

NGU Rapport 98.039

Georadarmålinger nord for Ramsa på Andøya

Rapport nr.: 98.039		ISSN 0800-3416	Gradering: ÅPEN
Tittel: Georadarmålinger nord for Ramsa på Andøya			
Forfatter: Jan Fredrik Tønnesen		Oppdragsgiver: IKU	
Fylke: Nordland		Kommune: Andøy	
Kartblad (M=1:250.000) Tromsø		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1233 II Dverberg	
Forekomstens navn og koordinater: 33W 5430 76761 (WGS84)		Sidetall: 13 Kartbilag: 2	Pris:
Feltarbeid utført: 21. sept. 1997	Rapportdato: 20. feb. 1998	Prosjektnr.: 2562.01	Ansvarlig: <i>Jan S. Remm</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>Fra IKU, Avdeling for Petroleumsgeologi har NGU fått i oppdrag å utføre georadarmålinger på Andøya i et avgrenset område nord for Ramsa. Formålet med georadarundersøkelsen var å kartlegge forløpet av fjelloverflaten, løsmassetykkelser og variasjoner i løsmasstype i forbindelse med planlegging av refleksjonsseismiske undersøkelser og etterfølgende geologisk kjerneboring.</p> <p>Ved tolkningene er det antatt at en nedre gjennomgående reflektor representerer fjelloverflaten. Den ligger vel 4 m o.h. i nordvestlige deler av området. I øst og sør er den stort sett 1-3 m o.h., men kan enkelte steder nå ned til havnivå. I sørvest er det indikert en lokal grop/renne hvor fjellet går ned til rundt 1 m o.h.</p> <p>Løsmassemektigheten i området vil ut fra tolket fjelloverflate stort sett variere mellom 2 og 5 m. Den er gjennomgående størst i vest og nord og minst lengst øst mot Andfjorden og lengst sørvest mot Nordelva. I oppstikkende sanddyne i sørøst kan løsmassetykkelsen være opptil vel 7 m, mens den i lokal grop/renne i sørvest trolig er vel 6 m.</p> <p>Det ser ut til å være to hovedsjikt i løsmassene. Det øvre 1-3 m tykke sjiktet regnes å bestå av myrtorv og/eller sandige vindavsetninger. Under de høyest oppstikkende sanddynene kan overflatelaget være vel 5 m tykt. Løsmassene under kan være dominert av strandavsetninger, men kan delvis også være morenedominert. Grunnvannsspeilet er generelt ikke definert, men regnes gjennomgående å ligge grunt (0-2 m), bortsett fra under oppstikkende sanddyner hvor det kan ligge opptil 5 m dypt.</p>			
Emneord: Geofysikk	Georadar		Løsmasse
Mektighet			
			Fagrapport

INNHold

1. INNLEDNING	4
2. METODE OG UTFØRELSE.....	4
3. RESULTATER	5
3.1 Profilbeskrivelser	5
3.2 Sammenfatning.....	7
4. REFERANSER	9

TEKSTBILAG

1. Georadar - metodebeskrivelse
2. Skjema for tolkning av refleksjonsmønster (etter Beres & Haeni, 1991)

DATABILAG

1. Hastighetsanalyse (CMP1)

KARTBILAG

- 98.039-01 Oversiktskart (M 1:50 000)
98.039.02 Lokaliseringskart og utskrift av georadaropptak, profilene P1 - P4

1. INNLEDNING

Fra IKU, Avdeling for Petroleumsgnologi har NGU fått i oppdrag å utføre georadarmålinger på Andøya i et avgrenset område nord for Ramsa (se kartbilag -01). Selve måleområdet er begrenset av henholdsvis riksveg 82 og Nordelva i nordvest og sørvest, Andfjorden i øst og utløpet av Stiksåa i nordøst.

Formålet med georadarundersøkelsen var å kartlegge fjelloverflaten, løsmassetykkelser og variasjoner i løsmasstype i forbindelse med planlegging av refleksjonsseismiske undersøkelser og etterfølgende geologisk kjerneboring. Toppbergarten under løsmassen skal være en skifer fra tidlig Kritt alder (Atle Mørk, pers. medd.), og det var i utgangspunktet usikkert om en slik fjelloverflate kunne skilles ut fra georadarrefleksjoner fra overliggende løsmasser.

Georadarmålingene ble utført av Jan Fredrik Tønnesen (NGU) og Ottar Isaksen (en av grunneierne i området) den 21. september 1997.

2. METODE OG UTFØRELSE

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av løsmassenes lagdeling og strukturer, samt grunnvannsnivåets beliggenhet. Metoden er basert på registrering av reflekterte elektromagnetiske bølgepulser fra grenseflater i jorda. En mer detaljert beskrivelse av målinger med georadar er vedlagt i tekstbilag 1. Georadaren som ble benyttet er digital og av typen pulseEKKO 100 (Sensors & Software Inc., Canada).

Målingene omfatter 4 profiler med samlet lengde 1206 m. Lokalisering av profilene er vist i kartbilag -02. I tillegg til profilmålingene ble det utført en CMP-måling for å bestemme radarbølge-hastigheten i løsmassene.

For alle profilene ble det benyttet en sender på 1000V og antenner med senterfrekvens 100 MHz. Opptakstiden var 1000 ns (nanosekunder) med samplingsintervall på 0,8 ns. Målingene ble utført med 8 registreringer («stacks») i hvert målepunkt (posisjon). Antenneavstand var 1 m, mens det ble benyttet en flyttavstand på 0,5 m ved profilmålingene. Reell lengde av profiler kan avvike en del fra lengde angitt i profiloopptakene på grunn av tilfeldig eller systematisk feil i flyttavstanden. Generelt er det brukt for stor flyttavstand og de målte profilene er derfor en del lenger enn oppgitt. Angitt informasjon om kryssende profiler, veger/stier, grøfter og andre terrengdetaljer kan benyttes for mer nøyaktig profilposisjonering.

Ved utskrift av profilopptakene ble det benyttet egendefinert forsterkning. Ved denne type forsterkning settes bestemte forsterkningsverdier ved bestemte tidspunkt. Ved utskrift blir forsterkningen lineært interpolert mellom forsterkningsverdiene. Det ble videre benyttet 2-punkts gjennomsnitt langs traser for å redusere høyfrekvent støy. Penetrasjonsdypet (dybde- rekkevidden) for reflekterte georadarsignaler var forholdsvis begrenset i området, og ved utplotting av profilene er totalt tidsdyp redusert til 400 ns. Terreng høyden langs profilene er ikke innmålt, men er lagt inn ut fra kartgrunnlaget (M 1:5 000 med høydekoteavstand 5 m) og egne notater om terrengdetaljer. Det kan være mulighet for nivåfeil på opptil to meter.

3. RESULTATER

Utskrift av georadaropptak langs profilene er vist sammen med lokaliseringskart i kartbilag - 02. Utskrift av CMP-målingen samt resultat av hastighetsanalysen er vist i databilag 1.

CMP-målingen, som er utført ved pos. 100 i P1, ligger på våt myrtorv (udyrtet mark). Hastighetsanalysen indikerer at radarbølgehastigheten ligger rundt 0,07 m/ns ned til reflektor på tidsdyp ca. 150 ns (toveis gangtid). Hastigheten er «typisk» for vannmettede løsmasser. Denne hastigheten er benyttet for beregning av høydeskale (og dyp til reflektorer) i alle profilutskriftene. Hastigheten kan imidlertid variere betydelig både vertikalt i løsmassene og langs ulike deler av profilene. CMP-målingen og hastighetsanalysen tyder på at det kan være lavere hastighet i myrtorven øverst (ned til ca. 70 ns) enn i løsmassene under. Dersom det anslås en hastighet i myrmaterialet på 0,04 m/ns, som er en typisk verdi for vannmettet myrtorv i Sverige (Ulriksen 1982), vil hastigheten i løsmassene under (ned til 150 ns) ligge i overkant av 0,09 m/ns. Vest og sørvest i undersøkelsesområdet består overflatematerialet vesentlig av sanddominerte vindavsetninger. Med den anvendte høydeskala vil mektigheten av umettet sone der bli underestimert og må trolig multipliseres med en faktor i området 1,3-1,7.

3.1 Profilbeskrivelser

Profil 2.

Det nord-sørgående lengdeprofil er målt på dyrket mark (gras) i området pos. 0-24 og 125-338 med stort sett åpen (udyrtet) myr i mellom. Mot sør (pos 338-488) er det åpne vindavsetninger med markert sanddyne pos. 344-370. Markert bunnreflektor som kan representere fjelloverflaten, ligger rundt 4 m o.h. lengst nord, 1,5-2 m o.h. fra pos. 110 til 280 og 2-2,5 m o.h. videre fram til pos. 340. Under sanddynen stiger reflektoren tilsynelatende opp til 3,5 m o.h., men på grunn av antatt høyere hastighet i tørrere dyneavsetning kan den i

virkeligheten ligge rundt 1,5 m o.h. Videre sørover stiger reflektoren opp til 3-3,5 m o.h. fram til pos. 435, den kan gå ned til 1 m o.h. ved pos. 442 og derfra stige opp til rundt 3 m o.h. ved sørenden. Ut fra dette er løsmassemekktigheten rundt 4 m i nordligste del (pos. 0-40), 5m fra pos. 45 til 110 og avtagende til 3,5-4 m fra pos. 170. Total løsmassetykkelse under sanddynen kan være vel 6 m. Sønnafor avtar mektigheten fra 4 til 3 m fram til pos. 435, den kan øke til 5,5 m ved pos. 442 og avtar til vel 2 m ved sørenden.

Profil 1.

Dette nordligste vest-østgående tverrprofilet er målt på dyrket mark pos. 0-26 og 126-245, mens det i mellom er småskog pos. 26-92 og udyrket myr pos. 92-125. Markert bunnreflektor som kan tolkes som fjelloverflaten, ligger rundt 4,5 m o.h. i vest (pos. 0-70), går ned til ca. 2 m o.h. ved pos. 140, men er forholdsvis dårlig definert videre fram til pos. 170. Den ligger rundt 2 m o.h. ved pos. 190, går ned til 0,5 m o.h. ved pos. 215 og er vel 1 m o.h. ved pos. 240. Løsmassemekktigheten er da bortimot 5 m i vestlige del (pos. 0-60), deretter noe avtagende til 4 m ved pos. 90 og fortsetter videre rundt 4,5 m. Den er noe usikker i området pos. 145-170, men avtar til ca. 2,5 m ved pos. 190, øker til 3,5 m ved pos. 215 og er rundt 2,5 m lengst øst (pos. 240).

Profil 4.

Dette midterste tverrprofilet er målt på vesentlig småskogbevokste vindavsetninger i vest (pos. 0-150), mens det er dyrket mark (gras) fra ca. pos. 160 og østover. Bunnreflektor som kan tolkes som fjelloverflaten, ligger 4-5 m o.h. i vest (pos. 0-125), går ned mot 2 m o.h. ved pos. 152, mens den et stykke videre derfra er noe usikker. Den er 1-1,5 m o.h. ved pos. 190, når opp til 1,5-2 m o.h. ved pos. 220 og ligger i underkant av 1 m o.h. i østligste del (pos. 235-250). Løsmassemekktigheten er da 4,5-5 m i vest (pos. 0-100), avtagende til 4 m ved pos. 125 og varierende mellom 4 og 5 m til pos. 155. Derfra er den noe usikker fram til pos. 185, den er ca. 3,5 m ved pos. 190, avtagende til ca. 2 m ved pos. 220 og er rundt 2,5 m i østligste del av profilet.

Profil 3.

Dette sørligste tverrprofilet er hovedsakelig målt over åpne vindavsetninger. I området pos. 10-92 er det foretatt et betydelig masseuttak i avsetningene og terrenget ligger her flere meter lavere enn det som framgår av kartet. Fjelloverflaten kan ligge 4-4,5 m o.h. lengst vest mot Nordelva (pos. 0-15). Mellom pos. 16 og 34 krysser profilet en markert grop eller renne hvor fjellet sentralt kan nå ned til 1 m o.h. Under massetaket videre østover er fjellnivået noe usikkert. Det er en markert reflektor 4-4,5 m o.h. som kan være fjell, men det er trolig mer sannsynlig at reflektor i lavere nivå (dvs. 3-3,5 m o.h.) representerer fjelloverflaten. Mellom pos. 93 og 135 krysser profilet over samme sanddyne som i P2, og det kan se ut som antatt fjellreflektor når opp til 4,5 m o.h. under toppen av dynen (pos. 112). Dersom det antas en høyere hastighet i øvre del av avsetningen, kan fjelloverflaten under sanddynen i virkeligheten ligge 2,5-3 m o.h. Fjelloverflaten ser ut til å skrå ned på østsiden av dynen til i underkant av

havnivå mellom pos. 140 og 157. Fra pos. 170 og til østenden varierer fjelloverflaten fra 0,5 til 1,5 m o.h. Løsmassemektheten kan være ca. 1,5 m ved elvekanten i vest. I kryssende grop/renne vil mektigheten være på vel 6 m. Dypeste fjellalternativ videre østover i massetaket indikerer mektighet på 3,5-4,5 m, mens den under toppen av sanddynen kan være vel 7 m. Mektigheten avtar fra 5 til 3 m mellom pos. 145 og 170, den er 2,5-3 m videre fram til pos. 200 og 1,5-2 m i østligste del av profilet.

Georadarprofilene tyder på at det er to hovedsjikt i løsmassene. Grensen er markert av en forholdsvis utholdende reflektor, som er vesentlig nær horisontal, men også noe bølget. I det øvre 1-3 m tykke sjiktet er det generelt dårlig dataoppløsning, men er dominert av nær horisontale reflektorer. Det regnes at laget består av myrortov og sandige vindavsetninger, men det er i utgangspunktet vanskelig å definere grensen mellom materialtypene. Under de høyest oppstikkende sanddynene kan overflatelaget være vel 5 m tykt. I underliggende løsmasselag er det mer finstrukturert refleksjonsmønster og det varierer fra nær horisontalt og dels bølget og hauget, til slak skrålagning og stedvis uklart og kaotisk. Laget kan være dominert av strandavsetninger, men kan delvis også være morenedominert. Ut fra vannmettet myr og vannfylte åpne grøfter regnes grunnvannspeilet å ligge overflatenært over store deler av området. Grunnvannspeilet er gjennomgående ikke definert i georadaropptakene, da det regnes at refleksjoner fra denne interfererer med direktebølgen mellom sender og mottager eller med horisontale reflektorer i det øvre sjiktet. Under oppstikkende sanddyne i sørøst (P2 og P3) regnes grunnvannspeil å kunne ligge opptil 5 m dypt.

I tolkningsbeskrivelsen er det antatt at nedre hovedreflektor representerer fjelloverflaten, men dette kan ikke garanteres uten at det blir verifisert med boring på minst ett sted. Dersom tolkningen er riktig, må dypere liggende reflektorer representere strukturer i fjellgrunnen. Slike reflektorer kan sees spesielt i følgende profilområder: P1 pos. 100-170, P2 pos. 0-100 og 430-475 og P4 pos. 0-70 og 200-240.

3.2 Sammenfatning

Det er antatt at en nedre gjennomgående reflektor representerer fjelloverflaten. Den ligger vel 4 m o.h. i nordvestlige deler av området (P2 pos. 0-40, P1 pos. 0-75 og P4 pos. 0-125). Øst for P2 og sør for P1 ligger fjelloverflaten stort sett 1-2 m o.h., men når noen steder nær ned til havnivå. I vestligste del av P3 (pos. 16-34) er det en lokal grop/renne hvor fjelloverflaten går ned til rundt 1 m o.h.

Løsmassemektheten i området vil ut fra tolket fjelloverflate stort sett variere mellom 2 og 5 m. Det er gjennomgående størst mektighet i vest og nord (P1 pos. 0-140, P2 pos. 0-170 og P4 pos. 0-150) og minst lengst øst mot sjøen (østligste 50 m av P1, P3 og P4) og ved kanten av

Nordelva i vestenden av P3 og sørenden av P2. Under oppstikkende sanddyne i sørøst (P2 pos. 112) kan løsmassetykkelsen være opptil vel 7 m. I sanddyneområdet mellom vestlige deler av P3 og P4 kan det også tenkes å være forholdsvis stor mektighet (5-6 m). I lokal grop/renne i fjellet under vestlige del av P3 (pos. 16-34) kan det være vel 6 m løsmasser under bunnen av massetaket.

Det ser ut til å være to hovedsjikt i løsmassene. Det øvre 1-3 m tykke sjiktet regnes å bestå av myrortov og/eller sandige vindavsetninger, men det er vanskelig å definere grensen mellom disse materialtypene. Under de høyest oppstikkende sanddynene kan overflatelaget være vel 5m tykt. Løsmassene under kan være dominert av strandavsetninger, men kan delvis også være morenedominert. Grunnvannspeilet er generelt ikke definert, men regnes gjennomgående å ligge grunt (0-2 m), bortsett fra under oppstikkende sanddyner hvor det kan ligge opptil 5 m dypt.

4. REFERANSER

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

Ulriksen, P. 1982: Application of Impulse Radar to Civil Engineering. *Doctoral Thesis, Dep. of Engineering Geology., Lund University of Technology, Sweden.*

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;

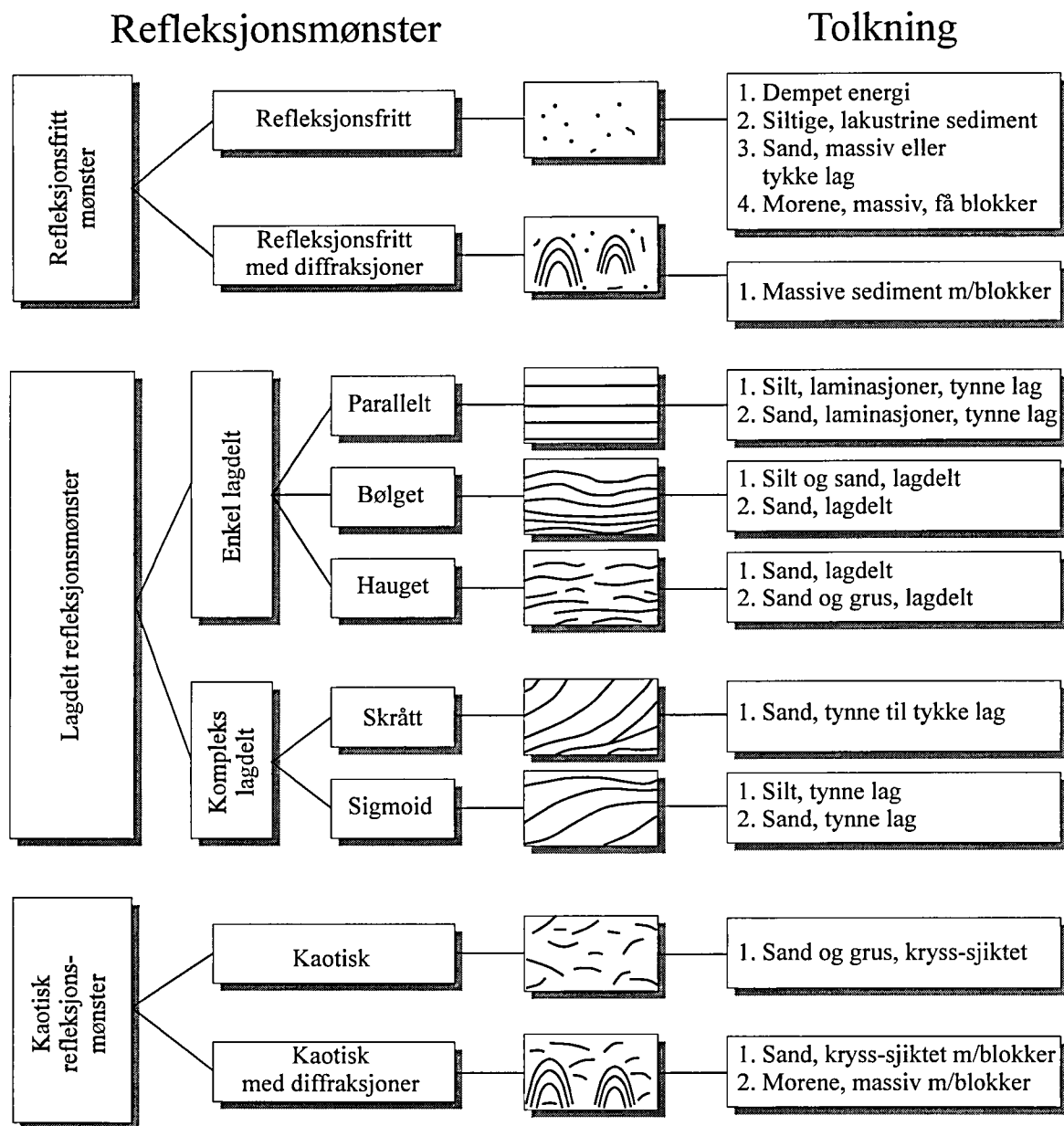
$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

hvor ϵ_r er det relative dielektrisitetsstallet. 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>

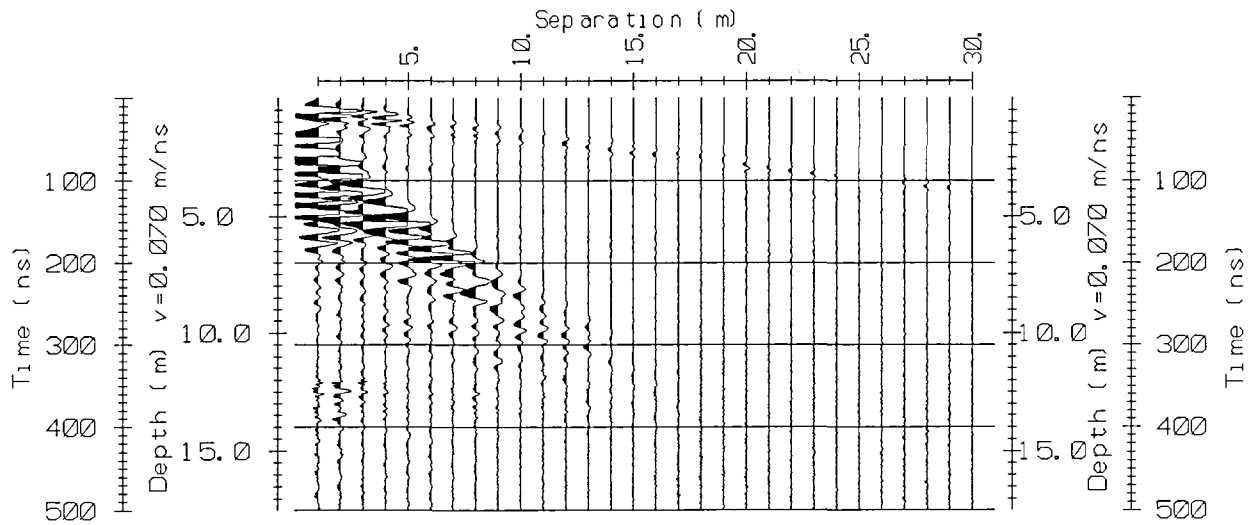
Tabell over relativt dielektrisitetstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.



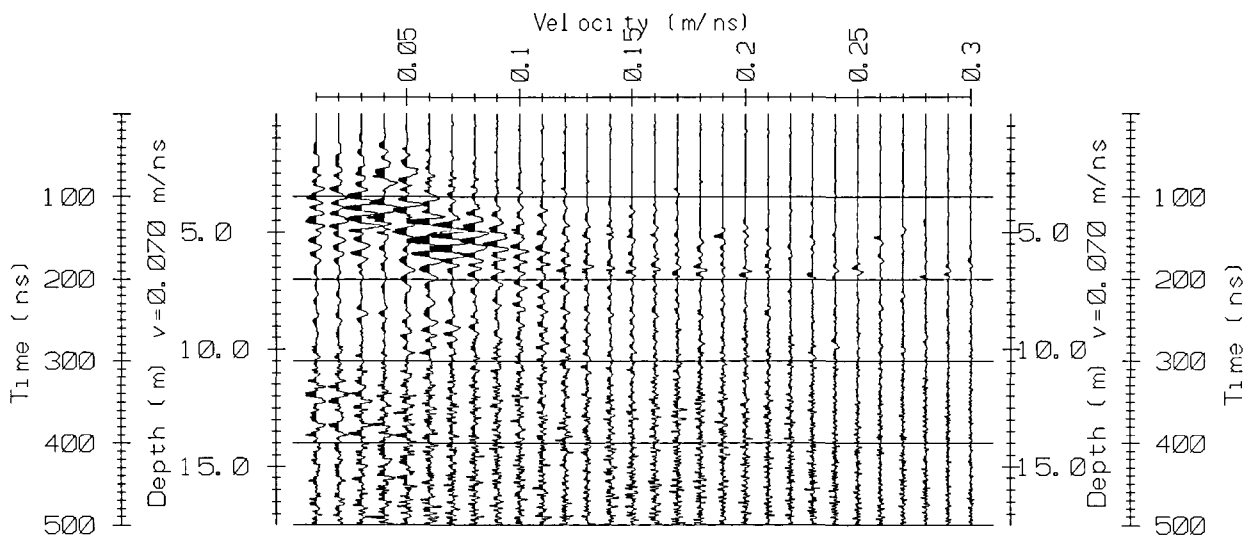
Skjema som knytter refleksjonsmønster på georadaropptak til avsetningstype og lagdeling (etter Beres & Haeni, 1991).

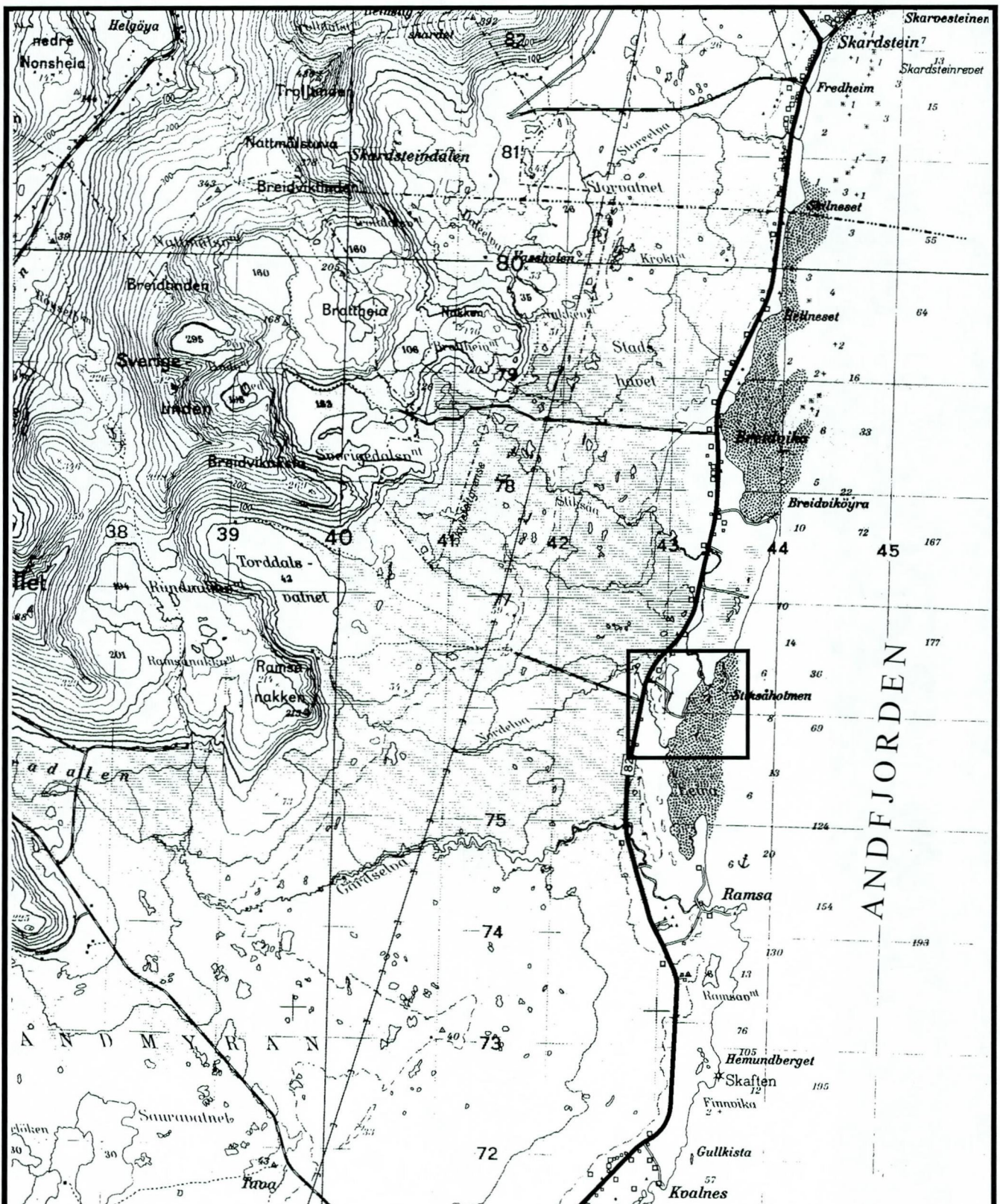
Andøya, CMP1, P2 pos. 100

CMP-opptak



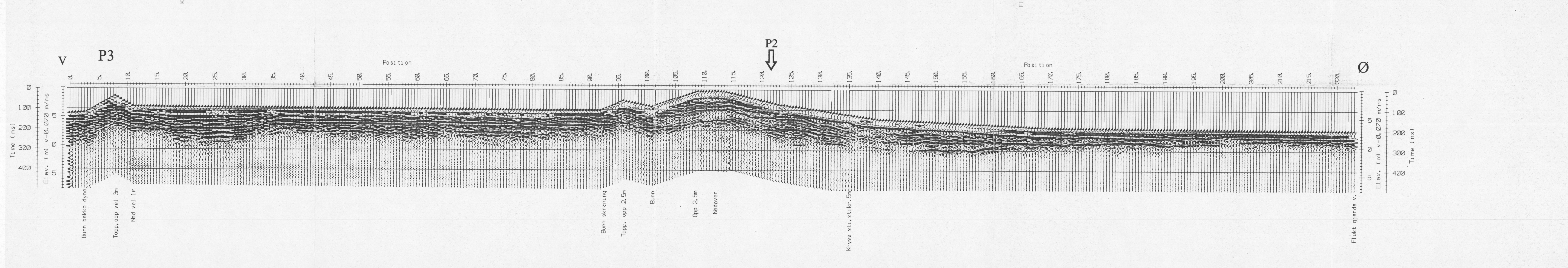
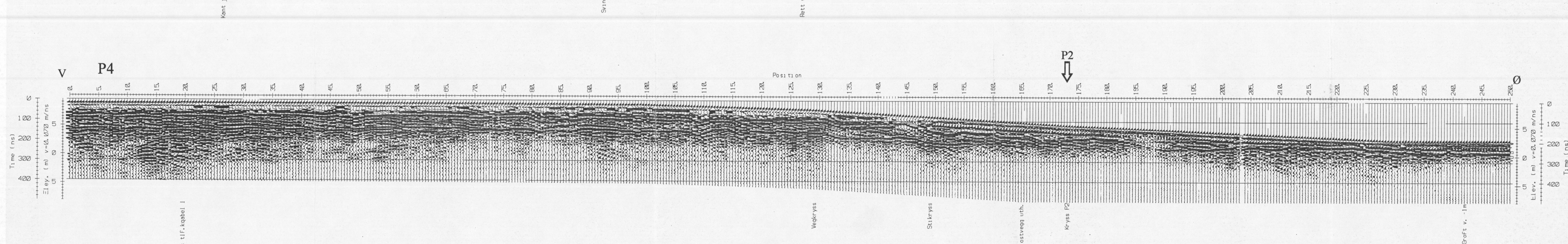
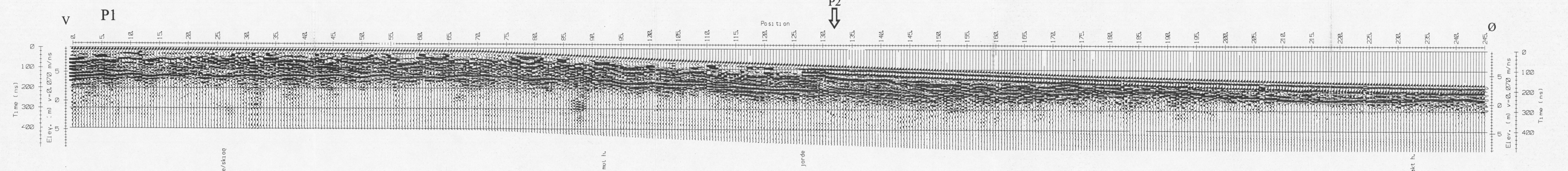
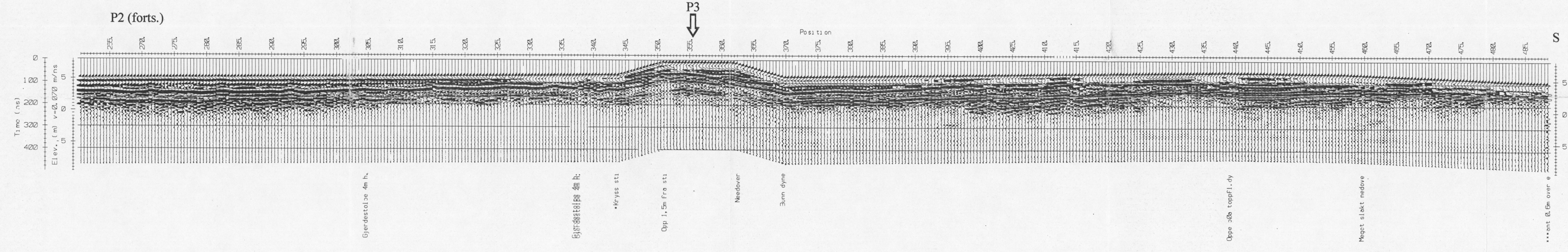
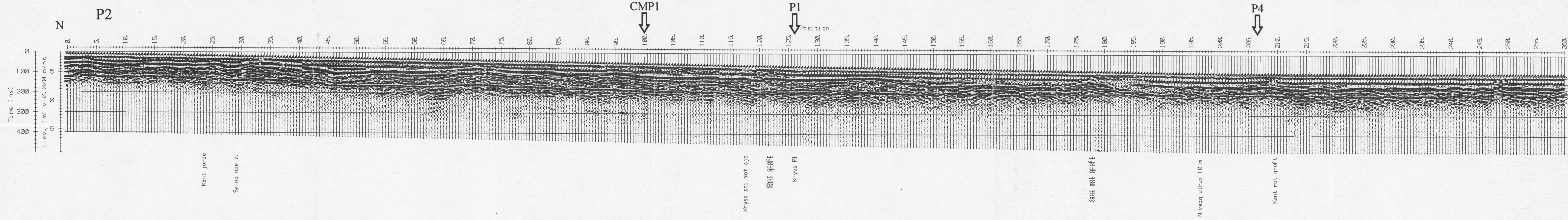
Hastighetsanalyse





Innrammet område: Utsnitt vist i kartbilag -02

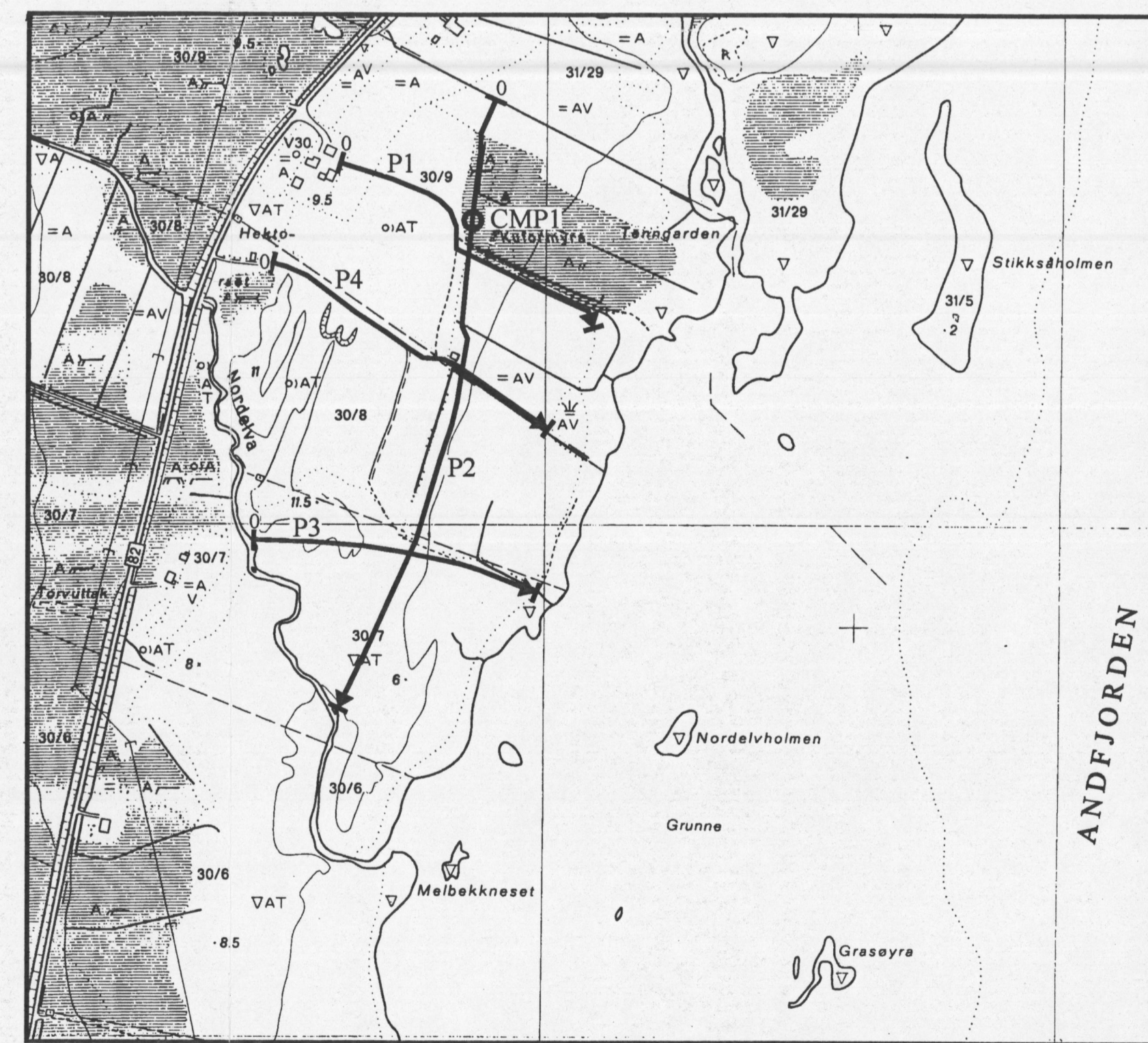
IKU, AVDELING FOR PETROLEUMSGEOLOGI OVERSIKTSKART ANDØYA ANDØY KOMMUNE, NORDLAND	MÅLESTOKK 1:50 000	MÅLT JFT SEP. -97
		TEGN JFT FEB. -98
		TRAC
		KFR
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 98.039-01	KARTBLAD NR 1233 II



TEGNFORKLARING PROFILER

P1
↓
Kryssende profil

CMP1
↓
Posisjon for CMP måling



TEGNFORKLARING KART

Georadarprofil med startposisjon

○ CMP1
● CMP måling georadar

IKU, AVDELING FOR PETROLEUMSGEOLOGI GEORADAROPPTAK ANDØYA ANDØY KOMMUNE, NORDLAND	MÅLESTOKK 1:5 000 (KART)	MÅLT JFT TGN JFT TRAC KFR	SEP.-97 FEB.-98
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 98.039-02	KARTBLAD NR 1233 II