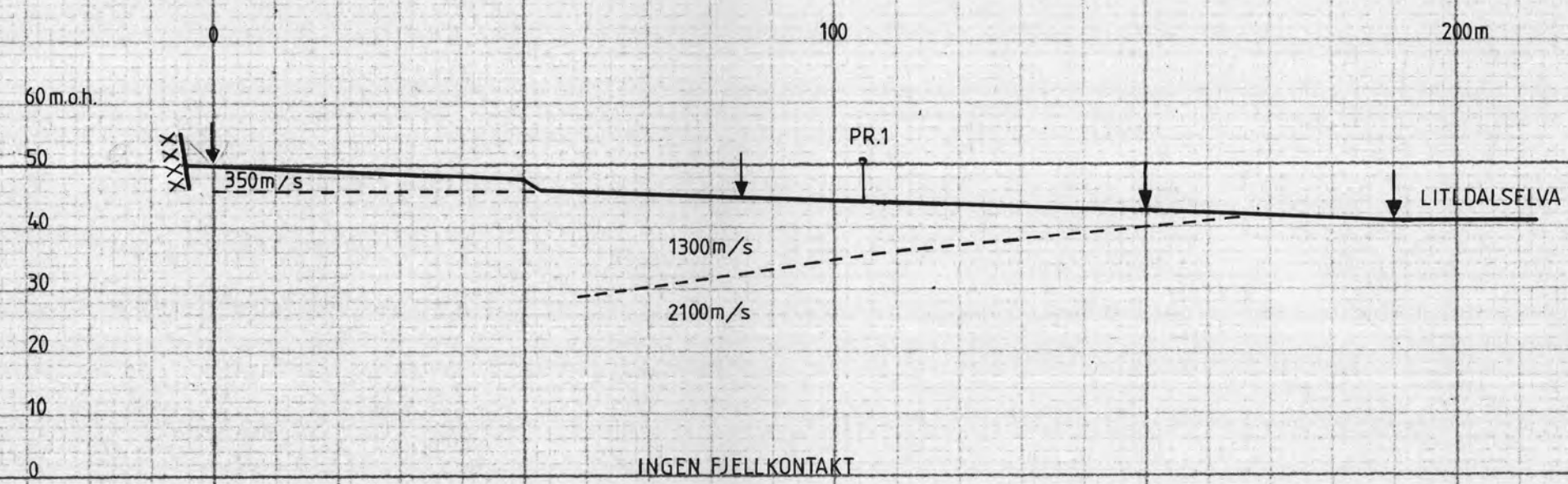


NGU SEISMISKE MÅLINGER VINNAVOLL SUNDAL KOMMUNE	MÅLESTOKK 1 : 1000	MÅLT G.H. JUNI - 83 TEGN G.H. FEB - 84 TRAC T.H. MAI - 84 KFR 9/4 JUNI - 84
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 84.097 - 02

PROFIL 1

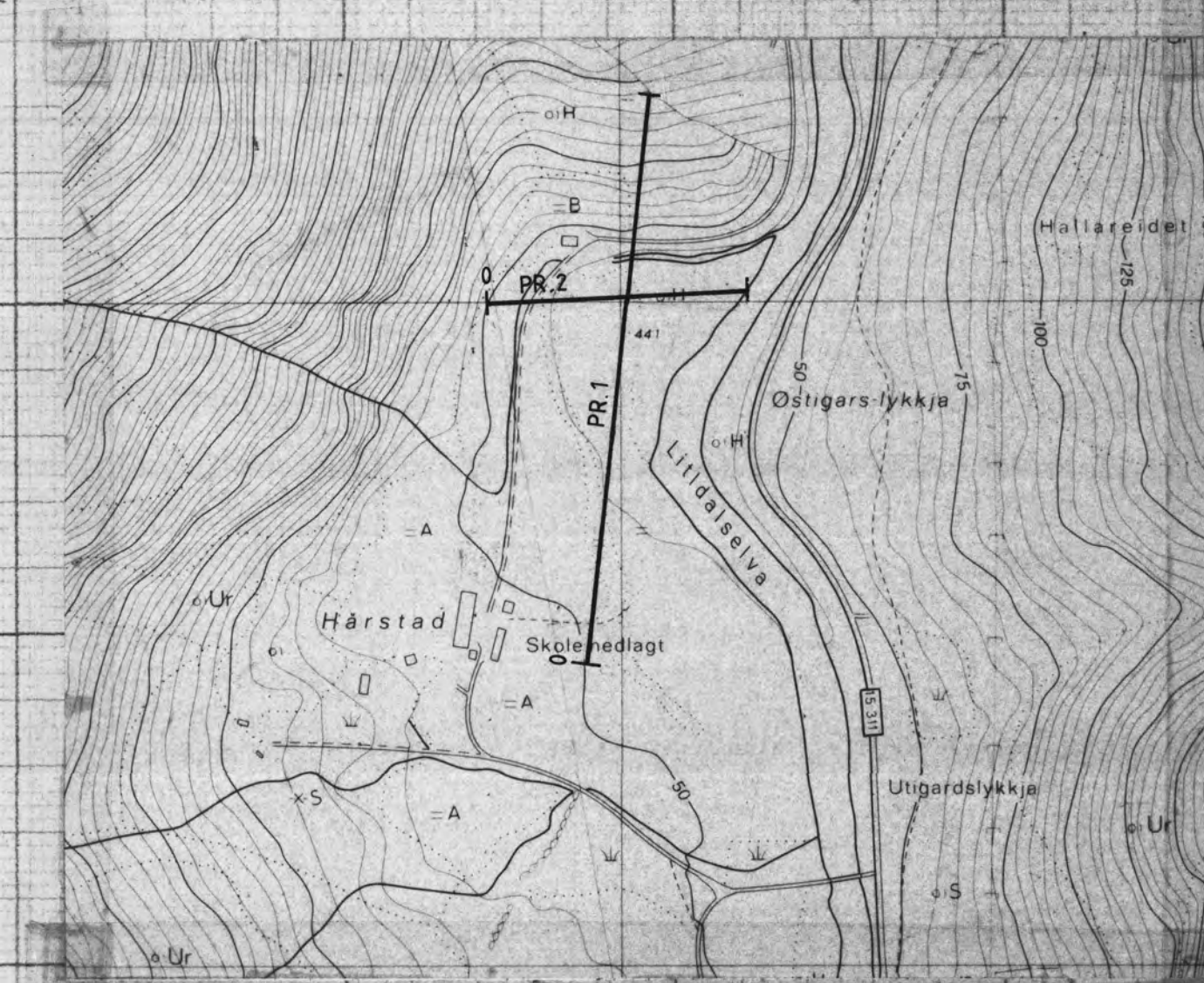


PROFIL 2

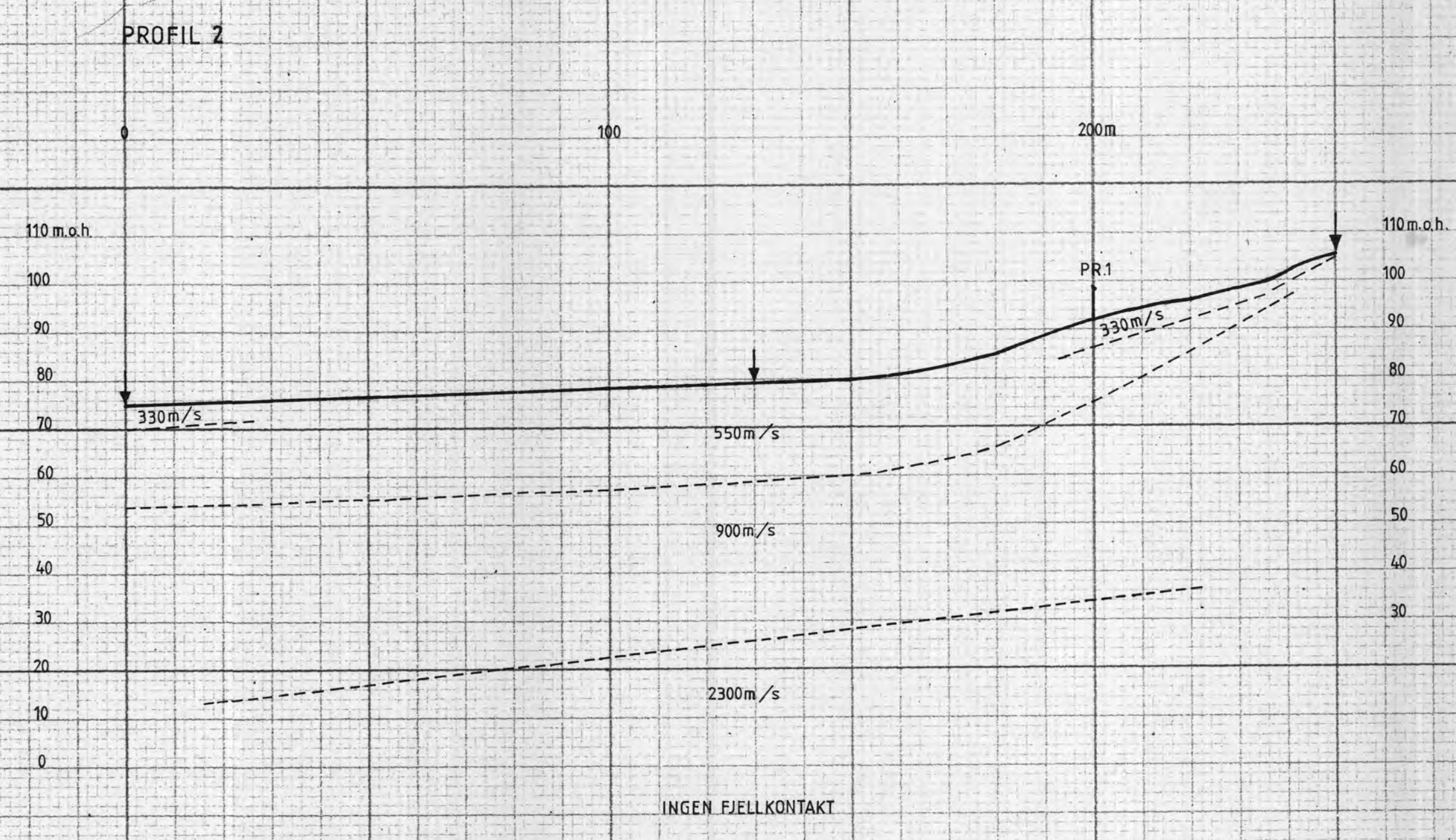
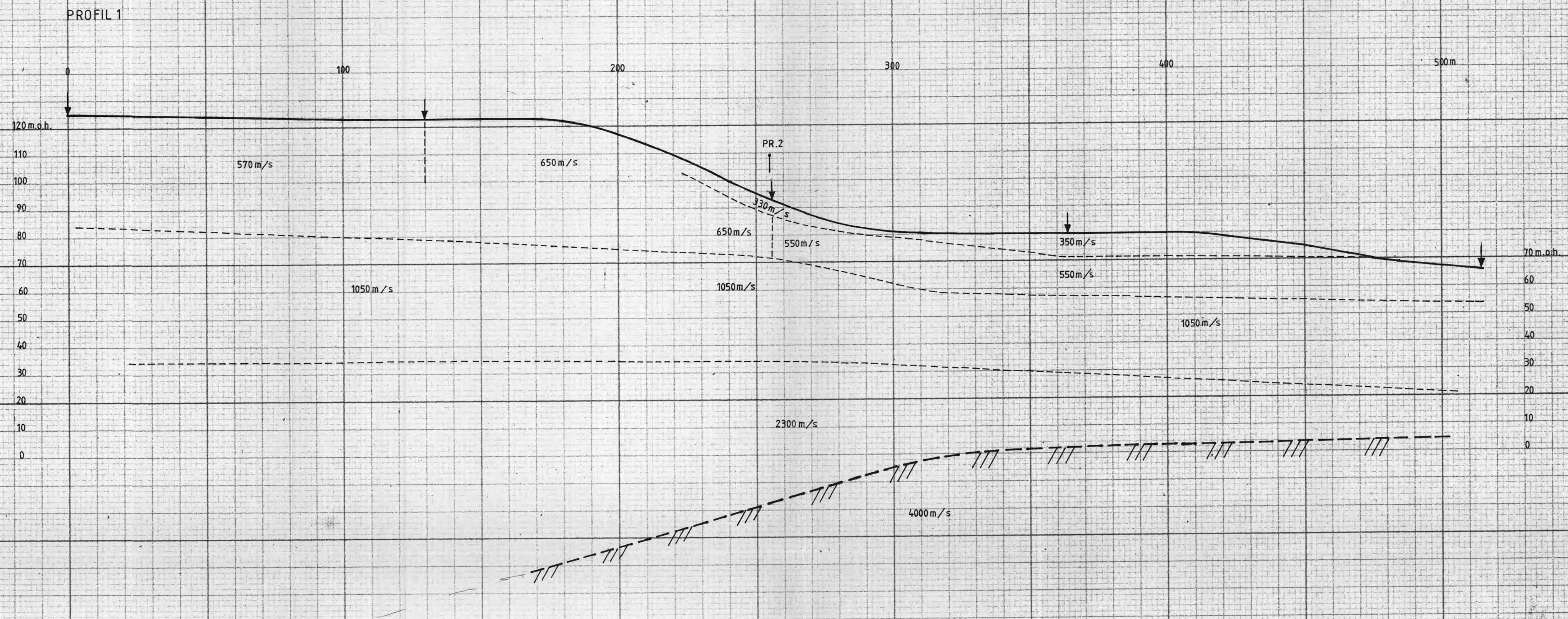


TEGNEFORKLARING

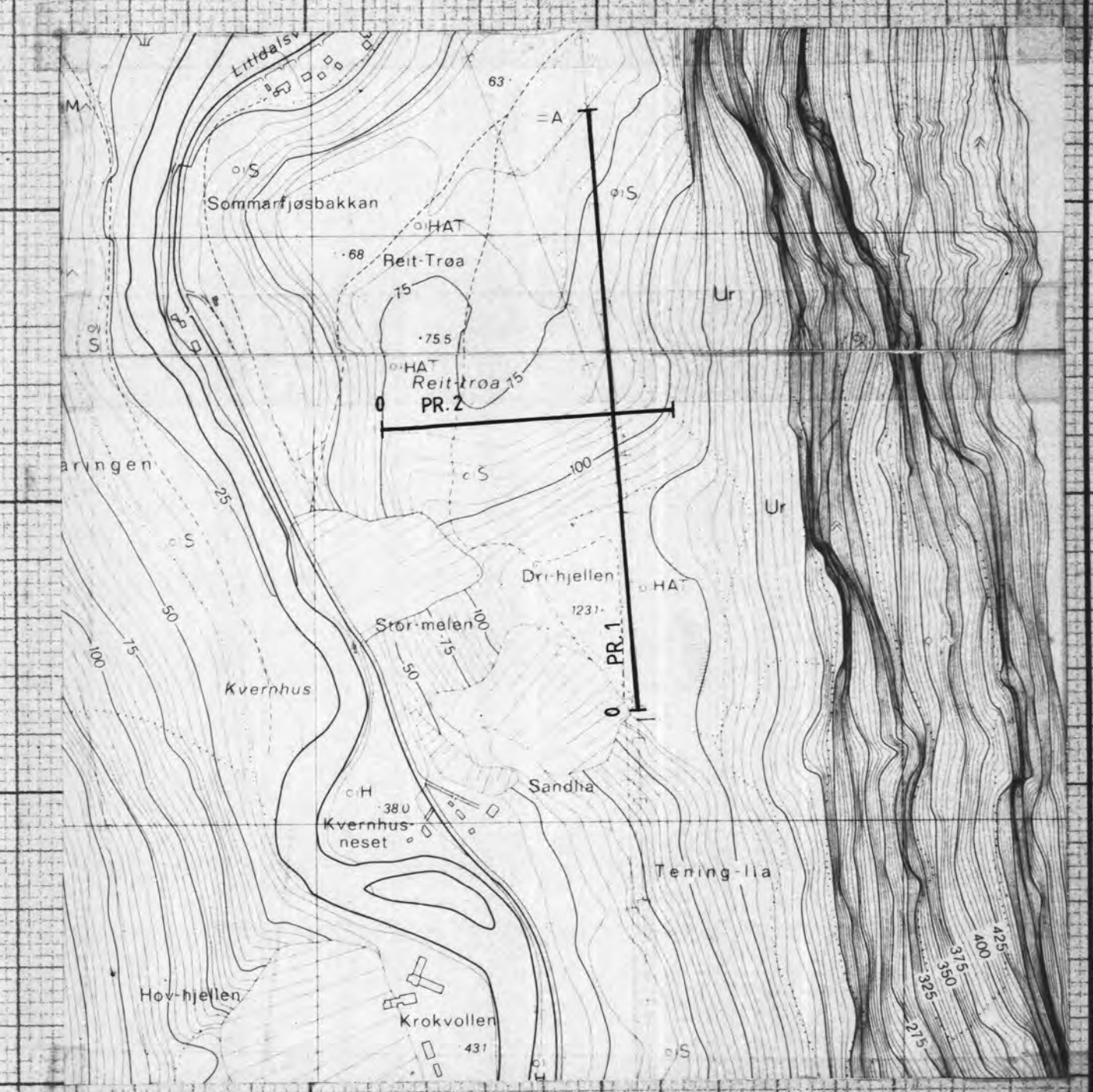
- TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
- SIKTGRENSE
- INDIKERT FJELLOVERFLATE



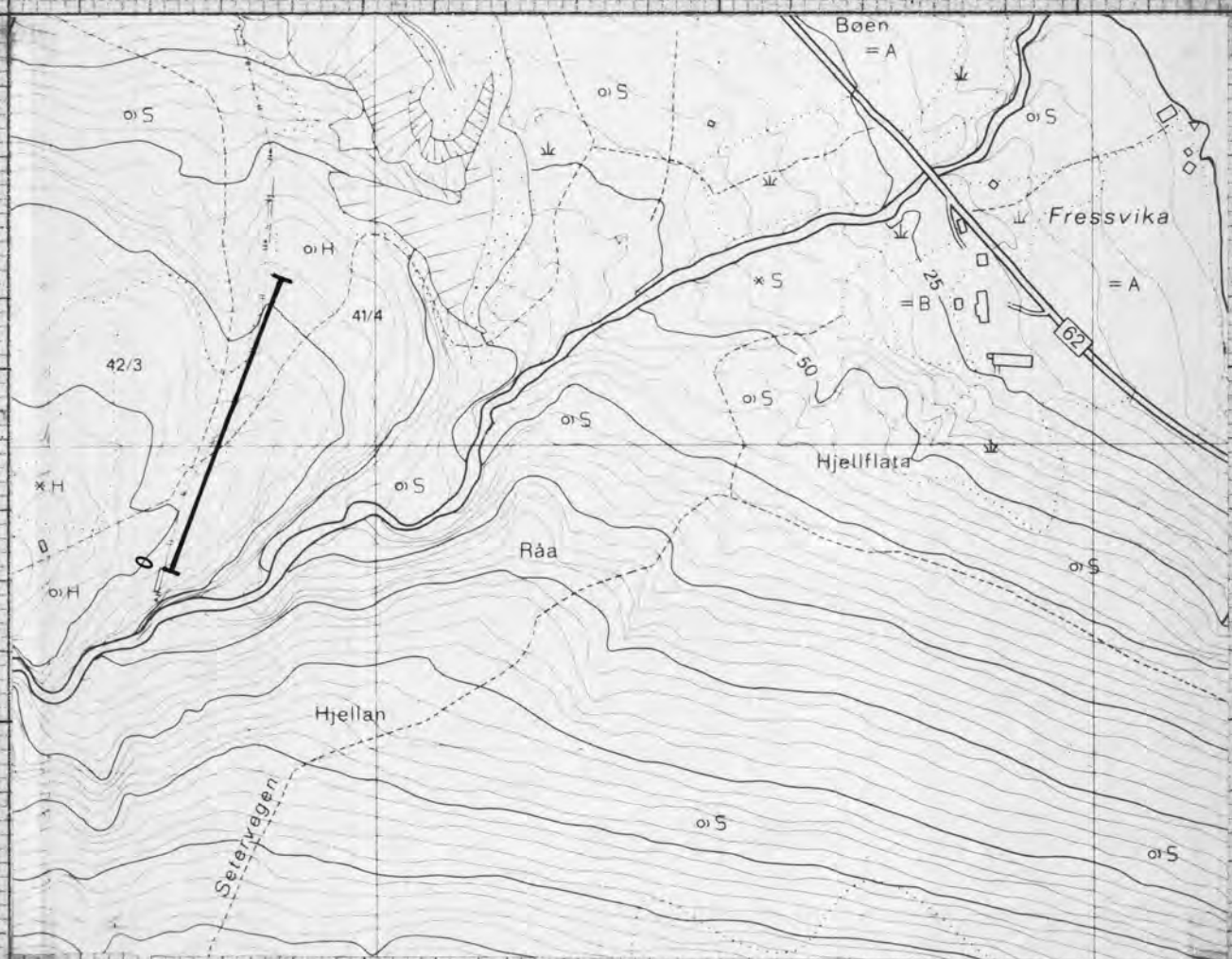
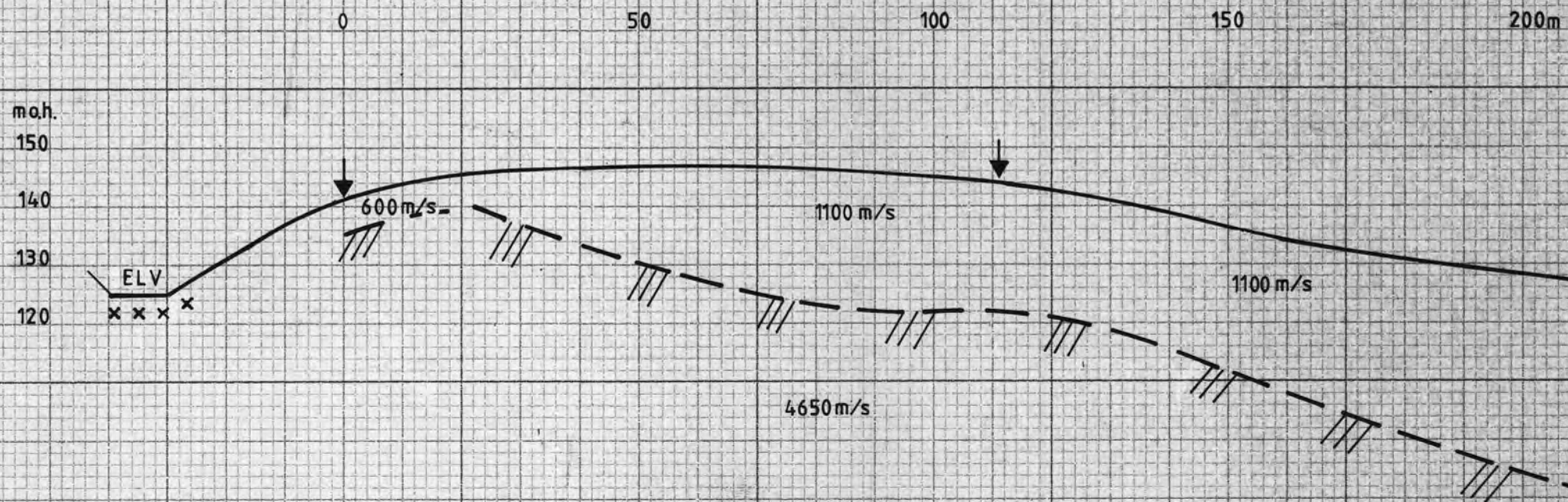
NGU SEISMISKE MÅLINGER HÅRSTAD SUNNDAL KOMMUNE	MÅLESTOKK 1:1000	MÅLT G.H. JUNI-83 TEGN G.H. FEB.-84 TRAC T.H. MAI-84 KFR. <i>GH</i> JUNI-84
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 84.097-03






- TEGNFORKLARING**
- ▼ TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
 - - - SIKTGRENSE
 - /// FJELLOVERFLATE



NGU SEISMISKE MÅLINGER DRIHJELLEN SUNNDAL KOMMUNE	MÅLT	G.H.	JUNI - 83
	TEGN	G.H.	FEB - 84
	TRAC	T.H.	MAI - 84
	KFR	G.H.	JUNI - 84
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM		TEGNING NR. 84 097 - 04	KARTBLAD NR. 1420 III



TEGNFØRKLARING

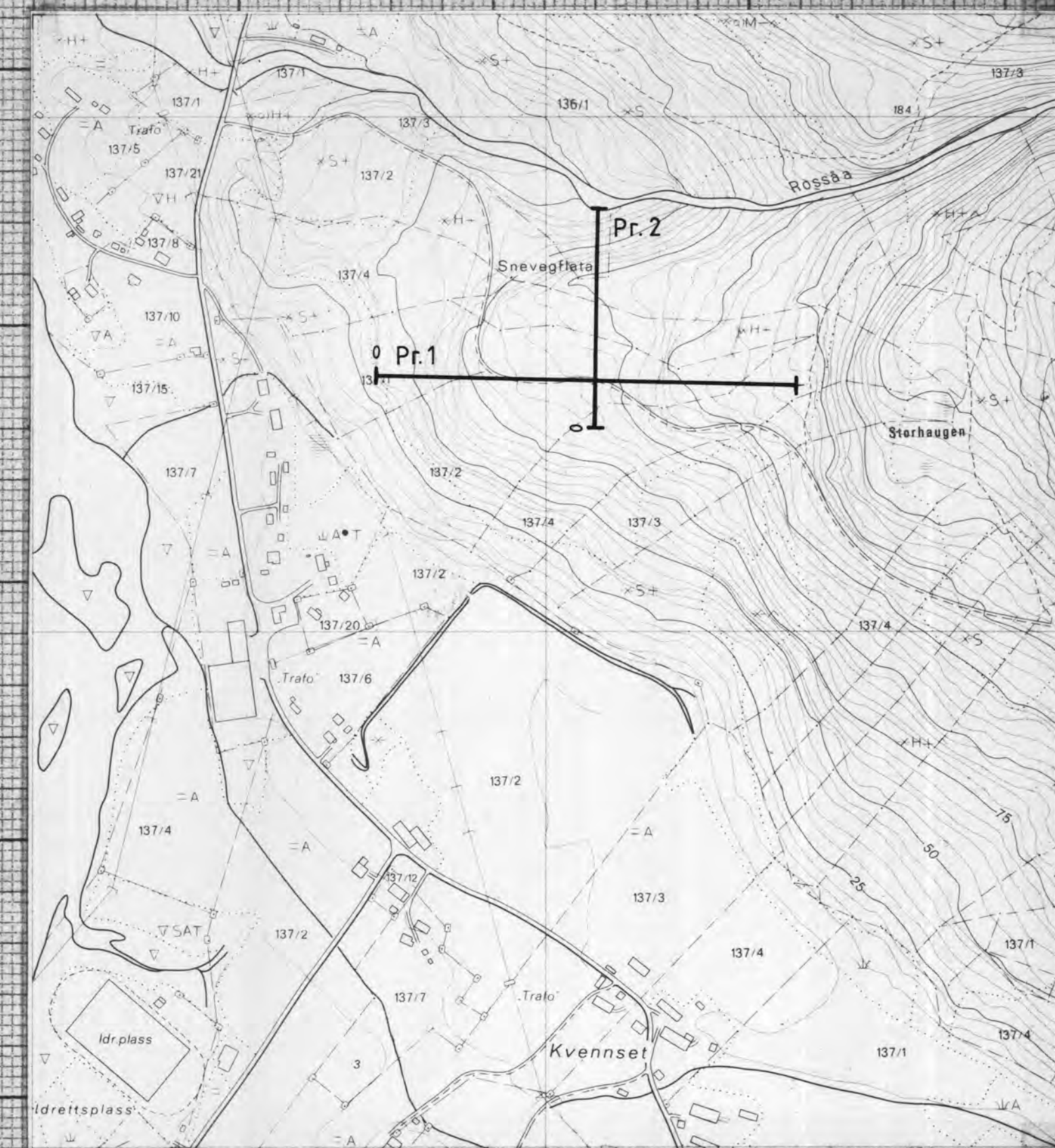
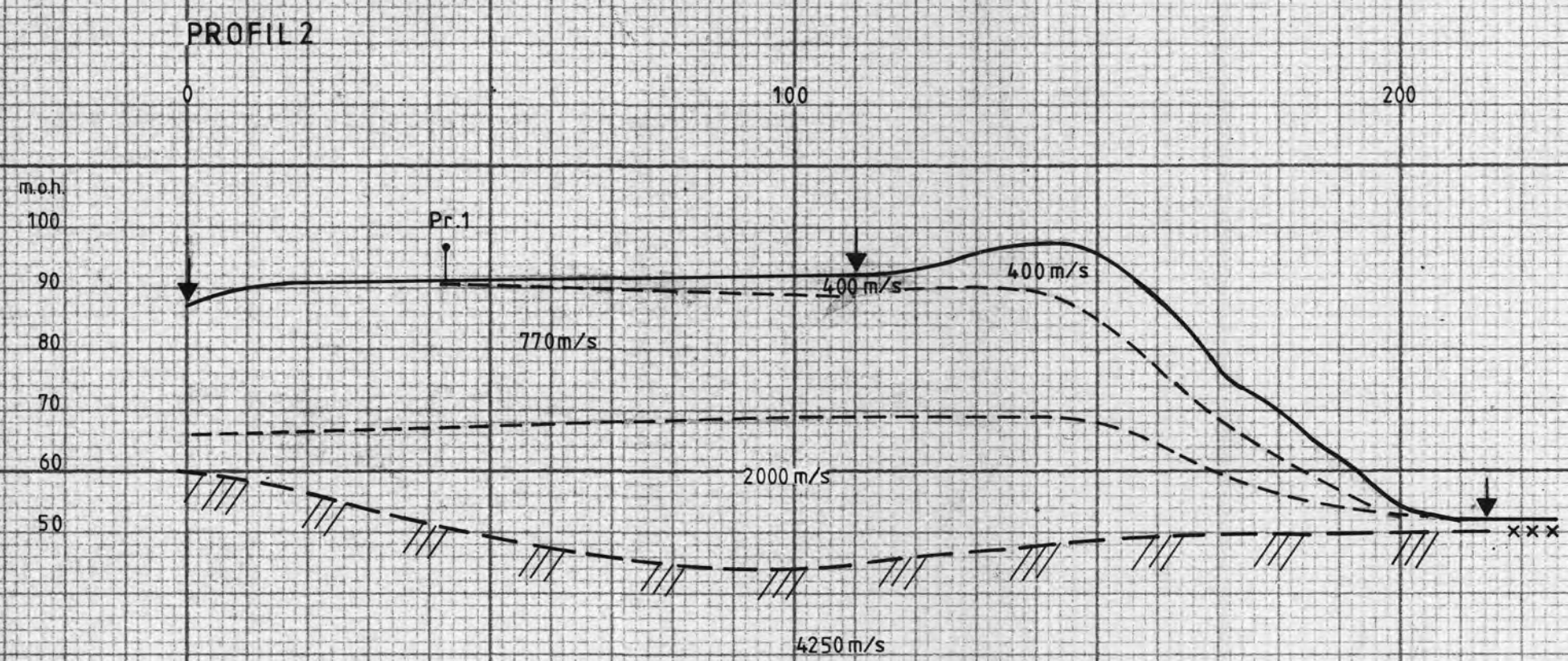
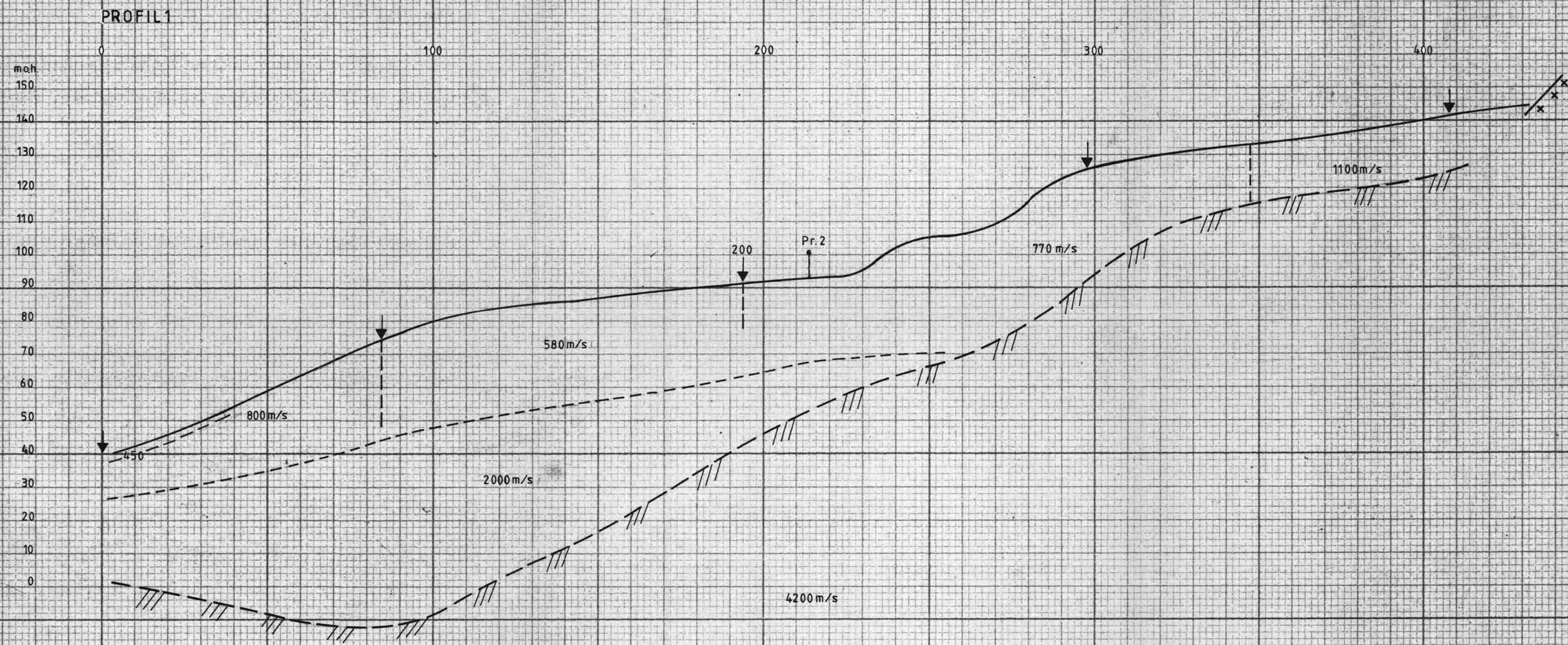
-  TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
-  SJKTGRENSE
-  INDIKERT FJELLOVERFLATE

NGU
SEISMISKE MÅLINGER
MEISAL
NESSET KOMMUNE

MÅLESTOKK 1:1000	MÅLT	G.H.	JUNI 1983
	TEGN	G.H.	FEB. 1984
	TRAC	B.A.	JUNI 1984
	KFR	<i>G.H.</i>	— " —

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR. 84.097-05	KARTBLAD (AMS) 1420 IV
--------------------------	---------------------------



TEGNFORKLARING

- TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
- SJIKTGRENSE
- INDIKERT FJELLOVERFLATE

NGU
SEISMISKE MÅLINGER
ROSSÅA
SURNADAL KOMMUNE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK:	MÅLT GH:	JUNI 1983
1:1000	TEGN GH:	FEB 1983
	TRAC BA:	JUNI 1984
	KPR FH:	

TEGNING NR.	KARTBLAD NR.
84097-06	1420 IV