

NGU Rapport nr. 89.109

Seismiske målinger
Meråker, Nord-Trøndelag

Rapport nr. 89.109	ISSN 0800-3416	Åpen/ Fortrolig stikk	
Tittel: Seismiske målinger Meråker			
Forfatter: Gustav Hillestad		Oppdragsgiver: Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk	
Fylke: Nord-Trøndelag		Kommune: Meråker	
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Trondheim		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1721 I Meråker 1721 IV Flornes	
Forekomstens navn og koordinater: Hernes 32V 6379 70339		Sidetall: 11	Pris: kr. 230,-
Feltarbeid utført: Mai 1989		Rapportdato: 13.07.1989	Prosjektnr.: 32.1889.05
Seksjonssjef: <i>Jens Skarvin</i>			
Sammendrag: <p>Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk planlegger kraftutbygging i Meråker, og som et ledd i prosjekteringen fikk NGU i oppdrag å utføre seismiske refraksjonsmålinger på 3 lokaliteter. Det ble målt 12 profiler med en samlet lengde av ca. 3200 m. Hensikten var å skaffe opplysninger om løsmassenes art og mektighet samt fjellets kvalitet. Med noen unntak ved Hernes var lydshastigheten i fjellet så høy at det tyder på godt fjell.</p>			
Emneord	Refraksjonsseismikk	Lydshastighet	
Geofysikk	Løsmasse	Sprekkesone	
Seismikk	Mektighet	Fagrapport	

INNHOOLD

	Side
OPPGAVE	4
UTFØRELSE	4
RESULTATER	4

TEKSTBILAG

Beskrivelse av seismisk refraksjonsmetode
Lydhastigheter i løsmasser

KARTBILAG

89.109-01	Situasjonsplan	Hernes
-02	Grunnprofil 1, 2 og 3	"
-03	" 4 og 5	"
-04	" 6	"
-05	" 7	"
-06	" 8	"
-07	" 9	"
-08	" 10	"
-09	Situasjonsplan og grunnprofil	Tevla
-10	" "	Torsbjørka

OPPGAVE

Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk planlegger kraftutbygging i Meråker, og som et ledd i prosjekteringen fikk NGU i oppdrag å utføre seismiske refraksjonsmålinger på 3 lokaliteter. Det ble målt 12 profiler med en samlet lengde av innpå 3200 m.

Både i 1986 og 1987 gjorde NGU seismiske målinger for kraftverkene i Meråker, kfr. NGU rapport nr. 87.076 og 88.131.

UTFØRELSE

Målingene ble utført etter vanlig seismisk refraksjonsmetode, som i hovedtrekkene er beskrevet i vedheftet bilag. Været var stort sett ganske utrivelig og kjølig i måleperioden med både regn og sludd. Ved målingene i stasjonsområdet på Hernes skapte trafikkstøy fra riksveien endel problemer. Oppdragsgiver skaffet 2 dyktige assistenter til målingene og sørget også for utsetting av merkepinne samt utførelse av høydemålinger. Den anvendte apparatur var en 24-kanals ABEM TRIO. For målingene ved inntak Torsbjørka ble det brukt en snøscooter med tilhenger for å frakte frem utstyret. Scooteren tok seg forbløffende godt frem over myrterrenget på sommerføre.

RESULTATER

På vedheftede tegninger er måleresultatene fremstilt grafisk i vertikalsnitt gjennom profilene. De inntegnede dyp representerer egentlig de korteste avstander til sjiktgrensene - da lydbølgene forplanter seg ikke bare 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 alltid kommer frem. Seismogrammene var meget gode, med unntak av noen som skrev seg fra skudd nær riksveien ved HERNES. Jeg skal i det følgende knytte noen kommentarer til de enkelte profilene.

HERNES

Den tørre sand i toppsjiktet har hastigheter i området 300-500 m/s. Ovenfor veien er dypene til fjell så små at hastigheten i overdekket er blitt dårlig bestemt. Nedenfor veien har det vært et gjennomgående problem at det er vanskelig å se om det er ett eller to lag i løsmassen. På noen av profilene har jeg regnet med et lag nr. 2, og hastigheten i dette laget varierer fra 580 m/s til 1400 m/s. Den laveste verdien svarer trolig til noenlunde tørr sand og grus, mens den høyeste verdien er forenlig med leire, morene eller vannmettet sand og grus. Hastigheten i fjellet har overveiende verdier godt over 4000 m/s noe som tyder på godt fjell. Når verdiene i profil 10 ikke stemmer helt med verdiene i de kryssende parallelle profiler kan det henge sammen med orienteringen av sprekkesystemene (anisotropi). I profiler som går parallelt med sprekken blir det liten eller ingen reduksjon av hastigheten.

Profil 1

Skudd øverst i profilet tyder på et lag nr. 2 med hastighet 800 m/s. Fjellhastigheten er 5300 m/s.

Profil 2

Skuddene øverst og på midten tyder på et lag nr. 2 med hastighet 1400 m/s. Fjellhastigheten er 5200 m/s.

Profil 3

Skudd øverst tyder på et lag nr. 2 med hastighet 1400 m/s. Fjellhastigheten er 4750 m/s.

Profil 4

Skudd øverst og på midten tyder på et lag nr. 2 med hastighet 1400 m/s. Fjellhastigheten er 5250 m/s.

Profil 5

Her er det ingen klar indikasjon på mer enn ett lag i overdekket. Seismogrammene fra skudd øverst i profilet ble meget dårlige enda det ble skutt 3 ganger. Når disse dårlige data ble benyttet, resulterte det i en meget lav fjellhastighet - nemlig 3700 m/s. Dette harmonerer dårlig med de nærmeste parallelle profiler og med profil 10. Jeg har derfor valgt å regne med verdien 4800 m/s.

Profil 6

Her vises bare ett lag i overdekket med hastighet 330-400 m/s. Langt nede i profilet er det indikasjoner på en 15-20 m bred svakhetssone i fjellet med hastighet 3600 m/s. Forøvrig har fjellet høy hastighet nedenfor veien og 4350 m/s ovenfor veien.

Profil 7

På et parti mellom ca. pkt. 75 og 140 ser det ut for å være 2 lag i overdekket. Under topplaget med 320 m/s er det registrert en hastighet 580 m/s. Dette er trolig også noenlunde tørr sand og grus med forskjellig gradering fra det overliggende lag. Hastigheten i fjell er 5250 m/s nedenfor veien og 4500 m/s ovenfor veien.

Profil 8

Her er det tydelige indikasjoner på 2 lag i løsmassen. Hastigheten 1050 m/s kommer klart frem over et parti på den nedre del av profilet. Dette kan være forenlig med silt eller sand-leirblanding. Fjellhastigheten er forholdsvis lav på de nederste ca. 130 m, nemlig 4000 m/s. Høyere oppe er den 4700 m/s og ovenfor veien 4400 m/s.

Profil 9

Ovenfor veien er løsdekket så tynt at hastighetsbestemmelsen har blitt dårlig. Jeg har regnet med at den er 400 m/s. På den nedre delen av profilet er det klare indikasjoner på et lag nr. 2

i løsmassen, men med dårlig definert hastighet. Her har jeg regnet med 1400 m/s. Hastigheten i fjellet ligger på 5050 m/s langs hele profilet.

Profil 10

Også her er det ovenfor veien så tynt løsdekke at jeg har måttet gjette på hastigheten 400 m/s. Nederst i profilet er det indikasjon på et lag nr. 2 med hastighet 800-1000 m/s. Hastigheten i fjellet er nedenfor veien 5600 m/s og ovenfor veien 5000 m/s.

Tippområde TEVLA

Løsmassemekktigheten er ganske beskjeden, og hastigheten i topplaget er 1000-1100 m/s. Dette kan være silt eller morene. I fjellet er hastigheten 4800 m/s over hele profilet.

Inntak TORSBJØRKA

På den øverste del av profilet er det et tynt topplag av myr og muligens også sand. Forøvrig er hastigheten i løsmassen 1200-2100 m/s økende gradvis fra elva og oppover. Dette er sannsynligvis morene med økende konsolidering når man fjerner seg fra elva. Hastigheten i fjellet øker også litt med avstanden fra elva - fra 4900 m/s til 5250 m/s.

Trondheim, 13. juli 1989
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
Geofysisk avdeling

Gustav Hillestad (sign.)
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° .

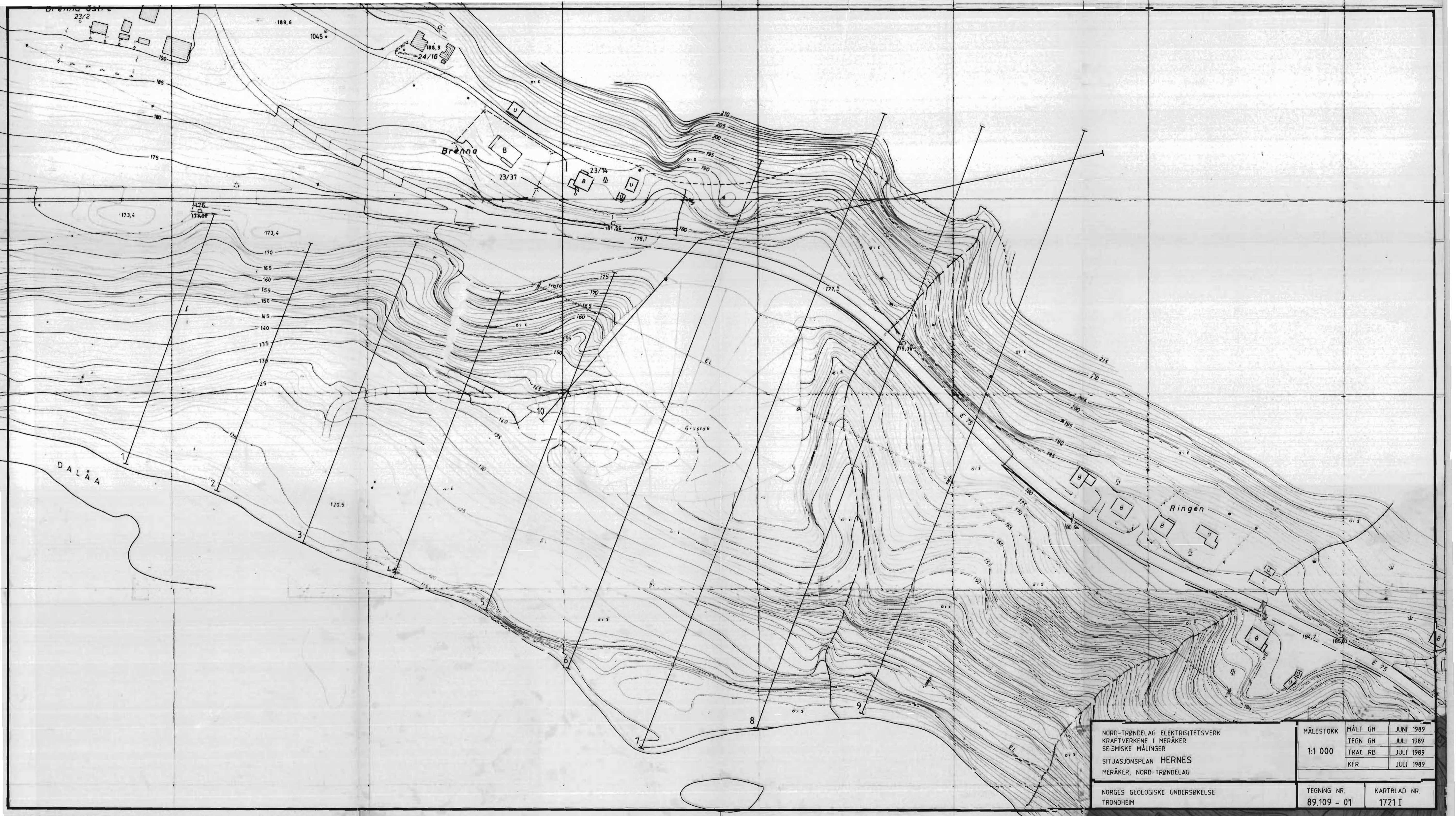
Det forekommer at en sjiktgrense ikke avspeiler seg i de oppregnede diagrammer, fordi de refrakterte bølger fra denne grense når overflaten senere enn fra en dypere grense. Det foreligger da en såkalt "blind sone", og de virkelige dybder kan være vesentlig større enn de beregnede. En annen feilkilde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

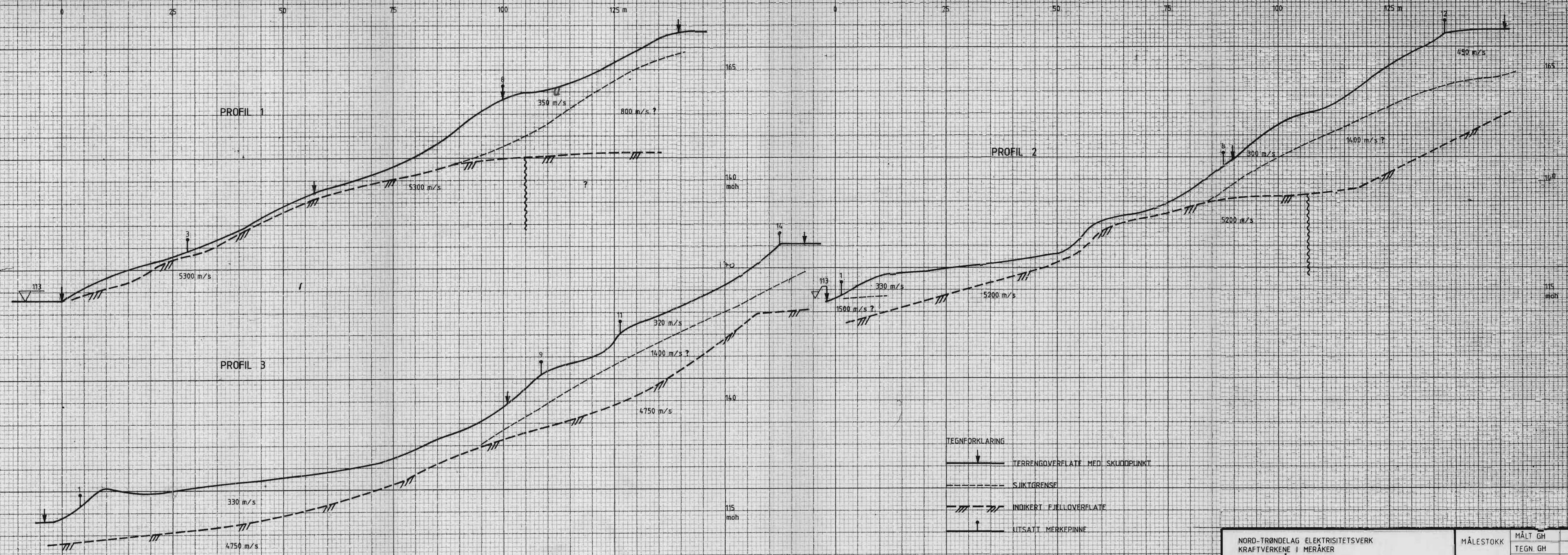


NORD-TRØNDELAG ELEKTRISITETSVERK
 KRAFTVERKENE I MERÅKER
 SEISMISKE MÅLINGER
 SITUASJONSPLAN HERNES
 MERÅKER, NORD-TRØNDELAG

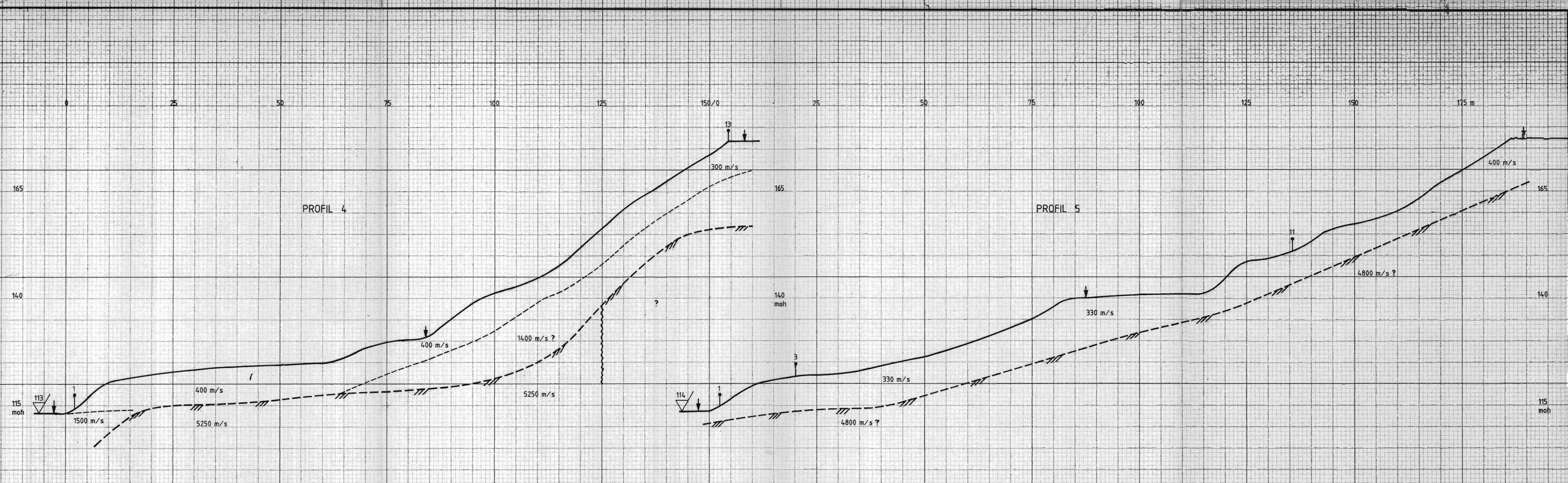
MÅLESTOKK	MÅLT GH	JUNI 1989
1:1 000	TEGN GH	JULI 1989
	TRAC RB	JULI 1989
	KFR	JULI 1989

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR.	KARTBLAD NR.
89.109 - 01	1721 I



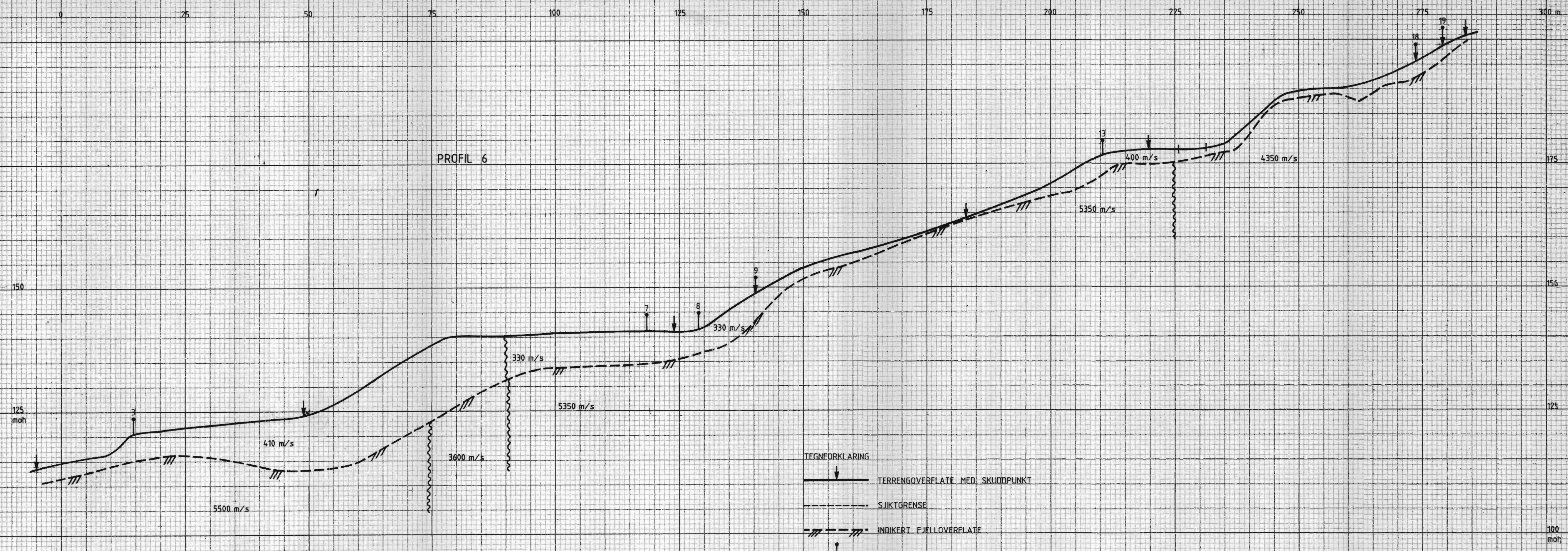
NORD-TRØNDELAG ELEKTRISITETSVERK KRAFTVERKENE I MERÅKER SEISMISKE MÅLINGER GRUNNPROFIL 1, 2 OG 3 HERNES MERÅKER, NORD-TRØNDELAG	MÅLESTOKK	MÅLT GH	JUNI 1989
	1: 500	TEGN. GH	JULI 1989
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TRAC. RB	JULI 1989	
	KFR.	JULI 1989	
TEGNING NR. 89.109 - 02	KARTBLAD NR. 1721 I		



- TEGNEFORKLARING
- TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
 - SJKTGRENSE
 - INDIKERT FJELLOVERFLATE
 - UTSATT MERKEPINNE

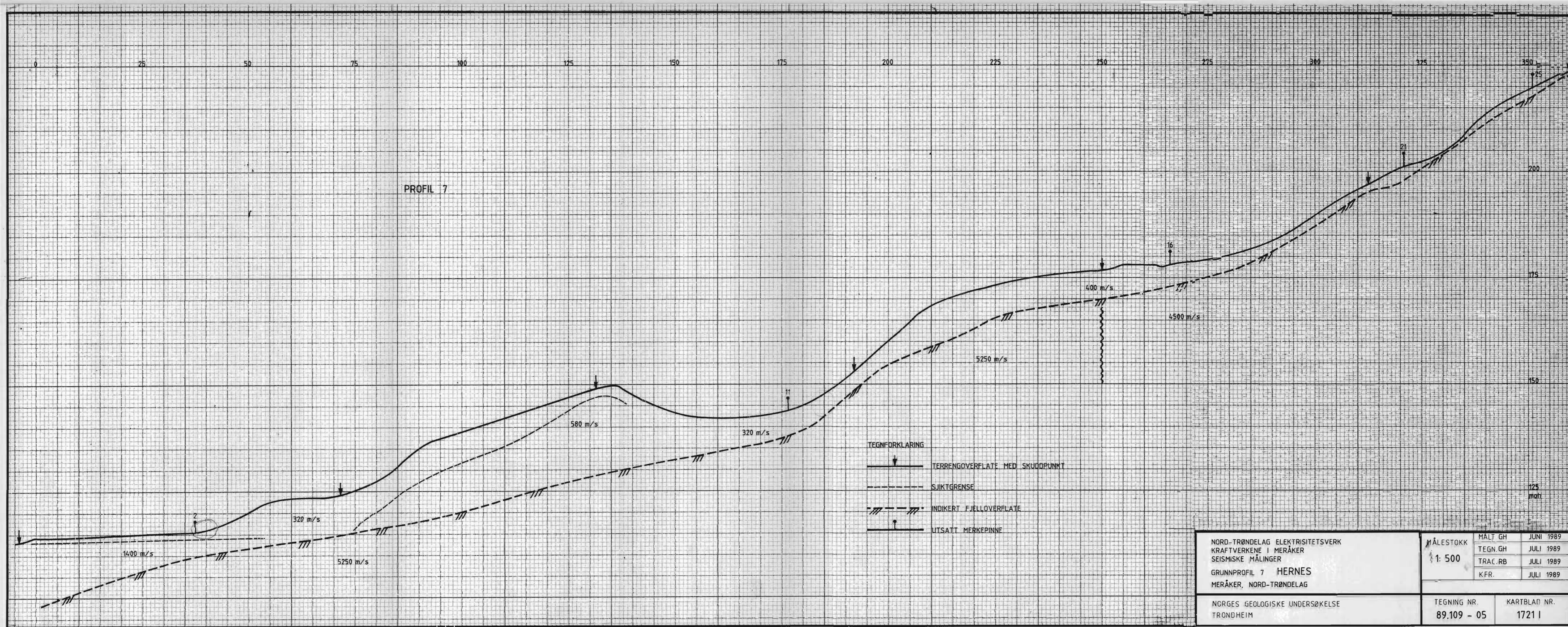
NORD-TRØNDELAG ELEKTRISITETSVERK KRAFTVERKENE I MERÅKER SEISMISKE MÅLINGER GRUNNPROFIL 4 OG 5 HERNES MERÅKER, NORD-TRØNDELAG	MÅLESTOKK	MÅLT GH	JUNI 1989
	1: 500	TEGN. GH	JULI 1989
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	TRAC. RB	JULI 1989
	89.109 - 03	KFR.	JULI 1989
		KARTBLAD NR.	1721 I

PROFIL 6



- TEGNFORKLARING
- TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
 - SJKTGRENSE
 - INDIKERT FJELLOVERFLATE
 - UTSATT MERKEPINNE

NORD-TRØNDELAG ELEKTRISITETSVERK KRAFTVERKENE I MERÅKER SEISMISKE MÅLINGER GRUNNPROFIL 6 HERNES MERÅKER, NORD-TRØNDELAG	MÅLESTOKK	MÅLT GH	JUNI 1989
	1: 500	TEGN. GH	JULI 1989
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	TRAC. RB	JULI 1989
	89.109 - 04	KFR.	JULI 1989
	KARTBLAD NR.	1721 I	



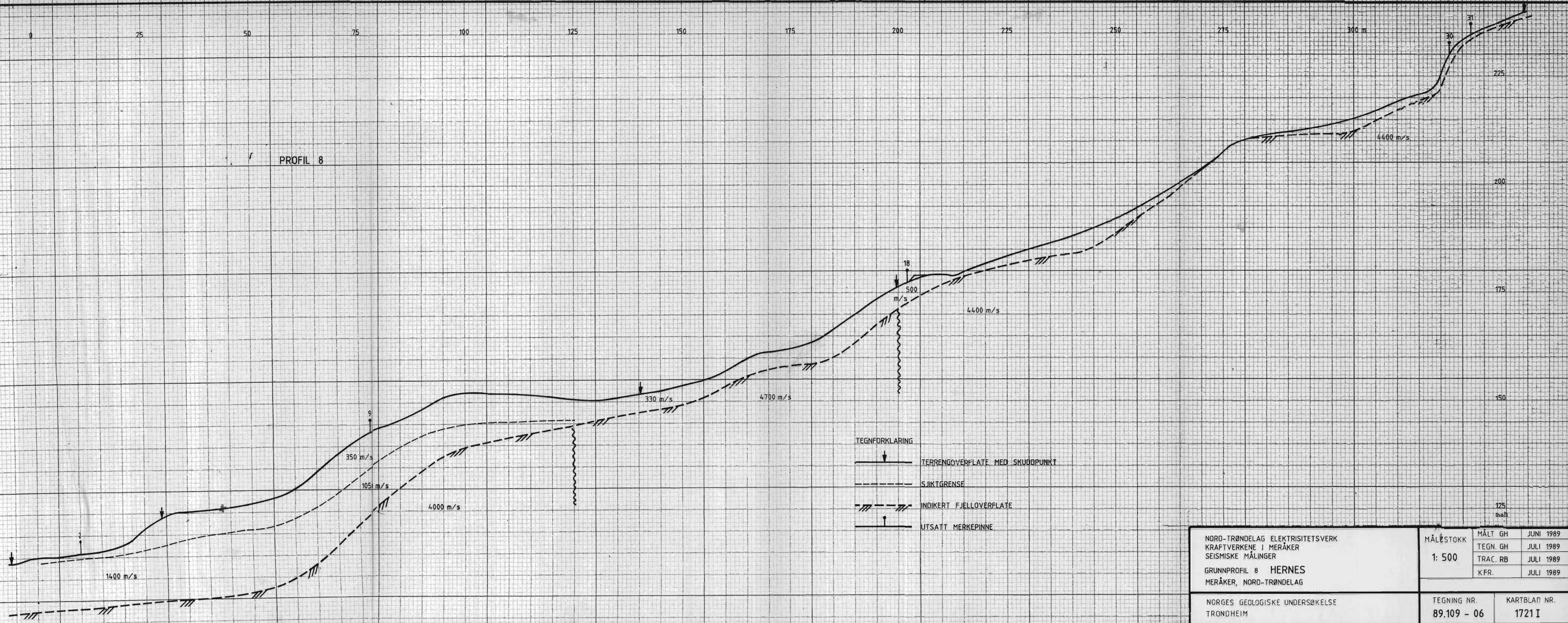
NORD-TRØNDELAG ELEKTRISITETSVERK
 KRAFTVERKENE I MERÅKER
 SEISMISKE MÅLINGER
 GRUNNPROFIL 7 HERNES
 MERÅKER, NORD-TRØNDELAG

MÅLESTOKK	MALT GH	JUNI 1989
1: 500	TEGN. GH	JULI 1989
	TRAC. RB	JULI 1989
	KFR.	JULI 1989

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR.	KARTBLAD NR.
89.109 - 05	1721 I

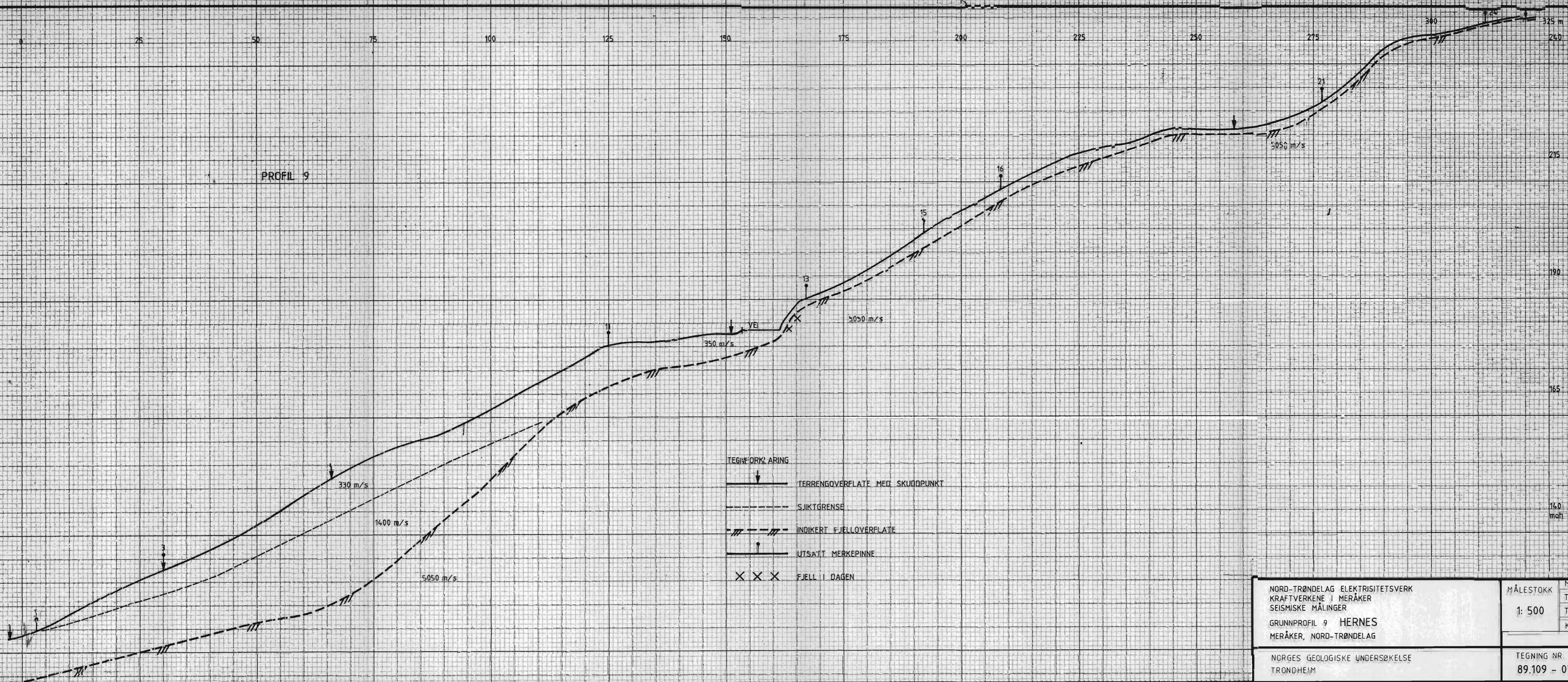
PROFIL 8



- TEGNFORKLARING
- TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
 - SJIKTGRENSE
 - INDIKERT FJELLOVERFLATE
 - UTSATT MERKEPINNE

NORD-TRØNDELAG ELEKTRISITETSVERK KRAFTVERKENE I MERÅKER SEISMISKE MÅLINGER GRUNNPROFIL 8 HERNES MERÅKER, NORD-TRØNDELAG	MÅLESTOKK	MÅLT GH	JUNI 1989
	1: 500	TEGN. GH	JULI 1989
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TRAC. RB	JULI 1989	
	TEGNING NR. 89.109 - 06	KFR.	JULI 1989
	KARTBLAD NR. 1721 I		

PROFIL 9



- TEGNEFORKLARING
- ↓ TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
 - - - SIKTGRENSE
 - /// INDIKERT FJELLOVERFLATE
 - ↑ UTSATT MERKEPINNE
 - XXX FJELL I DAGEN

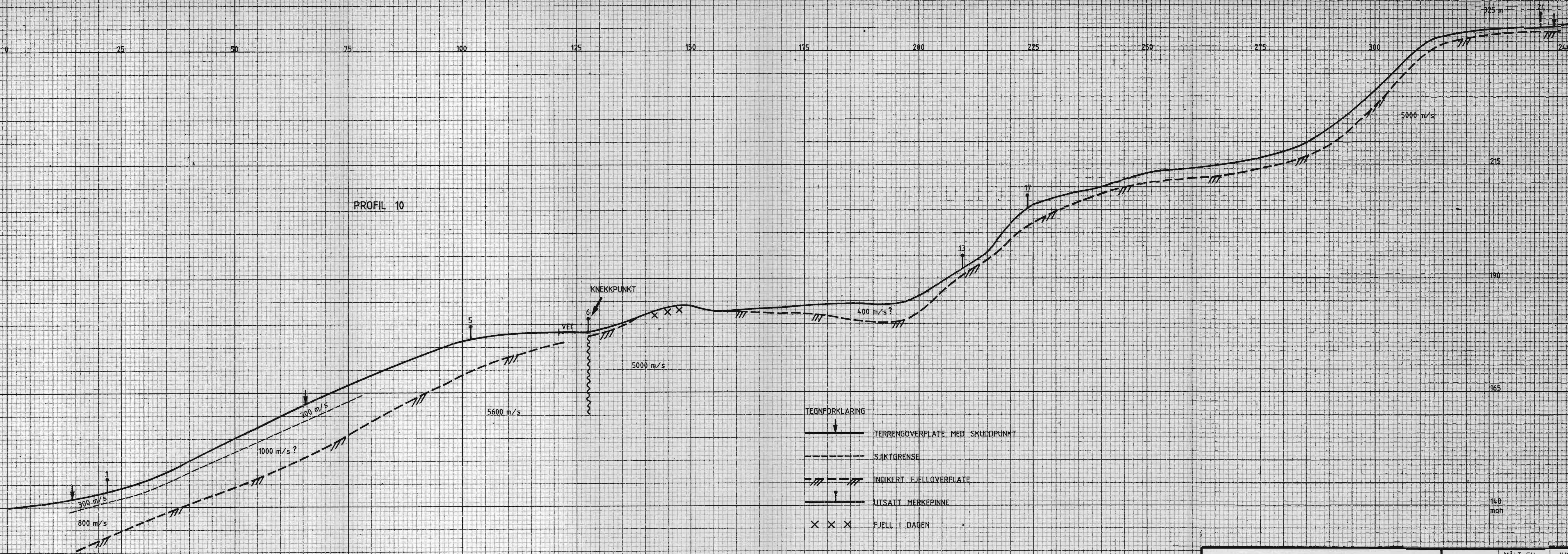
NORD-TRØNDELAG ELEKTRISITETSVERK
 KRAFTVERKENE I MERÅKER
 SEISMISKE MÅLINGER
 GRUNNPROFIL 9 HERNES
 MERÅKER, NORD-TRØNDELAG

MÅLESTOKK 1: 500	MALT GH	JUNI 1989
	TEGN. GH	JULI 1989
	TRAC. RB	JULI 1989
	KFR.	JULI 1989

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR. 89.109 - 07	KARTBLAD NR. 1721 I
----------------------------	------------------------

PROFIL 10



TEGNFORKLARING

- TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
- SJIKTGRENSE
- INDIKERT FJELLOVERFLATE
- UTSATT MERKEPINNE
- FJELL I DAGEN

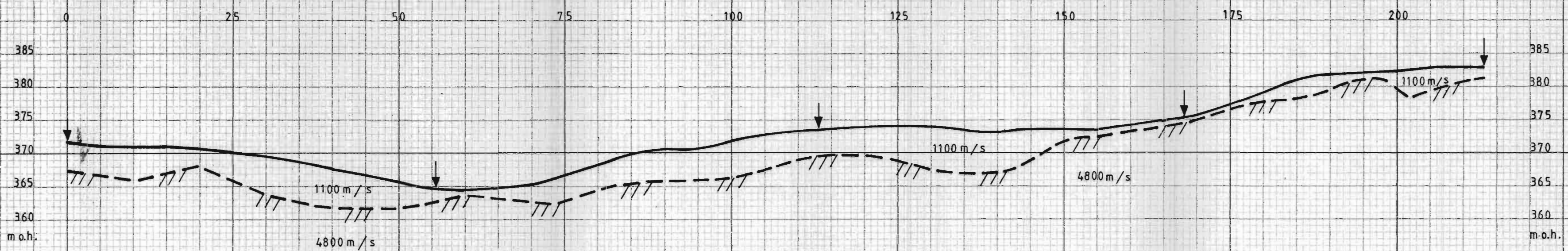
NORD-TRØNDELAG ELEKTRISITETSVERK
 KRAFTVERKENE I MERÅKER
 SEISMISKE MÅLINGER
 GRUNNPROFIL 10 HERNES
 MERÅKER, NORD-TRØNDELAG

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK 1: 500	MÅLT GH	JUNI 1989
	TEGN. GH	JULI 1989
	TRAC. RB	JULI 1989
	KFR.	JULI 1989

TEGNING NR. 89.109 - 08	KARTBLAD NR. 1721 I
----------------------------	------------------------

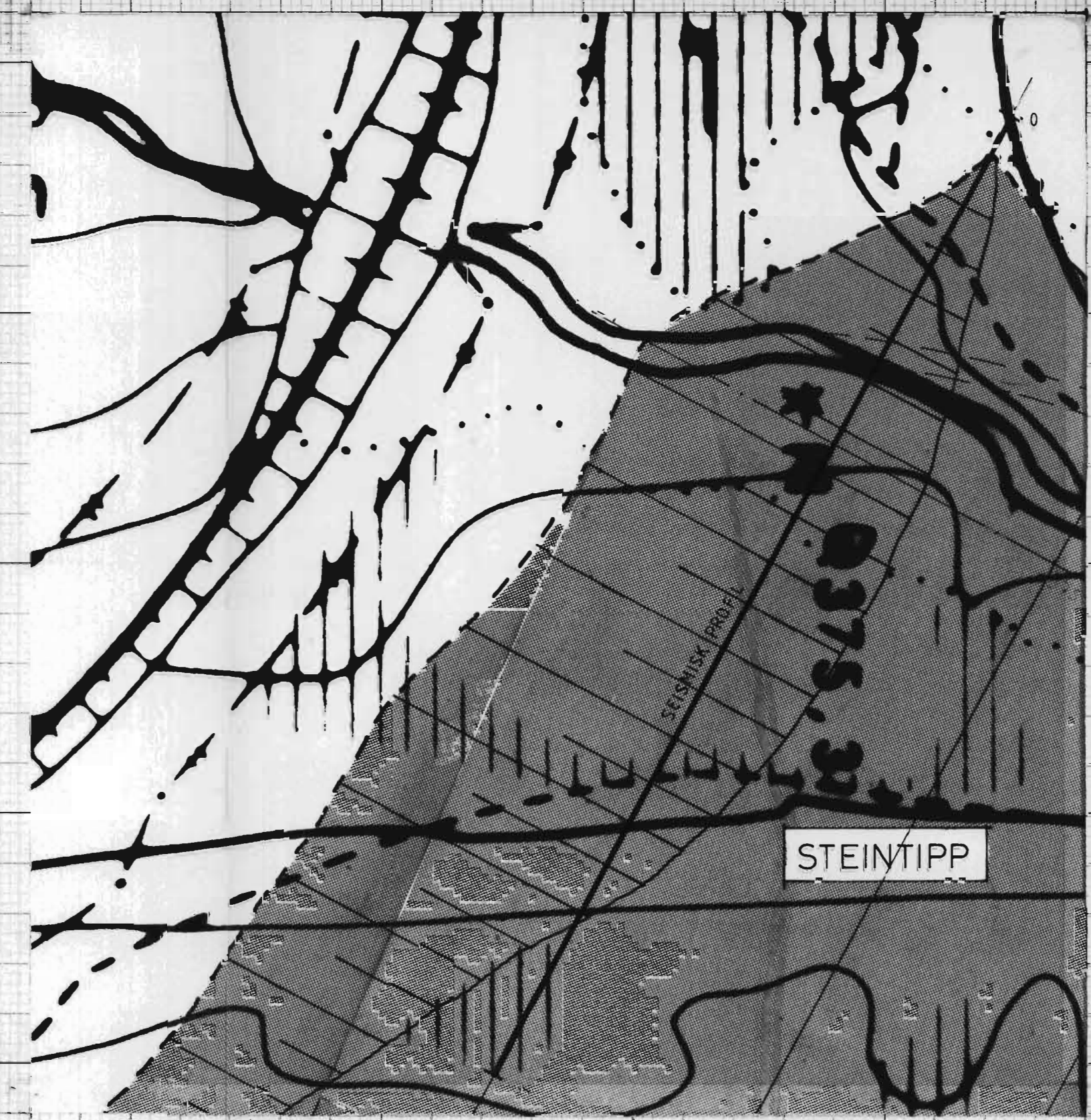
140
moh



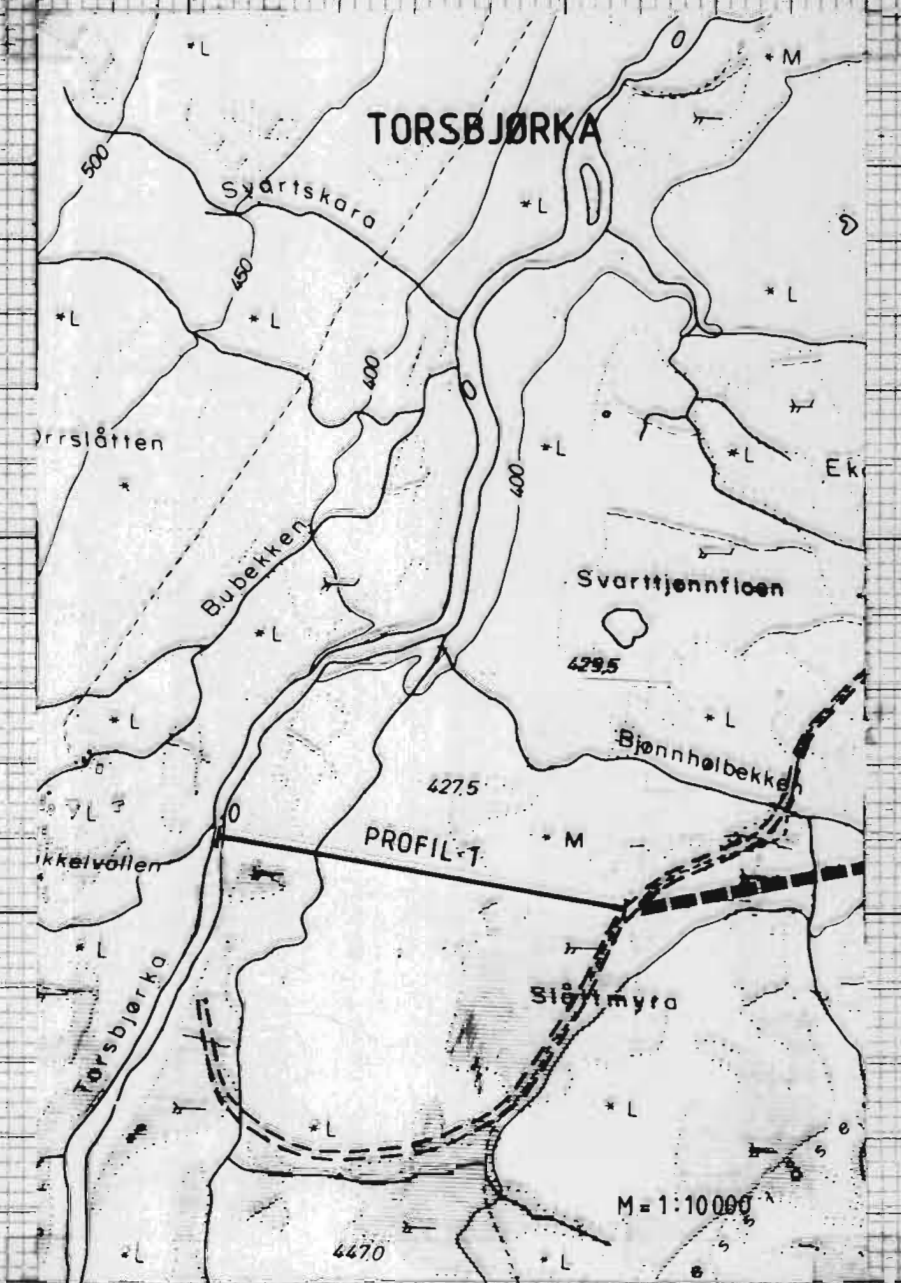
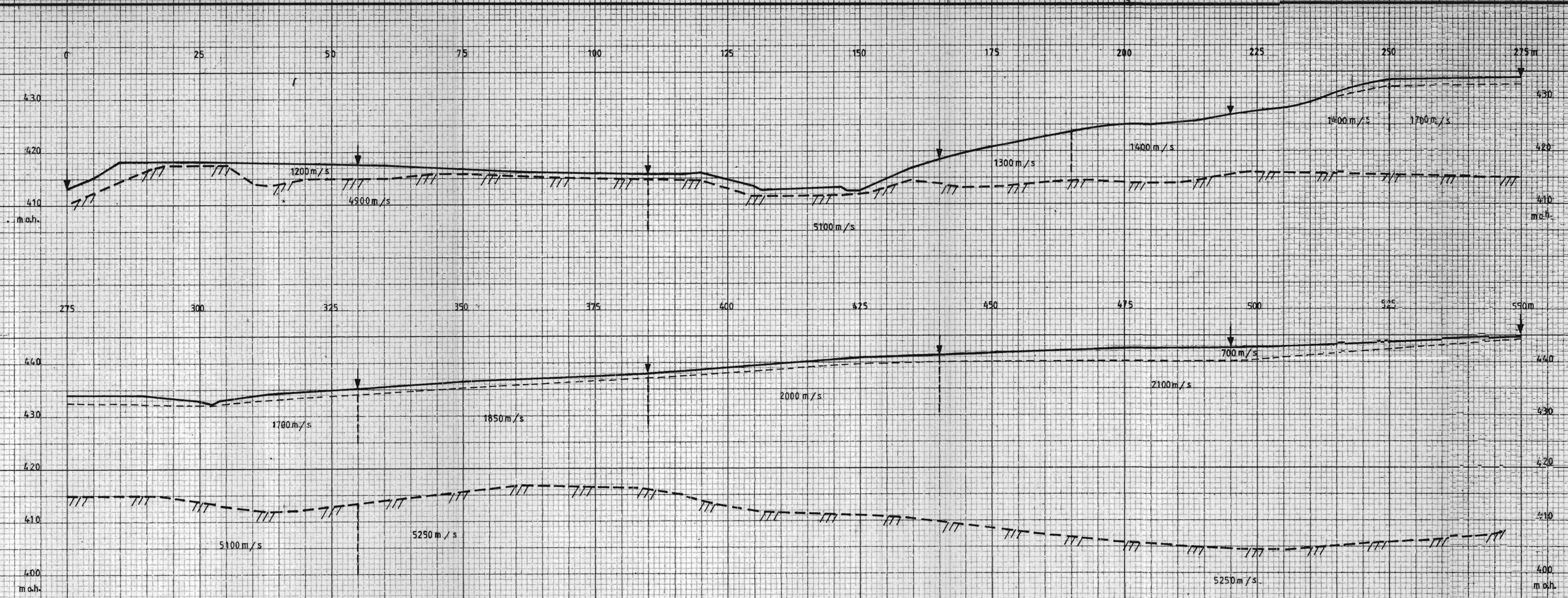
TEGNEFORKLARING

↓
TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT

INDIKERT FJELLOVERFLATE



NORD-TRØNDELAG ELEKTRISITETSVERK KRAFTVERKENE I MERÅKER SEISMISKE MÅLINGER TIPPOMRÅDE TEVLA MERÅKER, NORD-TRØNDELAG	MÅLESTOKK	MÅLT G.H.	JUNI 1989
	1:500	TEGN. G.H.	JULI 1989
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TRAC. T.H.	---	---
	KFR. <i>GH</i>	---	---
TEGNING NR. 89.109 - 09	KARTBLAD NR. 1721 I		



- TEGNFORKLARING**
- ↓ TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
 - - - - - SIKTGRENSE
 - /// INDIKERT FJELLOVERFLATE

NORD-TRØNDELAG ELEKTRISITETSVERK KRAFTVERKENE I MERÅKER SEISMISKE MÅLINGER INNTAK TORSBJØRKA MERÅKER, NORD-TRØNDELAG	MÅLESTOKK	MÅLT G.H. JUNI 1989
	1:500	TEGN. G.H. JULI 1989
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.
	89.109 - 10	1721 IV