


NGU Rapport 95.127

Georadar og refleksjonsseismiske målinger ved
Masjok og Fagernes i Tanadalen,
Tana kommune, Finnmark

Rapport nr.: 95.127		ISSN 0800-3416		Gradering: Åpen	
Tittel: Georadar og refleksjonsseismiske målinger ved Masjok og Fagernes i Tanadalen, Tana kommune, Finnmark					
Forfatter: Eirik Muring, Jan Steinar Rønning			Oppdragsgiver: NGU/UiTø		
Fylke: Finnmark			Kommune: Tana		
Kartblad (M=1:250.000) Vadsø			Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 2335 IV Tana, 2235 I Smalfjord		
Forekomstens navn og koordinater: Fagernes 35V 5506 78200			Sidetall: 19		Pris: 160,-
Feltarbeid utført: 1/7-4/7-1995		Rapportdato: 15/11-1995		Prosjektnr.: 61.2562.02	Ansvarlig: 
Sammendrag: <p>Georadar og refleksjonsseismiske målinger er utført ved Fagernes og Masjok i Tanadalen som en videreføring av målinger utført i 1994. Undersøkelsene er en del av et samarbeidsprosjekt mellom Universitetet i Tromsø og NGU som har som formål å konstruere en geologisk modell for nordnorske fjorddeltaer.</p> <p>Ved de refleksjonsseismiske målingene ved Fagernes var formålet å undersøke i mer detalj et område med mulig ras/utglidning i glasimarine avsetninger som var indikert ved et tidligere målt refleksjonsseismisk profil. De videre målinger har indikert at varierende signal/støy-forhold og frekvensinnhold kan gi et lateralt varierende bilde av reflektorer i de glasimarine avsetninger og at dette muligens kan forklare en tilsynelatende mangel på strukturer i deler av opptakene.</p> <p>Georadarmålingene ved Masjok har gitt et svært detaljert bilde av strukturer i elveavsetninger ned til 10-15 m dyp. Trauformete strukturer og erosjonsflater kan sees på de fleste opptak og vil trolig danne grunnlag for en detaljert innsikt i kronologiske og romlige forhold ved oppbygningen av de øvre deler av avsetningen. Tilstedeværelsen av en mud-diapir er indikert på et opptak.</p> <p>Koordinater (forts.): Masjok N 35V 5436 77974, Masjok S 35V 5437 77952</p>					
Emneord: Geofysikk		Georadar		Refleksjonsseismikk	
Deltaavsetning		Glasimarin avsetning			
				Fagrapport	

INNHOOLD

1 INNLEDNING.....	4
2 METODER OG UTFØRELSE.....	4
2.1 Refleksjonsseismikk	4
2.2 Georadar.....	5
3 PROSESSERING	6
3.1 Refleksjonsseismikk	6
3.2 Georadar.....	6
4 RESULTATER.....	7
4.1 Fagernes	7
4.2 Masjok	9
5 KONKLUSJON	11
6 REFERANSER.....	12

Tekstbilag

1. Refleksjonsseismikk - metodebeskrivelse
2. Georadar - metodebeskrivelse

Databilag

1. Hastighetsanalyser, refleksjonsseismikk
2. Hastighetsanalyser, georadar

Kartbilag

- 95.127-01: Oversiktskart, Fagernes
- 95.127-02: Oversiktskart, Masjok
- 95.127-03: Refleksjonsseismiske opptak, profil R8, R9 og R10, Fagernes
- 95.127-04: Georadaropptak, profil G1-G3, Masjok
- 95.127-05: Georadaropptak, profil G4-G6, Masjok
- 95.127-06: Georadaropptak, profil G7-G8, Masjok

1 INNLEDNING

Georadar og refleksjonsseismiske målinger er utført ved Fagernes og Masjok i Tanadalen som en videreføring av målinger utført i 1994 (Mauring & Rønning 1995). Undersøkelsene er en del av et samarbeidsprosjekt mellom Universitetet i Tromsø (UiTø) og NGU som har som formål å konstruere en geologisk modell for nordnorske fjorddeltaer. Det ble også utført geofysiske målinger i 1993 (Mauring & Rønning 1993). Målingene i 1995 ble utført i perioden 1/7-4/7 av Jan Steinar Rønning (NGU) og Geoff Corner (UiTø). Anne Jorun Rønning assisterte ved de refleksjonsseismiske målingene. Prosessering og framstilling av data er utført av Eirik Mauring (NGU).

2 METODER OG UTFØRELSE

2.1 Refleksjonsseismikk

‘Common depth-point’-teknikken (CDP) ble anvendt ved innsamling av de refleksjonsseismiske data ved Fagernes. Prinsippene for refleksjonsseismikk og CDP er beskrevet i tekstbilag 1. Det ble målt to profiler (R9 og R10) i nærheten av profil R8 som ble målt i 1994 (Mauring & Rønning 1995). Alle tre profiler er presentert og beskrevet i denne rapporten. For samtlige profiler ble det registrert på 12 kanaler (maksimalt 6-fold dekning). Som registreringsinstrument ble det benyttet en 24-kanals seismograf av typen Scintrex S-2 ‘Echo’. Det ble anvendt geofoner med 50 Hz egenfrekvens. Energiseringskilden var 12-kalibers haglskudd avfyrt fra en spesiallagd børs. Geofon- og skuddpunktavstand var 5 m. Avstand fra skuddpunkt til nærmeste geofon (offset) var 20 m. Total opptakstid var 400 ms med et samplingsintervall på 0,4 ms (Nyquistfrekvens på 1250 Hz). Datakvaliteten var god for de tre profilene. Opptakene er presentert i kartbilag -03. Tabell 1 viser en oversikt over profilenes lengde.

Tabell 1: Oversikt over profilengder, refleksjonsseismikk.

<u>Profil</u>	<u>Lengde (m)</u>
R8	320
R9	385
R10	445

2.2 Georadar

Det ble målt 8 profiler ved Masjok. Målingene ble utført nord (G1-G6) og sør (G7-G8) for området som ble undersøkt i 1994 (Mauring & Rønning 1995). En generell beskrivelse av georadarmålinger er vedlagt i tekstbilag 2. Det ble profilert ca. 2,1 km og foretatt én CMP-måling for bestemmelse av EM-pulsenes utbredeshastighet i løsmassene. NGU's georadar er av typen pulseEKKO IV (Sensors & Software Inc., Canada). Det ble benyttet et 50 MHz antennesystem med 1000 V sender. Opptakstid og samplingsintervall var hhv. 800 ns og 0,8 ns. Antenne- og flyttavstand var 1 m. Signalene ble 'stacket' (summert) 32 ganger ved hvert målepunkt. Tabell 2 gir en oversikt over profillengder og i hvilke kartbilag opptakene er presentert

Tabell 2. Oversikt over profillengder og kartbilagsnummer, georadar.

Profil	Lengde (m)	Kartbilag
G1	575	95.127-04
G2	273	95.127-04
G3	244	95.127-04
G4	209	95.127-05
G5	166	95.127-05
G6	255	95.127-05
G7	309	95.127-06
G8	72	95.127-06

Profillengder angitt i tabell 2 angir antall 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. Posisjoner som er angitt langs profiler i kartbilag refererer til posisjoner på georadaropptak og angir ikke reell lengde langs profilene. Posisjoner på opptakene for profil 7 og 8 refererer til et egendefinert koordinatsystem som er satt opp av Geoff Corner ved UiTø.

3 PROSESSERING

3.1 Refleksjonsseismikk

Ved prosessering av de refleksjonsseismiske data er programpakken Interpex/Seistrix-2 benyttet. Prosesseringstrinn og -parametre er vist i tabell 3.

Tabell 3. Oversikt over prosesseringstrinn og -parametre, refleksjonsseismikk.

Prosess\Profil	R8	R9	R9
EDIT	X	X	X
SORT	X	X	X
BP (Hz)	100-400	100-350	100-350
HA	X	X	X
NMO	Stretch 0,5	Stretch 0,5	Stretch 0,5
STACK	X	X	X
RES STAT	X	X	X
AGC	X	X	X

EDIT = editering av skudd og traser (fjerning av opptak/traser med mye støy)

SORT = CDP-sortering (samling av traser med felles midtpunkt)

BP = båndpassfiltrering

HA = hastighetsanalyse (se databilag 1 for en oversikt over hastighetsanalyser for hvert profil)

NMO = 'normal move-out'-korreksjon

STACK = CDP stacking ('straight stack, scalar =1,0')

RES STAT = residuell statistisk korreksjon (vindu = 10 ms, max skift = 4 ms)

AGC = utskrift med AGC ('automatic gain control')

Prinsippene for de forskjellige prosesseringstrinn er kort beskrevet i tekstbilag 1. Hastighetsanalysene viser stort sett to hastighetslag. En gjennomsnittlig hastighet på 1550 m/s er benyttet ved beregning av dybdeskala. Ved beskrivelse av opptakene er det allikevel skilt mellom hastigheter til grunne og dype laggrenser, slik at dybdeangivelsen her er riktigere enn den som er påført utskriften av opptakene.

3.2 Georadar

Det ble foretatt én CMP-måling for hastighetsanalyse (se databilag 2). Målingen er foretatt med senter i posisjon 25 langs profil 4. Hastighetsanalysen viser en gjennomsnittlig stackinghastighet på 0,06 m/ns. Den lave hastigheten skyldes at materialet er vannmettet, trolig helt opp mot overflaten. Profil 1 ble korrigert for drift som skyldes temperaturendringer i georadaren en periode etter oppstart. Profil 6 inneholder høyfrekvent støy som ble redusert noe etter

medianfiltrering med filterlengde lik 5. Medianfiltrering fjerner ekstremt lave og høye verdier i et datasett dersom disse opptrer tilfeldig. Ved utskrift av data ble det anvendt egendefinert forsterkning. Ved denne type forsterkning velges bestemte forsterkningsverdier ved flere tidspunkt, der utskriftsprogrammet interpolerer lineært verdiene mellom tidspunktene. Denne forsterkningen ble benyttet for å unngå for kraftig forsterkning av grunne hendelser. For profilene 1-5 og 7-8 ble det benyttet 5-punkts gjennomsnitt langs traser for å glatte ut høyfrekvent støy. Et 2-punkts gjennomsnitt ble benyttet for profil 6, fordi dette profilet allerede var medianfiltrert.

4 RESULTATER

Det knyttes kun korte kommentarer til de enkelte opptak. Fullstendig tolkning av opptakene overlates til oppdragsgiver Universitetet i Tromsø ved Geoff Corner og Karin Andreassen. En oversikt over de undersøkte områder i målestokk 1:50 000 er vist i kartbilag -01 og -02. Refleksjonsseismiske opptak er vist i kartbilag -03, og georadaropptakene er vist i kartbilag -04-06

4.1 Fagernes

I 1994 ble det målt et refleksjonsseismisk profil (R8) som muligens indikerte ras/utglidning (Mauring & Rønning 1995). For å få undersøkt dette området mer i detalj ble det målt to nye profiler i nærheten av R8. Profil 8 er beskrevet tidligere, men beskrives på nytt her (modifisert tolkning).

Profil 8 (R8)

Mellom posisjon 0 og 180 sees tre reflektorer mellom 100 og 125 ms (75-95 m dyp). Disse opptrer mest markant mellom posisjon 0 og 150. Sannsynligvis opptrer multipler av disse mellom 195 og 240 ns. Ved ca. posisjon 150 sees en reflektor på 85-90 ms (65-70 m dyp) som fortsetter ut profilet. Denne finner vi også i starten av profilet, men er langt mindre markant her. Multipler av reflektoren sees ved 165-180 ms og ved 240-260 ms mellom posisjon 160 og 320. Reflektorer på 85-110 ms representerer trolig overgangen mellom deltaavsetninger (øverst) og glasimarine avsetninger. Reflektorer i deltaavsetningen er horisontale/subhorisontale fordi profilet er målt på tvers av avsetningsretningen. I de antatte marine avsetningene sees tydelig en horisontal lagdeling fra posisjon 0 til posisjon 170 (dersom vi ser bort fra hendelser mellom 195 og 240 ms som trolig representerer multipler). Fra posisjon 170 og til enden av profilet er refleksjonsmønsteret kaotisk (hvis vi ser bort fra multiplene), noe som kan indikere at materialet her er omrørt (pga. ras/utglidning). En annen forklaring kan

være at overgangen fra deltaavsetninger til glasimarine avsetninger kan være representert ved en kraftigere reflektor mellom posisjon 150 og enden av profilet, slik at mindre energi fortsetter videre nedover i de glasimarine avsetninger. Dette vil gi dårligere signal/støy-forhold og en forskyvning mot lavere frekvenser tilsvarende det en ser etter 85-90 ms i dette området. Det at reflektoren er kraftigere mellom posisjon 150 og enden av profilet er også indikert ved at multiplene fra overgangen mellom deltaavsetninger og glasimarine avsetninger er kraftigere i dette området. Fjell sees som en markant reflektor mellom 300 og 330 ms (235-260 m dyp) med størst dyp ved posisjon 200.

Profil 9 (R9)

Profilet er målt ca. 150 m nord for profil 8. Antatt grense mellom deltaavsetninger og glasimarine avsetninger er her representert ved en gjennomgående reflektor på 105 ms (ca. 80 m dyp) ved posisjon 0 som skrå oppover til 85 ms (ca. 65 m dyp) ved posisjon 100. Reflektoren opptrer i dette nivå til enden av profilet. En tydelig multipl av denne sees mellom posisjon 70 og 385 i nivå 195-170 ms). Deltaavsetningen er karakterisert ved horisontale/subhorisontale, kraftige reflektorer som varierer i amplitude og lateral utholdenhet. I de antatt glasimarine avsetninger sees horisontale reflektorer (f.eks. ved 125 ms, 240 ms og 285 ms) fra posisjon 0 til posisjon 100. Fra posisjon 100 blir disse reflektorene diffuse. Mellom posisjon 100 og enden av profilet (posisjon 385) sees flere steder horisontale reflektorer i de glasimarine avsetninger, men disse er mindre utholdende enn reflektorene mellom posisjon 0 og 100. Området mellom posisjon 0 og 100 kan trolig korreleres med området 0-150 i profil 8. Fjell sees som en markant reflektor ved 320 ms (ca. 245 m dyp) ved posisjon 175. Fra posisjon 275 heller fjelloverflaten bratt oppover til 260 ms (ca. 200 m dyp) ved enden av profilet (posisjon 385).

Profil 10 (R10)

Profilet er målt langs deltaets avsetningsretning. Overgangen mellom deltaavsetninger og antatt glasimarine avsetninger er representert ved en reflektor på ca. 90 ms (ca. 70 m dyp). Fram til posisjon 360 der den går opp til ca. 85 ms (ca. 65 m dyp). Multipler av denne sees mellom 160 og 175 ms (posisjon 0-375) og stedvis mellom 245 og 265 ms (posisjon 0-340). Mellom 0 og 90 ms sees skrå reflektorer som representerer skrålagning i deltaavsetningen. Dersom en ser bort fra multiplene ses kun sporadisk horisontale/subhorisontale reflektorer etter 100 ms. Disse sees mest tydelig mellom posisjon 360 og enden av profilet (posisjon 445). Fjell sees tydelig som en markant reflektor gjennom hele profilet i nivå 270-325 ms (210-255 m dyp).

Samtolking av de refleksjonsseismiske profilene

Samtlige opptak viser overgangen mellom deltaavsetninger og glasimarine avsetninger som distinkte reflektorer. Disse er svært kraftige og gir multipler. Opptakene viser at reflektorer i de glasimarine avsetninger er minst distinkte og signal/støy-forholdet lavest i de områder der de kraftigste multipler opptrer, dvs. der det er stor forskjell i akustisk impedans i overgangen deltaavsetninger/glasimarine avsetninger. I disse områdene er det kun en mindre andel energi

som fortsetter videre nedover jorda og frekvensinnholdet forskyves mot lavere frekvenser. Dette kan være en årsak til at lagdelingen i de glasimarine avsetninger blir mer diffus og tilsynelatende forsvinner i et område med markerte multipler. Det er derfor mer uklart om manglende gjennomgang av reflektorer skyldes omrørt materiale pga. ras/utglidning. I kartbilag -03 er det angitt en stiplet linje. Denne viser grensen mellom to områder der svake multipler fra overgangen deltaavsetninger/glasimarine avsetninger opptrer sørøst for linjen og sterke multipler opptrer nordvest for linjen.

4.2 Masjok

Georadarmålingene som er utført ved Masjok, er en utvidelse av målinger fra 1994 (Mauring & Rønning 1995). Profil 1-6 er målt nord for området som tidligere er undersøkt, og profil 7-8 er målt sør for dette området.

Profil 1 (G1)

Opptaket er vist i kartbilag -04. Refleksjonsmønsteret er lagdelt bølget eller parallelt. Dette indikerer ofte lagdelt sand/silt (i følge Beres & Haeni 1991). Flere steder sees trauformete strukturer som kan representere gamle elveløp. Reflektiviteten er svært variabel. Mellom posisjon 50 og 170 sees skrå reflektorer med kraftig reflektivitet som kan indikere rask veksling i kornstørrelse. De skrå reflektorene opptrer diskordant på en reflektor på 3-5 m dyp som trolig representerer en erosjonsflate. Multipler av to trauformete strukturer sees mellom posisjon 405 og 445 og mellom posisjon 505 og 545 (henholdsvis nivå 270-400 ns og 250-330 ns). Høyfrekvent støy opptrer mot enden av profilet. Opptaket gir et inntrykk av at Tanaelva har skiftet retning og løp flere ganger slik at gamle avsetningsstrukturer har blitt kuttet.

Profil 2 (G2)

Opptaket som er vist i kartbilag -04, viser et lagdelt bølget eller hauget refleksjonsmønster som indikerer at avsetningene er dominert av sand. Trauformete reflektorer sees flere steder (f.eks. mellom posisjon 0 og 30 og mellom posisjon 135 og 155). En kraftig reflektor representerer nedre grense for penetrasjonsdypet (4-7 m) og representerer muligens overflaten av godt elektrisk ledende materiale (silt/leir).

Profil 3 (G3)

Opptaket er vist i kartbilag -04. Penetrasjonsmønsteret er lagdelt og bølget med flere trauformete strukturer som trolig representerer gjenfylte elvekanaler. Den største og mest iøynefallende traustrukturen opptrer mellom posisjon 100 og 190. Dyp til bunnen av strukturen er 10-12 m. Hendelse mellom posisjon 150 og 175 i nivå 450-390 ns er trolig en multippel. En utholdende reflektor sees fra posisjon 0 (7 m dyp) til posisjon 135 (11 m dyp) og kan muligens

representere overflaten av elektrisk ledende avsetninger (silt/leir). En mulig fortsettelse av reflektoren sees på 5-6 m dyp mellom posisjon 205 og enden av profilet (posisjon 244).

Profil 4 (G4)

Opptaket i kartbilag -05 har stort sett et lagdelt og bølget refleksjonsmønster. Mønsteret er lagdelt og parallelt mellom posisjon 0 og 50 på 8-12 m dyp og kan her indikere mer finkornige avsetninger (tynne lag eller laminasjoner av finsand/silt). Opptaket viser trauformete strukturer og flere diskordanser som kan indikere erosjon etter som elva har skiftet løp og retning.

Profil 5 (G5)

Opptaket viser et lagdelt, parallelt og bølget refleksjonsmønster (se kartbilag -05). Flere reflektorer er gjennomgående, der den mest markante opptrer på 7-12,5 m dyp og utgjør nedre grense for penetrasjonsdypet. Mellom denne reflektoren og en refleksor på 3-7 m dyp indikeres homogene avsetninger ved svak reflektivitet. Mindre og grunnere trauformete strukturer sees mellom posisjon 0 og 35 og mellom posisjon 45 og 80 (2-5 m dyp).

Profil 6 (G6)

Opptaket i kartbilag -05 gir grunnlag for en tredelt beskrivelse. En gjennomgående refleksor sees på ca. 2 m dyp og representerer bunnen av nyere elveavsetninger. Mellom posisjon 0 og 90 er refleksjonsmønsteret stort sett lagdelt parallelt og bølget. Den dypeste reflektoren opptrer på 12-14 m dyp og representerer muligens overflaten av godt elektrisk ledende avsetninger (silt/leir). Fra posisjon 90 bøyer reflektorene oppover og stopper tilsynelatende mot et radar-opakt område mellom posisjon 118 og 145. Det er her trolig godt elektrisk ledende avsetninger som kan være presset opp av de ovenforliggende fastere avsetninger. Strukturen er svært lik det en ser ved saltsokk-intrusjoner i sedimenter i Nordsjøen. En mulig tolkning er at det her dreier seg om en mud-diapir. Fra posisjon 150 er refleksjonsmønsteret lagdelt og havgget eller skrått med kraftig reflektivitet. Dette kan indikere grovere avsetninger enn det en har sør for den opake strukturen, med stadig vekslende kornstørrelser mot dypet. Den høyfrekvente støyen fra posisjon 235 til enden av profilet ble forsøkt fjernet eller redusert ved medianfiltrering, men uten større hell. Støyen skyldes strømsvikt ved målingene.

Profil 7 (G7)

Opptaket er vist i kartbilag -06. Homogene og finkornige (finsand/silt) avsetninger er indikert fra 1 til 4 m dyp mellom posisjon 3200 og 2890 ved svak reflektivitet og et lagdelt parallelt refleksjonsmønster. Den dypeste reflektoren i dette området kan sees ved ca. 14 m dyp mellom posisjon 3200 og 3150. En markant refleksor på ca. 6,5 m dyp ved posisjon 3200 kan følges til posisjon 3020 der den går mot dypet og kan følges til ca. 11 m dyp ved posisjon 3000. Fra posisjon 2990 og til enden av profilet (posisjon 2870) er refleksjonsmønsteret lagdelt havgget med kraftig reflektivitet og representerer grovere elveavsetninger (trolig vesentlig finsand/sand).

Profil 8 (G8)

Profilen er målt ca. 4,5 m over elvenivå, og 3-4 m vest for profil 7. Profilen overlapper profil 7 i området 2905-2870. Opptaket er vist i kartbilag -06. Øverst i opptaket er reflektiviteten kraftig ned til en horisontal reflektor på ca. 80 ns. Dersom en hastighet på 0,12 m/ns benyttes ned til denne reflektoren (tørre avsetninger), er dybden til denne ca. 5 m, og reflektoren representerer trolig grunnvannsspeil. Under denne reflektoren er refleksjonsmønsteret for en stor del kaotisk, med unntak av en gjennomgående reflektor på 7-9,5 m dyp.

5 KONKLUSJON

Det er utført refleksjonsseismiske målinger ved Fagernes og georadarmålinger ved Masjok i Tanadalen, Finnmark. Målingene ble utført som en utvidelse av tidligere målinger i de samme områder (Mauring & Rønning 1995). Hovedformålet med arbeidet er å få en oversikt over Tana-deltaets geometri og indre strukturer.

Ved de refleksjonsseismiske målingene ved Fagernes var formålet å undersøke mer i detalj et område med mulig ras/utglidning i glasimarine avsetninger som var indikert ved et tidligere målt refleksjonsseismisk profil. De videre målinger har indikert at varierende signal/støyforhold og frekvensinnhold kan gi et lateralt varierende bilde av reflektorer i de glasimarine avsetninger og at dette antakelig kan forklare en tilsynelatende mangel på strukturer i deler av opptakene.

Georadarmålingene ved Masjok har gitt et svært detaljert bilde av strukturer i elveavsetninger ned til 10-15 m dyp. Trauformete strukturer og erosjonsflater kan sees på de fleste opptak og vil trolig danne grunnlag for en detaljert innsikt i kronologiske og romlige forhold ved oppbygningen av de øvre deler av avsetningen. Tilstedeværelsen av en mud-diapir er indikert på et opptak.

6 REFERANSER

Beres, M.Jr. & Haeni, F.P. 1991: Application of ground-penetrating-radar methods in hydrogeologic studies. *Ground water* 29, 375-386.

Mauring, E. & Rønning, J.S. 1993: Geofysiske undersøkelser i Tanadalen, Tana kommune, Finnmark. *NGU Rapport* 93.122.

Mauring, E. & Rønning, J.S. 1995: Georadar og refleksjonsseismiske målinger i Tanadalen, Tana kommune, Finnmark. *NGU Rapport* 95.007.

REFLEKSJONSSEISMIKK - METODEBESKRIVELSE

Refleksjonsseismikk anvendt på løsmasser er tilpasning og modifisering av konvensjonelle refleksjonsseismiske teknikker. I mange tilfeller kan refleksjonsseismikk være et alternativ til refraksjonsseismikk ved undersøkelse av løsmassestratigrafi og fjelltopografi under løsmasser.

Oppløsning/dybderekkevidde

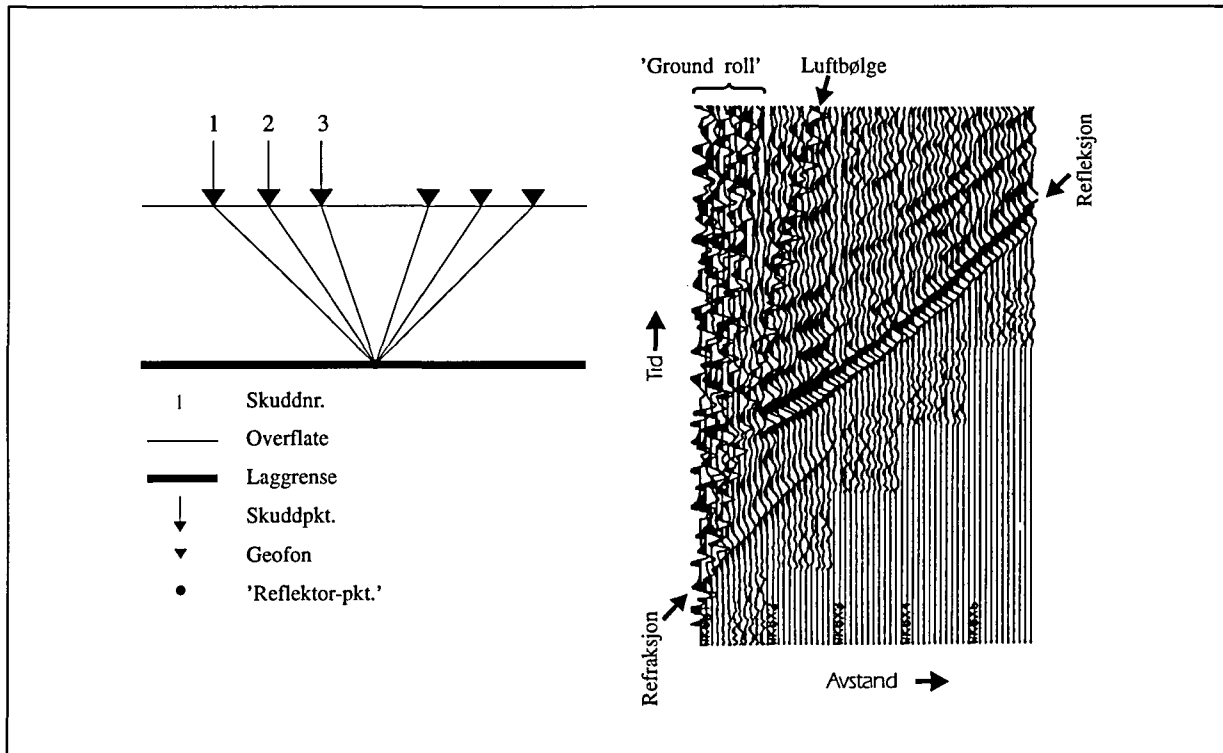
I løpet av de siste årene har det skjedd en utvikling av digitalt refleksjonsseismisk utstyr i retning av høyere oppløsning og mindre tidkrevende prosessering. Oppløsningen er proporsjonal med registrerte signalers frekvensinnhold og seismisk hastighet. Man anvender derfor energiseringskilder som gir høyfrekvent energi. Et eksempel på en slik kilde er haglpatroner avfyrt fra en spesiallagd bølge. Ytterligere framheving av høye frekvenser oppnås ved anvendelse av geofoner med høy egenfrekvens (50 eller 100 Hz), samt analog og digital frekvensfiltrering. En utvikling av seismografer i retning av økende dynamikkområde bidrar også til høyere oppløsning. Reflektorer kan under 'gunstige forhold' (se under) kartlegges på dyp i området 10 - flere hundre meter ved denne metoden. Ved en frekvens på 300 Hz og seismisk hastighet på 2000 m/s, kan man teoretisk sett skille lag med en mektighet større enn 2 m.

Anvendelse/Fordeler og ulemper

Anvendelsen av refleksjonsseismikk avhenger av god forplantning av høyfrekvent energi. Metoden egner seg derfor best der man ved overflaten har finkornige, vannmettede løsmasser. Dette gir best 'kobling' med bakken for skudd og geofoner. Metoden gir dårlige resultater ved grovkornige, tørre masser og over fyllinger og myr. Ved slike grunnforhold bør refraksjonsseismikk benyttes. I forhold til refraksjonsseismikk gir refleksjonsseismikk en mer direkte og detaljert avtegning av lag i jorda, og man har ikke de samme problemer med blindsonelag og hastighetsinversjon. Metoden gir derimot dårligere informasjon om lagenes seismiske hastigheter og tykkelser. Ønskes informasjon om lag grunnere enn 10 m, benyttes refraksjonsseismikk.

'Common depth point (CDP)'

Ved NGU har man tilpasset programvare og utrustning til en måleteknikk kalt 'common depth point'. Teknikken er skissert i figuren på neste side. Det velges en fast avstand mellom skudd og geofonrekke. Avstanden bør være så stor at overflatebølger (Rayleigh-bølger) og luftbølger, som alle betraktes som støy, ankommer geofonene etter signal fra den dypeste laggrense man vil kartlegge (se figur på neste side). Det registreres på 12 kanaler, som gir 6-fold dekning av hvert 'reflektorpunkt'. Et CDP-opptak oppnås ved at første skudd registreres på geofonene 1-12. Deretter flyttes skuddpunktet fram en avstand som tilsvarende geofonavstanden, og man registrerer på geofonene 2-13. Man 'skyver' altså geofonrekka framover i profilretningen. Som vi ser av figuren, oppnås en 6-fold dekning av hvert reflektorpunkt fra og med det sjette skuddet. Data fra hvert skudd blir lagret for seinere prosessering. En bemanning på 3 personer har vist seg å være optimal ved utførelsen av CDP-målinger. Når man benytter teknikken CDP, kan man under 'normale' forhold profilere 300-400 m pr. dag.



Figuren til venstre viser et opplegg for målinger ved 'common depth point'-teknikken. Figuren til høyre viser et utvalg av seismiske hendelser som er vanlige i et opptak.

Prosessering

Prosessering av CDP-data er meget tidkrevende, og krever en rask PD med stor lagringskapasitet. De viktigste prosesseringstrinn skal her skisseres;

- 1) Oppbygging av geometrifiler. Her leses inn navn på råopptaksfiler med tilhørende skuddpkt.-plassering. En kan her avgjøre om et opptak skal utelates ved CDP-sorteringen. Data for beregning av statisk korreksjon kan også leses inn (statisk korreksjon utføres for å fjerne effekten av ujevn topografi og variasjoner i hastighet i det øverste laget). Data om selve oppdraget/profilen leses inn og lagres i en parameterfil.
- 2) Editering av råopptak. Man ser på hvert opptak for å fjerne eventuelle traser (eng.: trace) med dårlig oppløsning eller dårlig signal/støy-forhold. Disse trasene vil da ikke benyttes ved stacking (se under) av data.
- 3) Bestemmelse av filterparametre. Prosesseringsprogrammene som benyttes kan utføre båndpassfiltrering, F-K-filtrering og dekonvolvering ved sortering eller stacking. Det er oftest vanlig (og nødvendig) å utføre båndpassfiltrering. Ved båndpassfiltrering konstrueres et filter slik at man fjerner de frekvenser som ligger utenfor frekvensområdet for refleksjoner, og/eller de frekvenser som er representert i støy. F-K-filtrering og dekonvolvering brukes bare unntaksvis ved prosesseringen, og omtales ikke nærmere.
- 4) Sortering av CDP-data. Ved sorteringen plukker man ut traser med felles midtpunkt og grupperer disse ('CDP gathers'). Filtrering kan utføres under sorteringen.
- 5) Hastighetsanalyse. Gjennomsnittlig seismisk hastighet ned til reflektorer bestemmes for enkelte 'CDP gathers'. Disse hastighetene benyttes ved NMO ('Normal Moveout') før stacking (se under). Hastighetsanalyse kan utføres på 3 forskjellige måter, der den vanligste er tilpasning av en hyperbel over tydelige refleksjoner som framtrer i en 'CDP-gather'.

- 6) Muting. Utføres på 'CDP gathers' for å fjerne støy innenfor et tidsvindu som defineres av bruker. Vanlig støy kan være luftbølger fra skuddet, Rayleigh-bølger eller refraksjoner.
- 7) Stacking. Data for hver 'CDP gather' slås sammen etter at NMO-korreksjon er utført. Filtrering (båndpass, F-K eller dekonvolvering) kan utføres før eller etter stacking.
- 8) 'Residual statics'. Fjerner resterende effekt av ujevn topografi og variasjoner i hastighet i det øverste laget (se pkt. 1). Prosedyren er basert på at en gjennomgående, kraftig reflektor opptrer i den seismiske tidsseksjonen. Ved å legge en linje langs denne reflektoren, vil programmet gå inn på hver 'CDP gather' og justere trasene i tid slik at stackingen langs reflektoren/linjen blir optimal. Deretter må en på nytt utføre hastighetsanalyse og stacking. 'Residual statics' utgjør ofte siste trinn i prosesseringen.

Plotting

Ved plotting av seismisk seksjon benyttes AGC ('automatic gain control') for å normalisere amplituder og for å framheve svake reflektorer. Grafisk framstilles amplitudeutslag v.hj.a. en kombinasjon av 'wiggle trace' og 'variable area' (som i figuren). Plottet kan skrives ut i bestemte filformat eller sendes direkte til skriver eller plotter. I tillegg til seismisk seksjon blir detaljer om oppdrag, opptaksparametre og prosessering skrevet ut.

Tolkning

Tolkning av ferdig prosessert seismisk seksjon baserer seg på gjenkjenning og sammenknytning av refleksjoner. Sammenholdt med opplysninger om seismiske hastigheter avledes en geologisk modell, der man også trekker inn resultater fra eventuelle andre undersøkelser.

P-BØLGEHASTIGHET I NOEN MATERIALTYPER

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

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 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 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>	ϵ_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.

HASTIGHETSANALYSER, REFLEKSJONSSEISMIKK

Profil R8

<u>Posisjon (m)</u>	<u>Hastighet (m/s)</u>	<u>T₀ (ms)</u>	<u>Hastighet (m/s)</u>	<u>T₀ (ms)</u>
27,5	1450	103	1480	299
52,5	1550	100	1550	294
77,5	1590	99	1640	311
102,5	1550	100	1650	312

$V_{99-103} = 1540 \text{ m/s}$

$V_{294-312} = 1580 \text{ m/s}$

Profil R9

<u>Posisjon (m)</u>	<u>Hastighet (m/s)</u>	<u>T₀ (ms)</u>	<u>Hastighet (m/s)</u>	<u>T₀ (ms)</u>
32,5	1500	109	1600	323
82,5	1555	96	1500	317
182,5	1525	91	1600	328
282,5	1550	87	1550	321
332,5	1550	84	1525	292

$V_{84-109} = 1540 \text{ m/s}$

$V_{292-328} = 1560 \text{ m/s}$

Profil R10

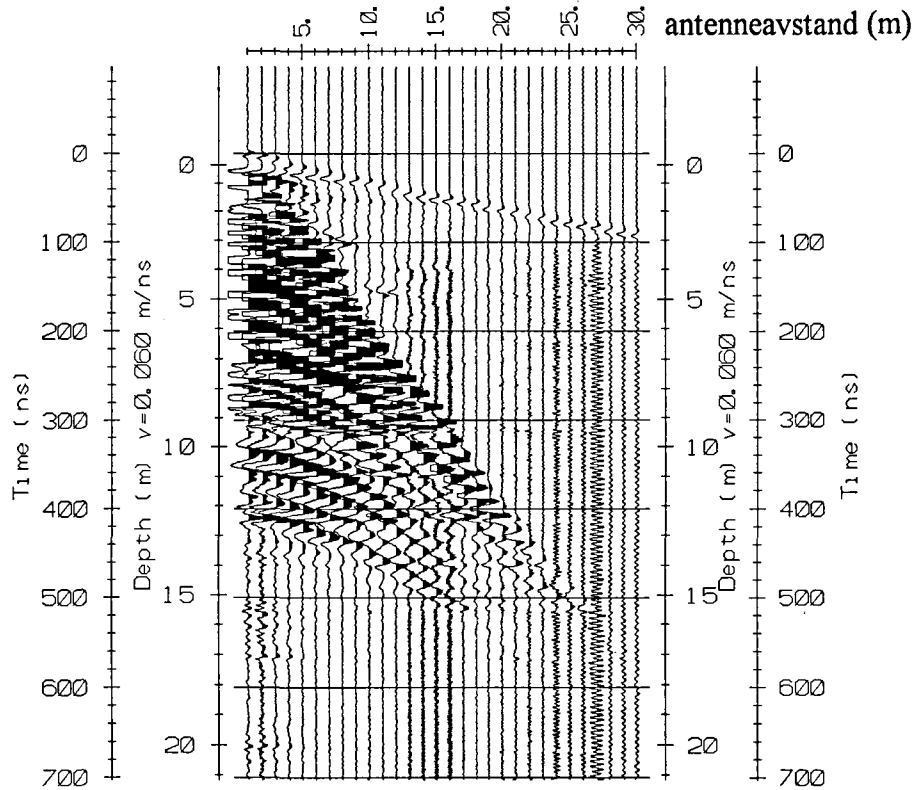
<u>Posisjon (m)</u>	<u>Hastighet (m/s)</u>	<u>T₀ (ms)</u>	<u>Hastighet (m/s)</u>	<u>T₀ (ms)</u>
82,5	1550	86	1550	295
182,5	1500	86	1600	325
257,5	1550	81	1650	326
307,5	1550	90	1450	343
332,5	1550	86	1450	345
357,5	1580	86	1650	330

$V_{81-90} = 1550 \text{ m/s}$

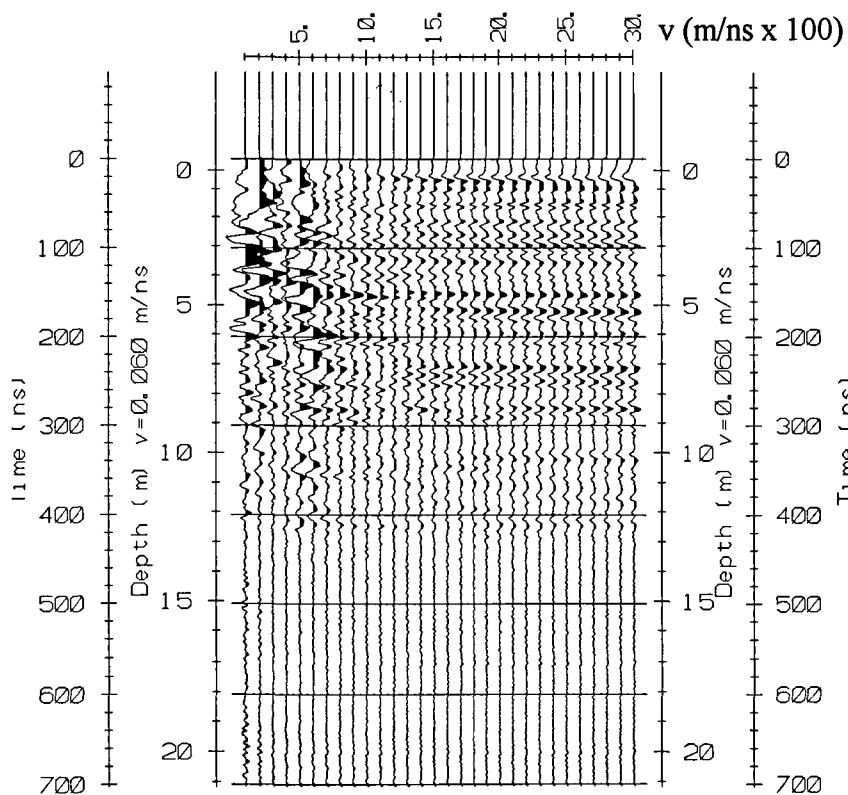
$V_{295-345} = 1560 \text{ m/s}$

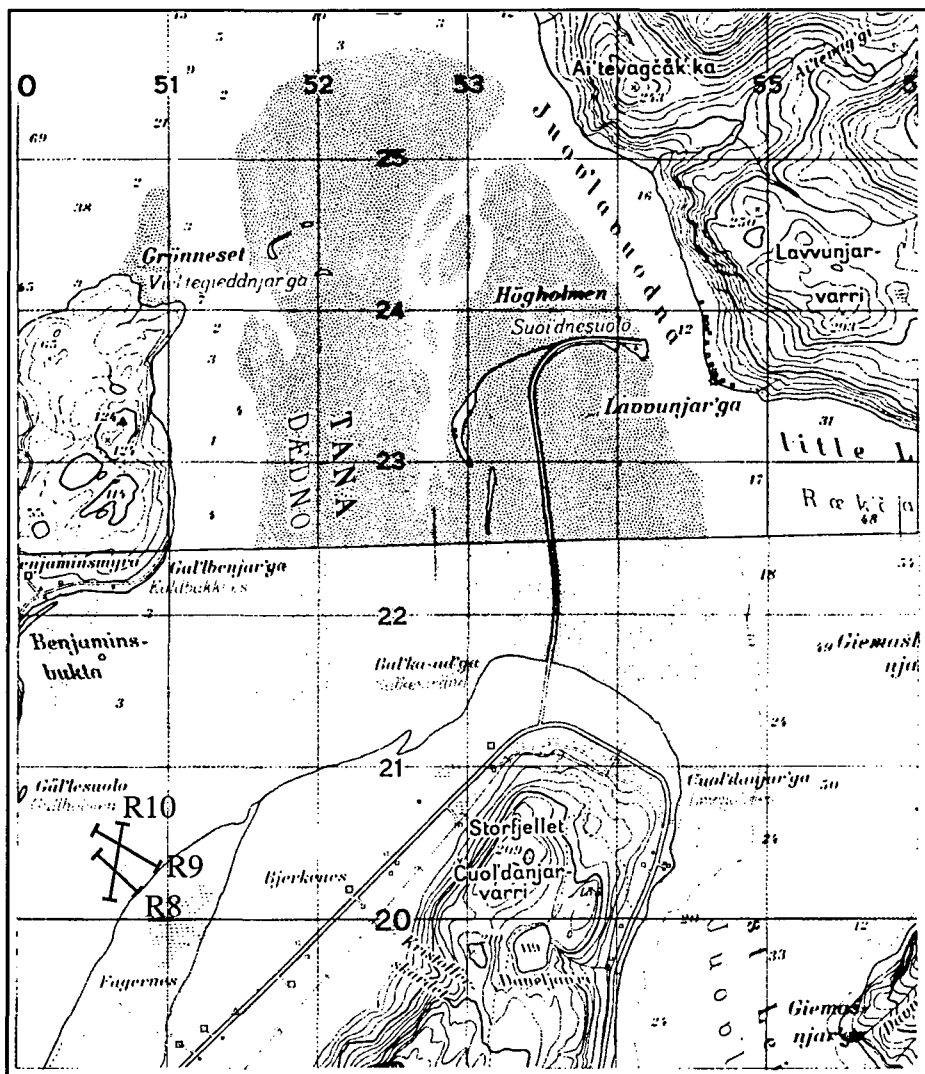
CMP-måling, Masjok G4-25

CMP-opptak



Hastighetsanalyse





↖ R9 Refleksjonsseismisk profil

NGU/UiTø
 OVERSIKTSKART
FAGERNES

TANA KOMMUNE, FINNMARK

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1:50 000

MÅLT JSR

TEGN EM

TRAC

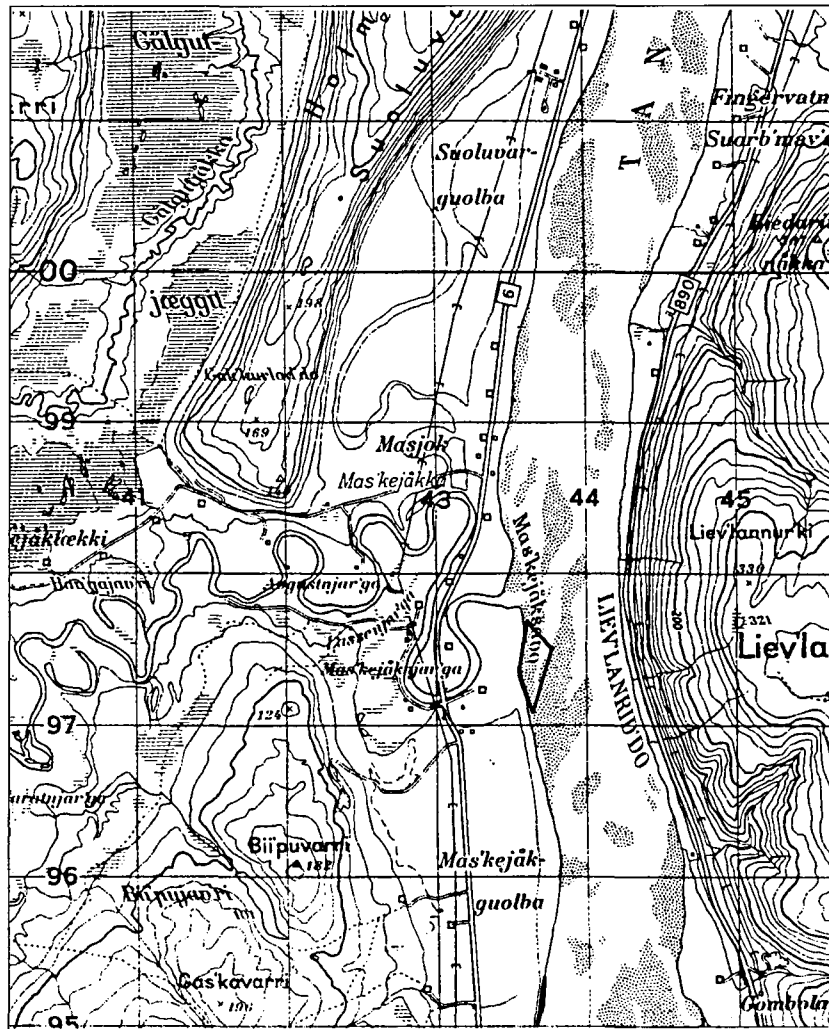
KFR

Juli -95

Nov. -95

TEGNING NR
 95.127-01

KARTBLAD NR
 2335 IV, 2336 III



Områder for georadarmålinger

NGU/UiTø
OVERSIKTSKART

MASJOK

TANA KOMMUNE, FINNMARK

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1:50 000

MÅLT JSR

TEGN EM

TRAC

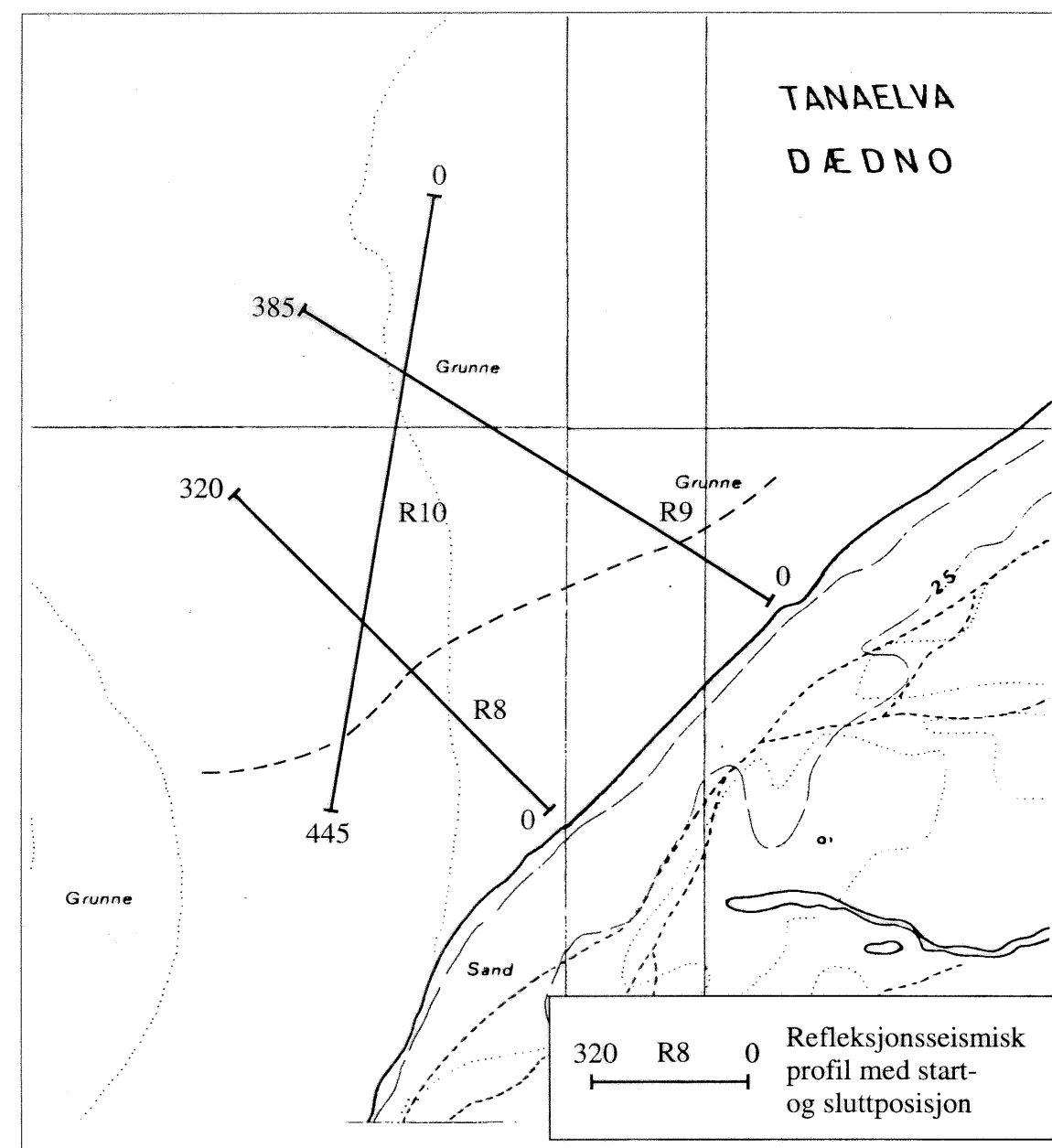
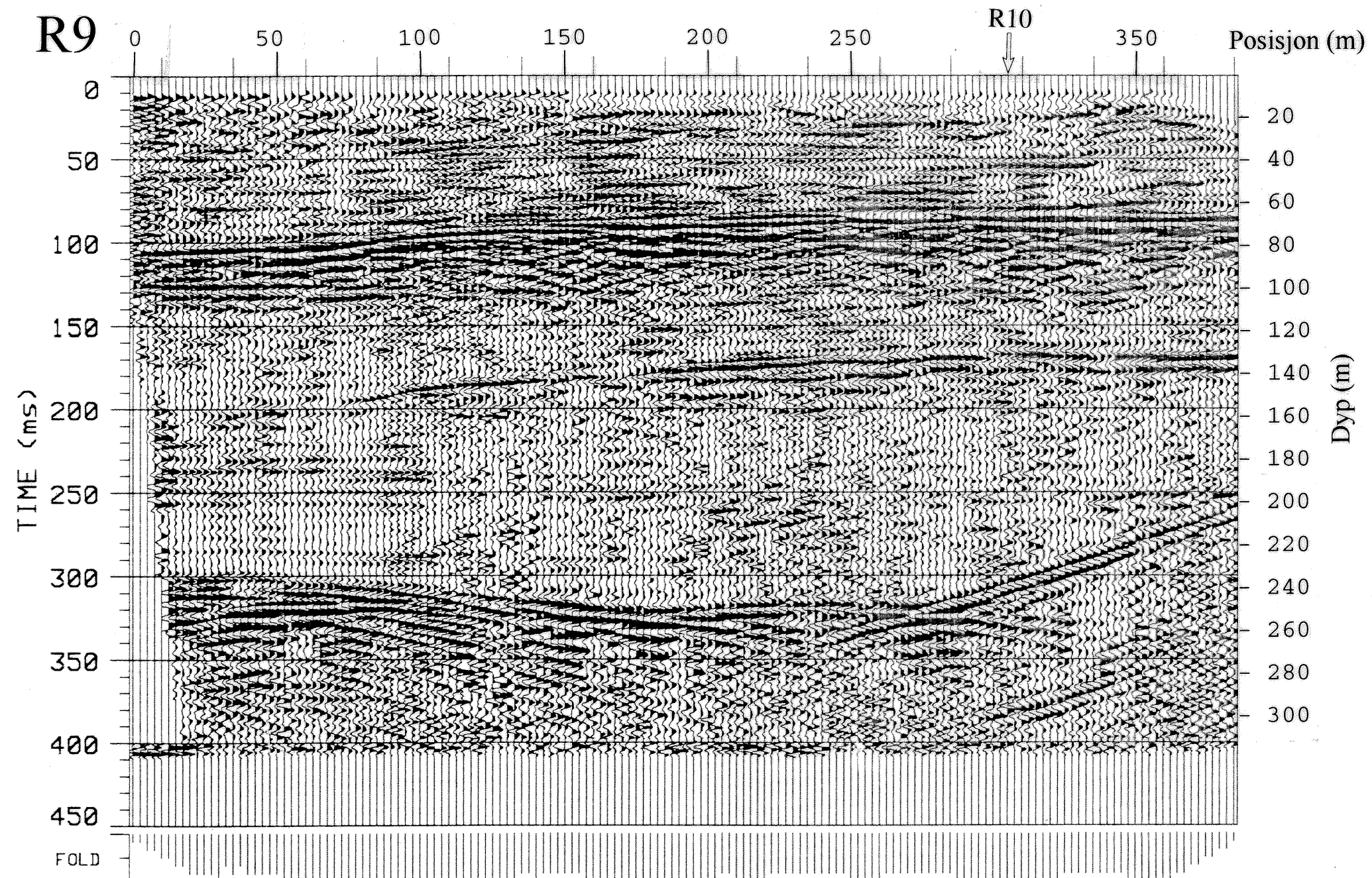
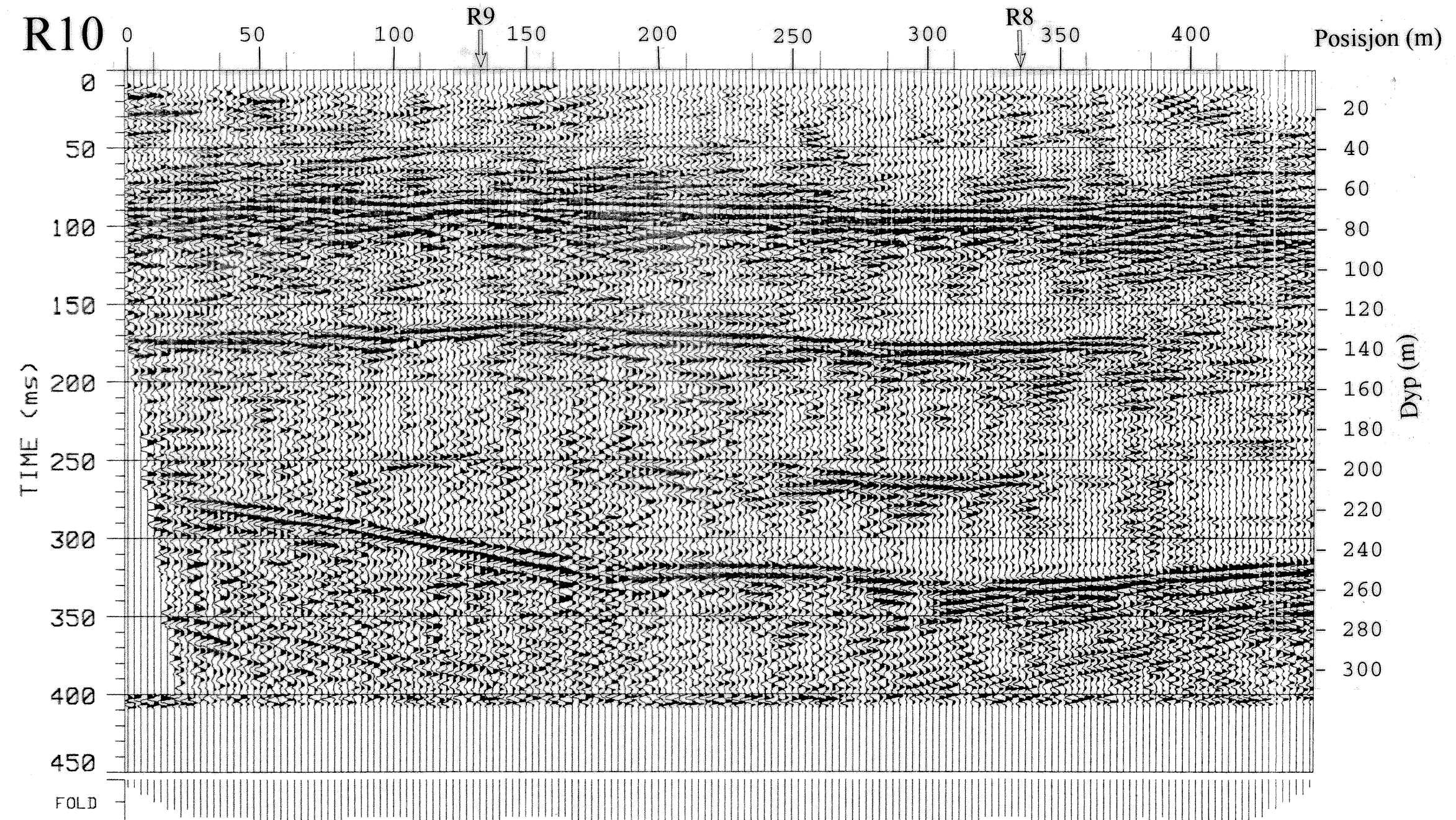
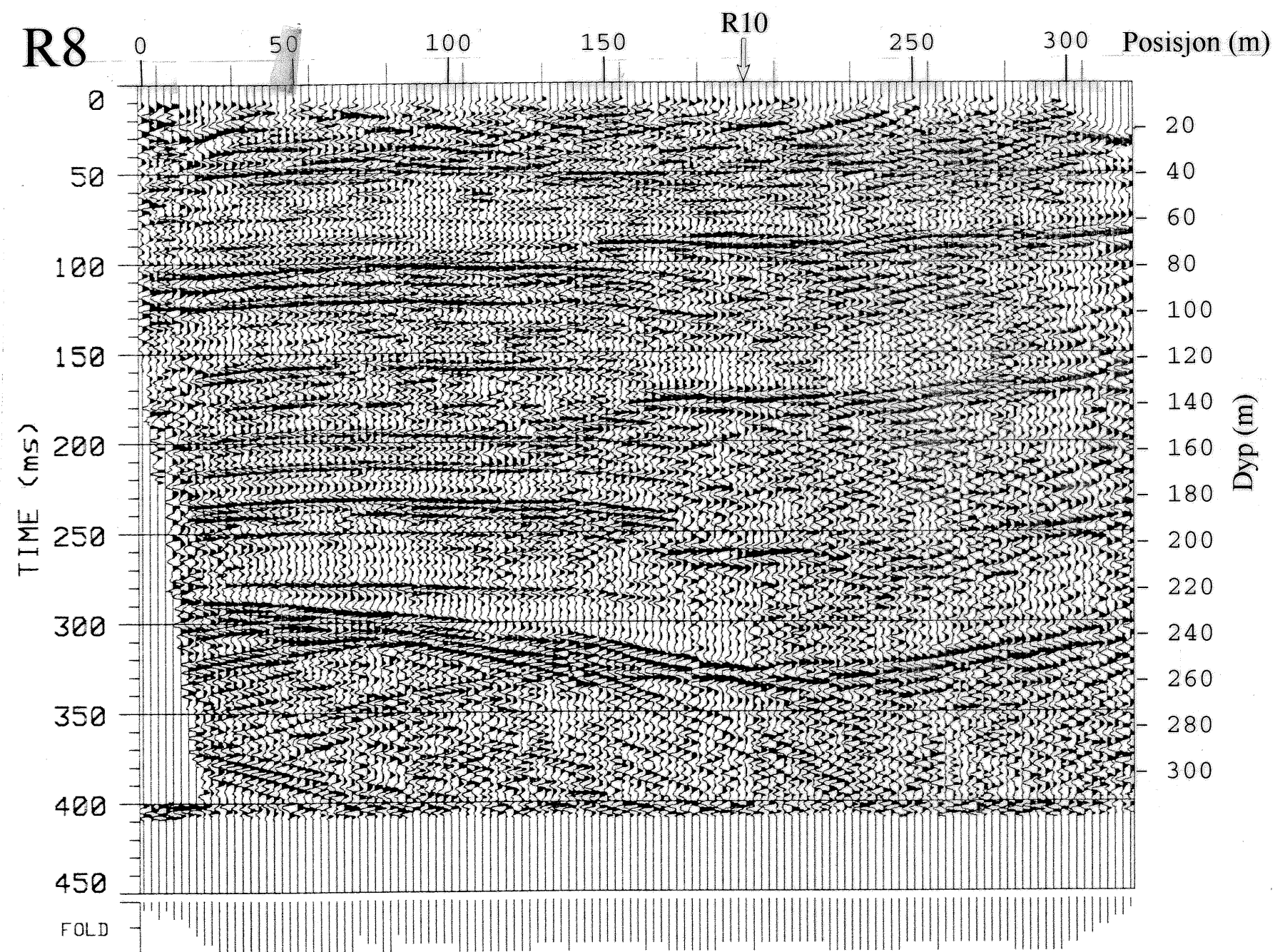
KFR

Juli -95

Nov. -95

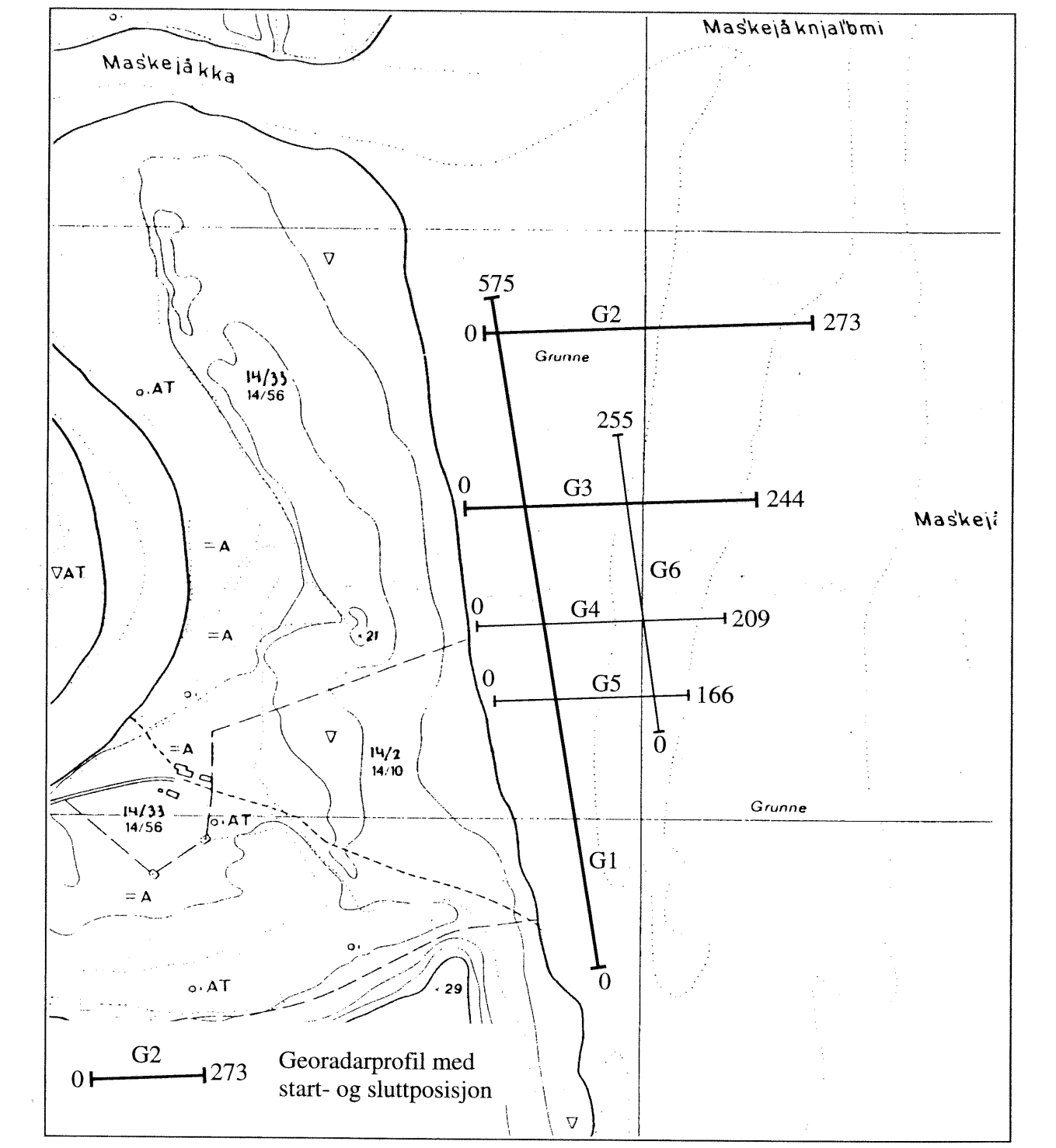
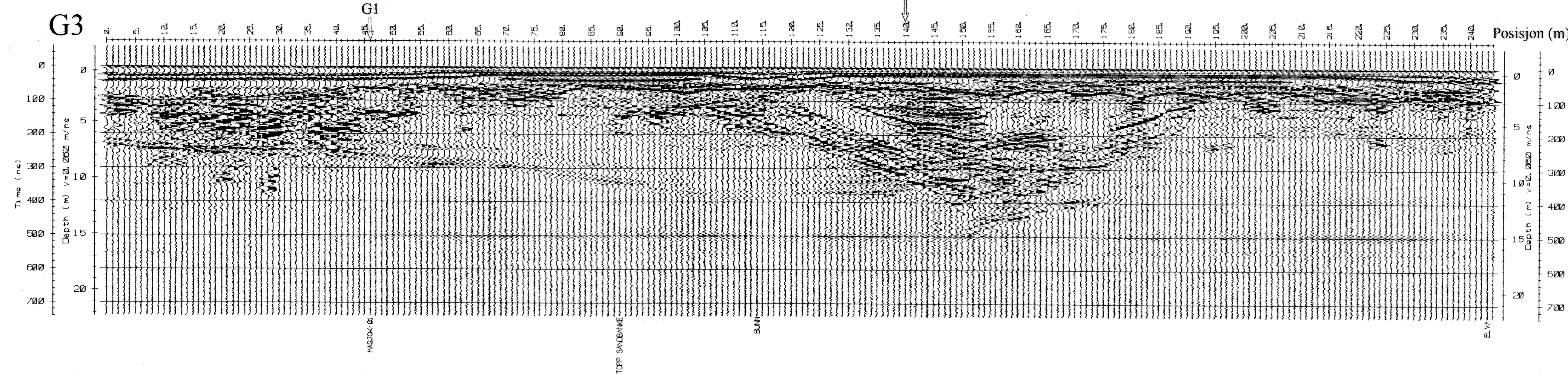
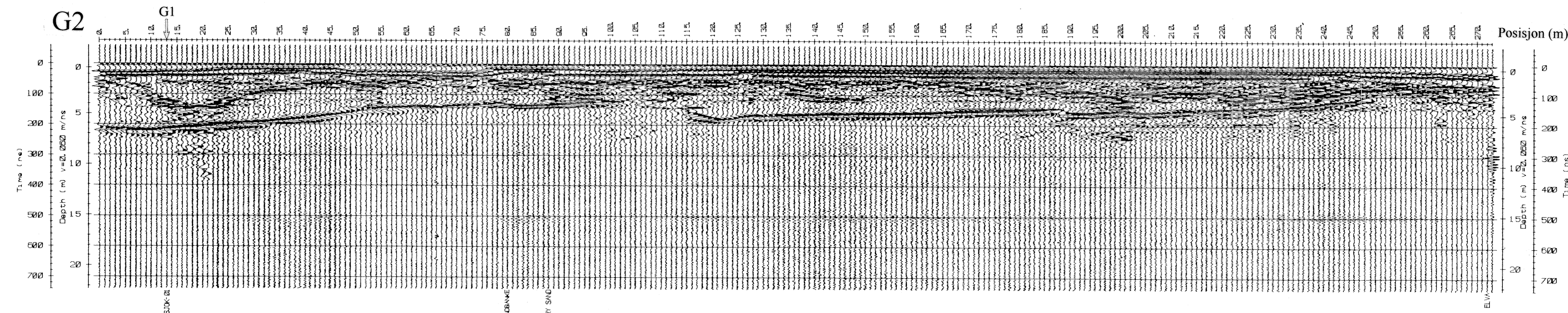
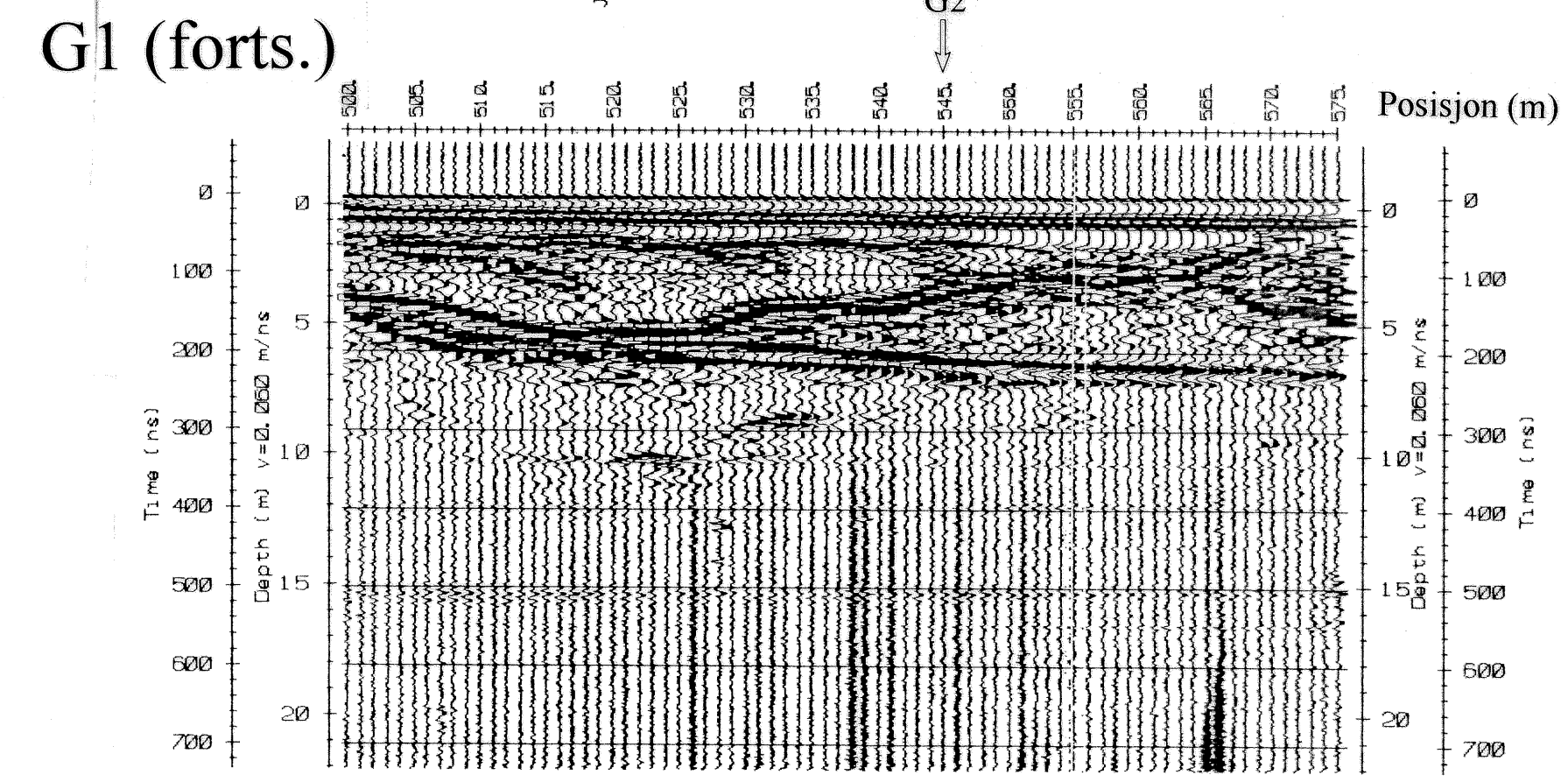
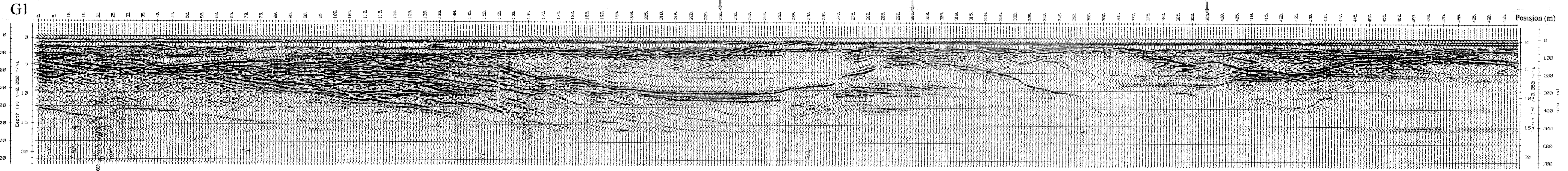
TEGNING NR
95.127-02

KARTBLAD NR
2235 I

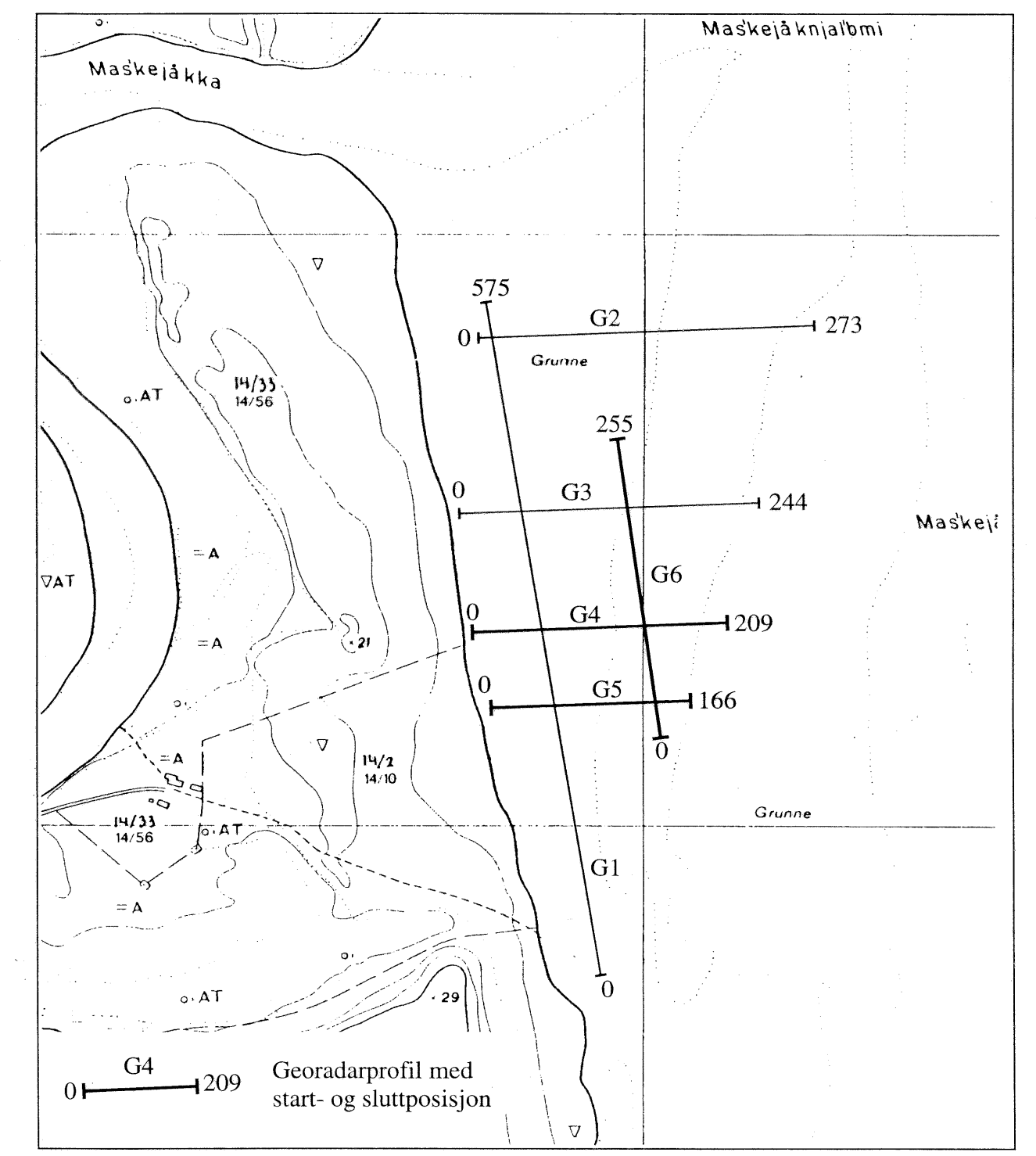
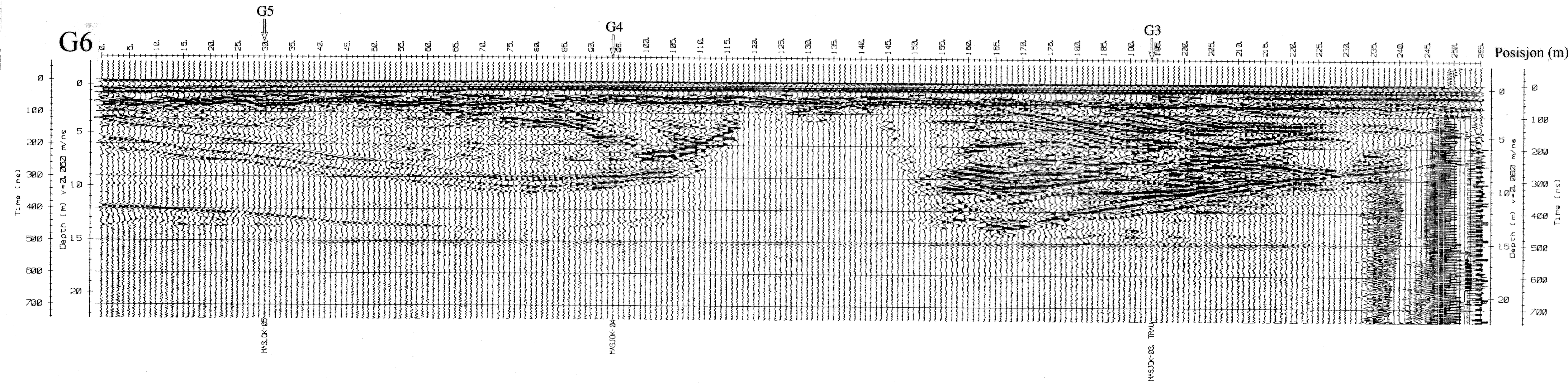
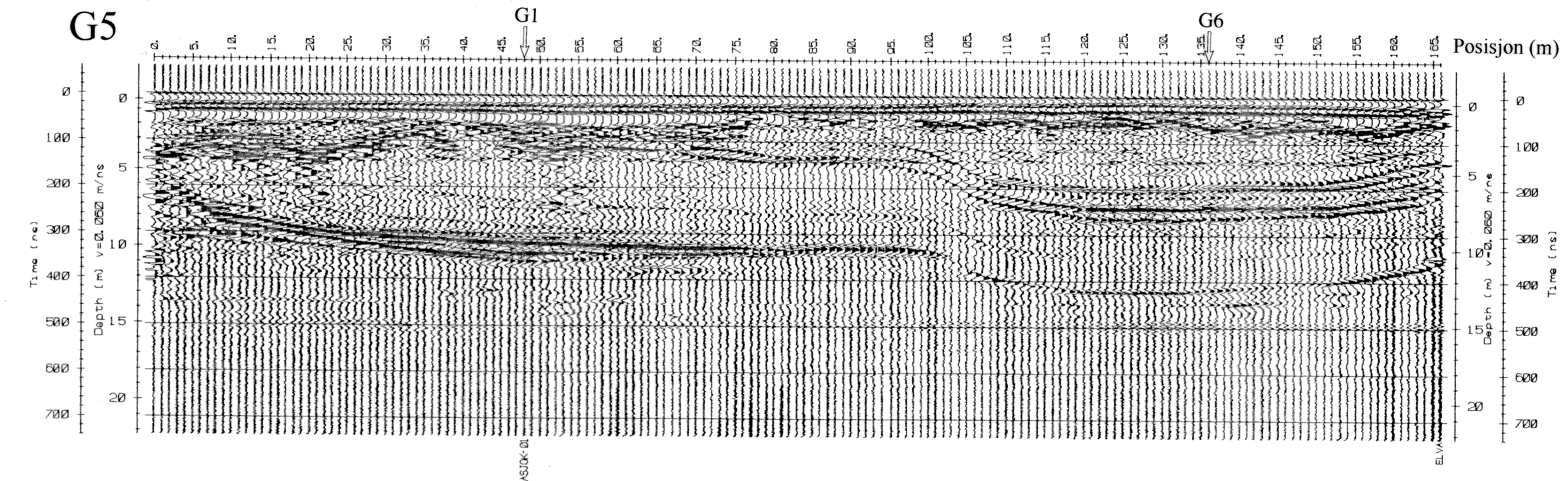
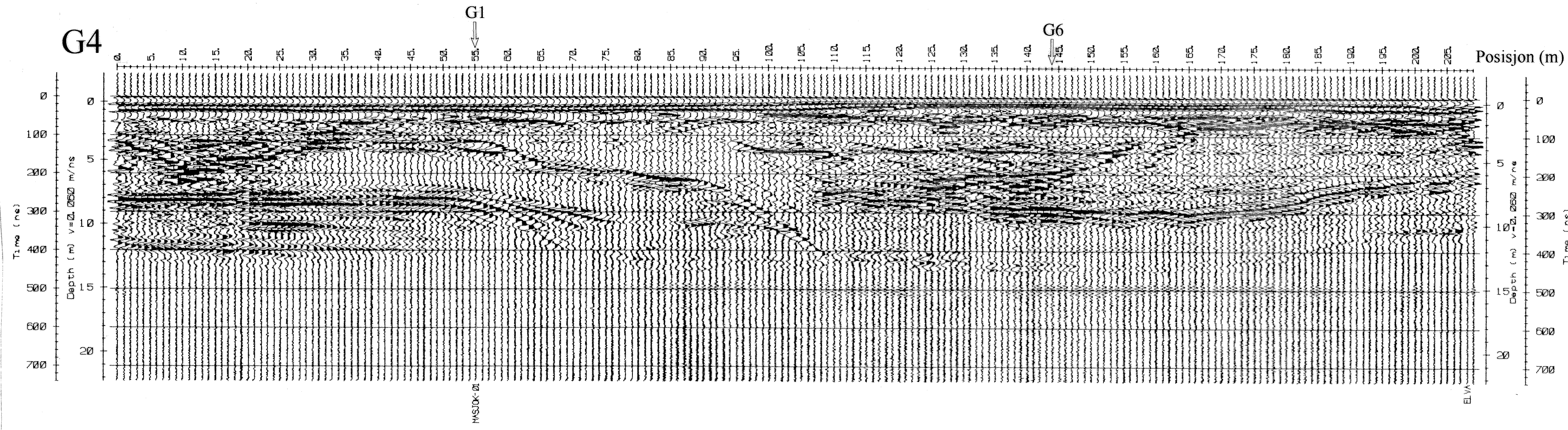


Stiplet linje representerer grensen mellom svake og sterke multipler fra reflektor som representerer overgangen mellom deltaavsetninger/glasimarine avsetninger. Sterke multipler opptrer nordvest for linjen.

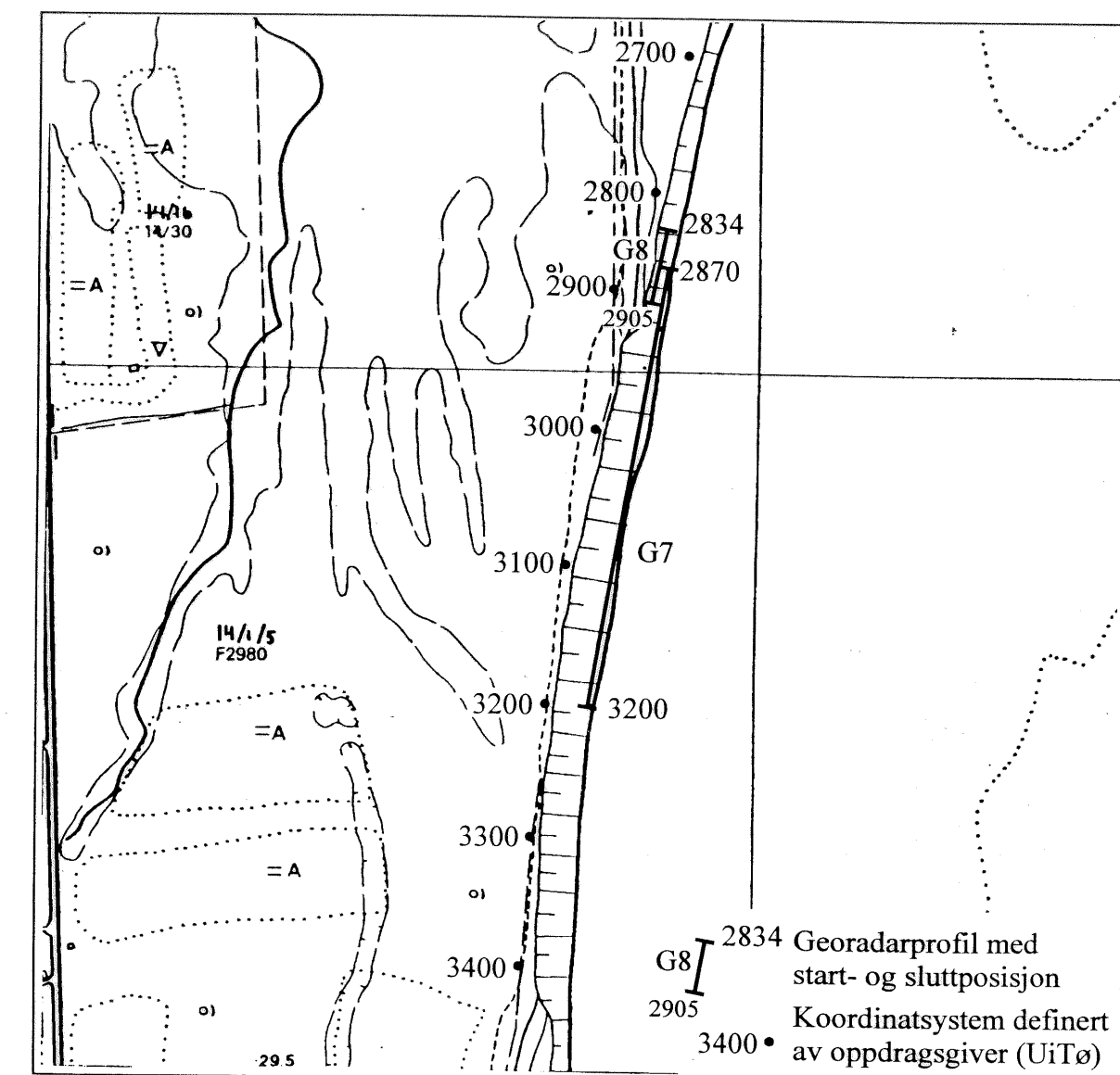
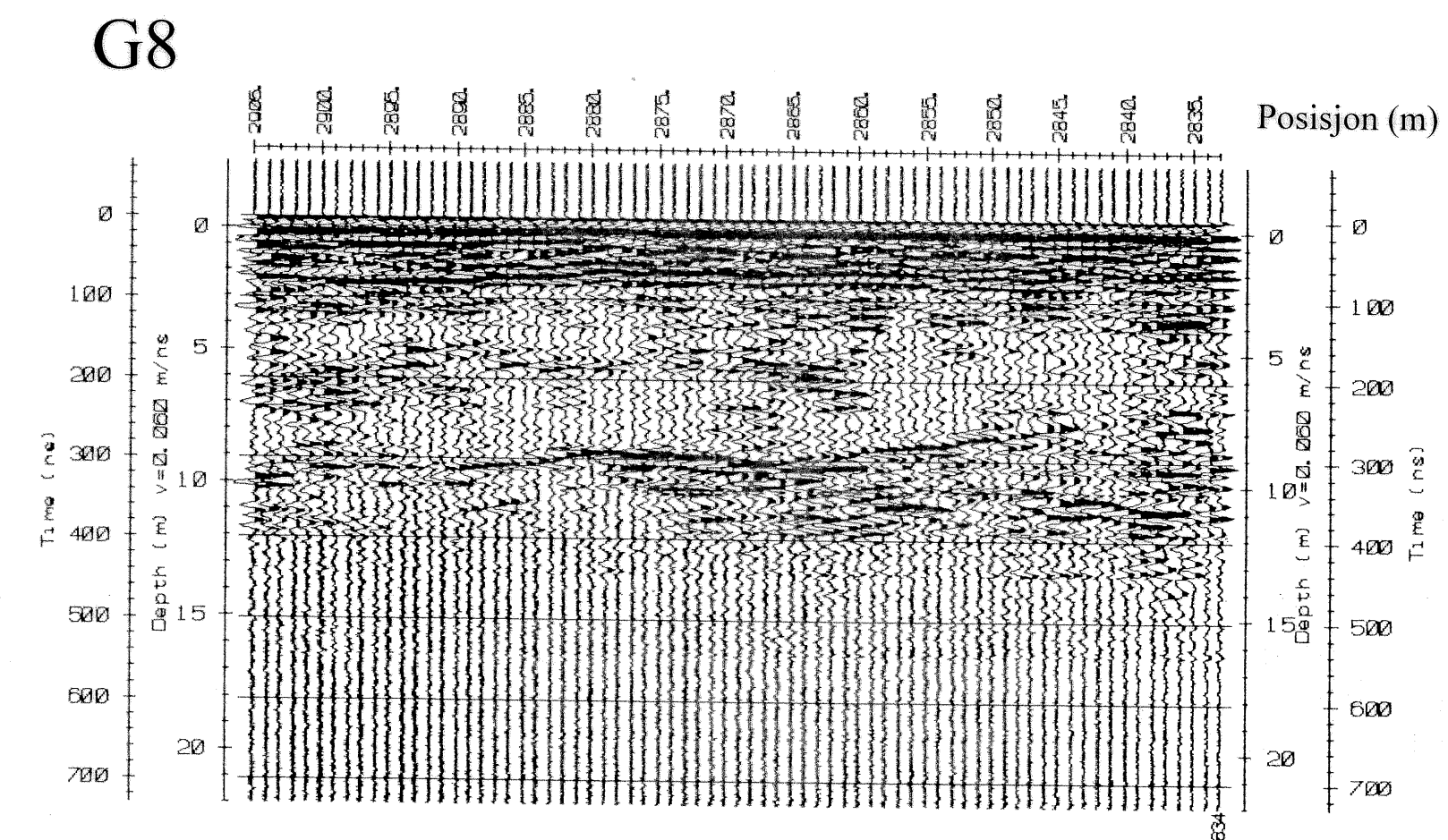
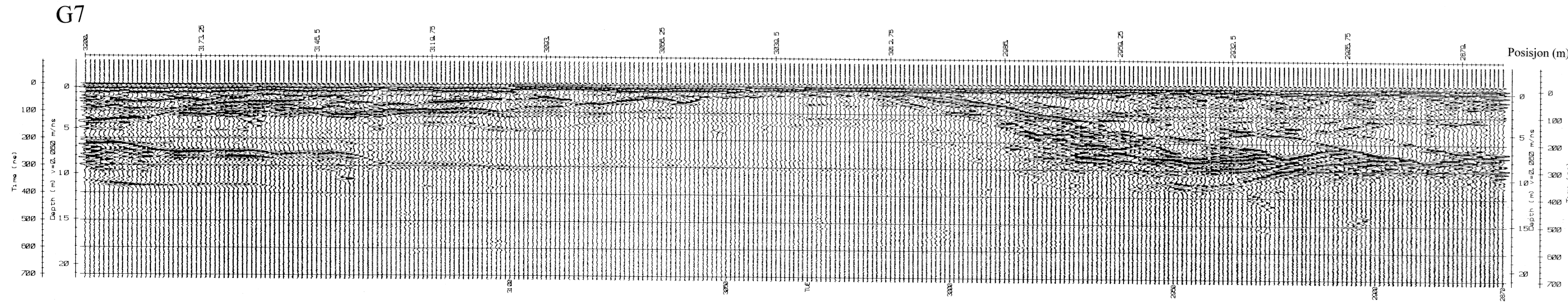
NGU/UiTø REFLEKSJONSEISMISKE OPPTAK, R8-R10 FAGERNES TANA KOMMUNE, FINNMARK	MÅLSTOKK 1:5000 (Kart)	MÅLT JSR TEGN EM TRAC KFR.	Juli -95 Nov. -95
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 95.127-03	KARTBLAD (AMS) 2335 IV



NGU/UITø GEORADAROPPTAK, G1-G3 MASJOK TANA KOMMUNE, FINNMARK NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	MÅLESTOKK 1:5000 (Kart)	MÅLT JSR TEGN EM TRAC KFR.	Juli -95 Nov. -95
	TEGNING NR. 95.127-04	KARTBLAD NR. 2235 1	



NGU/UIT GEORADAROPPTAK, G4-G6 MASJOK TANA KOMMUNE, FINNMARK	MÅLESTOKK	MÅLT JSR	Juli -95
	1:5000 (Kart)	TEGN. EM	Nov. -95
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM.	TEGNING NR. 95.127-05	KARTBLAD NR. 2235 I	



NGU/UiTø GEORADAROPPTAK, G7-G8 MASJOK TANA KOMMUNE, FINNMARK	MÅLESTOKK	MÅLT JSR	Jul -95
	1:5000 (Kart)	TEGN. EM	Nov. -95
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM.	TEGNING NR. 95.127-06	KFR.	KARTBLAD NR. 2235 I