

NGU Rapport 93.011

**Georadarmålinger nord for
Gardermoen lufthavn, Ullensaker
og Nannestad kommuner, Akershus**

Rapport nr. 93.011		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Georadarmålinger nord for Gardermoen lufthavn, Ullensaker og Nannestad kommuner, Akershus.				
Forfatter: Eirik Mauring Torleif Lauritsen		Oppdragsgiver: Faneprojekt Gardermoen		
Fylke: Akershus		Kommune: Nannestad Ullensaker		
Kartbladnavn (M=1:250.000) Hamar		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1915 II Ullensaker 1915 III Nannestad		
Forekomstens navn og koordinater: Gardermoen 32V 6152 66768		Sidetall: 30		Pris: 380,-
Feltarbeid utført: 28/9, 1/10-10/10-92		Rapportdato: 5/3-1993	Prosjektnr.: 63.2586.00	Ansvarlig: <i>Eirik S. Mauring</i>
Sammendrag: <p>Det er utført georadarmålinger i to områder nord for Gardermoen lufthavn i forbindelse med Faneprojekt Gardermoen. Formålet med undersøkelsen var å finne egnede områder for studie av forurensningstransport i umettet sone.</p> <p>Avsetningene i området Moreppen-Vigsteinmoen er dominert av breelvavsatt materiale med marint materiale lengst i vest. Opptakene viser økende dyp til grunnvannsspeil mot øst og skrålagning som stort sett heller nedover mot vest. Mulig bunn av topplag sees i flere profiler på 1-5 m dyp, der dypet øker mot øst. Avsetningens bunnlag er indikert på flere opptak ved utflatning av skrå reflektorer. Refleksjonsmønsteret er kaotisk, og dette representerer vanligvis grovkornige avsetninger.</p> <p>Avsetningene i området Flatnertjernet er dominert av vindavsatt materiale. Opptakene viser at grunnvannsspeilet heller svakt nedover mot øst. Lengst i vest sees skrålagning som indikerer at vindavsetningene kan være tynne i dette området. Mulige gamle elvekanaler er indikert ved trauformete reflektorer. Et kaotisk refleksjonsmønster representerer trolig grovkornige avsetninger. Grensen mellom vindavsatt og breelvavsatt materiale er ikke påvist.</p>				
Emneord:		Miljøgeologi		
Geofysikk		Georadar		
Breelvavsetning		Fagrapport		

INNHOOLD

1	INNLEDNING	4
2	TIDLIGERE UNDERSØKELSER	4
3	UTFØRELSE	4
4	RESULTATER	6
4.1	Hastighetsanalyser	6
4.2	Profileringer	7
4.2.1	Moreppen-Vigsteinmoen	7
4.2.2	Flatnertjernet	11
5	KONKLUSJON	13
6	REFERANSER	14

Tekstbilag

Georadar - metodebeskrivelse

Databilag

Hastighetsanalyser

Kartbilag

93.011-01	Oversiktskart
93.011-02	Georadaropptak, profil P72, P70, P700, P720a
93.011-03	Georadaropptak, profil P71, P710, P7220, P722, P722a
93.011-04	Georadaropptak, profil P73b, P73a, P7220a, P730b, P750b, P7220b
93.011-05	Georadaropptak, profil P73, P730, P760, P75b
93.011-06	Georadaropptak, profil P75a, P75
93.011-07	Georadaropptak, profil P750a, P760a, P740, P750
93.011-08	Georadaropptak, profil P74, P76
93.011-09	Georadaropptak, profil P77, P77a, P770, P780, P770a, P800a
93.011-10	Georadaropptak, profil P78, P780a, P781, P80, P790, P800
93.011-11	Georadaropptak, profil P79

1 INNLEDNING

Det er utført georadarmålinger i 2 områder nord for Gardermoen lufthavn i forbindelse med Faneprojekt Gardermoen. Formålet med undersøkelsen var å finne egnede områder for studie av forurensningstransport i umettet sone. Målingene er en videreføring/utvidelse av tidligere utførte målinger i området rundt Gardermoen i forbindelse med samme prosjekt (Mauring & Lauritsen 1992). Foreliggende rapport beskriver utførelse av målinger og presenterer alle georadaropptak med en kort beskrivelse. Tolkning av opptakene er etter ønske overlatt oppdragsgiver. Målingene ble utført av Torleif Lauritsen med assistanse fra oppdragsgiver i perioden 28/9-10/10-1992.

2 TIDLIGERE UNDERSØKELSER

Det er utført omfattende kvartærgeologiske og hydrogeologiske undersøkelser i området rundt Gardermoen (Longva 1987, Longva & Østmo 1986, Østmo 1976 a og b, Østmo 1977). I forbindelse med den Internasjonale Hydrologiske Dekaden (IHD) er det også utført refraksjonsseismiske målinger i eller i nærheten av de aktuelle områder (Hillestad 1975). Georadarmålinger i større omfang som er utført rundt Gardermoen er rapportert av Sigurdsson (1988), Tønnesen (1990), Mauring & Rønning (1991) og Mauring & Lauritsen (1992). Avsetningene i området Moreppen-Vigsteinmoen er dominert av breelvavsetninger, med marine avsetninger helt i vest (ravineområde). Avsetningene i området rundt Flatnertjernet er dominert av vindavsetninger som trolig består av korttransportert breelvmateriale og bresjøsedimenter (Longva 1987).

3 UTFØRELSE

En beskrivelse av målinger med georadar er vedlagt i tekstbilag. Det ble i alt profilert ca. 18 km og foretatt 16 CMP-målinger for bestemmelse av EM-bølgenes utbredeshastighet i løsmassene. Det ble hovedsakelig målt med 50 MHz-antennene. Kartbilag -01 viser plasseringen av de profiler som ble målt med 50 MHz-antennene. Der profilene krysser hverandre ble det i tillegg målt korte profiler med 200 MHz-antennene. Plassering av disse profilene er vist i egne kartutsnitt sammen med opptakene i kartbilag -02-11. Georadaren som ble benyttet var av typen pulseEKKO IV (Sensors & Software Inc., Canada). Det ble benyttet 400 V sender, og signalene ble stacket 64 ganger ved hvert målepunkt. Antenneavstanden var 1 m. Øvrige opptaksparametre er vist i tabell 1.

Tabell 1. Oversikt over opptaksparametre. Posisjon og flyttavstand er oppgitt i meter, opptakstid og samplingsintervall i ns og antennefrekvens i MHz.

<u>Profil</u>	<u>Posisjon</u>	<u>Sampl.int.</u>	<u>Opptakstid</u>	<u>Flyttavstand</u>	<u>Ant.frekvens</u>	<u>Kartbilag</u>
P72	0-1470	1.6	1024	2	50	-02
P70	0-862.2	1.6	1024	1.8	50	-02
P700	0-50	0.8	512	1	200	-02
P720	0-50	0.8	512	1	200	-02
P71	0-570	1.6	1024	2	50	-03
P710	0-50	0.8	512	1	200	-03
P7220	0-50	0.8	512	1	200	-03
P722	0-1666	1.6	1024	2	50	-03
P7220a	0-60	0.8	512	1	200	-04
P730b	0-60	0.8	512	1	200	-04
P7220b	0-60	0.8	512	1	200	-04
P750b	0-51	0.8	512	1	200	-04
P73	0-1027.8	1.6	1024	1.8	50	-05
P73a	1140-1953.6	1.6	1024	1.8	50	-04
P73b	1980-2910	1.6	1024	2	50	-04
P730	0-51	0.8	512	1	200	-05
P760	0-50	0.8	512	1	200	-05
P75	0-1413	1.6	1024	1.8	50	-06
P75a	1410-2335.2	1.6	1024	1.8	50	-06
P75b	0-1050	1.6	1024	2	50	-05
P750	0-50	0.8	512	1	200	-07
P740	0-53	0.8	512	1	200	-07
P750a	0-181	0.8	512	1	200	-07
P760a	50--25	0.8	512	-1	200	-07
P74	0-995.4	1.6	1024	1.8	50	-08
P76	0-999	1.6	1024	1.8	50	-08
P77	1800-4.8	1.6	1024	-1.8	50	-09
P770	0-51	0.8	512	1	200	-09
P780	0-52	0.8	512	1	200	-09
P770a	0-50	0.8	512	1	200	-09
P800a	0-51	0.8	512	1	200	-09
P78	0-599.4	1.6	1024	1.8	50	-10
P780a	0-50	0.8	512	1	200	-10
P781	0-50	0.8	512	1	200	-10
P80	0-1290	1.6	1024	2	50	-10
P790	0-60	0.8	512	1	200	-10
P800	0-65	0.8	512	1	200	-10
P79	0-390	1.6	1024	2	50	-11

Ved utskrift av georadaropptakene er disse plottet vest-øst og sør-nord. Profillengder som er angitt i tabell 1 angir målepunkter multiplisert med flyttavstand. Dersom en ved måling har vært unøyaktig ved antenneplasseringene, stemmer nødvendigvis ikke de angitte profillengder med de virkelige. I slike tilfeller kan informasjon om kryssende profiler, veier og terrengdetaljer benyttes for en mer eksakt plassering av profiler. Slik informasjon er notert ved målingenes utførelse, og er plottet under opptakene som kommentarer. Enkelte profiler er innmålt og stukket opp av oppdragsgiver. Med jevne mellomrom er de innmålte posisjoner lest inn som kommentarer for de aktuelle profiler.

4 RESULTATER

Noen målinger er utført langs profiler med ujevn topografi. For disse profilene er opptakene skrevet ut med terrengkorreksjon. Høyder er avlest fra kart i målestokk 1:5000. Ved utskrift av dybdeskala er hastigheten 0.125 m/ns benyttet (se 4.1). Denne gjelder kun ned til grunnvannsspeil. Strukturer under grunnvannsspeil kan bli fortegnet i områder med røff topografi. Kun en kort beskrivelse av georadaropptakene presenteres i denne rapporten. Tolkning av opptakene er etter ønske overlatt til oppdragsgiver.

4.1 Hastighetsanalyser

Opptaksdata og prosesserte data for hastighetsanalysene er vist i databilag (side 1-14). CMP10 og CMP16 er utelatt pga. dårlig datakvalitet. Resultater fra hastighetsanalysene er presentert i tabell 2.

Som ved tidligere CMP-målinger utført på Gardermoen (Mauring & Lauritsen 1992) kan en kun påvise sikkert hastighet i avsetninger ned til grunnvannsspeil. Med få unntak sees hastighet i tørre avsetninger å ligge i området 0.12-0.13 m/ns. I de tilfeller der hastigheten er lavere, er datakvaliteten også dårligere, noe som medfører en mer usikker hastighetsbestemmelse. Ved dybdekonvertering av samtlige georadaropptak er hastigheten 0.125 m/ns benyttet. Erfaringer fra tilsvarende type avsetninger viser at hastighet i vannmettet sone ofte er rundt 0.07 m/ns. Denne hastigheten kan benyttes ved beregning av dyp til reflektorer under grunnvannsspeil.

Tabell 2. Oversikt over CMP hastighetsanalyser. Tidspunkt for refleksjoner (tid) er angitt i ns, og hastighet i m/ns.

<u>CMP Nr.</u>	<u>Tid</u>	<u>Hastighet</u>	<u>Tid</u>	<u>Hastighet</u>	<u>Tid</u>	<u>Hastighet</u>
1	100	0.12				
2	100	0.09				
3	100	0.13				
4	200	0.13	275	0.12		
5	100	0.13	210	0.13		
6	100	0.12				
7	200	0.11-0.12				
8	150	0.10-0.12				
9	100	0.13	250	0.12		
11	100	0.12				
12	150	0.13				
13	100	0.13				
14	100	0.12	200	0.12	300	0.09
15	100	0.09-0.10				

4.2 Profileringer

En har funnet det hensiktsmessig å dele det undersøkte området inn i to delområder, Moreppen-Vigsteinmoen og Flatnertjernet, pga. forskjellig geologi og fordi områdene er geografisk separert. Området Moreppen-Vigsteinmoen dekkes av profilene P70-P76 og området Flatnertjernet dekkes av profilene P77-P80.

4.2.1 Moreppen-Vigsteinmoen

Området ligger nord og nordvest for Gardermoen lufthavn. Profilene som er målt innenfor området er vist i kartbilag -02-08. Målingene er en utvidelse av tidligere målinger utført i omtrent samme område (område 'Vigsteinmoen (Moreppen)' i Mauring & Lauritsen 1992). Ved de tidligere undersøkelser ble det vesentlig målt med 200 MHz-antenner, mens en denne gangen har lagt hovedvekt på målinger med 50 MHz-antenner. Beskrivelsen av profilene starter lengst i sør.

P72

Opptaket er vist i kartbilag -02. Opptaket viser svært variabelt penetrasjonsdyp, og det er spesielt dårlig mellom posisjon 0 og 540 og mellom 900 og 1140. Den mest markante hendelsen er grunnvannsspeil som i store deler av profilet opptrer som en kraftig horisontal reflektor ved ca. 100 ns (5-6 m dyp). Skrå reflektorer med varierende helningsretning sees stedvis. Et kaotisk refleksjonsmønster mellom 540 og 900 indikerer grove avsetninger. Maks. penetrasjon er ca. 600 ns.

P70

Opptaket er vist i kartbilag -02. Vestlig ende av profilet starter i ravineområde med marine avsetninger. Slike avsetninger gir vanligvis dårlig penetrasjon, noe som er tydelig mellom posisjon 0 og 230. Manglende penetrasjon i området 306-331 skyldes passering av betongbru over motorvei. Opptaket viser skrålagning som heller svakt nedover mot vest. Dette er spesielt tydelig mellom 360 og 585. Det kan stedvis se ut som om skrålagningen starter helt fra overflaten. Et eventuelt topplag er tynt i dette området. En lineær, skrå hendelse sees fra 400 ns (posisjon 630) til 800 ns (posisjon 695). Denne har en hastighet som viser at hendelsen trolig skyldes refleksjoner gjennom luft. I dette tilfellet kan dette muligens skyldes refleksjon fra hus ved 585.

P700 og P720

Disse 200 MHz-profilene er målt i skjæringspunktet mellom P70 og P72, og er vist i kartbilag -02. P700 er målt langs P70 og P720 er målt langs P72. P700 viser (som P70) skrålagning som heller svakt nedover mot vest. En kraftig reflektor på ca. 1 m dyp kan representere bunnen av topplaget. Redusert penetrasjon mellom 15 og 5 skyldes trolig kryssing av veg (saltet eller finstoffholdig?). I P720 sees skrålagning som heller svakt nedover mot nord, og et mulig topplag på 1-2 m dyp representert ved en kraftig reflektor. Mulig grunnvannsspeil sees som en horisontal reflektor på ca. 5 m dyp. De to profilene sett under ett antyder at skrålagningen heller nedover i nordvestlig retning i dette området.

P71

Opptaket er vist i kartbilag -03. Svært dårlig penetrasjon fra 570 til 330 skyldes profilering gjennom ravineområde med marine avsetninger. Grunnvannsspeil sees ellers i opptaket som en horisontal reflektor på 6-7 m dyp, og er spesielt tydelig i området 130-10. Skrålagning som heller nedover mot vest kan sees flere steder langs profilet.

P710 og P7220

Disse 200 MHz-opptakene er vist i kartbilag -03. De er målt i skjæringspunktet mellom P71 og P722. P710 er målt langs P71 og P7220 er målt langs P722. P7220 viser stort sett et kaotisk refleksjonsmønster. En horisontal men lite utholdende reflektor på 6-7 m dyp representerer trolig grunnvannsspeil. P710 viser en kraftig horisontal reflektor på 1-2 m dyp som trolig representerer bunnen av topplaget i breelavsetningen.

P722

Opptakene (50 MHz) er vist i kartbilag -03. Penetrasjonen er svært variabel og flere steder dårlig. Maks. penetrasjon er ca. 400 ns men er de fleste steder dårligere. Dette kan skyldes overflateforhold og/eller at profilet er målt distalt i breelavsetningen med større finstoffinnhold. En reflektor ved ca. 300 ns fra 1320 og ut profilet i nord kan representere overflaten av finstofflag. Grunnvannsspeil sees som en horisontal, men ikke spesielt tydelig og skarp reflektor, på ca. 6 m dyp ved starten av profilet og avtar til ca. 3-4 m ved posisjon 800. Fra denne posisjonen og ut profilet i nord ligger trolig grunnvannsspeilet for grunt til å kunne identifiseres med sikkerhet. Flere steder sees lite utholdende reflektorer som heller i varierende retning. Ellers er opptaket preget av et mer kaotisk refleksjonsmønster.

P7220a og P730b

Opptakene (200 MHz) er vist i kartbilag -04. Profilene er målt rundt skjæringspunktet mellom P73 og P722. P7220a er målt langs P722, mens P730b er målt langs P73. P7220a viser øverst skrålagning som heller svakt nedover mot nord. En svak, horisontal reflektor sees ved ca. 160 ns. P730b viser også skrålagning, men den er brattere og har helning nedover mot vest. En horisontal, kraftig reflektor ved ca. 20 ns (1.5 m dyp) representerer trolig bunnen av topplaget eller overflaten av vannmettet sone. Skrålagningen har trolig maks. helning i VNV-lig retning i dette området.

P7220b og P750b

Disse 200 MHz-opptakene er vist i kartbilag -04, og er målt i skjæringspunktet mellom P722 og P75. P750b er målt langs P75 og viser utpreget skrålagning som heller nedover mot vest. Skrålagningen kan sees ned til 200 ns. Reflektor på ca. 1 m dyp representerer grunnvannsspeil eller bunnen av topplaget. P7220b er målt omtrent vinkelrett på 750b og viser strukturer som har vekslende helningsretning langs profilet. Dette kan indikere at profilet går omtrent vinkelrett på avsetningsretningen.

P73

Delprofil P73b er terrengkorrigert og er vist separat i kartbilag -04. P73a og P73 er vist i kartbilag -04 og -05. P73b viser svært dårlig penetrasjon. Mellom posisjon 2910 og posisjon 2600 skyldes dette trolig grunt, marint materiale i ravineområdet. Det er uvisst hva den dårlige penetrasjonen i resten av opptaket skyldes. Fra posisjon 2300 til posisjon 1980 (østenden av profilet) sees grunnvannsspeil å helle nedover fra ca. 4 m dyp (2300) til ca. 6.5 m dyp (1980). Stedvis sees skrålagning som heller nedover mot vest (f.eks. rundt posisjon 2600, 2360, 2130). I P73a og P73 sees grunnvannsspeil kontinuerlig fram til posisjon 900 der det opptrer på ca. 9.5 m dyp. Videre østover langs profilet sees grunnvannsspeil sporadisk, og det heller nedover mot øst. Ved enden av profilet opptrer det på ca. 18 m dyp. Over grunnvannsspeil sees en lite utholdende reflektor på ca. 5 m dyp fra posisjon 900, og denne kan muligens representere bunnen av topplaget. Penetrasjonsdyptet synes å være begrenset til overflaten av grunnvannsspeil.

P730 og P760

Dette er 200 MHz-opptak som er målt i skjæringspunktet mellom P73 og P76 og er vist i kartbilag -05. P730 er målt langs P73 og P760 er målt langs P76. P730 viser trolig grunnvannsspeil som en diskontinuerlig, svak reflektor på ca. 8 m dyp. En reflektor som heller svakt nedover mot øst (posisjon 0) til ca. 3.5 m dyp utgjør sannsynligvis bunnen av topplaget. Ellers er refleksjonsmønsteret kaotisk og representerer trolig grove avsetninger. P760 viser grunnvannsspeil meget svakt på ca. 7.5 m dyp. Ellers er refleksjonsmønsteret kaotisk og viser få tolkbare strukturer.

P75

Delprofil P75b er vist i kartbilag -05. P75a og P75 er vist i kartbilag -06. P75b viser svært dårlig penetrasjon vest for posisjon 600. Grunnvannsspeil heller nedover langs profiltretningen (mot øst) til ca. 5 m dyp ved østenden. Under dette sees skrålagning som heller nedover mot vest. Fra ca. posisjon 440 sees en skrå reflektor som flater ut mot vest og forsvinner ved ca. 350 ns ved posisjon 600. Denne utflatingen kan muligens indikere bunnlaget (finstofflag) i breelavsetningen.

I P75a og P75 sees grunnvannsspeil å helle jevnt nedover mot øst, og er spesielt tydelig mellom posisjon 945 og 675 på 12-13 m dyp. Grunnvannsspeil blir mindre tydelig fra posisjon 675, men kan sees ved posisjon 360 på ca. 20 m dyp. Penetrasjonsdypet er variabelt, men stort sett bra langs profilet, og ligger jevnt over i området 400-500 ns. Skrålagning som heller nedover mot vest sees noen få steder. Ellers er refleksjonsmønsteret mer eller mindre kaotisk og indikerer grove avsetninger. Lineære, skrå hendelser som krysser hverandre ved posisjon 2300 representerer etter all sannsynlighet refleksjoner i luft (energi som er reflektert fra objekt på terrengoverflaten).

P750 og P740

Disse 200 MHz-opptakene er målt i skjæringspunktet mellom P75 og P74 (se kartbilag -07). P750 er målt langs P75 og P740 er målt langs P74. P750 viser sporadisk grunnvannsspeil på ca. 5-6 m dyp, og en svak reflektor på 1 m dyp som kan representere bunnen av topplaget. Ellers er refleksjonsmønsteret mer eller mindre kaotisk. I P740 vises grunnvannsspeil på 4 m dyp ved starten av profilet (posisjon 0) og mulig bunn av topplag på 2-3 m dyp. Mellom posisjon 30 og 40 sees en skrå reflektor som heller nedover mot øst og som antas å representere en reflektor i løsmassene (skrålagning?).

P750a og P760a

Begge profilene er målt med 200 MHz-antennene, og er plassert ved skjæringspunktet mellom P75 og P76. Opptakene er vist i kartbilag -07. P750a er målt langs P75, og P760a er målt langs P76. P750a er målt 120-130 m lenger enn de øvrige 200 MHz-profiler. Mulig grunnvannsspeil sees kun rundt posisjon 80 på 10 m dyp. Ellers sees en del horisontale og skrå strukturer i løsmassene, spesielt i området 100-40. Spesielt interessant er det å se at skrå reflektorer ser ut til å flate ut på ca. 8 m dyp. P760a viser at skrålagningen i området muligens

har en komponent som heller mot nord. Ellers sees en undulerende, diskontinuerlig reflektor på 1 m dyp som kan representere bunnen av topplaget.

P74 og P76

Opptakene er vist i kartbilag -08. Profilene er målt for å binde sammen P73 og P75. I P74 sees grunnvannsspeil å ligge i et konstant nivå på 4-5 m dyp. Penetrasjonen er svært god og jevn, og reflektorer kan sees ned til ca. 600 ns. Refleksjonsmønsteret er kaotisk, og det er vanskelig å plukke ut og beskrive enkelthendelser. Avsetningene er etter all sannsynlighet grovkornige langs dette profilet.

P76 viser grunnvannsspeil i et bortimot konstant nivå på 9-10 m dyp. Denne reflektoren opptrer meget tydelig. Omtrent ved posisjon 570 knekker profilet i NNV-lig retning, og fra denne posisjonen og til enden av profilet i nord sees meget svakt hellende skrålagning (heller nedover mot nord). Denne er spesielt tydelig over grunnvannsspeil, men sees også svakere under grunnvannsspeil. Refleksjonsmønsteret er ellers kaotisk og indikerer grove avsetninger. Penetrasjonen er meget god, og reflektorer sees ned til 500-600 ns.

4.2.2 Flatnertjernet

Området ligger rundt Flatnertjernet i nordlig område i kartbilag -01. Georadaropptakene er vist i kartbilag -09-11. I overflaten er avsetningene dominert av flyvesand. Beskrivelsen av profilene starter lengst i sør.

P77

Terrengkorrigerede opptak er vist i kartbilag -09. Grunnvannsspeil sees best der en har lokale høydevariasjoner i terrenget langs profilet. Grunnvannsspeil opptrer her som en horisontal reflektor som ikke følger terrengoverflaten. Dette er spesielt tydelig mellom posisjon 720 og 540. I dette området ligger grunnvannsspeil i nivå ca. 195 moh. Fra posisjon 390 og mot østenden av profilet har terrenget større helning nedover i profilretningen enn grunnvannsspeil. Grunnvannsspeilet kommer i dette området derfor nærmere overflaten og ligger omtrent i nivå 190 moh. ved vestenden. Penetrasjonen er variabel. Dårligst penetrasjon har en i området 1800-1575 og 720-300. Årsaken til den dårlige penetrasjonen her vites ikke sikkert, men kan muligens skyldes økt ledningsevne i overflaten. Hendelse i nivå 170-175 moh. mellom posisjon 1665 og 1610 kan være støy eller en horisontal reflektor som kan representere toppen av en finstoffsekvens. Skrå, lineære hendelser i det samme området antas å representere refleksjoner gjennom luft fra objekter på overflaten. Penetrasjonen er ellers meget bra, i området 500-700 ns, stedvis enda større. Dette indikerer grove avsetninger. De mest interessante strukturer opptrer i området 1530-1215. Flere reflektorer definerer her en slags bred kanalstruktur eller en sammensynkningsstruktur. Opptaket ellers er dominert av kraftig refleksivitet og et kaotisk refleksjonsmønster.

P770 og P780

Disse opptakene er målt med 200 MHz-antener og er vist i kartbilag -09. Profilene er målt i skjæringspunktet mellom P77 og P78, der P770 er målt langs P77 og P780 er målt langs P78. P770 viser penetrasjon omtrent til 400 ns, og har skrålagning som det mest dominerende trekk. Denne heller nedover mot vest. Skrålagningen flater ut mot topp og bunn i opptaket. P780 viser antatt grunnvannsspeil som en kraftig horisontal reflektor på 2-3 m dyp. En dalformet reflektor er framtredd gjennom hele opptaket. Denne har laveste punkt ved ca. 350 ns sentralt i opptaket. Reflektoren har typisk 'fjell-signatur' (ujevn, røff topografi, varierende reflektivitet), men det antas at den ligger for grunt til å representere fjell. Den kan muligens utgjøre nedre grense av flyvesand-avsetningen. Reflektorer over har en svak sammensynkning over den nevnte struktur.

P770a og P800a

Disse 200 MHz-opptakene er vist i kartbilag -09. Profilene er målt i skjæringspunktet mellom P77 og P80. P770a er målt langs P77 og P800a er målt langs P80. Både P770a og P800a viser et mer eller mindre kaotisk refleksjonsmønster med penetrasjon ned til ca. 250-300 ns.

P78

Opptaket er vist i kartbilag -10. Penetrasjonen er stort sett meget god, og refleksjoner kan sees ned til 500-600 ns. Grunnvannsspeil opptrer som en horisontal reflektor på 4-6 m dyp. Stort sett er refleksjonsmønsteret kaotisk, som stedvis utgjør trauformete strukturer, f.eks. i området 45-90, 180-270 og 540-570.

P780a og P781

Disse 200 MHz-opptakene er målt ved enden av P78. P780a er målt langs P78 og P781 er målt på tvers av P78. Opptakene er vist i kartbilag -10. I begge opptakene opptrer grunnvannsspeil som en markant reflektor på 3-4 m dyp. P780a viser en kraftig horisontal reflektor mellom posisjon 30 og 50. Det er uklart hva denne representerer. Penetrasjonen er i området 250-300 ns. Refleksjonsmønsteret er ellers kaotisk, med få sammenhengende reflektorer.

P80

Terrengkorrigert opptak er vist i kartbilag -10. Også i dette profilet framtrer grunnvannsspeil tydelig som en horisontal reflektor der terrenget har helning. Grunnvannsspeilet ligger tilnærmet i et konstant nivå ca. 195 moh. langs profilet. Penetrasjonen er variabel, men jevnt over svært god (ned mot 700-800 ns). Mellom posisjon 640 og 740 sees en trauformet struktur, som også har vært framtredd på andre profiler som er beskrevet. Ellers er refleksjonsmønsteret kaotisk, der reflektorer ikke kan følges lenger enn 5-10 traser. Det kaotiske refleksjonsmønsteret og det store penetrasjonsdypet er faktorer som tilsier grove avsetninger langs profilet.

P790 og P800

Profilene er målt med 200 MHz-antenner, og opptakene er vist i kartbilag -10. Profilene er målt i skjæringspunktet mellom P79 og P80. P790 er målt langs P79 og P800 er målt langs P80. P800 viser grunnvannsspeil tydeligst på ca. 3 m dyp. Ellers er refleksjonsmønsteret for kaotisk til å plukke ut og beskrive enkelthendelser.

P79

Opptaket er vist i kartbilag -11. Penetrasjonen er variabel, men god. Grunnvannsspeil kan sees på ca. 4 m dyp ved starten av profilet (posisjon 0) men blir grunnere og vanskeligere å skille fra direktebølgen i profiltretningen. Et kaotisk refleksjonsmønster gjør det vanskelig å plukke ut enkelthendelser.

5 KONKLUSJON

Det er utført georadarmålinger i to områder nordvest og nord for Gardermoen lufthavn i forbindelse med Faneprojekt Gardermoen.

Område Moreppen-Vigsteinmoen ligger like nordvest og nord for flyplassen. Avsetningene er dominert av breelvavsatt materiale. Lengst i vest i ravinelandskapet viser georadaropptakene meget liten penetrasjon som en følge av finstoffholdig, marint materiale. Opptakene øst for ravineområdet viser et jevnt økende dyp til grunnvannsspeil mot øst. Flere profiler viser skrålagning som stort sett heller nedover mot vest. Mulig bunn av topplag i breelavsetningen sees i flere profiler på 1-5 m dyp, der dypet øker mot øst. Et par profiler viser en utflatning av skrålagning mot dypet og indikerer trolig plasseringen av breelavsetningens bunnlag (finstoffdominert). Refleksjonsmønsteret er oftest kaotisk, og dette representerer vanligvis grovkornige avsetninger.

Område Flatnertjernet ligger ca. 4 km NNØ for flyplassen. Avsetningene er dominert av vindavsatt materiale. Også i dette området sees grunnvannsspeil tydelig på de fleste profiler. Grunnvannsspeilet har en svak helning nedover mot øst. Et 200 MHz-opptak lengst i vest viser skrålagning som heller nedover mot vest og som indikerer at det vindavsatte materialet kan være tynt i dette området. Trauformete strukturer sees på flere profiler, og kan representere gamle elvekanaler, men dette er usikkert. Også i dette området er refleksjonsmønsteret kaotisk, og dette representerer trolig grove avsetninger. Grensen mellom vindavsatt og breelvavsatt materiale er ikke påvist.

6 REFERANSER

- Hillestad, G. 1975: Seismiske målinger på Øvre Romerike i perioden 1967-1974 i forbindelse med den Internasjonale Hydrologiske Dekaden (IHD). *NGU-oppdrag 1310*. (Originaltolkninger i NGU's arkiv.)
- Longva, O. 1987: Ullensaker 1915 II. Beskrivelse til kvartærgeologisk kart M 1:50 000 (med fargetrykt kart). *NGU Skrifter 76*.
- Longva, O. & Østmo, S.R. 1986: Ullensaker 1915 II, kvartærgeologisk kart M 1:50 000. *Norges geologiske undersøkelse*.
- Mauring, E. & Lauritsen, T. 1992: Georadarmålinger ved Gardermoen, Ullensaker og Nannestad kommune, Akershus. *NGU Rapport 92.276*.
- Mauring, E. & Rønning, J.S. 1991: Undersøkelse av forurenset grunn/grunnvann på Trandum. Georadarmålinger. *NGU Rapport 91.218*.
- Sigurdsson, T. 1988: Georadarmåling ved Gardermoen, Ullensaker kommune, Akershus. (Testmåling i ulike geologiske miljøer.) *Sveriges geologiska AB. ID-nr.: IRAP:88424*.
- Tønnesen, J.F. 1990: Forsøksmålinger med georadar, Ullensaker kommune, Akershus. *NGU Rapport 90.104*.
- Østmo, S.R. 1976a: Gardermoen, kvartærgeologisk kart CQR 051052-20, M 1:20 000. *Norges geologiske undersøkelse*.
- Østmo, S.R. 1976b: Hydrogeologisk kart over Øvre Romerike; grunnvann i løsavsetninger mellom Jessheim og Hurdalsjøen - M 1:20 000. *Norges geologiske undersøkelse*.
- Østmo, S.R. 1977: Rapport vedrørende kvartærgeologisk kartlegging med spesiell vekt på registrering og undersøkelse av sand- og grusforekomster i Ullensaker kommune, Akershus fylke. *NGU Rapport 0-75045*.

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;

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

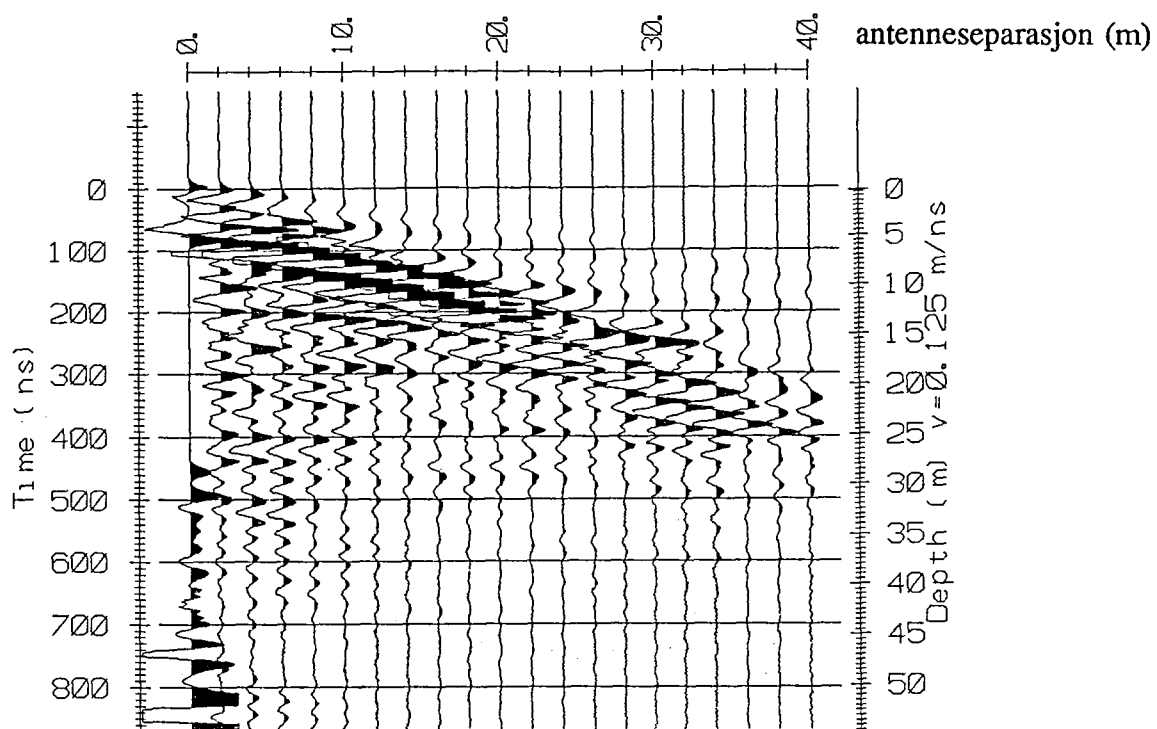
hvor ϵ_r er det relative dielektrisitetstallet. ϵ_r -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for ϵ_r i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne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

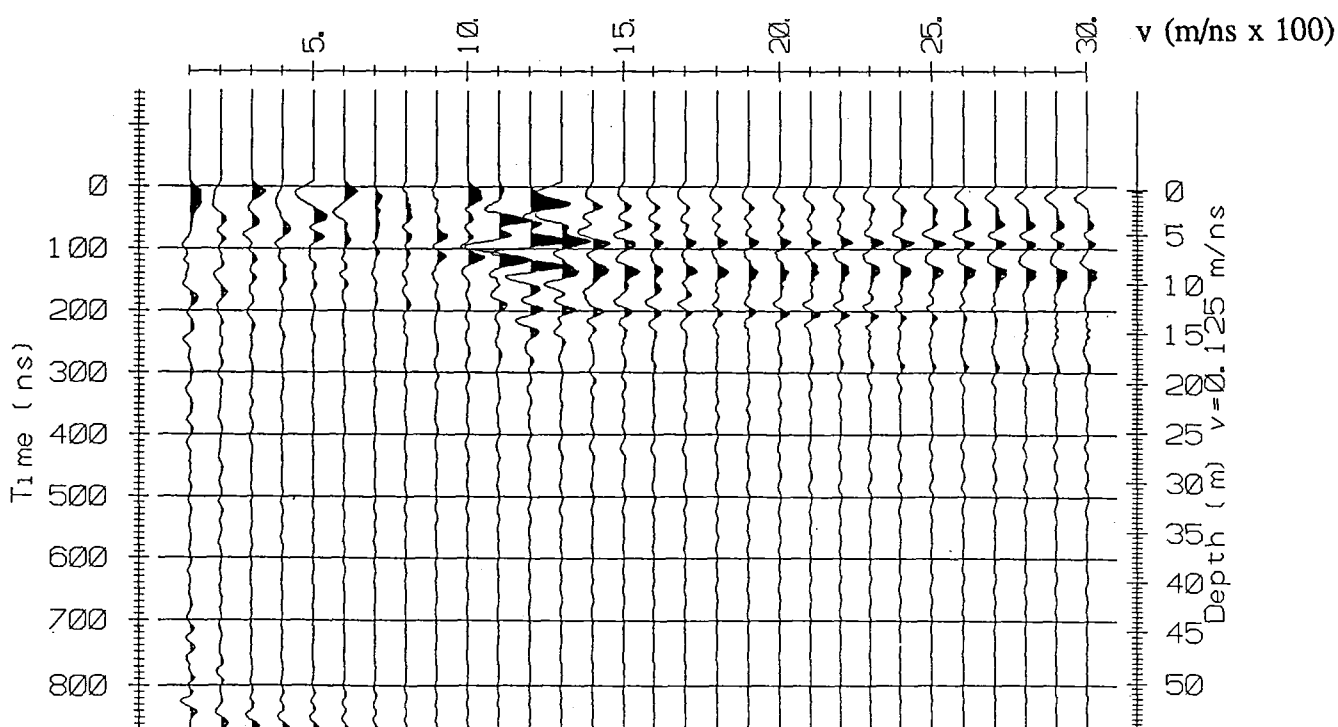
<u>Medium</u>	<u>ϵ_r</u>	<u>v (m/ns)</u>	<u>ledningsevne (mS/m)</u>
<i>Luft</i>	<i>1</i>	<i>0.3</i>	<i>0</i>
<i>Ferskvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>0.1</i>
<i>Sjøvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>1000</i>
<i>Leire</i>	<i>5-40</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-300</i>
<i>Tørr sand</i>	<i>5-10</i>	<i>0.09-0.14</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.

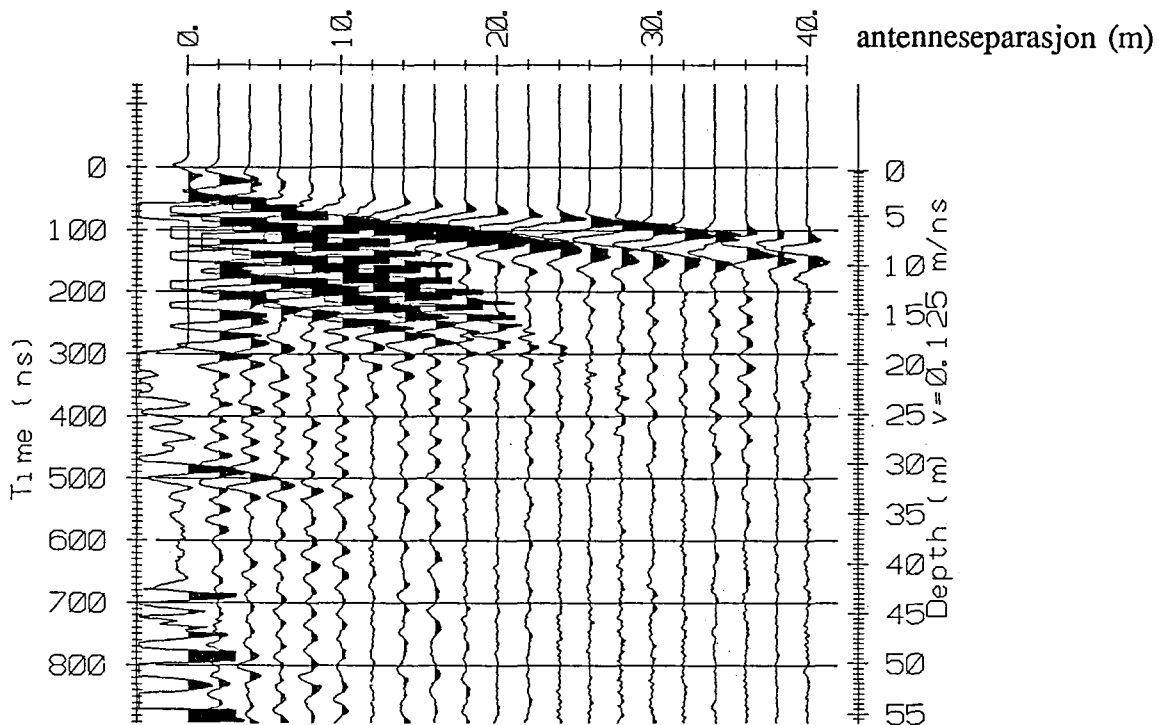
CMP-opptak 1



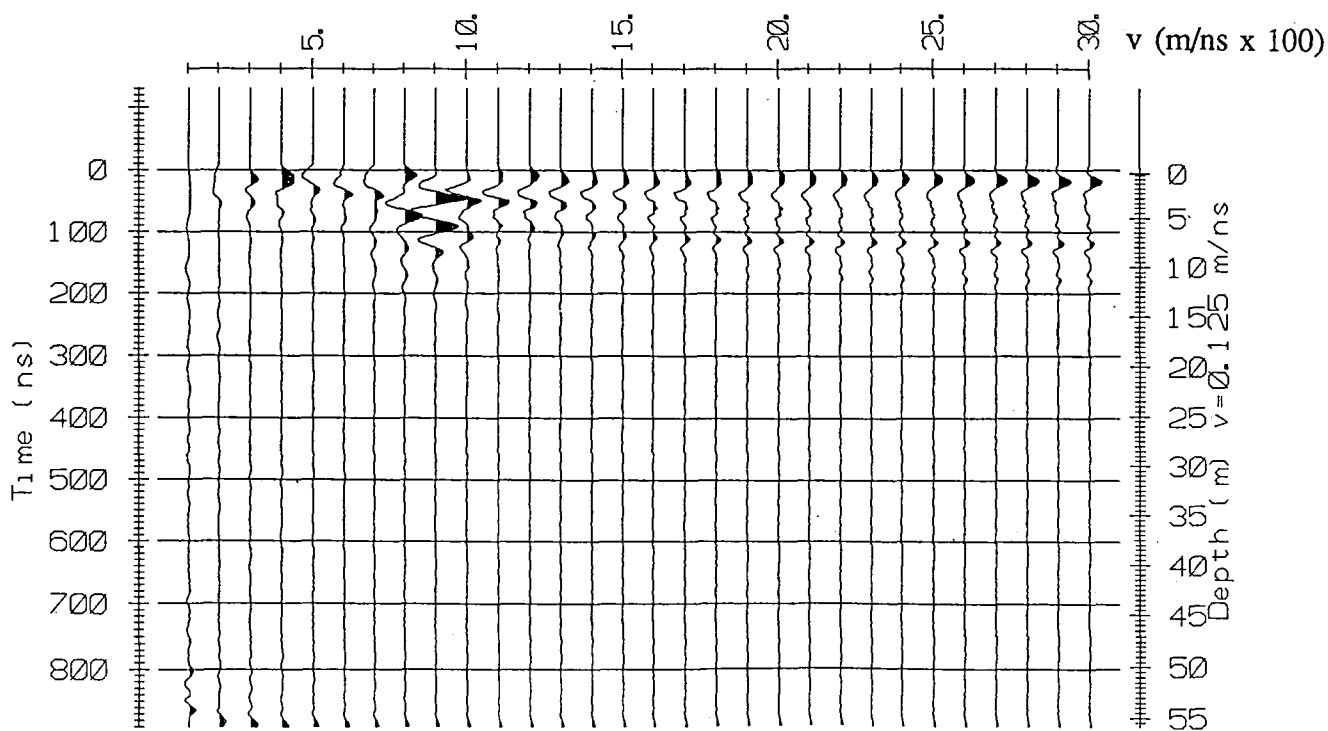
Hastighetsanalyse



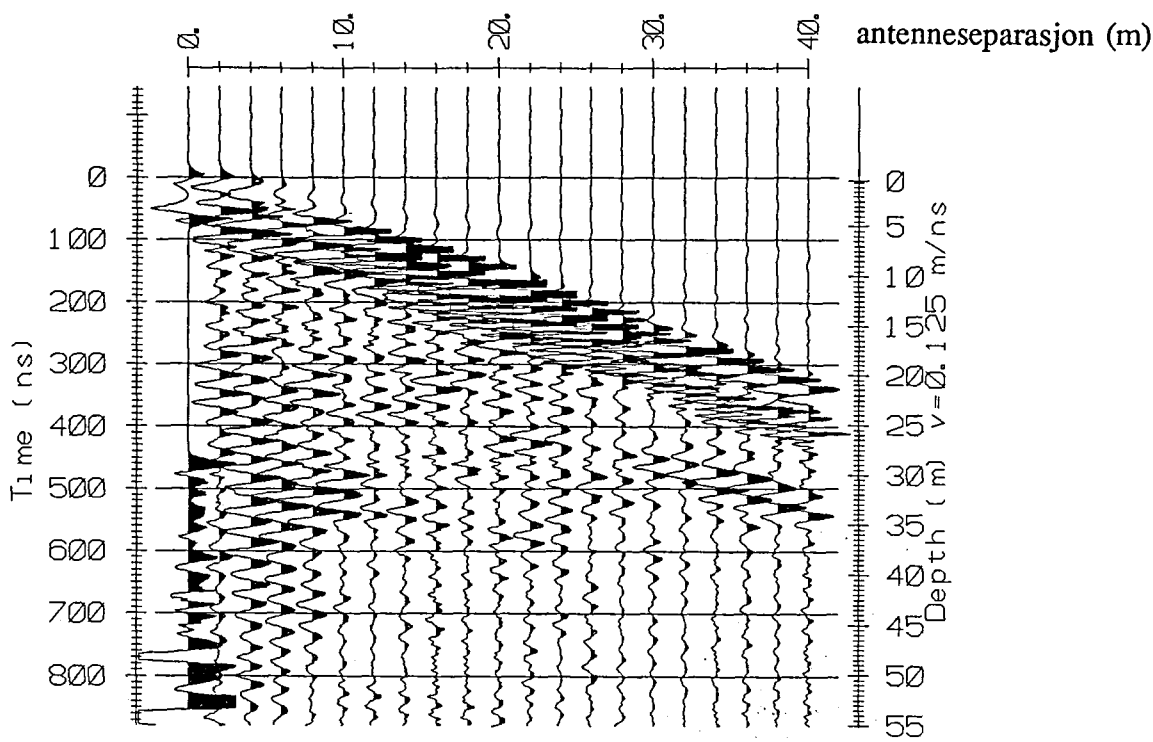
CMP-opptak 2



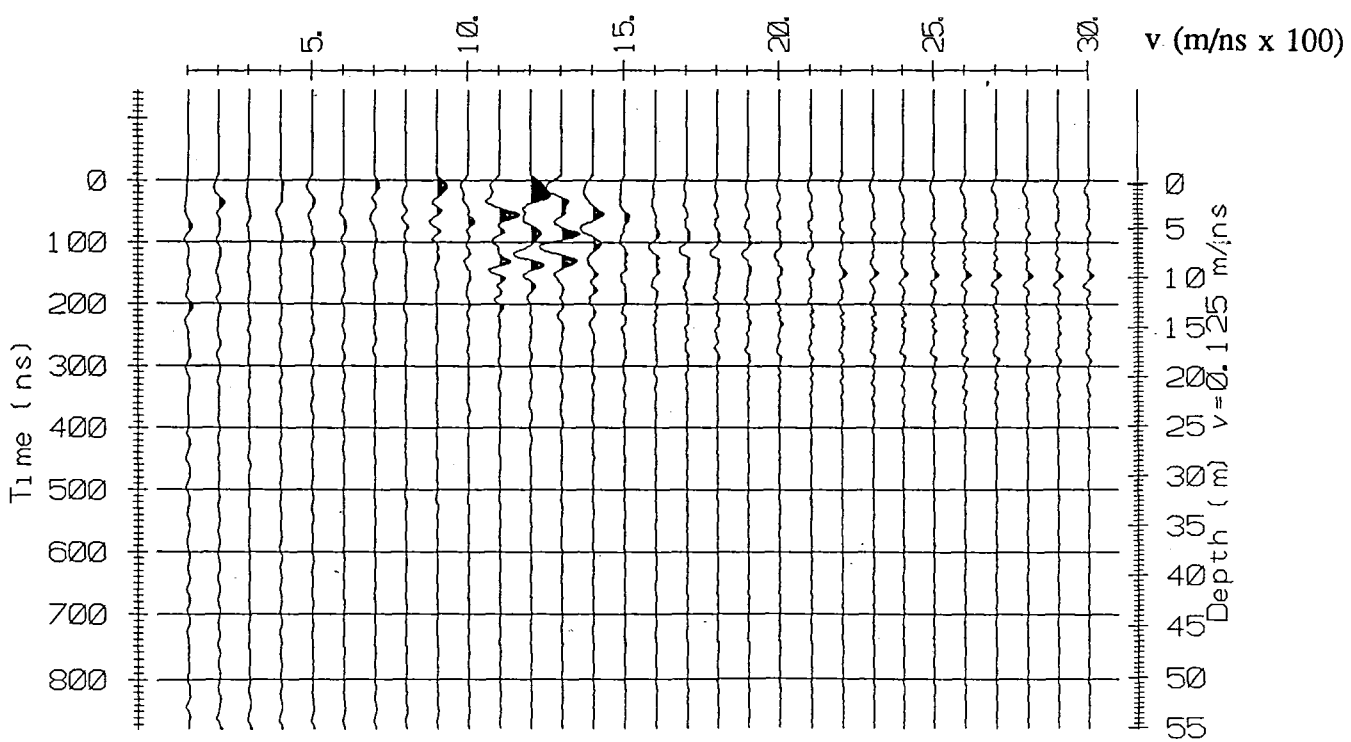
Hastighetsanalyse



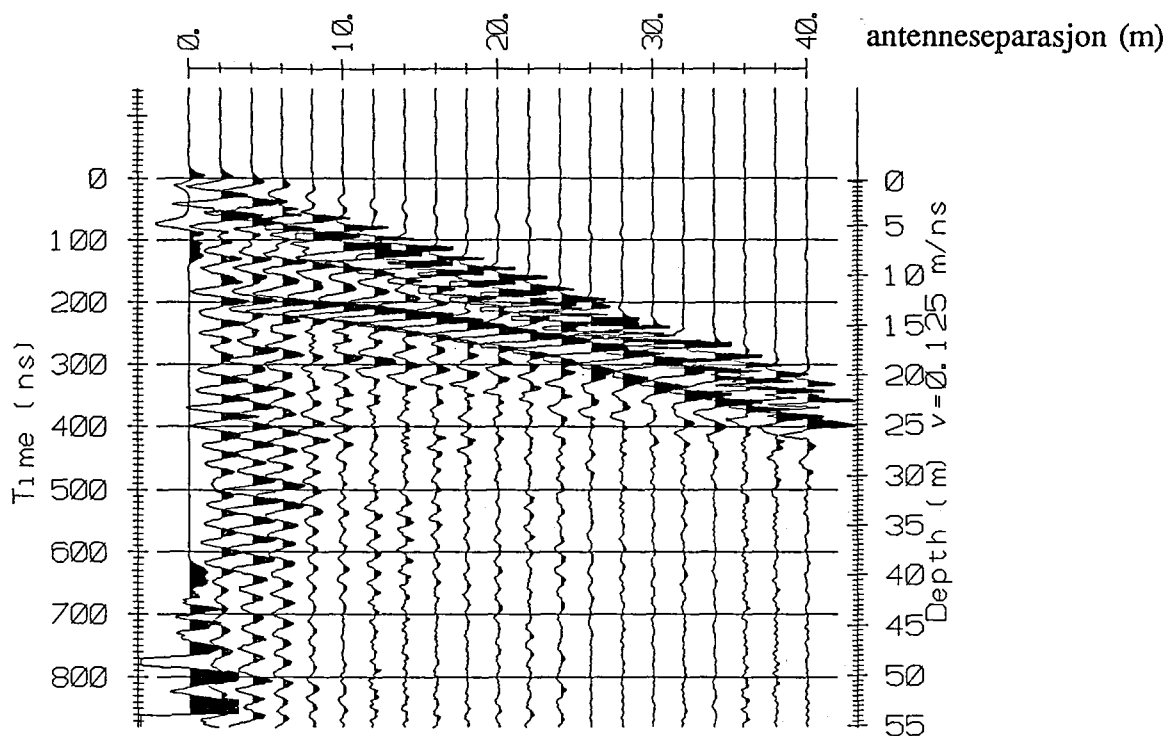
CMP-opptak 3



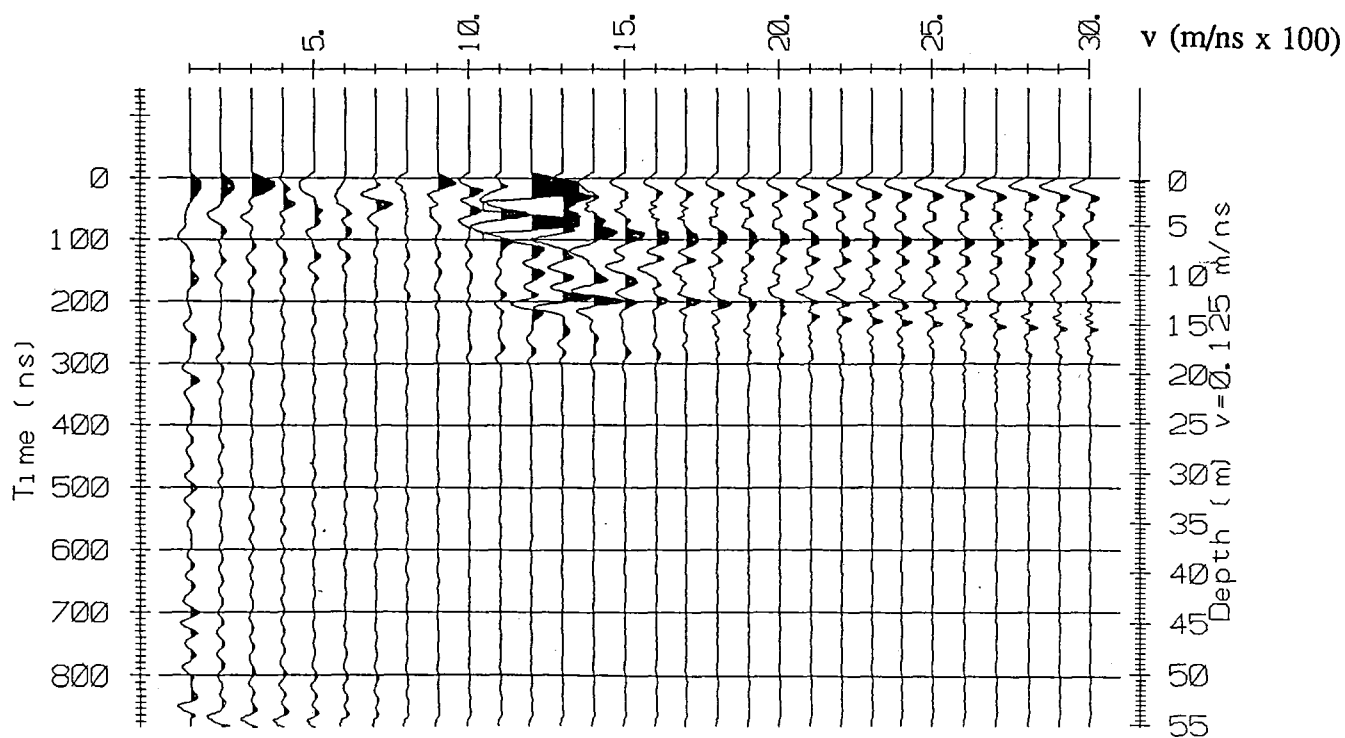
Hastighetsanalyse

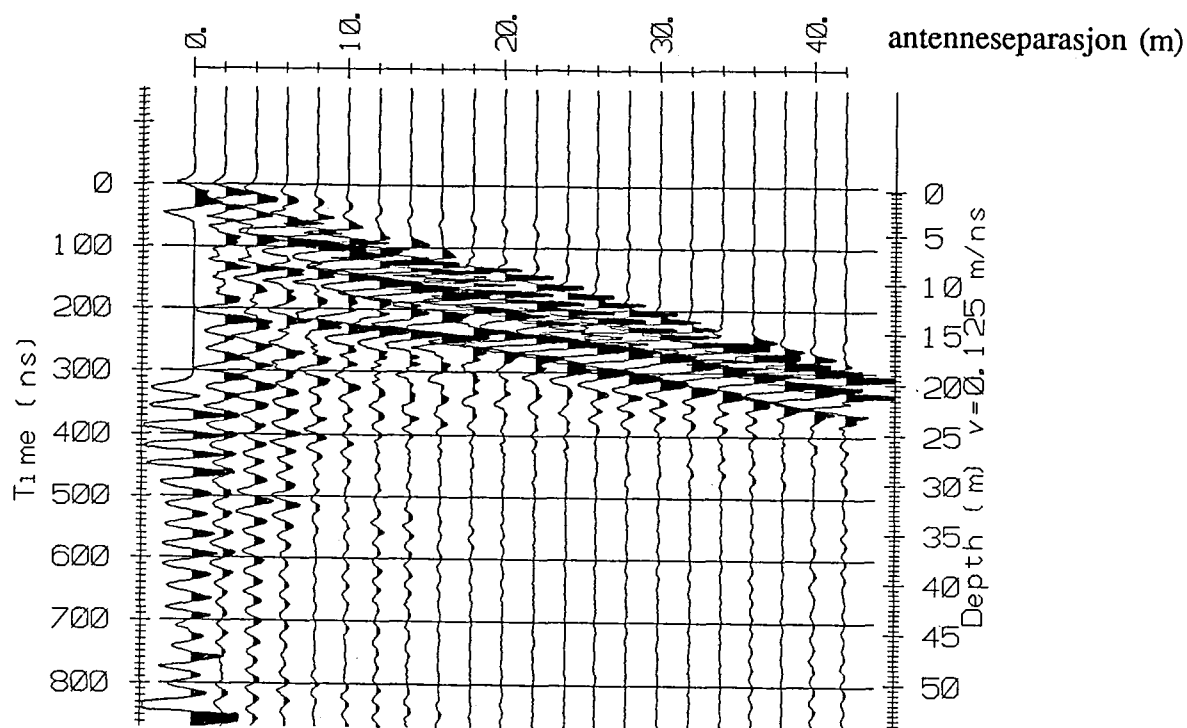


CMP-opptak 4

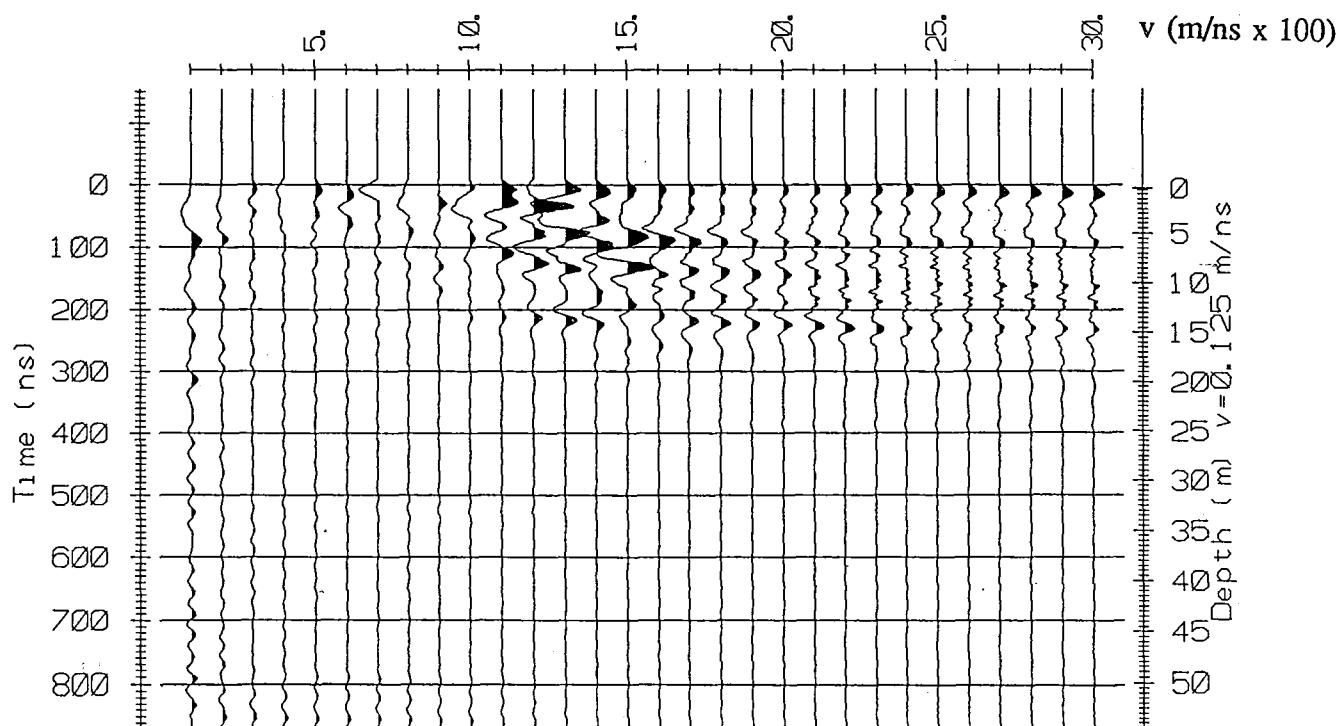


Hastighetsanalyse

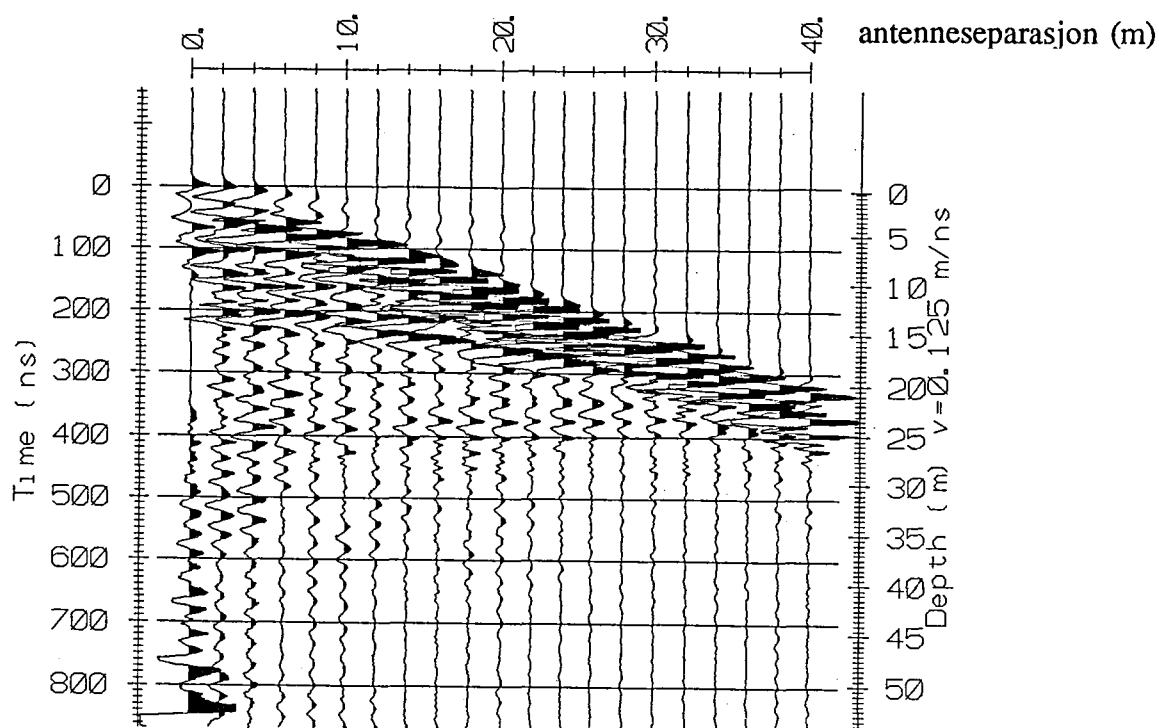




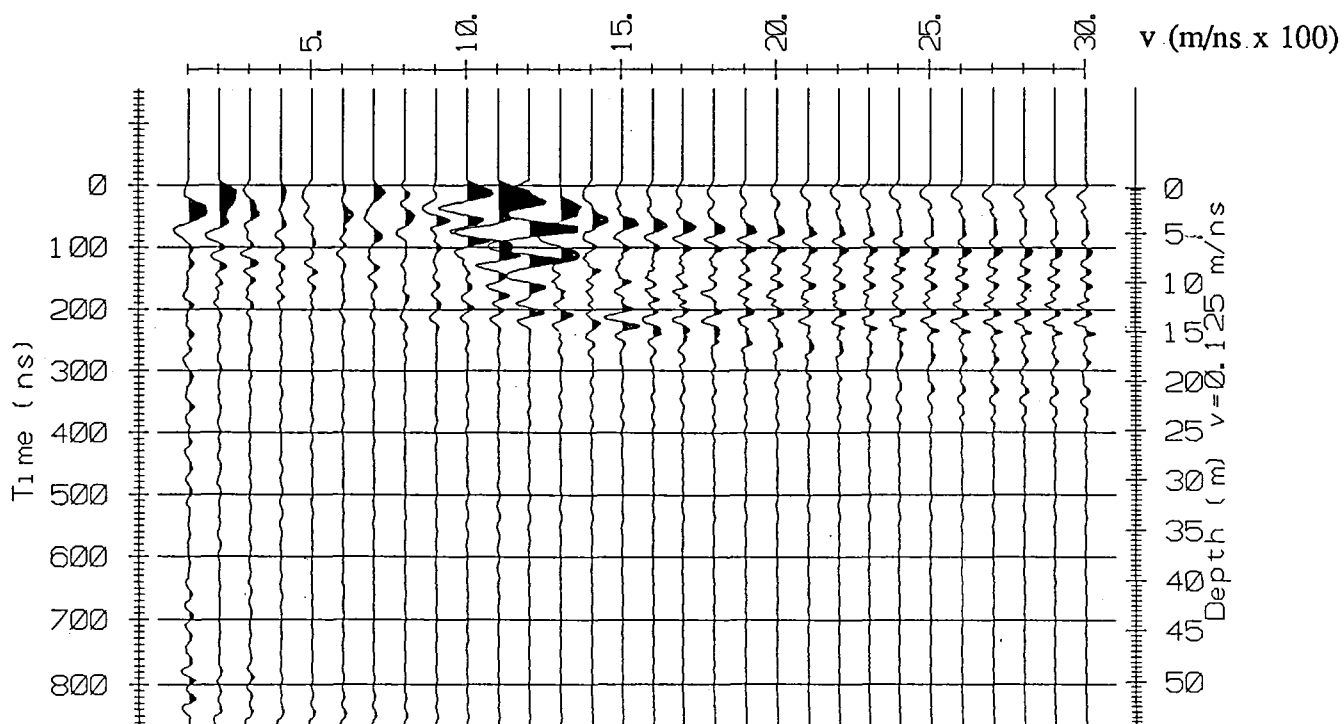
Hastighetsanalyse



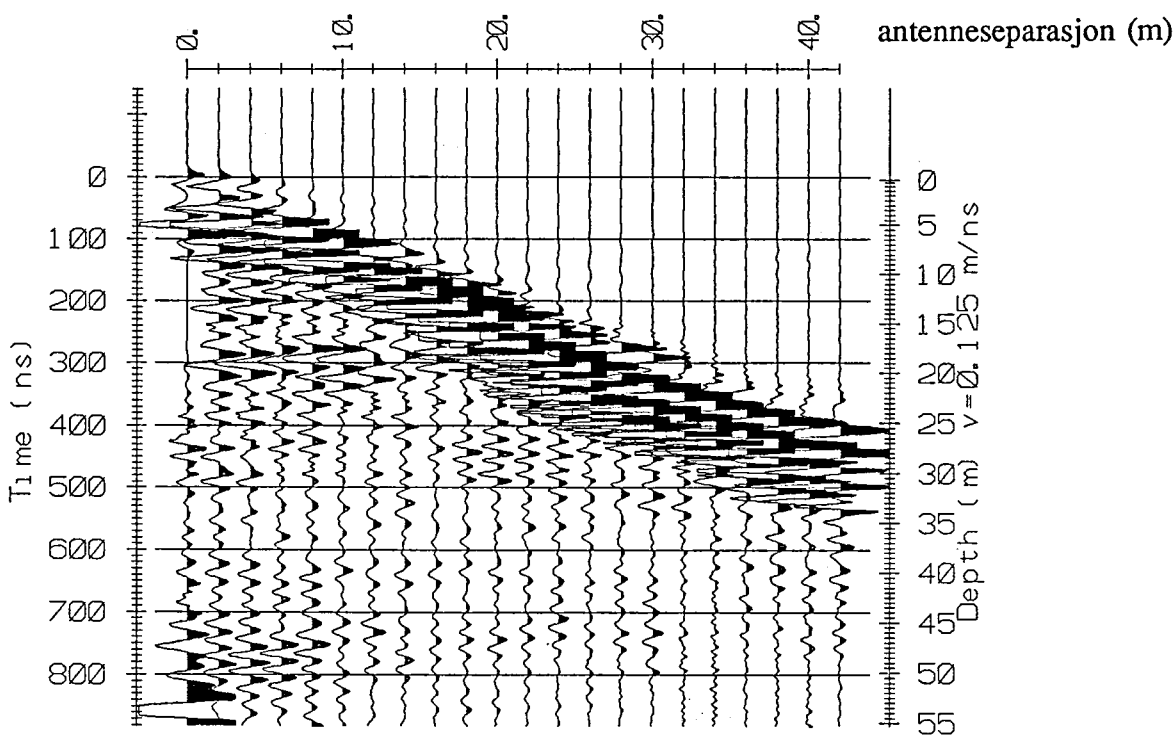
CMP-opptak 6



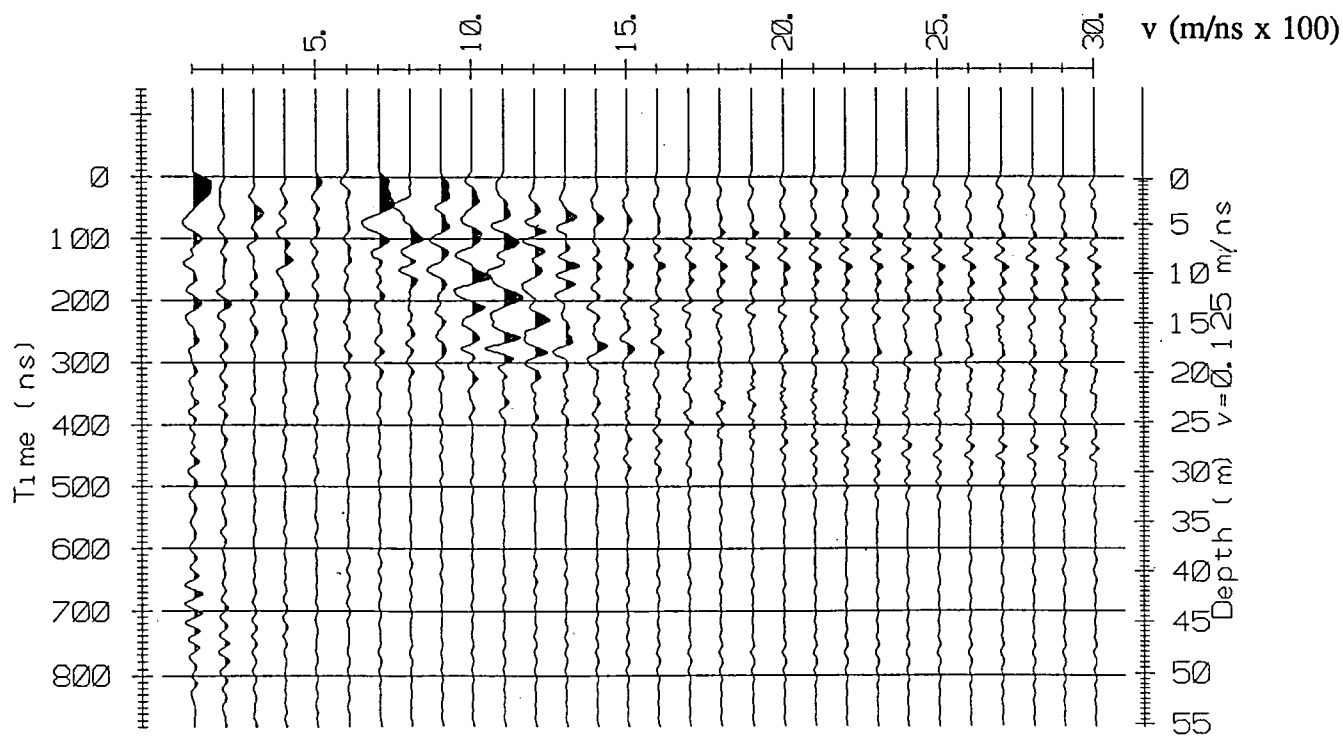
Hastighetsanalyse



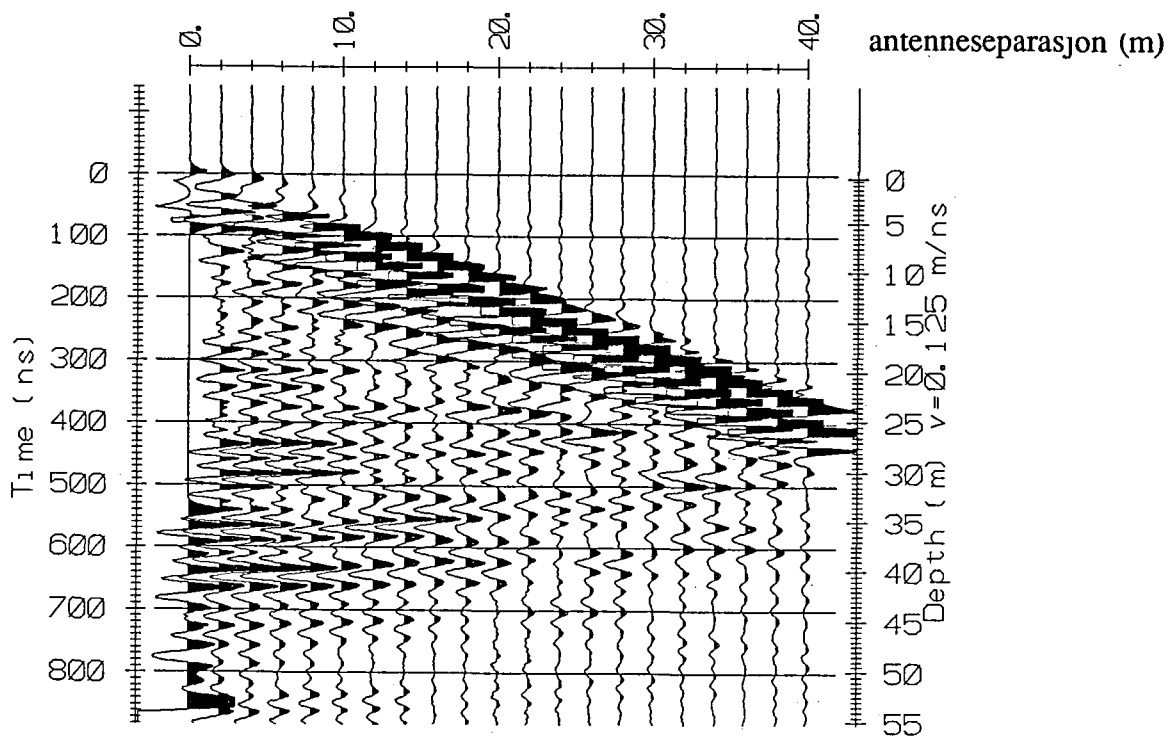
CMP-opptak 7



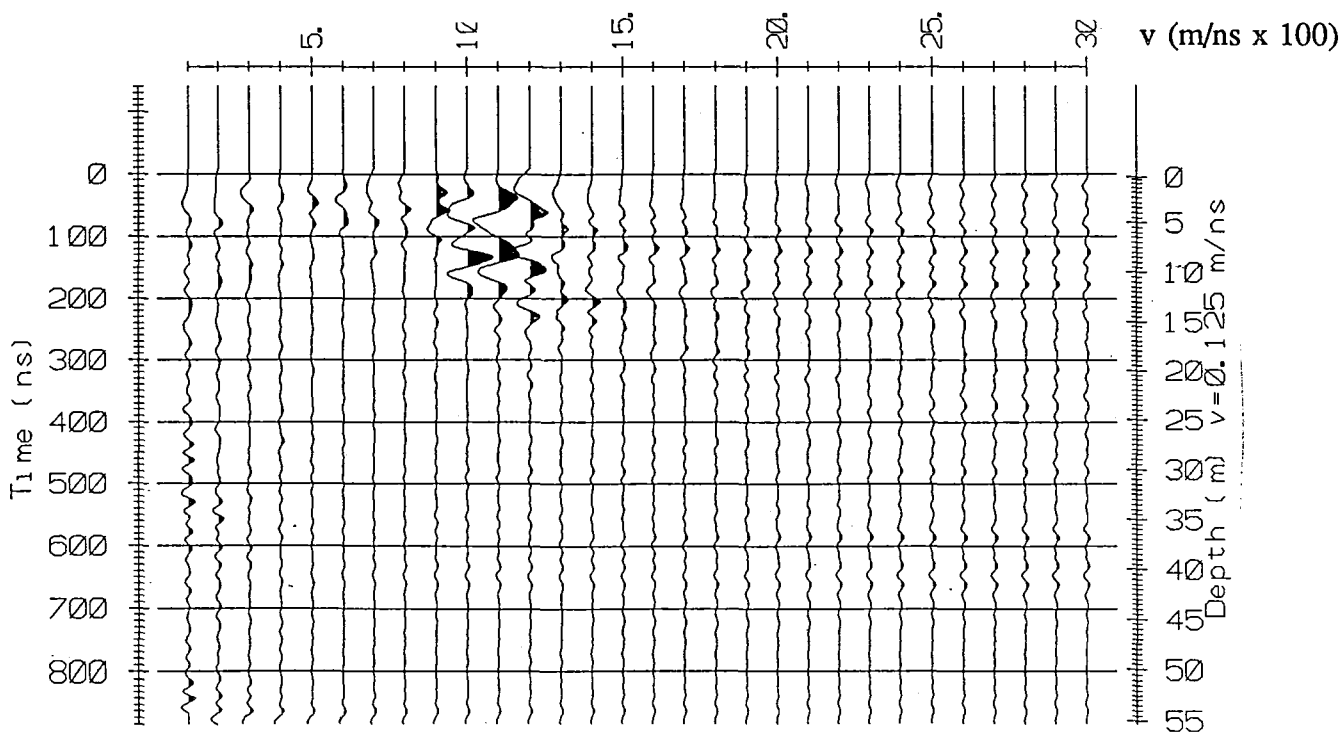
Hastighetsanalyse



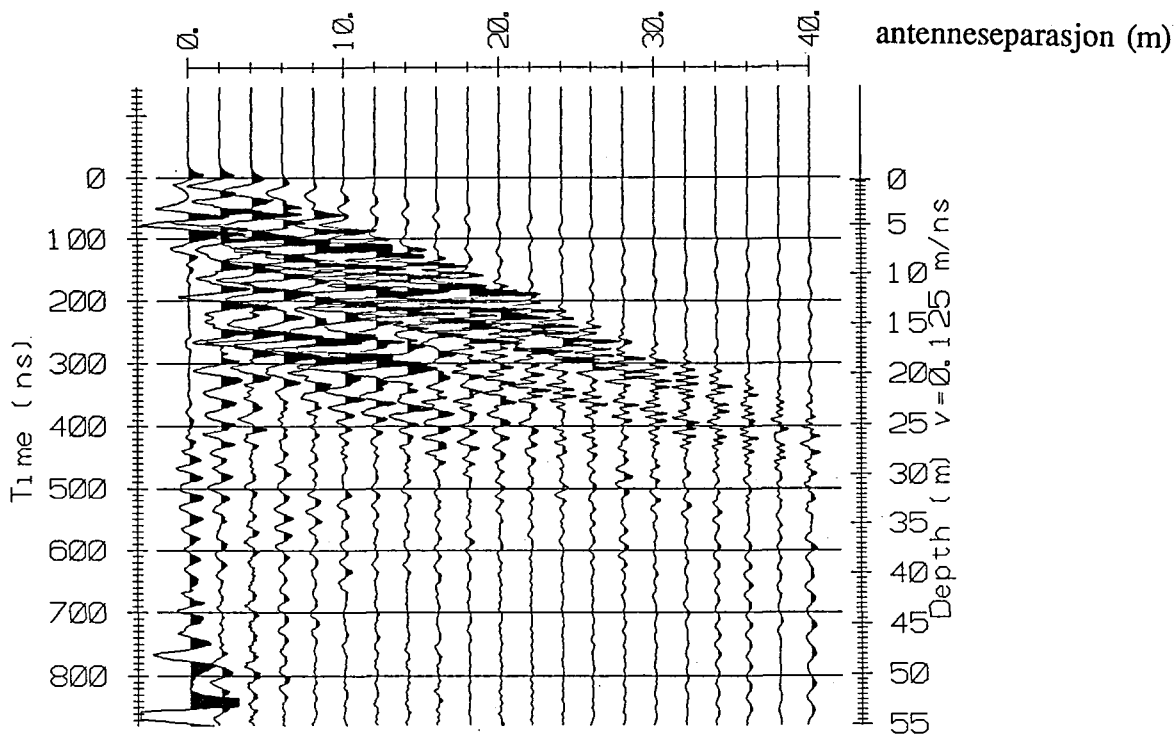
CMP-opptak 8



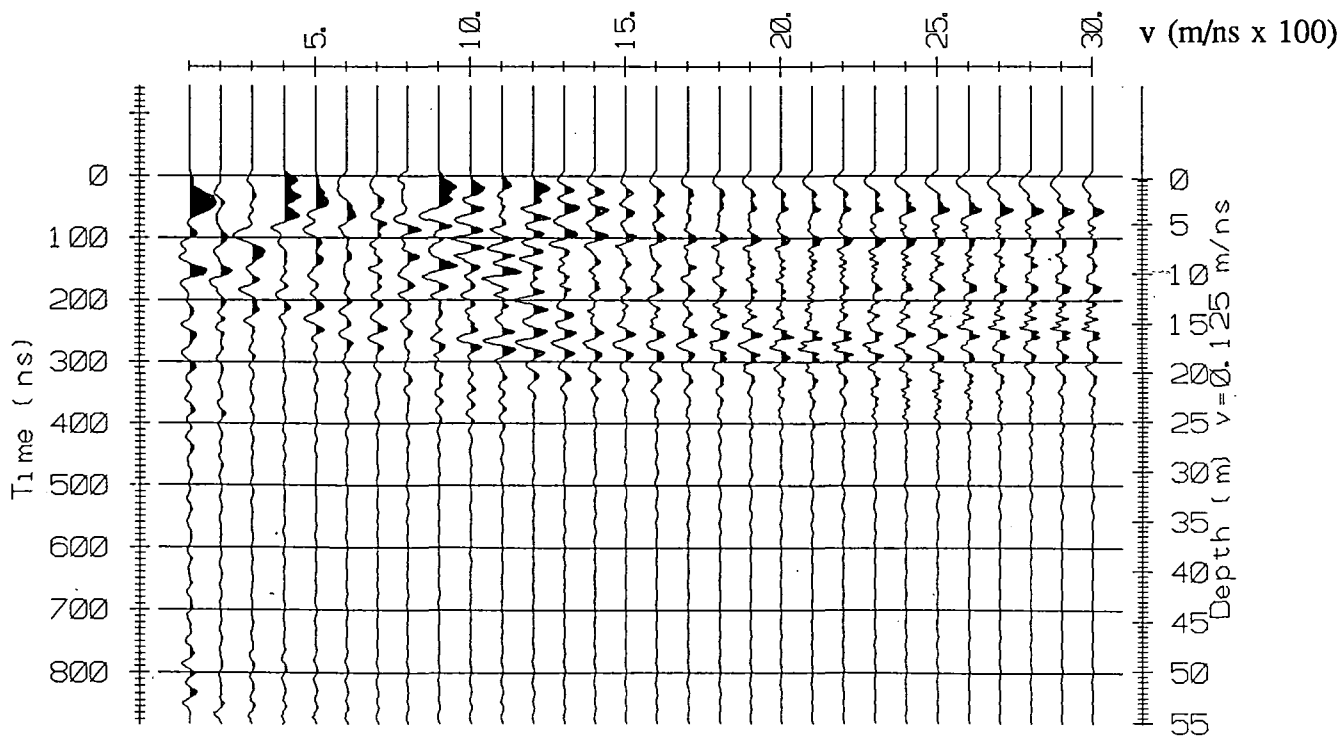
Hastighetsanalyse



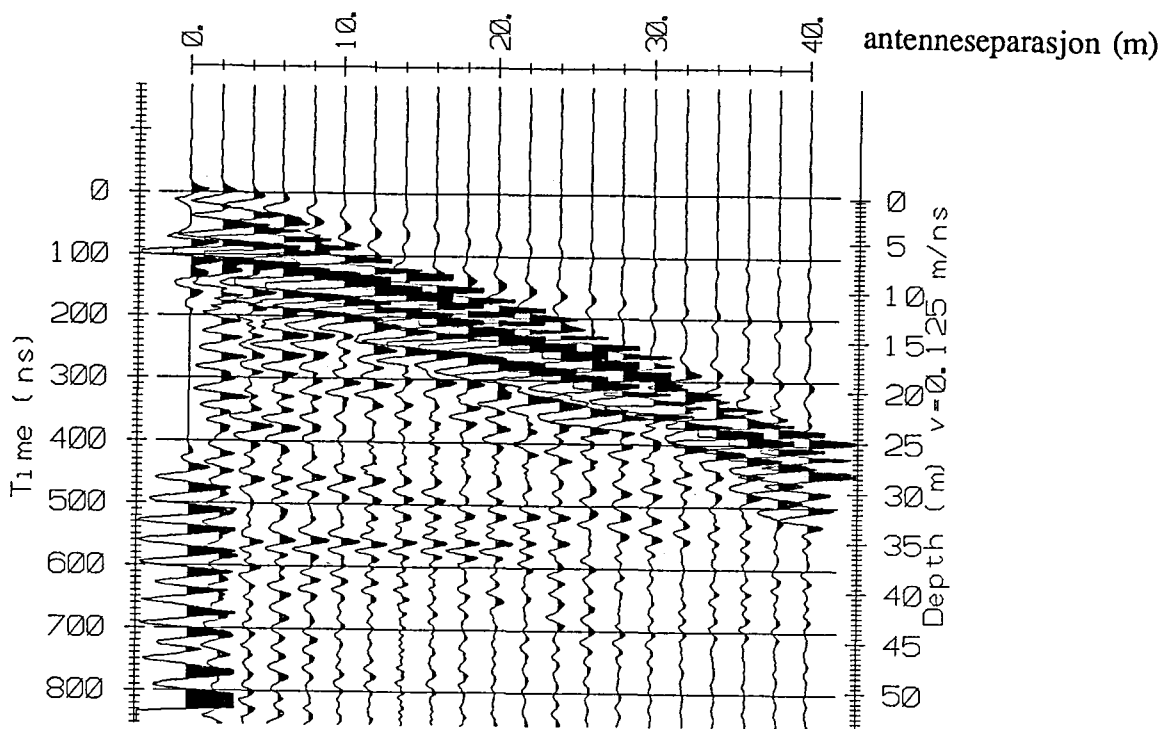
CMP-opptak 9



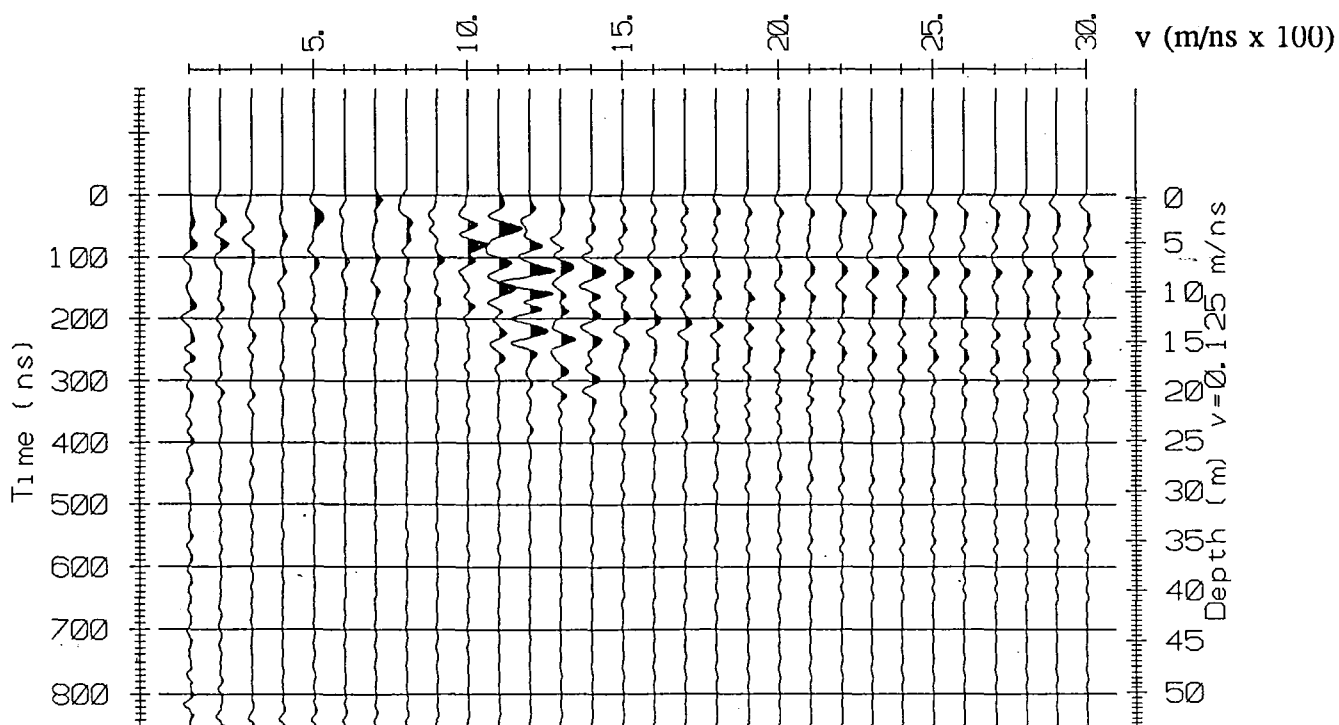
Hastighetsanalyse



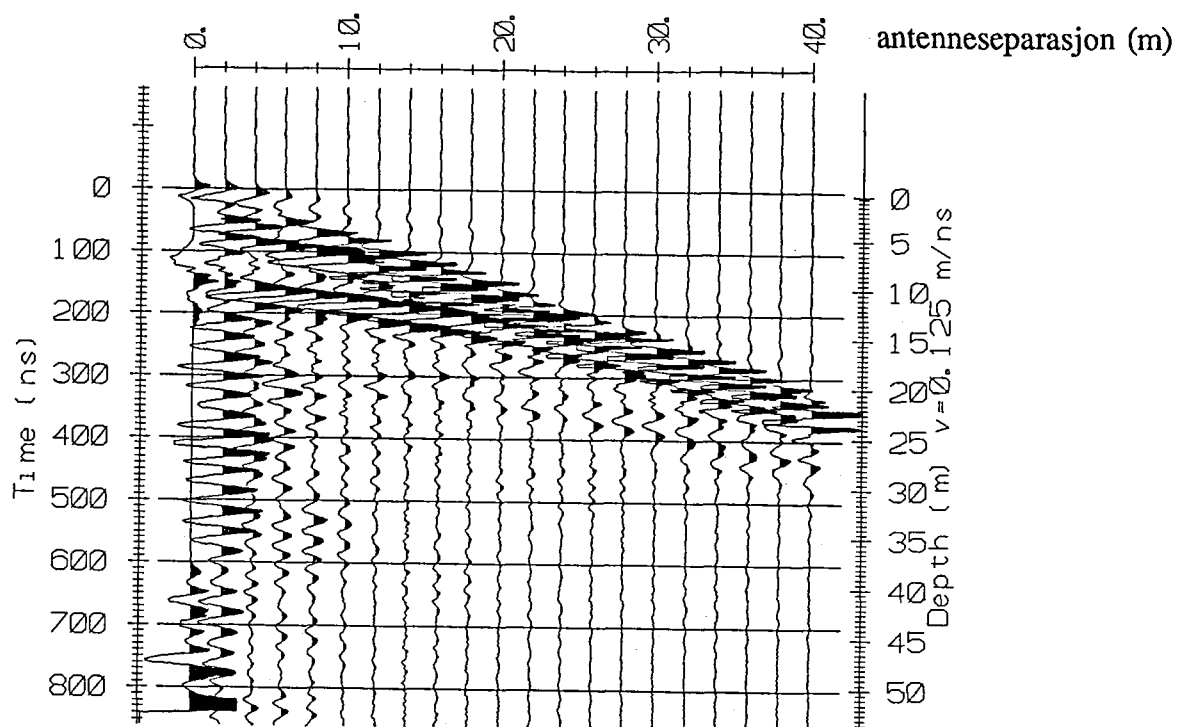
CMP-opptak 11.



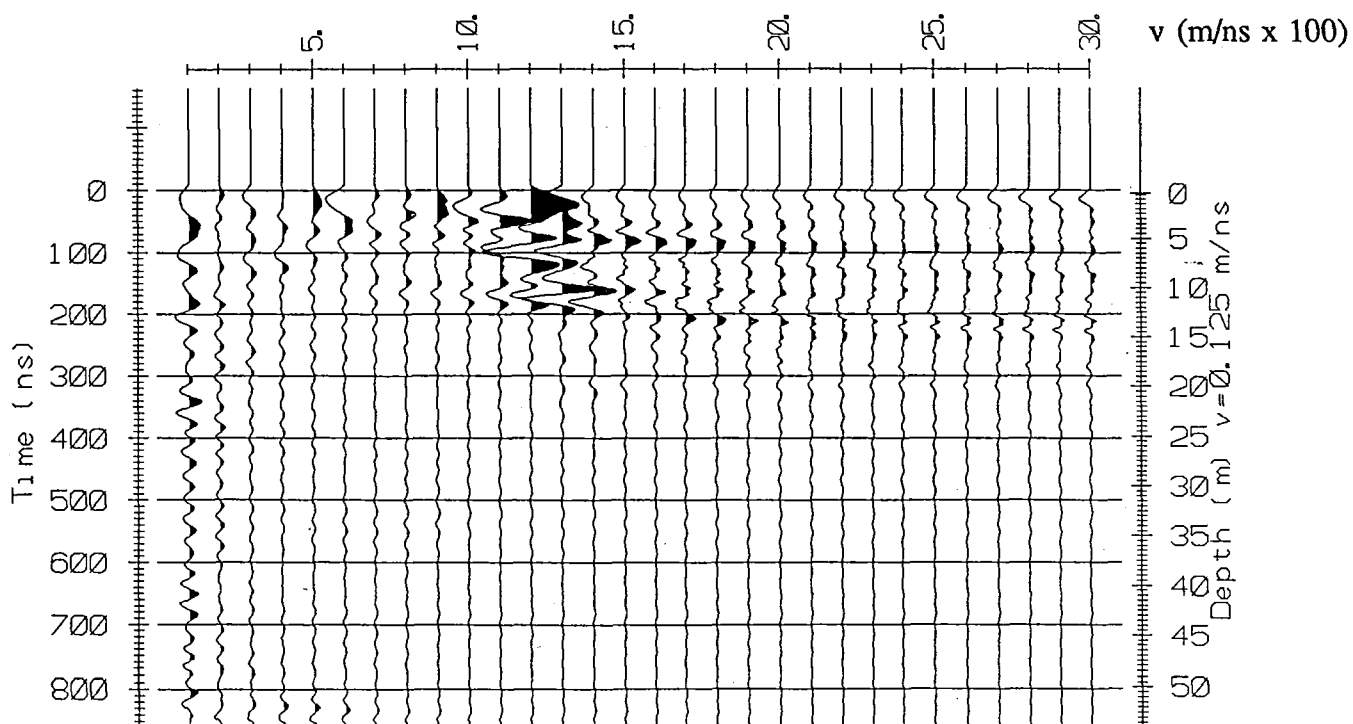
Hastighetsanalyse



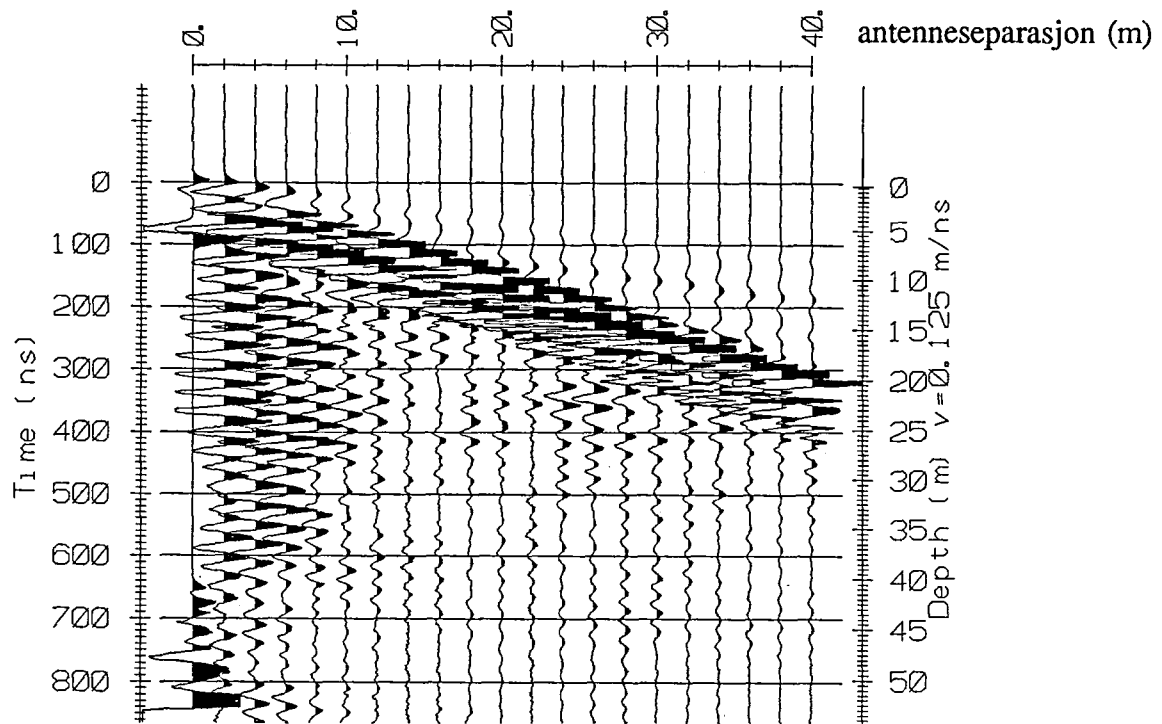
CMP-opptak 12'



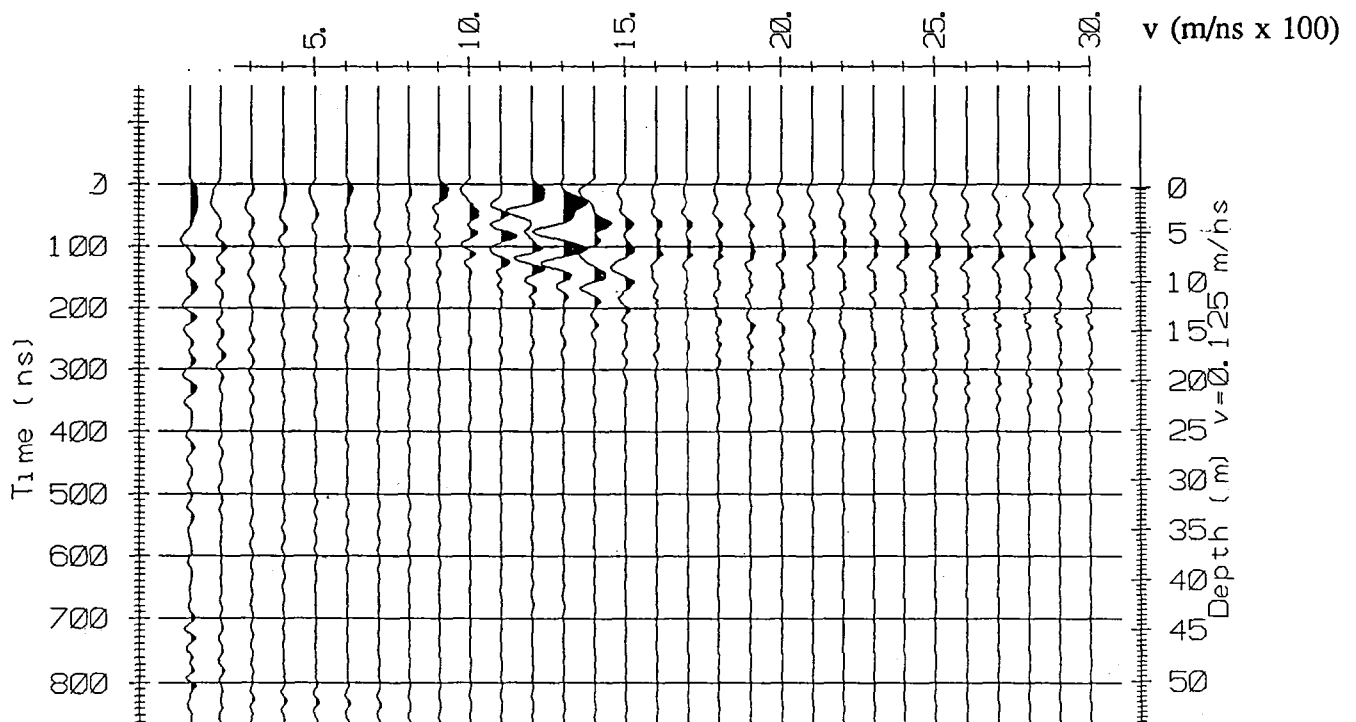
Hastighetsanalyse



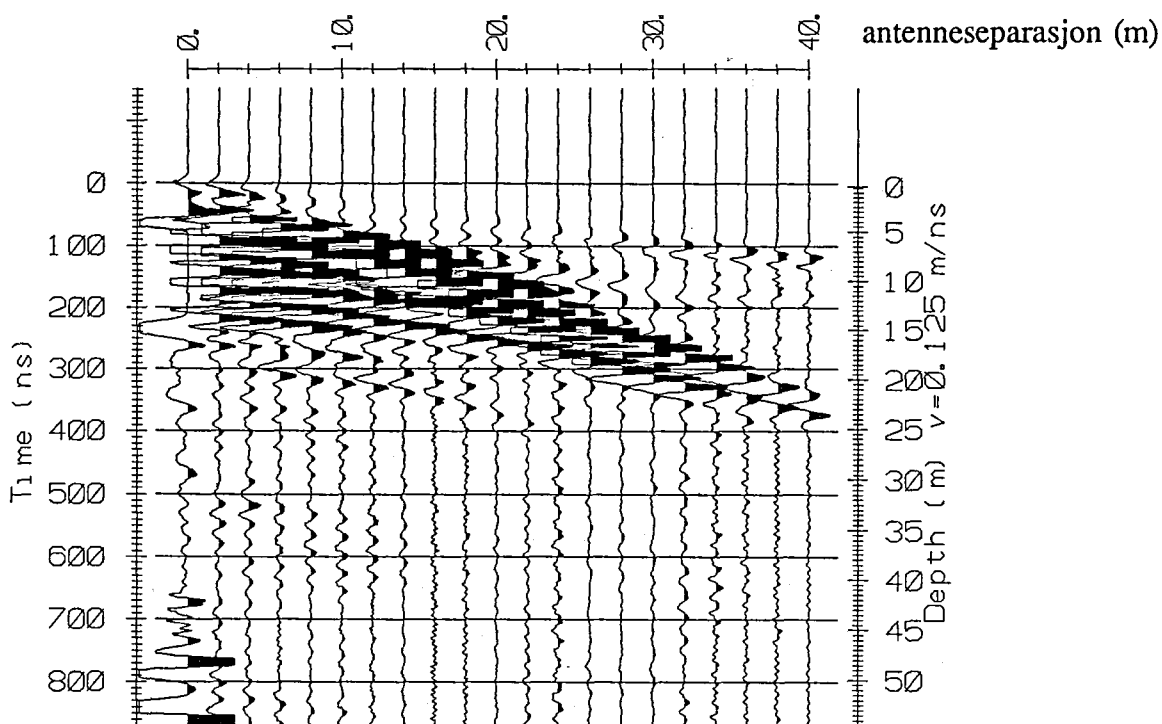
CMP-opptak 13



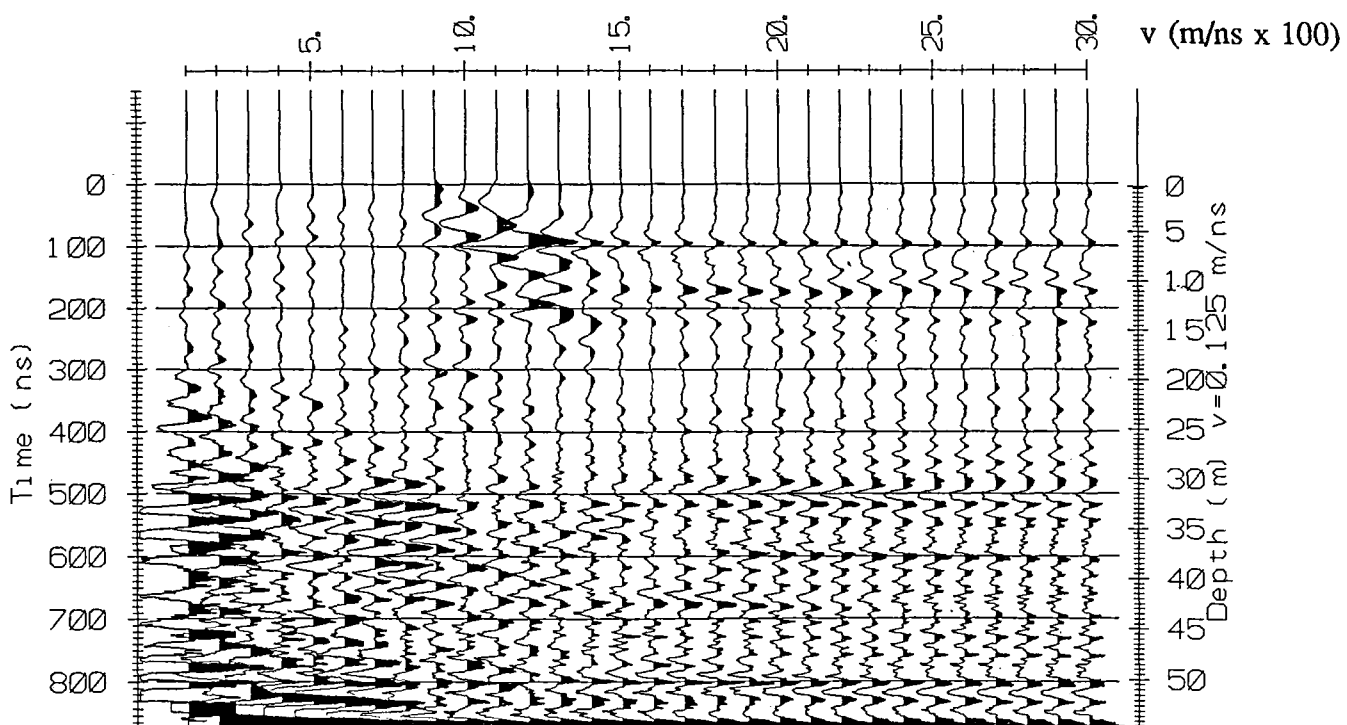
Hastighetsanalyse



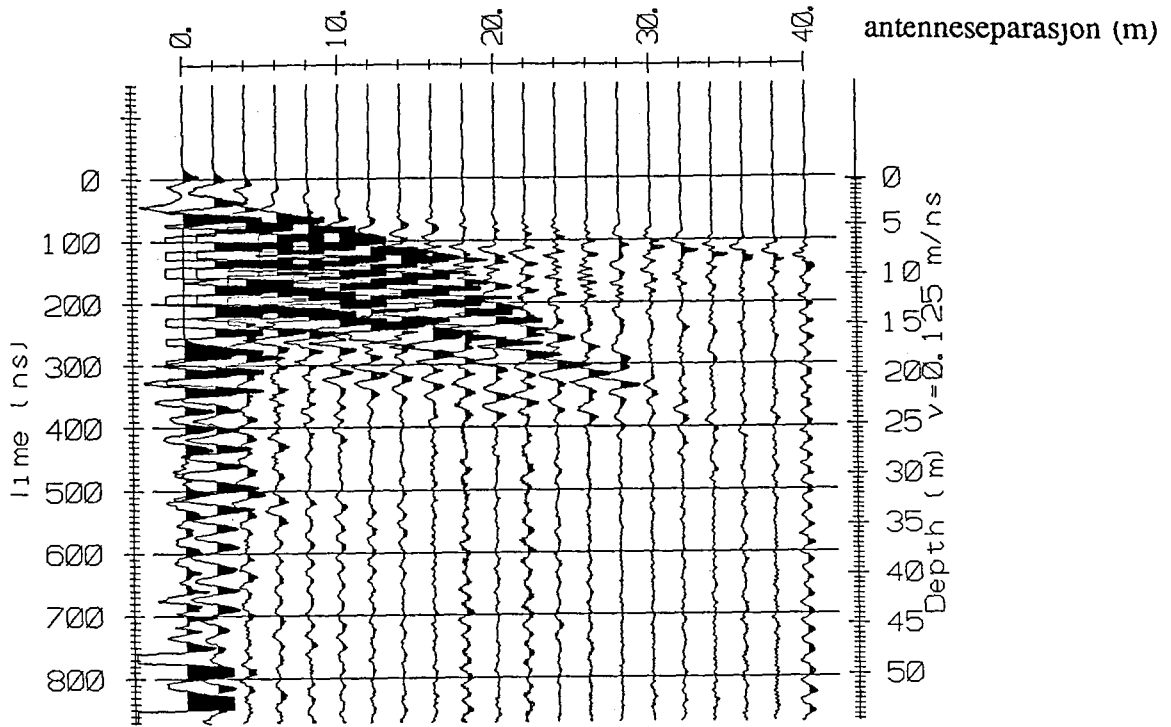
CMP-opptak 14



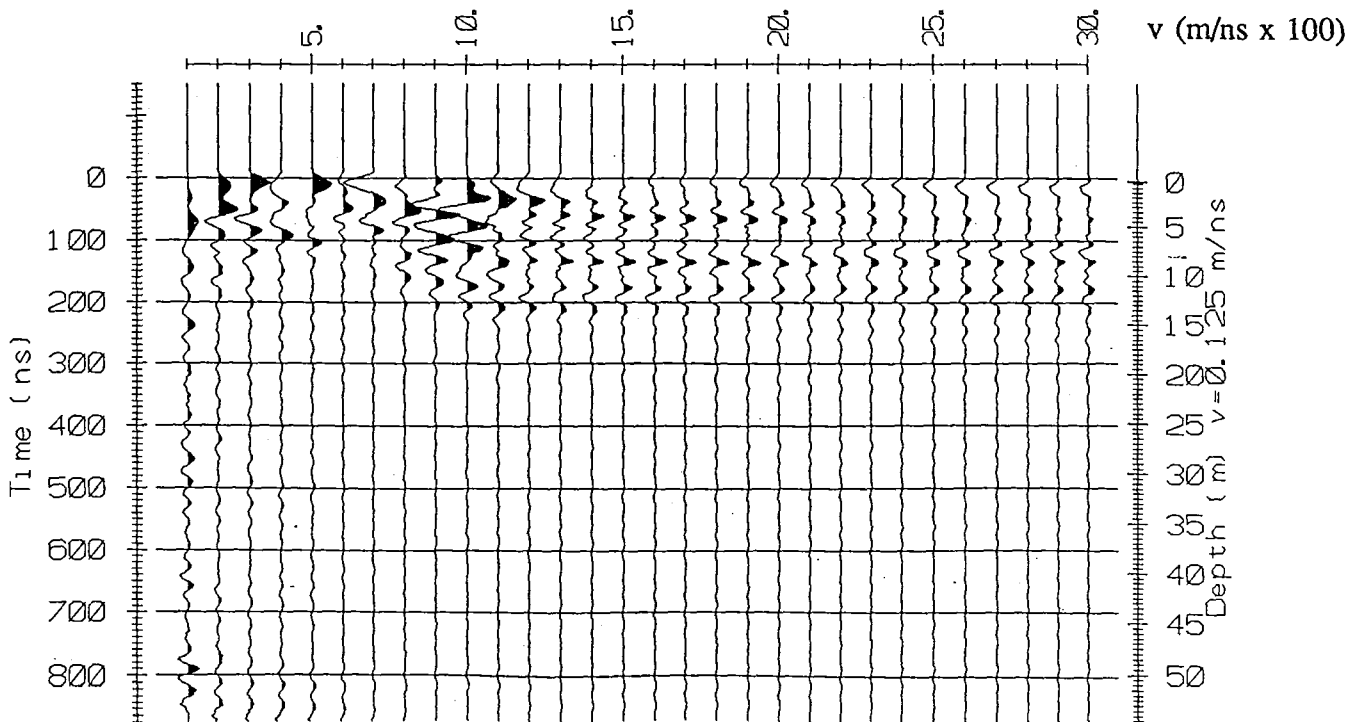
Hastighetsanalyse

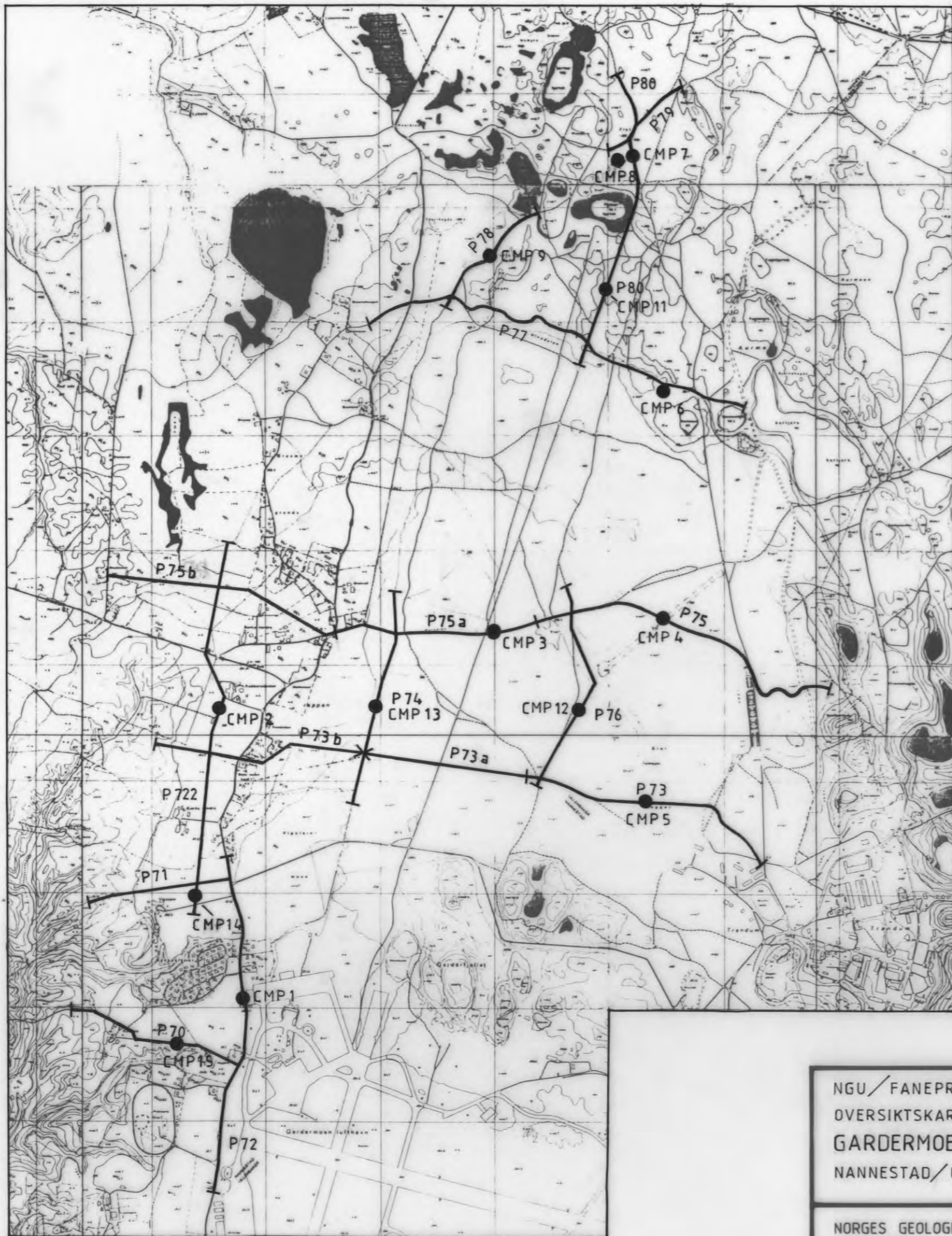


CMP-opptak 15

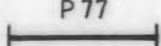



Hastighetsanalyse





TEGNFORKLARING

-  P77 GEORADARPROFIL (50MH₂)
-  CMP1 LOKALITET FOR-CMP-MÅLINGER

NGU / FANEPROSJEKT GARDEMOEN
 OVERSIKTSKART
GARDEMOEN
 NANNESTAD / ULLENSAKER, AKERSHUS

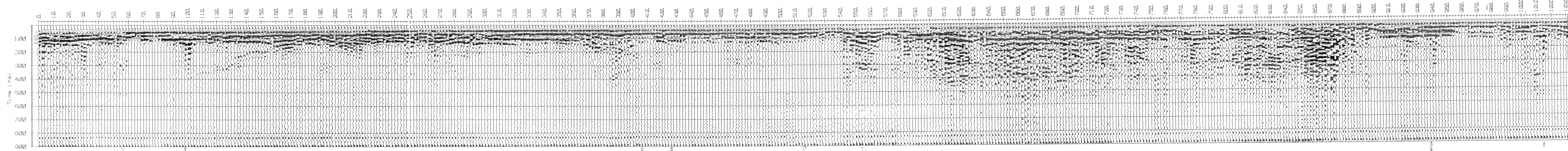
MÅLESTOKK 1:20000	MÅLT T.L.	OKT.-92
	TEGN E.M.	FEB.-93
	TRAC	
	KFR	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

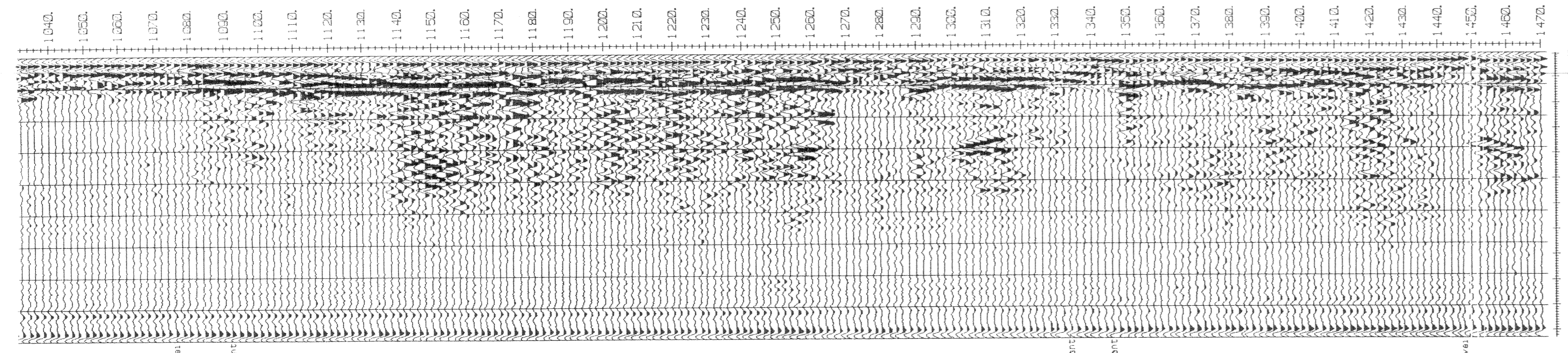
TEGNING NR.
 93.011-01

KARTBLAD NR.
 1915 II, III

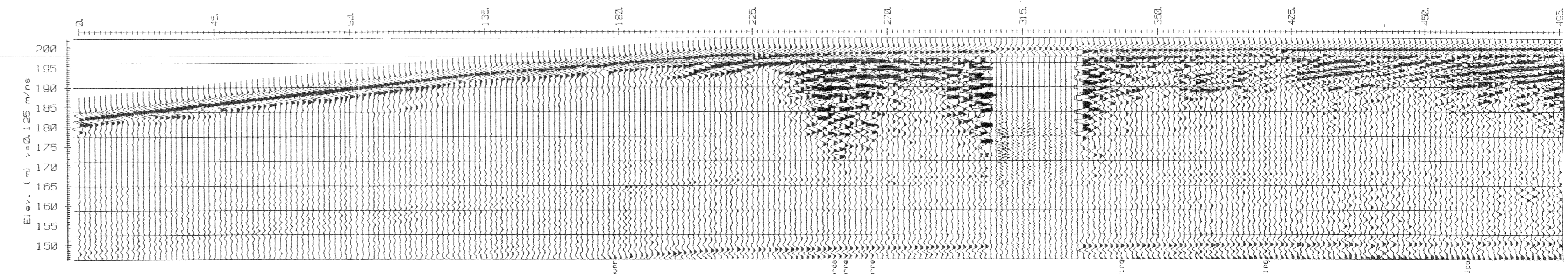
PROFIL 72



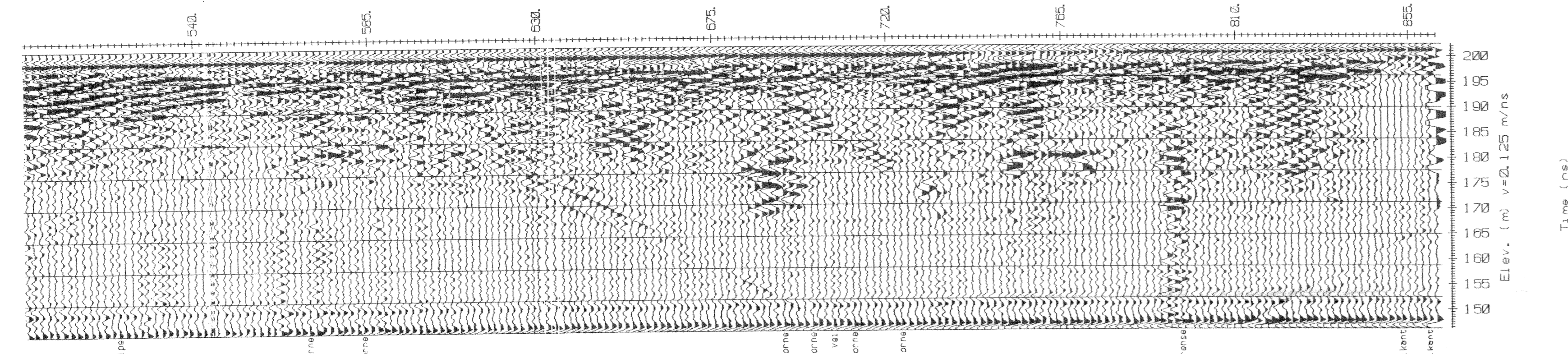
PROFIL 72 (FORTS.)



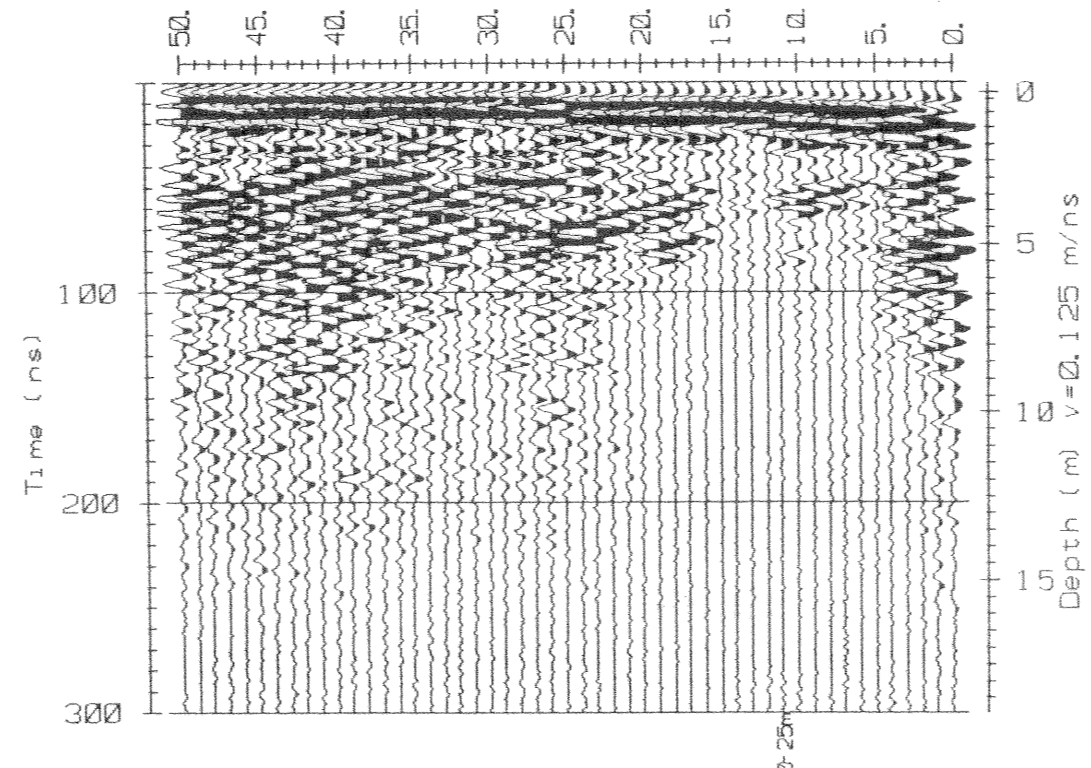
PROFIL 70



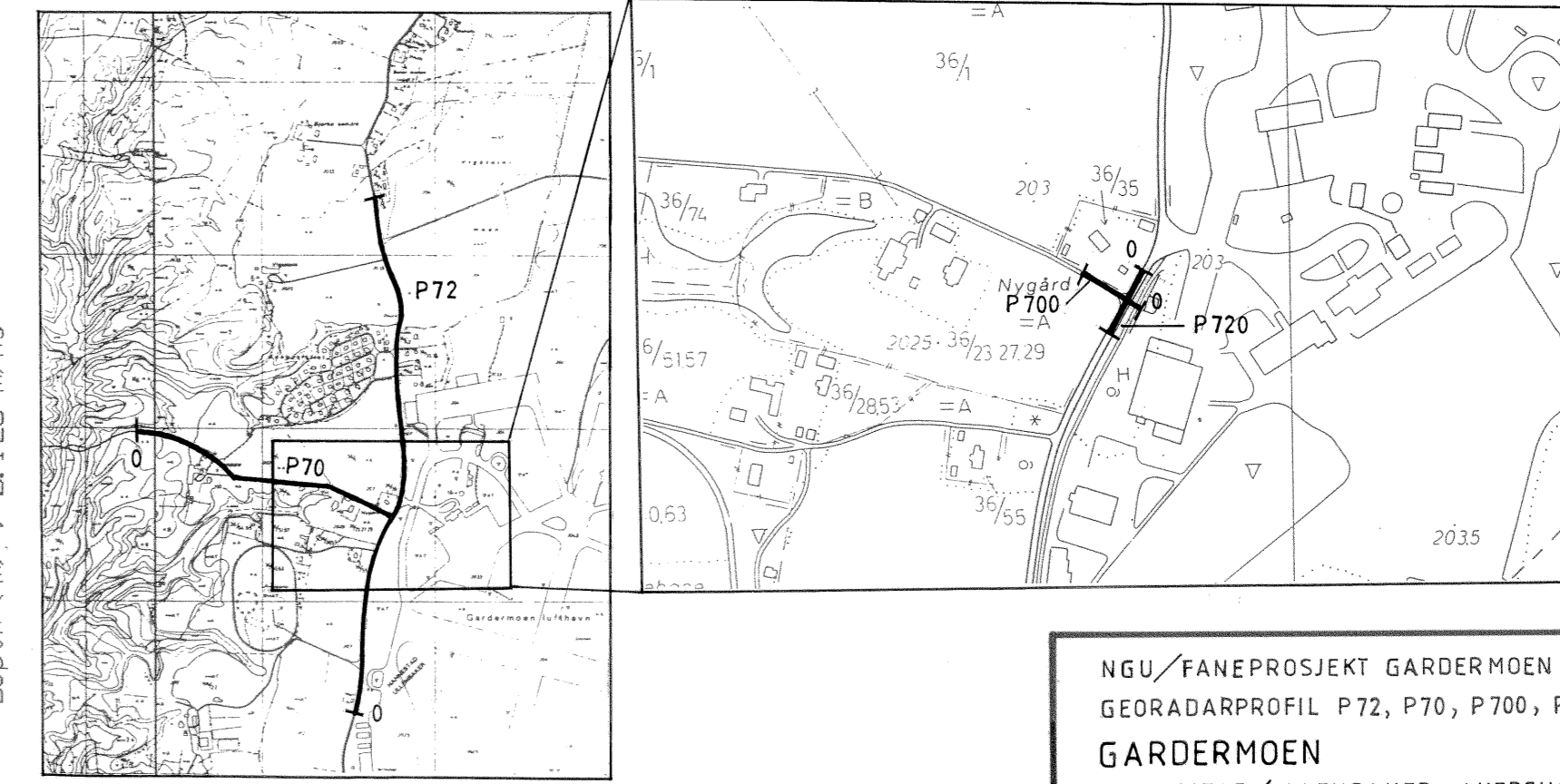
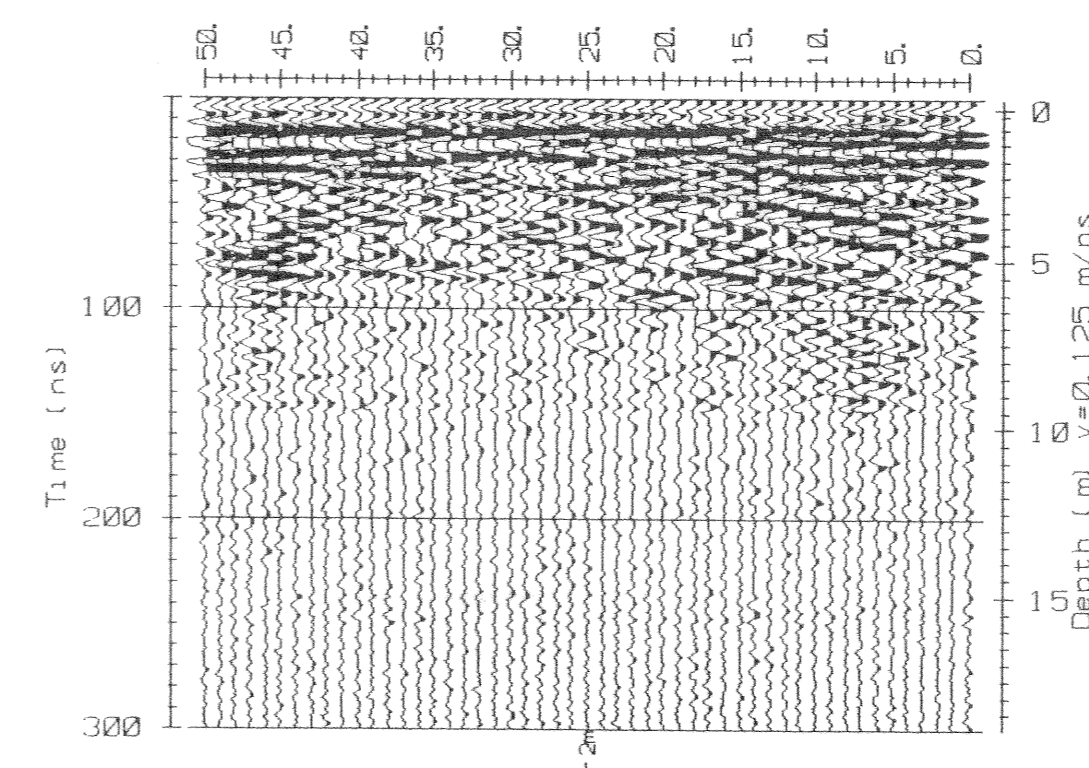
PROFIL 70 (FORTS.)



PROFIL 700 (200 MHz)



PROFIL 720 (200 MHz)

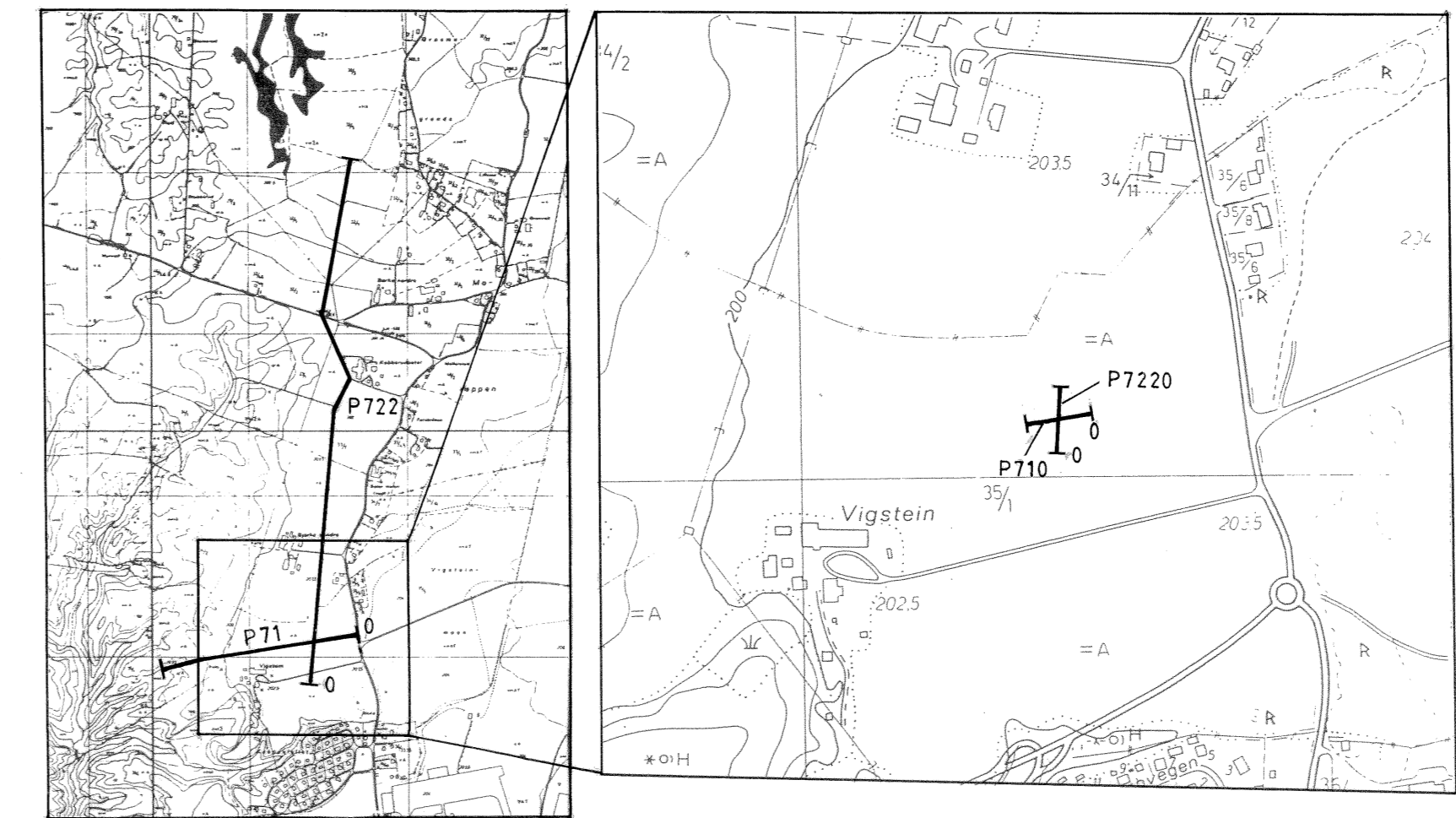
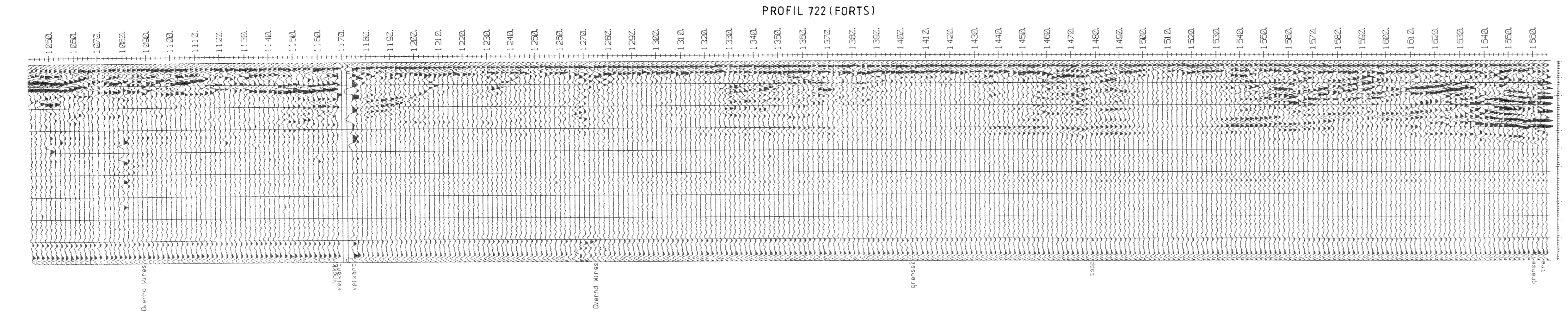
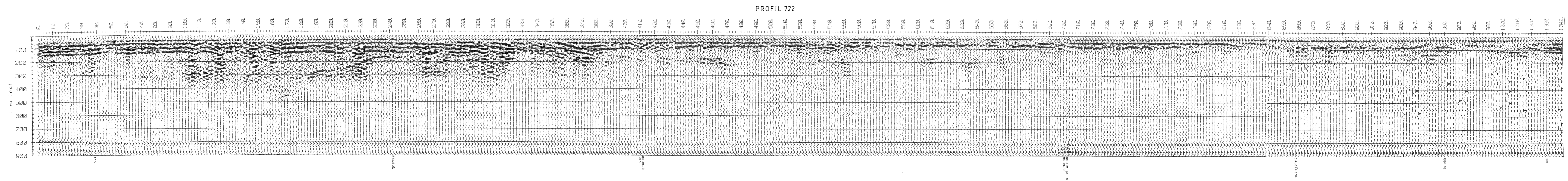
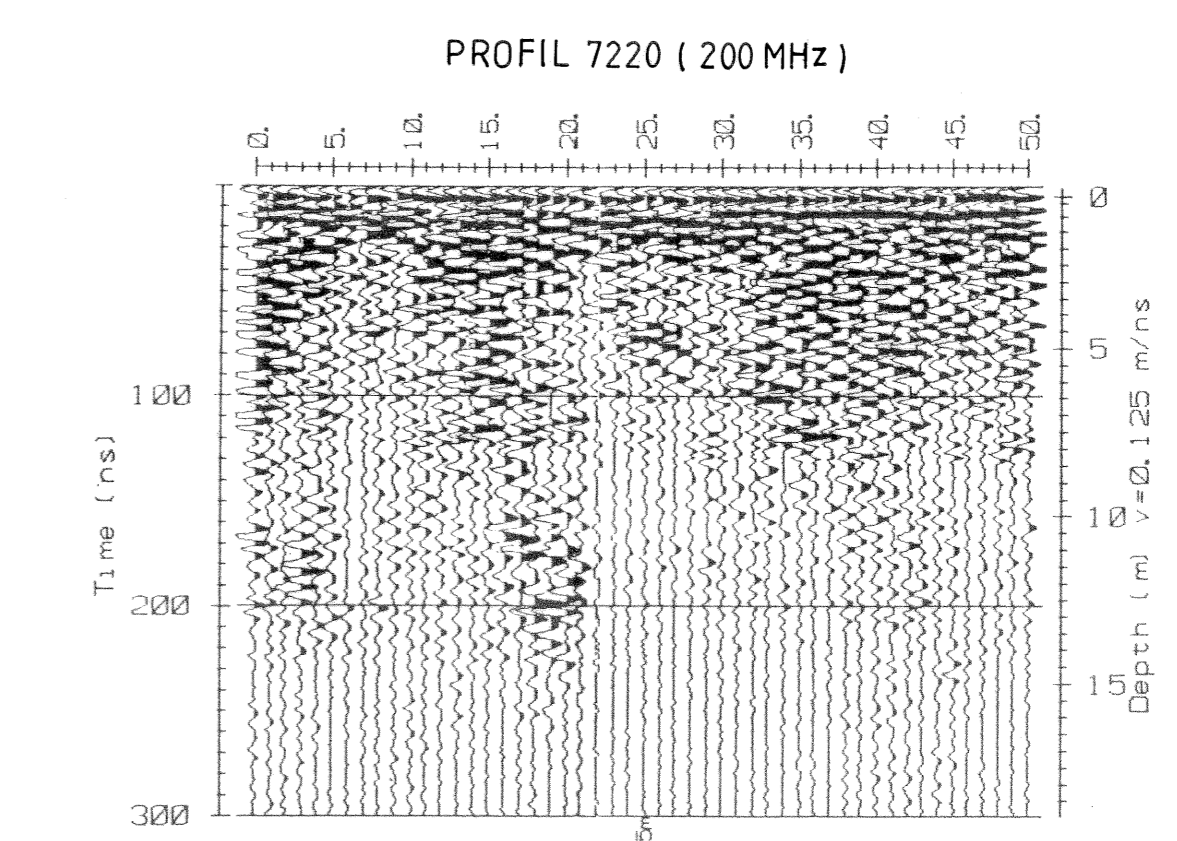
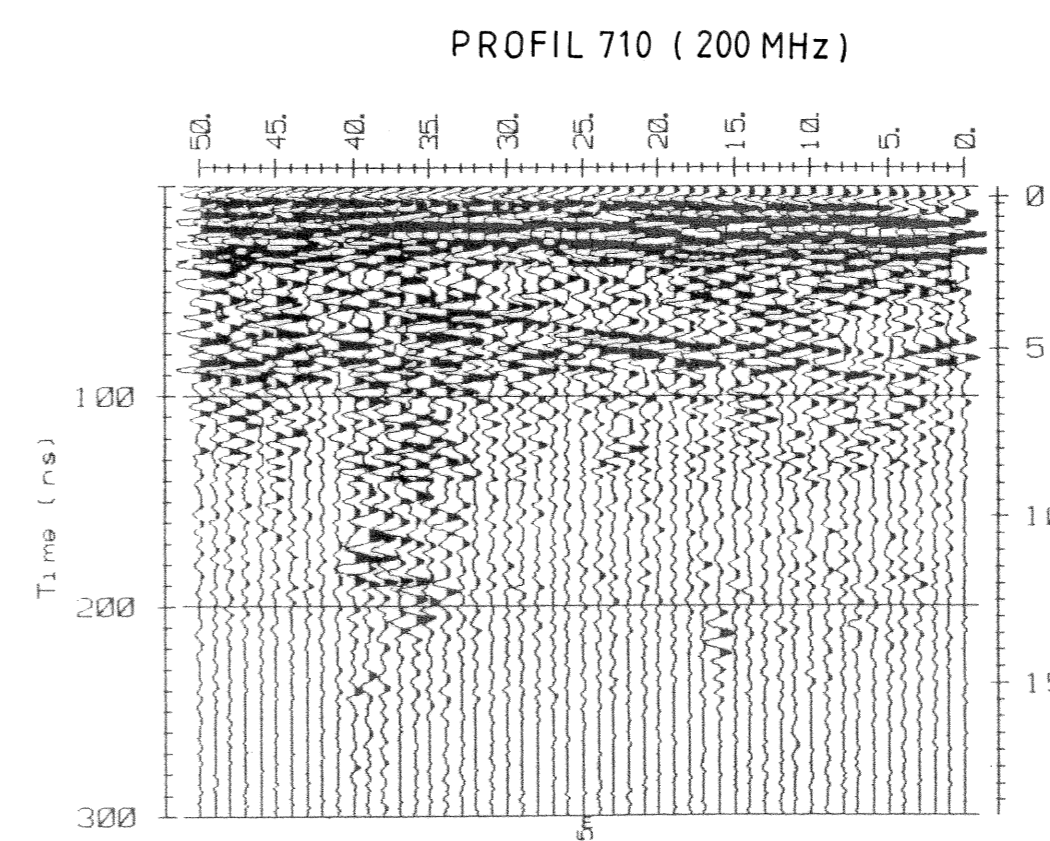
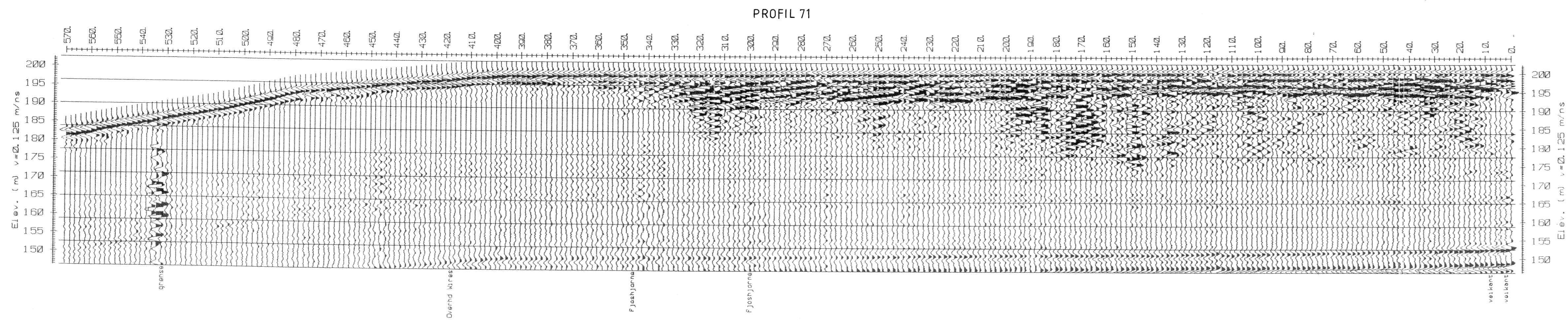


TEGNFORKLARING

0 P70
GEORADARPROFIL MED
STARTPOSISJON

NGU / FANEPROSJEKT GARDERMOEN GEORADARPROFIL P72, P70, P700, P720 GARDERMOEN NANNSTAD/ULLENSAKER, AKERSHUS	MÅLSTOKK KART 1:20000 1:5000	MÅLT T.L. OKT.- 92 TEGN E.M. FEB.- 93 TRAC KFR.
	TEGNING NR 93.011-02	KARTBLAD NR 1915 II, III

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

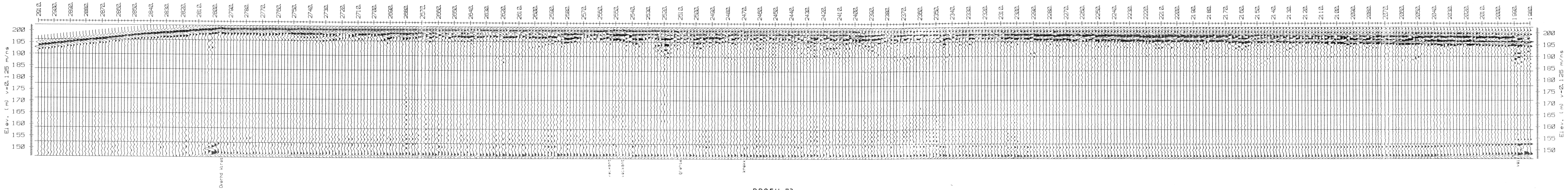


TEGNFORKLARING

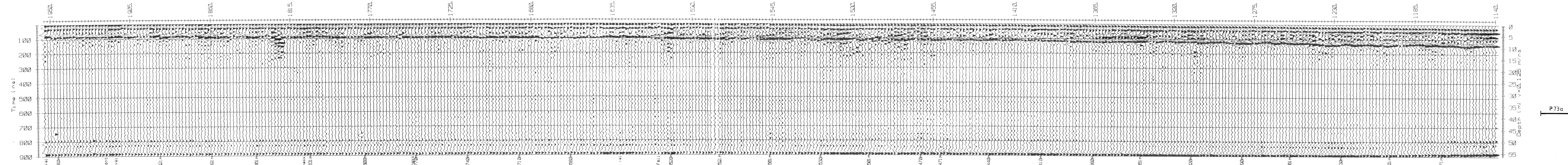
P71 0 GEORADARPROFIL MED STARTPOSISJON

NGU/FANEPROSJEKT GARDERMOEN GEORADARPROFIL P71, P710, P7220, P722 GARDERMOEN NANNESTAD/ULLENSAKER, AKERSHUS		MÅLSTOKK KART: 1:20000 TRAC: 1:5000	MÅLT T.L. OKT.-92 TEGN E.M. FEB.-93 TRAC KFR.
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM		TEGNING NR 93.011-03	KARTBLAD NR 1915 II,III

PROFIL 73b

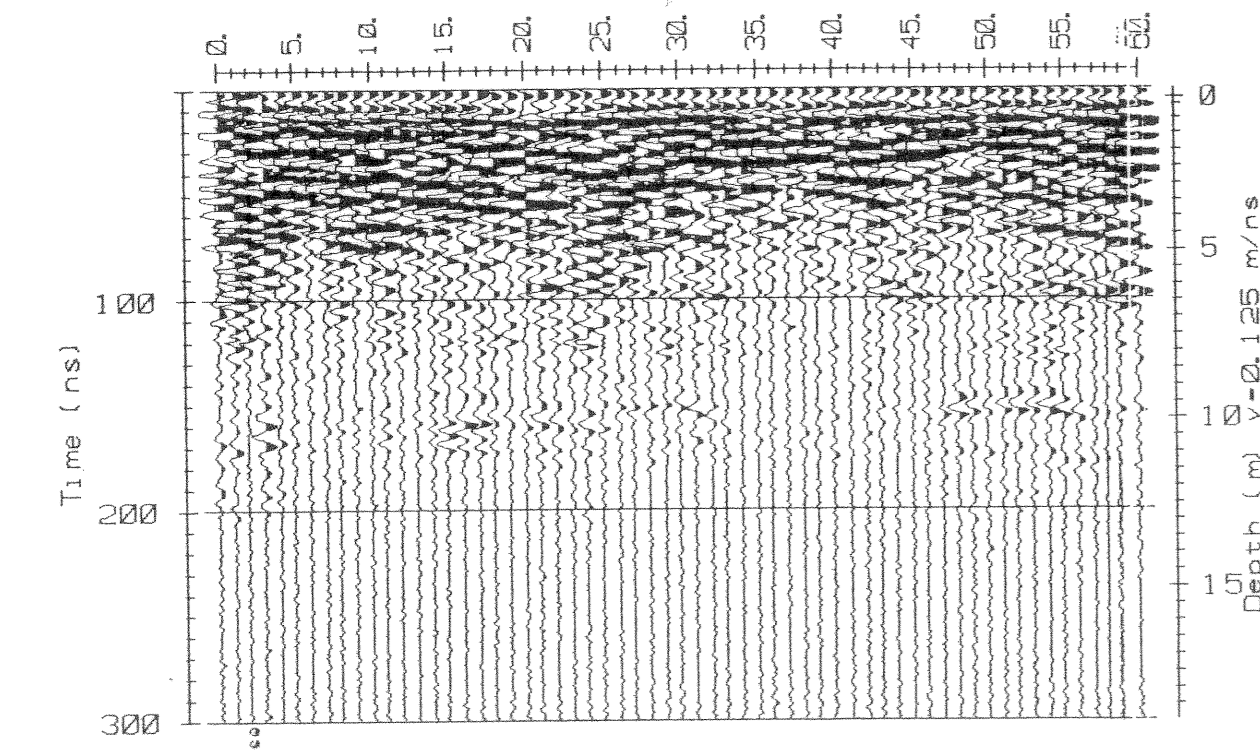


PROFIL 73a

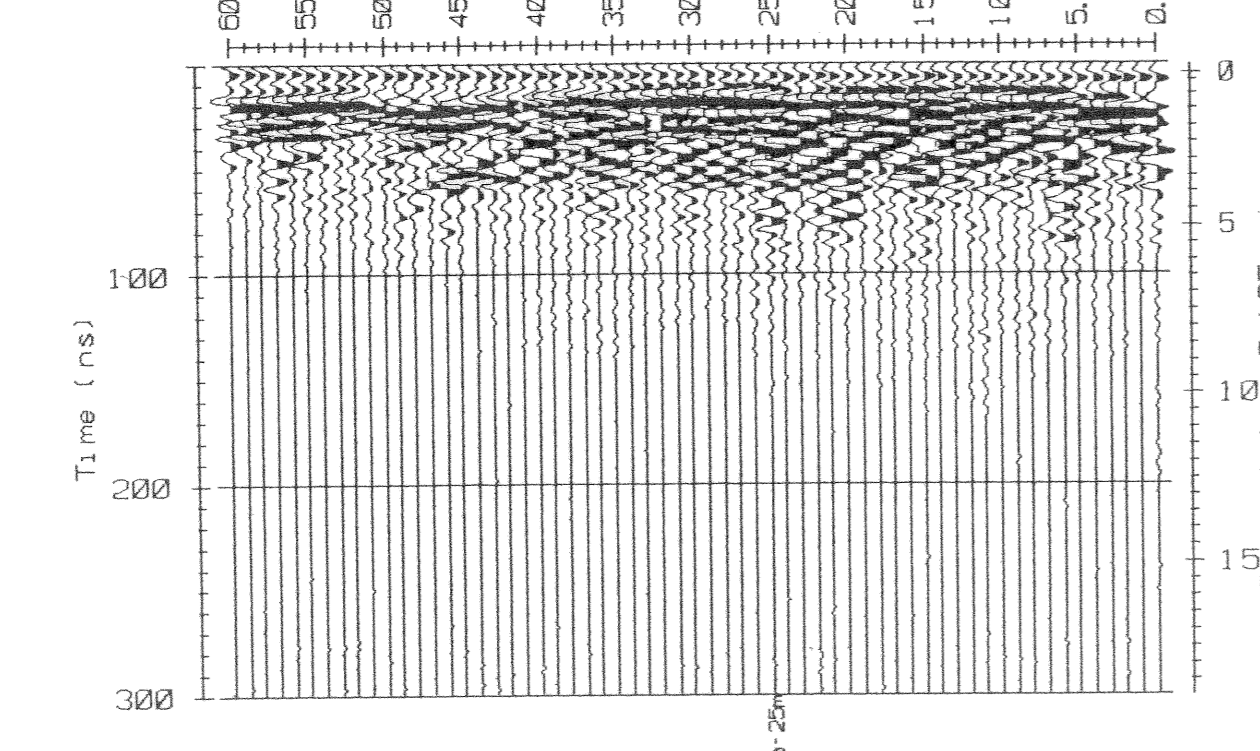


TEGNFORLARING
 P73a 1140 GEORADARPROFIL MED STARTPOSISJON

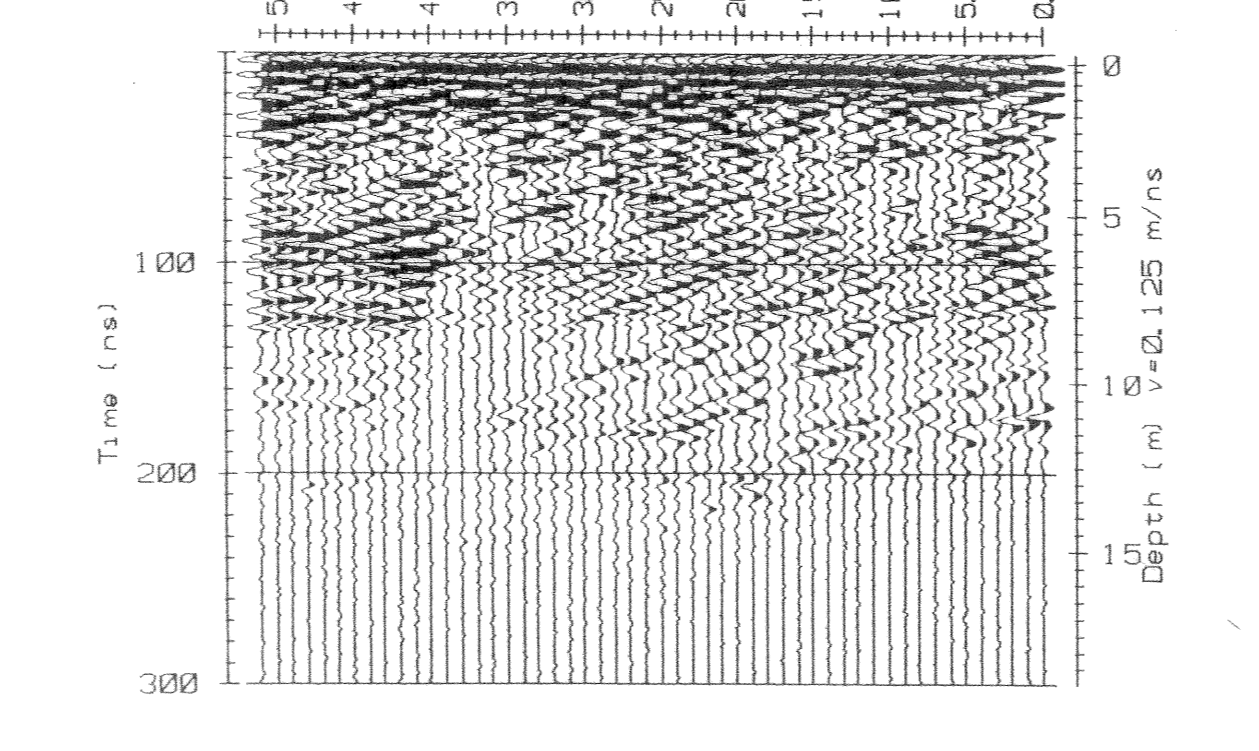
PROFIL 7220a (200 MHz)



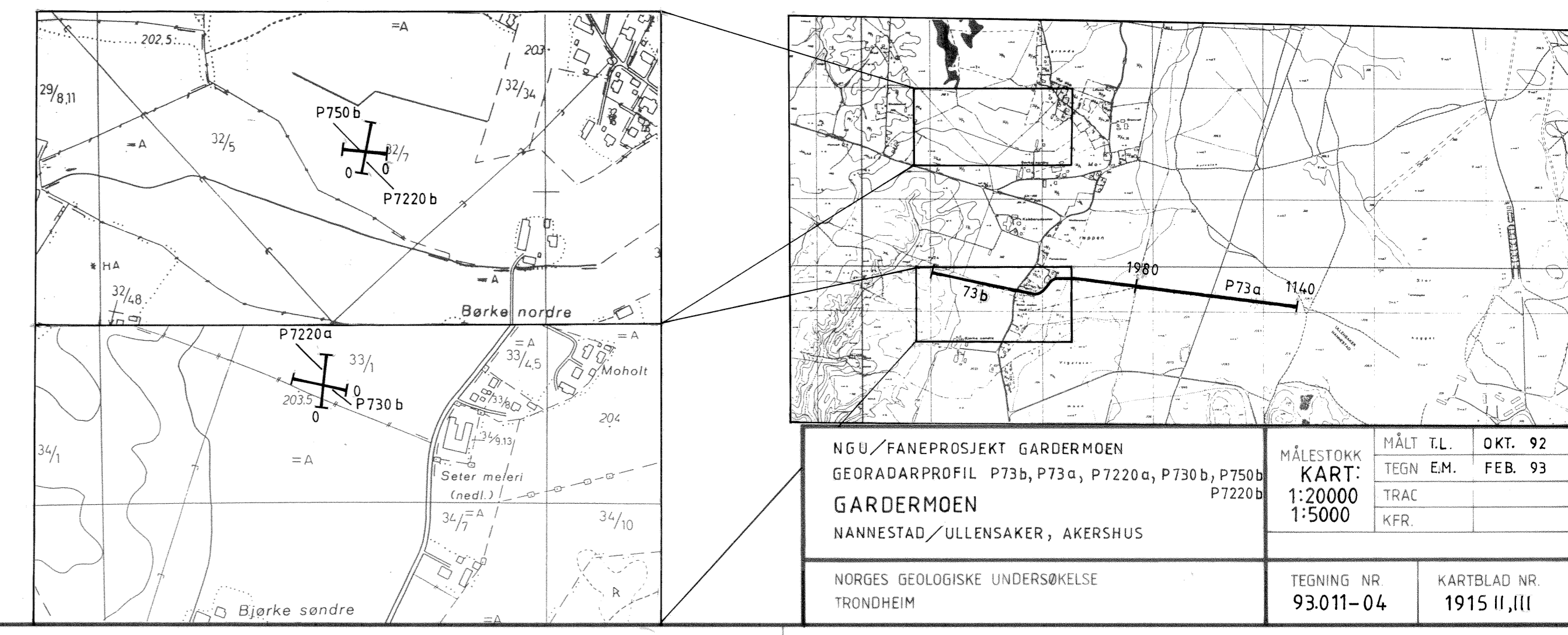
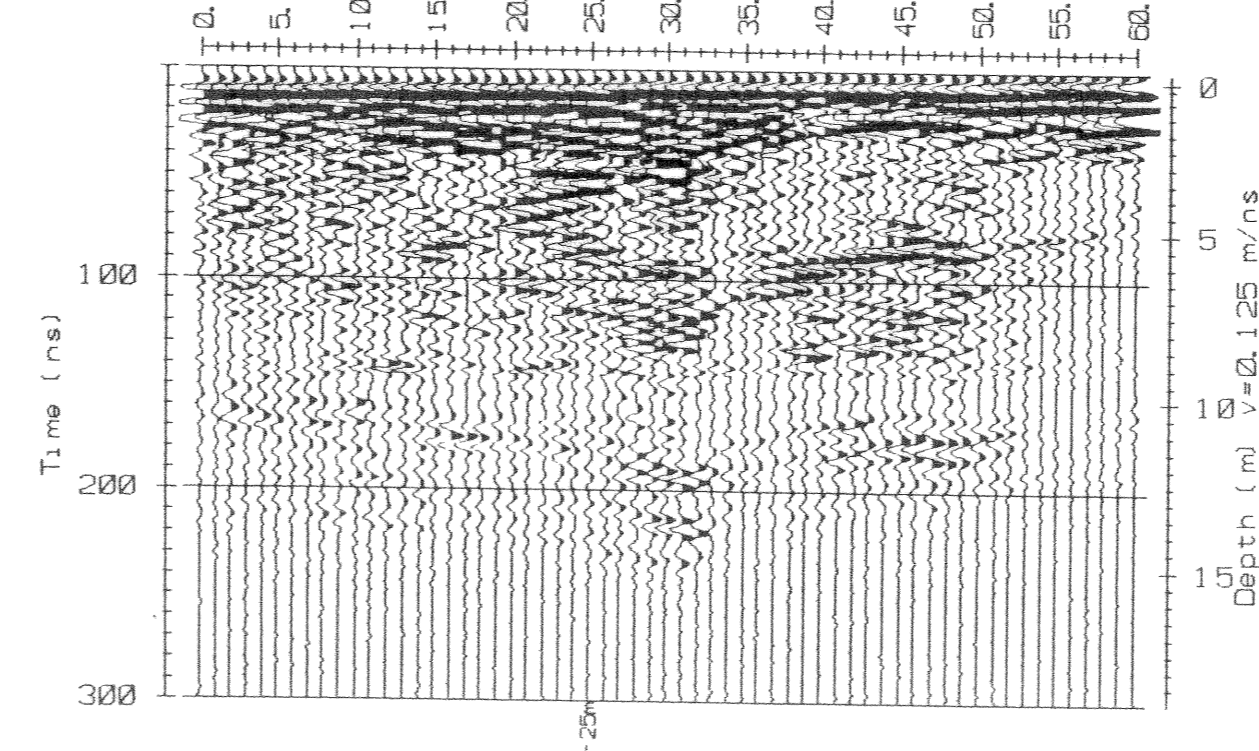
PROFIL 730b (200 MHz)



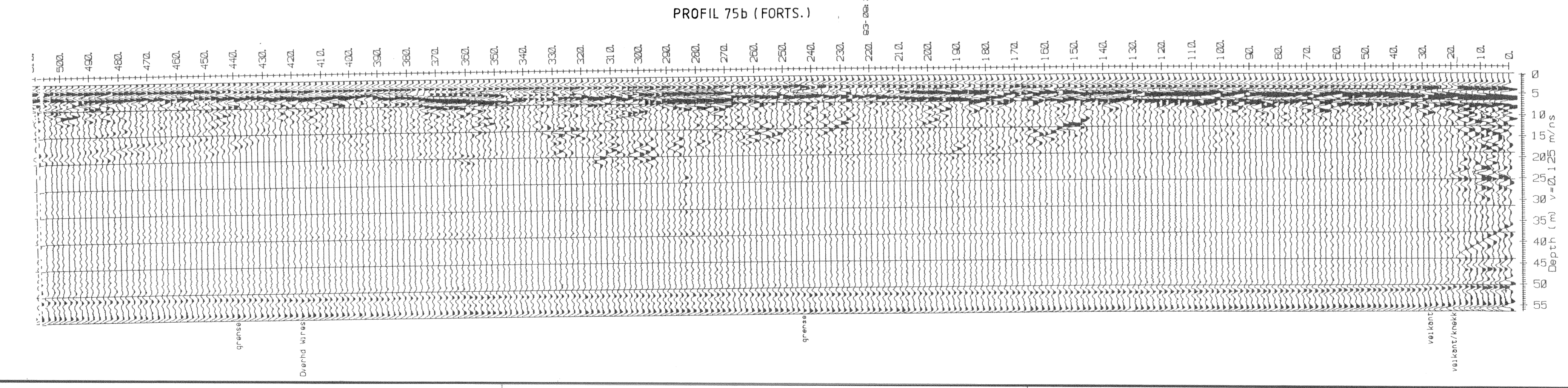
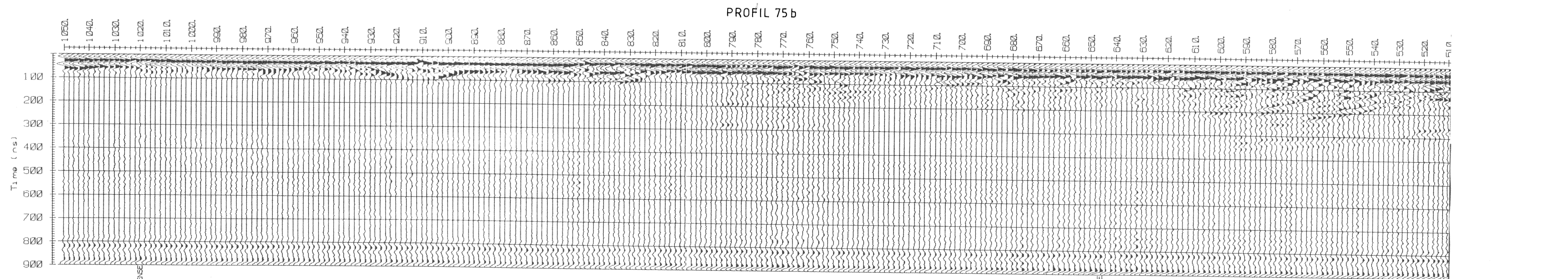
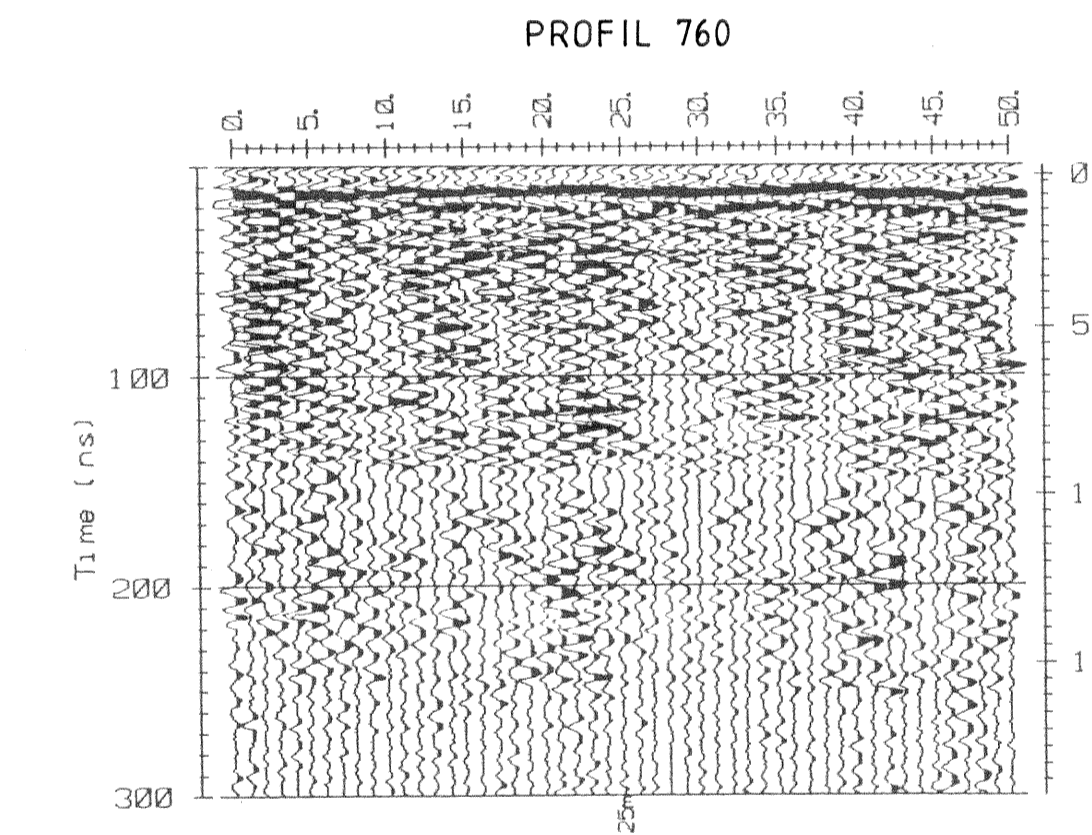
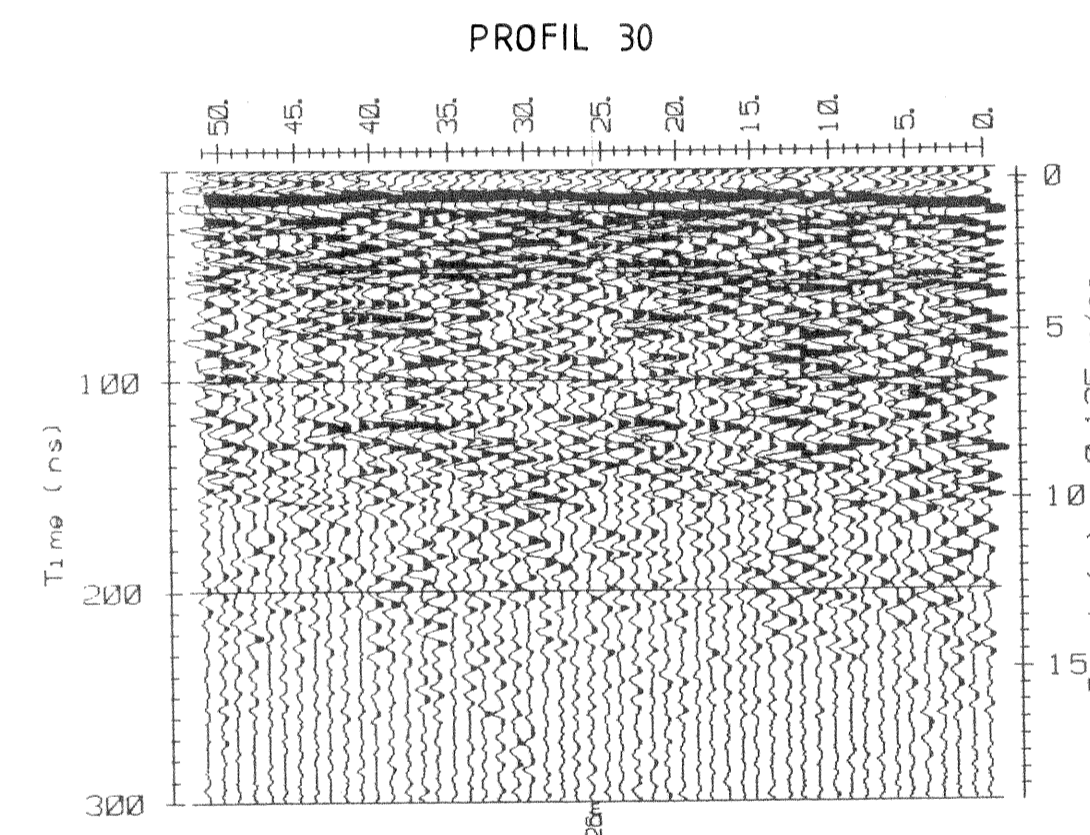
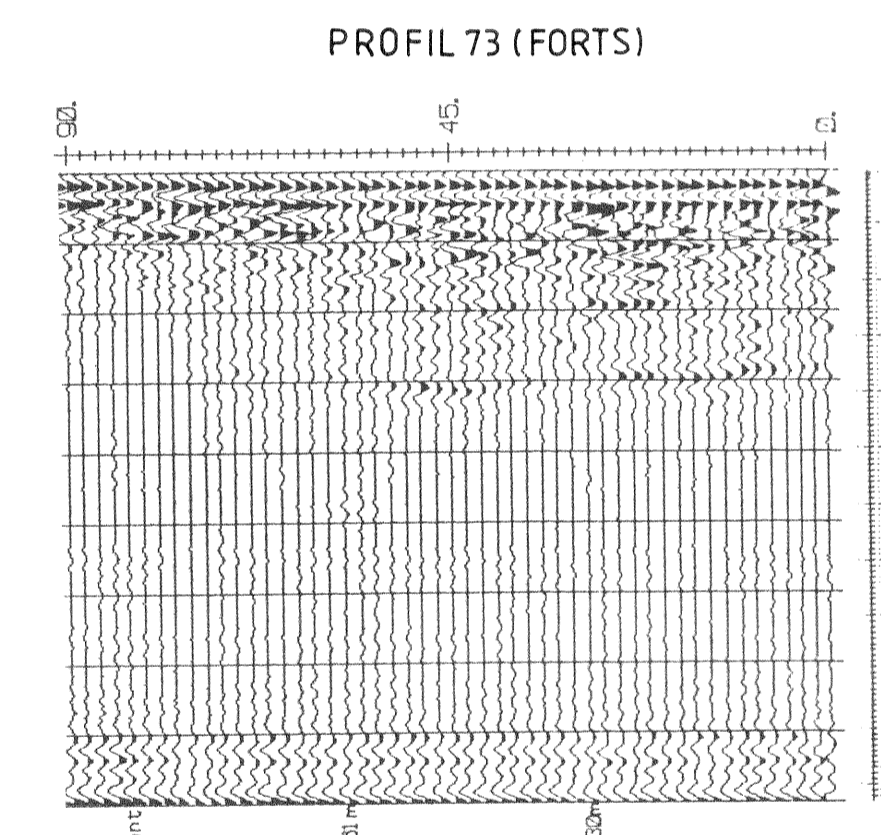
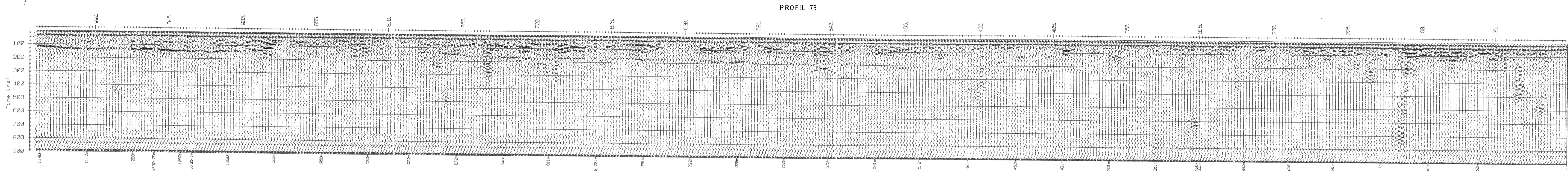
PROFIL 750b (200 MHz)

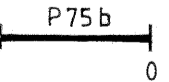


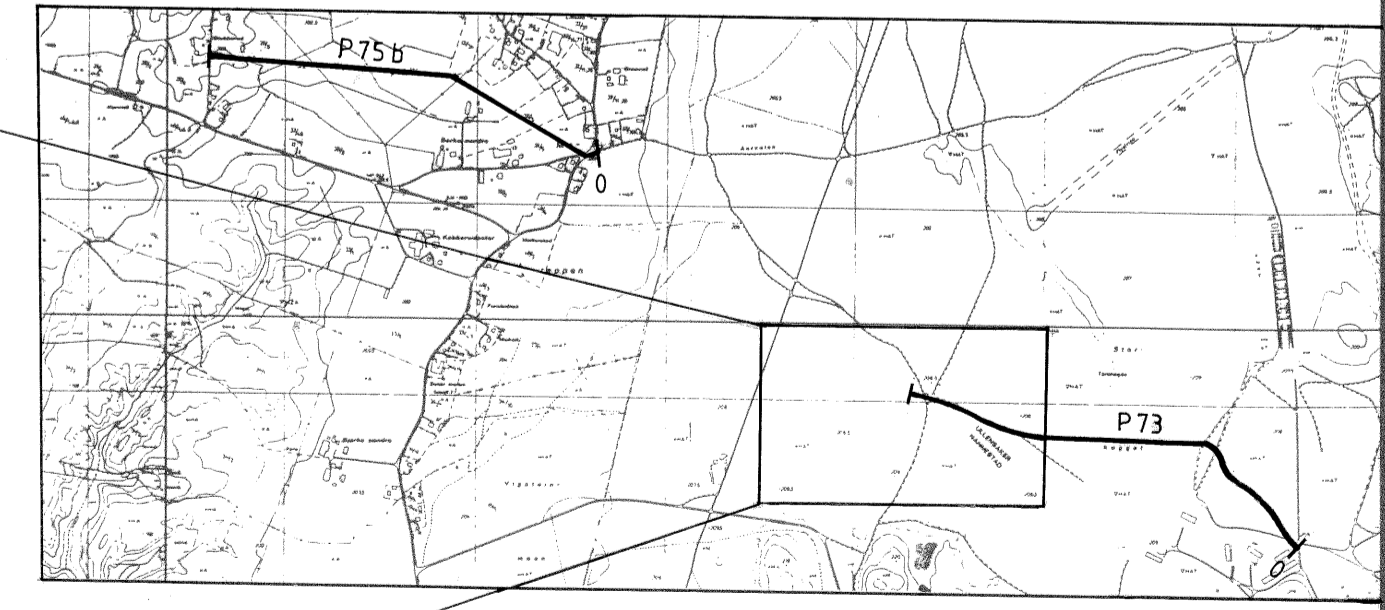
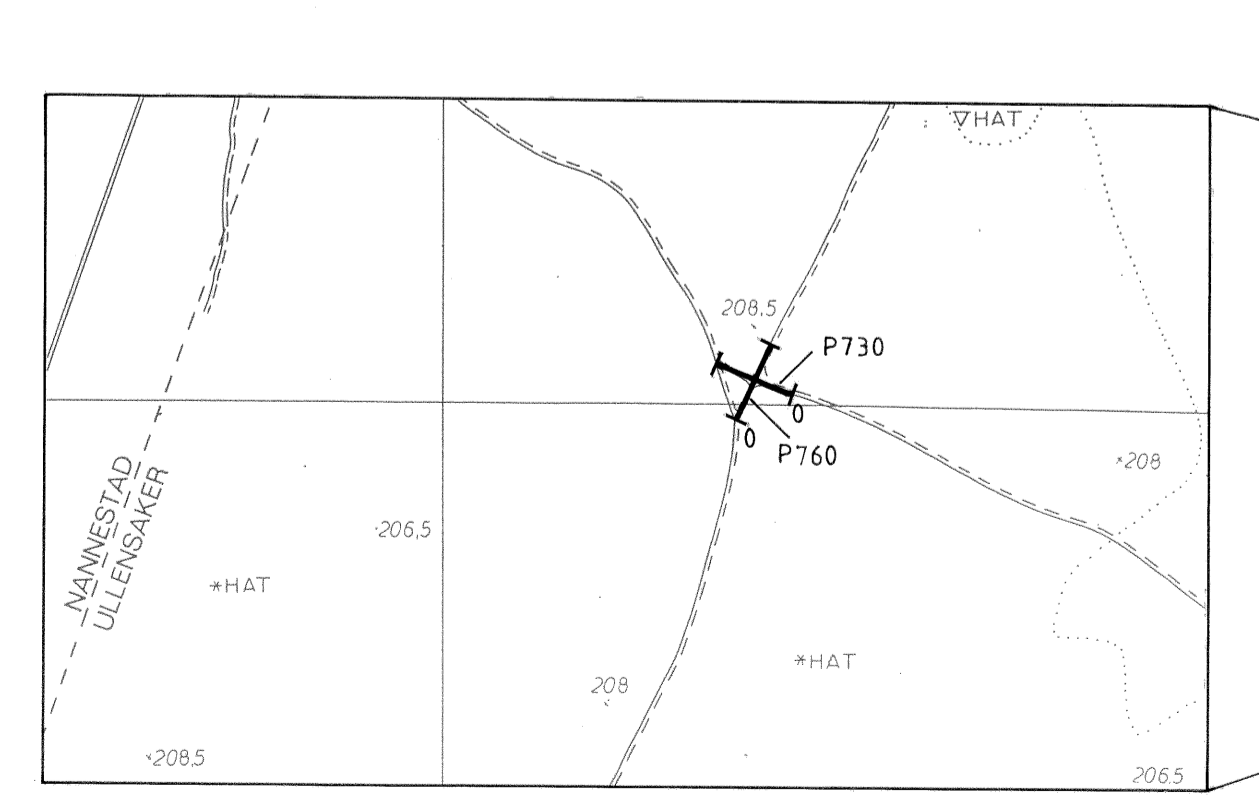
PROFIL 7220b (200 MHz)



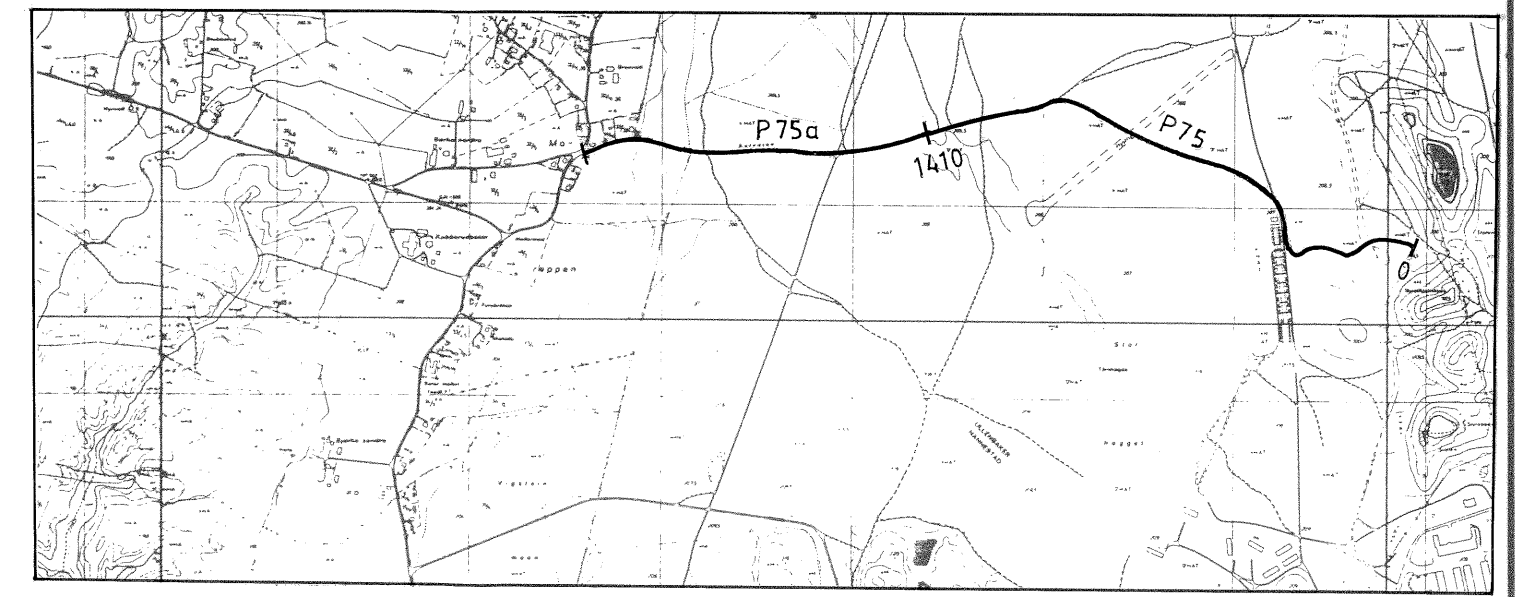
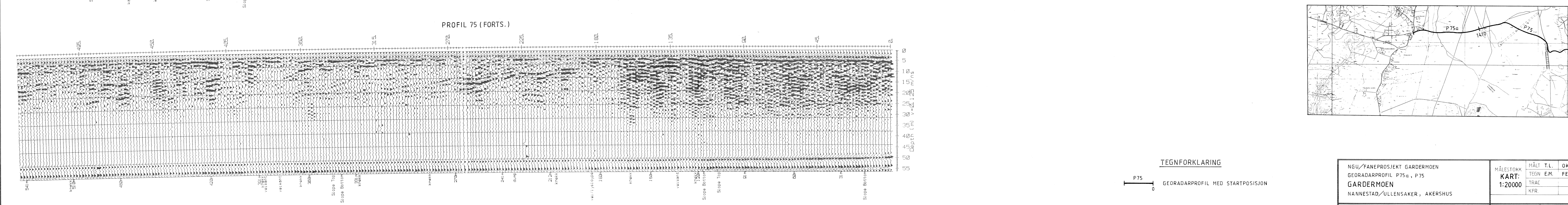
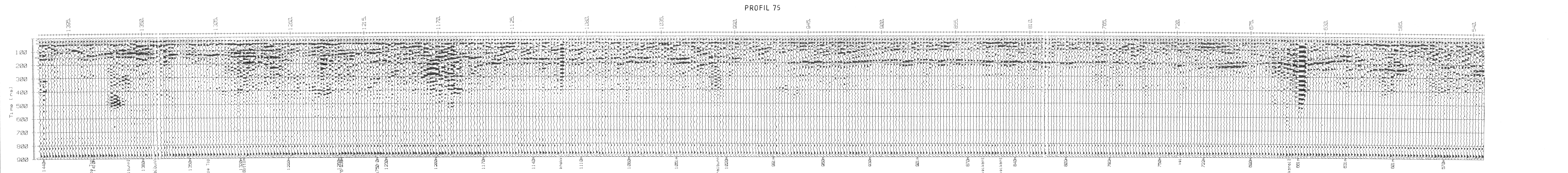
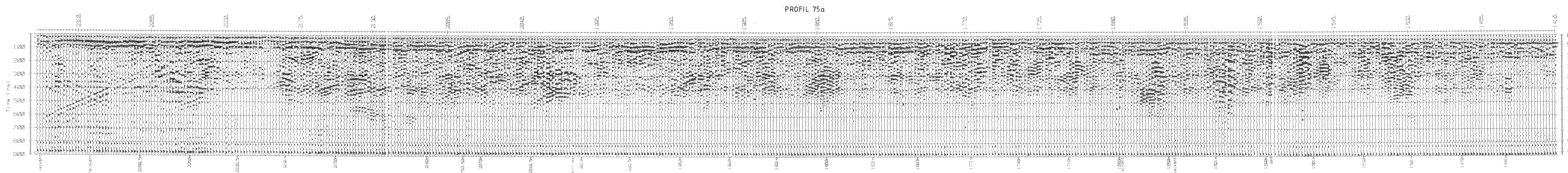
NGU/FANEPROSJEKT GARDERMOEN		MÅLT I.L.	DKT. 92
GEORADARPROFIL P73b, P73a, P7220a, P730b, P750b		TEGN E.M.	FEB. 93
GARDERMOEN		KART:	
NANNESTAD/ULLENSAKER, AKERSHUS		1:20000	
		TRAC	
		1:5000	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		TEGNING NR	KARTBLAD NR
TRONDHEIM		93.011-04	1915 II, III



TEGNFORKLARING:
 GEORADARPROFIL MED STARTPOSISJON



NGU / FANEPROSJEKT GARDERMOEN GEORADARPROFIL P73, P730, P760, P75 b GARDERMOEN NANNSTAD/ULLENSAKER, AKERSHUS		MÅLESTOKK KART: 1:20000 1:5000	MÅLT T.L. TEGN E.M. TRAC KFR.	OKT.-92 FEB.-93
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM		TEGNING NR 93.011-05	KARTBLAD NR 1915 II, III	

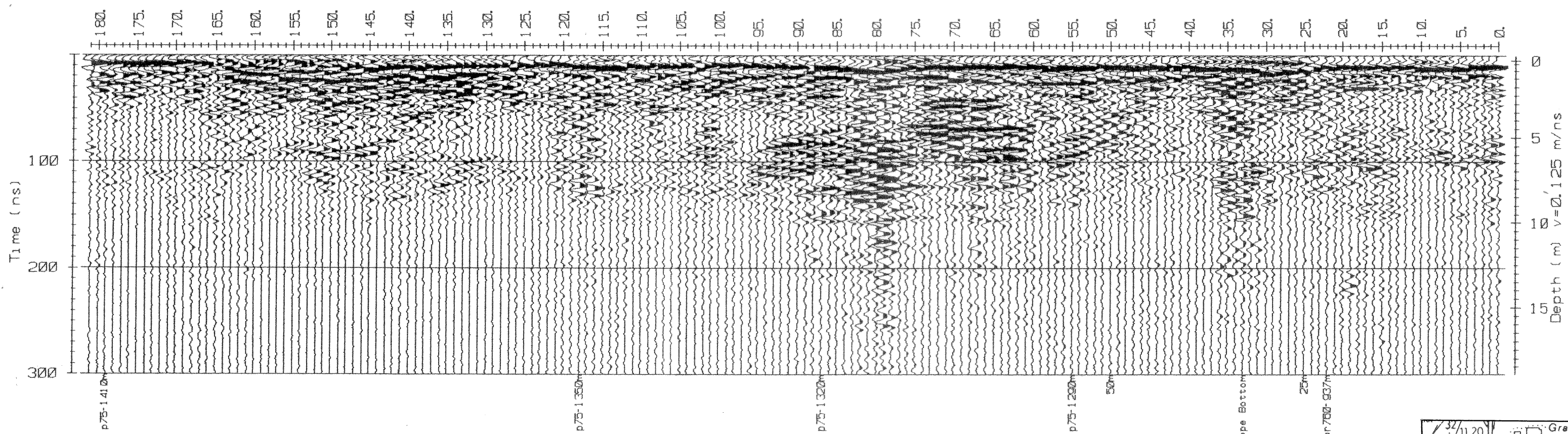


TEGNFORKLARING

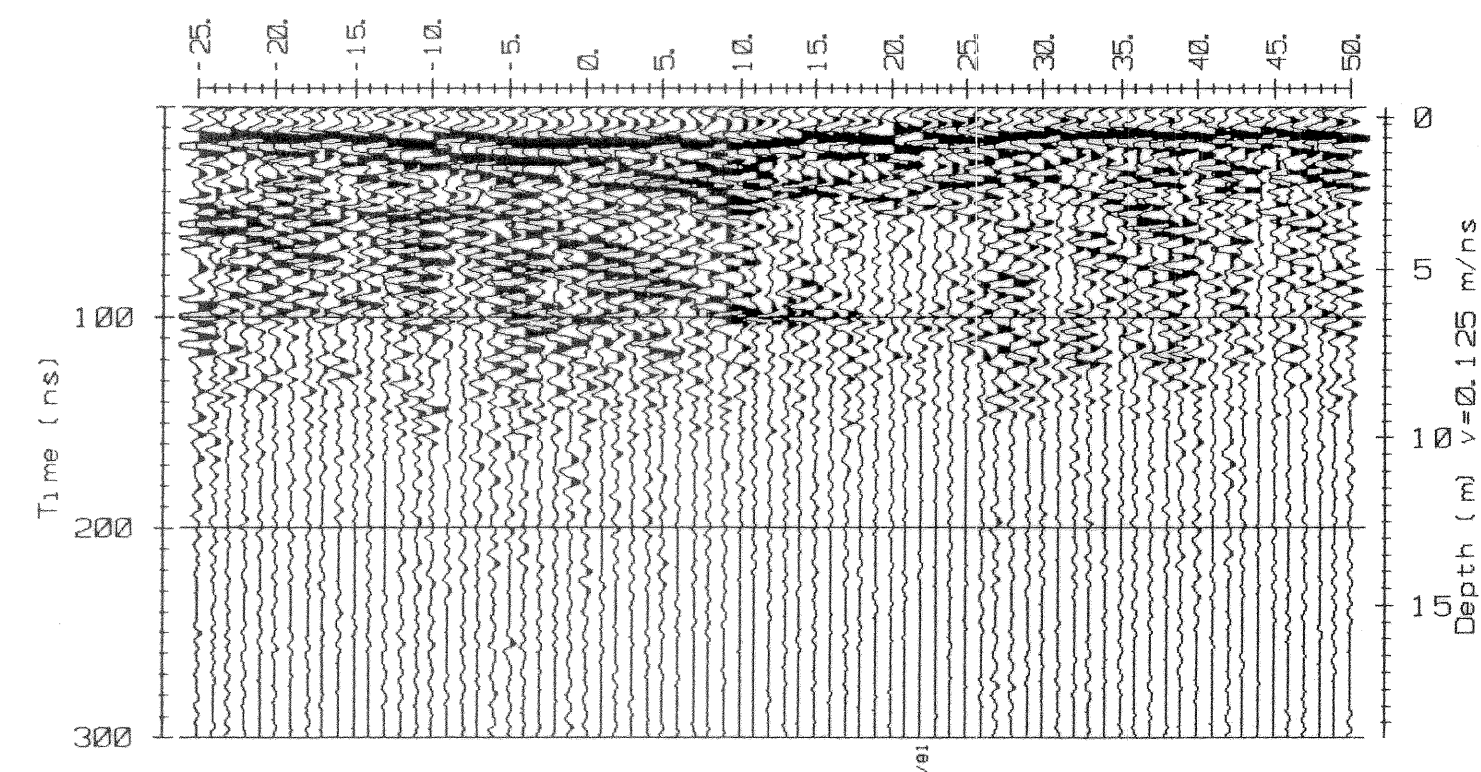
0 75 GEORADARPROFIL MED STARTPOSISJON

NGU/FANEPROSJEKT GARDERMOEN GEORADARPROFIL P75a, P75 GARDERMOEN NANNESTAD/ULLENSAKER, AKERSHUS	MÅLESTOKK	HÅLT T.L.	Okt.-92
	KART: 1:20000	TEGN E.M.	FEB.-93
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR	KARTBLAD NR	
	93011-06	1915II,III	

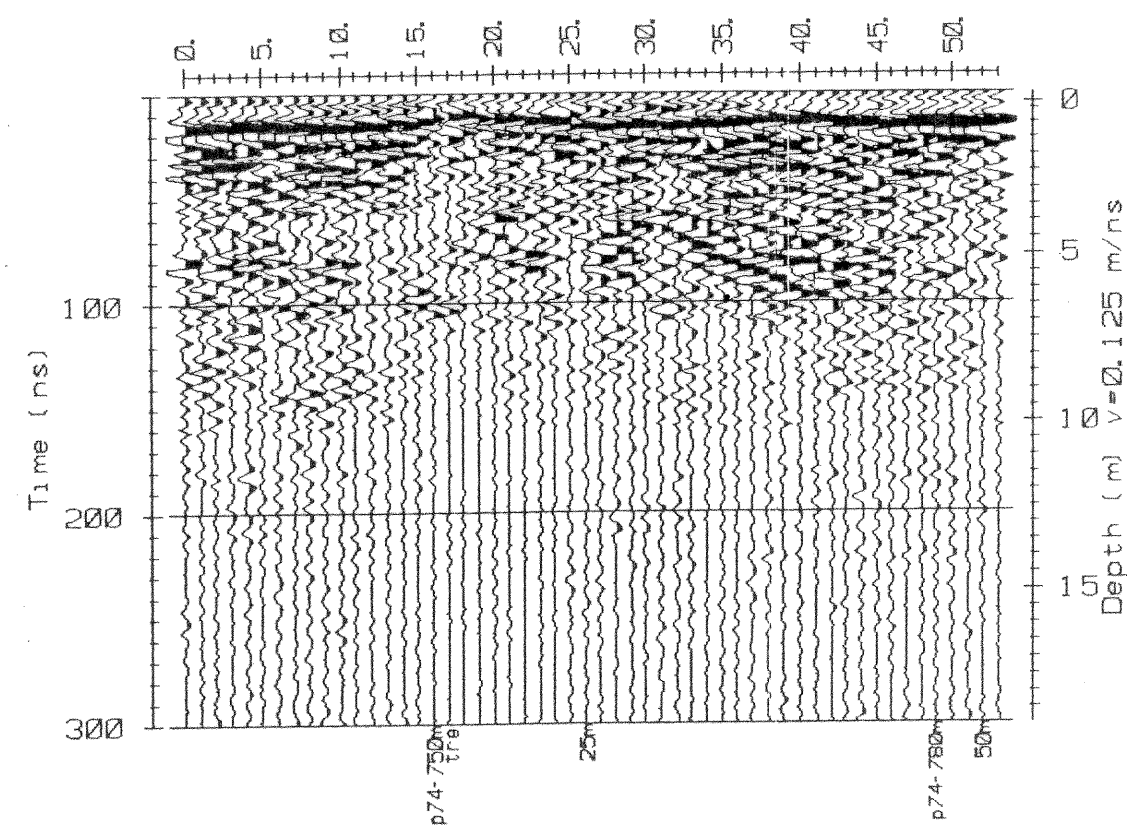
PROFIL 750a (200 MHz)



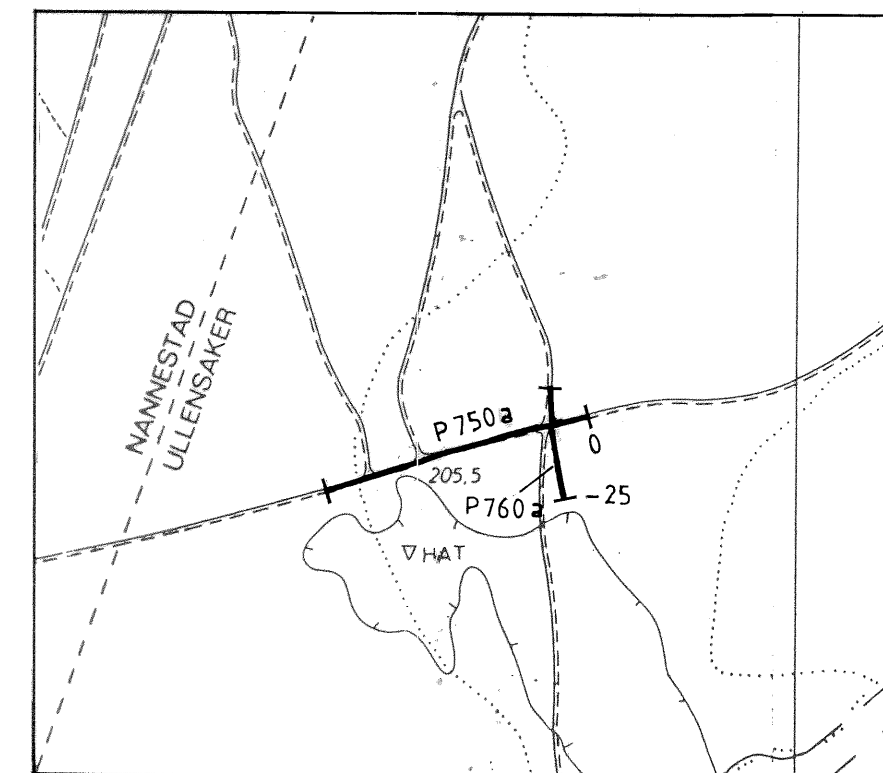
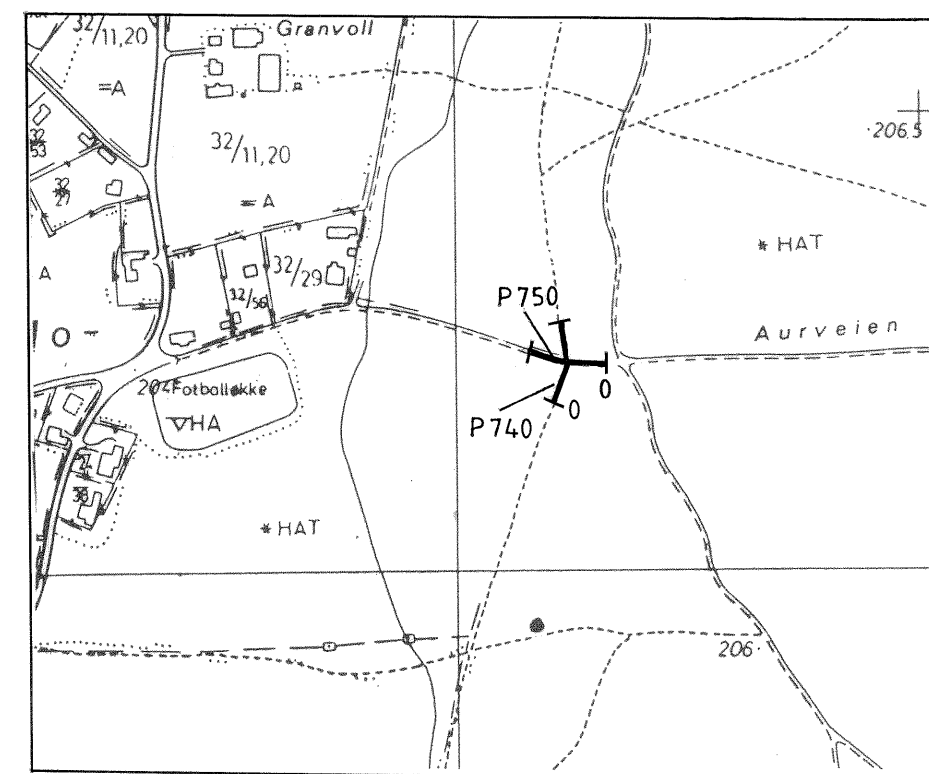
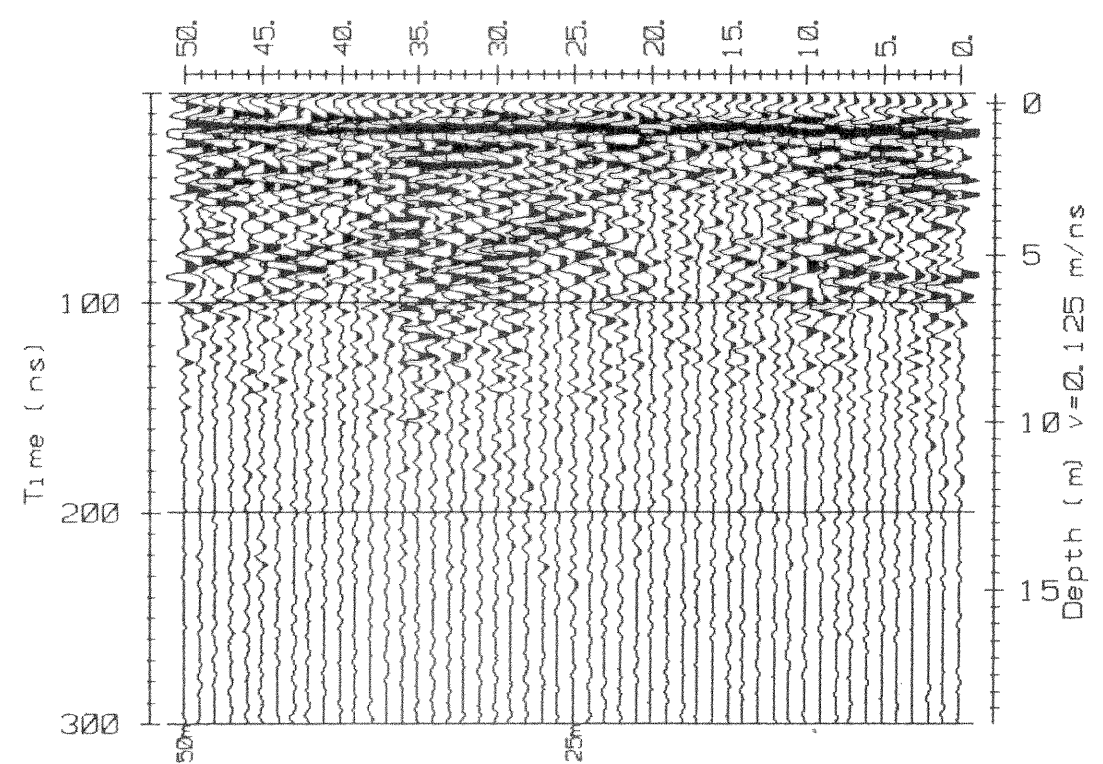
PROFIL 760a (200 MHz)



PROFIL 740 (200 MHz)



PROFIL 750 (200 MHz)

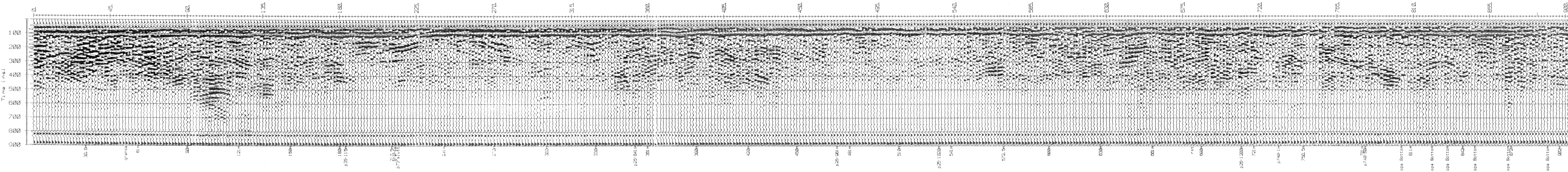


TEGNFORKLARING

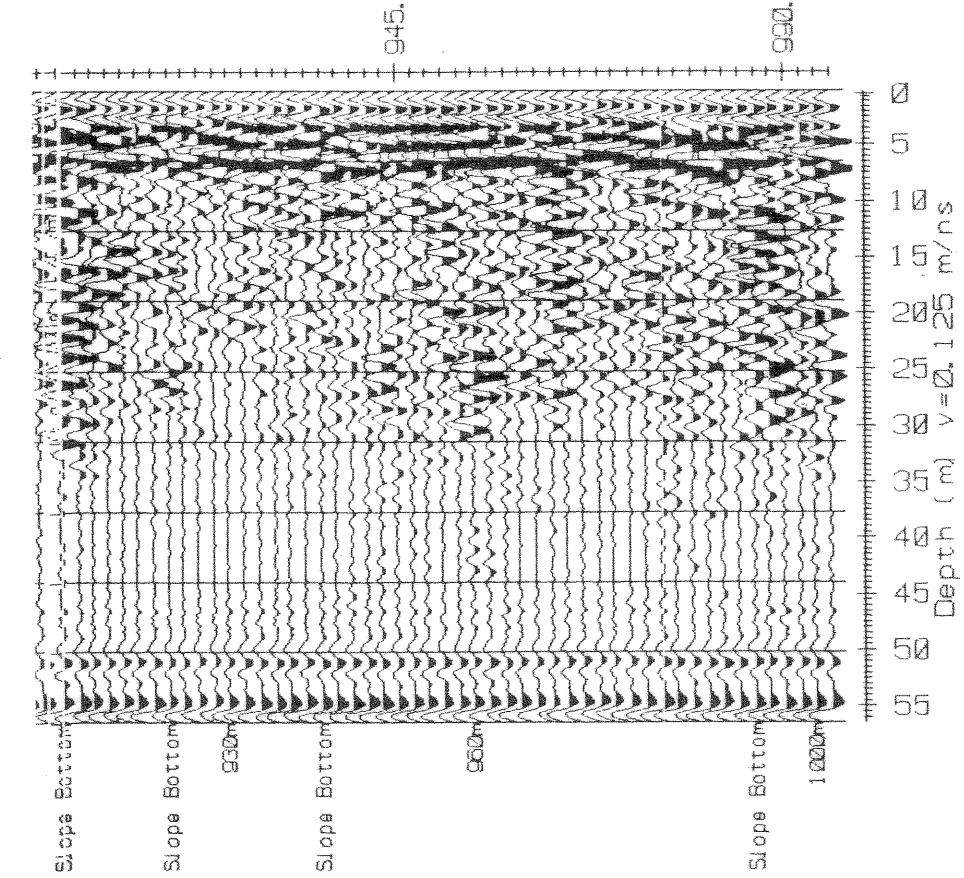
P750a GEORADARPROFIL MED
0 STARTPOSISJON

NGU / FANEPROSJEKT GARDERMOEN GEORADARPROFIL P750a, P760a, P740, P750 GARDERMOEN NANNESTAD / ULLENSAKER, AKERSHUS	MÅLESTOKK	MÅLT T.L.	OKT. - 92
	KART: 1:5000	TEGN. E.M.	FEB. - 93
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TRAC.		
	KFR.		
TEGNING NR. 93.011-07	KARTBLAD NR. 1915 II, III		

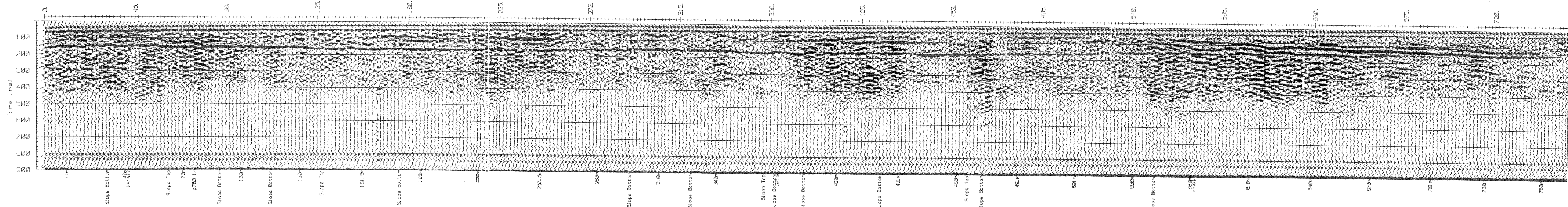
PROFIL 74



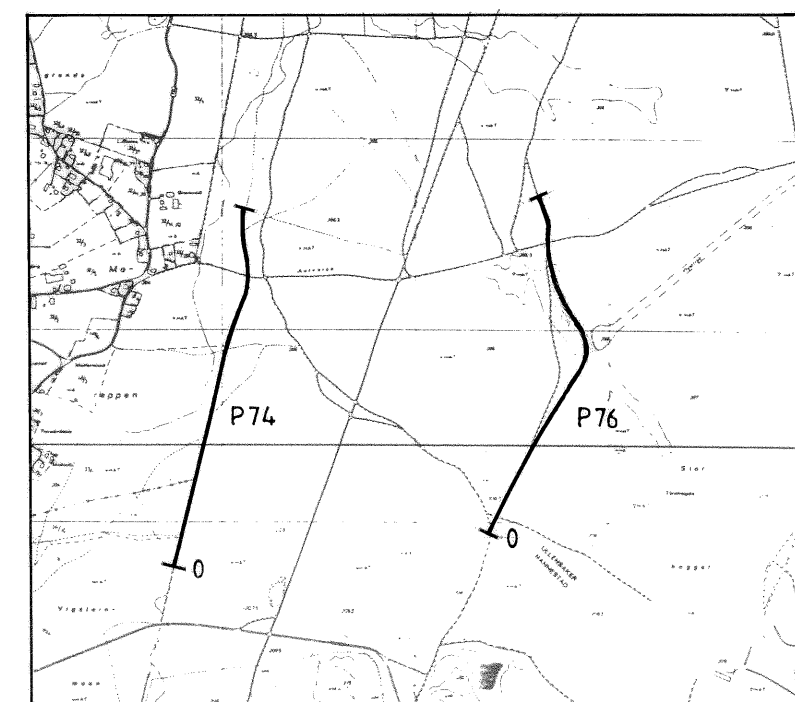
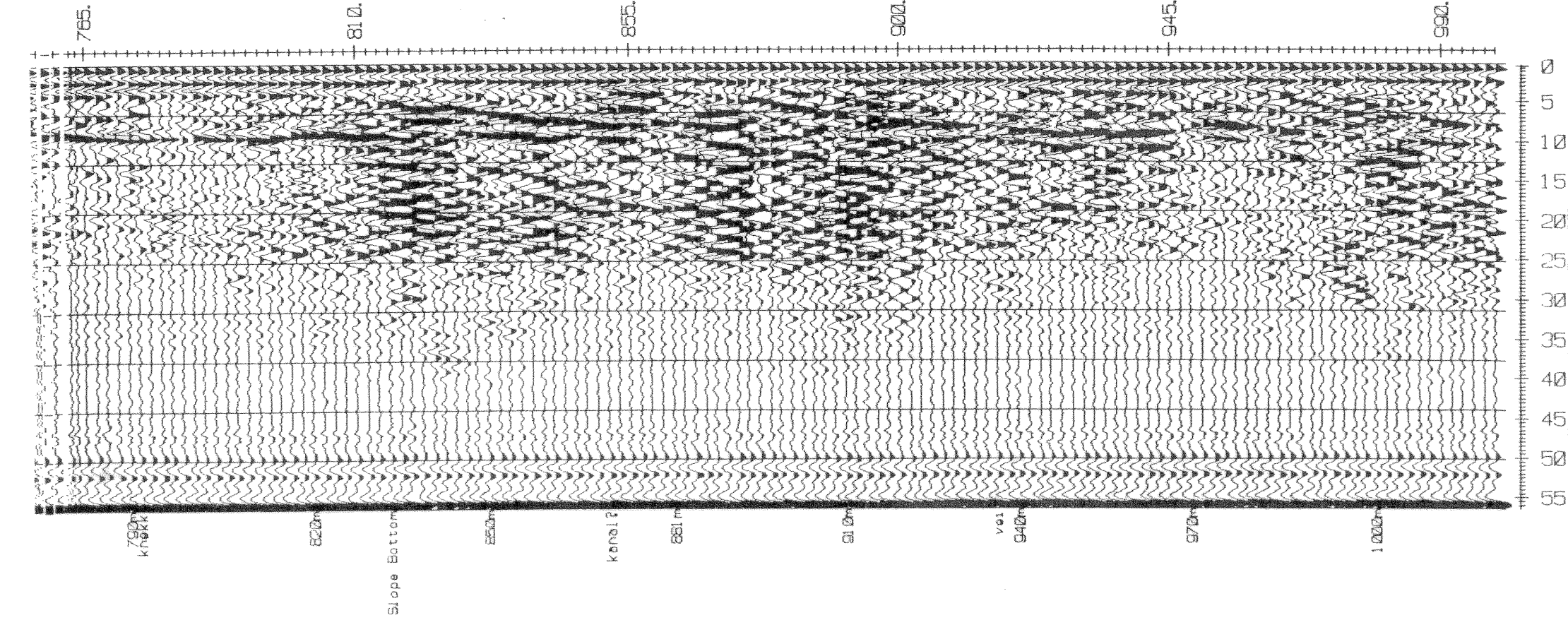
PROFIL 74 (FORTS.)



PROFIL 76



PROFIL 76 (FORTS.)



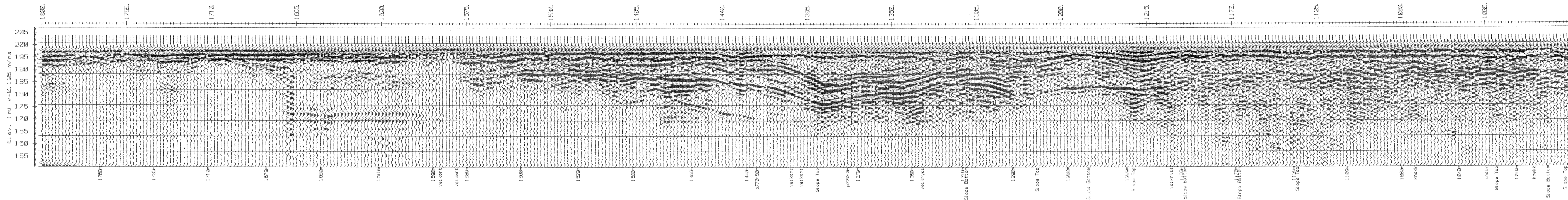
TEGNFORKLARING

P74 GEORADARPROFIL MED
STARTPOSITION

NGU/FANEPROSJEKT GARDERMOEN GEORADARPROFIL P74, P76 GARDERMOEN NANNESTAD/ULLENSAKER, AKERSHUS	MÅLSTOKK KART: 1:20000	MÅLT I.L. OKT. - 92 TEGN E.M. FEB. - 93 TRAC KFR.
	TEGNING NR 93.011-08	KARTBLAD NR 1915 II,III

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

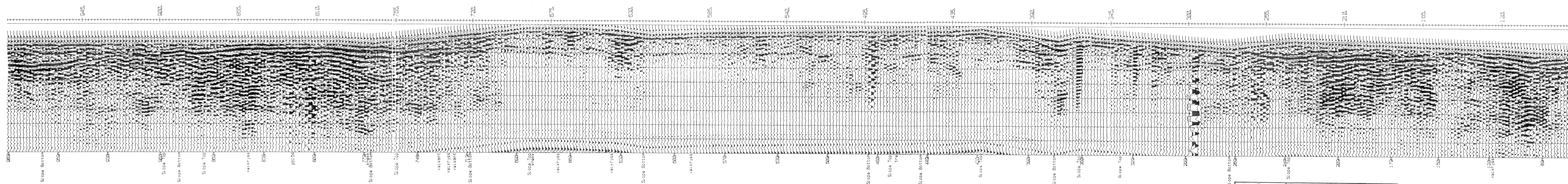
PROFIL 77



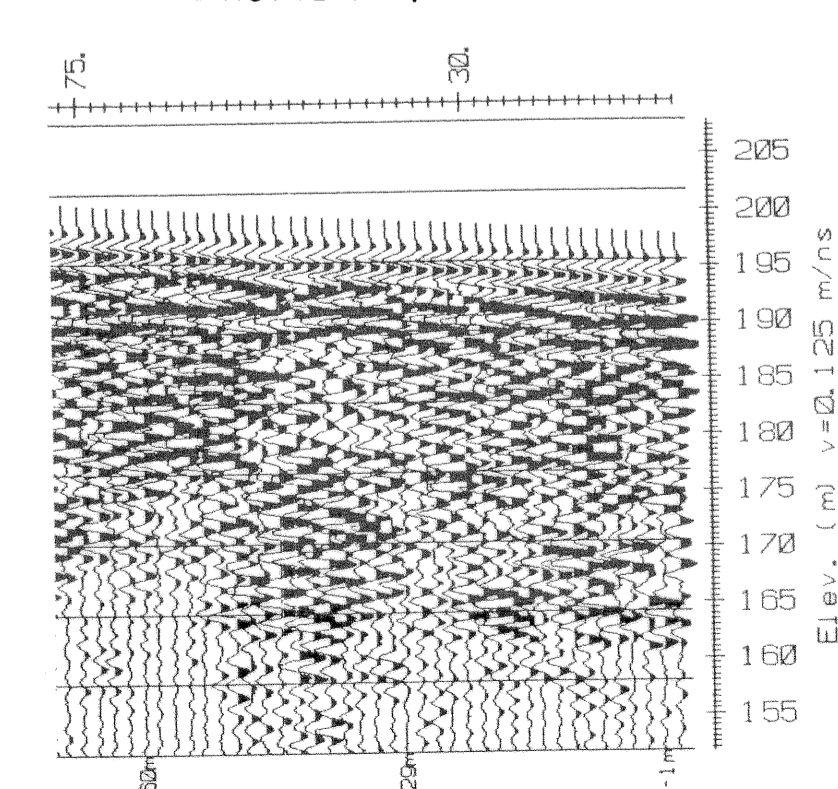
TEGNFORKLARING

P77 GEORADARPROFIL MED STARTPOSISJON

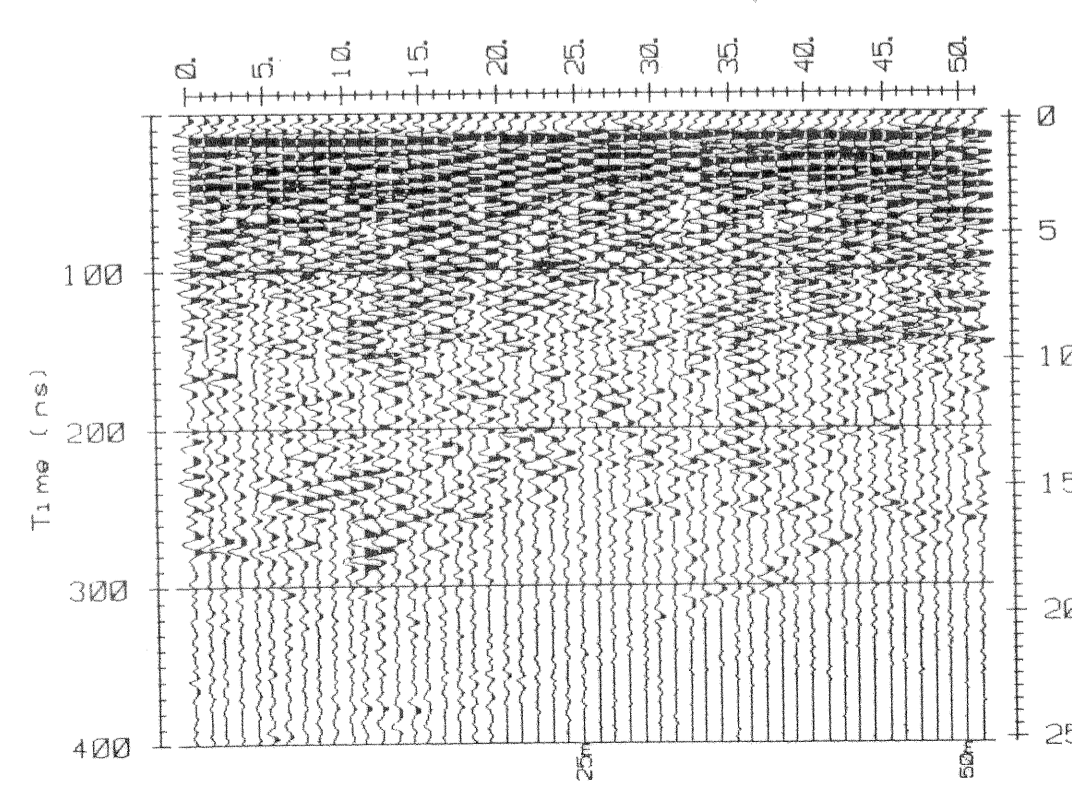
PROFIL 77 (FORTS.)



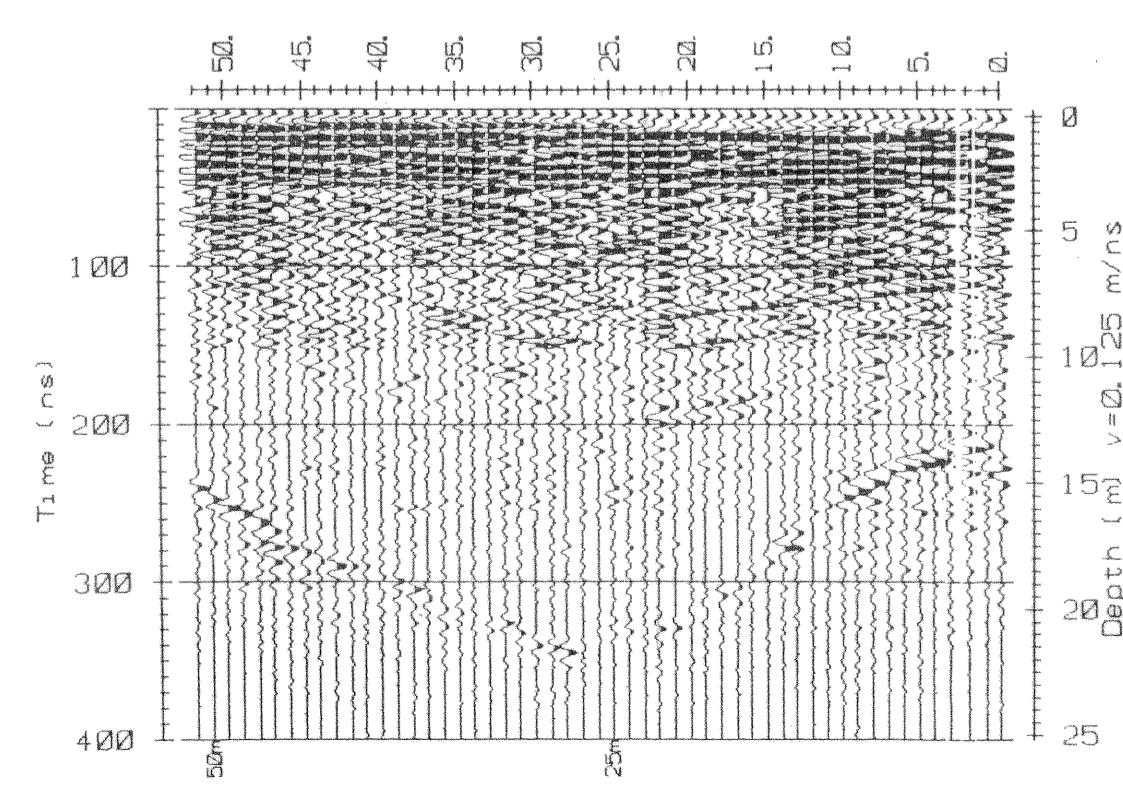
PROFIL 77 (FORTS.)



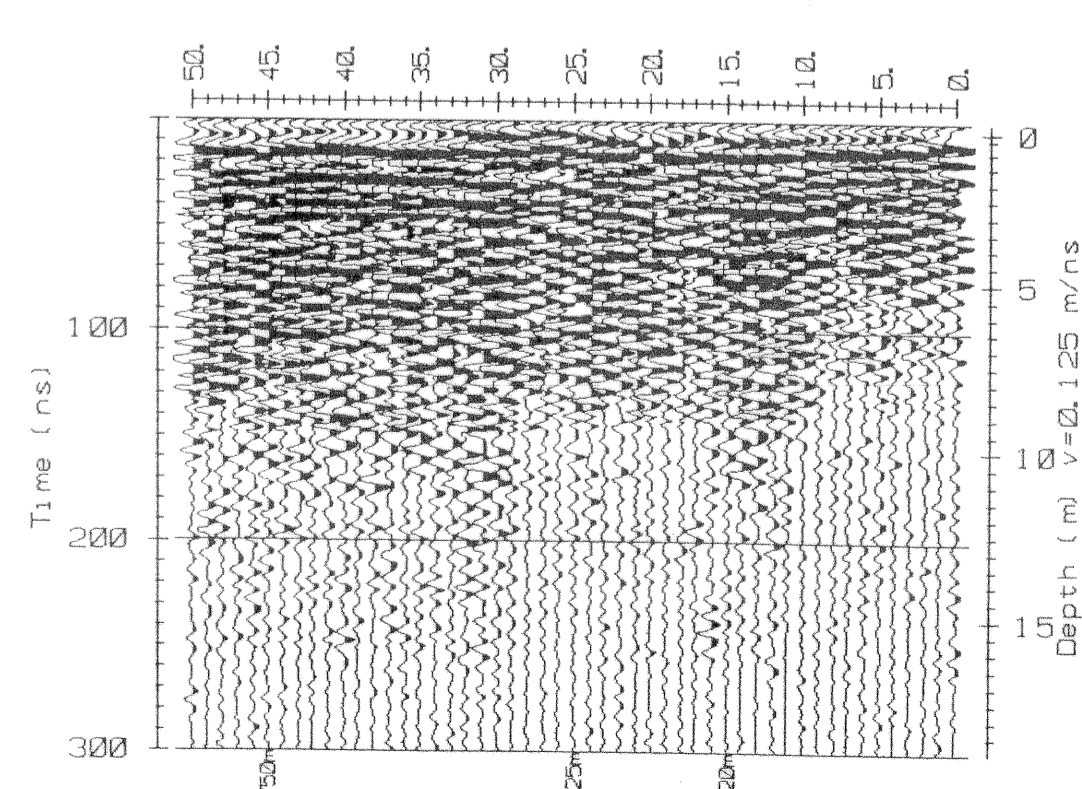
PROFIL 770 (200 MHz)



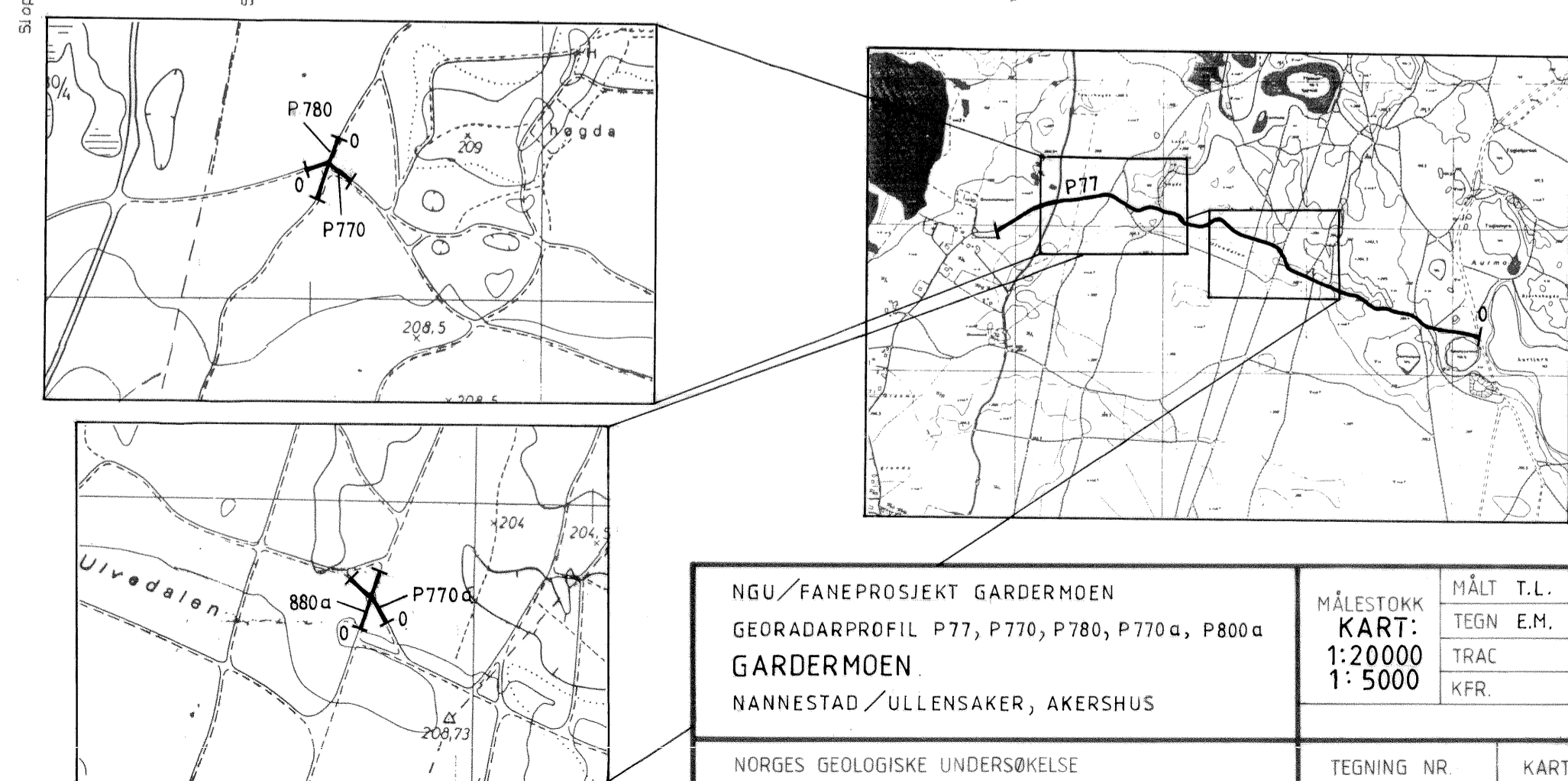
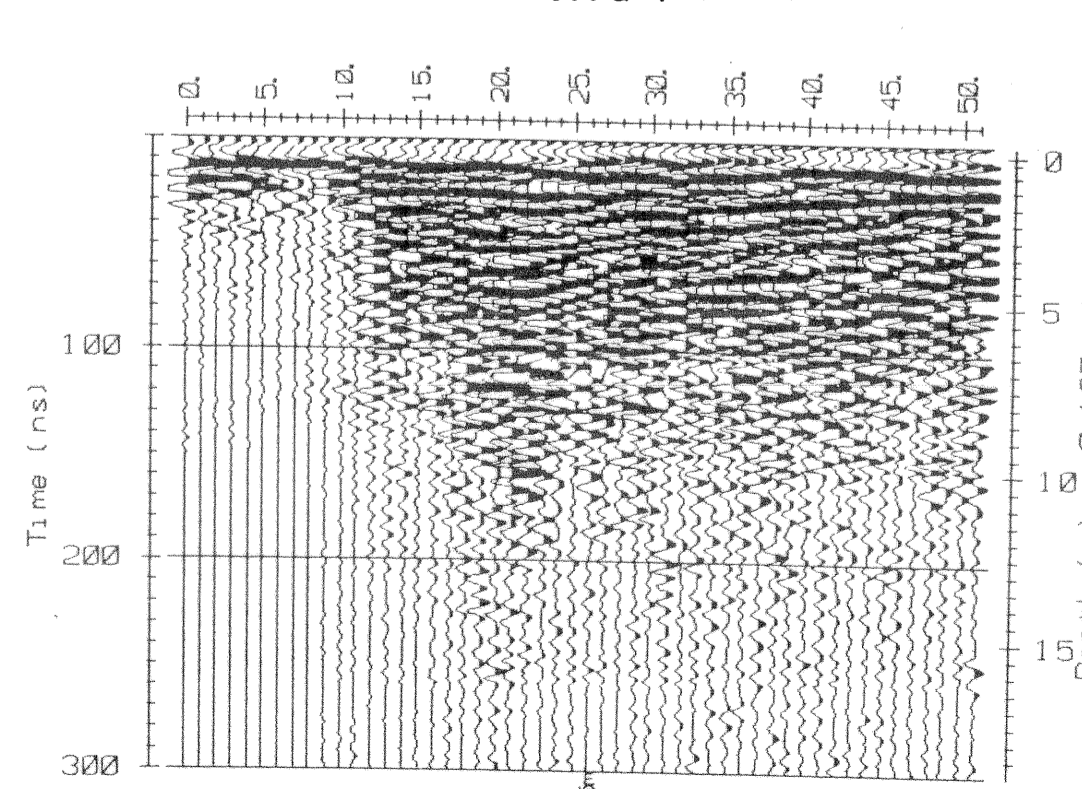
PROFIL 780 (200 MHz)



PROFIL 770 a (200 MHz)

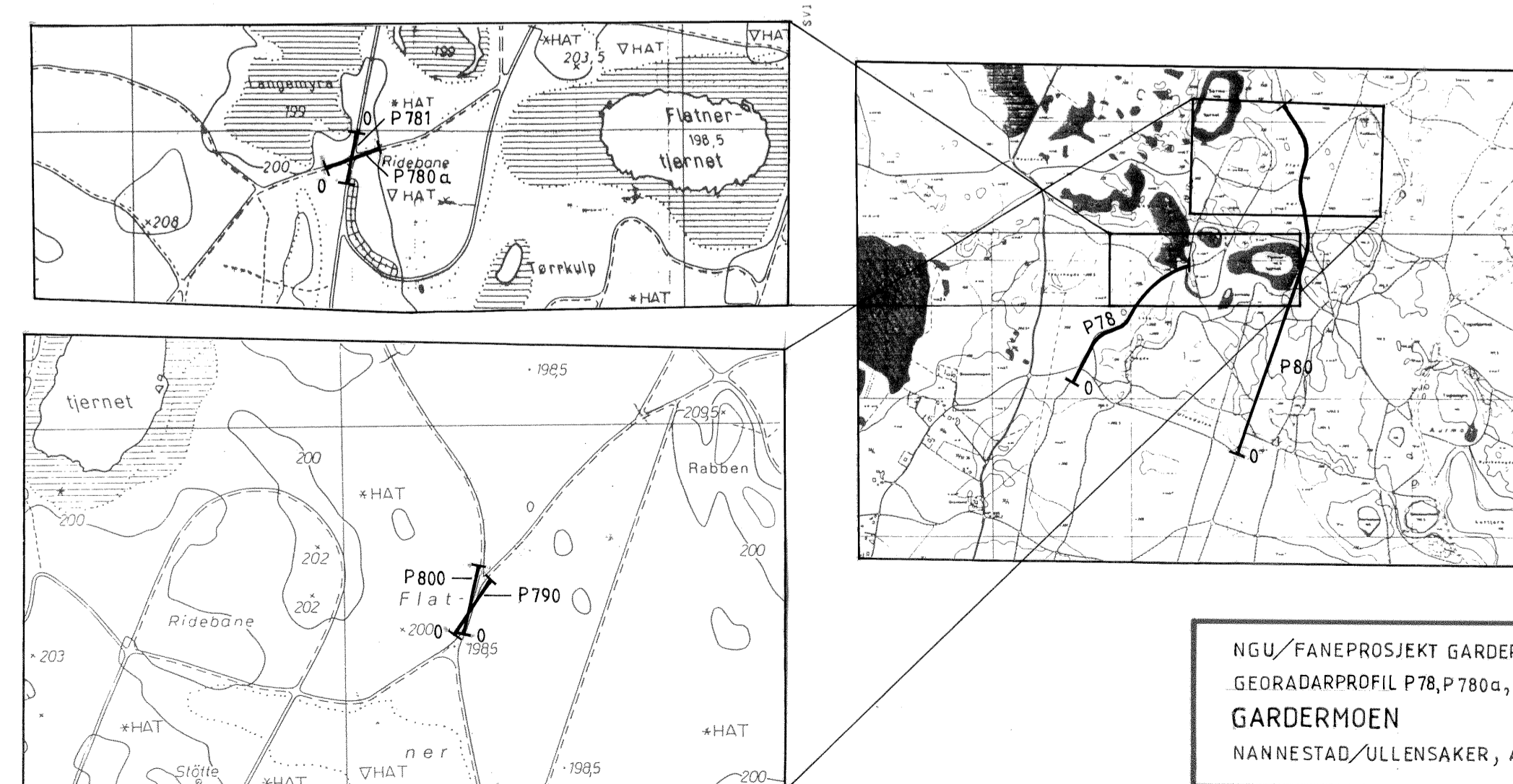
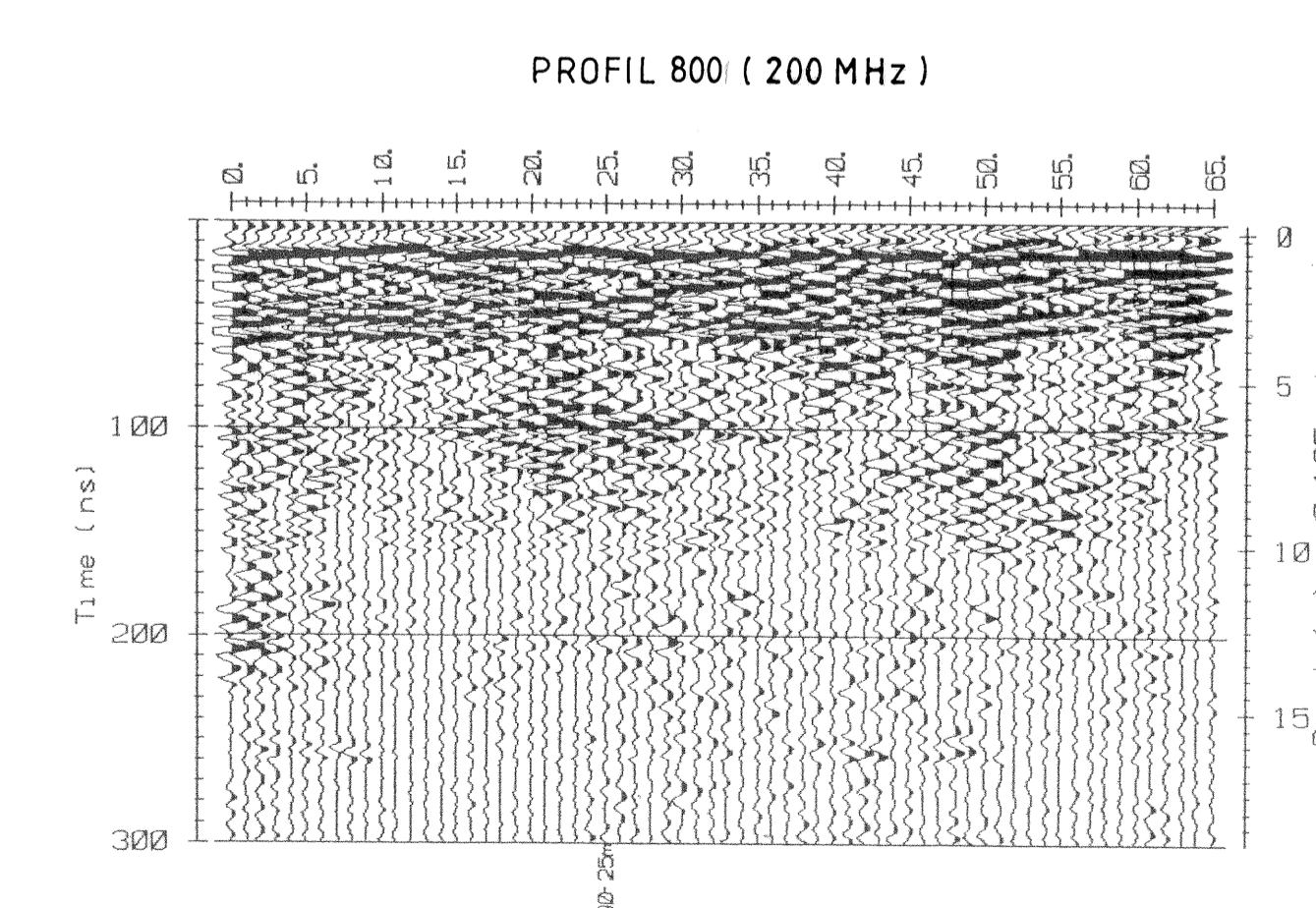
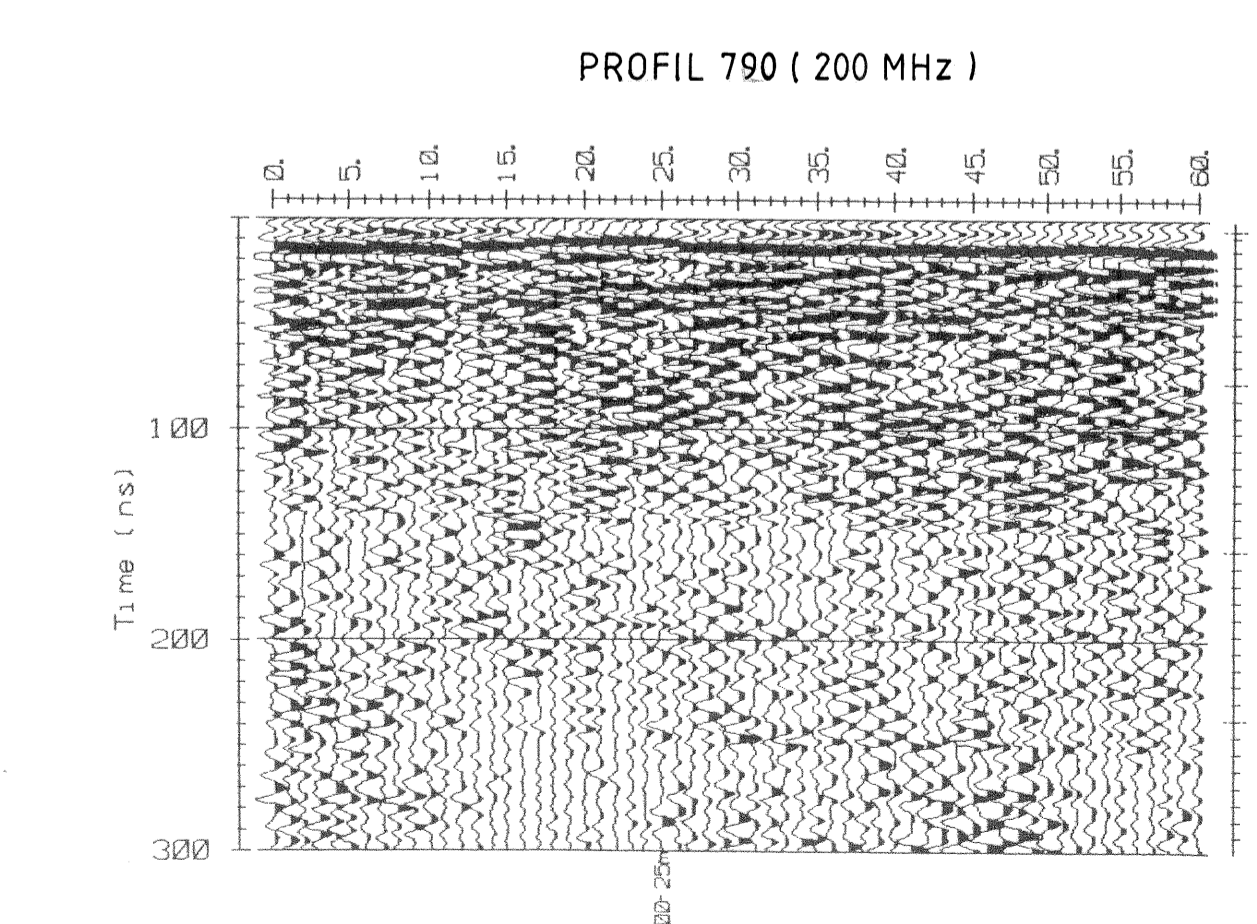
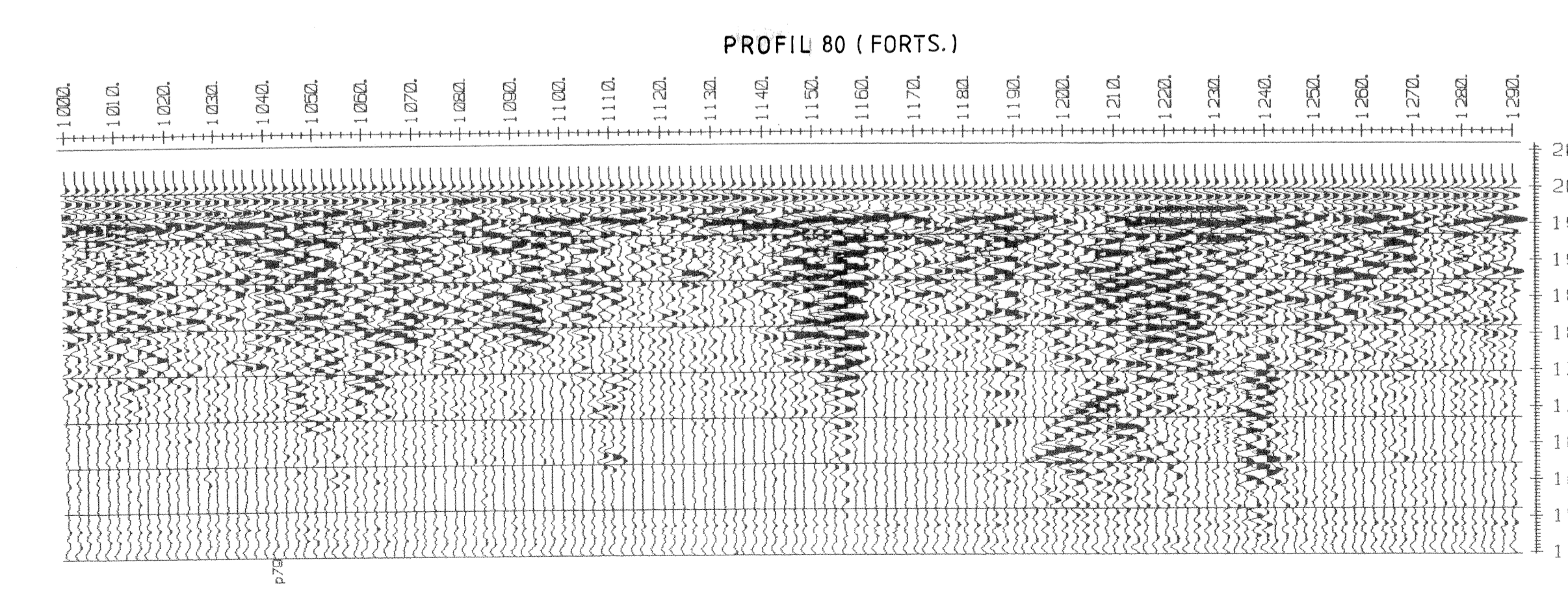
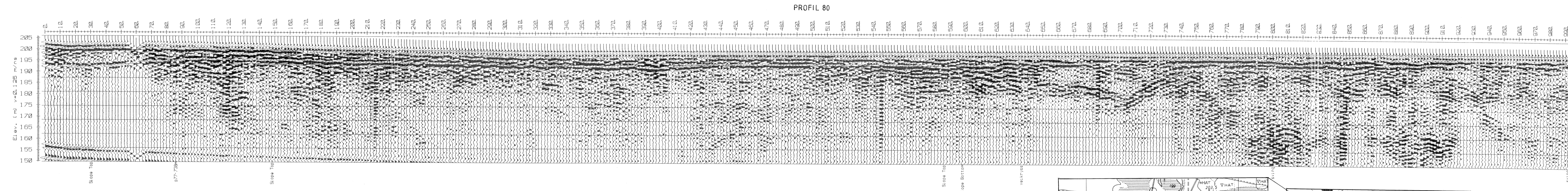
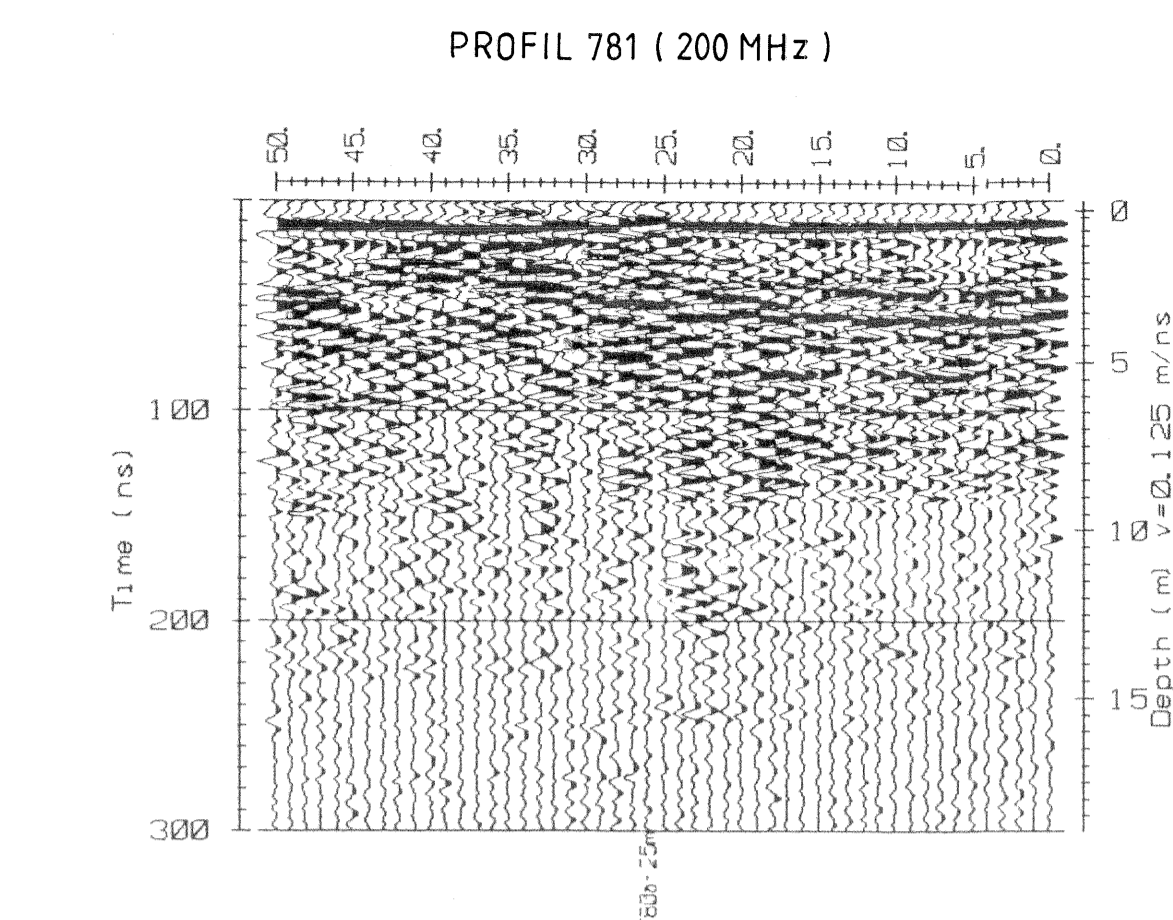
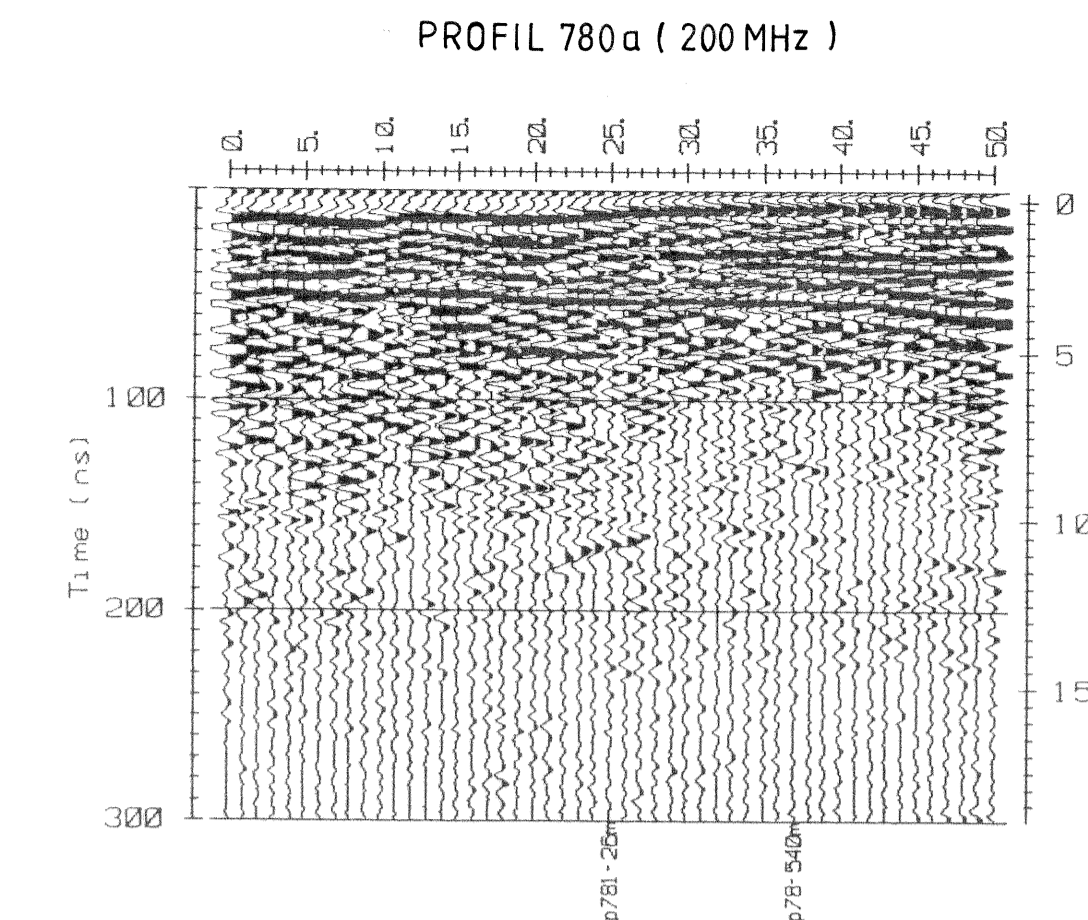
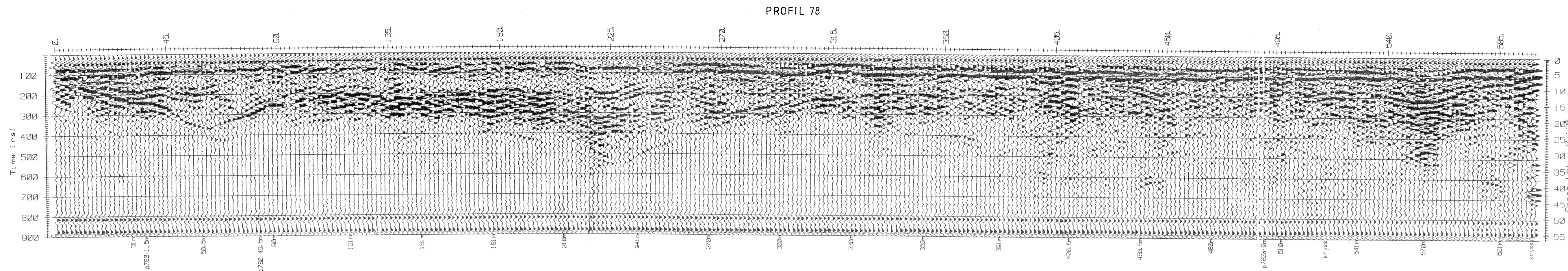


PROFIL 800 a (200 MHz)



NGU / FANEPROSJEKT GARDERMOEN		MÅLT T.L.	DKT.-92
GEORADARPROFIL P77, P770, P780, P770a, P800a		TEGN E.M.	FEB.-93
GARDERMOEN		TRAC	
NANNESTAD / ULLENSAKER, AKERSHUS		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		TEGNING NR.	KARTBLAD NR.
TRONDHEIM		93011-09	1915 II, III

MÅLESTOKK
KART:
1:20000
1:5000

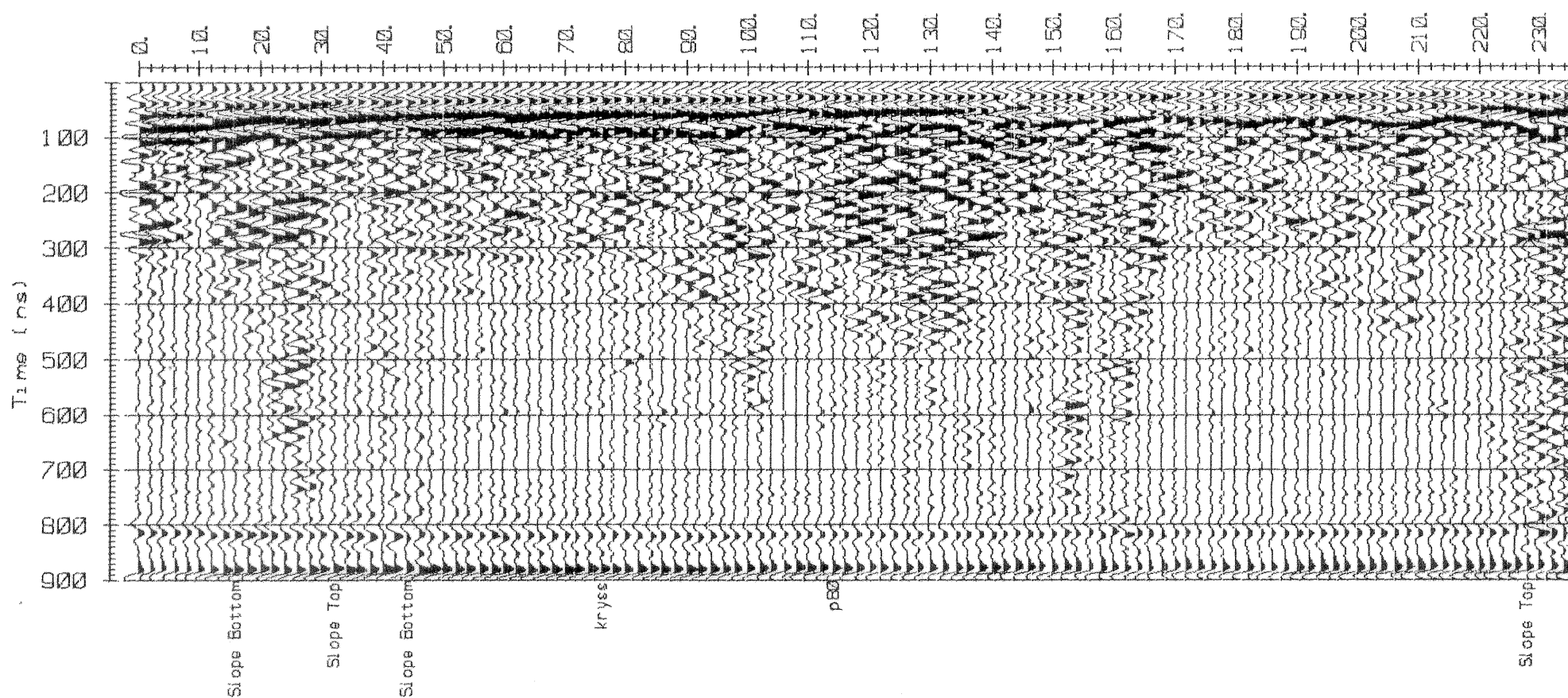


TEGNFORKLARING

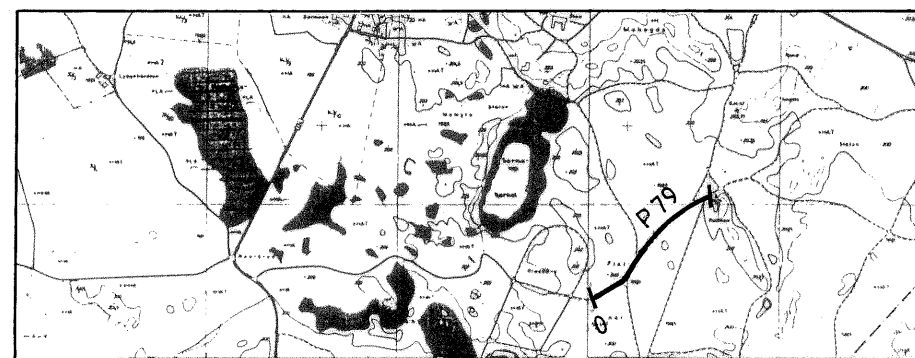
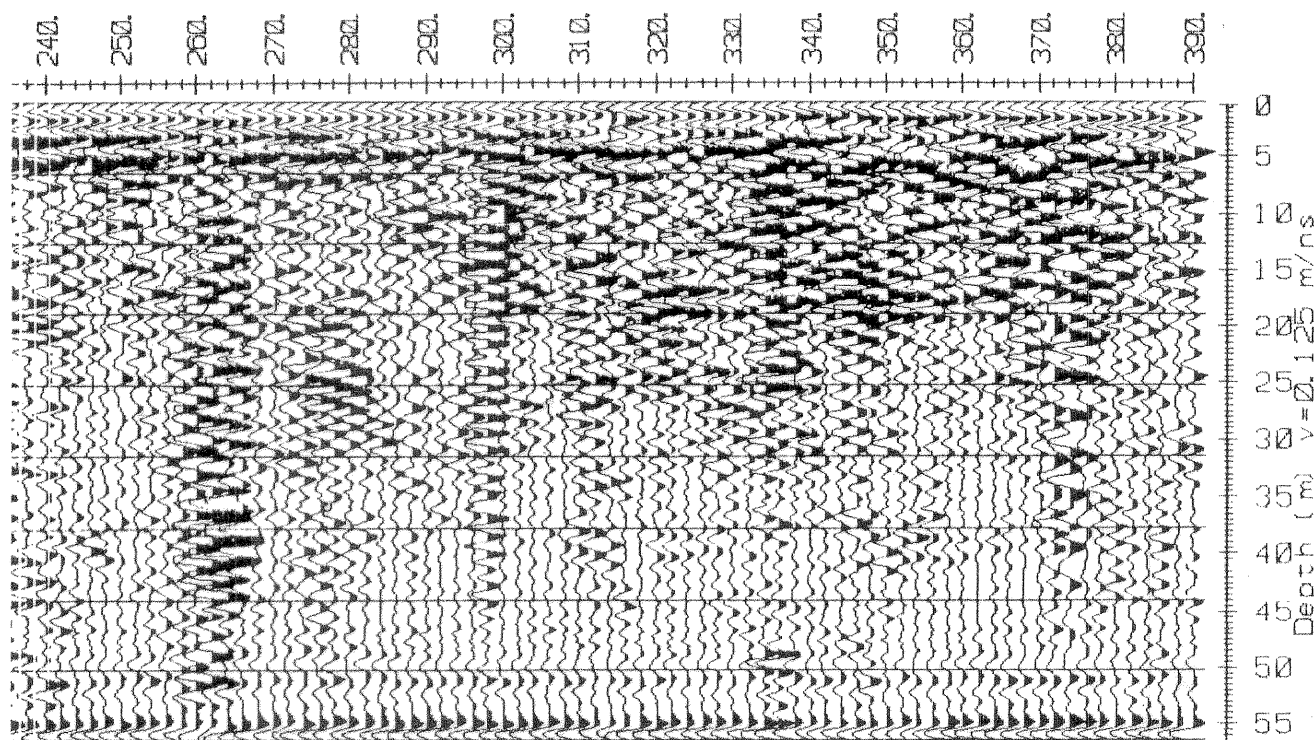
P78 GEORADARPROFIL MED STARTPOSISJON

NGU/FANEPROSJEKT GARDERMOEN		MÅLT T.L.	OKT.-92
GEORADARPROFIL P78, P780a, P781, P80, P790, P800		TEGN E.M.	FEB.-93
GARDERMOEN		TRAC	
NANNESAD/ULLENSAKER, AKERSHUS		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM		TEGNING NR	KARTBLAD NR
		93.011-10	1915 II, III

PROFIL 79



PROFIL 79 (FORTS.)



TEGNFORKLARING

P79 GEORADARPROFIL MED STARTPOSISJON

NGU/FANEPROSJEKT GARDERMOEN
 GEORADARPROFIL P 79
GARDERMOEN
 NANNESTAD/ULLENSAKER, AKERSHUS

MÅLESTOKK KART: 1:20 000	MÅLT T.L.	OKT. - 92
	TEGN E.M.	FEB. 93
	TRAC	
	KFR	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR.
 93.011 - 11

KARTBLAD NR.
 1915 II, III