

NGU Rapport 97.152

Georadar og refraksjonsseismiske målinger ved  
hydrogeologiske undersøkelser ved Båtsfjord,  
Finnmark

Rapport nr.: 97.152		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Georadar og refraksjonsseismiske målinger ved hydrogeologiske undersøkelser ved Båtsfjord, Finnmark				
Forfatter: Eirik Muring, Jan S. Rønning og Jan F. Tønnesen		Oppdragsgiver: NGU/Båtsfjord kommune		
Fylke: Finnmark		Kommune: Båtsfjord		
Kartblad (M=1:250.000) Vadsø		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 2436 III Båtsfjord		
Forekomstens navn og koordinater: Båtsfjorddalen 35W 5989 78351 (WGS84)		Sidetall: 20	Pris: 75,-	
Feltarbeid utført: Juli, september 1997		Rapportdato: 13/11-1997	Prosjektnr.: 2713.19	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
Sammendrag: <p>I forbindelse med undersøkelser av muligheter for uttak av grunnvann er det utført georadar og refraksjonsseismiske målinger i to områder langs Båtsfjorddalen.</p> <p>I det nordlige området er det ved refraksjonsseismiske målinger indikert en dyprenne (&gt;12 m dyp) i fjell som kan utgjøre et dreneringsløp for grunnvann. I en sone over dyprenna er penetrasjonsdypet for georadar større enn ellers i området og bør undersøkes nærmere. Seinere utførte boringer påviste vesentlig grovkornige avsetninger ned til bunnen av dyprenna, med unntak av et grunt, 2-4 m tykt lag av finsand eller leirig sand.</p> <p>I det sørlige området viste de refraksjonsseismiske målinger et dyp til fjell under grunnvannsspeil på 7-11 m. Georadarmålinger indikerte imidlertid at kun de øverste 4-6 m av de vannmettede avsetninger kan være grovkornige. Dette ble bekreftet ved seinere boringer.</p>				
Emneord: Geofysikk		Hydrogeologi		Georadar
Refraksjonsseismikk		Grunnvann		
				Fagrapport

## INNHold

1 INNLEDNING .....	4
2 MÅLEMETODER OG UTFØRELSE.....	4
2.1 Georadar .....	4
2.2 Refraksjonsseismikk.....	5
3 RESULTATER .....	5
3.1 Nordlige område.....	6
3.1.1 Georadaropptak .....	6
3.1.2 Refraksjonsseismikk.....	7
3.1.3 Samtolking, georadar og refraksjonsseismikk.....	8
3.2 Sørliche område .....	8
3.2.1 Georadaropptak .....	8
3.2.2 Refraksjonsseismikk.....	9
3.2.3 Samtolking, georadar og refraksjonsseismikk.....	9
4 KONKLUSJON .....	10
5 REFERANSER .....	11

## TEKSTBILAG

1. Georadar - metodebeskrivelse
2. Refraksjonsseismikk - metodebeskrivelse

## DATABILAG

1. Georadar, hastighetsanalyse
2. Skjema som knytter hendelser i georadaropptak til lagdeling og avsetningstype
3. Tolkning av refraksjonsseismisk profil 1 og 2
4. Tolkning av refraksjonsseismisk profil 3 og 4
5. Tolkning av refraksjonsseismisk profil 5 og 6

## KARTBILAG

- 97.152-01: Oversiktskart Båtsfjord, M 1:50 000
- 97.152-02: Profil- og borhullsplasseringer, område nord, M 1:2000
- 97.152-03: Profil- og borhullsplasseringer, område sør, M 1:5000
- 97.152-04: Dyp til fjell under grunnvann. Sone med størst georadarpenetrasjon, område nord
- 97.152-05: Georadaropptak

## 1 INNLEDNING

I forbindelse med undersøkelser av muligheter for uttak av grunnvann, er det utført georadar og refraksjonsseismiske målinger i to områder langs Båtsfjorddalen i Båtsfjord kommune, Finnmark. Det er tidligere utført boringer i nærheten av de aktuelle områder (Klemetsrud, 1994). Det er tidligere også utført refraksjonsseismiske målinger like nord for det nordlige området som er undersøkt (Lauritsen, 1988).

Refraksjonsseismiske målinger ble utført av Jan Fredrik Tønnesen i september 1997, mens georadarmålinger ble utført i juli 1997 av Jan Steinar Rønning. I begge perioder ble målingene utført med assistanse fra Båtsfjord kommune.

## 2 MÅLEMETODER OG UTFØRELSE

### 2.1 Georadar

Det ble målt tre georadarprofiler (G1, G2 og G3) i det nordlige området og fire profiler (G4, G4a, G5 og G6) i det sørlige området. I tillegg ble det utført en CMP-måling for hastighetsanalyse. Plassering av profilene er vist i kartbilag -02, -03 og -05. En generell beskrivelse av georadarmetoden er vedlagt i tekstbilag. Georadaren som ble benyttet er digital og av typen pulseEKKO IV (Sensors & Software Inc., Canada). Samtlige profiler ble målt med 50 MHz antenner. Opptakstid og samplingsintervall var hhv. 700 ns og 1,6 ns. Antenne- og flyttavstand var 1 m, og det ble benyttet 1000 V sender. Det ble foretatt 32 summerte registreringer ved hvert målepunkt. Langs to profiler (G1 og G3) ble det i tillegg utført målinger med 200 MHz antenner. For disse ble det benyttet en opptakstid på 500 ns og et samplingsintervall på 0,8 ns. Flyttavstanden var 0,5 m. Tabellen under viser lengden av profilene.

**Tabell 1: Lengder på georadarprofiler.**

<u>Profil</u>	<u>Lengde</u>	<u>Profil</u>	<u>Lengde</u>
G1 (50 MHz)	196	G4	213
G1 (200 MHz)	201	G4a	97
G2	186	G5	375
G3 (50 MHz)	102	G6	360
G3 (200 MHz)	110,5		

Ved utskrift av opptakene er noen av disse reversert, fordi en ønsker å skrive ut opptakene fra vest til øst og fra sør til nord. Profilene ble på forhånd målt opp og markert med stikker for hver 25 meter. Lengdeangivelsene under plottene angir disse utmålte avstandene, mens posisjonsangivelsene over plottene (og i tabell 1) angir den automatisk registrerte. På grunn av

usikkerheter i flyttavstand oppstår visse forskjeller i disse posisjonsangivelsene. På profilene i det sørlige området (kartbilag -03 og -05) er det markert for hver 100 profilmeter, slik at det skal være lettere å ta seg inn i terrenget på bakgrunn av beskrivelsen av opptakene. Detaljerte posisjoneringer (som plassering av borhull, kryssende profiler osv.) er angitt over og under opptakene i kartbilag -05.

Ved utskrift av opptakene ble det benyttet 5-punkts gjennomsnitt langs traser for å redusere høyfrekvent støy. Det ble også benyttet lineær, egendefinert forsterkning ved utskrift av data.

Det ble utført én CMP-måling for hastighetsanalyse (se databilag 1). Denne viser en gjennomsnittlig hastighet på 0,08 m/ns. Denne hastigheten indikerer høyt grunnvannsspeil, og er benyttet ved beregning av dybdeskala på opptakene.

## 2.2 Refraksjonsseismikk

En generell beskrivelse av refraksjonsseismiske målinger er vedlagt i tekstbilag 2. Det ble målt fire profiler (S3-S6) i det nordlige området og to profiler (S1 og S2) i det sørlige. Plasseringen av profilene er vist i kartbilag -02, -03 og -05. Som registreringsinstrument ble det benyttet en ABEM Terraloc MK6. Målingene ble utført med registrering på 24 kanaler for hvert profil i en lengde på 110 m. Avstanden mellom geofonene var 5 m, bortsett fra ved midten og endene av profilene der den ble kortet ned til 2,5 m for å få bedre definert hastighet i overflatelag med lav hastighet. Det ble plassert skuddpunkt i midten og ved endene av hvert profil. I tillegg ble det plassert fjernskudd et stykke fra endene av profilene for å få full fjelldekning. Energiseringen var dynamitt. Datakvaliteten var meget god.

## 3 RESULTATER

Ved tolkning av georadaropptak er det delvis benyttet et skjema etter Beres & Haeni (1991) som knytter refleksjonsmønstre til lagdeling og avsetningstype. Dette skjemaet er vist i databilag 2. Ved tolkning av refraksjonsseismiske data er intercept-tid og +/- metoden benyttet (Hagedoorn, 1959). Plassering av profiler og seinere utførte boringer (Klemetsrud, 1997) er vist i kartbilag -02, -03 og -05. Georadaropptakene er vist i kartbilag -05. Tolkning av de refraksjonsseismiske profilene er vist i databilag 3-5.

### 3.1 Nordlige område

#### 3.1.1 Georadaropptak

##### G1

Det er utført målinger både med 50 og 200 MHz antenner. Det er naturlig med en tredelt beskrivelse av 50 MHz-opptaket.

Mellom posisjonene 196 og 140 sees en reflektor på 7-8 m dyp som utgjør nedre grense for penetrasjonen. Tolkning av refraksjonsseismisk profil 3 (S3, se 3.1.2) peker i retning av at reflektoren representerer fjell. En subhorisontal reflektor på 5-6 m dyp representerer trolig overflaten av morene eller leirblandet silt i følge tidligere utførte boringer (Klemetsrud, 1994). Reflektoren ser ut til å kile ut ved posisjon 155. Over denne reflektoren er refleksjonsmønsteret hauget eller skrått og representerer trolig grovkornige avsetninger. Grunnvannsspeil er vanskelig å se på opptaket, men ligger trolig på 1-2 m dyp. Det er trolig 4-5 m grovkornige, vannmettede avsetninger i det området som er beskrevet.

Mellom posisjonene 140 og 125 er det begrenset penetrasjonsdyp pga. økt ledningsevne i overflaten ved passering av bekk. Mellom posisjonene 125 og 75 er penetrasjonsdypet 10-15 m, og refleksjonsmønsteret er kaotisk. Avsetningstypen er her usikker, men et kaotisk refleksjonsmønster kombinert med økt penetrasjon kan indikere grovkornige avsetninger.

Mellom posisjonen 75 og 0 sees en trauformet reflektor å utgjøre nedre grense for penetrasjonen. Denne representerer trolig overflaten av morene/finkornig materiale. Størst dyp til reflektoren har vi mellom posisjonene 45 og 35 (5-6 m). Over reflektoren er avsetningen trolig dominert av grovkornig materiale.

Opptaket med 200 MHz antenner viser svært begrenset penetrasjon (2-5 m) og gir ingen informasjon i tillegg til 50 MHz-opptaket.

##### G2

Med unntak av et sentralt område (posisjon 85-150), viser opptaket begrenset penetrasjon (<5 m). Dette indikerer tilstedeværelsen av et grunt finstofflag, som imidlertid kan være tynt, men ikke tynt nok til at georadaren kan penetrere det. Mellom posisjonene 85 og 150 er penetrasjonsdypet 10-15 m. Refleksjonsmønsteret er hauget til kaotisk og kan representere grovkornige avsetninger. Denne sonen tilsvarer området mellom posisjonene 125 og 75 som er beskrevet for G1.

### G3

Målinger med både 50 og 200 MHz antenner er utført langs profilet. Mellom posisjonene 103 og 85 og posisjonene 25 og 0 er penetrasjonsdypt svært begrenset på 50 MHz-opptaket (<5 m). Fra posisjon 0 sees en reflektor på 4 m dyp som går oppover mot overflaten og kiler ut omtrent ved posisjon 25. Denne kan representere overflaten av finkornige avsetninger. Mellom posisjonene 85 og 25 er penetrasjonsdypt 10-15 m, og refleksjonsmønsteret er kaotisk. Sonen er trolig identisk med områder langs G1 (75-125) og G2 (85-150) og kan representere grovkornige avsetninger.

Penetrasjonsdypt på 200 MHz-opptaket er ubetydelig (1-3 m), og det gir ingen tilleggsinformasjon utover det en ser på 50 MHz-opptaket.

### Sone med størst penetrasjon

I kartbilag -04 er sonen med størst georadarpenetrasjon angitt på et tolkningskart. I denne sonen kan det være grovere avsetninger enn ellers i området. Boringer som er utført i ettertid (Klemetsrud, 1997) viser i grove trekk 2-3 m tykt lag av stein/grus/sand over finsand eller leirig sand (2-4 m tykt lag) og deretter sand/grus ned til fjell på 7-16 m dyp. Plasseringen av boringene er vist i kartbilag -02 og -04. Overflaten av leirig sand utgjør nedre grense for penetrasjonen langs store deler av profilene. I sonen med økt penetrasjon opptrer trolig finsand i stedet for leirig sand. Georadar er ikke brukbar for å påvise/kartlegge grovkornige avsetninger under det leirige sandlaget.

### 3.1.2 Refraksjonsseismikk

Det er utført refraksjonsseismiske målinger langs fire profiler i det nordlige området (S3, S4, S5 og S6). Tolkningen av de refraksjonsseismiske profiler er vist i databilag 4 og 5. Samtlige profiler er tolket med en trelags hastighetsmodell. Det øverste laget har seismiske hastigheter i området 270-430 m/s og representerer løst lagret materiale over grunnvannspeil. Laget under, som har seismiske hastigheter i området 1500-1800 m/s, representerer vannmettede løsmasser. Hastighetene sier lite om avsetningstype, bortsett fra at de trolig er for lave til å representere moreneavsetninger. Det nederste laget gir seismiske hastigheter i området 3600-5300 m/s som representerer kraftig oppsprukket til massivt fjell. Kraftig oppsprukket fjell (med hastighet 3600 m/s) er indikert mellom posisjonene 0 og 45 langs profil 4. Massivt fjell opptrer mellom posisjonene 45 og 70 langs det samme profilet. Ellers er fjellet trolig moderat til godt oppsprukket. Dyp til fjell er størst i de sentrale deler av profilene. Dette er spesielt markant for profil 3, 4 og 6.

I kartbilag -04 er dyp til fjell under grunnvannspeil konturert, basert på data fra refraksjonsseismikk og boringer. Konturene viser tilstedeværelsen av ei dyprenne gjennom området som

trolig utgjør et foretrukket dreneringsløp for grunnvann i området. Dypet til fjell under grunnvannsspeil er større enn 12 m her.

### 3.1.3 Samtolking, georadar og refraksjonsseismikk

Kartbilag -04 oppsummerer hovedtrekkene i resultatene fra undersøkelsen. Det skraverte feltet indikerer en sone med større georadar-penetrasjonsdyp enn ellers i området. Sonen overlapper delvis med ei dyprenne i fjell som indikert ved refraksjonsseismiske målinger og påvist ved boringer. Det overlappende området er av størst interesse for videre undersøkelser og eventuelt grunnvannsuttak, men fortsettelsen av dypområdet mot nord og sør kan også være av interesse.

## 3.2 **Sørlige område**

Plassering av profiler og boringer (Klemetsrud, 1997) er vist i kartbilag -03.

### 3.2.1 Georadaropptak

#### G5

Profilet er målt lengst nord i området. En undulerende, kraftig reflektor utgjør nedre grense for penetrasjonen langs profilet. Forløpet av reflektoren er noe vanskelig å fastslå mellom posisjon 140 og 105. Reflektoren representerer trolig overflaten av finkornige avsetninger eller fjell. Størst dyp til reflektoren har vi i områdene 375-305 (5-7 m), 230-210 (6-8 m), 190 og 155 (4-5 m) og 70-20 (4-6 m). Over reflektoren er refraksjonsmønsteret hauget, skrått eller kaotisk og kan representere grovkornige avsetninger. Plassering av etterfølgende boringer er vist over opptak og på kartbilag -03 og -05. Disse viser grovkornige avsetninger ned til fjell på 4-8 m dyp.

#### G4

Profilet starter ca. 50 m sørøst for enden av G5. En markant reflektor sees på 5-7 m dyp mellom posisjonene 115 og 75. En svakere reflektor opptrer som en mulig fortsettelse av den kraftige reflektoren mellom posisjonene 75 og 0. Reflektoren er en uregelmessig, svakt undulerende opptreden og ble opprinnelig tolket som overflaten av fjell. Refleksjonsmønsteret over fjell er kaotisk, og avsetningstypen er noe usikker, men kan representere grovkornige avsetninger. Boringer ca. 10 m øst for profilet ved posisjonene 95 og 45 påtraff fjell ved 1-1,5 m



dyp. Uoverensstemmelsen med tolkningen av georadaropptaket kan skyldes at fjelloverflaten stiger bratt opp mot øst, eller at reflektoren som sees i georadaropptaket representerer oppsprekking i fjell.

#### G4a

Profilet er en fortsettelse av G4 mot sør. Penetrasjonsdypet er begrenset til 2-3 m og indikerer en grunn plassering av finstofflag eller fjell. Det er her trolig små muligheter for uttak av grunnvann.

#### G6

Profilet er målt lengst mot sør, på vestsiden av Storelva. Mellom posisjonene 0 og 225 sees en kraftig, undulerende reflektor som utgjør nedre grense for penetrasjonen og som trolig representerer overflaten av finstofflag eller fjell. Størst dyp til reflektoren (5-7 m) har vi i området 0-15 og 140-185. Refleksjonsmønsteret over reflektoren er hauget eller skrått og representerer trolig grovkornige avsetninger. Boringer som er utført viser at reflektoren representerer overflaten av leirig sand, og at avsetningene over denne er dominert av grovt materiale. Mellom posisjonene 225 og 360 er refleksjonsmønsteret kaotisk. Avsetningstypen er her usikker, men et begrenset penetrasjonsdyp (6-8 m) kan indikere relativt finkornige avsetninger.

### 3.2.2 Refraksjonsseismikk

Det er målt to refraksjonsseismiske profiler (S1 og S2) på tvers av georadarprofil 6. Tolkningene er vist i databilag 3. Begge profiler er tolket med en trelagsmodell. Det øverste har en hastighet i området 320-420 m/s og representerer tørre løsmasser. Laget under har seismiske hastigheter i området 1510-1720 m/s og representerer løsmasser under grunnvannsspeil. Utover dette er avsetningstypen usikker, men hastigheten er trolig for lav til å representere morene. Dyp til grunnvannsspeil er 0-2 m. Det nederste (tredje) laget har et undulerende forløp og representerer fjell med seismisk hastighet i området 4400-5700 m/s. Hastigheten indikerer moderat oppsprukket til massivt fjell. Dyp til fjell er i størrelsesorden 7-12 m.

### 3.2.3 Samtolking, georadar og refraksjonsseismikk

De refraksjonsseismiske målinger indikerer at vannmettede løsmasser kan opptre i mektigheter på 6-11 m, noe som kan være interessant mhp. grunnvannsuttak. Georadarmålinger og boringer indikerer tilstedeværelsen av et grunt finstofflag, noe som gir maks. 4-6 m mektighet av vannmettede, grovkornige avsetninger.

#### 4 KONKLUSJON

Det er utført georadar og refraksjonsseismiske målinger i to områder i Båtsfjorddalen. Hensikten med målingene var å vurdere områder for oppfølgende boringer og grunnvannsuttak.

I det nordlige området er det ved refraksjonsseismiske målinger indikert ei dyprenne (>12 m dyp) i fjell som kan utgjøre et dreneringsløp for grunnvann. I en sone over dyprenna er penetrasjonsdypet for georadar større enn ellers i området og bør undersøkes nærmere. Seinere utførte boringer påviste vesentlig grovkornige avsetninger ned til bunnen av dyprenna, med unntak av et grunt, 2-4 m tykt lag av finsand eller leirig sand.

I det sørlige området viste de refraksjonsseismiske målingene et dyp til fjell under grunnvannsspeil på 7-11 m. Georadarmålinger indikerte imidlertid at kun de øverste 4-6 m av de vannmettede avsetninger kan være grovkornige. Dette ble bekreftet ved seinere boringer.

## 5 REFERANSER

- Beres, M.Jr. & Haeni, F.P. 1991: Application of ground-penetrating-radar methods in hydrogeologic studies. *Ground water* 29, 375-386.
- Hagedoorn, J.G. 1959: The plus-minus method of interpreting seismic refraction sections. *Geophysical prospecting*, vol. 7, no. 2.
- Klemetsrud, T. 1994: Båtsfjord vannverk - grunnvannsforsyning. *NGU Rapport 93.150*.
- Klemetsrud, T. 1997: NGU-rapport under utarbeidelse.
- Lauritsen, T. 1988: Refraksjonsseismikk og VLF-målinger ved Nyborg, Austertana, Båtsfjord og Barsnes 1987. *NGU Rapport 88.021*.

## 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 planparallell 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 bølgepulserne 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 dielektrisitetstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.

## REFRAKSJONSSEISMIKK - METODEBESKRIVELSE

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/s i visse typer porøst overdekke til godt over 5000 m/s i enkelte bergarter.

En 'lydstråle' fra en sprengning i overflaten treffer en grense mellom to sjikt hvor lyd hastigheten 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

$$\sin i / \sin R = V_1 / V_2$$

Når  $R=90^\circ$ , vil den refrakterte stråle følge sjiktgrensen, og vi har

$$\sin i = V_1 / V_2$$

Den bestemte innfallsvinkel som tilfredsstiller denne betingelse kalles kritisk vinkel eller  $i_c$ .

Lydforplantningen langs sjiktgrensen vil gi opphav til sekundærbølger som returnerer til terrengoverflaten under vinkelen  $i_c$ . I en viss kritisk avstand fra skuddpunktet vil disse refrakterte bølger nå fram 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 utnyttes ved å plassere seismometre (geofoner) langs en rett linje i terrenget og registrere de først ankomne bølger fra skudd i hensiktsmessig valgte posisjoner langs samme linje. Man får da bestemt de nødvendige data for å fastlegge dypene til sjiktgrensen. Dersom overdekket er homogent med hensyn på lyd hastigheten langs profilet, kan det oppnås 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. Man får refrakterte bølger fra alle grenser når hastigheten 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 man ofte få vanskeligheter når denne vinkel overstiger  $25^\circ$ .

Det forekommer at en sjiktgrense ikke avspeiler seg i gangtidsdiagrammene, fordi de refrakterte bølger fra denne grense når overflaten seinere enn fra en dypere grense. Det foreligger da en såkalt 'blind sone', og de virkelige dyp kan være vesentlig større enn de beregnede. En annen feilkilde er til stede hvis man har et sjikt med lavere hastighet enn det overliggende. Fra denne sjiktgrense vil det ikke

komme refrakterte bølger til overflaten, og lavhastighetssjiktet vil ikke kunne erkjennes av måledata. Generelt kan det sies at usikkerheten i de beregnede dyp øker med antall sjikt. Med analog apparatur vil en kunne bestemme første ankomsttid med en usikkerhet på 1 millisekund ved middels god opptakskvalitet. Hvis overdekkehastigheten er 1600 m/s, tilsvarer dette 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.

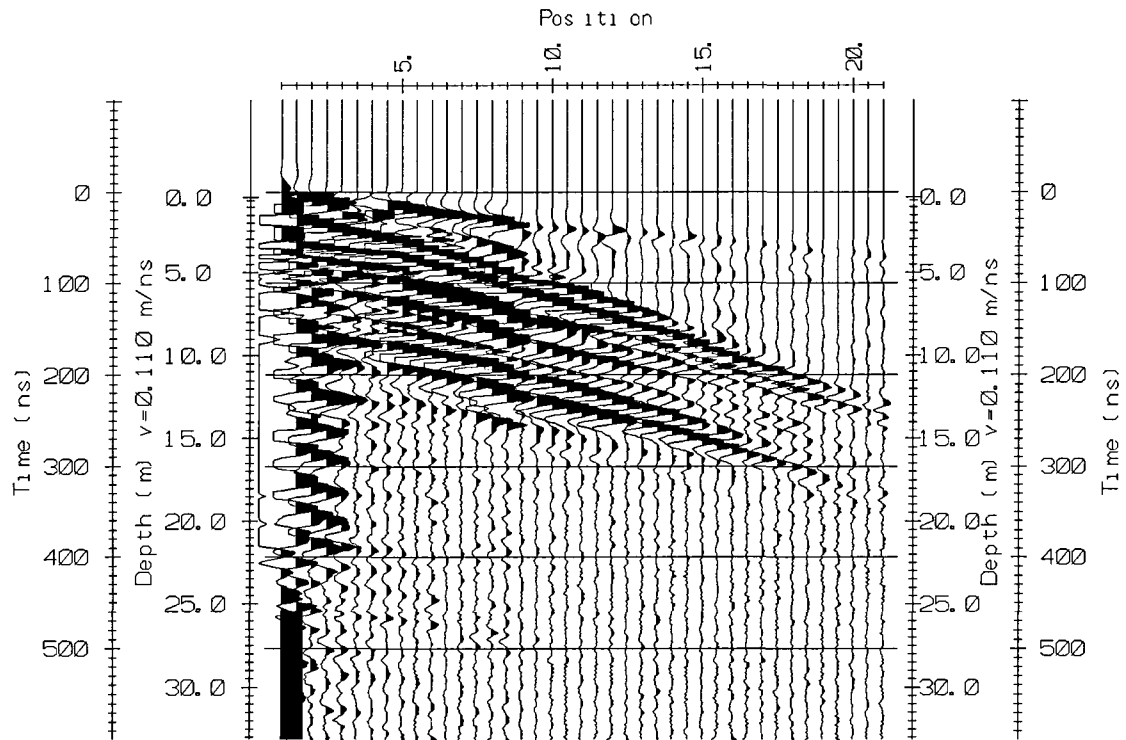
Ved meget god datakvalitet kan første ankomsttid avleses med 0.5 millisekunders nøyaktighet. Med denne nøyaktigheten er det allikevel urealistisk å regne med mindre enn 0.5 m usikkerhet i dybdeangivelsene. Ved meget små dyp til fjell (mindre enn én meter) blir overdekkehastigheten dårlig bestemt, og man må regne med prosentvis store feil i dybdeangivelsene.

### P-BØLGEHASTIGHET I NOEN MATERIALTYPER

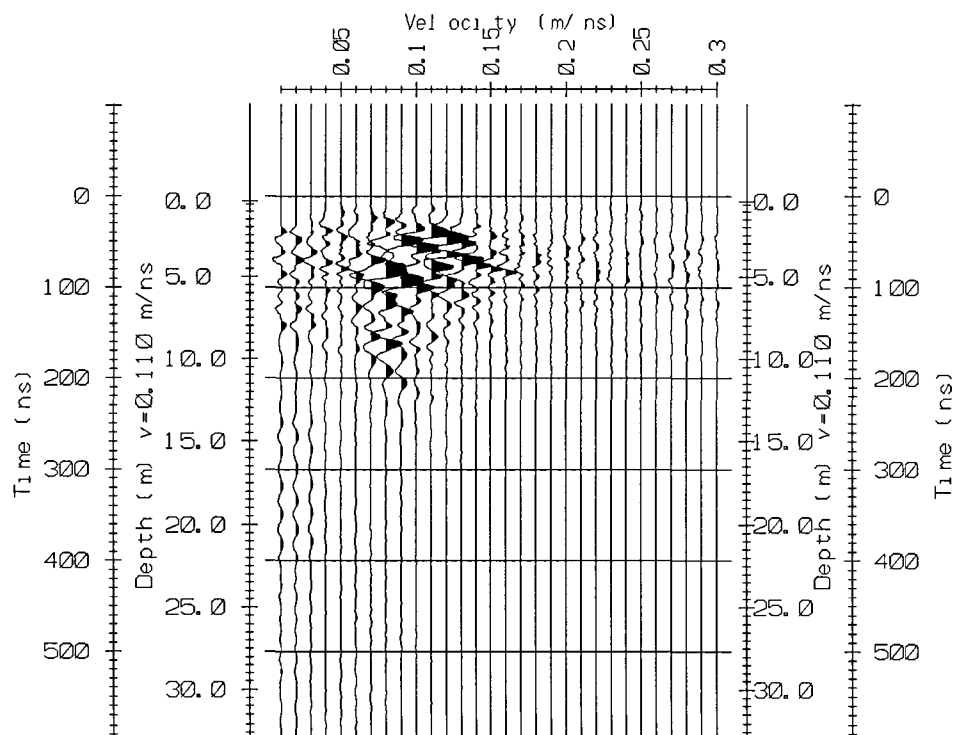
<i>Luft</i>		<i>330 m/s</i>
<i>Vann</i>		<i>1400-1500 m/s</i>
<i>Organisk materiale</i>		<i>150-500 m/s</i>
<i>Sand og grus</i>	<i>- over vannmettet sone</i>	<i>200-800 m/s</i>
<i>Sand og grus</i>	<i>- i vannmettet sone</i>	<i>1400-1700 m/s</i>
<i>Morene</i>	<i>- over vannmettet sone</i>	<i>700-1500 m/s</i>
<i>Morene</i>	<i>- i vannmettet sone</i>	<i>1500-1900 m/s</i>
<i>Hardpakket bunnmørene</i>		<i>1900-2800 m/s</i>
<i>Leire</i>		<i>1100-1800 m/s</i>
<i>Oppsprukket fjell</i>		<i>&lt; 4000 m/s</i>
<i>Fast fjell</i>		<i>3500-6000 m/s</i>

# CMP, BÅTSFJORD, P6, posisjon 170

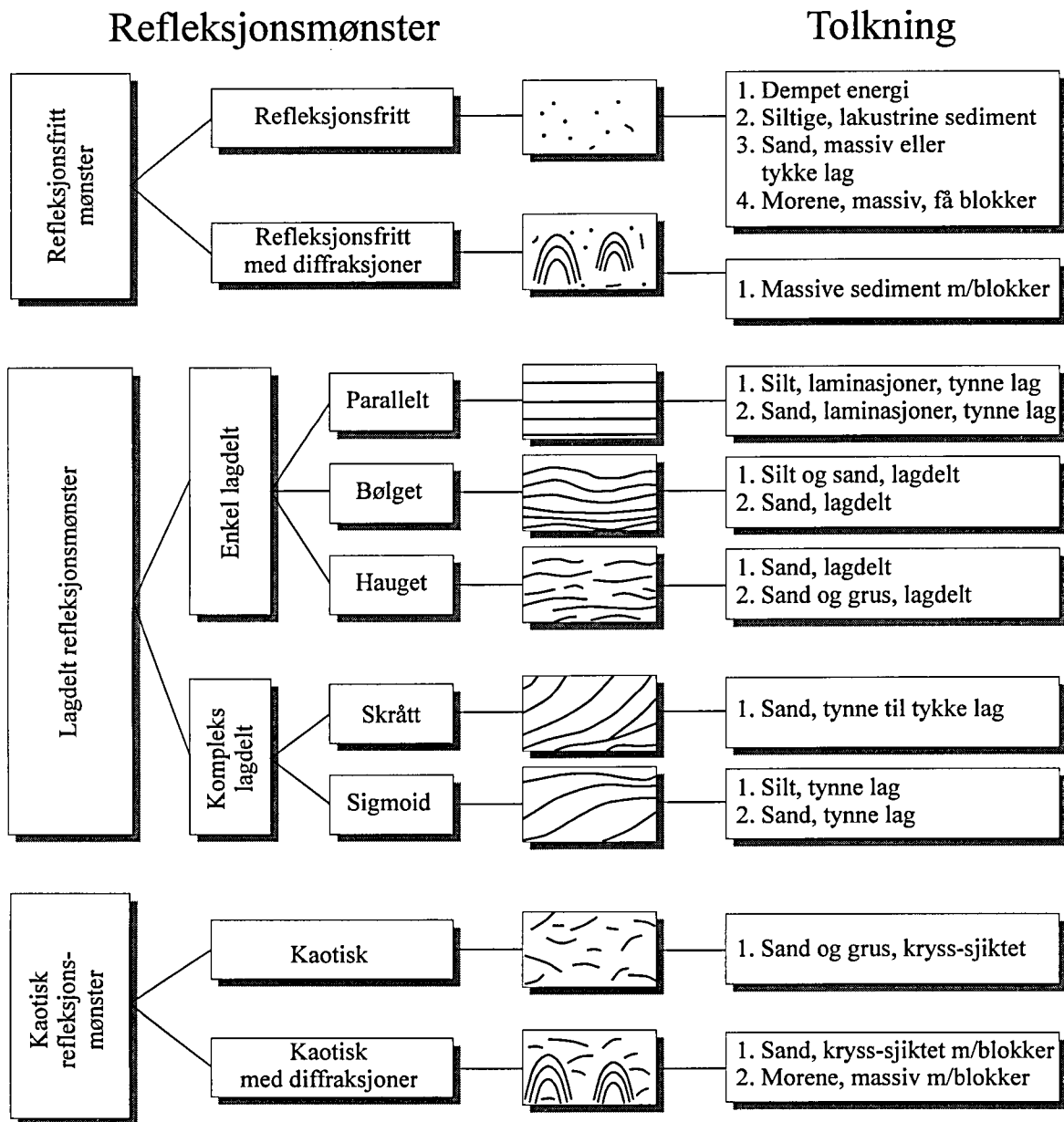
## CMP råopptak



## Hastighetsanalyse

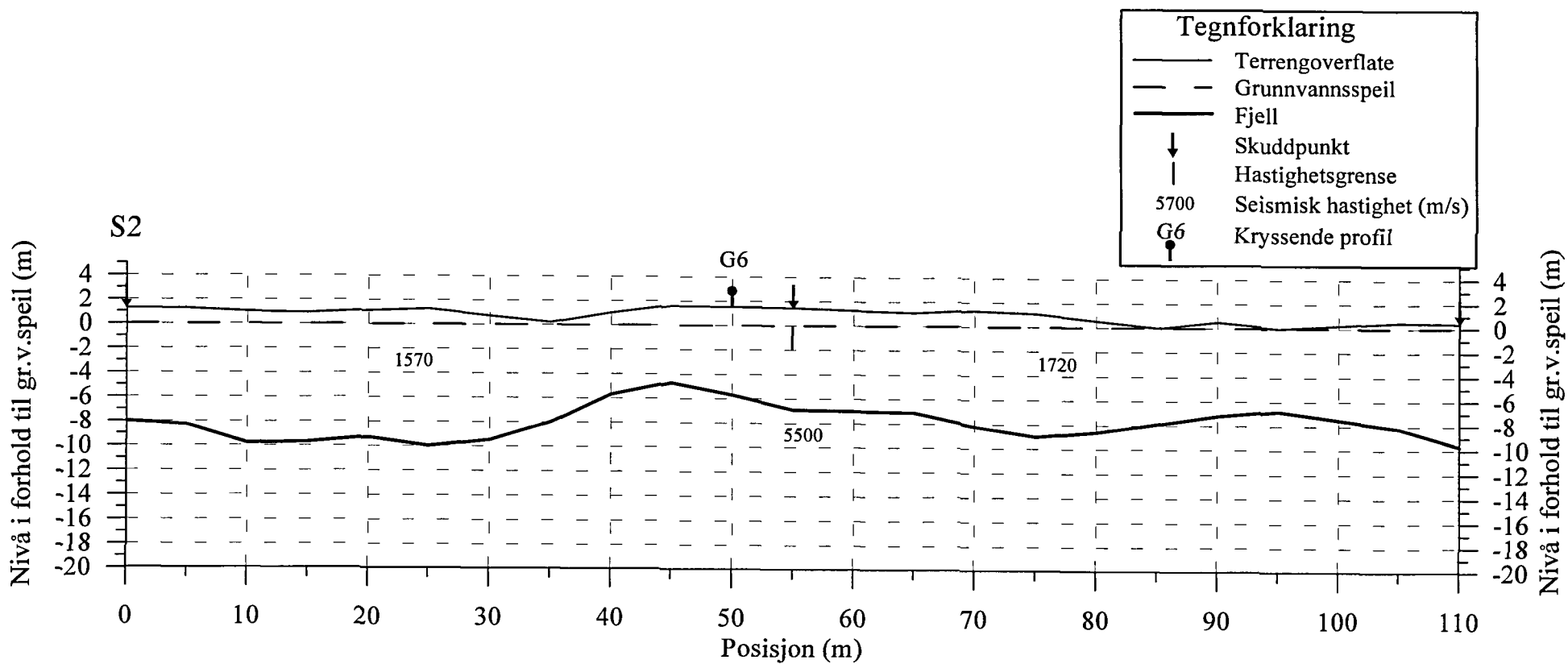
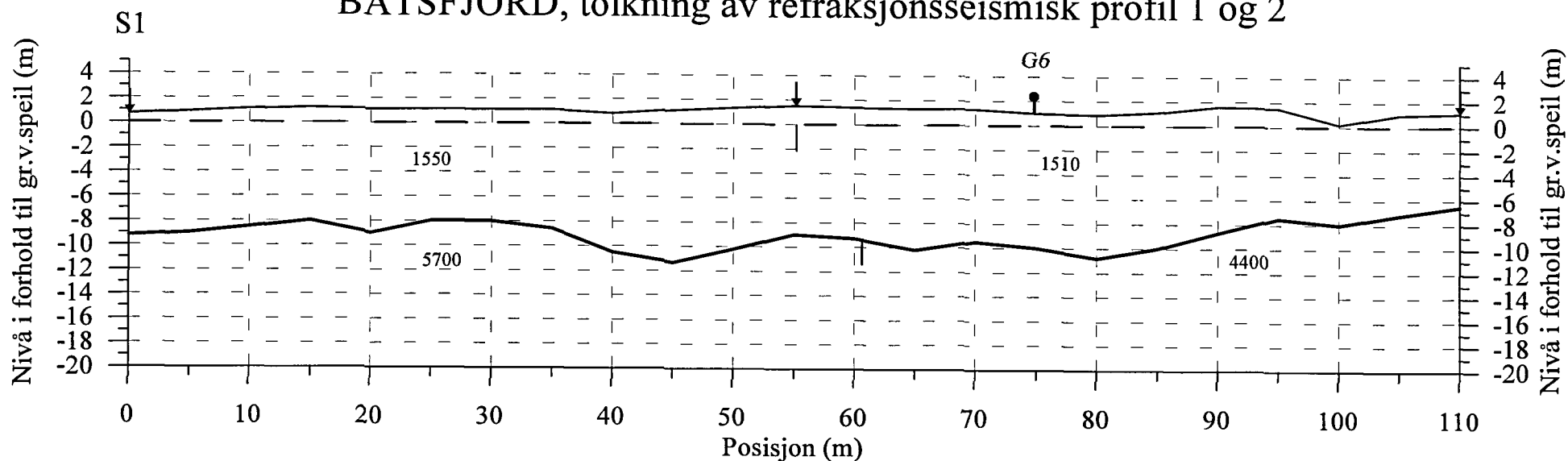




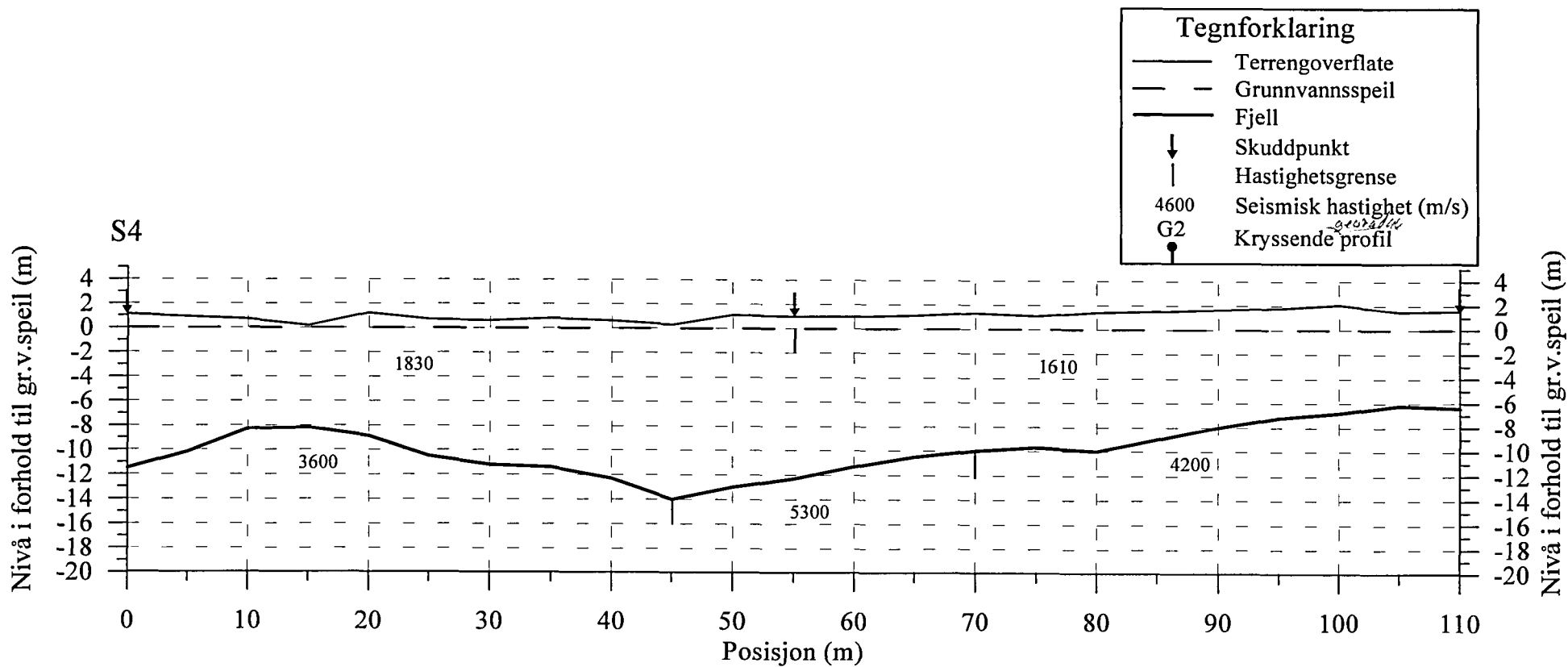
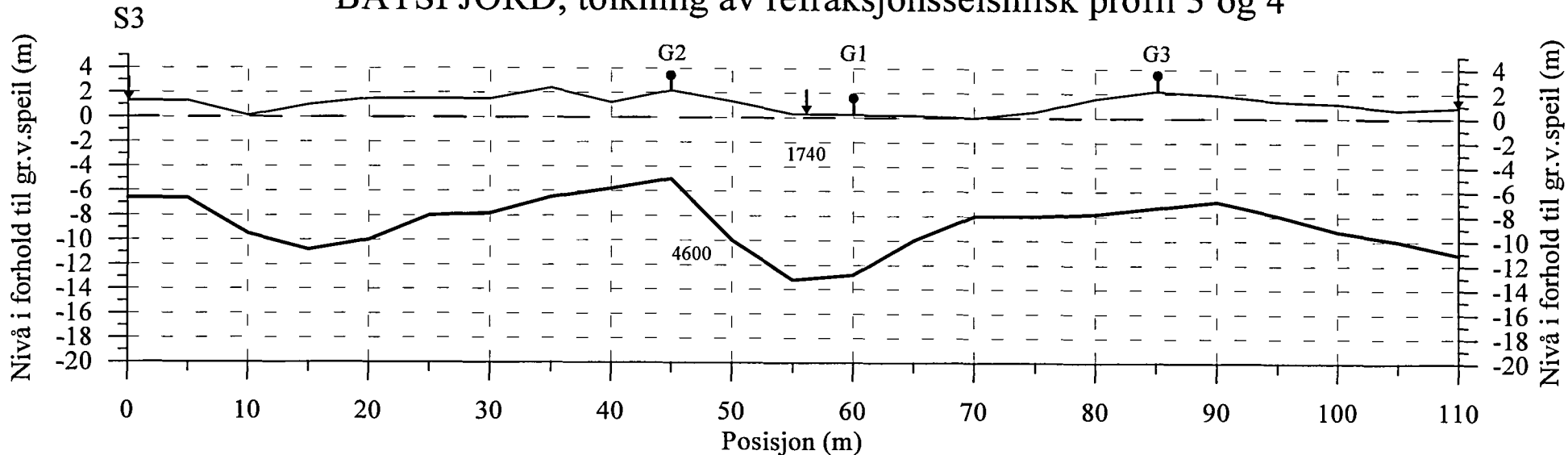


Skjema som knytter refleksjonsmønster på georadaropptak til avsetningstype og lagdeling (etter Beres & Haeni, 1991).

# BÅTSFJORD, tolkning av refraksjonsseismisk profil 1 og 2

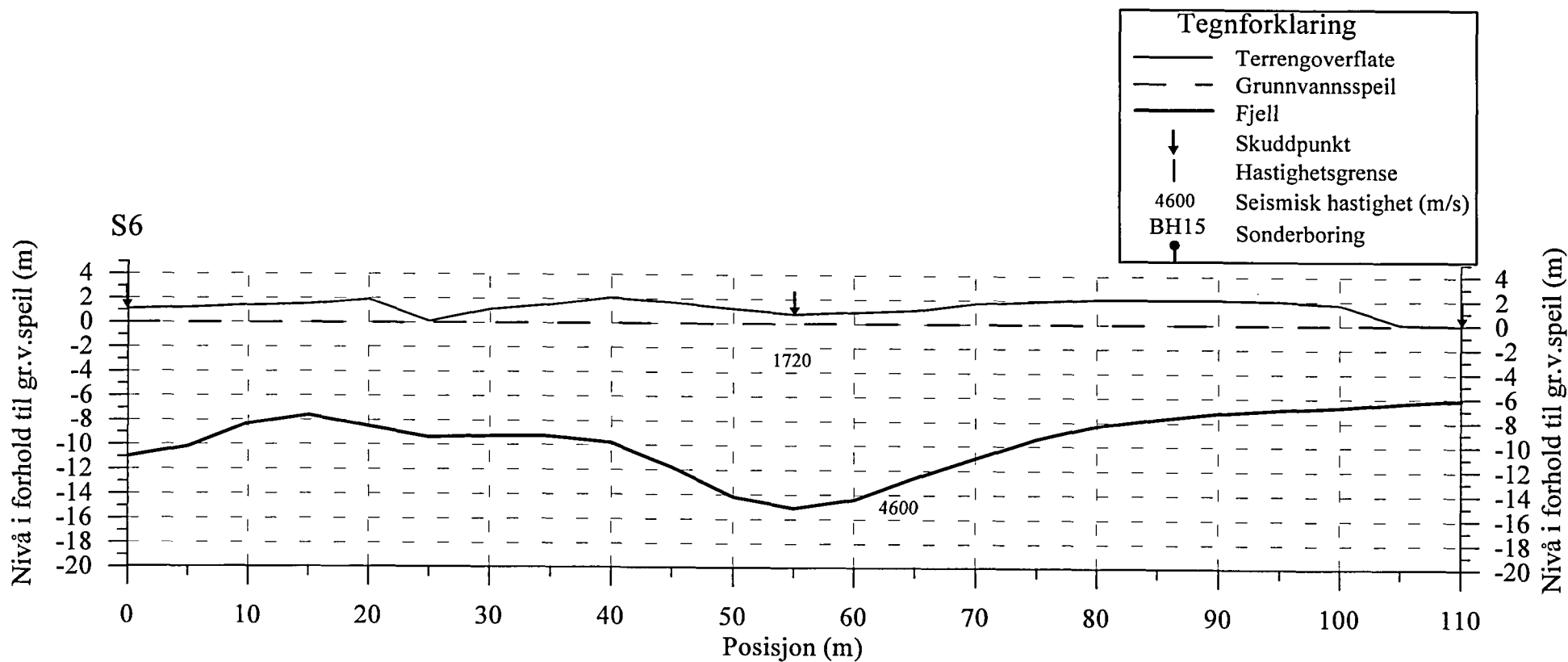
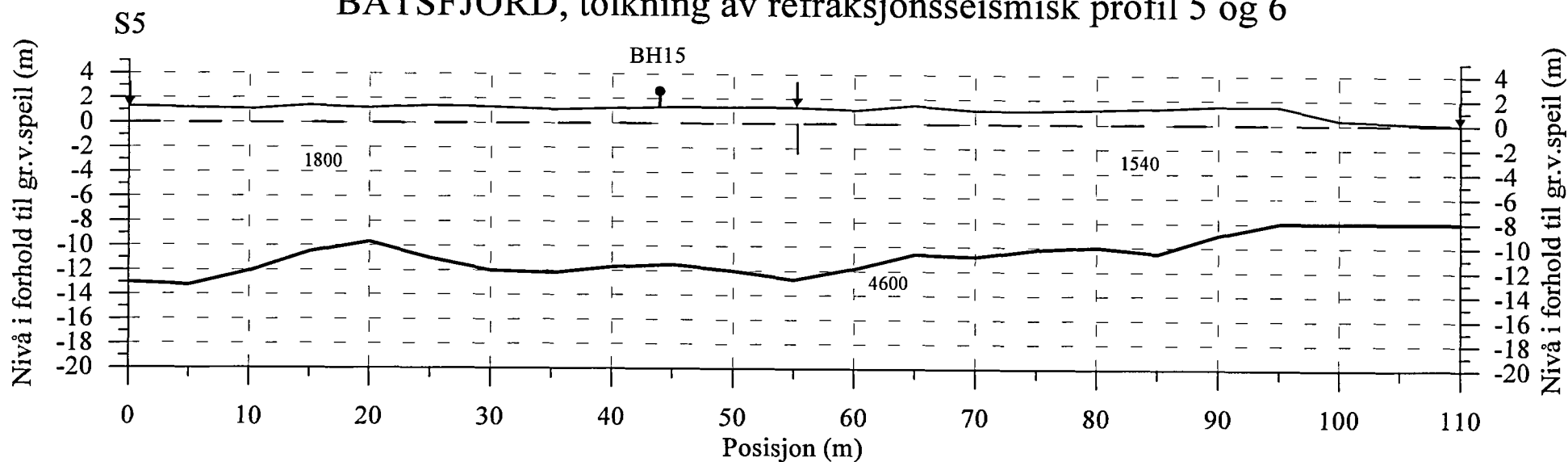


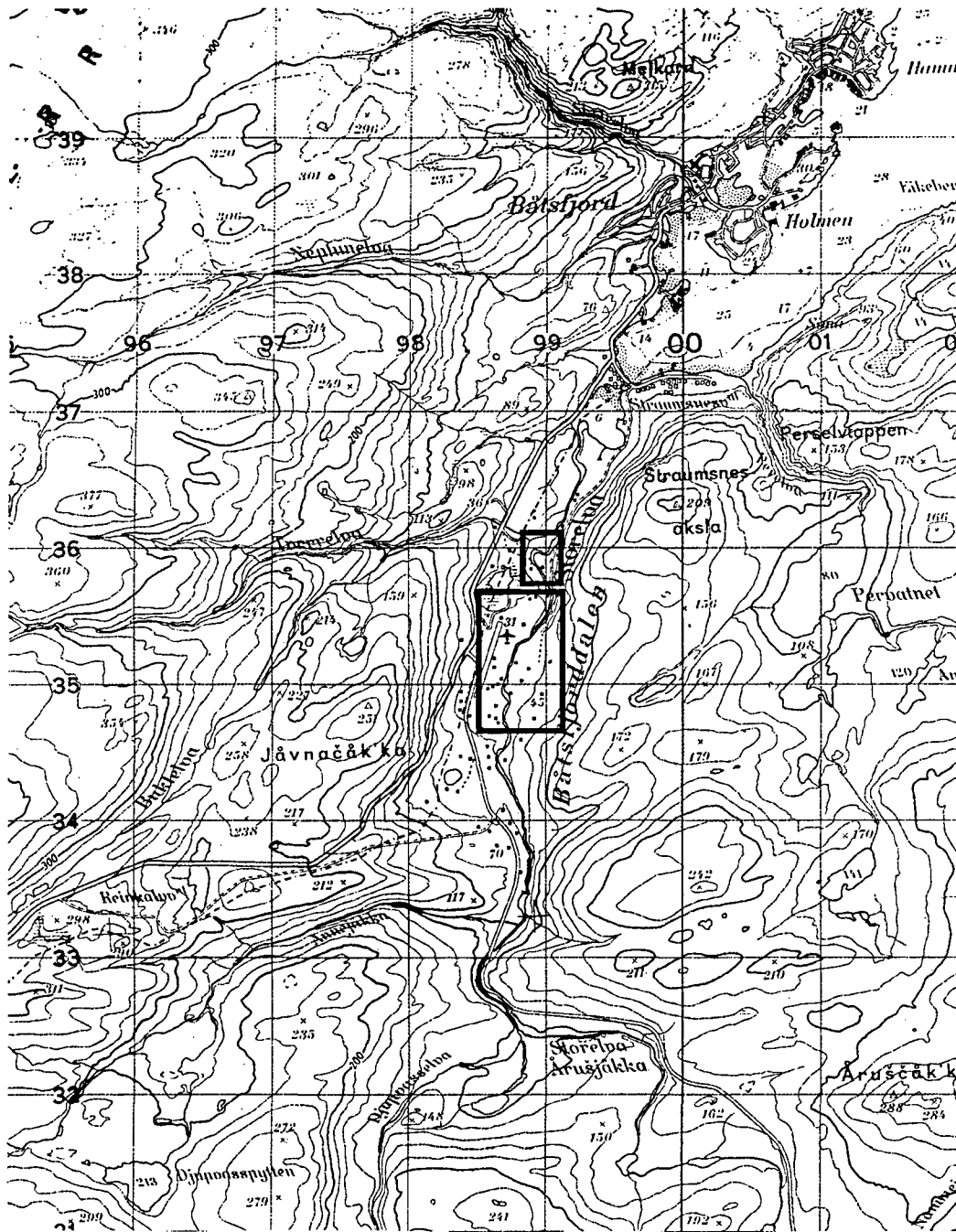
# BÅTSFJORD, tolkning av refraksjonsseismisk profil 3 og 4



Tegnforklaring	
	Terrengoverflate
	Grunnvannspeil
	Fjell
	Skuddpunkt
	Hastighetsgrense
4600	Seismisk hastighet (m/s)
G2	Kryssende profil

# BÅTSFJORD, tolkning av refraksjonsseismisk profil 5 og 6





Utsnitt vist i kartbilag -03 (M 1:5000)



Utsnitt vist i kartbilag -02 (M 1:2000)

NGU/BÅTSFJORD KOMMUNE

OVERSIKTSKART

# BÅTSFJORD

BÅTSFJORD KOMMUNE, FINNMARK

MÅLESTOKK

1:50 000

MÅLT JFT/JSR

1997

TEGN EM

Okt. -97

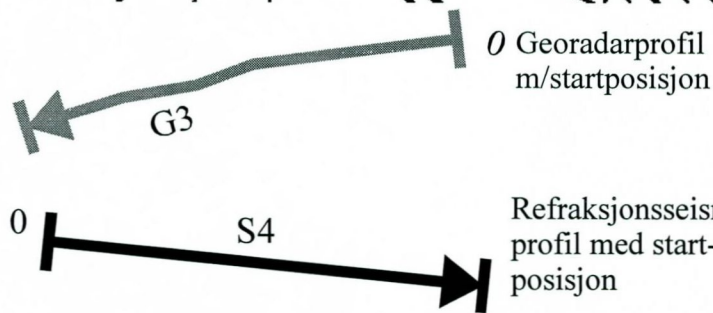
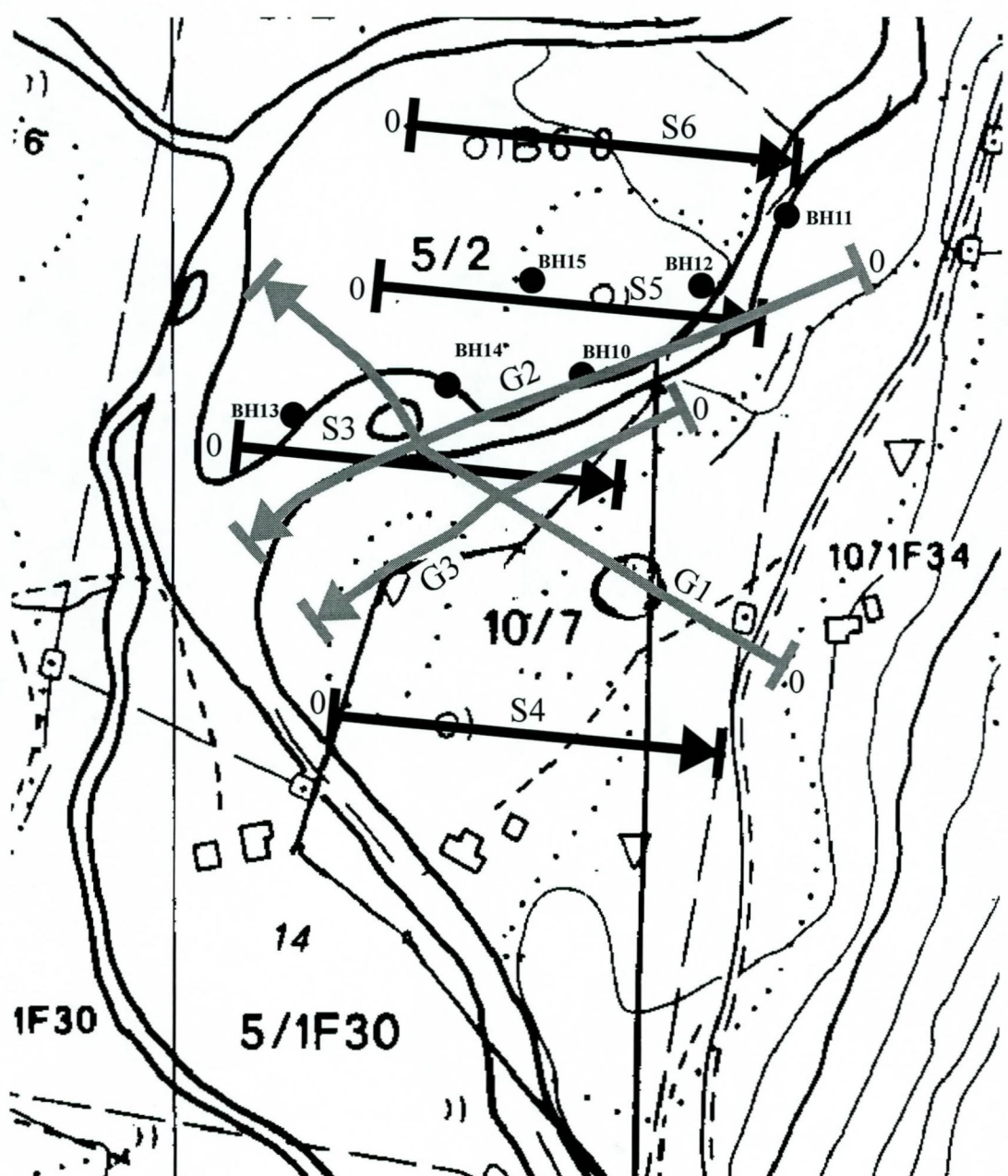
TRAC

KFR

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

TEGNING NR  
97.152-01

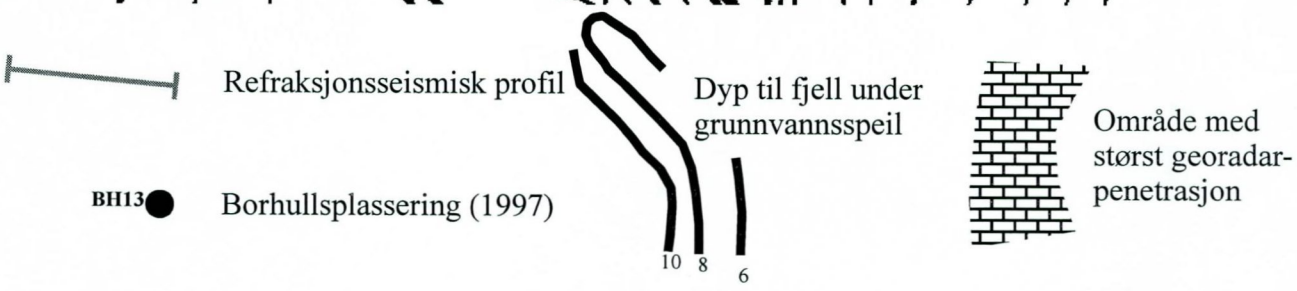
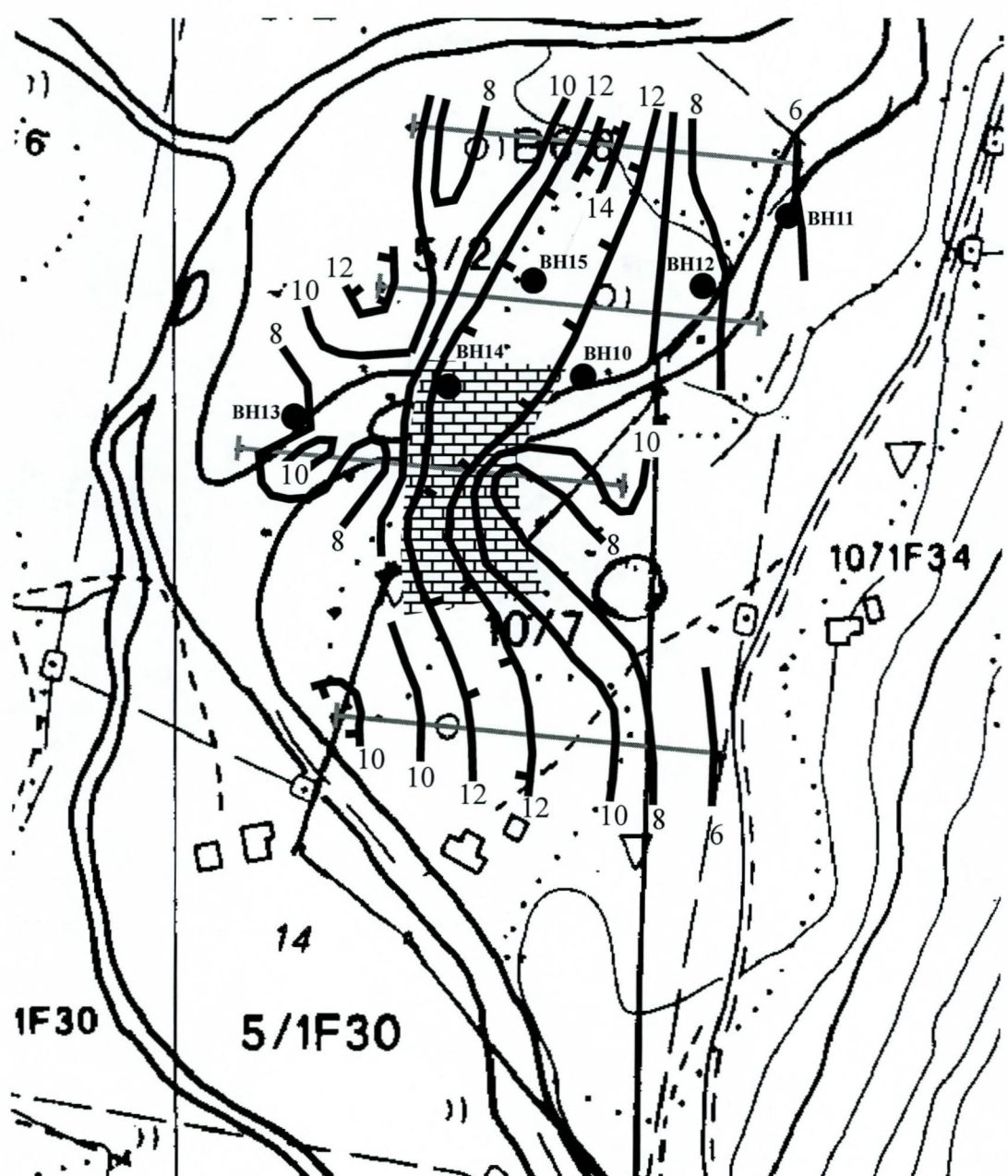
KARTBLAD NR  
2436 III



BH13 ● Borhullsplassering (1997)

NGU/BÅTSFJORD KOMMUNE PROFIL- OG BORHULLSPASSERINGER, OMRÅDE NORD <b>BÅTSFJORD</b> BÅTSFJORD KOMMUNE, FINNMARK	MÅLESTOKK	MÅLT JFT/JSR	1997
	1:2000	TEGN EM	Okt. -97
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 97.152-02	KARTBLAD NR 2436 III	

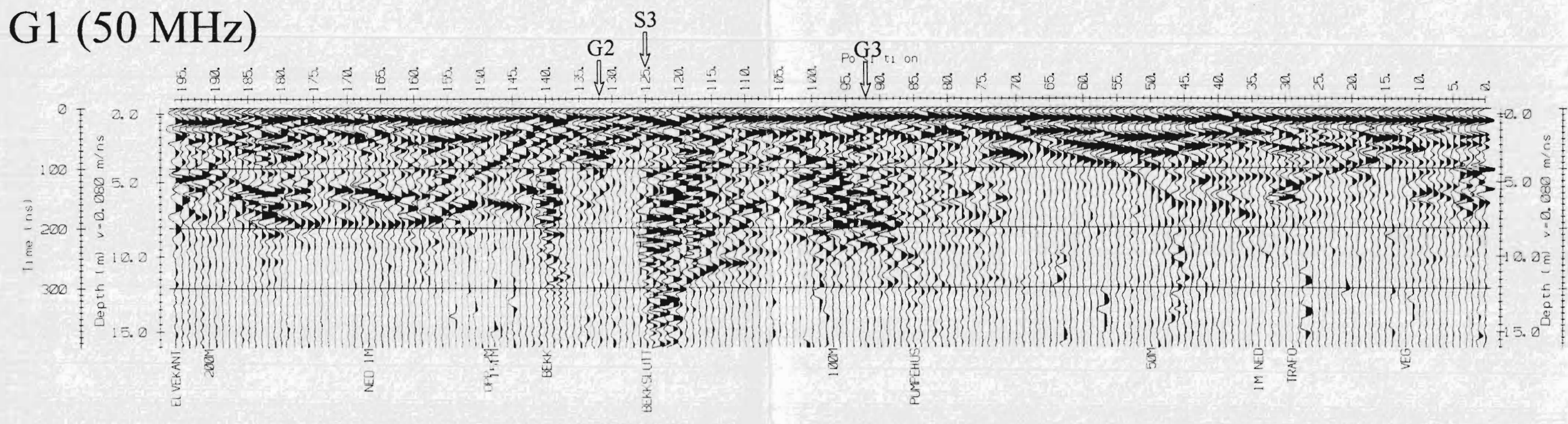




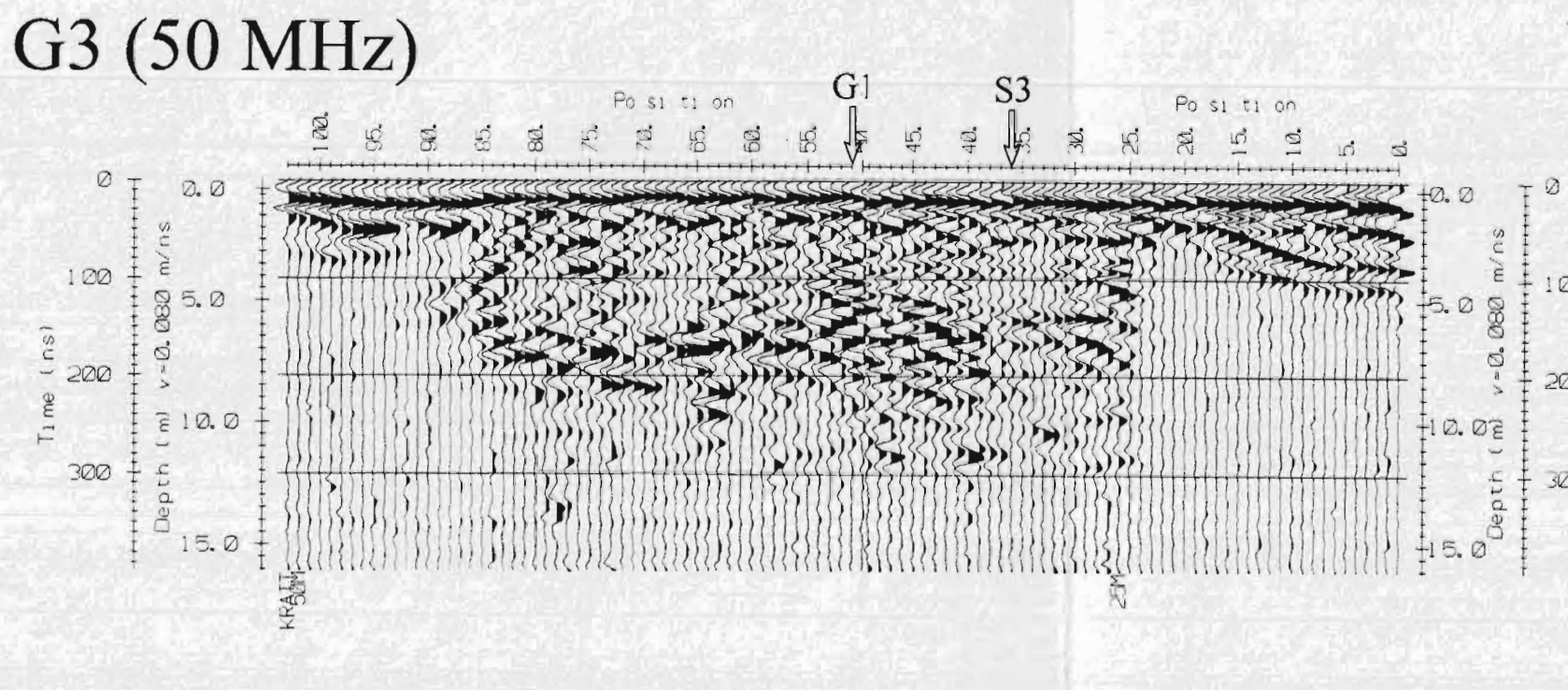
NGU/BÅTSFJORD KOMMUNE DYP TIL FJELL UNDER GRUNNVANN. SONE MED STØRST GEORADARPENETRASJON. OMRÅDE NORD <b>BÅTSFJORD</b> BÅTSFJORD KOMMUNE, FINNMARK	MÅLESTOKK 1:2000	MÅLT JFT/JSR	1997
		TEGN EM	Okt. -97
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 97.152-04	KARTBLAD NR 2436 III	



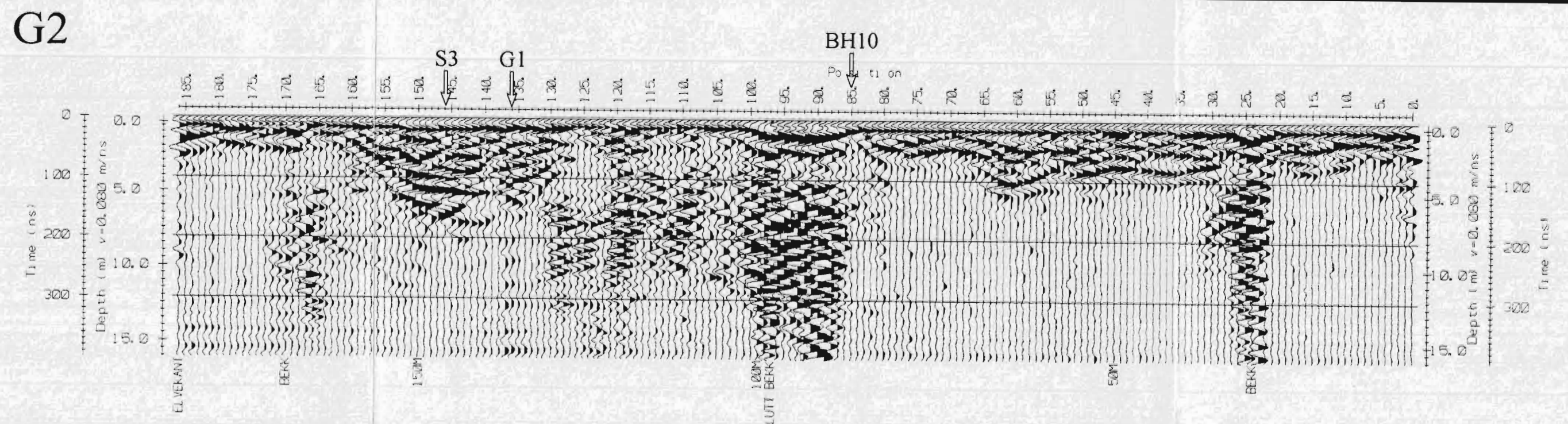
G1 (50 MHz)



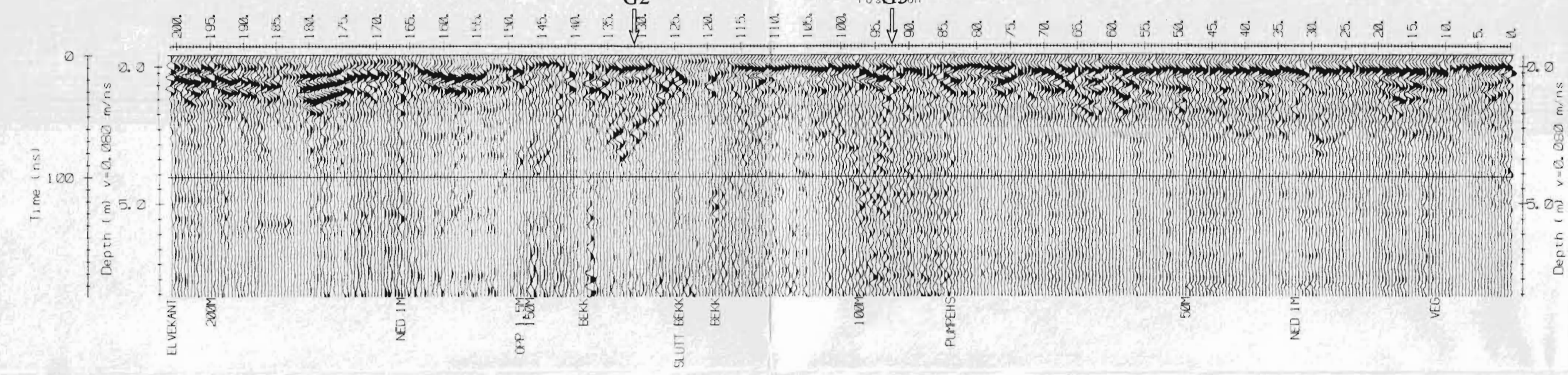
G3 (50 MHz)



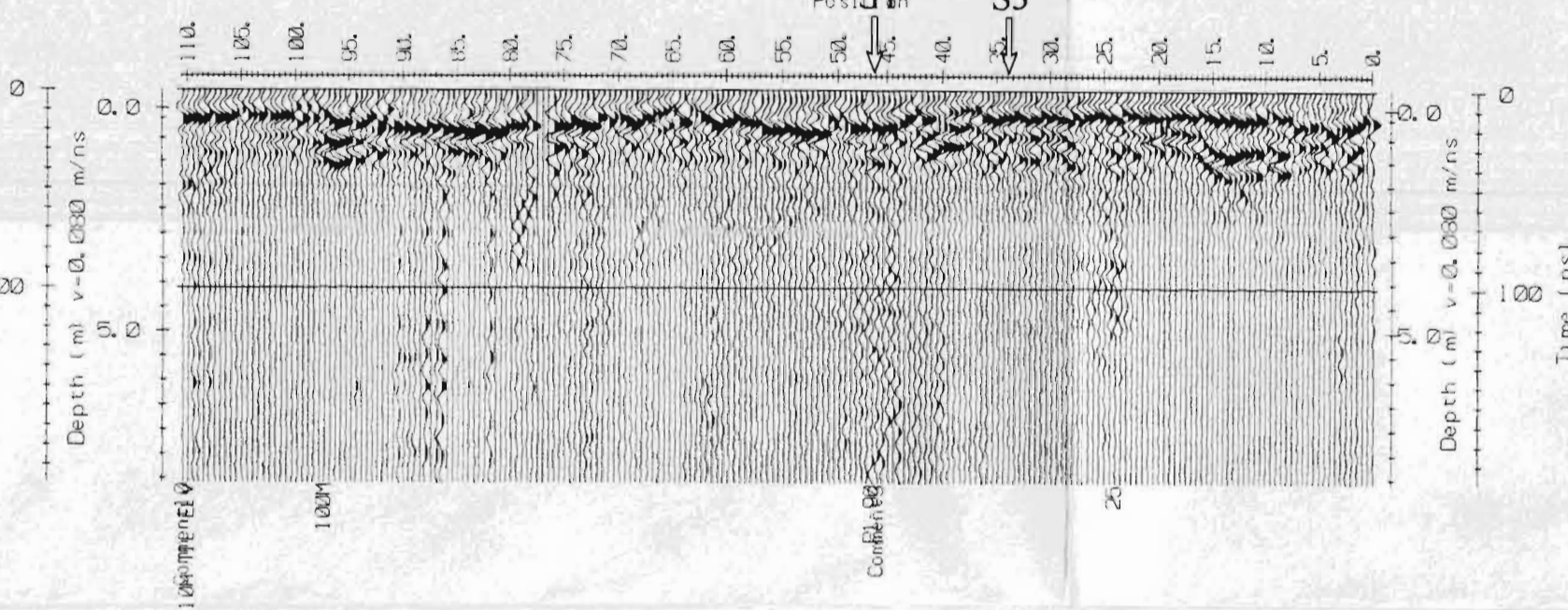
G2



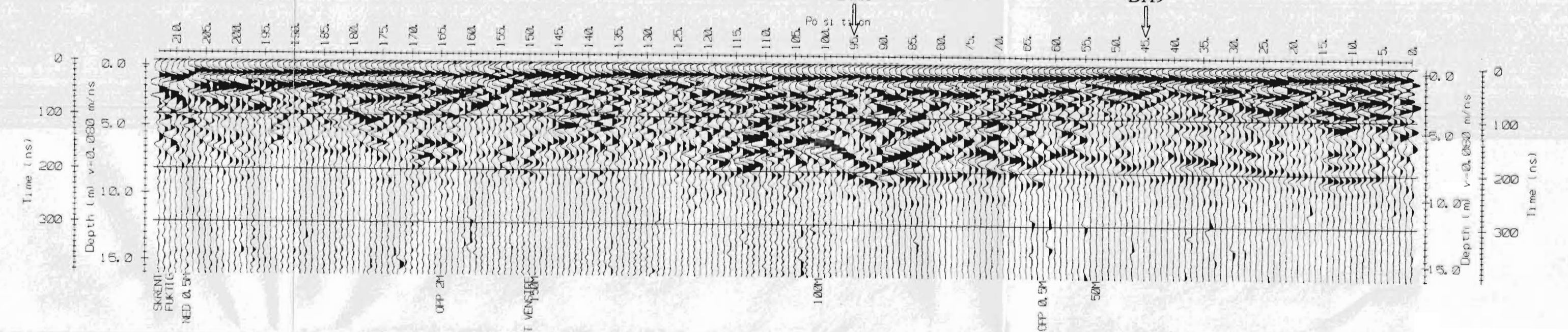
G1 (200 MHz)



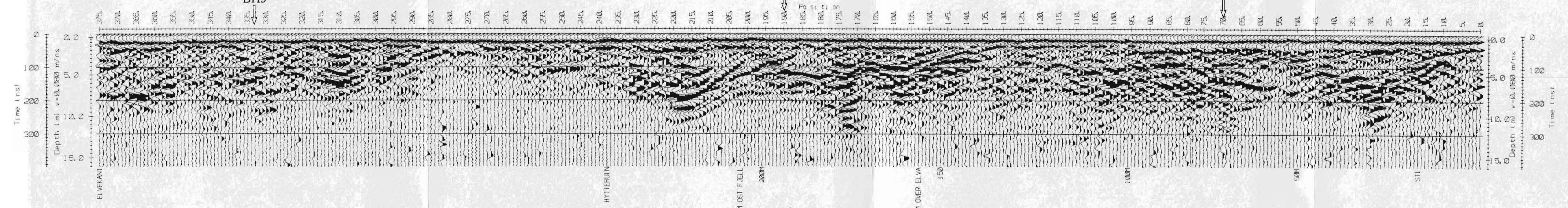
G3 (200 MHz)



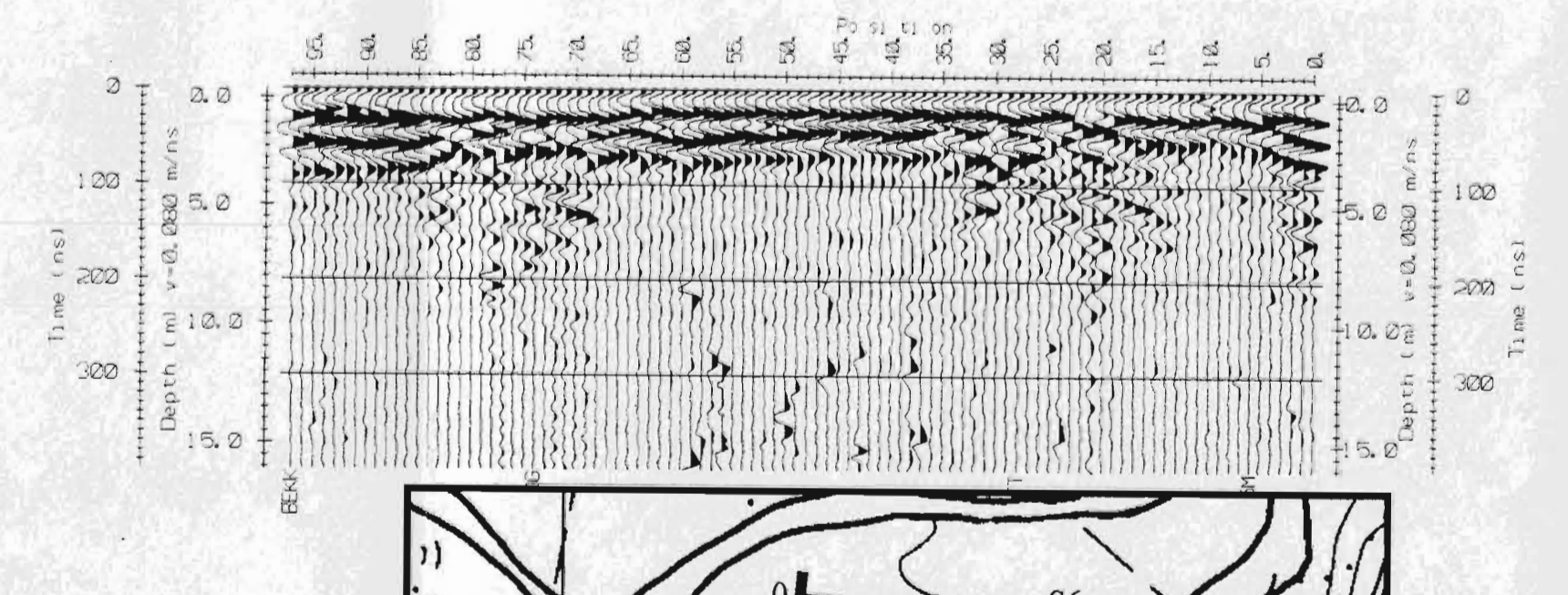
G4



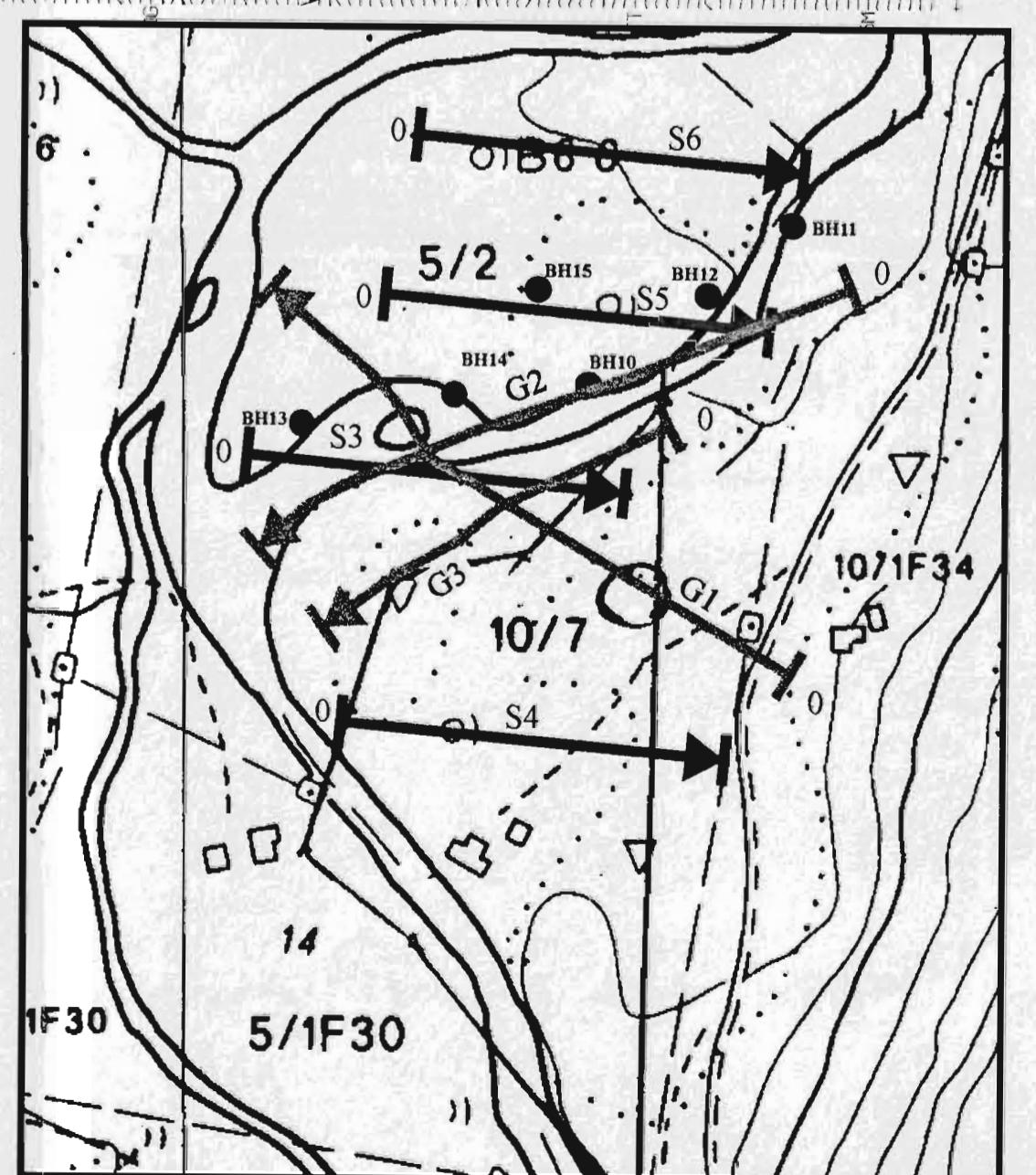
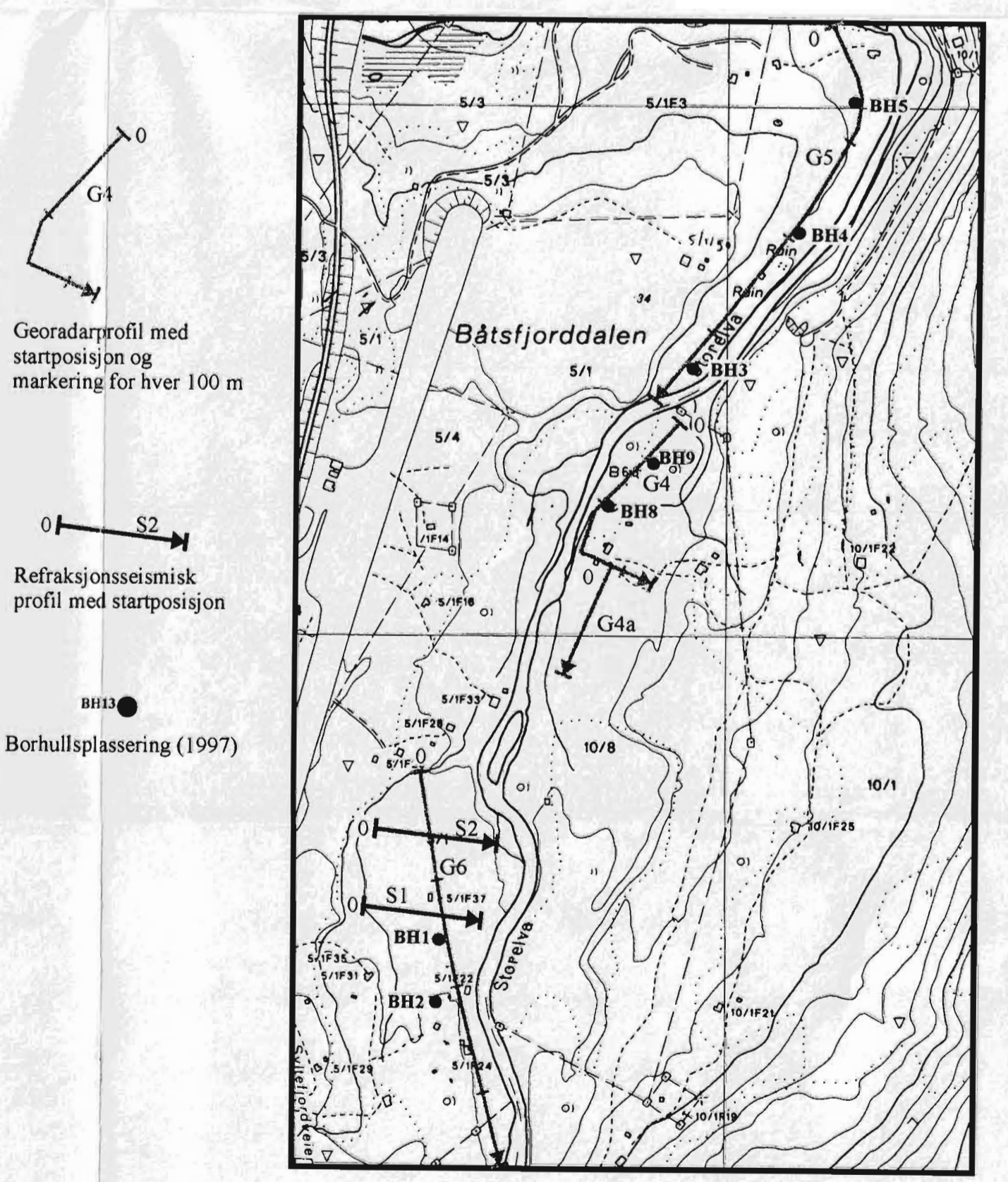
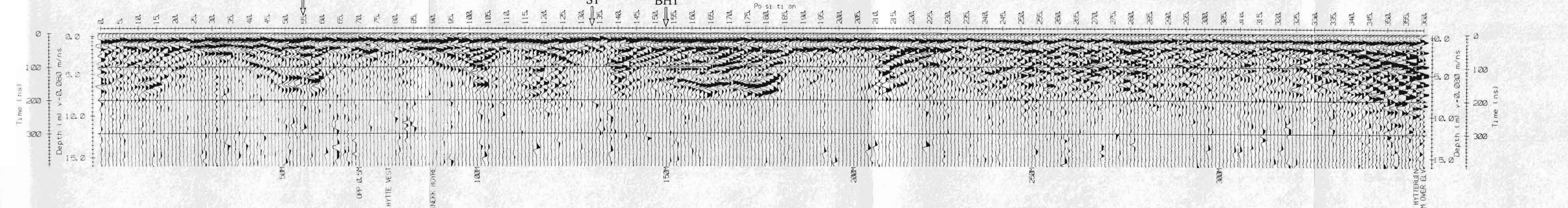
G5



G4a



G6



NGU/BÅTSFJORD KOMMUNE GEORADAROPPTAK <b>BÅTSFJORD</b> BÅTSFJORD KOMMUNE, FINNMARK NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	MÅLESTOKK	MÅLT JSR	1997
	1:2000, 1:5000 (kart)	TEGN EM	Nov. -97
	TEGNING NR 97.152-05	TRAC	KER
		KARTBLAD NR	2436 III