

Rapport nr. 88.166

Seismiske målinger

Åheim

Vanylven, Møre og Romsdal

Rapport nr. 88.166	ISSN 0800-3416	ÅPEN Åpen/Fortryllet til okt. 1995	
Tittel: Seismiske målinger Åheim			
Forfatter: Gustav Hillestad		Oppdragsgiver: A/S Olivin	
Fylke: Møre og Romsdal		Kommune: Vanylven	
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Ulsteinvik		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1119 III Vanylven	
Forekomstens navn og koordinater: Gusdal 32V 3212 68804		Sidetall: 10	Pris: Kr. 80,-
Feltarbeid utført: Juli 1987		Rapportdato: 26.10.1988	Prosjektnr.: 2464.00.32
Seksjonssjef: <i>Jan S. Rønning</i>			
Sammendrag: Det ble målt 4 profiler på tilsammen ca. 1,5 km over olivinforekomster nær Åheim. Hensikten var å kartlegge områder med oppsprukket olivin og uforvitret olivin samt å få en oppfatning av om seismiske refraksjonsmålinger ville være velegnet til å skille mellom mer og mindre forvitrede partier. Måleresultatene tyder på at lyd hastigheten i fjellet varierer innenfor meget vide grenser. Sannsynligvis er hastighetsreduksjonen noenlunde proporsjonal med graden av oppsprekking.			
Emneord	Refraksjonsseismikk	Sprekkesone	
Geofysikk	Mektighet		
Seismikk	Lyd hastighet	Fagrapport	

INNHold

	Side
OPPGAVE	4
UTFØRELSE	4
RESULTATER	5

TEKSTBILAG

Beskrivelse av seismisk refraksjonsmetode
Lydhastigheter i løsmasser

KARTBILAG

88.166-01 Situasjonsplan Husø
-02 Grunnprofiler Husø
-03 Situasjonsplan Gusdal
-04 Grunnprofiler Gusdal

OPPGAVE

Forekomsten av olivin ved Åheim opptrer tildels i meget kompakt form og i forskjellige grader av forvitring. Dette kan medføre at det er forskjellige metoder for drift som er mest rasjonell på forskjellige steder. Videre er det ulike anvendelsesområder for ulike kvaliteter. A/S Olivin var interessert i å finne ut om det var en geofysisk prospekteringsmetode som kunne være egnet til å skille mellom forskjellige kvaliteter av olivin. Geofysisk avdeling ved NGU ble kontaktet i den anledning, og vi ble enige om å måle noen profiler med seismiske refraksjonsmålinger for å se om registrert lydshastighet kunne gi et brukbart bilde av bergartens kvalitet. Det ble målt 2 profiler ved Husø brudd (pr. 1 og pr. 4) og 2 profiler ved Gusdal brudd.

UTFØRELSE

Målingene ble utført etter vanlig seismisk refraksjonsmetode, som i hovedtrekkene er beskrevet i vedheftet bilag. Arbeidet ble lagt til bedriftens fellesferie for å få grunnstøyen redusert til et minimum. En viss trafikk med store kjøretøyer var likevel i gang, men dette bød ikke på nevneverdige problemer. Stedvis ga høyspentledninger 50 Hz elektriske forstyrrelser. Været var bra i måleperioden. A/S Olivin stilte 2 studenter til rådighet som assistenter under målingene. Terreng høyder ble ikke nivellert, men de er tatt fra kart i målestokk 1:1000. Den anvendte apparatur var en 24-kanals ABEM TRIO, og avstand mellom seismometrene var stort sett 20 m.

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 være noe mindre enn de vertikale. De angitte sjiktgrenser må betraktes som utglattede linjer, hvor de finere detaljer ikke alltid kommer frem. Seismogramkvaliteten var ganske varierende, men stort sett akseptabel. Lydhastigheten i norske grunnfjellsbergarter ligger normalt i området 4500-5500 m/s. Her målte vi i bunnen av lagpakken hastigheter som var betydelig høyere - nemlig 6100-7300 m/s. Det ser ut som forvittringsprosessen følges av en markert minskning av lydhastigheten. Det er ting som tyder på at vi har målt olivin med hastighet helt ned til 1800 m/s. Jeg vil knytte noen kommentarer til hvert profil.

Profil 1

Seismogrammene var her jevnt over gode. Det øverste laget er opptil ca. 10 m tykt med hastighet 600-850 m/s. Det består sannsynligvis av sand og grus. I det neste laget er det angitt hastigheter som varierer mellom 3700 m/s og 4500 m/s. Dette er nok forvitret olivin. I gangtidsdiagrammene er det visse indiksjoner på at det i overgangen mellom løsmasse og fjell er en sone med hastighet 2000-2500 m/s, som formodentlig svarer til ekstra oppsprukket olivin. De foreliggende data er for spinkle til at jeg har villet angi dette som et eget lag på tegningen. Den uforvitrede olivin later til å ha en hastighet på 6900 m/s. Øverst i profilet ble det unnlatt å skyte fjernskudd fordi jeg kunne se på filmen at fjellet lå nesten i dagen omkring pkt. 400, men jeg var ikke tilstrekkelig oppmerksom på at uforvitret fjell kunne ligge betydelig dypere. Dypene til 6900 m/s-laget er derfor ekstra usikre på de øverste ca. 100 m.

Profil 2

Opptakene var under middels gode. Det var brudd på flere kanaler ved skudd i pkt. 110, og derfor er løsmassehastigheten dårlig bestemt på de nederste 150 m av profilet.

På tegningen er det nederst påført verdien 1000 m/s. Dette er egentlig en maksimalverdi. Hvis den sanne verdi er 500 m/s, betyr det at de angitte mektigheter av løsmassen er angitt dobbelt så store som de virkelig er. Midt i profilet tyder 600 m/s på sand og grus, mens hastighetene i den øverste del - 900-1300 m/s tyder på silt, leire eller morene. Hastigheten 1800 m/s i lag nr. 2 vil en vanligvis assosiere med morene eller leire, men i dette tilfellet tror jeg det kan dreie seg om sterkt oppsprukket olivin. Under dette laget påtreffes en sone med 4800 m/s, som trolig er olivin med mer moderat oppsprekking. På de øverste ca. 100 m av profilet har det oppsprukne fjellet en hastighet på 2950 m/s. I bunnen av pakken ligger det kompakt olivin, som her viser hastigheten 6450 m/s.

Profil 3

Seismogrammene var av middels kvalitet. Her virker gangtidsdiagrammene ganske ryddige. I løsmasselaget på toppen ligger hastigheten i intervallet 400-600 m/s. Det neste laget, som jeg mener må være forvitret olivin, viser hastighet i området 2700-3200 m/s. Tykkelsen av dette laget ser ut til å være rundt 30 m på den nedre halvpart, mens den stort sett er mindre enn 10 m på den øvre halvpart. I det uforvitrede fjell er hastigheten målt til 6100 m/s.

Profil 4

Her var profillengden 220 m og det ble målt med bare 12 seismometre, mens det i de øvrige profilene ble benyttet 24. Det var sterke elektriske felter i området p.g.a. høgspenningledninger, og dette virket ganske sjenerende på seismogrammene. Skudd i vann i begge ender av profilet ga likevel såpass gode opptak at det skulle ha gitt grunnlag for noenlunde sikre tolkninger.

Et tynt løsmasselag består trolig av sand/grus. Laget av forvitret fjell ser ut til å være ganske jevntykt - 8-11 m med hastighet 3500 m/s. I den uforvitrede olivin er hastigheten målt til hele 7300 m/s, som er en ekstraordinær høy verdi for norske bergarter.

Trondheim, 26. oktober 1988
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 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 overdekkeshastighetene 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° .

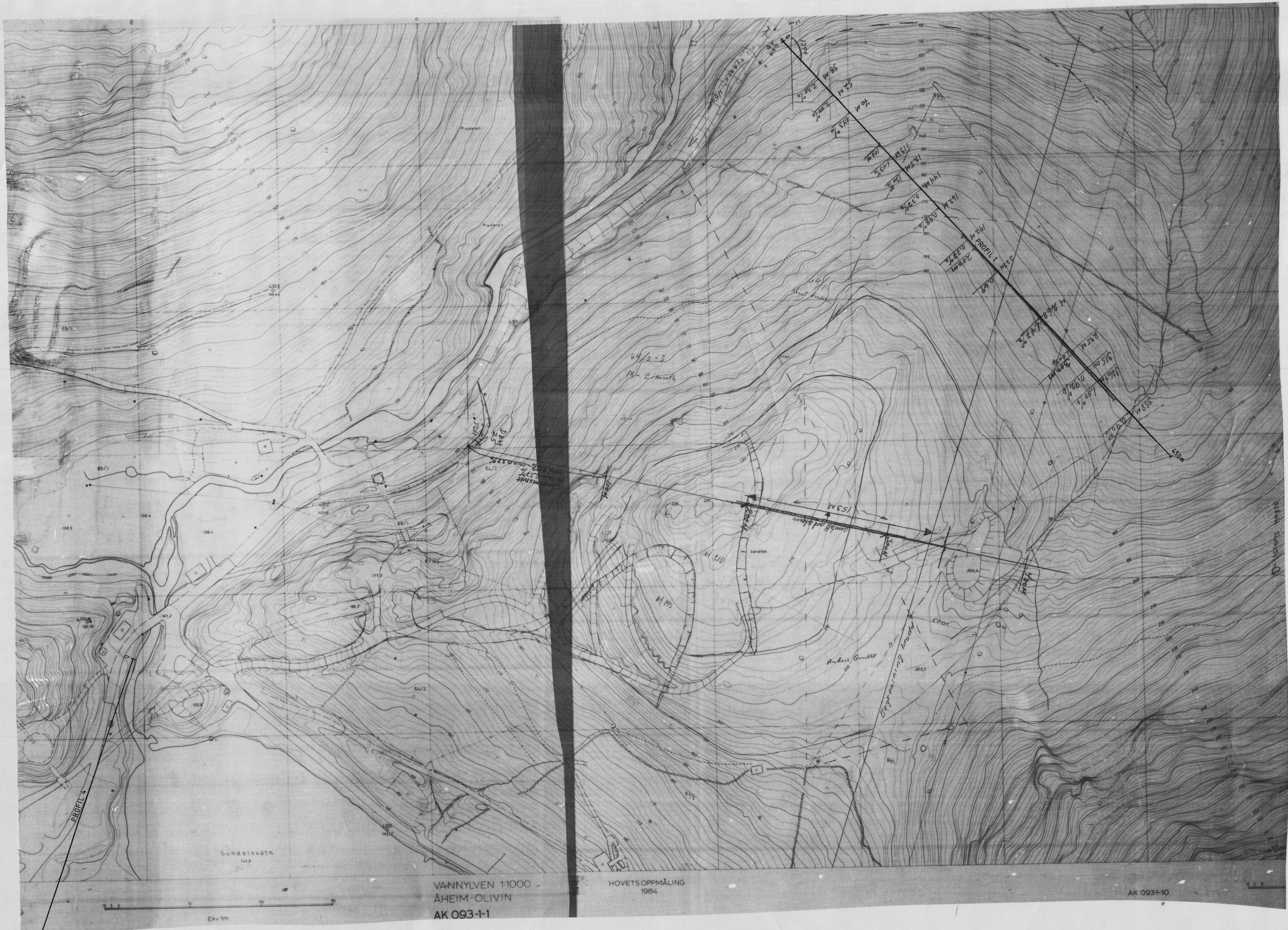
Det forekommer at en sjiktgrense ikke avspeiler seg i de oppregnede diagrammer, fordi de refrakterte bølger fra denne grense når overflaten senere enn fra en dypere grense. Det foreligger da en såkalt "blind sone", og de virkelige dybder kan være vesentlig større enn de beregnede. En annen feilkilde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

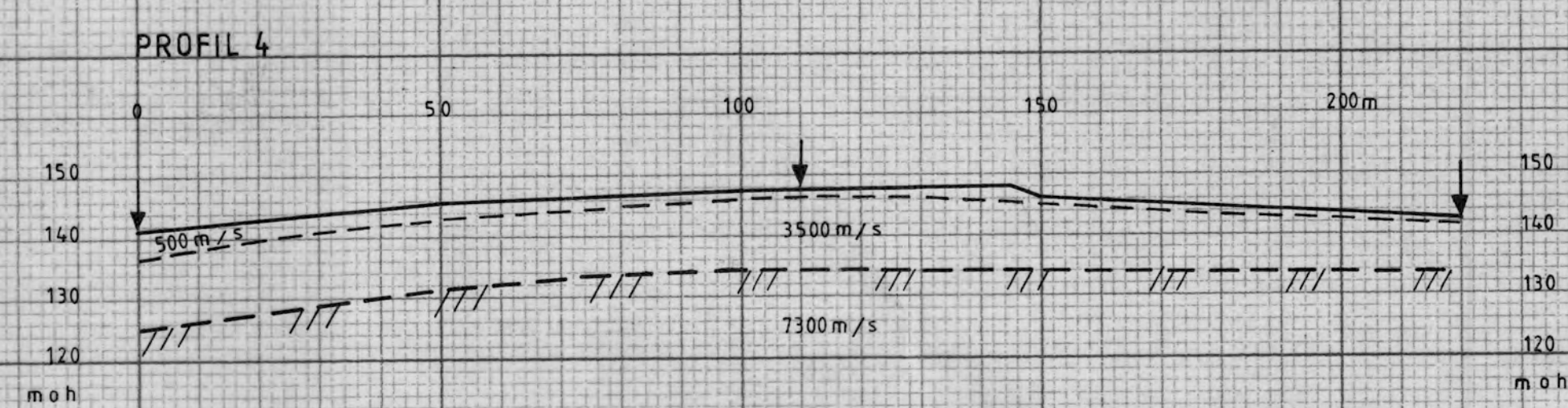
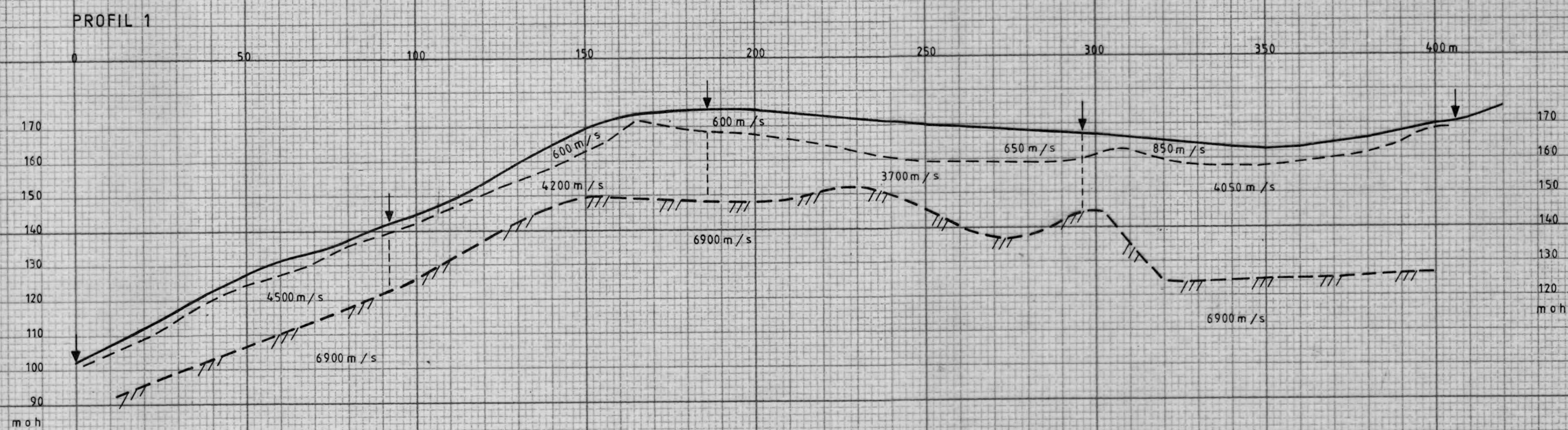


VANNYLVEN 11000 -
ÅHEIM-OLIVIN
AK 093-1-1

HOVETS OPPMÅLING
1984

AK 0934-10

A/S OLIVIN SEISMISKE MÅLINGER OVERSIKTSKART ÅHEIM, MØRE OG ROMSOAL	MÅLESTOKK	MÅLT GH.	JULI 1987
	1:1000	TEGN. GH.	SEPT 1988
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
	88.166-01	1119 III	



TEGNFORKLARING

-  TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
-  FORVITRET FJELL
-  UFORVITRET FJELL

A/S OLIVIN SEISMISKE MÅLINGER GRUNNPROFILER ÅHEIM, MØRE OG ROMSDAL	MÅLESTOKK	OBS. G.H. JULI 1987
	1:1000	TEGN. G.H. SEPT. 1988
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.
	88.166-02	1119 III



A/S OLIVIN SEISMISKE MÅLINGER OVERSIKTSKART ÅHEIM, MØRE OG ROMSDAL	MÅLESTOKK	OBS. G.H. JULI 1987 TEGN. G.H. SEPT. 1988 TRAC. T.H. OKT. 1988 KFR. G.H. ———
	1:1000	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 88.166-03	KARTBLAD NR. 1119 III



A/S OLIVIN SEISMISKE MÅLINGER GRUNNPROFILER ÅHEIM, MØRE OG ROMSDAL	MÅLESTOKK	MÅLT G.H.	JULI 1987
	1:1000	TEGN. G.H.	SEPT. 1988
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TRAC. T.H.	OKT. 1988	
	KFR. G.H.		
TEGNING NR.	88.166 - 04	KARTBLAD NR.	1119 III