

NGU Rapport 97.181

Georadarmålinger ved Varhaug, Hå kommune,  
Jæren, 1997.

Rapport nr.: 97.181		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Georadarmålinger ved Varhaug, Hå kommune, Jæren, 1997.			
Forfatter: Torleif Lauritsen		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke: Rogaland		Kommune: Hå	
Kartblad (M=1:250.000) Stavanger		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1212 III Nærbø	
Forekomstens navn og koordinater: Primstad 32 V 3071 65030 WGS84 Skretting 32 V 3084 65012 WGS84 Sjoarskjella 32V 3081 65021 WGS84		Sidetall: 12      Pris: 125,- Kartbilag: 3	
Feltarbeid utført: Mai 1997	Rapportdato: Januar 1998	Prosjektnr.: 2746.00	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
<p><b>Sammendrag:</b></p> <p>Som en del av prosjekt «Hydro- og løsmassegeologi på Jæren», er det utført georadarmålinger ved 3 lokaliteter ved Varhaug, i Hå kommune. De 3 lokalitetene er Skretting grustak, Sjoarskjella og Primstad. Formålet med målingene var å undersøke mulighetene for grunnvannsutttak i løsmassene. Ved Skretting grustak ville en i tillegg kartlegge avsetningens utbredelse og avsetningsretning. Det er totalt målt ca. 3,4 profilkilometer med georadar.</p> <p><u>Skretting grustak</u></p> <p>Grusen ser ut til å kile ut like vest for grustaket. Ellers viser georadaropptakene i hovedsak at den øvre morene (Skretting øvre diamikton) er for godt elektrisk ledende til at en eventuelt underliggende grus lar seg påvise. Grunnvannsspeilet ser ut til å gå ut mot dagen mot vest. I resten av området er det ikke mulig å detektere grunnvannsspeil.</p> <p><u>Sjoarskjella og Primstad</u></p> <p>Et haugreflektormønster med begrenset mektighet (5-10 m) tolkes som lag av sand og grus. Brå overgang til liten eller ingen refleksivitet tyder på underliggende leirdominert materiale. Grunnvannsnivået lar seg ikke påvise i opptakene.</p>			
Emneord: Geofysikk	Kvartærgeologi	Hydrogeologi	
Georadar	Løsmasse	Grunnvann	
		Fagrapport	

## **INNHold**

1 INNLEDNING .....	4
2 METODE OG UTFØRELSE.....	4
3 RESULTATER .....	5
3.1 Skretting .....	5
3.2 Sjoarskjella.....	7
3.3 Primstad.....	7
4 KONKLUSJON .....	8
5 REFERANSE .....	9

## **TEKSTBILAG**

Georadar - metodebeskrivelse

## **DATABILAG**

Skjema for refleksjonsmønster (etter Beres & Haeni, 1991)

## **KARTBILAG**

- 97.181-01: Oversiktskart M 1:50000
- 97.181-02: Georadaropptak, P1-P3, Skretting.
- 97.181-03: Georadaropptak, P4-P6, Skretting.
- 97.181-04: Georadaropptak, P7, Sjoarskjella og P8, Primstad.

## 1 INNLEDNING

I forbindelse med kartlegging og hydrogeologisk vurdering av løsmasseavsetninger på Jæren, er det utført georadarmålinger ved 3 lokaliteter ved Varhaug i Hå kommune. De 3 lokalitetene er Primstad, Skretting og Sjoarskjella. Deres beliggenhet er vist i kartbilag 97.181-01.

Formålet med målingene var å undersøke mulighetene for grunnvannsuttak i løsmassene. Ved Skretting grustak ville en i tillegg kartlegge avsetningens laterale utbredelse mot sør og dens avsetningsretning. Det kan forventes at georadaren har relativt god dybderekkevidde i breelvdominert materiale (dvs. vesentlig sand og grus), og det vil være mulighet for å kartlegge mektighet, grunnvannsspeil og ut fra reflektormønster, kunne antyde om området kan være aktuelt for oppfølgende grunnvannsundersøkelser. Georadaren kan også ha brukbar penetrasjon i sand- og grusdominert morene, mens den må regnes å ha meget liten penetrasjon i morene med høyt leirinnhold. Penetrasjonsdypet gir derfor et estimat på mektigheten av permeable masser, som f.eks. sand og grus. Sand- og grusavsetninger som ligger under leirdominert morene, vil ikke kunne identifiseres med georadarmålinger.

Det er totalt målt ca. 3,4 profilkilometer med georadar.

## 2 METODE OG UTFØRELSE

En generell beskrivelse av georadarmetoden er gitt i tekstbilag 1.

Målingene ble utført med digital georadar av typen pulseEKKO IV (Sensors & Software Inc., Canada). Det ble benyttet 50 Mhz-antenner og 1000 V sender. Alle profiler er målt med total opptakstid på 1400 ns. Samplingsintervallet var hele tiden 1.6 ns. Signalene ble summert («stacket») 32 ganger ved hvert målepunkt (posisjon). Antenneavstanden og flyttavstanden ble holdt til 1 m. I praksis vil man ikke være i stand til å flytte antennene nøyaktig 1 m. Det vil derfor alltid være tilfeldige eller systematiske feil i flyttavstanden. Posisjon og lengde som er angitt øverst på opptakene, vil derfor ikke stemme nøyaktig med avstander på kartet. I slike tilfeller kan en støtte seg til merknadene nederst på opptakene om oppmålte avstander, kryssende profiler, veger, bekker og andre terrengdetaljer, for en eksakt profilposisjonering.

På grunn av overveiende kaotisk reflektormønster i opptakene, fant en det lite hensiktsmessig å utføre hastighetsanalyse ved de tre lokalitetene (krever horisontale reflektorer). En har derfor valgt å benytte et erfaringstall på 0.1 m/ns som gjennomsnittshastighet ved beregning av dyp under terrengoverflata. For å få en så nøyaktig framstilling som mulig, har en foretatt terrengkorreksjoner. Terrenghøydene er hentet fra topografisk kart i målestokk 1:5000 med 2.5 m koteavstand, og opptakene er forsynt med høydeakser som refererer til havoverflata.

### 3 RESULTATER

For tolking av refleksjonsmønster er det til en viss grad benyttet et tolkingsskjema som er vist i databilag 1 (Beres & Haeni, 1991). På grunn av redusert penetrasjon er opptakene presentert med kun 1000 ns opptakstid, og en har benyttet egendefinert forsterkning som framhever svake reflektorer mot dypet og demper kraftig reflektivitet i topplagene. Denne egendefinerte forsterkningen gir som resultat at vi «ser» reflektorer på et noe større dyp enn det som er normalt ved bruk av anbefalte verdier for dempningsfaktor.

#### 3.1 Skretting

Det er utført georadarmålinger langs 6 profiler (P1-P6) sør for grustaket på Skretting. Opptakene og profilenes beliggenhet er presentert i kartbilag -02 og -03. Dagens omrisset av grustaket er noe forandret i forhold til kartets avmerking. Tidligere studier av grustaket viser 1-4 m mektig morene som dekker en ca. 20 m mektig grus. En 18 m dyp boring sentralt i gulvet av grustaket har boret gjennom morene og glasimarin leire under grusen (Stalsberg & Mauring, 1997). Georadaropptakene viser i hovedsak at den øvre morenen (Skretting øvre diamikton) er for godt elektrisk ledende til at en eventuelt underliggende grus lar seg påvise. Kornfordelingsanalyse fra øvre morene i grustaket, viser at innholdet av leire varierer fra 10% til 23% (Stalsberg, 1995).

##### P1

Profilet går oppe på kanten av grustaket der matjorda og deler av morena er fjernet. Opptaket er plottet fra vest mot øst. Karakteristisk for opptaket er store variasjoner i reflektivitet langs profilet (3-25 m dyp). Dette skyldes trolig lateral variasjon i elektrisk ledningsevne p.g.a varierende innhold av leire i de øvre lag, og/eller p.g.a dremsvann fra dyrkamarka. God elektrisk ledningsevne i bakken vil redusere radarbølgenes nedtrengningsevne fordi energien i radarbølgene absorberes. Plutselige variasjoner i reflektivitet kan skyldes utkiling av leirholdige/grusige lag mot overflata. Opptaket viser et hauget reflektormønster som tolkes som lagdeling av sand og grus. I opptaket har en ikke detektert skrålag, noe som indikerer at profilet går på tvers av avsetningsretningen. Det er ikke mulig med sikkerhet å påvise grunnvannsspeilet i opptaket.

##### P2

Profilet starter ca. 30 m innenfor kanten av grustaket, ca. 25 m rett sør for P1-175 m, og går sørover forbi gården Lobekk. Opptaket er plottet fra nord mot sør. Profilet er alt vesentlig målt over dyrka mark. Også bruk av gjødning i landbruk øker den elektriske ledningsevnen i bakken, slik at radarbølgene ikke trenger ned. Det er således grunn til å anta at manglende reflektivitet nedover i opptaket, trolig er forårsaket av kombinasjonen av leirholdig morene og gjødsling av jorda. Gjennom størstedelen av profilet sees ingen reflektivitet under ca. 5-8 meters dyp. Mellom posisjonene 326 m og 485 m går profilet på beitemark. Her sees gradvis avtagende reflektivitet ned til max ca. 20 m dyp på enkelte steder. Fra posisjon 460 m til

posisjon 487 m har en detektert reflektor som danner en trauf orm med bunn på ca. 10 m dyp. Denne trauf ormen kan representere et gammelt, gjenfylt elveleie/kanal. Siste del av profilet (742 m-773 m), som også går på beitemark, viser reflektorer ned til ca 10-12 m dyp. I størstedelen av profilet antas det altså at reduksjon i reflektivitet i hovedsak skyldes leirdominert morene og næringssalter fra landbruk. På grunn av disse forstyrrende forholdene har det ikke vært mulig å detektere en underliggende grus, og en kan derfor ikke si noe om avsetningens potensiale for grunnvannsuttak.

### P3

Profilet er målt langs traktorvei parallelt med steingjerde på tvers av avsetningen. Veien går i utkanten av dyrkamark. Opptaket er plottet fra vest mot øst. Mellom posisjonene 360 m og 505 m er opptaket særlig forstyrret av sidereflekser fra hauger med store steinblokker som ligger på bakken. Dette profilet viser ellers nesten identiske forhold som profil 2. Det er heller ikke her mulig å påvise en eventuell underliggende grus fordi overliggende leirholdig morene absorberer radarbølgene.

### P4

Profilet går på beitemark fra vestenden av grustaket, langs steingjerde og ender ved skrent i vest. Opptaket er plottet fra vest mot øst. Opptaket viser gradvis avtagende reflektivitet ned til ca. 15 meters dyp. Reflektormønsteret er kaotisk og massene tolkes som leirholdig morene. Mellom posisjonene 230 m og 215 m sees en horisontal reflektor ved nivå 115 m.o.h. Denne kan representere grunnvannsspeil som kiler ut mot overflata i vest. I resten av opptaket er det imidlertid ikke mulig å bestemme grunnvannsnivået. En kraftig reflektor sees på nivå 130 m.o.h ved posisjon 25 m. Denne skrår ned til nivå 128 m.o.h ved posisjon 0 m. Reflektoren avskjærer overliggende horisontale reflektorer, og kan muligens representere et skille i avsetningstype, f.eks. overgang fra grus til underliggende morene. En tilsvarende reflektor kan sees i vestenden av profil 1 på nesten samme nivå (ca. 130 m.o.h). Dette kan bety at grusen, fra grustaket i øst, kiler ut mot vest i dette området. Tolkingen bekreftes av studier i grustaket (Stalsberg, 1995).

### P5

Profilet starter innenfor kanten av grustaket og går sørøstover på dyrka mark. I likhet med profil 2, sees heller ikke her reflektorer nedenfor ca. 5-8 m dyp. Dårlig penetrasjon er sannsynligvis forårsaket av god ledningsevne i bakken grunnet leirholdig morene og næringssalter fra landbruk. Diffraksjoner i opptaket skyldes trolig blokker i morena. Ved passering av vei (posisjon 182 m) øker penetrasjonsdypet til ca. 10-12 m dyp. Her sees et haugreflektormønster som muligens kan tilskrives lagdeling av sand og grus, men en kan ikke, med sikkerhet, fastslå at morena skjuler en eventuell grusavsetning.

### P6

Profil 6, som er målt på beitemark, starter ca. 15 m øst for P1-60 m, og går østover. I sentrale deler av opptaket sees reflektivitet ned til ca. 15 m dyp, mens penetrasjonsdypet er redusert til ca. 5 m i begge ender av profilet. Reflektormønsteret er bølget til kaotisk. Reflektiviteten avtar gradvis mot et beskjedent dyp. Materialet tolkes som morene med innslag av godt ledende leire som demper energien i radarbølgene. Det er ikke mulig å detektere grunnvannsspeil i opptaket.

## **3.2 Sjoarskjella**

Det er utført georadarmålinger langs ett profil ved Sjoarskjella (P7). Opptak og profilets beliggenhet er presentert i kartbilag -04.

### P7

Profilet starter like øst for nord-syd-gående bekk ved Sjoarskjella, og går østover langs steingjerde på beitemark. I første halvdel av profilet sees sidereflekser/forstyrrelser fra steingjerde og nettinggjerde. Opptaket viser et haugreflektormønster ned til ca. 5-10 m dyp. Ved dette nivået opphører reflektiviteten brått. Dette tolkes som lag av sand og grus over leirholdig materiale. Senere boringer bekrefter dette. En grunnboring (Bh 5) litt til side for profilet, ved ca. posisjon 90 m, avslører tette masser mellom 5 og 6 m dyp, under sand og grus (Storrø, 1998). Georadaropptaket viser her en brå slutt på reflektiviteten ved ca. 5 m dyp. Det tette laget inneholder trolig nok leire til at radarbølgene hindres i å trenge videre ned. Det er ikke mulig å påvise grunnvannsspeil i opptaket.

## **3.3 Primstad**

Ved Primstad er det målt ett profil (P8) med georadar. Opptak og profilets plassering er vist i kartbilag -04.

### P8

Profilet er målt langs Varhaugåna fra gården Primstad og østover. Profilet går delvis langs traktorvei og delvis på beitemark, og passerer flere gravde grunnvannsbrønner (se kommentarer nederst på opptaket). Penetrasjonsdypet varierer fra ca. 5-10 m. Et haugreflektormønster tolkes som lag av sand og grus. Brå overgang til liten eller ingen reflektivitet tyder på underliggende leirholdig materiale. En grunnboring ved ca. posisjon 290 m (Bh 3) viser tette masser mellom 2 og 5 m dyp, (Storrø, 1998). Her viser georadaropptaket brå slutt på reflektiviteten ved ca. 5 m dyp. De tette massene er derfor trolig så godt elektrisk ledende at radarbølgene mister sin energi. Heller ikke i dette opptaket har en klart å detektere grunnvannsspeil.

## 4 KONKLUSJON

### Skretting grustak

Grusen ser ut til å kile ut like vest for grustaket. Ellers viser georadaropptakene i hovedsak at den øvre morene (Skretting øvre diamikton) er for godt elektrisk ledende til at en eventuelt underliggende grus lar seg påvise. Grunnvannsspeilet ser ut til å gå ut mot dagen i vest. I resten av området er det ikke mulig å detektere grunnvannsspeil.

### Sjoarskjella og Primstad

Et hauget reflektormønster med begrenset mektighet (5-10 m) tolkes som lag av sand og grus. Brå overgang til liten eller ingen refleksivitet tyder på underliggende leirdominert materiale. Grunnvannsnivået lar seg ikke påvise i opptakene.



## 5 REFERANSE

Beres, M. Jr. & Haeni, F.P., 1991: Application of ground-penetrating-radar methods in hydrogeologic studies. *Ground water* 29, No. 3, 375-386.

Stalsberg, K. & Muring, E., 1997: Potensielle submorene akviferer på Sør-Jæren i Rogaland. *NGU Rapport 97.028*.

Stalsberg, K., 1995: Paleografisk rekonstruksjon basert på sedimentologiske, stratigrafiske og glasitektoniske studier av senkvartære lagrekker ved Skretting på Jæren. *Hovedoppgave fra Universitetet i Tromsø*.

Storrø, G., 1998: Grunnvannsundersøkelser ved Varhaug 1997, Hå kommune, Rogaland fylke. *NGU Rapport 98.027*.

## GEORADAR - METODEBESKRIVELSE

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av lagdeling og strukturer i grunnen. Med en spesiell antenne sendes elektromagnetiske bølgepulser ned i jorda. En del av bølgeenergien blir reflektert tilbake til overflaten når bølgepulsen treffer en grense som representerer en endring i mediets dielektriske egenskaper. Resten av energien vil fortsette nedover og det kan fås reflekterte signaler fra en rekke grenseflater. Refleksjonene kan registreres med en mottakerantenne på overflaten. De mottatte signaler overføres til en kontrollenhet for forsterkning (og digitalisering ved digital georadar). Signalene sendes derfra til skriver (ved analog georadar) eller PD (digital georadar). Fra en utskrift av et georadar-opptak kan toveis gangtid ( $t_{2v}$ ) til de forskjellige reflektorene avleses. For å bestemme virkelig dyp til en reflektor må bølgehastigheten ( $v$ ) i overliggende medium være kjent eller kunne bestemmes.

Bølgehastigheten kan bestemmes ved CDP-målinger ('common depth-point'). Slike målinger utføres ved å flytte sender- og mottakerantenne skrittvis og like langt ut til hver side fra et fast midtpunkt og registrere for hver ny posisjon. Refleksjoner vil da ideelt sett komme fra samme punkt på en reflektor som er planparallel med overflaten. Når antenneavstanden øker, vil reflekterte bølger få lenger gangvei og økning i gangtid. Denne økning i gangtid kan det ved digitale opptak kompenseres for ved å utføre NMO-korreksjon ('normal move-out'). Størrelsen på korreksjonen er avhengig av antenneavstand, toveis gangtid og bølgehastighet i materialet over reflektoren. Et CDP-opptak korrigeres med forskjellige hastigheter, og den hastighet som etter NMO-korreksjon gir best amplitude etter summering av trasene, angir radarbølgehastigheten i mediet.

Etter at hastigheten er bestemt kan dypet ( $d$ ) beregnes etter uttrykket;

$$d = \frac{vt_{2v}}{2}$$

I vakuum er bølgehastigheten lik lyshastigheten:  $c = 3.0 \cdot 10^8$  m/s. I alle andre media gjelder følgende relasjon;

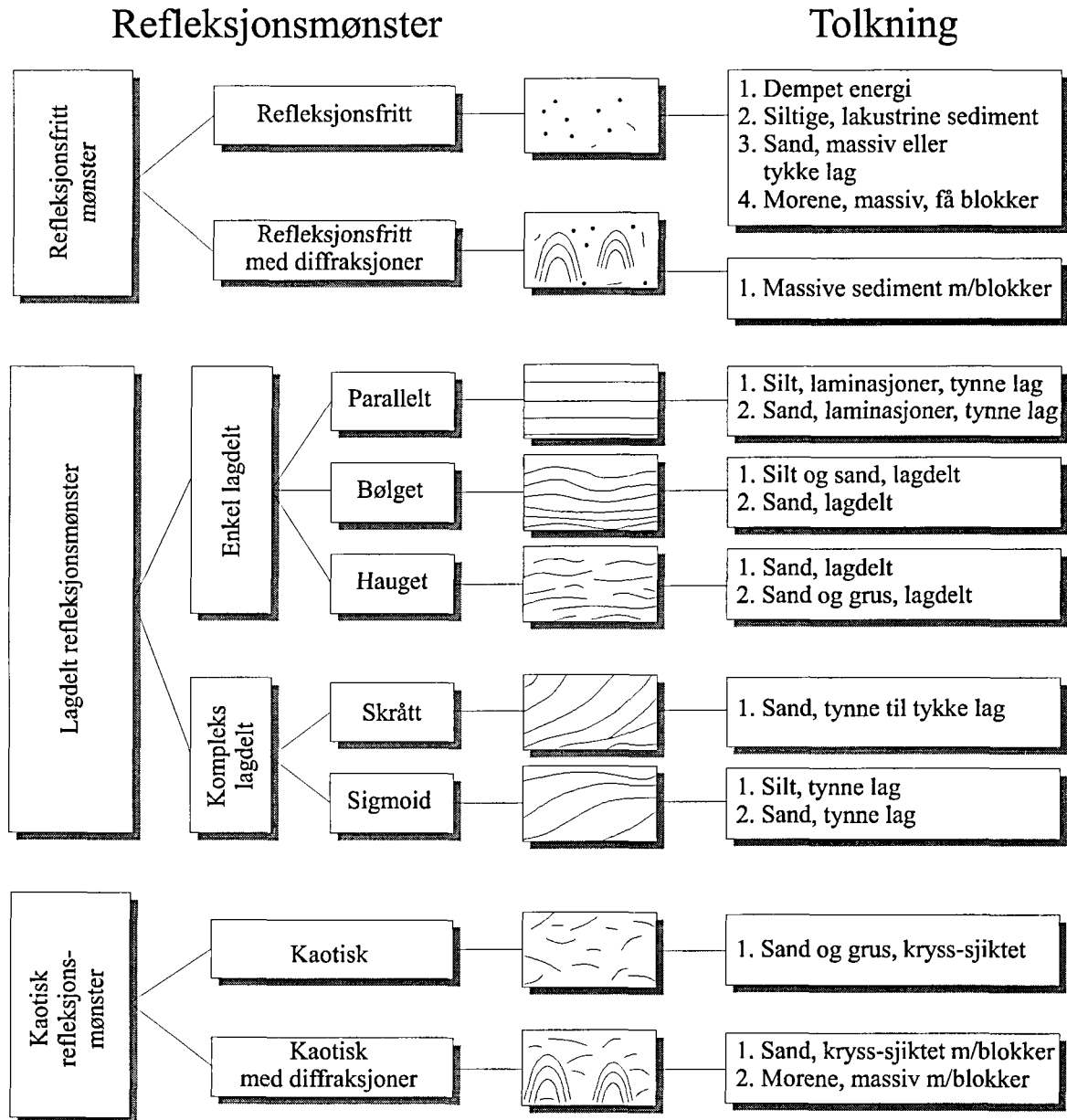
$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

hvor  $\epsilon_r$  er det relative dielektrisitetstallet.  $\epsilon_r$ -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for  $\epsilon_r$  i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne i de samme media.

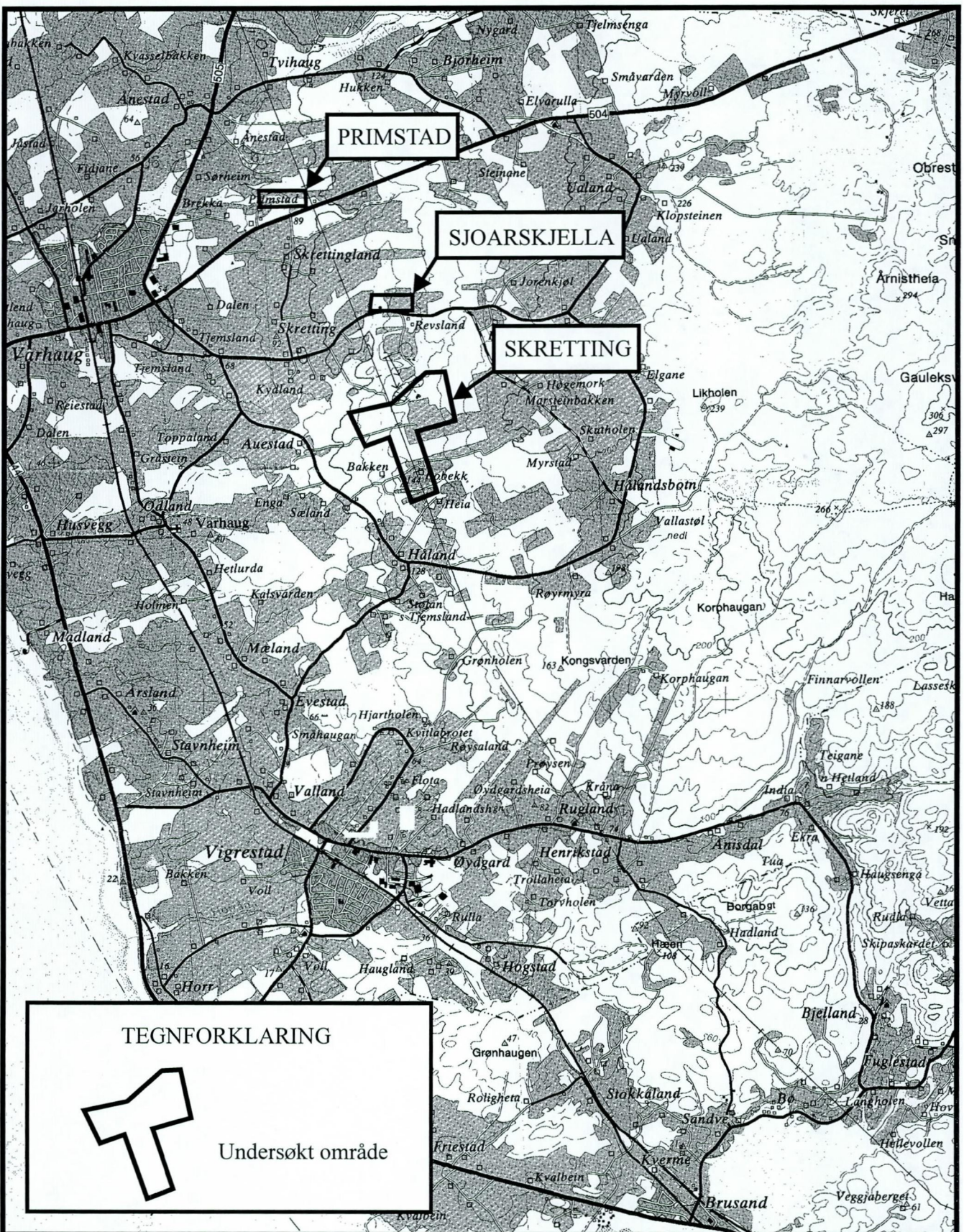
Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil føre til hurtigere demping av bølgepulsene og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin silt og leire vil penetrasjonen være helt ubetydelig. I dårlig ledende materiale som f.eks. tørr sand, kan det forventes en dybderekkevidde på flere titalls meter når det benyttes en lavfrekvent antenne (f.eks. 50 eller 100 Mhz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

<u>Medium</u>	<u><math>\epsilon_r</math></u>	<u><math>v</math> (m/ns)</u>	<u>ledningsevne (mS/m)</u>
<i>Luft</i>	<i>1</i>	<i>0.3</i>	<i>0</i>
<i>Ferskvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>0.1</i>
<i>Sjøvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>1000</i>
<i>Leire</i>	<i>5-40</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-300</i>
<i>Tørr sand</i>	<i>5-10</i>	<i>0.09-0.14</i>	<i>0.01</i>
<i>Vannmettet sand</i>	<i>15-20</i>	<i>0.07-0.08</i>	<i>0.03-0.3</i>
<i>Silt</i>	<i>5-30</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-100</i>
<i>Fjell</i>	<i>5-8</i>	<i>0.10-0.13</i>	<i>0.01-1</i>

Tabell over relativt dielektrisitetsstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.



Skjema som knytter refleksjonsmønster på georadaropptak til avsetningstype og lagdeling (etter Beres & Haeni, 1991).



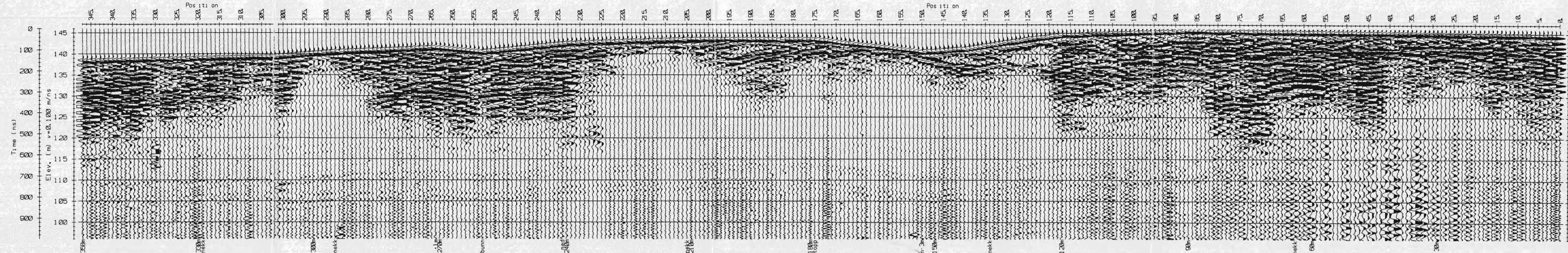
NGU  
 Oversiktskart  
**SKRETTING, SJOARSKJELLA  
 og PRIMSTAD**  
 HÅ KOMMUNE, ROGALAND

MÅLESTOKK  1 : 50000	MÅLT T.L.	MAI 1997
	TEGN T.L.	DES. 1997
	TRAC	
	KFR	

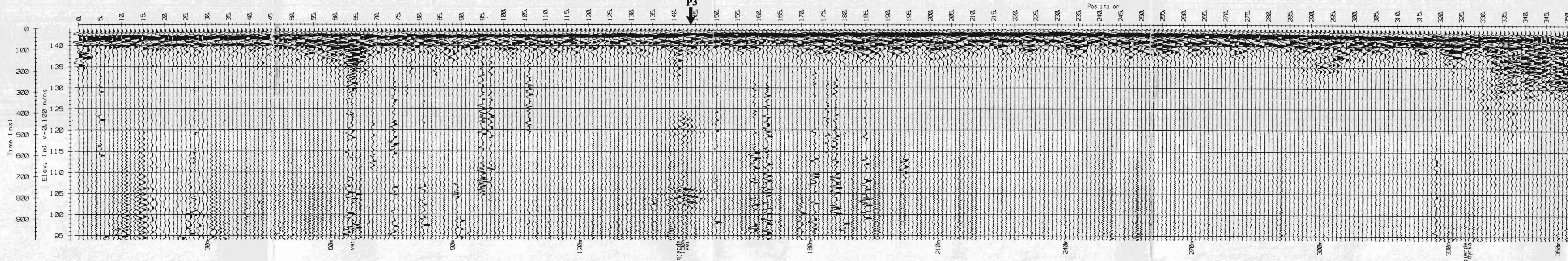
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

KARTBILAG NR 97.181-01	KARTBLAD NR 1212 III
---------------------------	-------------------------

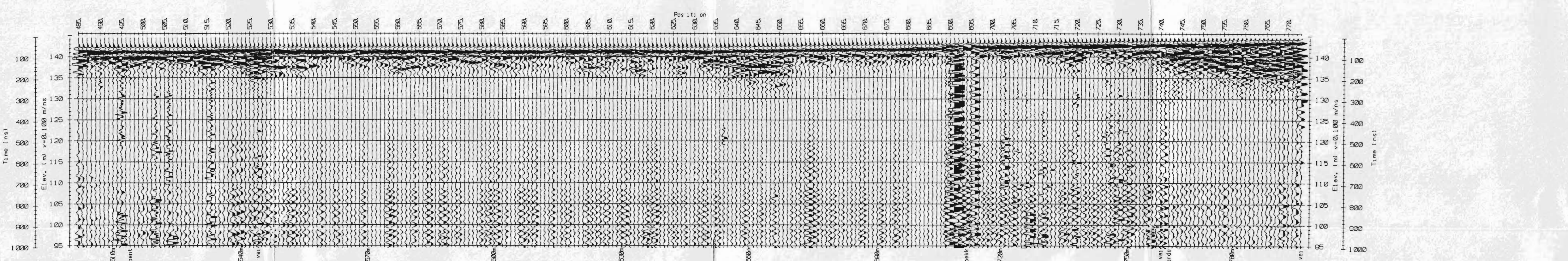
PROFIL 1



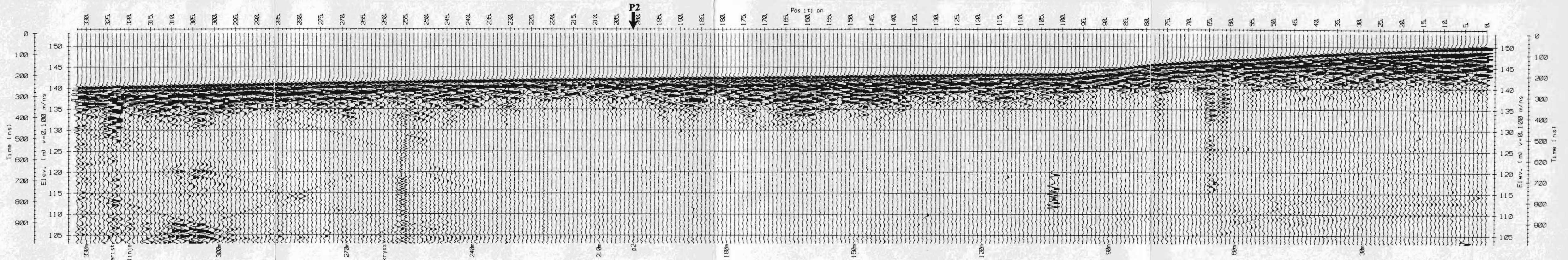
PROFIL 2



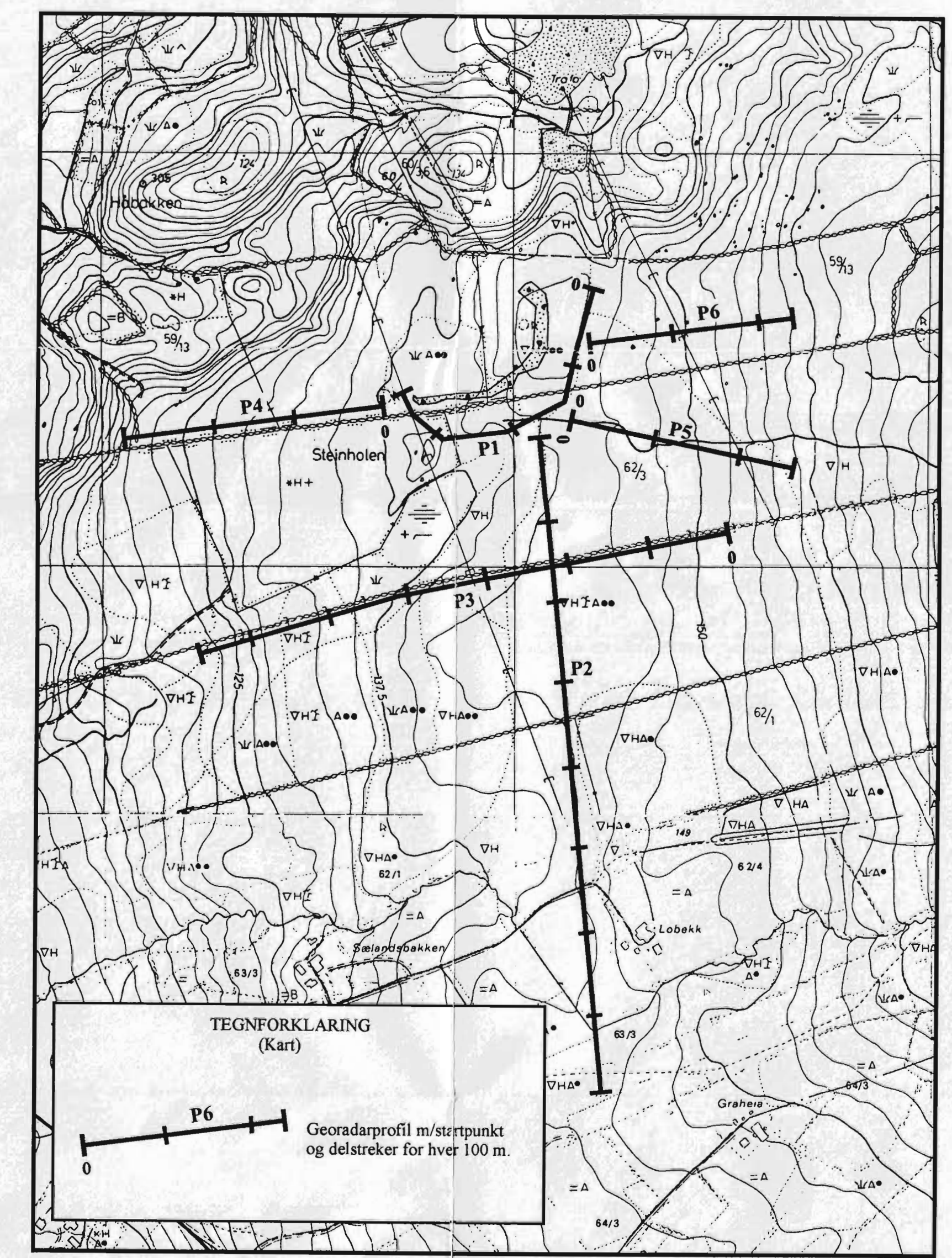
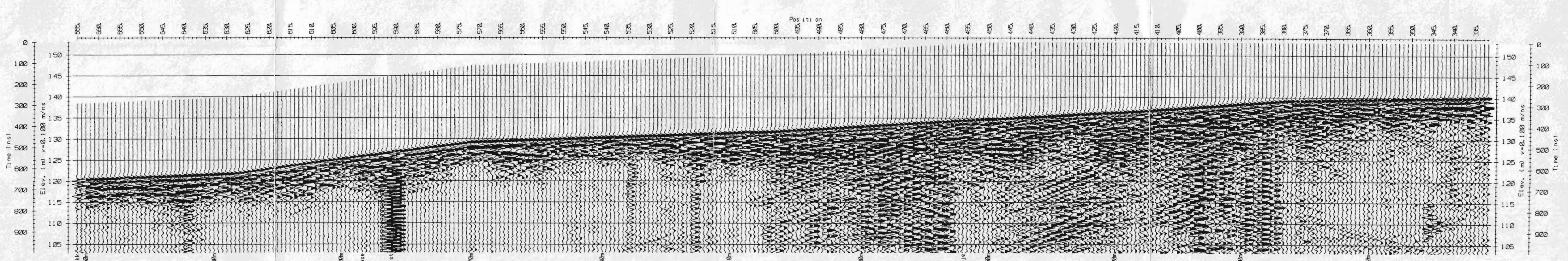
PROFIL 2, forts.



PROFIL 3

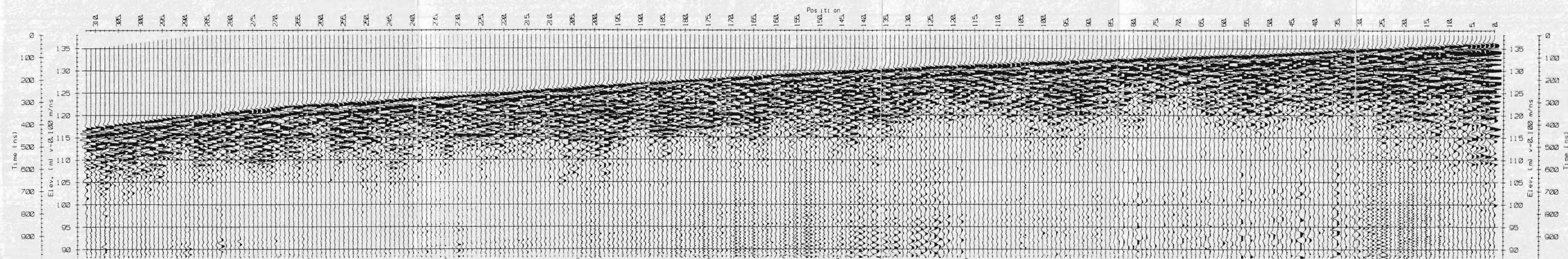


PROFIL 3, forts.

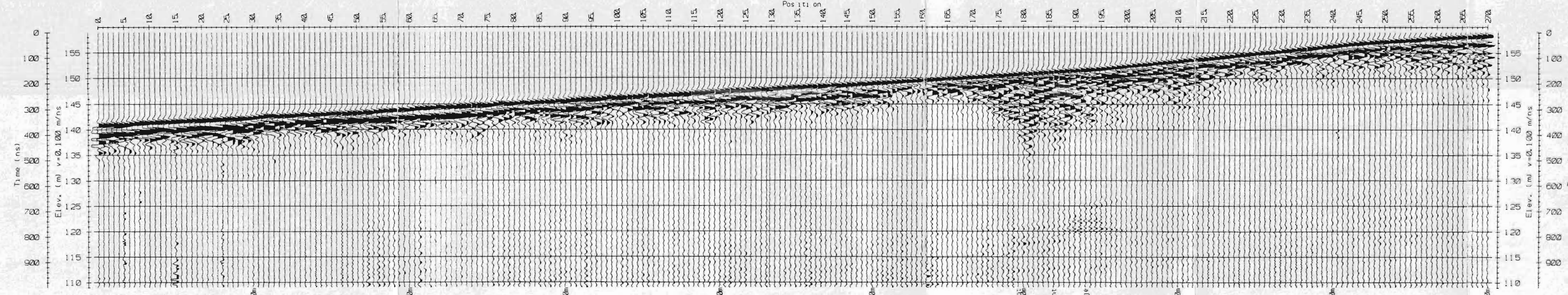


NGU GEORADAROPPTAK P1, P2 og P3. <b>SKRETTING</b> HÅ KOMMUNE, ROGALAND	MALESTOKK	MÅLT TL	MAI 1997
	1:5000 (Kart)	TEGN TL	DES. 1997
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR	KARTBLAD NR	
	97.181-02	1212 III	

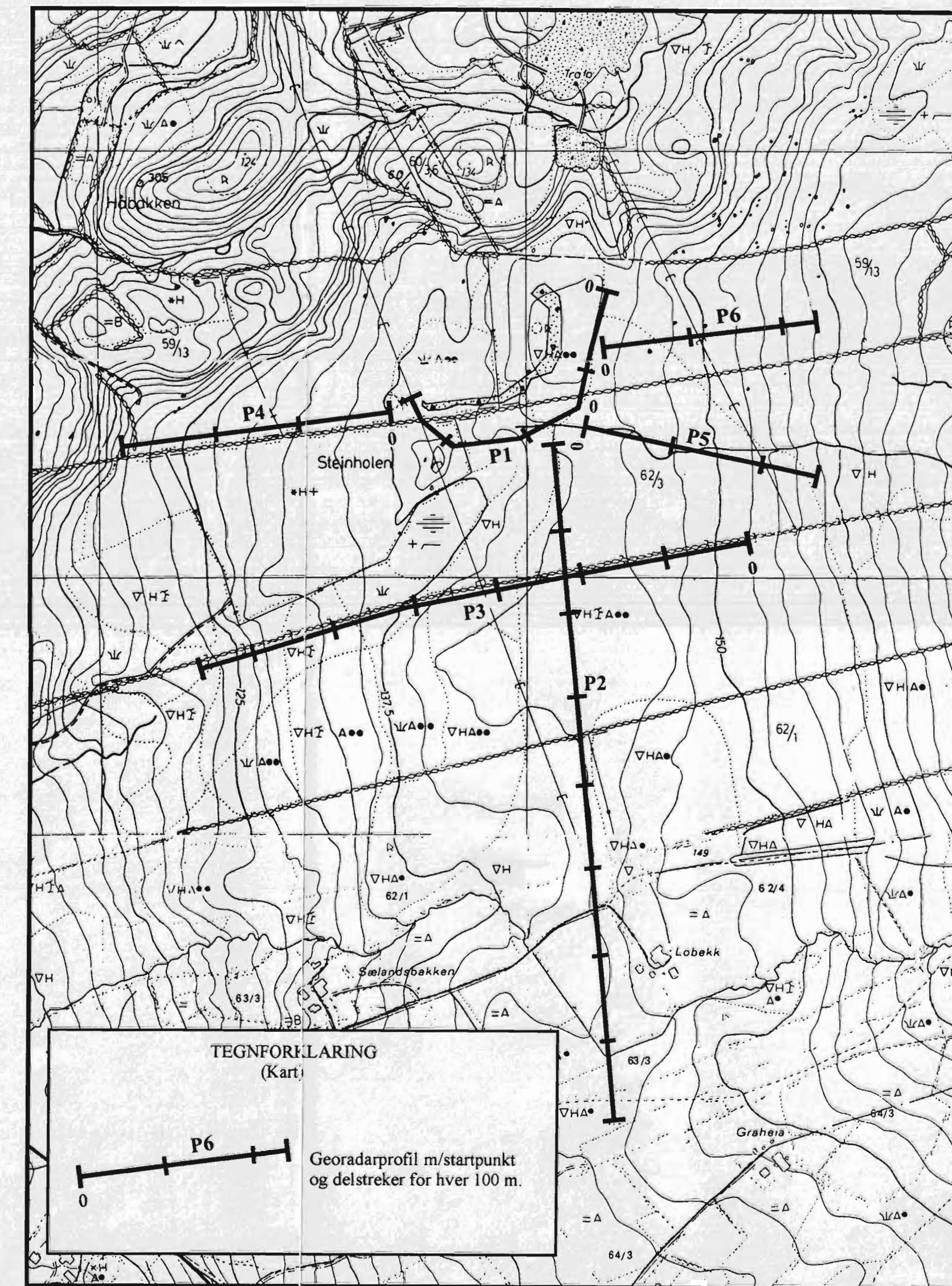
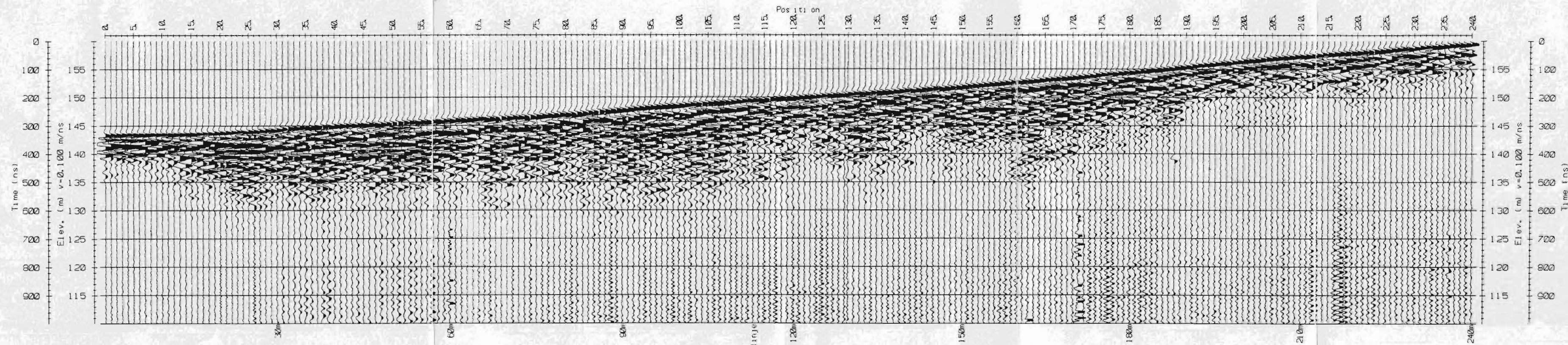
PROFIL 4



PROFIL 5

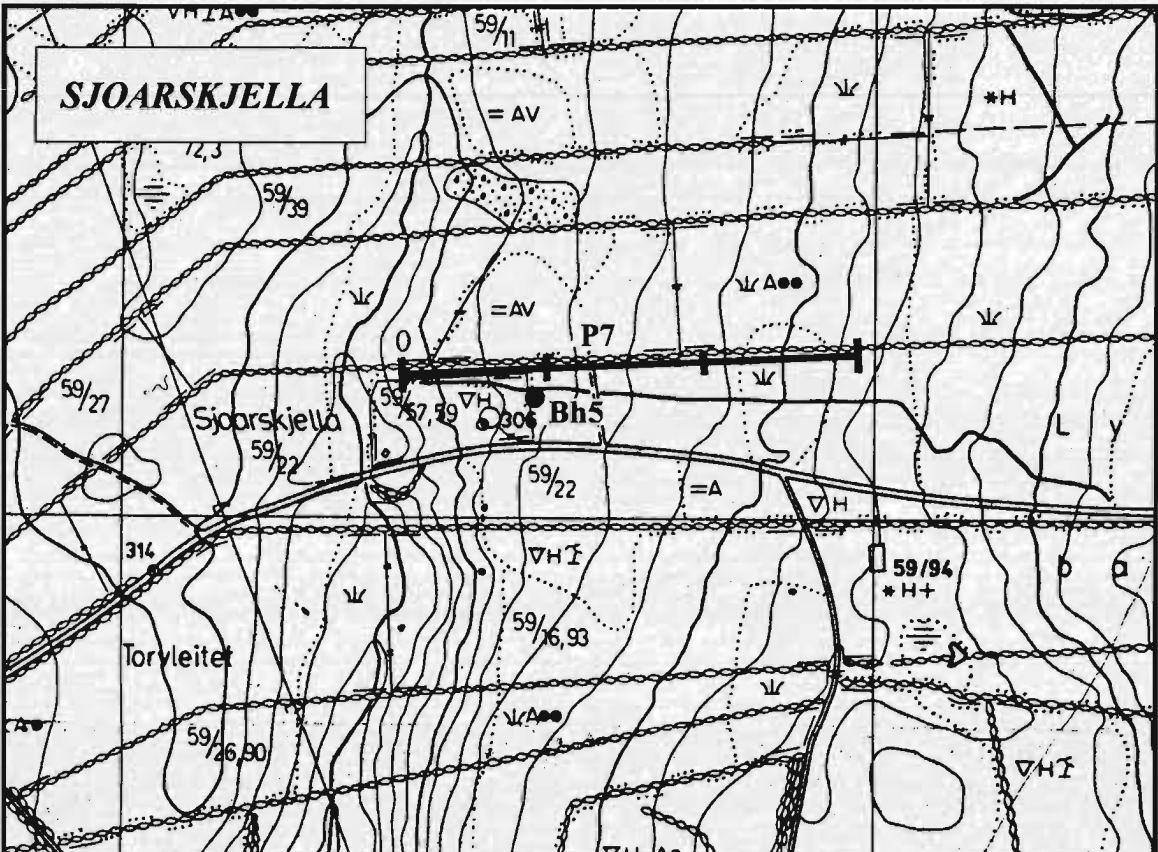
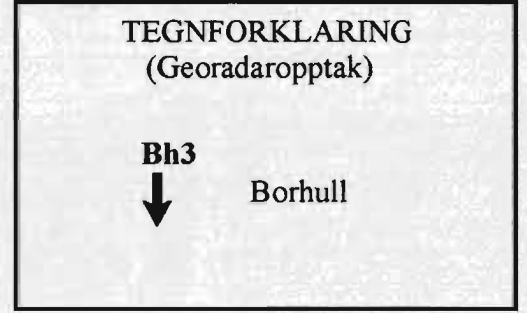
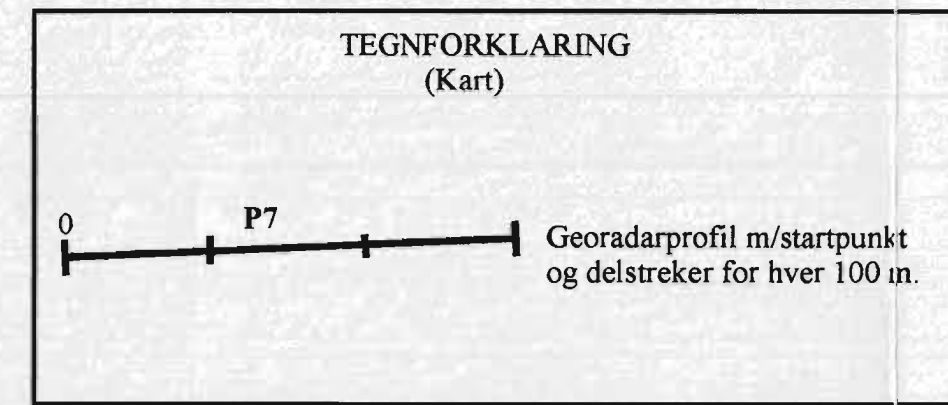
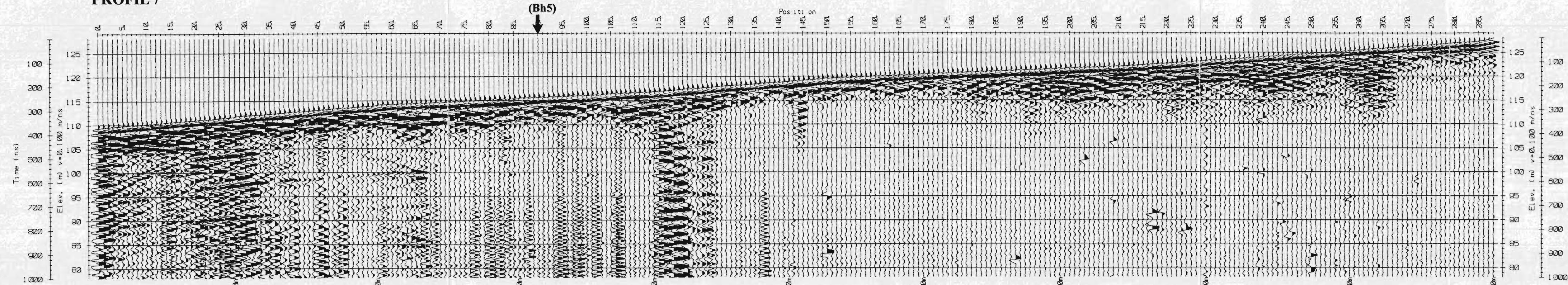


PROFIL 6

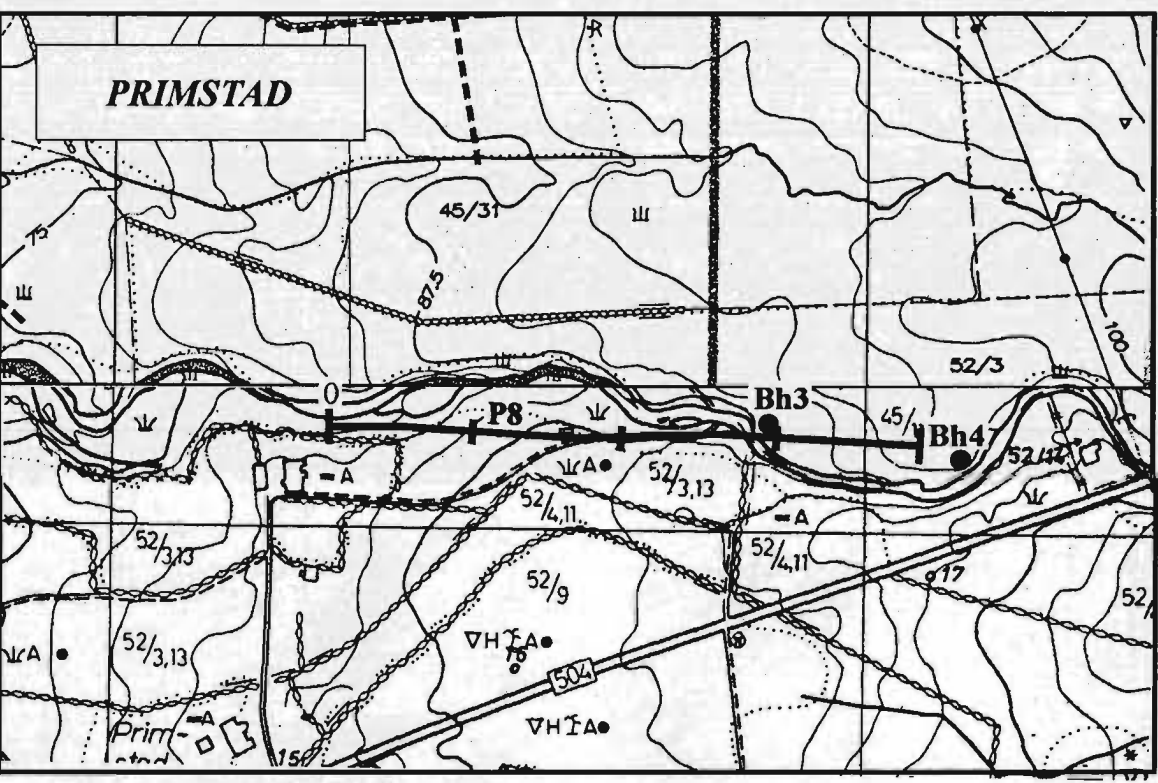
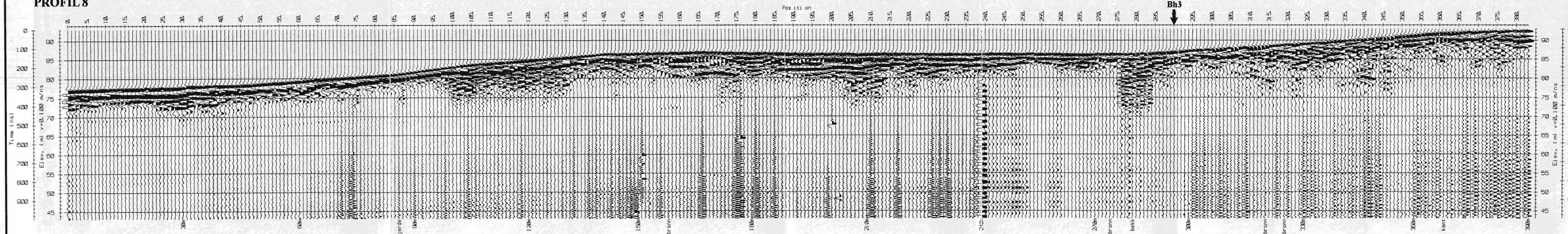


NGU GEORADAROPPTAK P4, P5 og P6 <b>SKRETTING</b> HÅ KOMMUNE, ROGALAND	MÅLESTOKK	MÅLT TL.	MAI 1997
	1:5000 (Kart)	TEGN TL.	DES. 1997
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR	TRAC	
	97.181-03	KFR	KARTBLAD NR 1212 III

**PROFIL 7**



**PROFIL 8**



NGU GEORADAROPPTAK P7 og P8 <b>SJOARSKJELLA og PRIMSTAD</b> HÅ KOMMUNE, ROGALAND	MÅLESTOKK	MÅLT T.L.	MAI 1997
	1:5000 (Kart)	TEGN T.L.	DES. 1997
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR	KARTBLAD NR	
	97.181-04	1212 III	