

NGU Rapport 97.050

Geofysiske undersøkelser. Bruddsoner og  
grunnvann i Sunnfjord.

Rapport nr.: 97.050		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Geofysiske undersøkelser. Bruddsoner og grunnvann i Sunnfjord.			
Forfatter: Harald Elvebakk og Torleif Lauritsen		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke: Sogn og Fjordane		Kommune: Førde og Askvoll	
Kartblad (M=1:250.000) Florø		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1217 IV Bygstad, 1218 III Naustdal, 1117 I Dale	
Forekomstens navn og koordinater: Hesjedalen 32V 3296 68238 Holmedal 32V 2965 67095		Sidetall: 30	Pris: 210,-
Feltarbeid utført: 10.10 - 16.10.96		Rapportdato: 30.05.97	Prosjektnr.: 2685.00
		Ansvarlig: <i>Jens S. Rønnvåg</i>	
Sammendrag:			
<p>I forbindelse med NGU prosjektet "Bruddsoner og grunnvann i Sunnfjord" er det gjort geofysiske undersøkelser for å kartlegge sprekker i fjell. Benyttede metoder har vært VLF, elektrisk profilering og georadar.</p> <p>I Hesjedal i Førde kommune ble en hovedsprekkesone indikert både ovenfor og nedenfor en nylig anlagt søppelfylling. Sonen følger dalbunnen oppover mot fyllingen og dreier i nordvestlig retning ovenfor fyllingen. Indikasjoner sør for Storehaugen ca 500 m nedenfor fyllingen ser også ut til å representere sprekkesoner. Utstrekningen av disse er ikke kartlagt.</p> <p>I Holmedal i Askvoll kommune indikerte VLF-målingene en utholdende sone i en bekkedal. Sonen kan være vannførende. Flere soner i nordøst-sørvestlig retning ble indikert som lavmotstandssoner med elektriske motstandsmålinger. Det er usikkert om disse representerer vannholdige sprekkesoner eller variasjoner i løsmassedekket tykkelse og ledningsevne. Georadarmålingene viste generell høy refleksivitet som tyder på variasjoner i vanninnholdet i berggrunnen som igjen kan bety oppsprukket fjell. Flere reflektorer som kan representere sprekkesoner ble indikert. En sone i nordvestre hjørne av måleområdet ble indikert på flere profiler og synes interessant for videre oppfølging (boring).</p>			
Emneord: Geofysikk	Sprekkesone	Grunnvann	
Georadar	Elektrisk måling		
Elektromagnetisk måling		Fagrapport	

## INNHold

1. INNLEDNING.....	4
2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE .....	4
2.1 VLF .....	4
2.2 Georadar .....	5
2.3 Elektrisk profilering, gradient.....	5
3. RESULTATER.....	6
3.1 Hesjedalen .....	6
3.1.1 VLF .....	6
3.1.2 Elektrisk profilering, gradient.....	7
3.1.3 Georadar.....	7
3.2 Holmedal .....	11
3.2.1 VLF .....	11
3.2.2 Elektrisk profilering, gradient.....	12
3.2.3 Georadar.....	13
4. KONKLUSJON.....	15
5. REFERANSER.....	17

## TEKSTBILAG

Tekstbilag 1: VLF-metodebeskrivelse

Tekstbilag 2: Georadar-metodebeskrivelse

Tekstbilag 3: Elektrisk profilering (gradient), metodebeskrivelse

## DATABILAG

Databilag 1: VLF-kurver, profil 1 og 2, Hesjedal

Databilag 2: VLF-kurver, profil 3 og 4, Hesjedal

Databilag 3: Tilsynelatende motstand, profil 2, Hesjedal

Databilag 4: VLF-kurver, profil 1 og 2, Holmedal

Databilag 5: VLF-kurver, profil 3 og 4, Holmedal

Databilag 6: Tilsynelatende motstand, profil 5, Holmedal

Databilag 7: Tilsynelatende motstand, profil 6, Holmedal

Databilag 8: Tilsynelatende motstand, profil 7, Holmedal

## KARTBILAG

97.050-01	Oversiktskart
-02	Tolkningskart, Hesjedal
-03	Georadaropptak, Hesjedal (P2)
-04	Georadaropptak, Hesjedal (P1)
-05	Georadaropptak, Hesjedal (P3A, P3B)
-06	Georadaropptak, Hesjedal (P4)
-07	Tolkningskart, Holmedal
-08	Georadaropptak, Holmedal (P5, P6, P7)

## **1. INNLEDNING**

Som en del av prosjektet «Bruddsoner og grunnvann i Sunnfjord» har NGU gjort geofysiske undersøkelser i to områder. I Hesjedalen i Førde kommune ble det gjort geofysiske bakkemålinger for å kartlegge sprekker og sprekkesoner i forbindelse med etablering av en større søppelfylling. Søppelfyllingen ligger øverst i en dal med avrenningsområde nedover dalen mot sjøen. Hele dalbunnen er dekket av løsmasser, og det ble målt både ovenfor og nedenfor fyllplassen. I Holmedal i Askvoll kommune var hensikten med de geofysiske målingene å kartlegge sprekker i fjell i et utvalgt område som statistisk sett skulle gi høye brønnytelser med tanke på uttak av grunnvann. (Braathen 1997 og Braathen og Henriksen 1997). De statistiske vurderingene var basert på tolkning av lineamenter (satelittbilder, topografiske kart), kartlegging av sprekker, brønndatabasen (forholdet mellom avstand fra lineament til brønn og vanngiverevne) og betydningen av bergspenninger. (Hansen 1996 og Midtbø 1996). Området var forholdsvis flatt med lite overdekke og lett tilgjengelig. Undersøkelsen skulle danne grunnlaget for utvelgelse av en rekke brønnpunkter.

Målingene ble utført i perioden 10.10 - 16.10.96 av Torleif Lauritsen og Harald Elvebakk.

## **2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE**

De geofysiske metodene som ble benyttet var VLF, georadar og elektrisk profilering (gradient). En metodebeskrivelse av de ulike metodene er gitt i tekstbilag 1, 2 og 3. Alle profiler ble stukket med målebånd og kompass. Stikker ble satt ned for hver 25 m. Disse ble fjernet etter måling der profilene gikk over dyrket mark.

### **2.1 VLF**

VLF-målingene ble utført som dipvinkelmålinger med NGUs egenproduserte mottaker. Både i Hesjedal og Holmedal ble den britiske stasjonen GYD benyttet. Målepunktavstand var 12,5 m med innrykk til halve avstand ved passering av anomale soner.



## 2.2 Georadar

Georadarmålingene ble utført med pulseEKKO 100 (Sensors & Software Inc, Canada). Samplingsintervall var 1,2 ns. Tabell 1 viser en oversikt over alle målte profiler med sted, lengde, opptakstid og kartbilagsnummer. Antenneavstand var 1 m og flyttavstand var 0,5 m. Antenne senterfrekvens var 50 Mhz, og det ble benyttet en sender på 1000 V. Det ble foretatt 32 summerte registreringer (stacks) i hvert målepunkt. Alle profiler er prosessert med Gain type SEC. Hvert profil er prosessert både med og uten «trace differencing» (TD). TD er en filtreringsprosess som forsterker skrå hendelser langs profilet samtidig som horisontale utholdende reflektorer blir dempet.

Det ble målt totalt 1,8 km fordelt på 8 profiler. Reelle lengder av profiler (målt på kart) kan være noe forskjellig fra lengder (posisjoner) angitt over georadaropptakene pga. mulig tilfeldig eller systematisk feil i flyttavstand ved utførelsen av målingene. For enkelte profiler er det markert for hver 100 profilmeter. Kommentarer under opptakene er med på å stedfeste profilene i forhold til terrenget. I tillegg er stikkene for hver 25 m angitt på denne kommentarlinjen.

Alle opptakene er terrengkorrigert der det er benyttet kart i målestokk 1:5000 (ekvidistanse 5 m) som grunnlag for høydeavlesning. Ved utskrift av opptakene er det gjennomsnitt langs traser for å redusere høyfrekvent støy.

**Tabell 1. Målte georadarprofiler.**

Profil	Sted	Lengde (m)	Opptakstid (ns)	Kartbilag nr.
P1	Hesjedal	298	1200	-04
P2	Hesjedal	300	1200	-03
P3A	Hesjedal	159	1200	-05
P3B	Hesjedal	78	1200	-05
P4	Hesjedal	359	1200	-06
P5	Holmedal	219	1200	-08
P6	Holmedal	190	1200	-08
P7	Holmedal	228	1200	-08

## 2.3 Elektrisk profilering, gradient

De elektriske motstandsmålingene ble utført med ABEM Terrameter SAS 300 og et kabelsystem for gradient elektrodekonfigurasjon med faste strømelektroder. Avstand mellom potensialelektrodene var 5 m. Et utlegg dekket totalt 180 m. Strømelektrodene ble plassert 40

- 50 m ut fra ytterste potensialelektrode på hver side av utlegget. Avstanden mellom strømelektrodene ble da ca 270 m. Med så stor avstand mellom strømelektrodene vil strømmen trenge dypt ned i bakken. Målingene blir dermed mindre påvirket av variasjoner i overdekkets ledningsevne og tykkelse enn med et måleopplegg der en flytter med seg strømelektroden(e) som ved pol-dipol eller dipol-dipol. En har dermed større sjanse for å detektere ledende sprekkesoner under overdekket.

### **3. RESULTATER**

Resultatene fra VLF og gradientmålingene er presentert som kurveplott i databilag og som tolkningskart i kartbilag -02 og -07. Georadaropptakene er presentert i kartbilag -03 til -06 og -08 som også viser profilenes plassering.

#### **3.1 Hesjedalen**

##### **3.1.1 VLF**

Resultatene fra VLF-målingene i Hesjedalen er vist som kurveplott i databilag 1 og 2. Det ble målt fire profiler, to ovenfor og to nedenfor søppelfyllingen, på til sammen 1,4 km. Profilenes plassering er vist på tolkningskart, kartbilag -02. Målingene på profilene P1 og P2, databilag 1, ble sterkt forstyrret av en kraftlinje som krysset begge profilene. Et metallgjerde forstyrret i tillegg målingene på P1 ved koordinat 50. To ledende soner indikeres på begge profilene. Anomalien er sterkest på det nordligste profilet, P2, hvor sonene indikeres ved koordinat 55 og 95. På P1 indikeres de samme (?) sonene ved koordinat 95 og 137. Dersom det er sammenheng mellom sonene blir retningen nord-nordvestlig, N340<sup>0</sup>. Retningen stemmer bra med en markert forsenkning (dal) i terrenget sett mot nordvest. En meget svak indikasjon observeres ved koordinat 320. Som VLF-anomalier er indikasjonene svake og skyldes trolig sprekkesoner.

Profil 3 startet ca 150 m sør for Storhaugen noen hundre meter nedenfor søppelfyllingen, og ble målt på tvers av dalen i vest-østretning. Databilag 2 (øverst) viser resultatet. En kraftlinje ved koordinat 160 forstyrrer målingene i et område på minst 100 m. To svake anomalier observeres ved ca koordinat 30 og 45 som trolig representerer sprekkesoner. Lengst øst på profilet i bunnen av dalen indikeres en sone like nedenfor vegen ved koordinat 320, mens en annen sone indikeres ved bekken (Roteneselva) helt i dalbunnen ved koordinat 345. Bekken i

dalbunnen følger en sprekkesone som går helt ned til fjorden. Den samme sonen indikeres også på profil 4, databilag 2 (nederst). P4 ble målt like nord for gården Rotenesabakke i øst-vestretning på tvers av dalen. Sonen indikeres 15 - 20 m øst for Roteneselva ved koordinat 345. Tolkning av kurveformen indikerer et dyp til sonen på 25 - 30 m, dvs. der sonens elektriske ledningsevne er best. Dersom sonen har utgående i elva, kan dette indikere at sonen faller mot øst. Vest for elva er det ikke mulig å tolke måledata pga. flere kraftlinjer og gjerder. Tolkningskartet, kartbilag -02, viser observerte VLF-anomalier og indikerte sprekker. Det er stor sannsynlighet for at sprekkesonen fortsetter fra P3 til P1 og P2, dvs. under søppelfyllingen.

### 3.1.2 Elektrisk profilering, gradient

Elektrisk profilering med gradient utlegg ble gjort bare på ett profil, P2. Databilag 3 viser hvordan den tilsynelatende elektriske motstanden varierer langs profilet. Det er store variasjoner i motstanden, men en sone med tydelig lavere motstand enn gjennomsnittet langs profilet observeres ved koordinat 80 - 100. Her går motstandsverdiene ned i 300 - 400 ohmm. Gjennomsnittet langs profilet er 2500 - 3000 ohmm med topper på 4500 - 5000 ohmm. Noen av variasjonene skyldes nok variasjoner i overdekkets tykkelse og ledningsevne, men lavmotstandssonen mellom koordinat 80 og 100 skyldes trolig samme sprekkesone som ble indikert med VLF, og indikasjonene faller også sammen. I tillegg indikeres en grop i fjelloverflaten på samme sted som kan representere utgående av en sprekkesone. En lavmotstandssone ved 225 - 250 faller også sammen med en grop i fjelloverflaten, men VLF-målingene forstyrres av kraftlinjen i dette området. De fleste lavmotstandssonene faller forøvrig sammen med groper i fjelloverflaten indikert med georadar, se databilag 3 og kap. 3.1.3.

### 3.1.3 Georadar

Alle fire profilene ble målt med georadar. Pga. tett skog og bratt terreng ble profil P3 delt opp i en vestre (P3A) og en østre (P3B) del. Ved dybdekonvertering av data er det valgt en EM-bølgehastighet på 0,12 m/ns som er vanlig for massivt fjell. Løsmasser, og spesielt vannholdige løsmasser, kan ha betydelig lavere hastighet og dybden til fjell lest direkte fra plottene kan derfor være feil. En lavere hastighet vil gi et mindre dyp. Med en hastighet på 0,06 m/ns vil f.eks dypet bli det halve av avlest dyp på plottet. De angitte dyp i teksten er tolket ut fra antatt løsmassehastighet som er mindre enn 0,12 m/ns (0,06 - 0,08 m/ns) og

stemmer derfor ikke med det som kan leses av på plottet. Der det er lite overdekke vil dypet bli riktig til eventuelle strukturer i fjell.

## P2

Georadaropptak og profilplassering er vist i kartbilag -03. Profilet ble målt langs samme trase som ved VLF- og gradientmålingene med start ved koordinat 25. Tolkninger refereres til samme stikningsnett som ved VLF og de elektriske målingene. Koordinatene er angitt nederst på georadarplottene. Hele området langs profilet har i hovedsak tynt overdekke med fjell i dagen flere steder. Penetrasjonen varierer noe langs profilet, men er jevnt over bra, 20 - 30 m. Reflektiviteten langs profilet er høy og kan tyde på strukturer i fjell med varierende vanninnhold, men det er vanskelig å identifisere tydelige reflektorer som en med sikkerhet kan si skyldes sprekker. Groper og søkk i fjelloverflaten kan skyldes utgående av sprekkesoner under overdekke, og i noen tilfeller faller slike sammen med VLF-anomalier og områder med lav tilsynelatende elektrisk motstand. Fra koordinat 25 - 55 øker dypet til fjell fra ca 1 m til ca 4 m. Dette avspeiler en forsenkning i fjelloverflaten. Deretter stiger fjelloverflaten fram til koordinat 75 hvor fjellet nesten går i dagen. En annen forsenkning i fjelloverflaten indikeres mellom koordinat 90 og 100 med et dyp på 1 - 3 m i koordinat 95. Begge disse gropene i fjelloverflaten faller sammen med VLF-anomaliene på profil 2. Forsenkningen mellom koordinat 90 og 100 faller også sammen med lavmotstandssonen indikert ved de elektriske målingene. Videre østover langs P2 indikeres en forsenkning i fjelloverflaten mellom koordinat 150 og 175 (2 - 3 m dyp) og mellom 230 og 255 (2 - 3 m dyp). Lengst øst på profilet mellom koordinat 312 og 330 observeres en markert grop (3 - 4 m dyp). Alle de observerte gropene i fjelloverflaten med dertil økende løsmasseykkelse kan korreleres til områder med nedgang i den tilsynelatende elektriske motstand. Det er imidlertid bare området ved koordinat 90 til 100 som gir VLF-anomali. Det er derfor grunn til å tro at denne sonen er en utholdende sprekkesone.

Prosessering med trace differencing viser heller ikke strukturer som en med sikkerhet kan si indikerer sprekkesoner. En mulig reflektor indikeres med utgående ved koordinat 95 og fall vestover til koordinat 50, nivå 233 m.o.h.. I området mellom posisjon 250 og 290 observeres en mengde skrå reflektorer med fall både mot øst og mot vest. Det er usikkert om dette skyldes strukturer grunnet oppsprukket fjell, eller om det er en effekt av prosesseringen hvor effekten av horisontale hendelser dempes. Mest interessant er en reflektor i østre kant av en indikert grop (se foran) ved koordinat 330 med fall vestover. En del av disse strukturene observeres imidlertid også uten trace differencing. Som nevnt foran er penetrasjonen bra med refleksjoner som opptrer langs hele profilet. Noen refleksjoner kan skyldes hendelser som gjentar seg (multipler). Oppsprukket (forvitret) fjell med vekslende vanninnhold vil gi god refleksjon, mens homogent tett fjell vil gi få refleksjoner.

### P1

Profilen ble målt 100 m sør for P2 og opptakene og profilplassering er vist i kartbilag -04. Penetrasjonsdyppet varierer langs profilen fra ca 20 m til 35 - 40 m. Dyppet til fjell kan bestemmes for mesteparten av profilen. Fra koordinat 0 til 50 ser en imidlertid hverken fjelloverflaten eller strukturer som kan tyde på sprekker. Mellom koordinat 77 og 102 observeres en liten forsenkning i fjelloverflaten under løsmassene. Forsenkningen faller sammen med vestligste VLF-anomali, og kan representere samme sprekkesone som på P2. Retningen faller sammen med et søkk i terrenget mot nordvest, jfr. tolkning under VLF. Videre østover langs profilen ligger fjelloverflaten trolig grunt, men fra koordinat 220 til 255 øker dyppet til 6 - 7 m. Fra koordinat 268 stiger fjelloverflaten igjen fram til koordinat 293 hvor dyppet er 1 - 2 m. Målingene avspeiler i dette området en meget tydelig forsenkning i fjelloverflaten. Massene over fjell i dette området består av myr (tildels våt) i dagen. Forsenkningen kan representere utgående av en bred sprekkesone, men penetrasjonen i fjell under forsenkningen er liten og en ser ikke reflektorer som kan representere sprekker. Det er ikke mulig å si om forsenkningen (evt. sprekkesone) gir VLF-anomali da VLF-målingene ble sterkt påvirket av kraftlinjen i dette området.

### P3

Profilen startet ved en traktorveg ca 150 m sør for Storhaugen og ble målt østover på tvers av dalen. Georadaropptak og profilplassering er vist i kartbilag -05. Pga. bratt terreng og tett skog ble profilen delt i en vestre (P3A) og en østre (P3B) del. Også på dette profilen ser det ut som om det er markerte variasjoner i dyppet til fjelloverflaten (forsenkninger, grop) som kan ha størst betydning for eventuell opptreden av sprekker. På den vestligste delen, P3A, er penetrasjonen jevnt god, 25 - 30 m. En grop i fjelloverflaten observeres mellom koordinat 22 og 42. Dyppet ned til bunnen av gropen er 3 - 4 m. To tydelige VLF-anomalier opptrer ved ca koordinat 30 og 40. Ved trace differencing kan en se skråstilte reflektorer under gropen. Alt dette kan tyde på at det går en sprekkesone i dette området. Fra koordinat 40 til 135 er det lite å tolke fra georadaropptakene bortsett fra at fjellet trolig ligger meget grunt. Fjell ble også observert i dagen, f.eks. ved koordinat 68. Fra koordinat 135 til 155 opptrer nok en grop i fjelloverflaten med et dyp på 4 - 5 m. Ved trace differencing indikeres en skrå refleksor som faller østover fra koordinat 125 (dagnær) til ca posisjon 145 (ca 20 m dyp). Pga. kraftlinje og gjerde er VLF-målingene verdiløse i dette området.

Den østlige del av profilen, P3B, ble målt i bunnen av dalen fra den nye vegen og østover et stykke opp i ura på den andre siden av bekken. På dette profilen er det ikke mulig å se fjelloverflaten. Om dette skyldes stort dyp er vanskelig å si. En god del finmasser ble observert i bekken noe som kan minske penetrasjonen som er ca 20 m vest for bekken og øker noe på østsiden. I området ved bekken (ca koordinat 340) indikeres flere nesten horisontale reflektorer som kan avspeile lagdeling i sedimenter som er avsatt i dalbunnen. Uregelmessigheter i opptaket ved bekken skyldes at bekken var gravd ned i løsmassene med

bratte kanter på sidene. Dette kan gi siderefleksjoner som f.eks. ved koordinat 340 nivå 450 m.o.h. der en reflektor tilsynelatende faller både mot vest og øst.

#### P4

Profilen ble målt like nord for gården Rotenesbakke i øst-vestretning og krysset elva i dalbunnen. Kartbilag -06 viser georadaropptak og profilplassering. Fra koordinat 0 til 130 er penetrasjonen god, ca 35 m. Tolkningen er meget usikker i dette området. Refleksjonsmønsteret er meget kaotisk og det er ikke mulig å identifisere hendelser som kan representere sprekkesystemer. Fra koordinat 0 til ca 70 ligger fjelloverflaten trolig grunt, og fjell ble observert i dagen ved koordinat 47 og 68. Fra koordinat 68 kan det se ut som om dypet til fjell øker fram til ca koordinat 105 der dypet kan være 7 - 8 m. Fram mot koordinat 125 stiger fjelloverflaten igjen og fjell ble observert i dagen ved koordinat 133. Fra koordinat 133 minker penetrasjonsdypet sterkt og er ca 10 m ved koordinat 150. Dette skyldes trolig at profilen her går over dyrket mark med økende elektrisk ledningsevne i toppdekket pga. gjødsling. Penetrasjonsdypet holder seg forholdsvis lite fram til dalbunnen, men med områder der det stedvis kan være ca 20 m som mellom koordinat 225 og 260. Fjellreflektoren er vanskelig å følge fra posisjon 133, men den ligger trolig grunt. Fra koordinat 180 går den muligens ned til ca 6 m dyp (meget usikker). Fra koordinat 253 og ned til elva ved ca koordinat 325 indikeres flere reflektorer parallelle med terrengoverflaten. En av disse kan representere fjelloverflaten på ca 6 m dyp. I dalbunnen kan en indikert reflektor mellom koordinat 325 og 340 på 10 - 15 m dyp representere fjelloverflaten. Dens videre forløp øst for elva oppover dalsiden (delvis ur) er nesten umulig å bestemme. Flere reflektorer indikeres tilnærmet parallelle med terrengoverflaten, men det er usikkert om noen av disse representerer fjelloverflaten.

Med trace differencing indikeres flere parallelle reflektorer med utgående ved ca koordinat 165 med fall vestover til koordinat ca 90 og høyde 170 - 175 m.o.h.. Hendelsen er ikke sammenhengende i hele dette området (er meget usikker), men de kan representere et sprekkesystem. I dalbunnen kan en se 2 - 3 reflektorer med svakt fall østover og utgående i eller ved elva. Den østligste kan følges ned til kote 163 m.o.h. ved koordinat 400. Dersom dette er sprekker i fjell, stemmer det dårlig med tolkningen foran hvor fjelloverflaten er indikert på 10 - 15 m dyp under elvenivå. Tolkningen på østlige del av P4 må derfor sies å være meget usikker. En kombinasjon med refraksjonsseismikk og elektrisk sondering vil gi en mye sikrere tolkning av tykkelsen på til løsmassene.

#### Oppsummering

Georadarmålingene i Hesjedalen har i få tilfeller indikert reflektorer som direkte representerer sprekkesoner. Det som synes å ha størst betydning er indikerte groper eller forsenkninger i fjelloverflaten under løsmasseoverdekket. Disse kan representere utgående av sprekker eller svakhetssoner, spesielt der disse faller sammen med VLF-anomalier og lav tilsynelatende elektrisk motstand. Slike observasjoner er gjort flere steder og synes å stemme bra med de

hovedsprekker en vet forekommer i området. Databilag 3 viser en sammenstilling av resultatene fra de elektriske målingene og indikerte groper i fjelloverflaten på profil 2. Lavmotstandsområder kan i tillegg til å indikere sprekker også ha sammenheng med økende løsmassemekthet med mindre innflytelse av fast fjell som har høy motstand. Kartbilag -02 viser en sammenstilling av VLF-anomalier, indikerte lavmotstandssoner og indikerte groper i fjelloverflaten under løsmasseoverdekket.

## 3.2 Holmedal

Det undersøkte området i Holmedal i Askvoll kommune ligger på østsiden av Bakkeelva ved Grotmulen. Området består av dyrket mark og beiteland og er lett tilgjengelig både for målinger og boringer. Hensikten med de geofysiske målingene var å kartlegge utgående og utholdenhet av sprekkesoner i berggrunnen. Resultatene skulle danne grunnlaget for plassering av grunnvannsbrønner.

### 3.2.1 VLF

Det ble målt fire VLF-profiler som dannet ytre begrensnig av det undersøkte området. Profilenes plassering er vist i kartbilag -07 som også viser indikerte sprekker tolket fra VLF, elektrisk profilering og georadar. Profilenes lengde er 400 - 450 m. Målepunktavstand var 12,5 m med innrykk til halve avstand ved anomale soner.

P1 og P2 ble målt i nord-sør-retning. Resultatene er vist som profilplott i databilag 4. Flere gjerder og en kraftlinje forstyrret målingene på begge profilene. Dette er angitt på plottene og kommenteres ikke nærmere her. På P1 indikeres to svakt ledende soner ved koordinatene 270 og 300. Sonene indikeres i en bekkedal og kan skyldes sprekkesoner. På P2 indikeres en sone ved koordinat 365. Dette kan være samme sone som ble indikert på P1. Dette bekrefte av resultatene på profil P3, databilag 5, hvor en sone indikeres i den samme bekkedalen som på P1, men noe lenger sørvest ved koordinat 262. Indikasjonen på alle tre profilene faller på en tilnærmet rett linje og kan representere en sprekke med retning  $N60^{\circ}Ø$ . Hovedsprekkesonen som Bakkeelva følger gir ingen anomali. Den manglende anomali kan imidlertid skyldes at den drukner i påvirkning fra kraftlinjer. På profil P4, ca 500 m lenger nord, indikeres imidlertid hovedsprekkesonen tydelig i elva ved koordinat 62, se databilag 5 (nederst). En meget svak anomali (reell-komp.) observeres ved koordinat 205 ved kryssing av en bekk. Imaginærkomponenten gir en tydelig anomali over samme sone og har samme fortegn (kurven faller i samme retning) som reellkomponenten. Dette er et fenomen som ofte

observeres ved kryssing av sprekkesoner. Sprekker i fjell har dårlig ledningsevne i forhold til malmer, kraftlinjer etc. som vanligvis gir en imaginærkomponent med motsatt fortegn i forhold til reellkomponenten. Også ved kryssing av vegen ved koordinat 325 observeres en anomali av samme type. Anomaliene ved koordinat 205 og 325 kan representere fortsettelsen av to lavmotstandssoner indikert ved de elektriske målingene, se kartbilag -07.

For at en sprekkesone i fjell, som har forholdsvis dårlig ledningsevne, skal gi VLF-anomali, må sonen være utholdende i lengderetningen. Den indikerte sonen i omtalte bekkedal er trolig utholdende med muligheter for å samle interessante vannmengder mht. grunnvannsuttak. Sonen er et mulig boreobjekt.

### 3.2.2 Elektrisk profilering, gradient.

Elektrisk profilering ble utført langs profilene P5, P6 og P7, se plassering på kartbilag -07. Profilkurvene, som viser variasjonen i den tilsynelatende elektriske motstand langs profilene, er vist i databilag 6, 7 og 8. Under hver kurve er det vist en figur som viser variasjon i dypet til fjell (tykkelsen av løsmassene) tolket fra georadaropptakene. Indikerte sprekker er også tegnet inn. Pga. forskjellig målestokk på aksene blir ikke fallet reelt (se også kap. 3.2.3).

Den gjennomsnittlige tilsynelatende motstand langs P5 ligger i området 3000 - 3500 ohmm med topper opp mot 6000 ohmm. Dette tyder på stor innvirkning av fjellets motstand og dermed tynt løsmasseoverdekke. Et område med tydelig lavere motstand enn gjennomsnittet observeres fra koordinat 75 til 110 hvor laveste verdi er ca 1450 ohmm. Videre observeres smalere soner ved koordinat 135 - 140 og 170 - 175. Ser en på variasjonene i fjelloverflaten under overdekket, viser det seg at gropes og søkk i denne faller sammen med lavmotstandsonene. Over disse gropene er overdekket betydelig tykkere. Dette vil påvirke den tilsynelatende motstand da løsmasser vanligvis har lavere motstand enn fjell. Det er derfor grunn til å tro at de elektriske målingene i seg selv avspeiler variasjoner i løsmassetykkelsen. De indikerte gropene kan imidlertid skyldes utgående av sprekkesoner (erosjon av oppsprukket fjell).

På P6 er den tilsynelatende motstand jevnt over noe lavere enn på P5 og med avtagende motstand sørover. Soner med noe lavere motstand enn gjennomsnittet observeres ved koordinat 45, 75 - 85, 125 - 130, 160 - 170 og fra 180. Korrelasjonen til gropes i fjelloverflaten er ikke så god på dette profilet som på P5. Lengst mot sørøst øker imidlertid fjelldypet sammen med synkende motstand. Indikerte sprekkesoner ved georadarmålingene ser imidlertid ut til å falle sammen med enkelte lavmotstandssoner (se kap. 3.2.3).



På profil P7 observeres soner med lavere motstand enn gjennomsnittet ved koordinat 45 - 50, 95 - 100 og lengst sør på profilet fra koordinat 175. Den sørligste del av profilet fra koordinat 150 går over dyrket mark. I dette området øker også fjelldypet og begge disse faktorer kan gi lavere tilsynelatende motstand.

Ved å plote alle de indikerte lavmotstandssonene fra alle tre profilene kan en tolke resultatet som vist på tolkningskartet, kartbilag -07. Denne tolkningen viser tre tilnærmet parallelle lavmotstandssoner med retning N 30-40<sup>0</sup>Ø som kan representere sprekkesoner.

### 3.2.3 Georadar

P5, P6 og P7 ble alle målt med georadar. Profilene ble målt noe lenger enn ved gradientmålingene. Ved dybdekonvertering er det valgt en EM-bølgehastighet på 0,10 m/ns, da området har tynt overdekke. Løsmasser har vanligvis lavere hastighet, og angivelsen av løsmassetykkelsene er gjort ut fra en antatt lavere hastighet. Avlest dyp til fjell fra plottene vil derfor avvike noe (er større) fra det som er angitt i teksten. Georadaroptyk og profilenes plassering er vist i kartbilag -08. Opptakene er prosessert både med og uten trace differencing. Det refereres til koordinater nederst på opptakene med angivelse for hver 25 m (utsatt stikningsnett).

#### P5

Penetrasjonen langs profilet er gjennomgående bra, 20 - 25 m, men et område med mindre penetrasjon, 8 - 10 m, observeres fra ca koordinat 200. En mengde refleksjoner kan sees langs hele profilet, men det er vanskelig å se helt tydelige reflektorer som kan skyldes sprekkesoner. Fra koordinat 0 til 70 ligger fjelloverflaten grunt, ca 1 m. En gjennomgående reflektor kan muligens sees med utgående ved koordinat 75 med fall vestover. Den vestligste delen sees trolig mellom koordinat 0 og 20 mellom høyde 5 og 11 m.o.h.. Mellom koordinat 20 og 32 er penetrasjonen dårlig, men fra koordinat 32 til 38 (høyde 13 - 15), 46 til 52 (høyde 17 - 18) og 65 til 75 (høyde 23 - 26) kan trolig samme reflektor observeres. Med trace differencing indikeres en mulig reflektor med utgående ved koordinat 22 og fall østover til koordinat 40 (høyde 12). En mulig reflektor observeres også med utgående ved koordinat 42 med fall østover til ca koordinat 70 (høyde 10). Begge har utgående ved små groper i fjelloverflaten, se databilag 6 hvor reflektorene er tegnet inn som indikerte sprekker. To markerte hendelser med utgående ved koordinat -5 (fall østover) og koordinat 75 (fall vestover) er trolig siderefleksjoner i løsmasseoverdekket da det er teoretisk umulig å få så bratte reflektorer på opptaket (>45<sup>0</sup>) med umigrerte data.

Fra koordinat 75 øker dypet til fjelloverflaten betydelig og ved koordinat 100 indikeres fjell ved høyde 18 m.o.h. (5 - 6 m dyp). Deretter stiger fjelloverflaten fram mot koordinat 120, ca 1 m dyp. Denne markerte gropen i fjelloverflaten kan være utgående til en sprekkesone. En mulig reflektor indikeres like øst for denne gropen (se trace differencing) med utgående ved koordinat 123. Reflektoren faller østover til ca koordinat 145, høyde 10 m.o.h.. Mindre groper i fjelloverflaten observeres mellom 135 og 150 og mellom 167 og 180. Ingen reflektorer som kan tyde på sprekker indikeres i tilknytning til disse gropene. Alle de beskrevne gropene i fjelloverflaten indikeres som lavmotstandssoner på de elektriske målingene, se databilag 6.

#### P6

Profilet ble målt i en vinkel på  $45^{\circ}$  med P5 og med felles koordinat 50. Bortsett fra et område mellom koordinat 72 og 82 er penetrasjonen bra, 20 - 30 m. Fjelloverflaten ligger grunt langs hele profilet bortsett fra området mellom koordinat 170 og 200 der dypet øker til 3 - 4 m. På dette profilet observeres flere skrå reflektorer som kan representere sprekkesoner. Reflektorene kommer best fram med trace differencing, men de tydeligste kan også sees uten denne prosesseringsteknikken. 2 - 3 tydelige reflektorer observeres med utgående mellom koordinat 30 og 35. Reflektorene har et fall mot nordvest og observeres ved koordinat 10 på høyde 5 m.o.h., ca 20 m dyp. Utgående til disse reflektorene faller sammen med en svak lavmotstandssone, se databilag 7. Dette kan tyde på en vannholdig sprekkesone og bør være interessant for nærmere undersøkelse. Flere reflektorer indikeres mellom koordinat 25 og 35, høyde 5 til -5 m.o.h. Noen av disse kan tolkes til å være gjennomgående opp til overflaten med utgående ved ca koordinat 85 hvor det også indikeres en lavmotstandssone. På grunn av bl.a. varierende penetrasjon, observeres ikke reflektoren kontinuerlig i dette området.

I området fra koordinat 85 til 143 er penetrasjonen god og en mengde reflektorer observeres (høy reflektivitet) som kan tyde på oppsprukket fjell. Det er vanskelig å identifisere enkeltstående sprekkesystemer, men en reflektor fra koordinat 87, høyde -4 m.o.h., til ca 105, høyde 15 m.o.h. kan imidlertid representere en sprekkesone. En annen tydeligere reflektor observeres fra koordinat 120, høyde 18 m.o.h., til koordinat 135, høyde 23 m.o.h. som også kan skyldes en sprekkesone. Den skyldes ikke fjelloverflaten da fjell ble observert i dagen flere steder i dette området. Fra koordinat 143 og ut profilet er penetrasjonsdypet noe mindre, 15 - 20 m. En reflektor observeres med utgående ved koordinat 165 og fall mot sørøst til posisjon 182, høyde 15 m.o.h. (trace differencing). Utgående faller sammen med området der fjelldypet begynner å øke, se foran, og kan representere en sprekkesone som opptrer i forbindelse med gropen i fjelloverflaten. De elektriske målingene indikerer en lavmotstandssone i dette området, se databilag 7.

#### P7

P7 ble målt i retning nord-sør med koordinat 50 felles med P5 og P6. Fra koordinat 0 til 55 er penetrasjonen god, 25 - 30 m. Området har høy reflektivitet og to reflektorer som faller hver sin retning indikeres med utgående i ca koordinat 25. Indikasjonene kommer best fram med

trace differencing. I tillegg indikeres flere parallelle reflektorer på større dyp med fall nordover fra koordinat 25. Fra koordinat 55 til 125 er penetrasjonen noe mindre, ca 20 m. Reflektiviteten er også noe mindre og en kan ikke se reflektorer som representerer utholdende sprekkesoner. En liten grop i fjelloverflaten indikeres mellom koordinat 57 og 69, 2 - 3 m dyp. En mer markert grop indikeres mellom koordinat 162 og 195. Dypet er 4 - 5 m. De elektriske målingene viste lav motstand i dette området, trolig på grunn av økt løsmassetykkelse. Like nord for denne gropen indikeres en refleksor med utgående ved koordinat 140. Reflektoren faller sørover og kan trolig følges noenlunde sammenhengende ned til høyde -10 m.o.h. ved koordinat 185. Dette kan være en gjennomgående sprekkesone. Fra koordinat 200 til 215 er penetrasjonen dårlig, ca 10 m, uvisst av hvilken grunn (fjell i dagen i dette området). Fra koordinat 220 øker dypet til fjelloverflaten igjen, ca 5 m ved koordinat 230, og øker trolig noe mer ut av profilet som ble målt til koordinat 250. Med trace differencing observeres en skrå refleksor med utgående ved ca koordinat 220 med fall sørover. Denne kan trolig følges til høyde -5 m.o.h. ved koordinat 250. Dette kan være en sprekkesone i forbindelse med gropen i fjelloverflaten i samme området.

#### Sammendrag

Georadarmålingene i Holmedal viste god penetrasjon og høy reflektivitet. Flere reflektorer i fjell ble indikert. Disse kan representere sprekkesoner med større vanninnhold enn fjellet forøvrig. Utgående av indikerte soner er plottet på tolkningskartet, kartbilag -07. En sone like nord for skjæringspunktet mellom profilene, ca koordinat 35 på P6, indikeres på alle profilene. Retningen er ca N45<sup>o</sup>Ø, som er noenlunde den samme som retningen til de indikerte sonene ved gradientmålingene. Utgående til sonen faller sammen med en lavmotstandssone, og sonen synes interessant mht. til grunnvannsuttak. En annen sone indikeres omtrent ved skjæringspunktet mellom profilene noe som gjør det vanskelig å bestemme retningen. Lenger sør og sørvest i området indikeres soner med utgående som i noen tilfeller faller sammen med indikerte lavmotstandssoner. Som nevnt foran kan groper og forsenkninger i fjelloverflaten under løsmasseoverdekket indikere utgående til sprekkesoner. Slike observasjoner er gjort på alle profilene, men en ser få reflektorer, som kan være sprekker, direkte knyttet til slike groper.

#### **4. KONKLUSJON**

I Hesjedalen har VLF-målinger indikert en hovedsprekkesone ovenfor søppelfyllingen. Sprekkesonen går nordvestover fra måleområdet med retning mot et markert søkk i terrenget. Sonen ga også lav tilsynelatende elektrisk motstand ved gradientmålingene, og faller sammen med en grop i fjelloverflaten under overdekket, indikert ved georadarmålingene. Nedenfor fyllingen indikeres hovedsprekkesonen i dalbunnen med VLF. Tolkningen av

georadarmålingene er noe usikker i dalbunnen, men målingene kan tyde på løsmassetykkelser i størrelsesorden 10 - 20 m. En sprekkesone ble indikert på profil P3 150 m sør for Storhaugen, både med VLF og georadar. Ellers har georadarmålingene i få tilfeller indikert reflektorer som direkte kan sies å representere sprekkesoner. Indikerte groper og forsenkninger i fjelloverflaten kan i noen tilfeller representere utgående av sprekkesoner under løsmasseoverdekket, særlig hvis de faller sammen med VLF-anomalier og lavmotstandssoner.

I Holmedal indikerte VLF-målingene en sprekkesone i en bekkedal i sørøstre del av måleområdet. Sonen går trolig i sørvestlig retning mot Bakkeelva, og kan være en utholdende sone hvor det er muligheter for vannuttak. En hovedsprekkesone, hvor Bakkeelva går, ga tydelig VLF-anomali på et av profilene. De elektriske målingene indikerte flere parallelle lavmotstandssoner i nordøst - sørvest retning. Det er imidlertid usikkert om sonene representerer vannholdige sprekker eller om den lave motstanden skyldes variasjoner i overdekkets tykkelse og beskaffenhet. Georadarmålingene indikerte flere steder groper eller forsenkninger i fjelloverflaten under overdekket. I noen tilfeller faller disse gropene sammen med lavmotstandssonene, noe som kan bety at disse (lavmotstandssonene) skyldes en økning i løsmassetykkelsen. Georadarmålingene indikerte også flere sprekkesoner (reflektorer) mot dypet. Den tydeligste indikasjonen fikk en på profil P6 like nord for et gammelt steingjerde. Utgående til denne sonen ble indikert på alle profiler, og retningen samsvarer godt med retningen til de indikerte lavmotstandssonene. Ut fra georadarmålingene er denne sonen trolig den beste enkeltsonen med hensyn til boring og grunnvannsuttak. Ellers viste georadarmålingene generell høy reflektivitet. Dette tyder på variasjoner i vanninnholdet i berggrunnen som igjen kan bety oppsprukket fjell.

## 5. REFERANSER

Braathen, A. 1997: Postdevonske forkastningssystemer i Sunnfjord Vest-Norge. *Geonytt 1-97*.

Braathen, A. og Henriksen, H. 1997: Postdevonian fracture systems in the Sunnfjord Region, onshore western Norway. I trykk for *NGU Bulletin*.

Hansen, S. E. 1996: Spenningsmåling ved hydraulisk splitting, Hestad og Atløy i Sogn og Fjordane. *SINTEF rapport, STF 22 F96090*.

Midtbø, L. 1996: Bergspenninger på Nordvestlandet. *4. avd. oppgave ved Inst. for geologi og bergteknikk, NTNU*.

### VLF - METODEBESKRIVELSE

VLF er en elektromagnetisk målemetode som benytter militære radiosendere som energiseringskilde. Disse sender i frekvensområdet 15-25 kHz ('very low frequency' i radiokommunikasjon (VLF)). Senderen som velges som energiseringskilde bør ligge mest mulig i samme retning som strøkretningen på den lederen som skal kartlegges. Uten ledende soner i bakken vil magnetfeltet fra en sender være horisontalt og lineært polarisert. Ved elektrisk ledende soner induseres sekundære strømmer som omgir seg med et sekundært magnetfelt. Dette feltet vil vanligvis ikke være horisontalt og det vil som regel ikke ha samme fase som primærfeltet. Sekundærfeltet summeres med primærfeltet og gjør at det totale magnetiske feltet ikke lenger er lineært polarisert, men elliptisk polarisert. Dette betyr at det totale magnetiske feltet har en maksimalverdi i en vinkel fra horisontalplanet. Ved å måle denne vinkelen (dip-vinkel, reellkomponent -Re), og en størrelse som er avhengig av faseforskyvningen mellom det primære og sekundære feltet (elliptisiteten, imaginærkomponenten -Im), kan ledende soner påvises ved målinger på bakken. Ledende soner kan være malmmineraliseringer, ledende overdekke, sprekkesoner/forkastninger, elektriske ledninger mm. Metoden er følsom også for ledere med forholdsvis dårlig elektrisk ledningsevne dersom de har en viss utstrekning i samme retning som senderen. Dette kan ofte være en ulempe ved metoden, fordi anomalier kan ha flere årsaker enn det som forventes. Metoden anvendes først og fremst ved kartlegging av malmmineraliseringer og sprekker i fjell (som kan være vannførende og av interesse ved grunnvannsundersøkelser). Målinger kan utføres på bakken eller fra fly/helikopter, og blir i sistnevnte tilfelle oftest benyttet som støtte under geologisk kartlegging, men også til malmleting.

#### Vanlig benyttede VLF-sendere:

<u>Stasjon</u>	<u>Sted</u>	<u>Frekvens (kHz)</u>	<u>Effekt (kW)</u>
NAA	Cutler, Maine (USA)	17.8	1000
GBR	Rugby, England	16.0	750
FUO	Bordeaux, Frankrike	15.1	500
JXZ	Helgeland, Norge	~16.4	350
GYD	England	?	?

## 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 dielektrisitetsstallet.  $\epsilon_r$ -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 dempning 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.

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

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

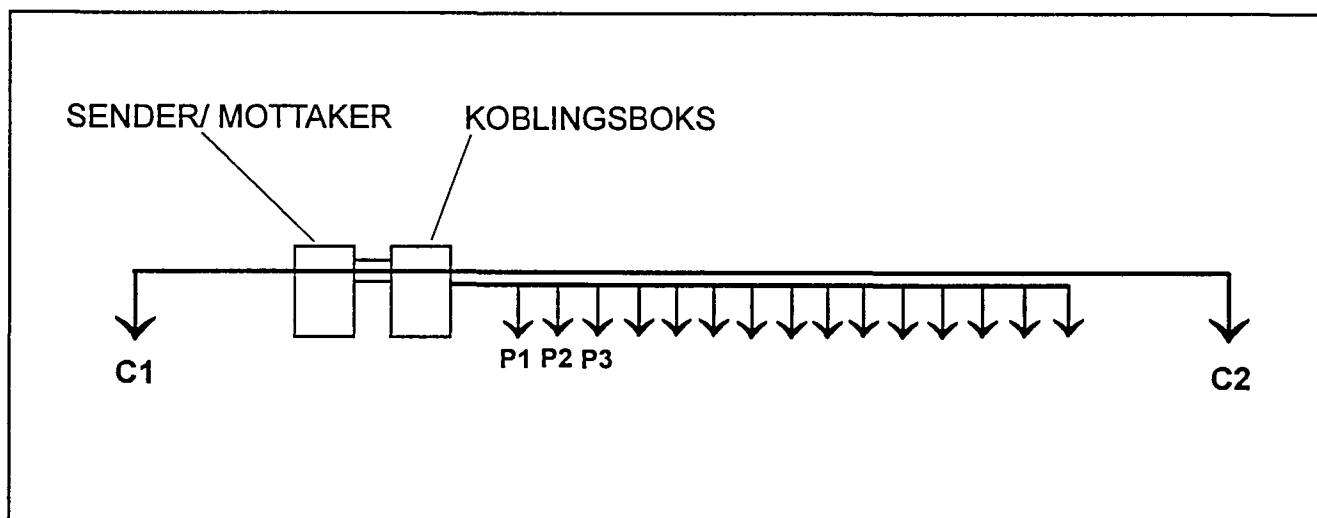


## ELEKTRISK PROFILERING (GRADIENT)

Med elektrisk profilering kartlegges den tilsynelatende elektriske motstand i undergrunnen langs et profil. Med denne metode sendes strøm ned i bakken via to strømelektroder og spenningen måles mellom to potensialelektroder etter et bestemt system. Ut fra den målte spenningen og en geometrisk konstant avhengig av benyttet elektrodekonfigurasjon, kan en beregne den tilsynelatende elektriske motstand i det medium en måler over. Denne gir igjen opplysninger om hva slags medium som kartlegges som f.eks. sand, leire, malm, homogent fjell, sprekker i fjell. Malmer vil ha ekstrem lav motstand, mens tørr grus og homogent fjell vil ha høy motstand. Vannholdige sprekker i fjell vil ha lav motstand i forhold til homogent fjell og kan dermed kartlegges.

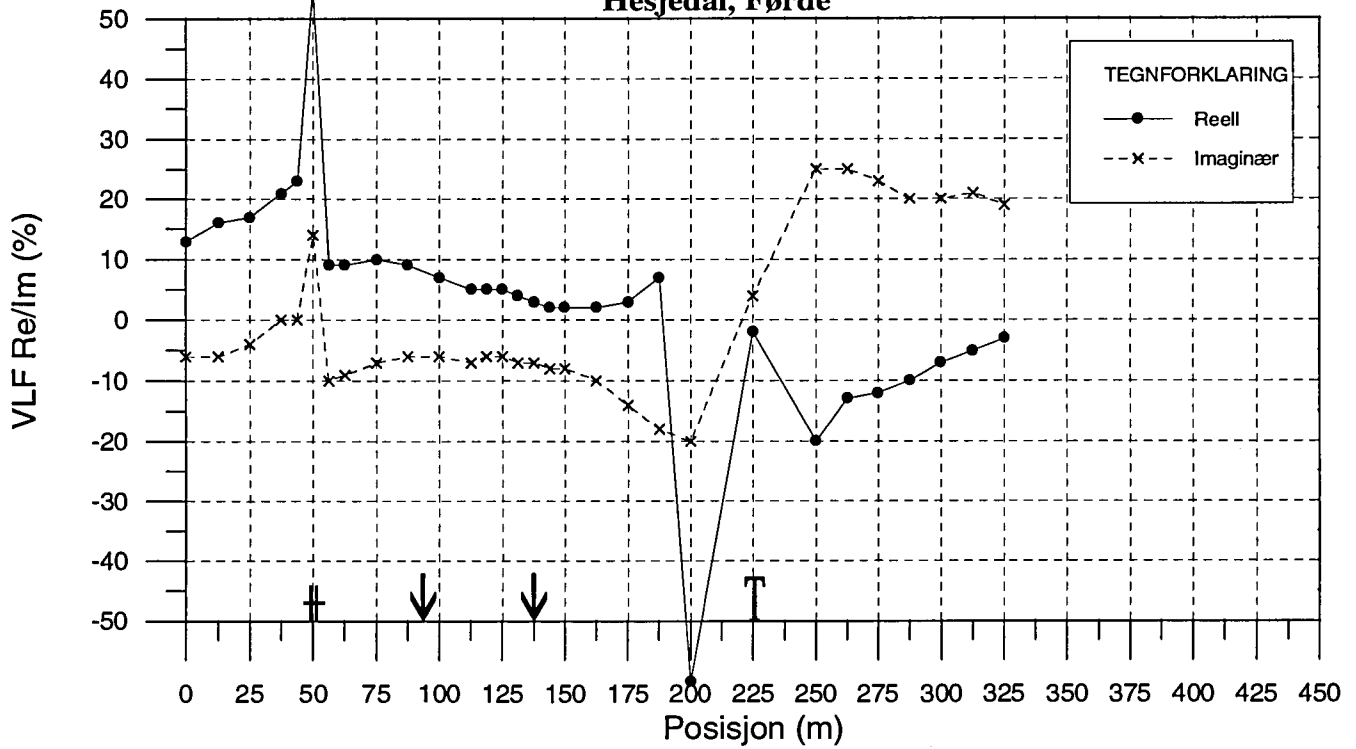
Forskjellige elektrodekonfigurasjoner kan benyttes. En vanlig måte å utføre slike målinger på er å benytte gradient elektrodekonfigurasjon. Figur 1 viser et slikt måleopplegg. En strømelektrode plasseres på hver side av måleområdet (f.eks. i hver ende av et profil). Disse står fast under målingene. Mellom strømelektrodene måles potensialet i bakken fortløpende med fast avstand mellom potensialelektrodene. Vanlig prosedyre er å benytte elektrodeparene fortløpende P1-P2, P2-P3 osv.. Avstanden fra strømelektrode C1 til første potensialelektrode og fra siste potensialelektrode til C2 er vanligvis 50 m. Avstanden mellom potensialelektrodene er vanligvis 5 m, men kan varieres etter hvilken oppløsning en ønsker. Målingene blir utført med NGUs spesialbygde kabelsystem for sprekkekartlegging hvor faste potensialelektroder settes ut langs profilet. Med en koblingsboks kan en koble inn det elektrodepar en ønsker å benytte. Måleapparaturen som benyttes er vanligvis ABEM SAS 300 Terrameter. Dette instrumentet har både sender og mottaker i samme enhet. Senderen sender ut en fast strømstyrke, men denne kan varieres etter hvor gode jordingsforhold det er.

Med gradient elektrodekonfigurasjon står strømelektrodene i stor avstand fra hverandre. Dette er en fordel ved sprekkekartlegging da strømmen trenger dypt ned i undergrunnen og målingene blir ikke så følsomme for løsmassedekkets sammensetning og volum. Resultatene blir presentert som kurveplott som viser variasjonen i tilsynelatende elektrisk motstand langs profilet.



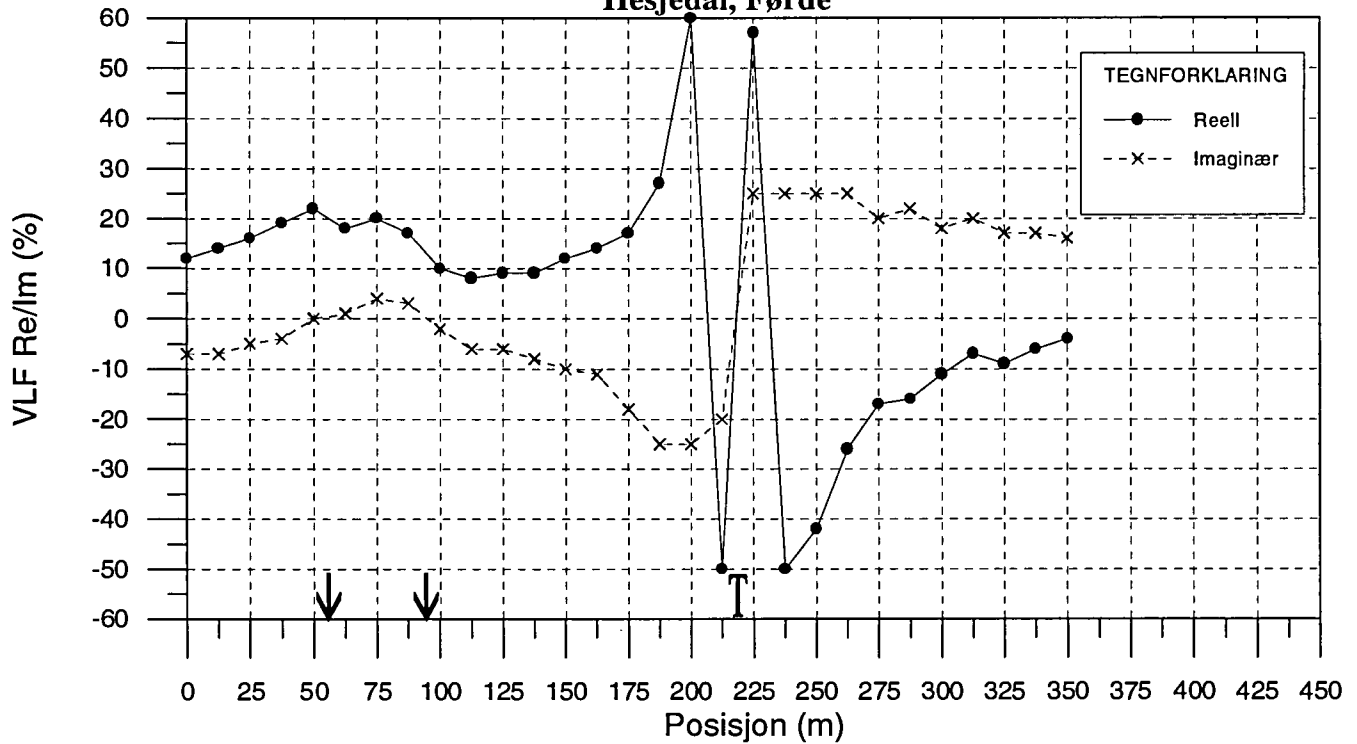
Figur 1 Gradient elektrodekonfigurasjon.

**VLF-kurver, Profil 1  
 Hesjedal, Førde**

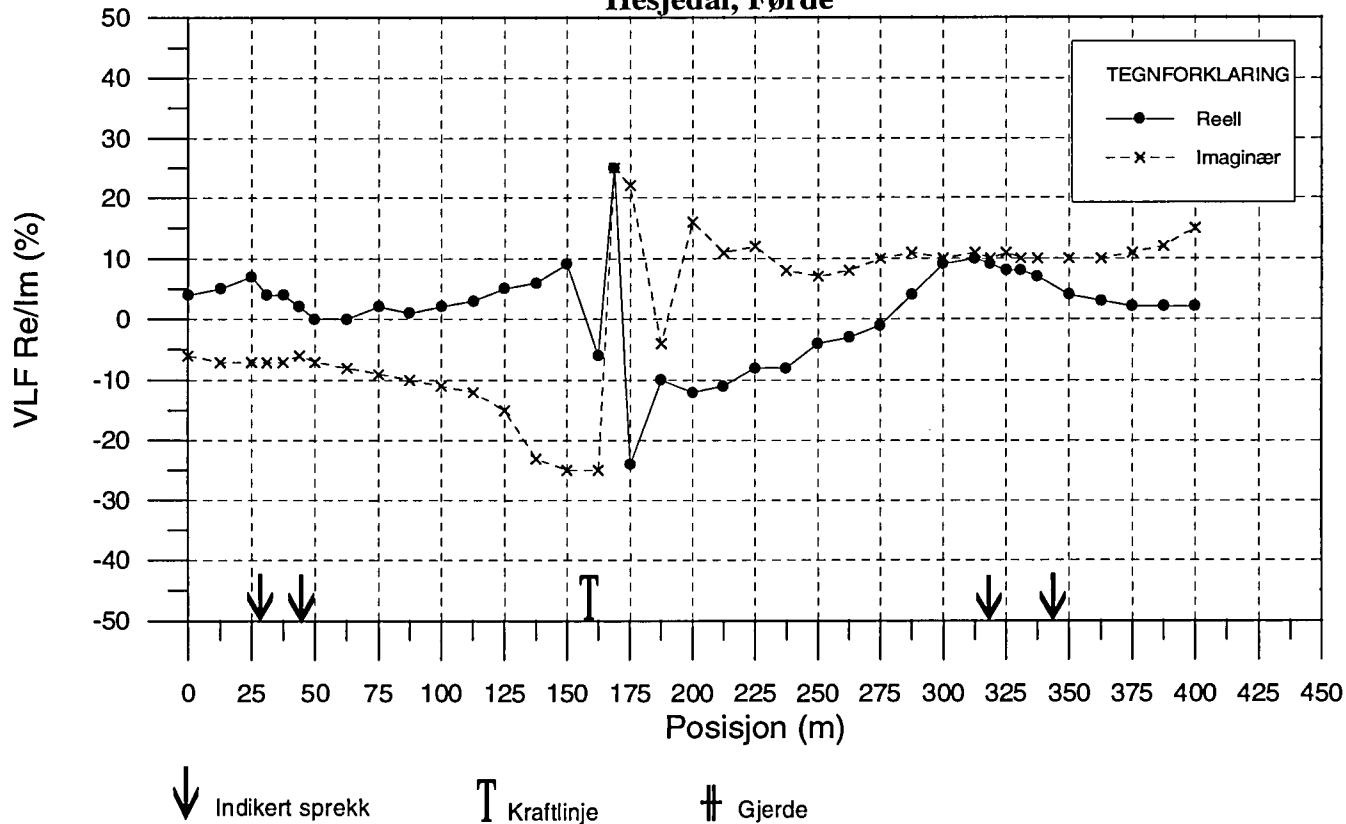


↓ Indikert sprekk    T Kraftlinje    † Gjerde

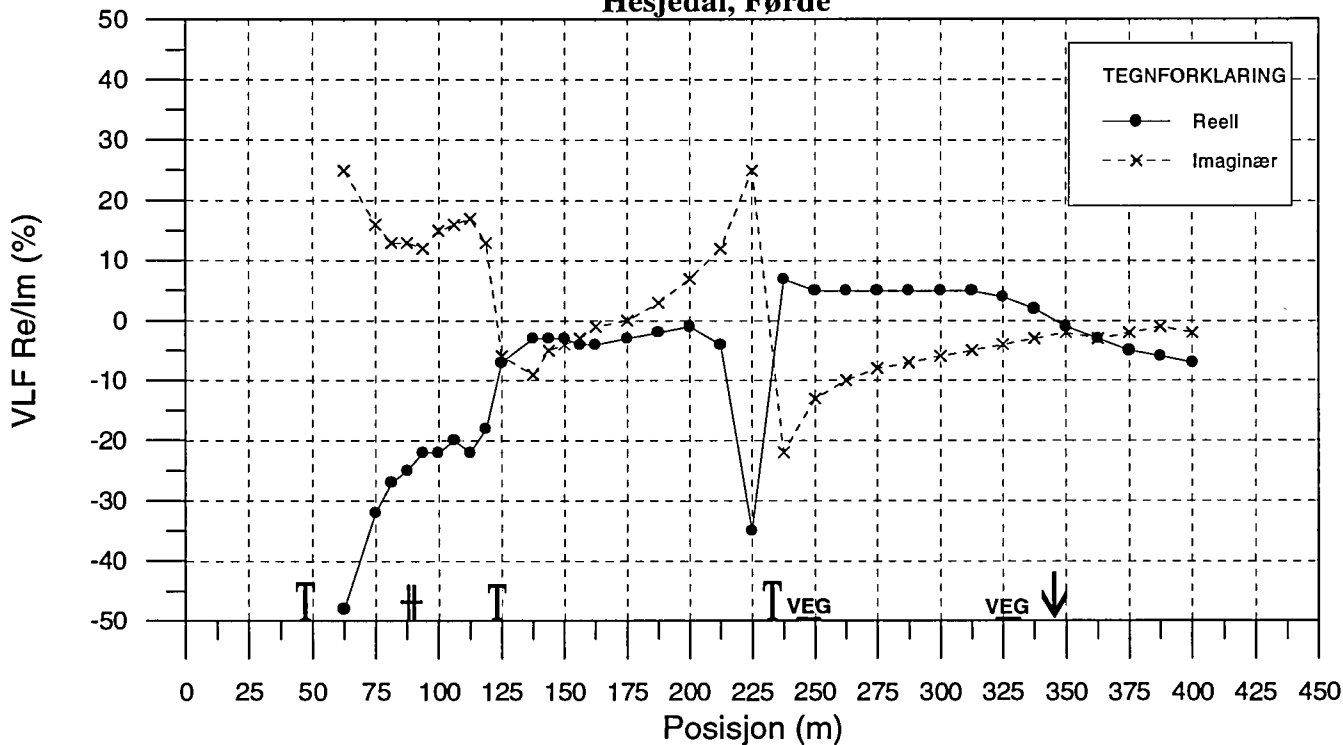
**VLF-kurver, Profil 2  
 Hesjedal, Førde**



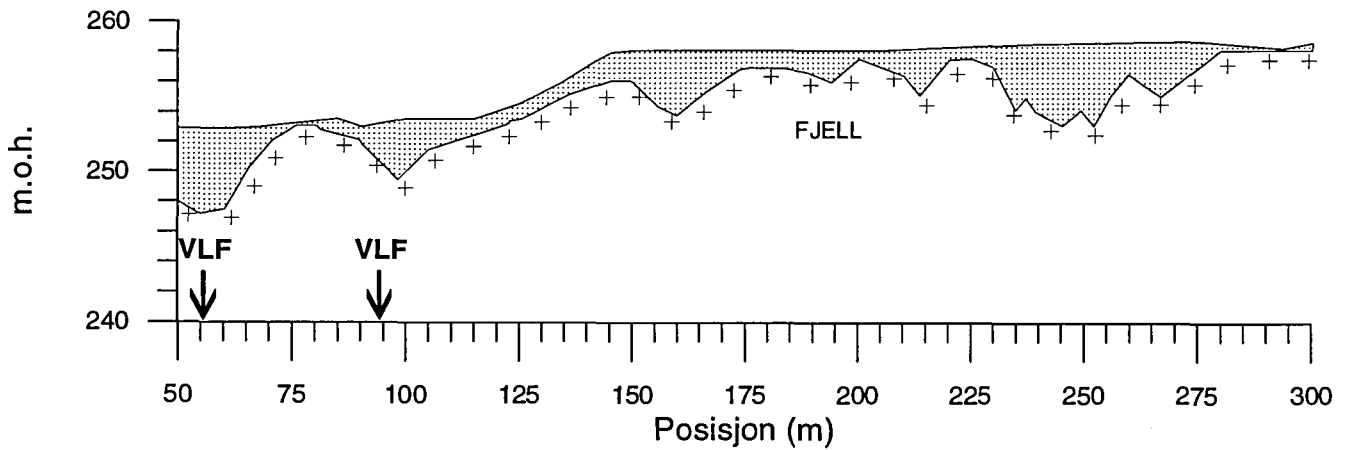
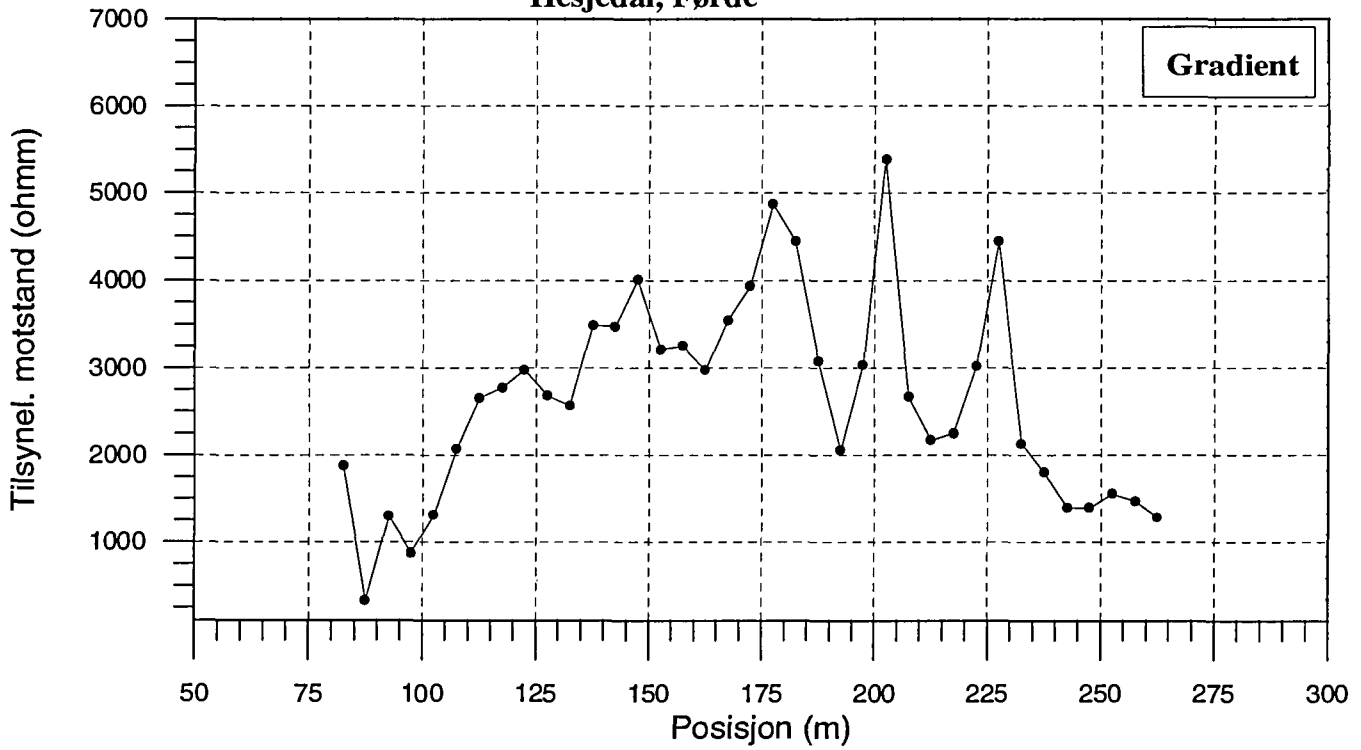
**VLF-kurver, Profil 3  
 Hesjedal, Førde**



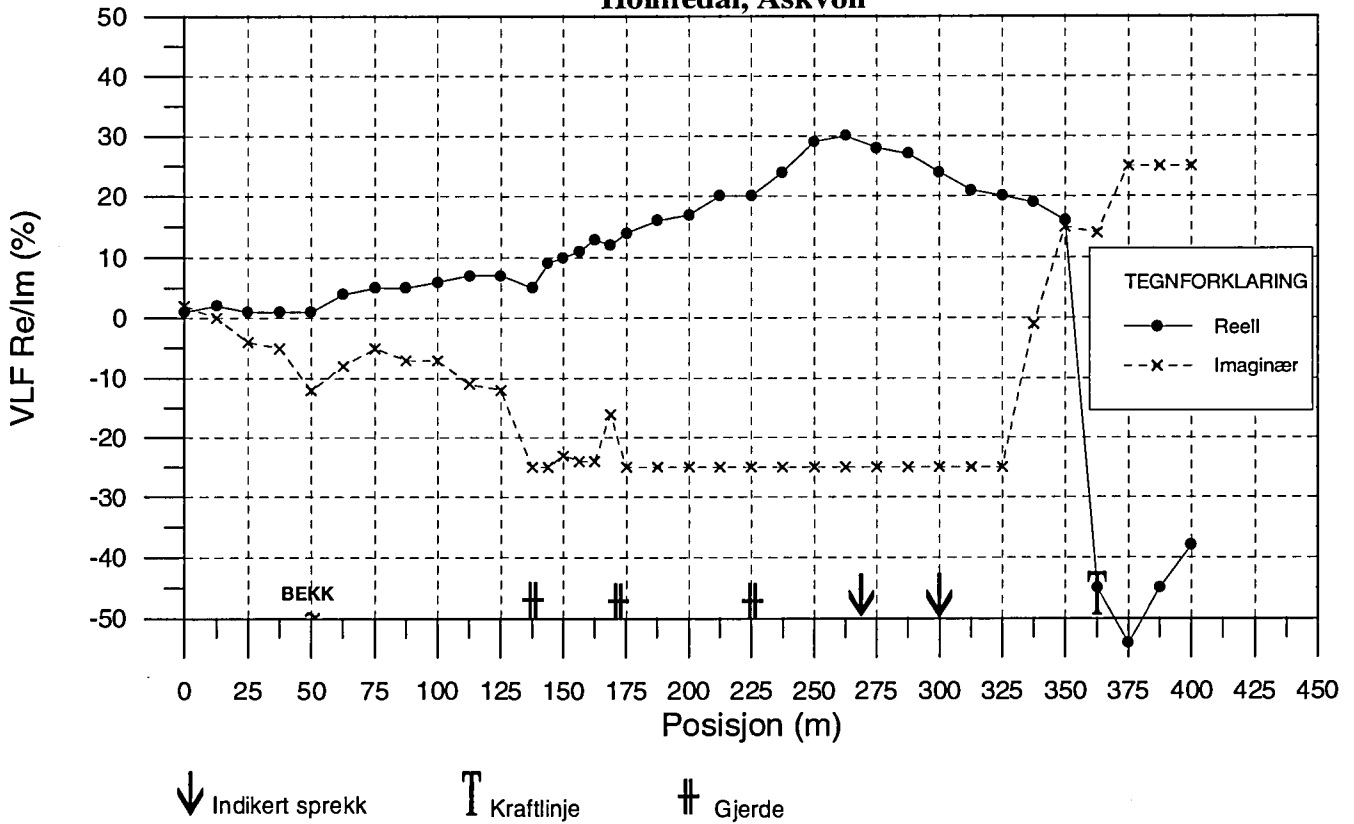
**VLF-kurver, Profil 4  
 Hesjedal, Førde**



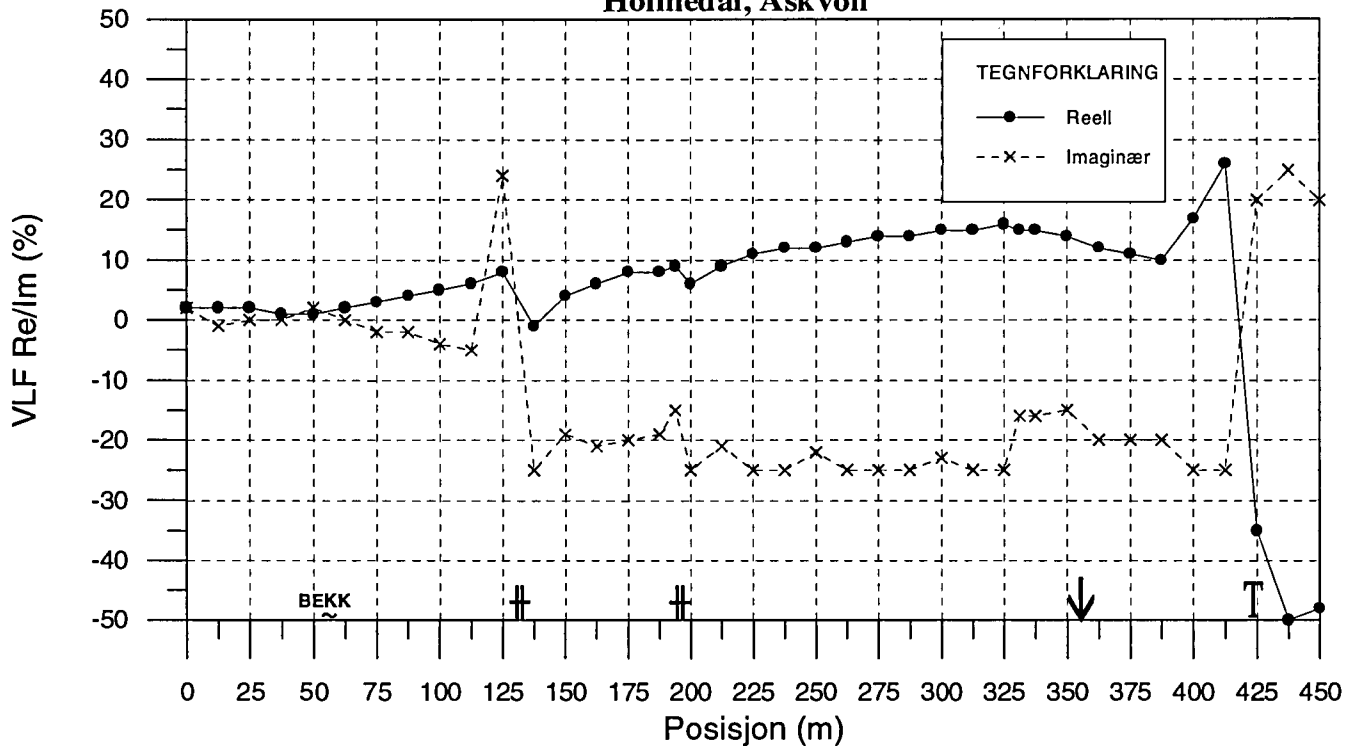
**Tilsynelatende motstand, Profil 2  
Hesjedal, Førde**



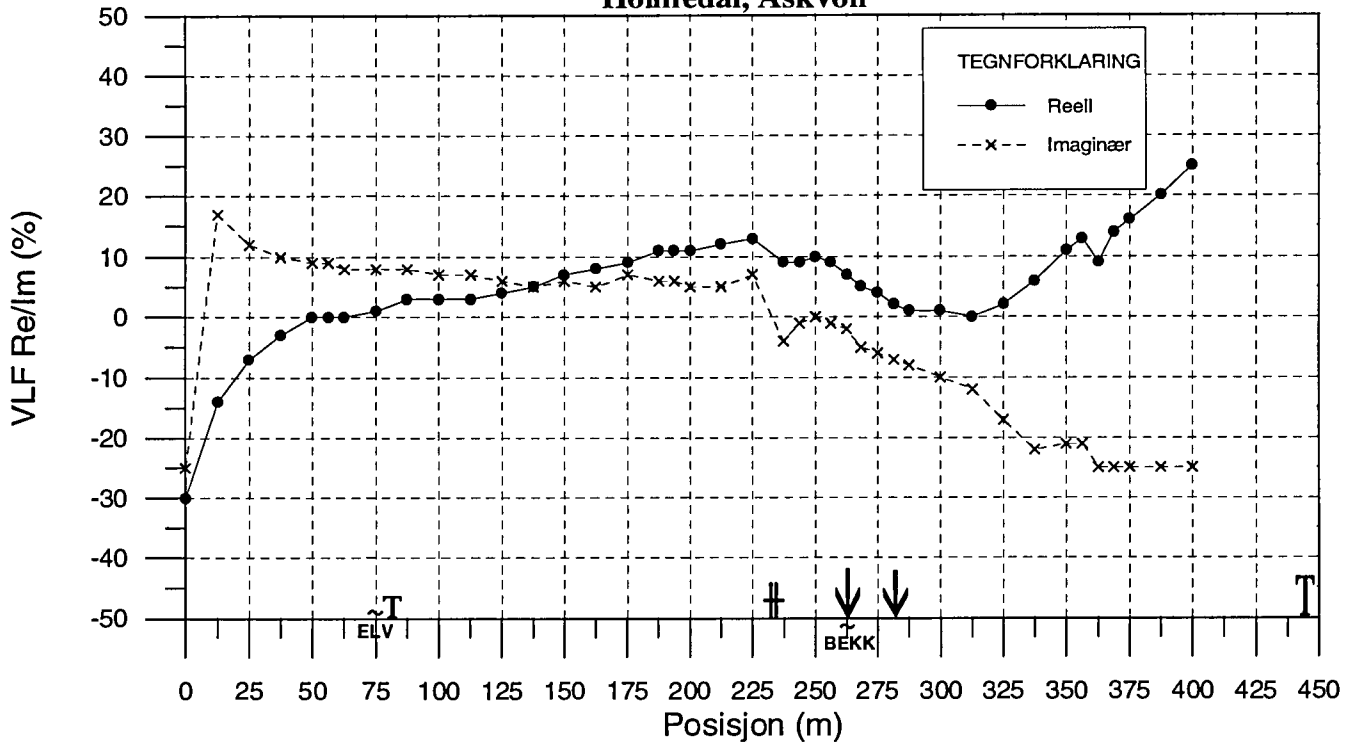
**VLF-kurver, Profil 1  
 Holmedal, Askvoll**



**VLF-kurver, Profil 2  
 Holmedal, Askvoll**

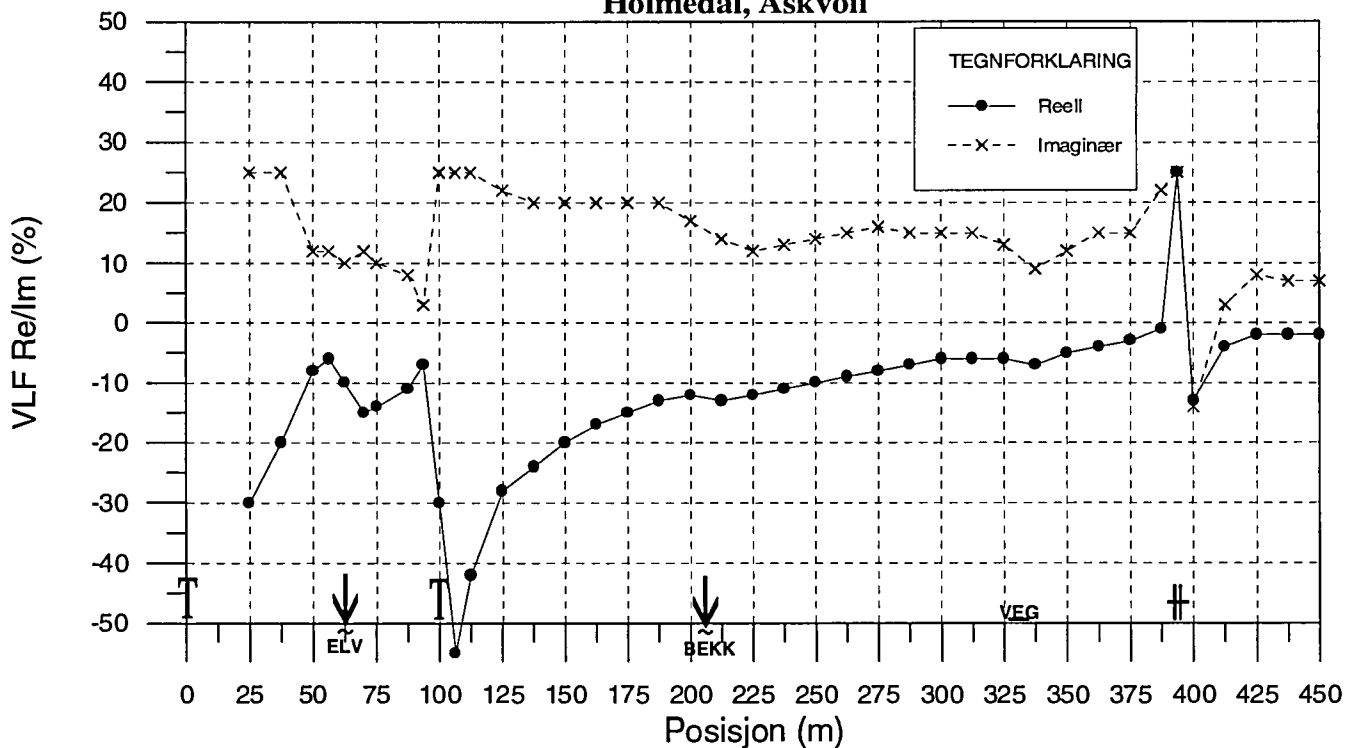


VLF-kurver, Profil 3  
 Holmedal, Askvoll

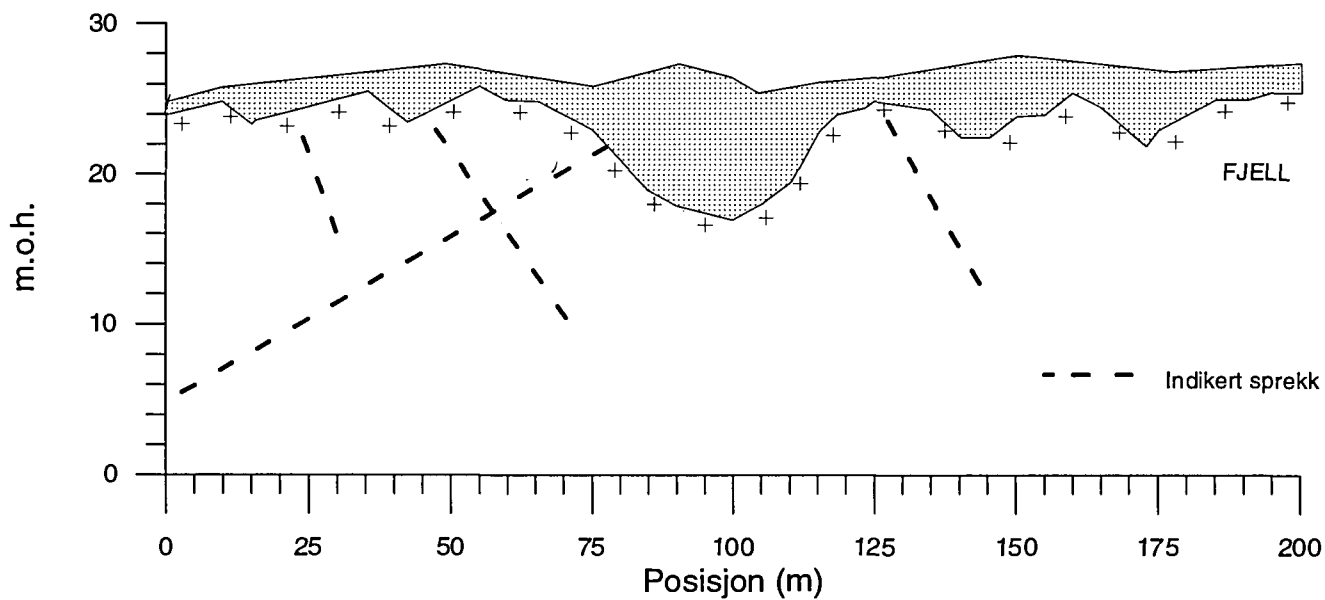
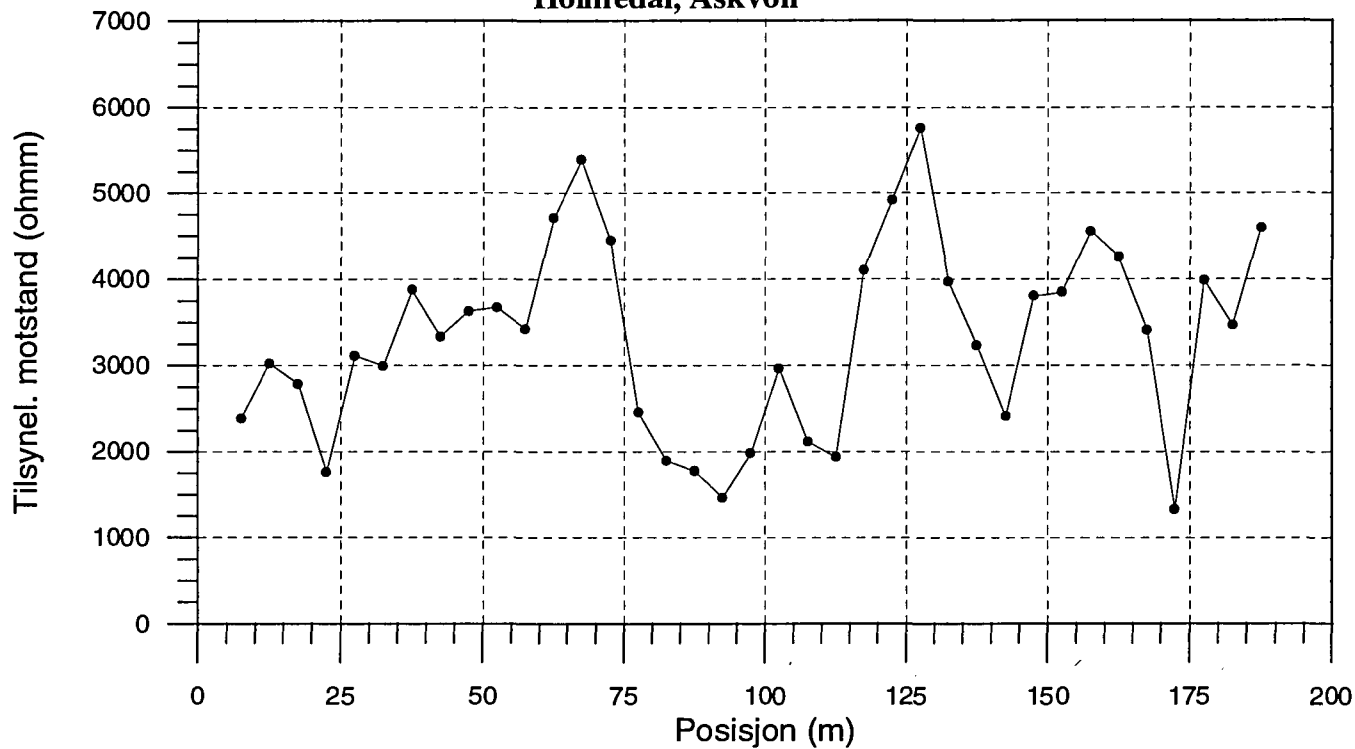


↓ Indikert sprekk    T Kraftlinje    † Gjerde

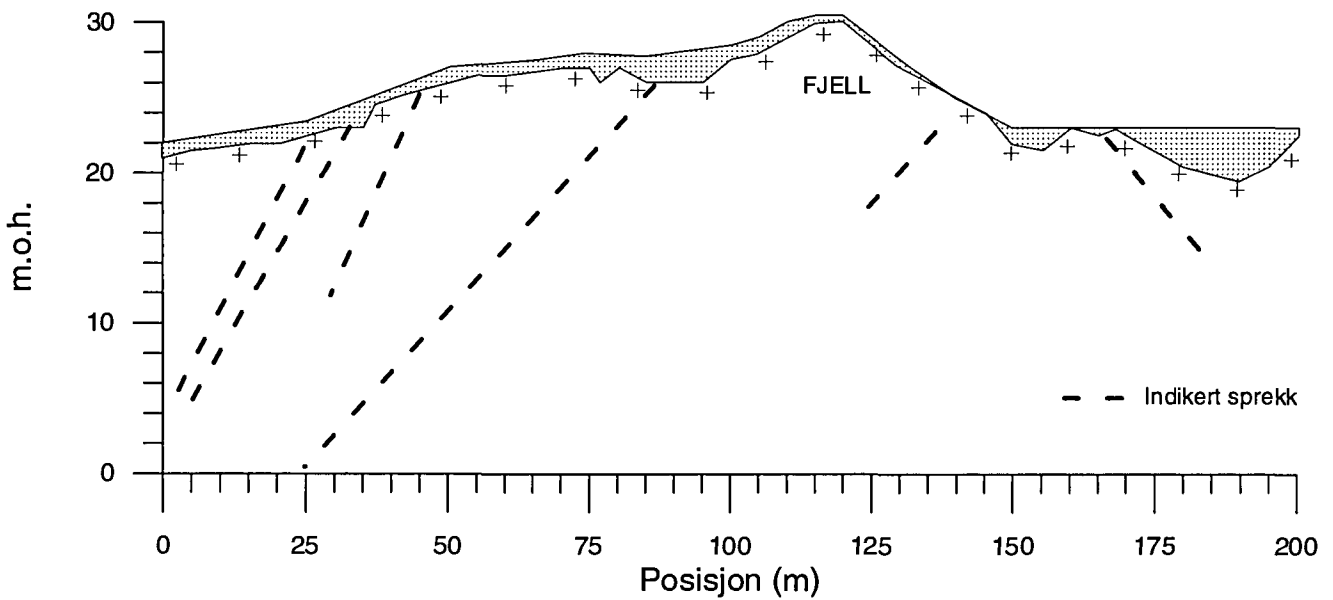
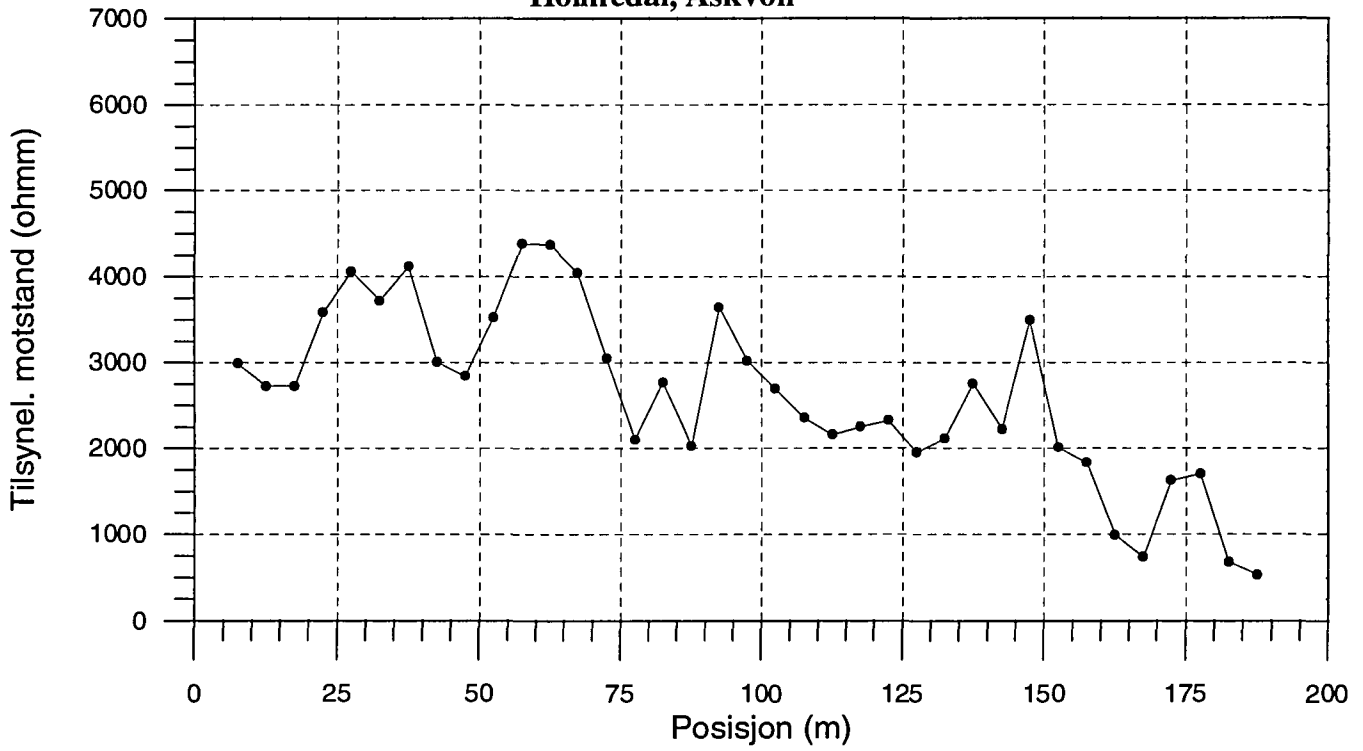
VLF-kurver, Profil 4  
 Holmedal, Askvoll



### Tilsynelatende motstand, Profil 5 Holmedal, Askvoll

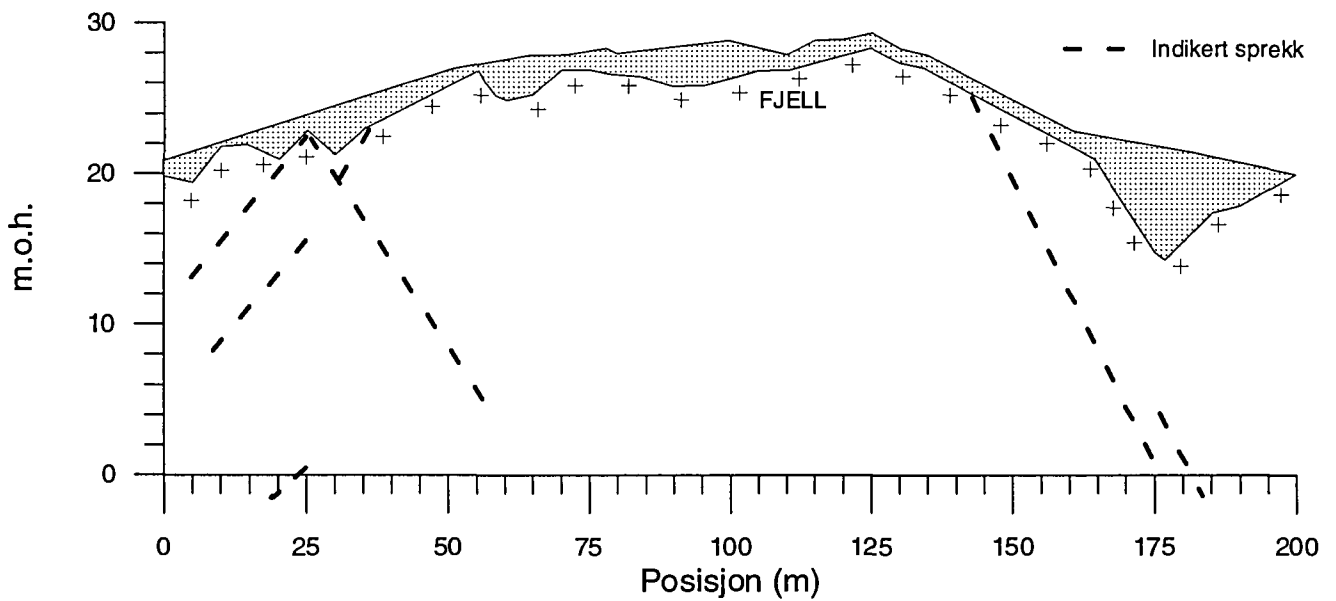
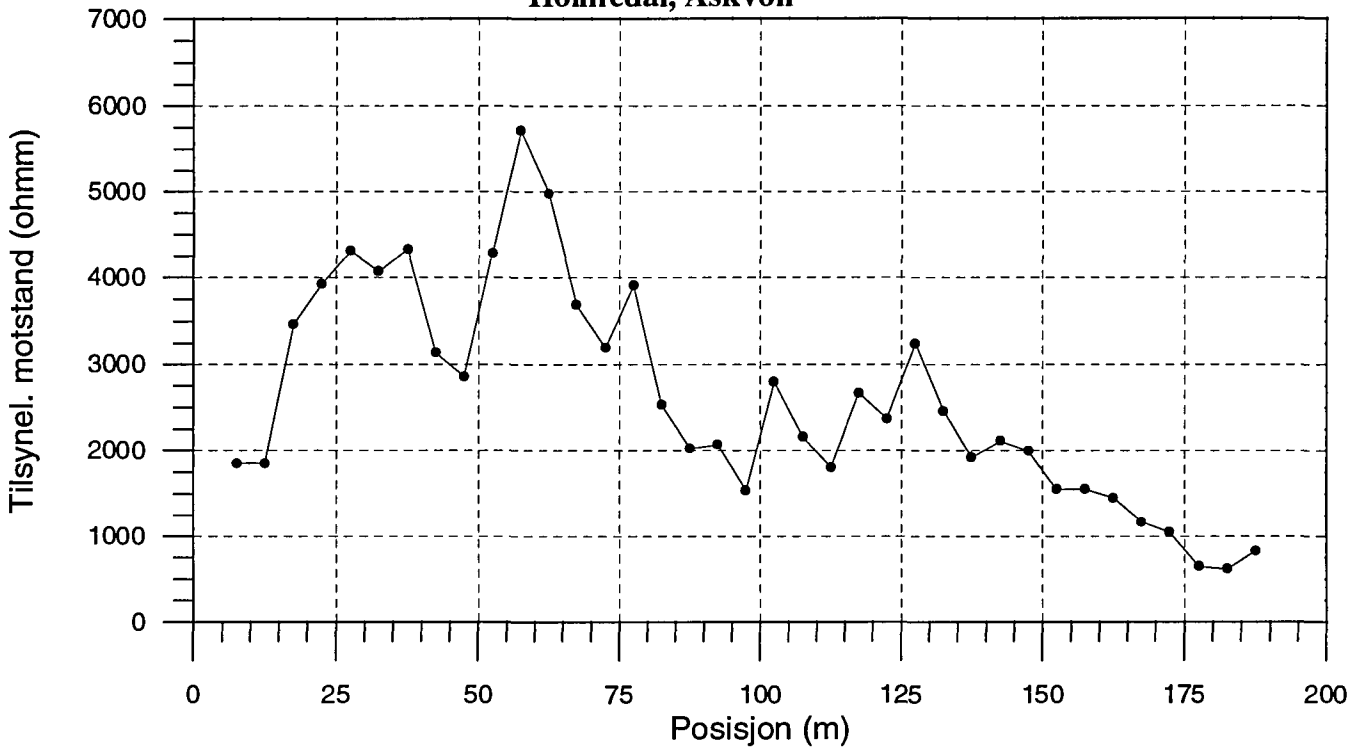


**Tilsynelatende motstand, Profil 6  
Holmedal, Askvoll**

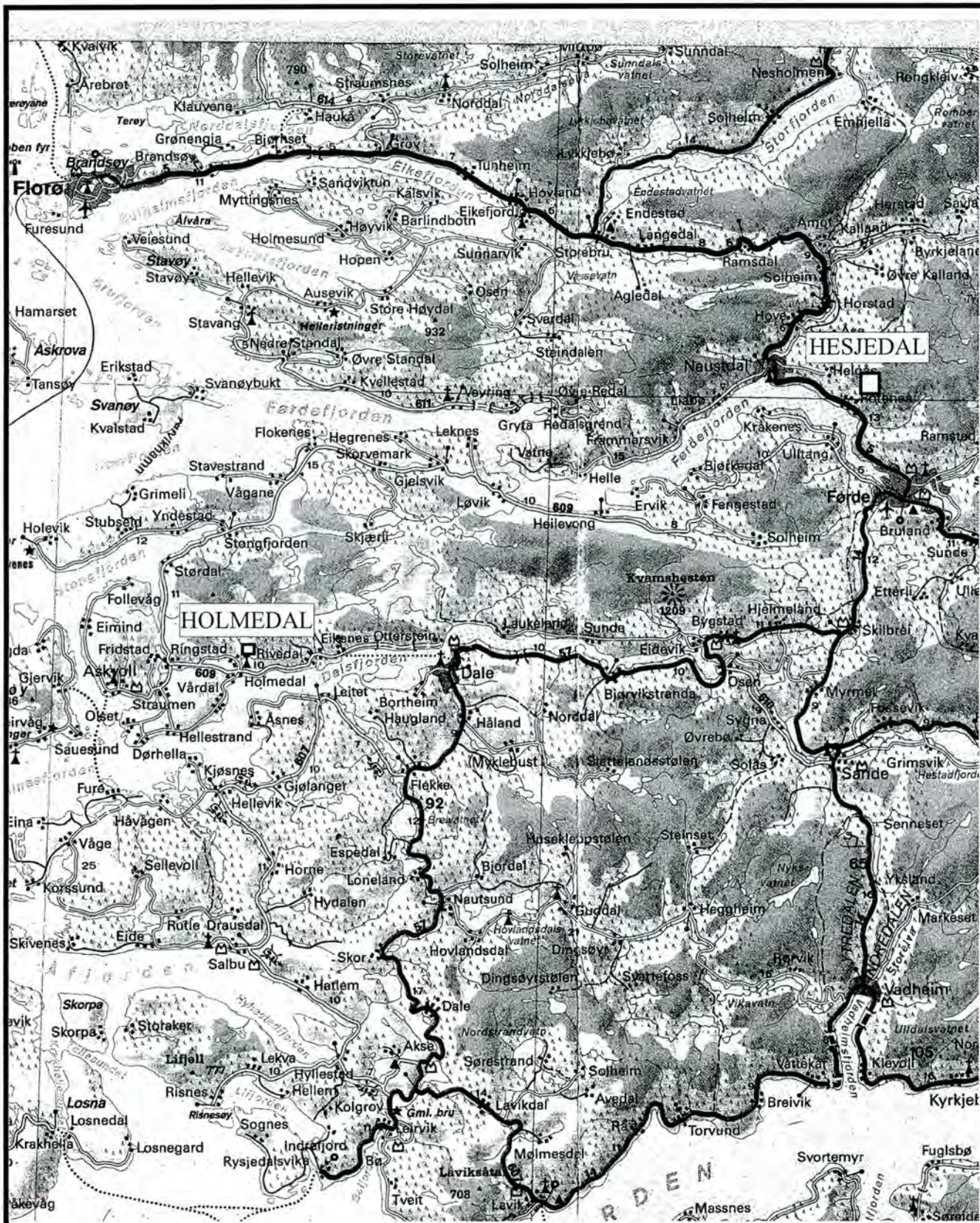




**Tilsynelatende motstand, Profil 7  
Holmedal, Askvoll**







NGU  
 OVERSIKTSKART  
**SUNNFJORD**

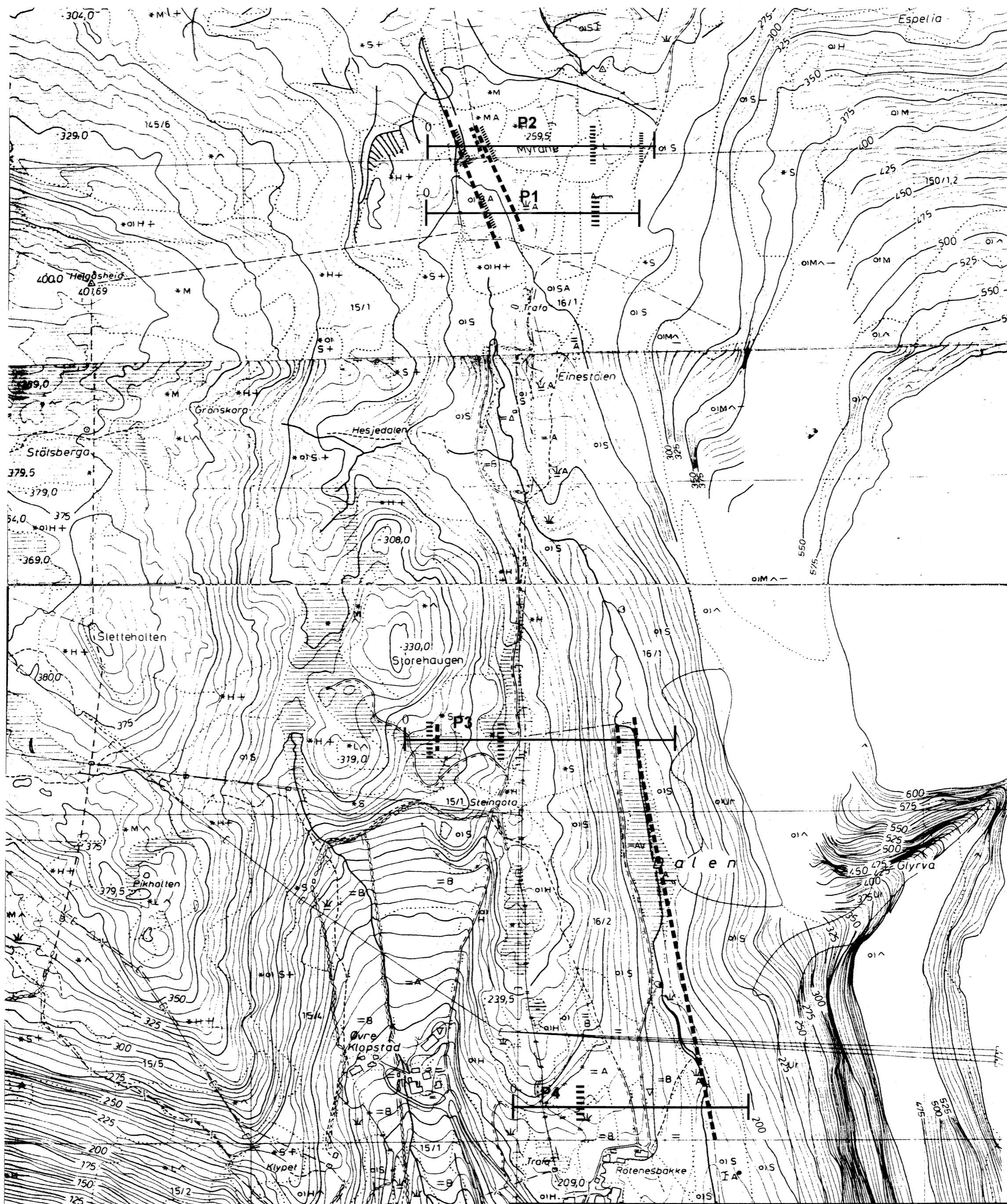
FØRDE, ASKVOLL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK  1:300000	MÅLT TL/HE	Sept. -96
	TEGN HE	Mai -97
	TRAC	
	KFR	

TEGNING NR 97.050-01	KARTBLAD NR 1217 IV, 1218 III 1117 I
-------------------------	--





- VLF-indikasjon, indikert sprekk
- ..... Lav elektrisk motstand
- ||||| Indikert grop i fjelloverflaten ved georadarmålinger

NGU  
 PROFILPLASSERING, TOLKNINGSKART VLF  
**HESJEDAL**  
 FØRDE, SOGN OG FJORDANE

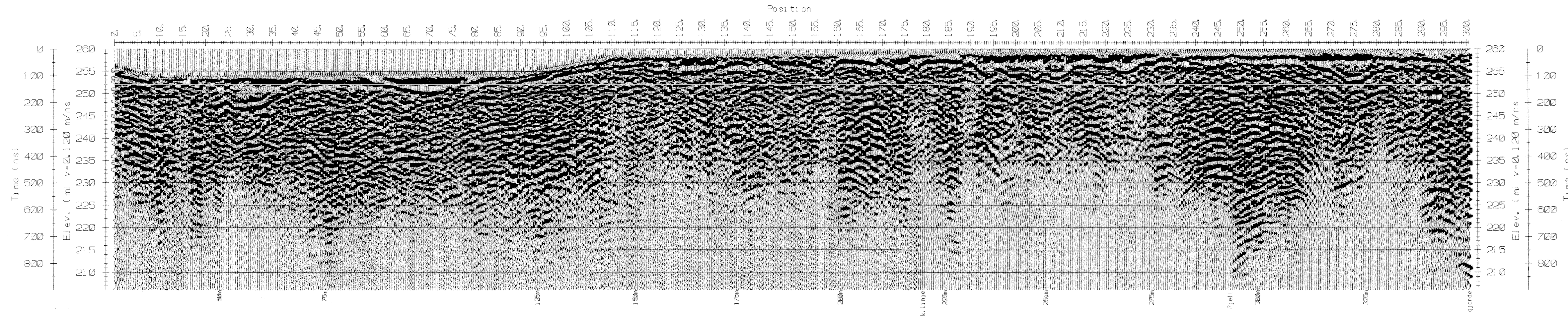
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK  1:5000	MÅLT TL/HE	Sept. -96
	TEGN HE	Mai -97
	TRAC	
	KFR	

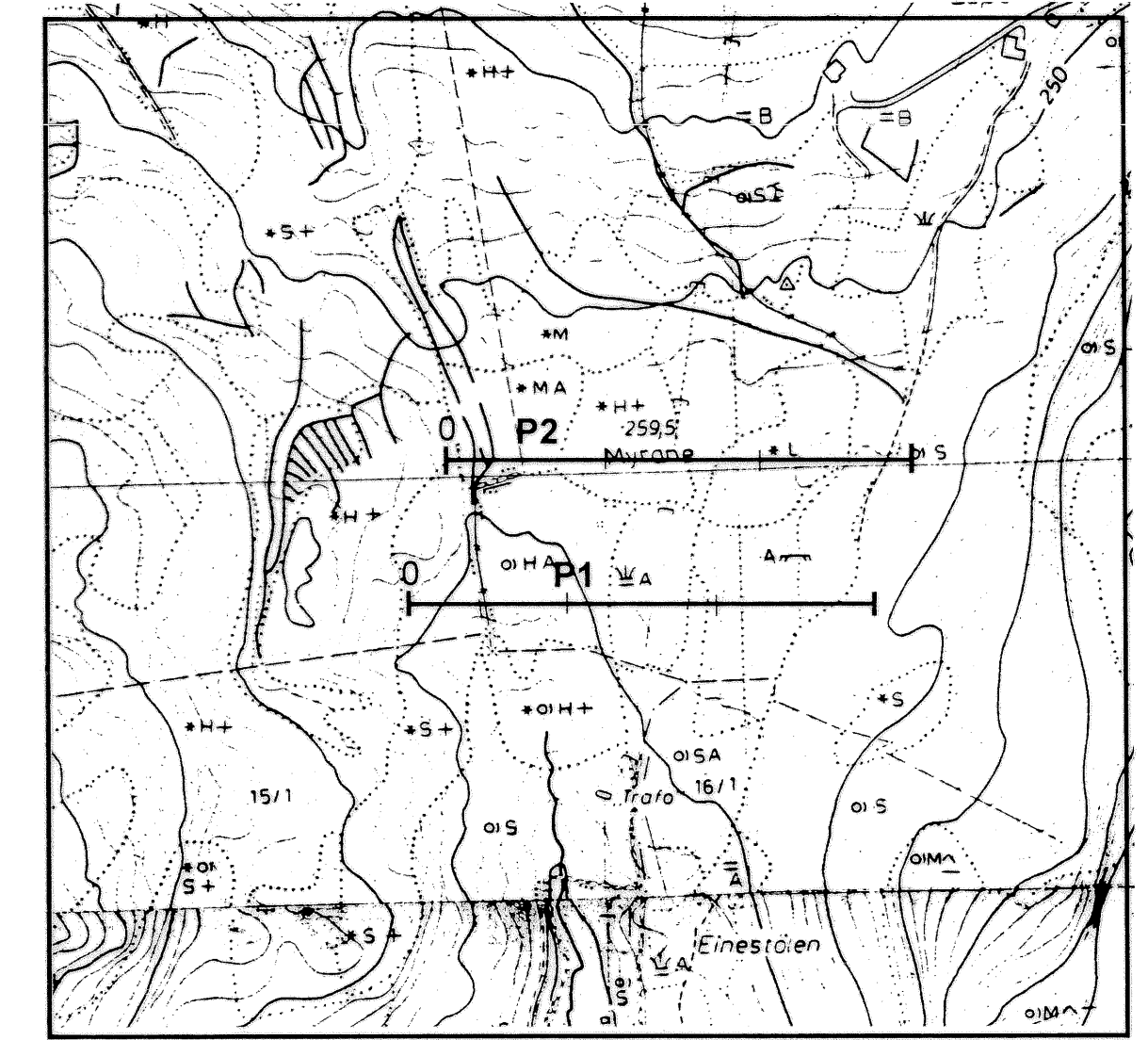
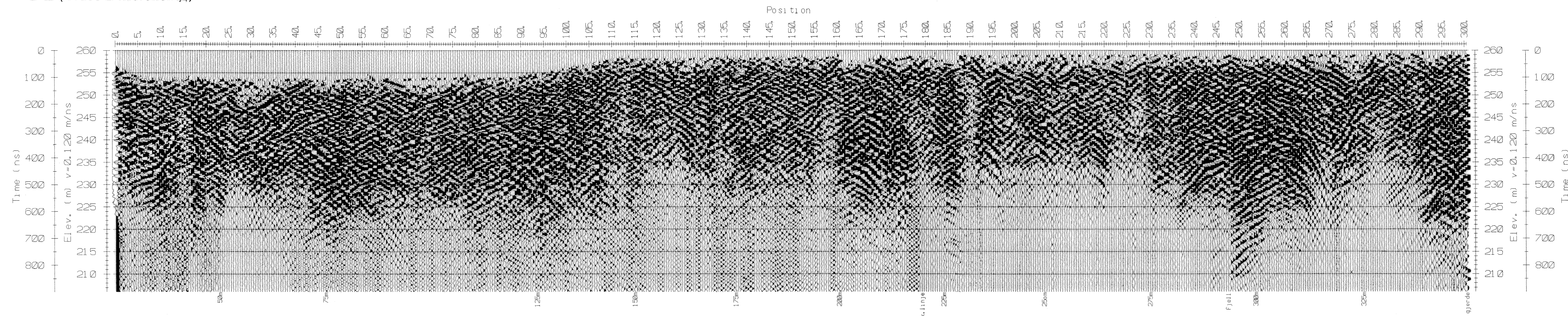
TEGNING NR 97.050-02	KARTBLAD NR 1217 IV, 1218 III
-------------------------	----------------------------------



# P2



# P2 (Trace Differencing)

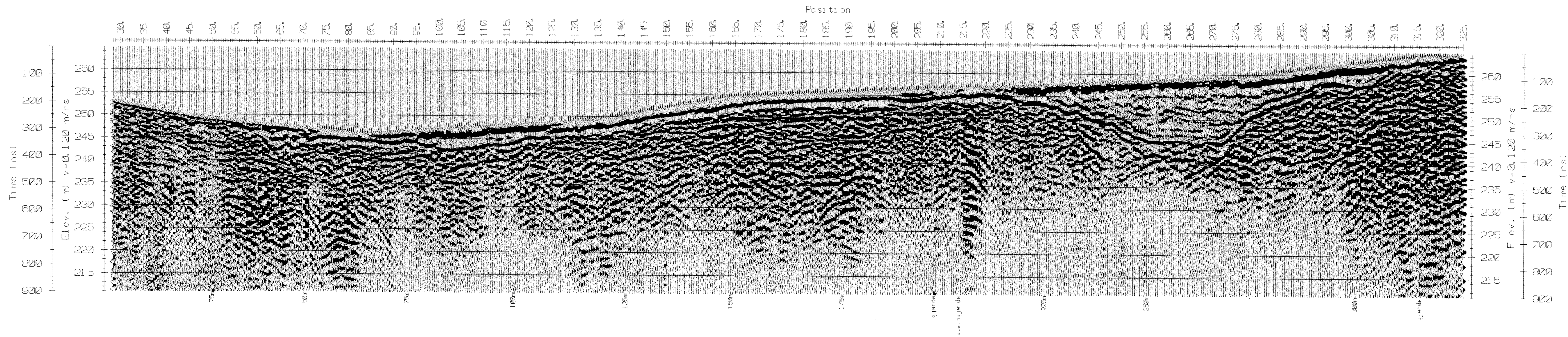


Georadarprofil med startposisjon og markering for hver 100 meter

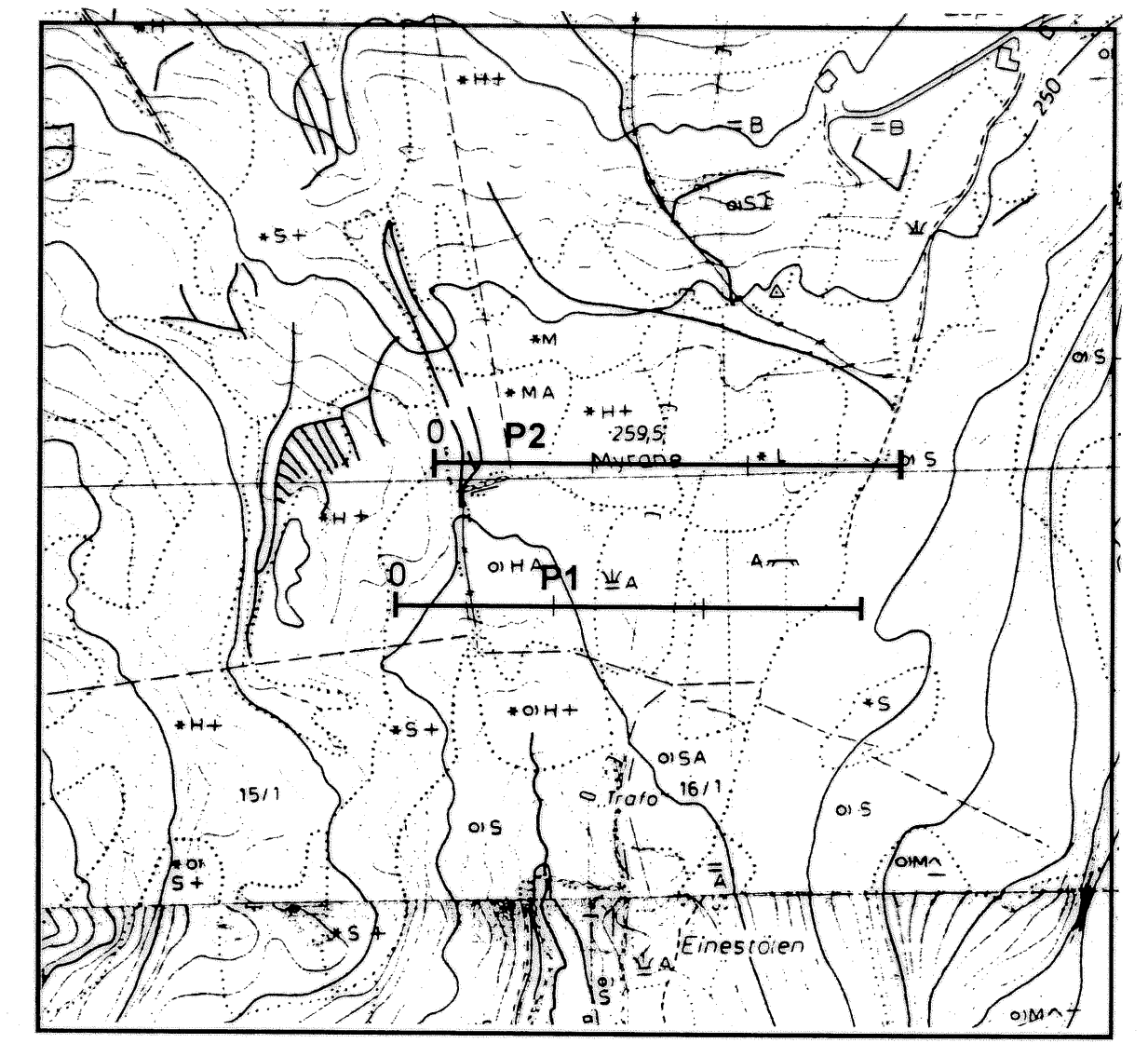
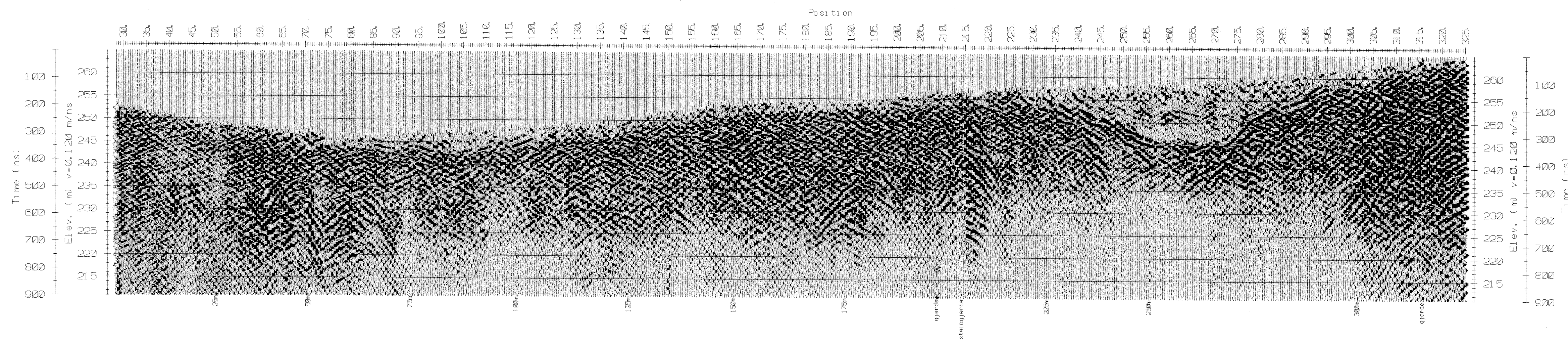
NGU GEORADAROPPTAK <b>HESJEDAL</b> FØRDE KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK	MÅLT TL/HE	Sept. -96
	1:5000 (kart)	TEGN HE	Mai -97
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TRAC		
	KFR		
TEGNING NR 97.050-03	KARTBLAD NR 1217 IV, 1218 III		



P1



P1 (Trace Differencing)

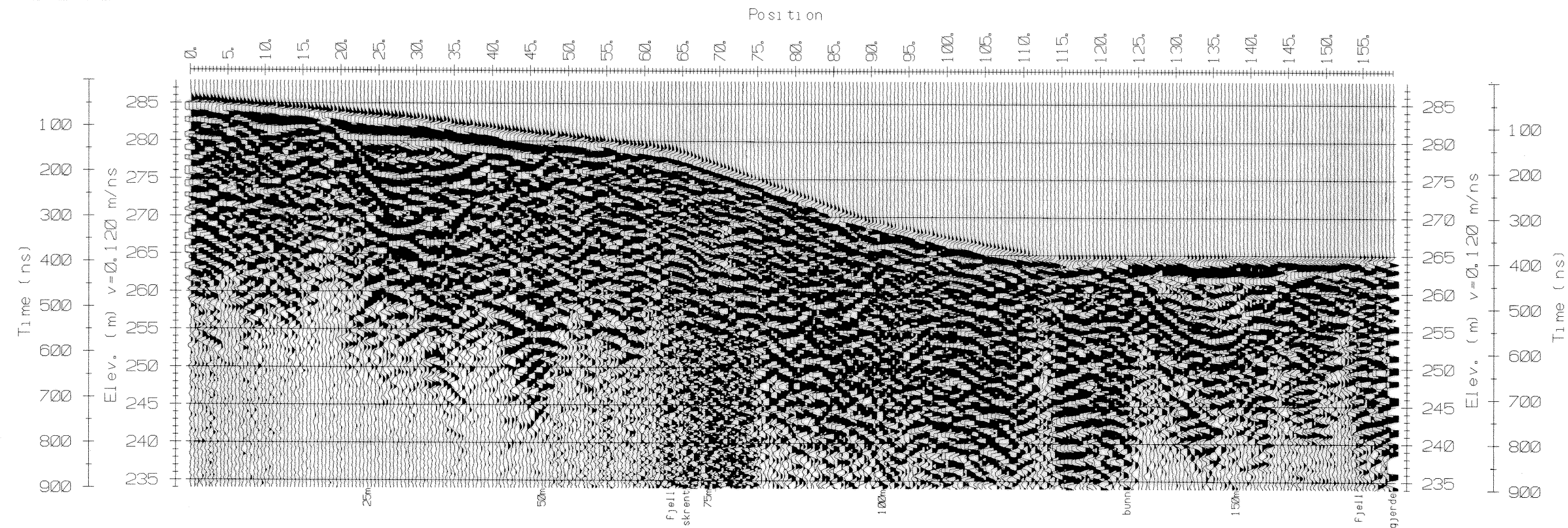


Georadarprofil med startposisjon og markering for hver 100 meter

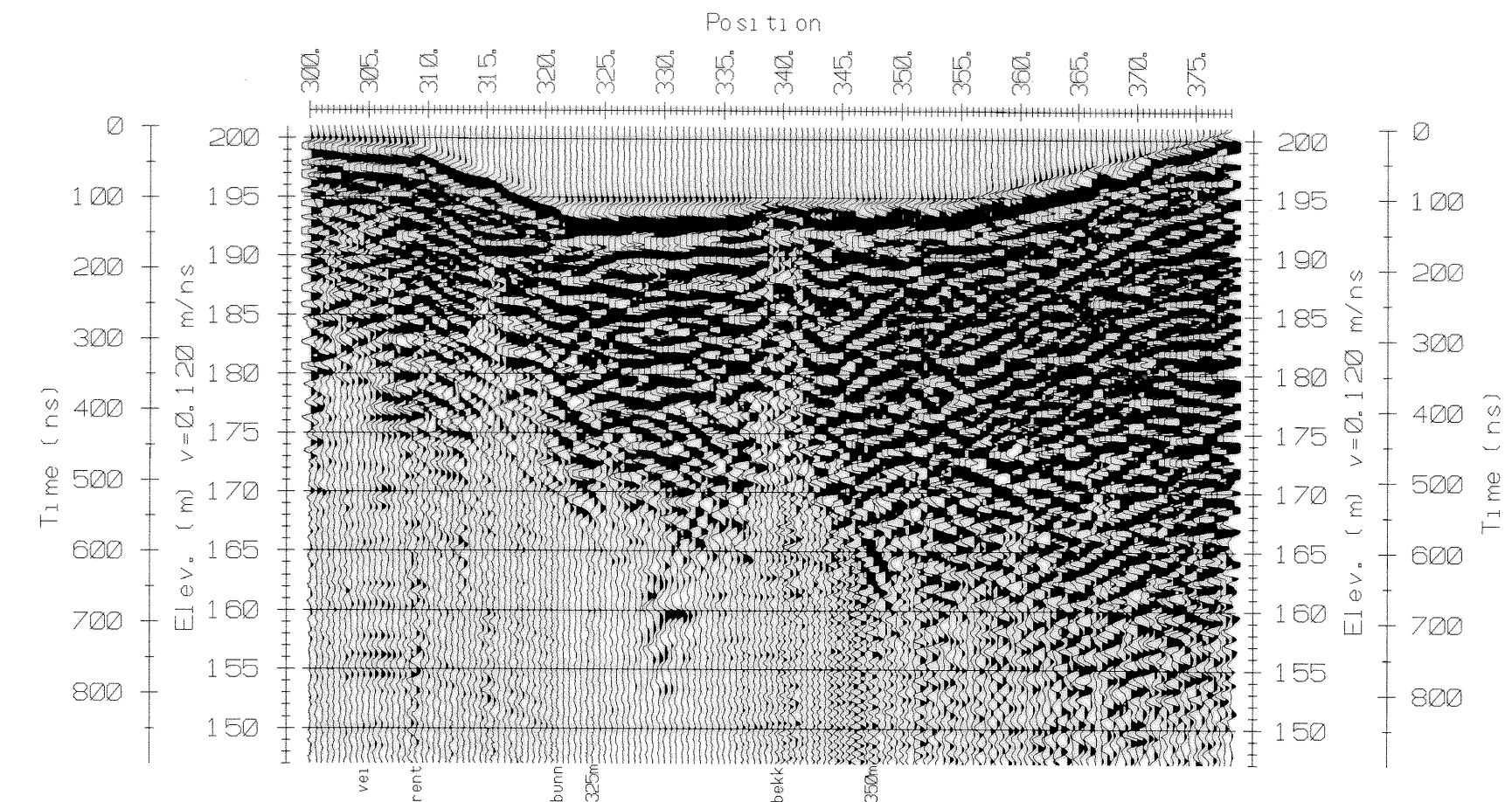
NGU GEORADAROPPTAK <b>HESJEDAL</b> FØRDE KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK	MÅLT TL/HE	Sept. -96
	1:5000 (kart)	TEGN HE	Mai -97
		TRAC	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 97.050-04	KARTBLAD NR 1217 IV, 1218 III	



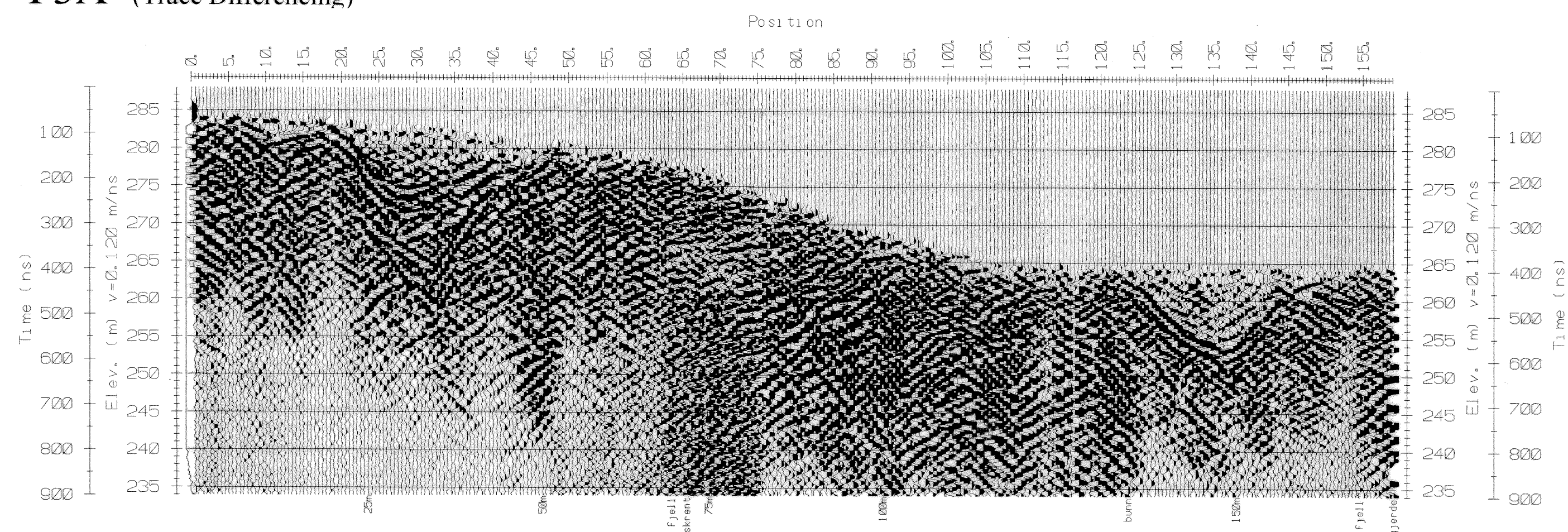
### P3A



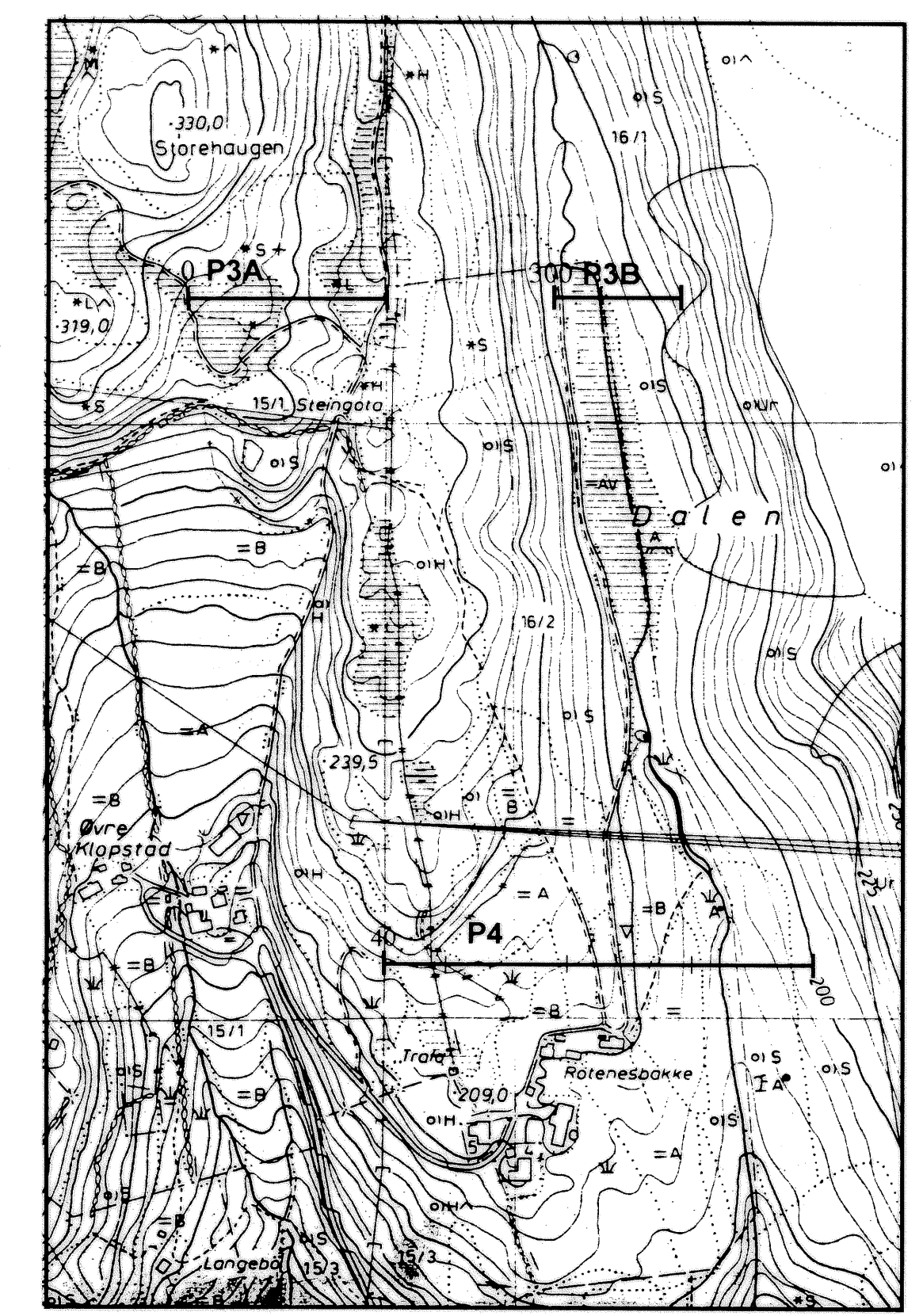
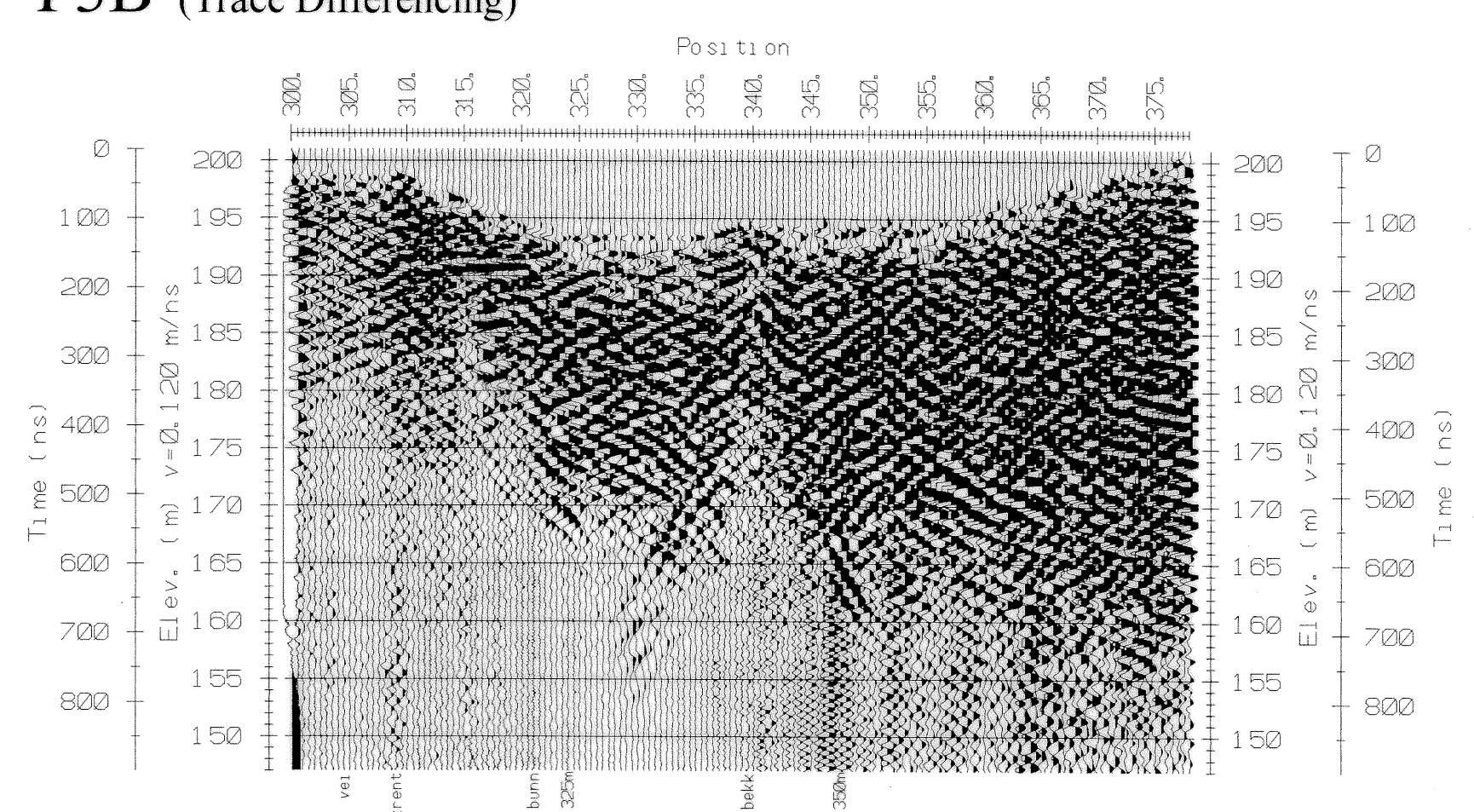
### P3B



### P3A (Trace Differencing)



### P3B (Trace Differencing)

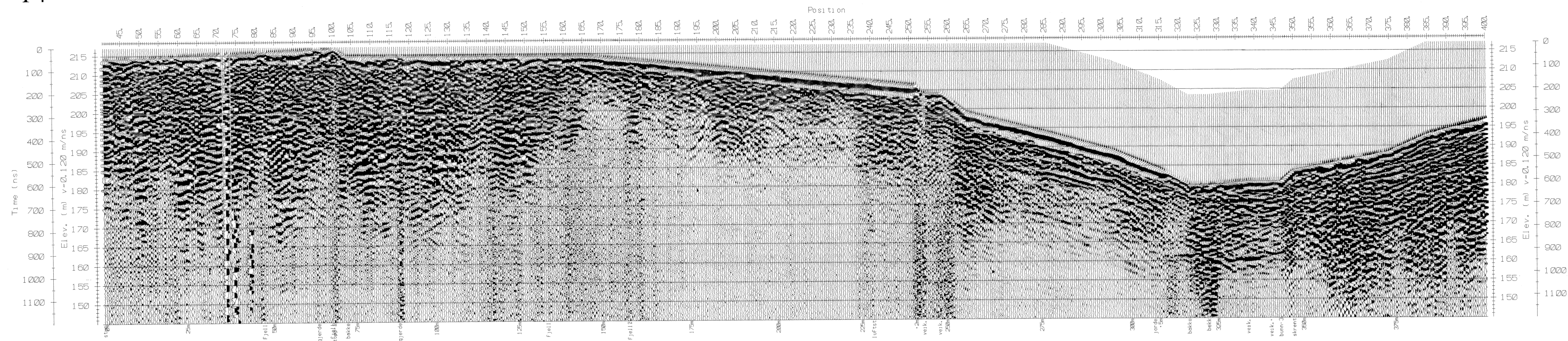


Georadarprofil med startposisjon og markering for hver 100 meter

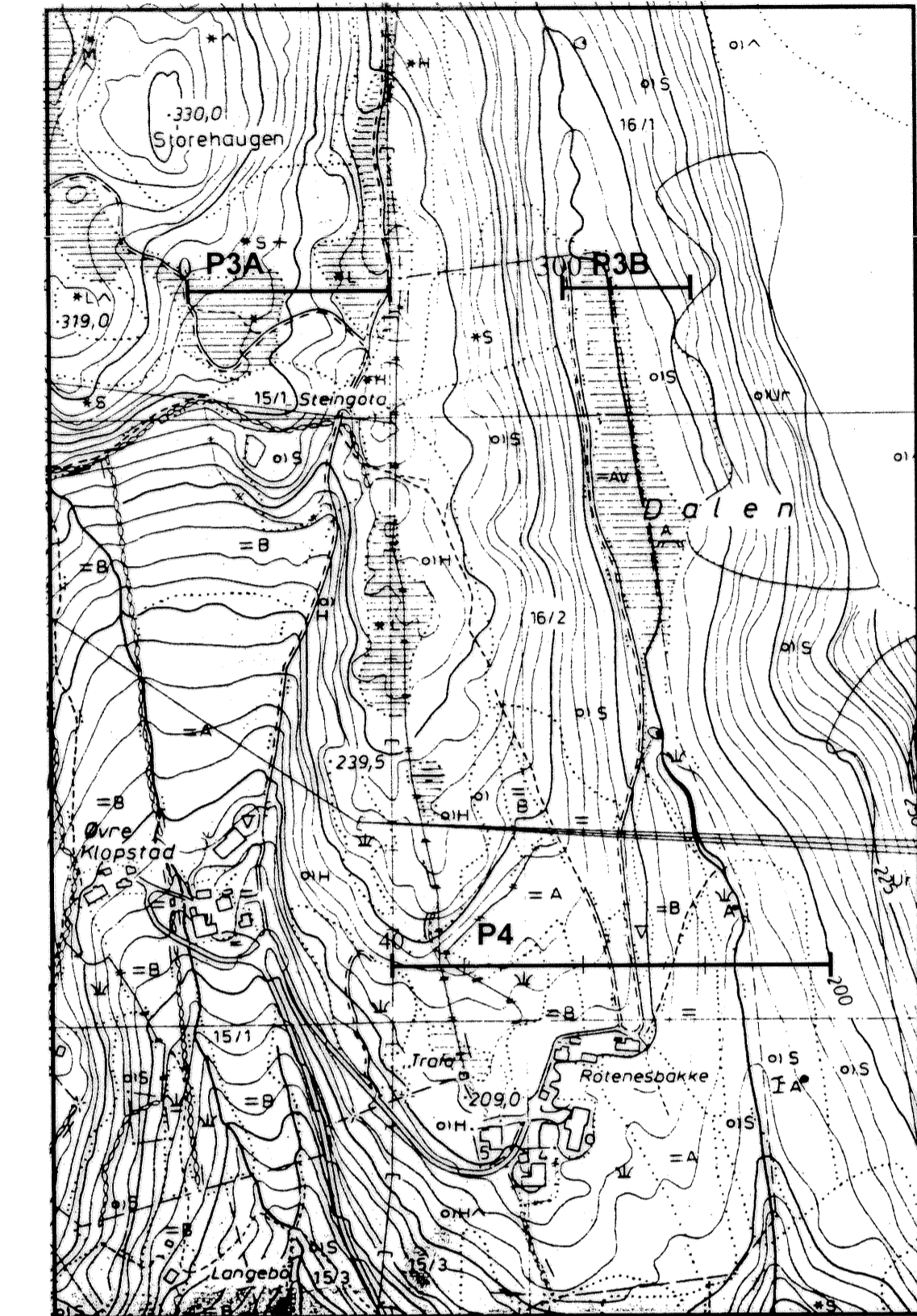
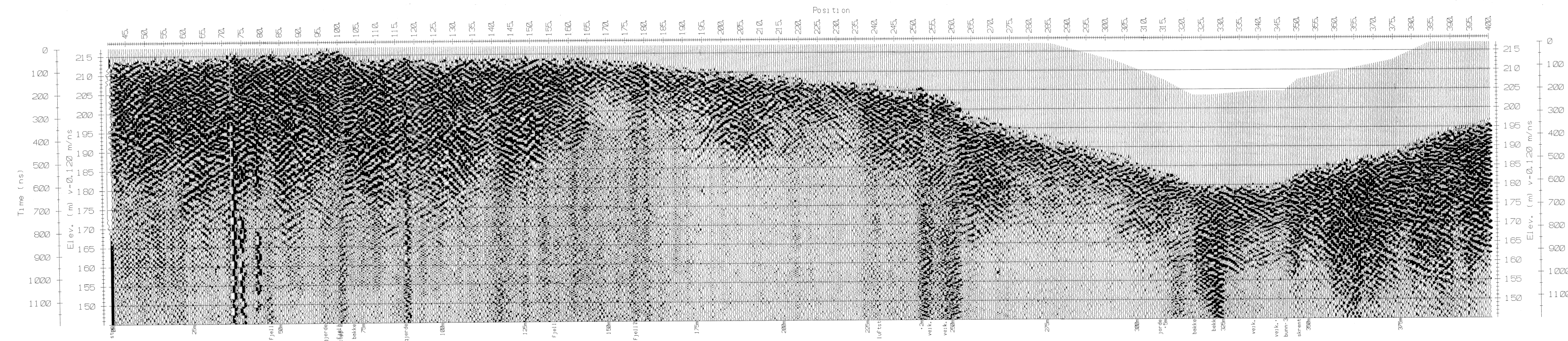
NGU GEORADAROPPTAK <b>HESJEDAL</b> FØRDE KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK	MÅLT TL/HE	Sept. -96
	1:5000 (kart)	TRAC	Mai -97
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 97.050-05	KARTBLAD NR 1217 IV, 1218 III	



P4



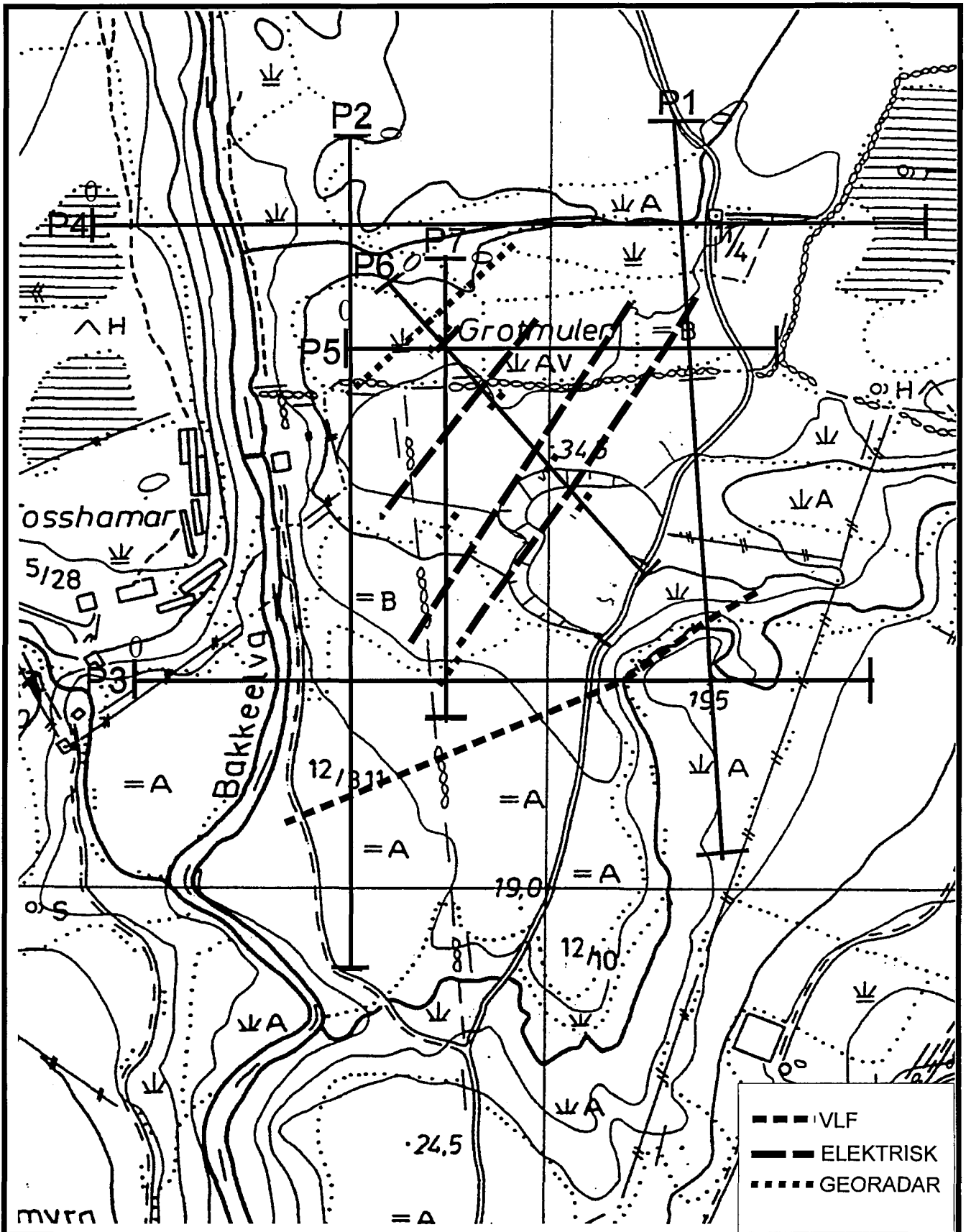
P4 (Trace Differncing)



Georadarprofil med startposisjon og markering for hver 100 meter

NGU GEORADAROPPTAK <b>HESJEDAL</b> FØRDE KOMMUNE, SOGN OG FIORDANA NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	MÅLESTOKK 1:5000	MÅLT TL/HE TEGN HE TRAC KFR	Sept. -96 Mai -97
	TEGNING NR 97.050-06	KARTBLAD NR 1217 IV, 1218 III	





NGU  
 Tolkingskart med profilplassering  
**HOLMEDAL**  
 ASKVOLL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE

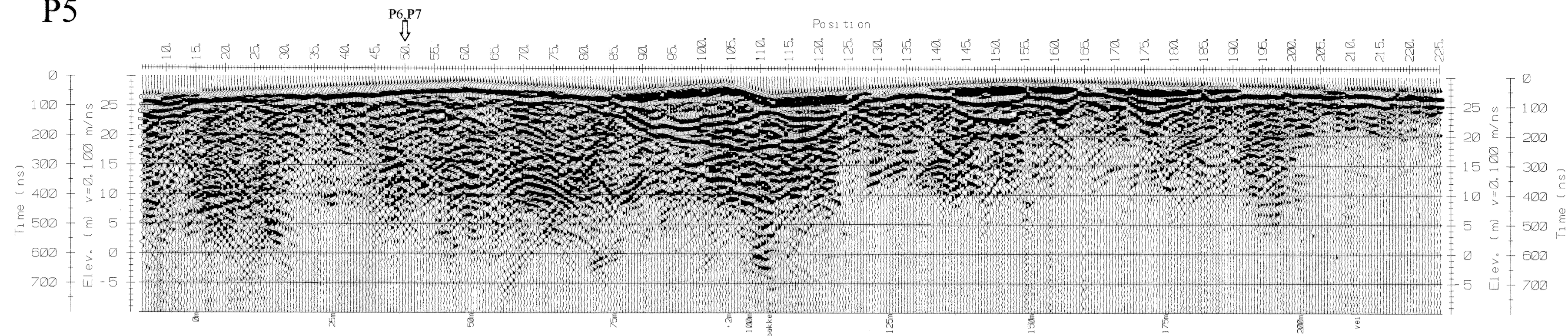
MÅLESTOKK  1:2500	MÅLT TL/HE	Sept. -96
	TEGN HE	Mai -96
	TRAC	
	KFR	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

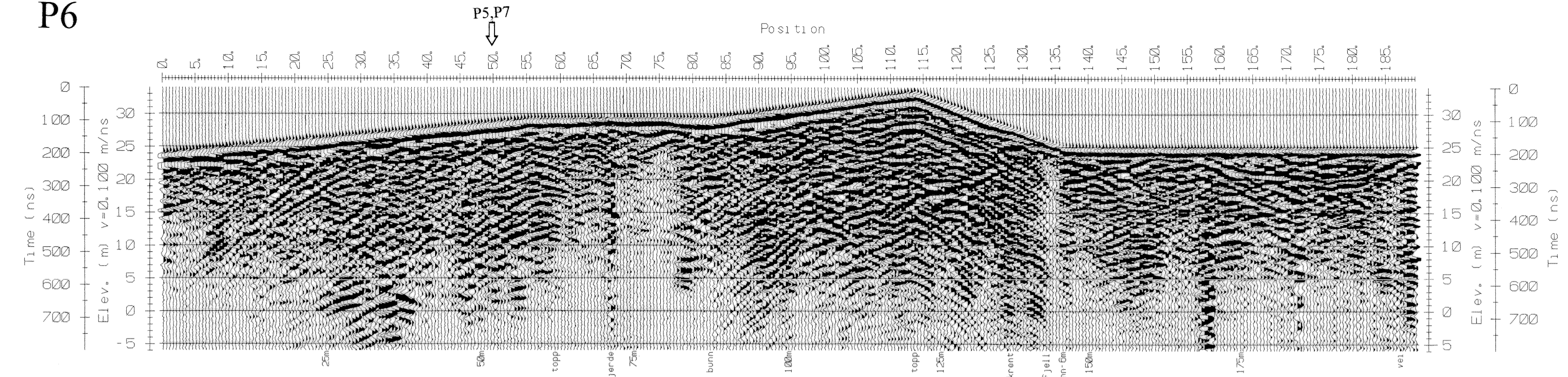
TEGNING NR 97.050-07	KARTBLAD NR 1117 I
-------------------------	-----------------------



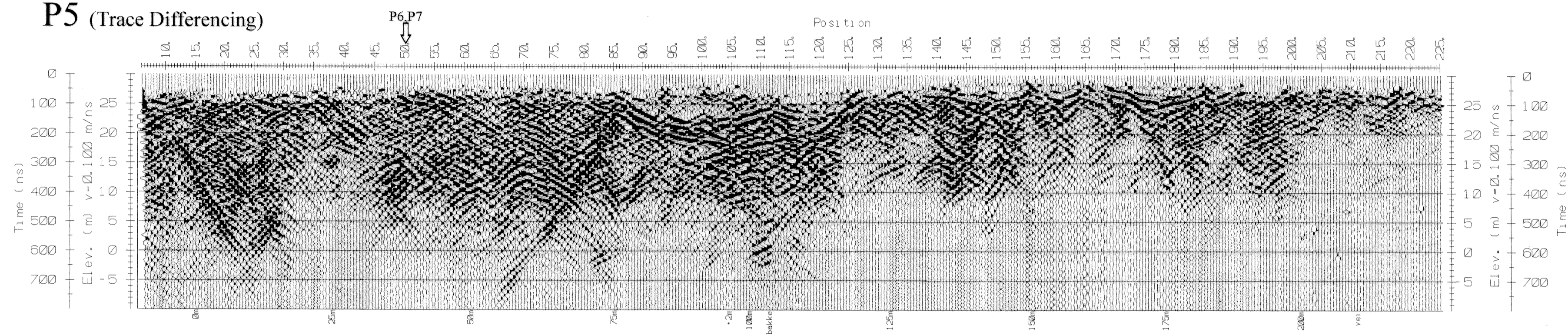
P5



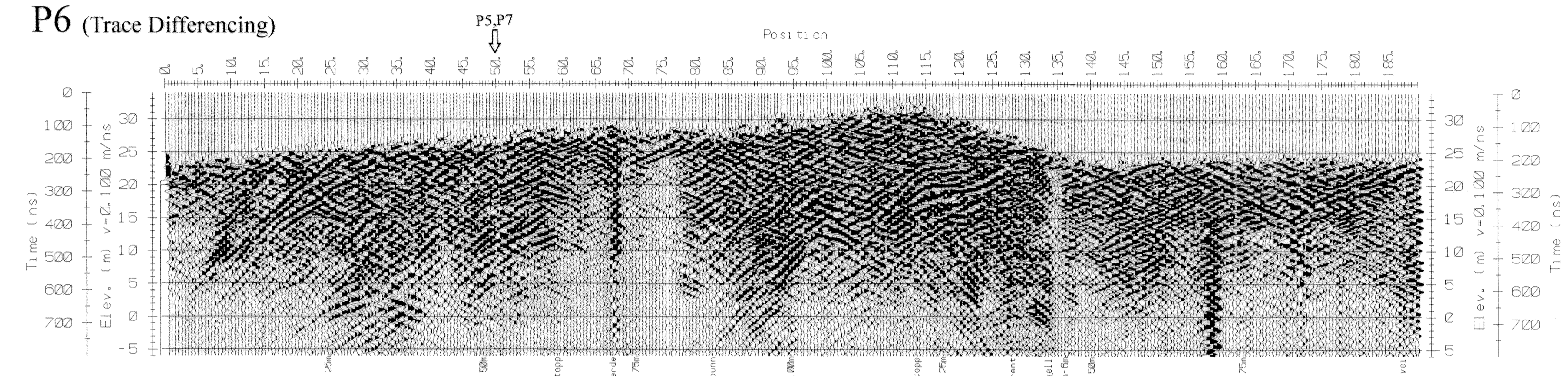
P6



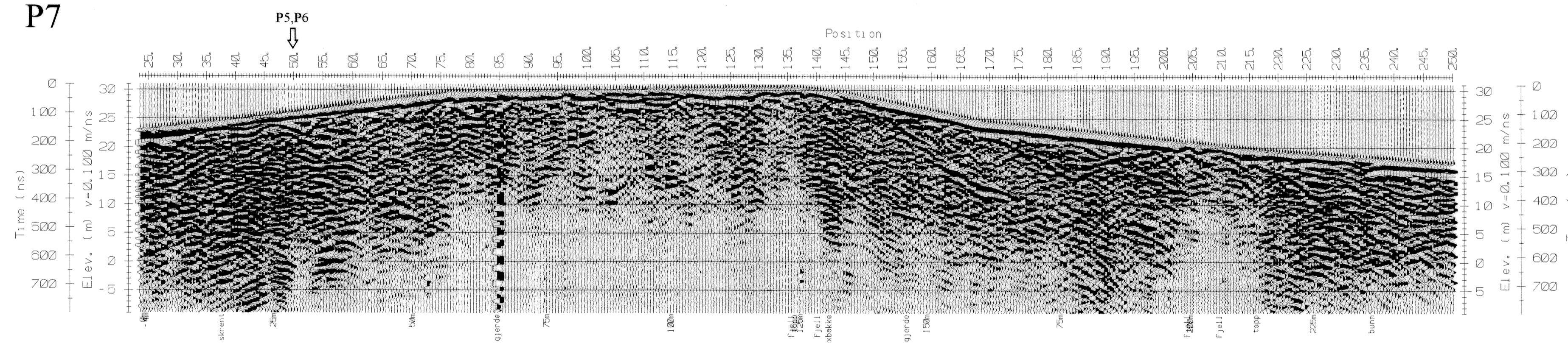
P5 (Trace Differencing)



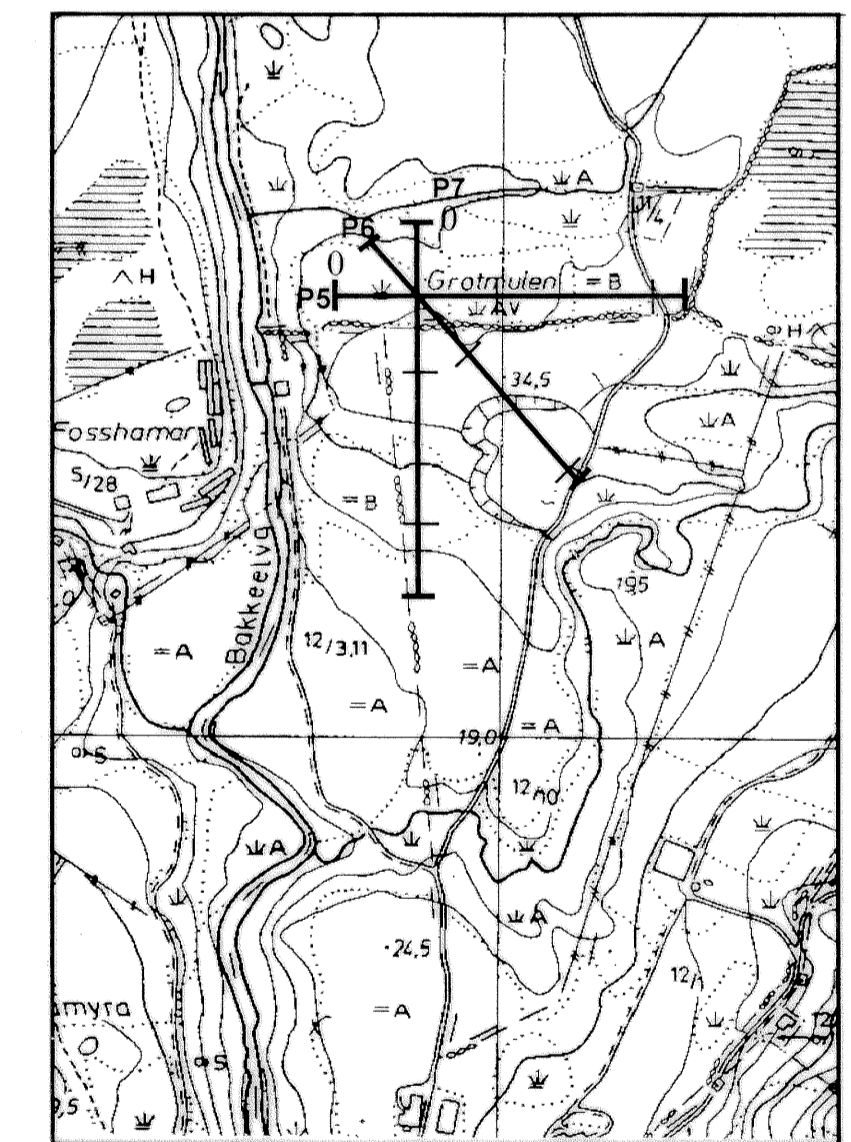
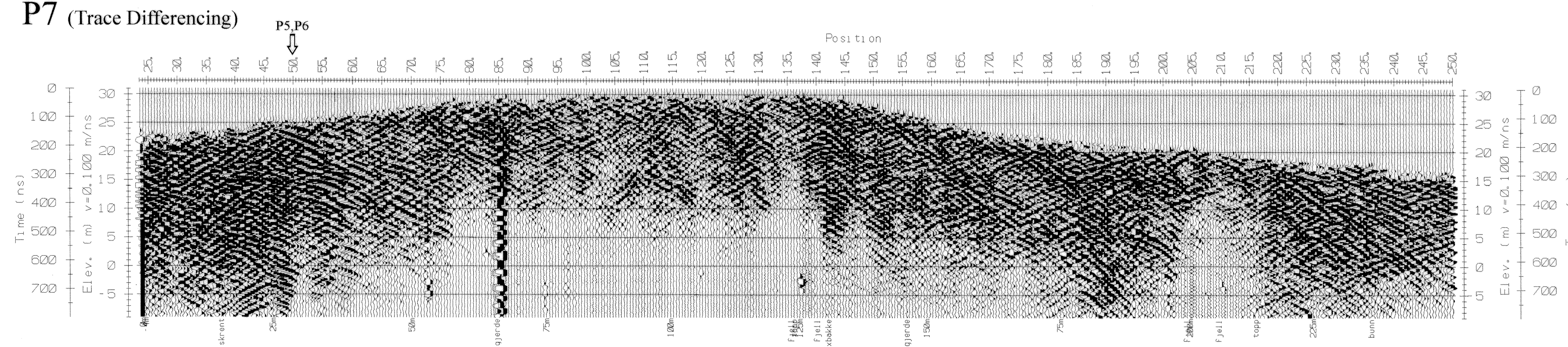
P6 (Trace Differencing)



P7



P7 (Trace Differencing)



Georadarprofil med startposisjon og markering for hver 100 meter.

NGU GEORADAROPPTAK <b>HOLMEDAL</b> ASKVOLL, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK	MALT TL/HE	Sept -96
	1:5000 (kart)	TEGN HF	Mai -97
		TRAC	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 97.050-08	KARTBLAD NR 1117 I	