

Rapport nr. 84.046

Seismisk grunnundersøkelse
TINGVOLL



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. 84.046	ISSN 0800-3416	Åpen/Forfattetil	
Tittel: Seismisk grunnundersøkelse Tingvoll			
Forfatter: Gustav Hillestad		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke: Møre og Romsdal		Kommune: Tingvoll	
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Alesund, Kristiansund		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1320 I Tingvoll, 1420 IV Stangvik 1321 II Kristiansund	
Forekomstens navn og koordinater: Harholten 32 V 4613 69772		Sidetall: 10	Pris: kr. 80,-
		Kartbilag: 4	
Feltarbeid utført: Juni 1983	Rapportdato: 19.12.1985	Prosjektnr.: 1970	Prosjektleder: G. Hillestad
Sammendrag: I forbindelse med kvartærgeologisk kartlegging i Tingvoll-traktene skulle en med refraksjonsseismiske målinger undersøke noen lokaliteter, hvor det var mistanke om at det kunne være betydelige isavsetninger. Ved Harholten ser det ut for å kunne være opp til 100 m løsmasse, hvorav mesteparten trolig er morene. På Bergem har en beregnet opp til 50 m løsmasse, mens det på Vatn bare var små mektigheter. Koordinater fortsettelse: Bergem 4570 69793, Vatn 4543 69894, 4551 69892.			
Emneord	Geofysikk	Løsmasse	
	Refraksjonsseismikk	Fagrapport	

INNHold

	Side
OPPGAVE	4
UTFØRELSE	4
RESULTATER	4
Harholten	5
Bergem	6
Vatn	6

TEKSTBILAG

Beskrivelse av seismisk refraksjonsmetode

KARTBILAG

84.046-01	Harholten	profil 1 m. situasjonsplan
-02	"	profil 2
-03	Bergem	profil m. situasjonsplan
-04	Vatn	profiler m. situasjonsplan

OPPGAVE

Løsmasseforholdene skulle undersøkes ved hjelp av refraksjonsseismikk på 3 steder i Møre og Romsdal, hvor geologer som har kartlagt i området, regner med at isfronten kan ha ligget for 12-13000 år siden, og hvor det derfor kunne være muligheter for betydelige moreneavsetninger. Lokalitetene ble valgt av Løsmasseavdelingen, og deres beliggenhet er vist på vedheftede tegninger.

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 var 5 m på Vatn, 10 m på Bergem og 20 m på Harholten, men med enkelte lokale avvik. Det var lite grunnstøy i måleområdene.

På Bergem var det revefarmer, som en måtte ta hensyn til ved sprengladningenes størrelse og plassering. Terreng høyder er tatt fra det økonomiske kartverk.

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. Resultatene finner jeg det rimelig å omtale separat for de 3 lokalitetene.

Harholten

I den nordøstlige del av profil 1 er det et ganske tynt lag i toppen med hastighet 400 m/s. Dette svarer til tørr sand og myr. Også andre steder i profilet fins dette laget sporadisk, men det er så tynt at det er ikke tatt med på tegningen. Bortsett fra denne skorpen har det øverste laget en hastighet på 1650-1750 m/s med en tykkelse opptil ca. 20 m. Dette laget består trolig av leire eller morene, muligens av begge deler. Under dette laget er det registrert et lag med hastighet 2250 m/s og mektighet som ser ut til å kunne være opptil 90 m. Hastigheten tilsier at dette må være en bunmorene. Diagrammene ser ganske greie ut og skulle ha gitt grunnlag for ganske sikre tolkninger m.h.t. mektighetene. En kan likevel ikke se bort fra muligheten av at 2250 m/s-laget f.eks. er bare 10 m tykt, og at det herunder fins et lag med f.eks. 1700 m/s, som eventuelt ikke ville fremkomme i diagrammene. I så fall kan fjellet være angitt opptil 20 m for dypet. Videre må en regne med at det kan være sjiktninger i morenelagene som ikke gjenspeiler seg i de seismiske data. I profil 2 har diagrammene gitt mindre fullstendige data. Et øverste tynt lavhastighetssjikt ser ut til å finnes langs hele profilet. Bare i den sydøstlige delen er det et visst grunnlag for å beregne tykkelsen av lag nr. 2. I krysningspunktet mellom profilene har jeg benyttet verdiene som er beregnet for profil 1. Det er vel sannsynlig at dette 1700 m/s-laget også fortsetter mot nordvest, men det er ikke gjort noe forsøk på å angi dette i det opptegnede snitt. Hastigheten i bunmorenen ser i profil 2 ut til å være 2100 m/s, men jeg har likevel benyttet verdien 2200 m/s fra profil 1.

Bergem

Profilet går fra Tingvollfjorden til Bergemsvatnet. Målingene viser et øverste lag med hastighet 300-500 m/s. Dette laget er de fleste steder ganske tynt. Det består trolig av sand, men inkluderer også noe myr i overflaten, spesielt nær Bergemsvatnet. Lag nr. 2 varierer i hastighet mellom 1100 m/s og 1600 m/s. Her synes det rimelig å regne med varierende sammensetning av silt og leire. I midtpartiet av profilet er det også registrert et tredje lag i løsmassepakken med hastighetene 1830 m/s og 2300 m/s. Den høyeste verdien svarer utvilsomt til kompakt bunnmorene, mens 1830 m/s ligger i et grenseområde. Jeg holder det for mest sannsynlig at også dette er morene, men ut fra rene hastighetsvurderinger kan det også være leire. Seismogrammene fra fjorden opp til ca. punkt 600 m ser ut for å ha gitt grunnlag for noenlunde entydige tolkninger. Videre østover er forholdene mer usikre, delvis p.g.a. apparatsvikt ved noen av målingene. I fjellet er det registrert en svakhetssone på ca. 30 m bredde langs profilet øst for punkt 700 m.

Vatn

I profil 1 var det små løsmassemektheter, og da blir det gjerne som her dårlig bestemte hastighetsverdier. Et tynt topplag har hastighet ca. 600 m/s og består antagelig av sand. Under dette er det trolig et lag med hastighet 1500 m/s, som kan være leire eller morene. Også i profil 2 ser det ut som overdekket består av 2 lag. Øverst er det målt en hastighet av 350 m/s. Man ser tydelig at det er myr på toppen, men det kan gjerne være sand når man kommer litt ned i massen. Hastigheten av lag nr. 2 er dårlig definert, og den er antatt å være 1500 m/s. Grenselinjen mellom

de 2 lag ser ikke ut som et vannspeil, og materialet i det nedre lag er formodentlig leire eller morene.

Trondheim, 19. desember 1985
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° .

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 "

HARHOLTEN P.1

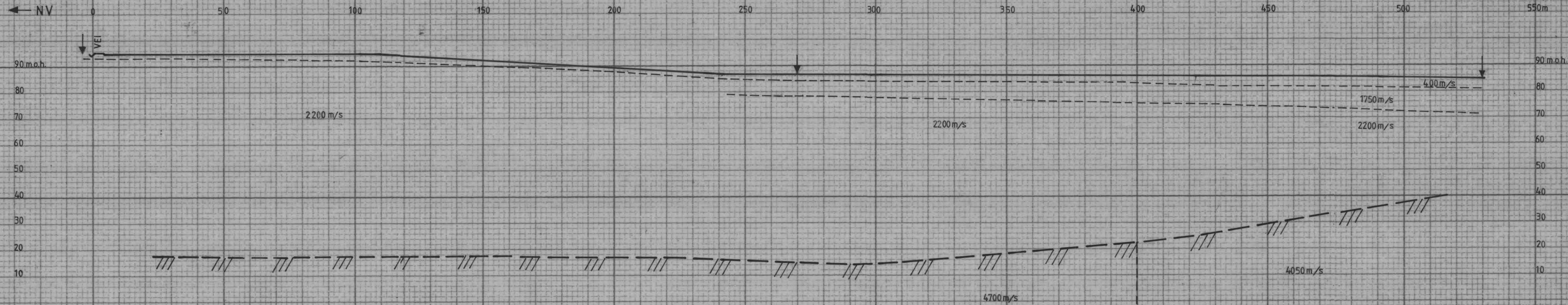


TEGNFORKLARING


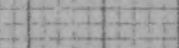
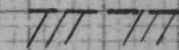
- ↓ Terrenoverflate med skuddpunkt
- - - Sjiktgrense
- /// Indikert fjelloverflate

NGU SEISMISK GRUNNUNDERSØKELSE HARHOLTEN TINGVOLL, MØRE OG ROMSDAL TRONDHEIM	MÅLESTOKK 1:1000	OBS. G.H. JUNI -83 TEGN. G.H. FEB. -84 TRAC. T.H. MARS -84 KPR. <i>GH</i>
	TEGNING NR. 84.046-01	KARTBLAD NR. 1420 IV

PROFIL 2

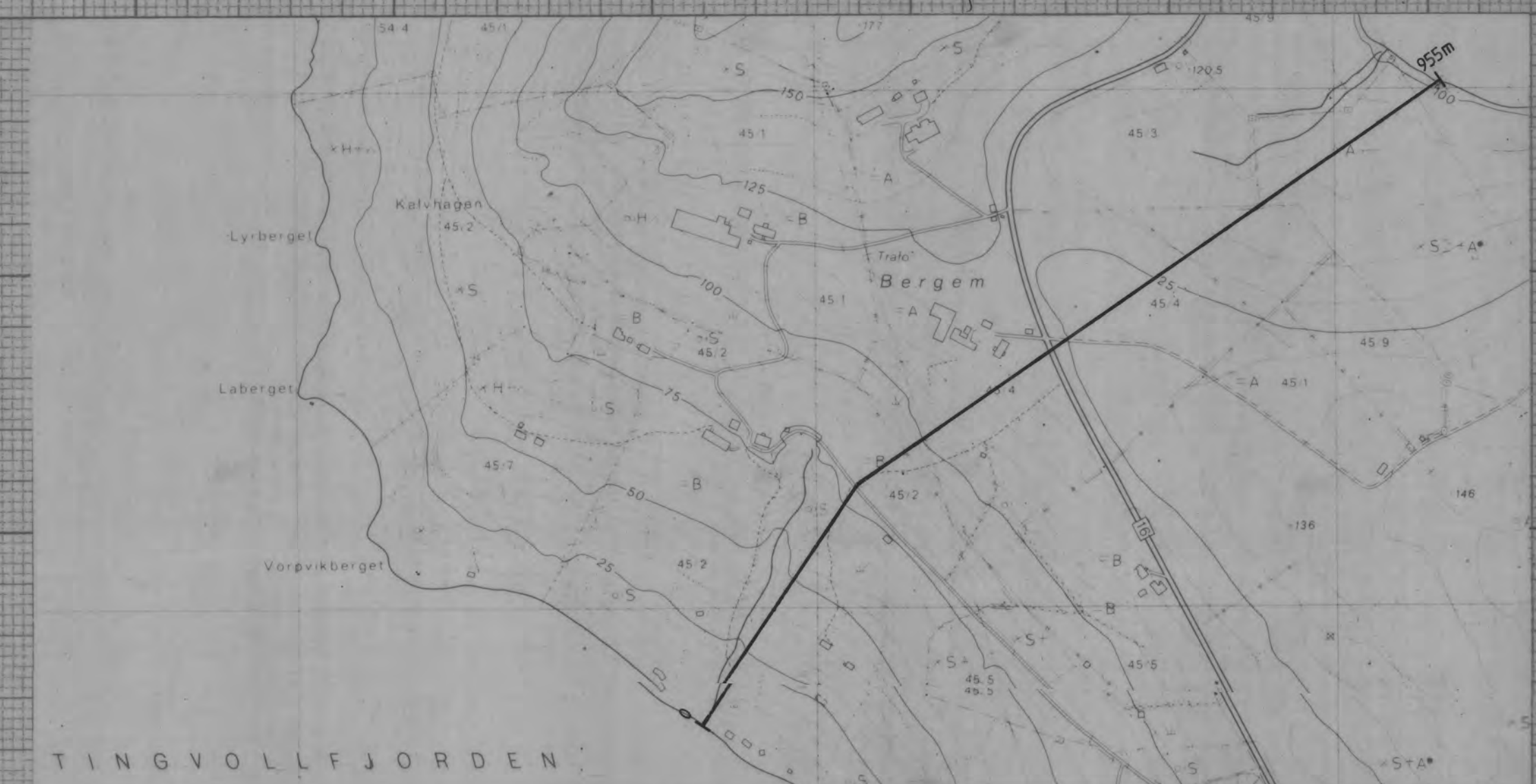
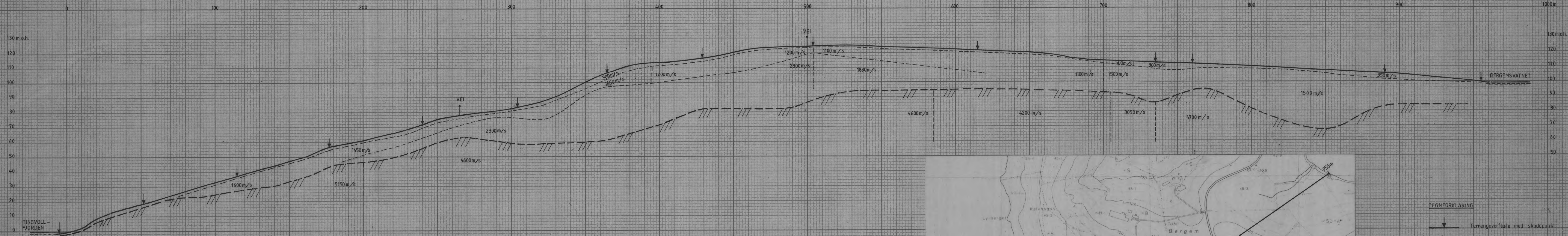


TEGNFORKLARING

-  Terrangoverflate med skuddpunkt
-  Stratigrafisk grense
-  Indikert fjelloverflate

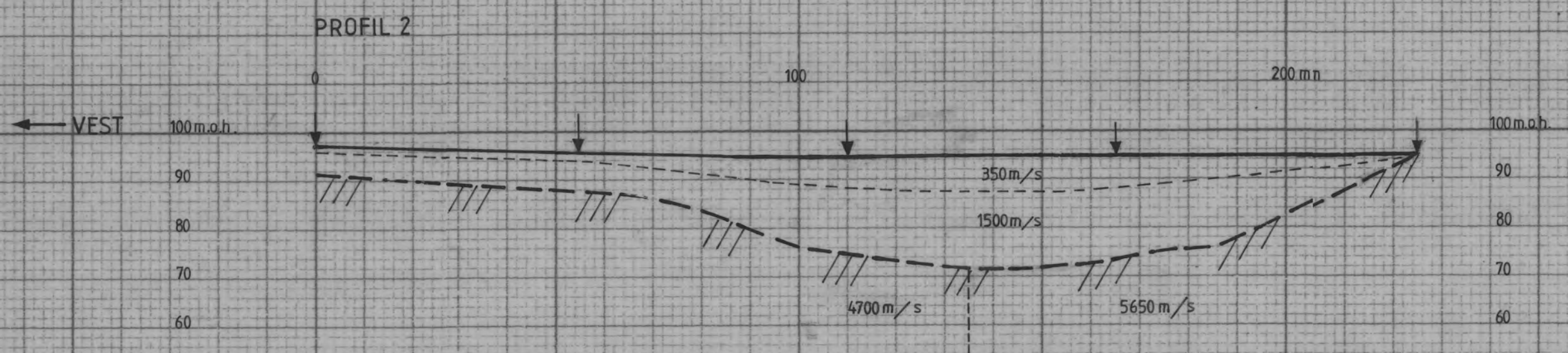
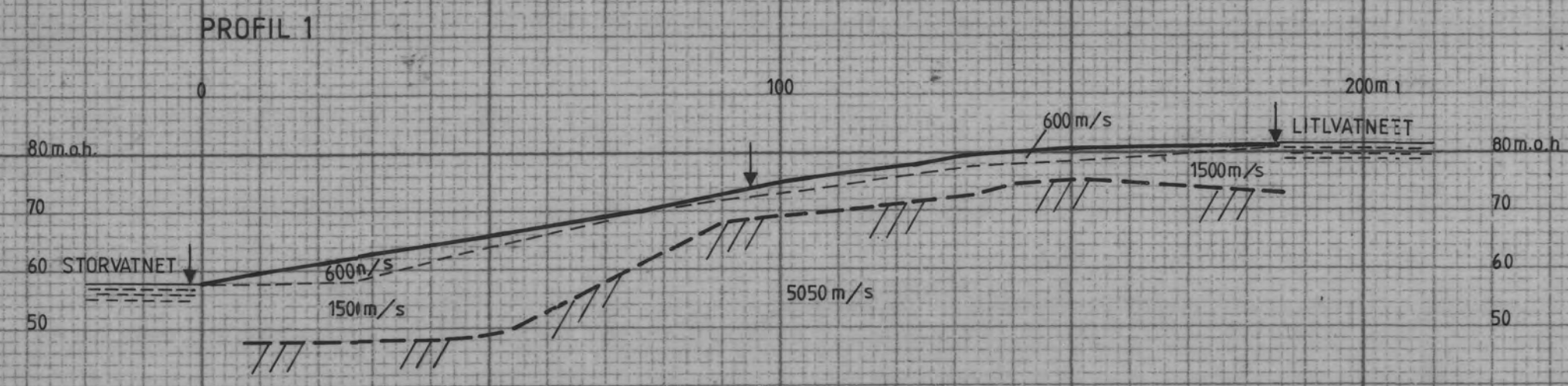
NGU
 SEISMISK GRUNNUNDERSØKELSE
HARHOLTEN
 TINGVOLL, MØRE OG ROMSDAL
 NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK 1:1000	MÅLT G.H.	JUNI - 83
	TEGN. G.H.	FEB. - 84
	TRAC. T.H.	MARS - 84
TEGNING NR. 84.046-02	KFR. <i>GH</i>	
	KARTBLAD NR. 1420 IV	

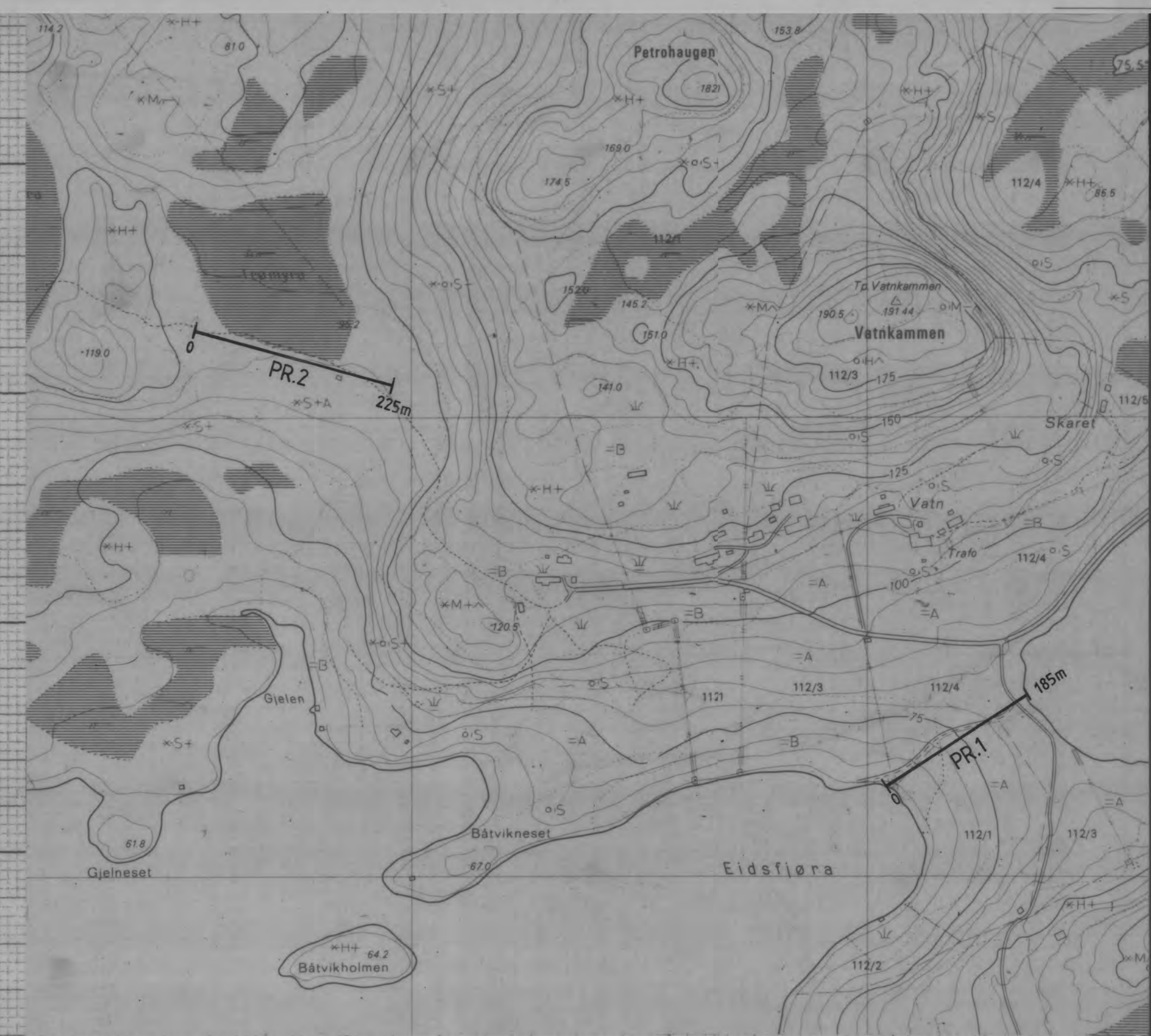


- TEGNFØRKLARING
- ↓ Terrengoverflate med skuddpunkt
 - - - Siktgrense
 - /// Indikert fjelloverflate

NGU SEISMISK GRUNNUNDERSØKELSE BERGEM TINGVOLL, MØRE OG RØMSDAL	MÅLESTOKK 1:1000	OBS. G.H. JUNI - 83 TEGN. G.H. FEB. - 84 TRAC. T.H. MARS - 84 KFR. G.H.
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 84.046-03



- TEGNFORKLARING**
- ▼ Terrangoverflate med skuddpunkt
 - - - Sjiktgrense
 - /// Indikert fjelloverflate



NGU SEISMISK GRUNNUNDERSØKELSE VATN TINGVOLL, MØRE OG ROMSDAL	MÅLESTOKK	MÅLT G.H.	JUNI - 83
	1 : 1000	TEGN. G.H.	FEB. - 84
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TRAC. T.H.	MARS - 84	
	TEGNING NR. 84.046 - 04	KFR. GH	KARTBLAD NR. 1321 II