

NGU Rapport 95.113

Georadarmålinger ved hydrogeologiske  
undersøkelser, Thomaselv,  
Vadsø, Finnmark

Rapport nr.: 95.113		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Georadarmålinger ved hydrogeologiske undersøkelser, Thomaselv, Vadsø, Finnmark			
Forfatter: Eirik Mauring, Tidemann Klemetsrud, Jan S. Rønning		Oppdragsgiver: Forsvarets Bygningstjeneste, Harstad	
Fylke: Finnmark		Kommune: Vadsø	
Kartblad (M=1:250.000) Vadsø		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 2435 III Vadsø	
Forekomstens navn og koordinater: Thomaselv 35V 6015 77782		Sidetall: 10 Kartbilag: 3	Pris: 90,-
Feltarbeid utført: 3/7-1995	Rapportdato: 25/9-1995	Prosjektnr.: 61.2562.01	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
Sammendrag: <p>På oppdrag fra Forsvarets Bygningstjeneste, Harstad, er det utført georadarmålinger langs fem profiler ved Thomaselv, Vadsø kommune, Finnmark. Hensikten med målingene var å undersøke mulighetene for uttak av grunnvann fra løsmasser for vannforsyning til Forsvarets Forskningsstasjon som ligger like sør for måleområdet.</p> <p>Målingene viser en svært begrenset mektighet av vannmettede løsmasser over fjell. Det er imidlertid seks områder som skiller seg ut som mer gunstige enn andre områder. Det er anbefalt gravinger i tre av disse områdene for å få klarlagt mulighetene for uttak av grunnvann.</p>			
Emneord: Geofysikk	Hydrogeologi	Georadar	
Grunnvann	Løsmasse		
		Fagrapport	

## INNHOOLD

1 INNLEDNING.....	4
2 MÅLEMETODE OG UTFØRELSE.....	4
3 PROSESSERING .....	5
4 RESULTATER.....	5
5 KONKLUSJON .....	7

### Tekstbilag

Georadar - metodebeskrivelse

### Databilag

CMP-måling og hastighetsanalyse

### Kartbilag

95.113-01: Oversiktskart

95.113-02: Georadaropptak, Profil A, B og C

95.113-03: Georadaropptak, Profil D og E

## 1 INNLEDNING

På oppdrag fra Forsvarets Bygningstjeneste, Harstad, er det utført georadarmålinger langs fem profiler ved Thomaselv, Vadsø kommune, Finnmark. Hensikten med målingene var å forsøke å belyse mulighetene for uttak av grunnvann fra løsmasser for vannforsyning til Forsvarets Forskningsstasjon som ligger sør for måleområdet. Vannbehovet er oppgitt til ca. 11 m<sup>3</sup>/time. Vannuttaket skjer i dag fra Thomaselva som viser økende grad av forurensning. Alternative løsninger er rensing av nåværende vannforsyning, tilkobling til kommunalt nett eller grunnvannsforsyning fra løsmassene langs Thomaselva. Boring i fjell synes mindre aktuelt utfra ønsket behov. Georadarmålingene ble utført for å forsøke å finne områder der dyp til fjell og mektighet av grovkornige, vannmettede avsetninger er størst. Målingene ble utført av Jan S. Rønning 3/7-1995.

## 2 MÅLEMETODE OG UTFØRELSE

En beskrivelse av målinger med georadar er vedlagt i tekstbilag. Det ble benyttet en digital georadar av typen pulseEKKO IV (Sensors & Software Inc., Canada). Samplingsintervall og opptakstid var hhv. 0,8 ns og 600 ns. Antenneavstand var 1 m og målepunktavstand var 0,5 m. Antenne senterfrekvens var 50 MHz og det ble benyttet 1000 V sender. Signalene ble 'stacket' 32 ganger ved hvert målepunkt. Det ble målt ca. 860 m fordelt på fem profiler. Reell lengde av profiler avviker noe fra det som er angitt som posisjoner over georadaropptakene pga. systematisk feil i flyttavstand. Reelle posisjoner i terrenget kan avleses som kommentarer under opptakene (det ble satt opp stikker for hver 25 meter på forhånd). Posisjoner som er angitt ved tolkning av opptak refererer til posisjoner over opptakene. Tabell 1 viser lengde av hvert profil.

**Tabell 1. Profillengder.**

Profil	Lengde (m)
A	151
B	178
C	110
D	118
E	308

### 3 PROSESSERING

For å dybdekonvertere georadaropptakene ble det utført én CMP-måling med senter der profil C og E krysser, og med utlegget langs profil E (C-55, E-127). CMP-måling med hastighetsanalyse er vist i databilag. Tolkning av hastighetsanalyse gir en hastighet på 0,1 m/ns til reflektor på ca. 95 ns. Hastighetsanalyse av direktebølgen viser at denne har hastigheten 0,125 m/ns og representerer tørre avsetninger nær overflaten. Reflektor på 95 ns kan da ikke være toppen av grunnvannsspeil. Derksom en regner med en hastighet på 0,07 m/ns i vannmettet sone, kan en regne ut at grunnvannsspeil opptrer på ca. 50 ns (ca. 3 m dyp). Dette stemmer brukbart med en reflektor på profil C (se seinere). Reflektoren som representerer grunnvannsspeil ligger trolig for grunt til å komme tydelig og korrekt fram i hastighetsanalysen. Det ble utført korreksjon for drift på samtlige opptak. Ved utskrift av opptakene ble det benyttet SEC-forsterkning som kompenserer for dempning og sfærisk spredning av EM-bølgene (SEC='spreading and exponential compensation'). Det ble benyttet 5-punkts gjennomsnitt langs traser for å redusere høyfrekvent støy.

### 4 RESULTATER

En oversikt over måleområdet er vist i kartbilag -01 (målestokk 1:50 000). Georadaropptak og kart i målestokk 1:5000 som viser plassering av profilene er vist i kartbilag -02 og -03.

#### Profil A

Opptaket er vist i kartbilag -02. Hendelser mellom posisjon 121 og 129 representerer støy ved passering av elv. Penetrasjonsdypet er svært begrenset, og er i gjennomsnitt ca. 5 m. Det er observert fjellblotninger i måleområdet, slik at en kan forvente at fjellreflektor opptrer grunt på opptakene. Mulig fjellreflektor kan sees i følgende områder; 0-17 (1,5-3 m dyp), 33-70 (3-4,5 m dyp), 70-103 (3,5-5,5 m dyp), 108-122 (2-3 m dyp). Fra posisjon 130 til 151 sees skrå reflektorer ned til ca. 5 m dyp. Det er lite trolig at disse representerer strukturer i løsmasser, men mer trolig strukturer i fjell (oppsprekking/foliasjon). Fjelloverflaten ligger trolig for grunt (<1 m) til å kunne sees direkte på opptaket i dette området. Størst dyp til fjell er det trolig mellom posisjon 80 og 95 (4,5-5,5 m), men det er vanskelig å si om løsmassene over er egnet for uttak av grunnvann. Grunnvannsspeil kan sees som en reflektor på ca. 2,5 m dyp i det samme området.

#### Profil B

Opptaket er vist i kartbilag -02. Mellom posisjon 75 og 100 sees en traufomet struktur som representerer myr. Bunnen av myra sees som en kraftig reflektor i nivå 50-90 ns mellom posisjon 78 og 100). Erfaring tilsier at EM-bølgehastighet i myr kan være helt nede i 0,04 m/ns. Dyp til bunnen av myra kan da være i størrelsesorden 0,5-2 m. Støy mellom posisjon 149 og 152 skyldes passering av elv. Mulig fjellreflektor sees i følgende områder; 0-13 (2,5-3 m dyp), 20-34 (3-4 m dyp), 44-75 (2,5-4 m dyp), 78-100 (3,5-5 m dyp), 100-133 (2-3,5 m dyp), 135-160 (2,5-3 m dyp), 160-170 (ca.

2,5 m dyp). Grunnvannsspeil sees i følgende områder; 0-6 (ca. 2 m dyp), 25-42 (2-3 m dyp), 53-74 (ca. 2,5 m dyp). Ellers ligger grunnvannsspeil for grunt til å kunne sees på opptaket. Dersom en ser bort fra myrområdet, ser dyp til fjell ut til å være størst i områdene 50-60 (3-4 m dyp) og 110-115 (ca. 3,5 m dyp). Mellom 110 og 115 ligger grunnvannsspeil trolig grunt (< 1 m), og det kan her være 2-3 m mektighet av vannmettede løsmasser. Strukturer i løsmasser kan ikke sees, og det er derfor vanskelig å si om disse egner seg for uttak av grunnvann.

### Profil C

Opptaket er vist i kartbilag -02. Hendelser mellom posisjon 96 og 101 representerer støy som skyldes passering av elva (kobling mellom antenne og bakke er ikke tilpasset slik at resonans/antenneringing oppstår). Mellom posisjon 0 og 59 sees en markant reflektor på 3-3,5 m dyp som sannsynligvis representerer grunnvannsspeil. Dette er i overensstemmelse med hastighetsanalysen som er utført ved posisjon 55, der det ble anslått at grunnvannsspeil opptrer ved ca. 50 ns. Reflektor på 95 ns representerer trolig fjell. Mellom posisjon 59 og 64 heller terrenget nedover, og viser at grunnvannsspeil skråer mot overflaten til 2,5 m dyp. Fra posisjon 80 ligger grunnvannsspeil for nær overflaten til å kunne sees på opptaket. Fjell sees som en svak, uregelmessig reflektor på 3,5-5 m dyp mellom posisjon 0 og 62. For resten av profilet er plasseringen av fjellreflektoren mer uklar. Mellom 75 og 85 sees en markant reflektor på 3-3,5 m dyp som kan representere fjell. Mellom posisjon 85 og 110 opptrer en nær horisontal reflektor på 6-6,5 m dyp. Det antas imidlertid å være mindre sannsynlig at dette er fjellreflektoren. En reflektor mellom 93 og 110 (4-4,5 m dyp) er kraftig og uregelmessig og kan representere fjell i dette området. Størst mektighet av vannmettede løsmasser opptrer trolig mellom posisjon 78 og 82 (2-2,5 m dyp). En kan imidlertid ha større mektighet mot enden av profilet, men dette er svært usikkert.

### Profil D

Opptaket er vist i kartbilag -03. Grunnvannsspeil kan følges fra starten av profilet (posisjon 0, 3 m dyp) til posisjon 97 (ca. 1,5 m dyp). Tilsynelatende helning på grunnvannsspeil mellom posisjon 65 og 70 er i overensstemmelse med tilsvarende helning på overflaten. Dyp til grunnvannsspeil ved posisjon 65 er ca. 4 m. Mulig fjellreflektor ligger trolig tett opp mot grunnvannsspeil langs store deler av profilet, og kan antydes i følgende områder; 0-8 (ca. 4 m dyp), 50-53 (ca. 4 m dyp), 78-107 (2,5-3,5 m dyp). Blottet fjell er observert ved posisjon 117. Antatt størst mektighet av vannmettede løsmasser opptrer i området 90-100 (1,5-2,5 m mektighet).

### Profil E

Opptaket er vist i kartbilag -03. En skrå, lineær hendelse mellom posisjon 155 og 180 er trolig refleksjon fra objekt på overflaten og representerer støy. Grunnvannsspeil kan sees stort sett gjennom hele opptaket, men opptrer mest tydelig i områdene 35-218 (3-4,5 m dyp) og 245-290 (3-3,5 m dyp). I de øvrige områder ligger grunnvannsspeil for grunt til å kunne sees tydelig på opptaket. Fjellreflektoren ligger trolig svært nær grunnvannsspeilsreflektoren flere steder, og er derfor vanskelig å plassere. Mulig fjellreflektor sees i områdene 35-75 (4-6 m dyp) og 100-133 (4-6 m dyp).

Størst mektighet av vannmettede løsmasser opptrer trolig i området 55-64 (ca. 2 m) og 120-130 (ca. 2-2,5 m).

## 5 KONKLUSJON

Ved Thomaselv i Vadsø, Finnmark fylke, er det utført georadarmålinger langs fem profiler for å finne områder med størst mektighet av vannmettede løsmasser for uttak av grunnvann. Langs de målte profiler er det trolig størst mektighet av vannmettede løsmasser i følgende områder;

Profil A: 80-95 (2-3 m mektighet)

Profil B: 110-115 (2-3 m mektighet)

Profil C: 78-82 (2-2,5 m mektighet)

Profil D: 90-100 (1,5-2,5 m mektighet)

Profil E: 55-64 (2 m mektighet)

Profil E: 120-130 (2-2,5 m mektighet)

Georadaropptakene gir ingen entydig informasjon om hvilke(n) type(r) avsetning(er) en har i området. For å få undersøkt dette anbefales gravinger i følgende områder;

Profil A: 80-95 (ca. 40-55 m vest for elva)

Profil C: 78-82 (ca. 15-20 m vest for elva)

Profil E: 120-125 (like vest for veg)

En vurdering av mulighetene for å ta ut grunnvann vil bli foretatt etter at eventuell graving er utført.

## **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 refleksor 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 refleksor 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  $\epsilon_r$  er det relative dielektrisitetsstallet.  $\epsilon_r$ -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for  $\epsilon_r$  i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne i de samme media.

Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil

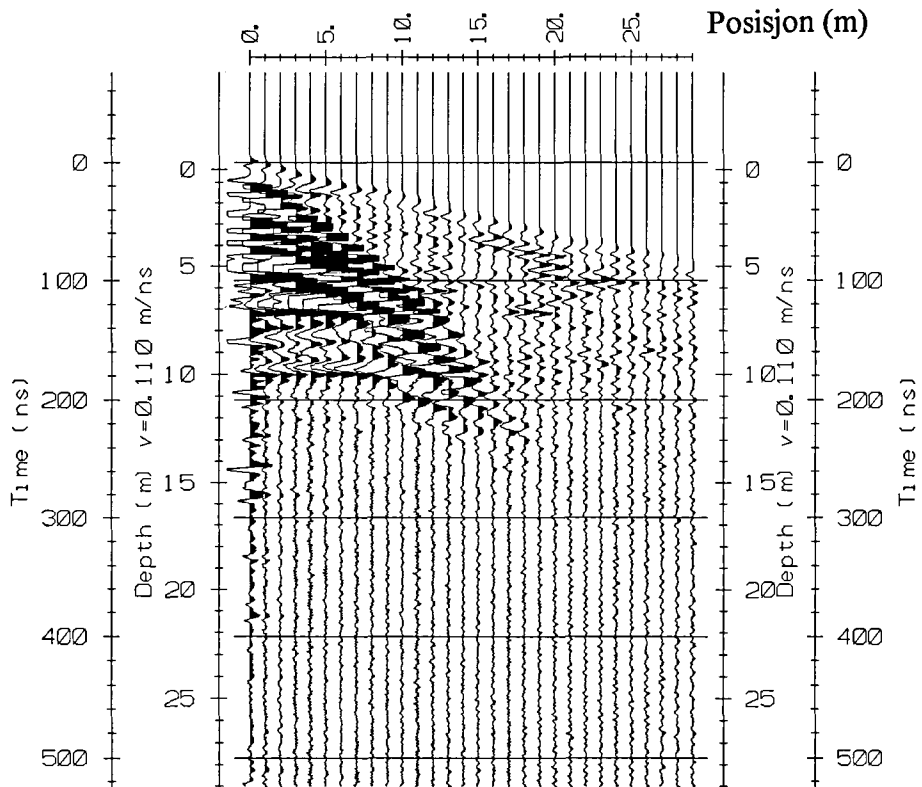


føre til hurtigere dempning av bølgepulsene og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin silt og leire vil penetrasjonen være helt ubetydelig. I dårlig ledende materiale som f.eks. tørr sand, kan det forventes en dybderekkevidde på flere titalls meter når det benyttes en lavfrekvent antenne (f.eks. 50 eller 100 Mhz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

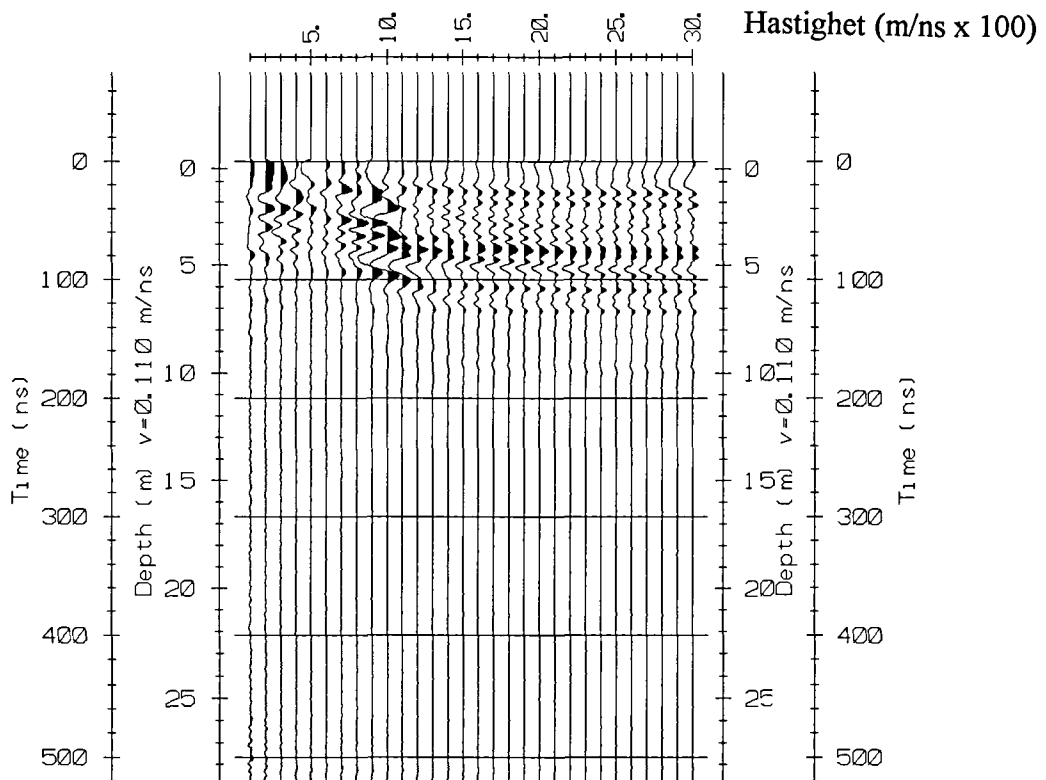
<i>Medium</i>	$\epsilon_r$	$v$ (m/ns)	<i>ledningsevne (mS/m)</i>
<i>Luft</i>	<i>1</i>	<i>0.3</i>	<i>0</i>
<i>Ferskvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>0.1</i>
<i>Sjøvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>1000</i>
<i>Leire</i>	<i>5-40</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-300</i>
<i>Tørr sand</i>	<i>5-10</i>	<i>0.09-0.14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

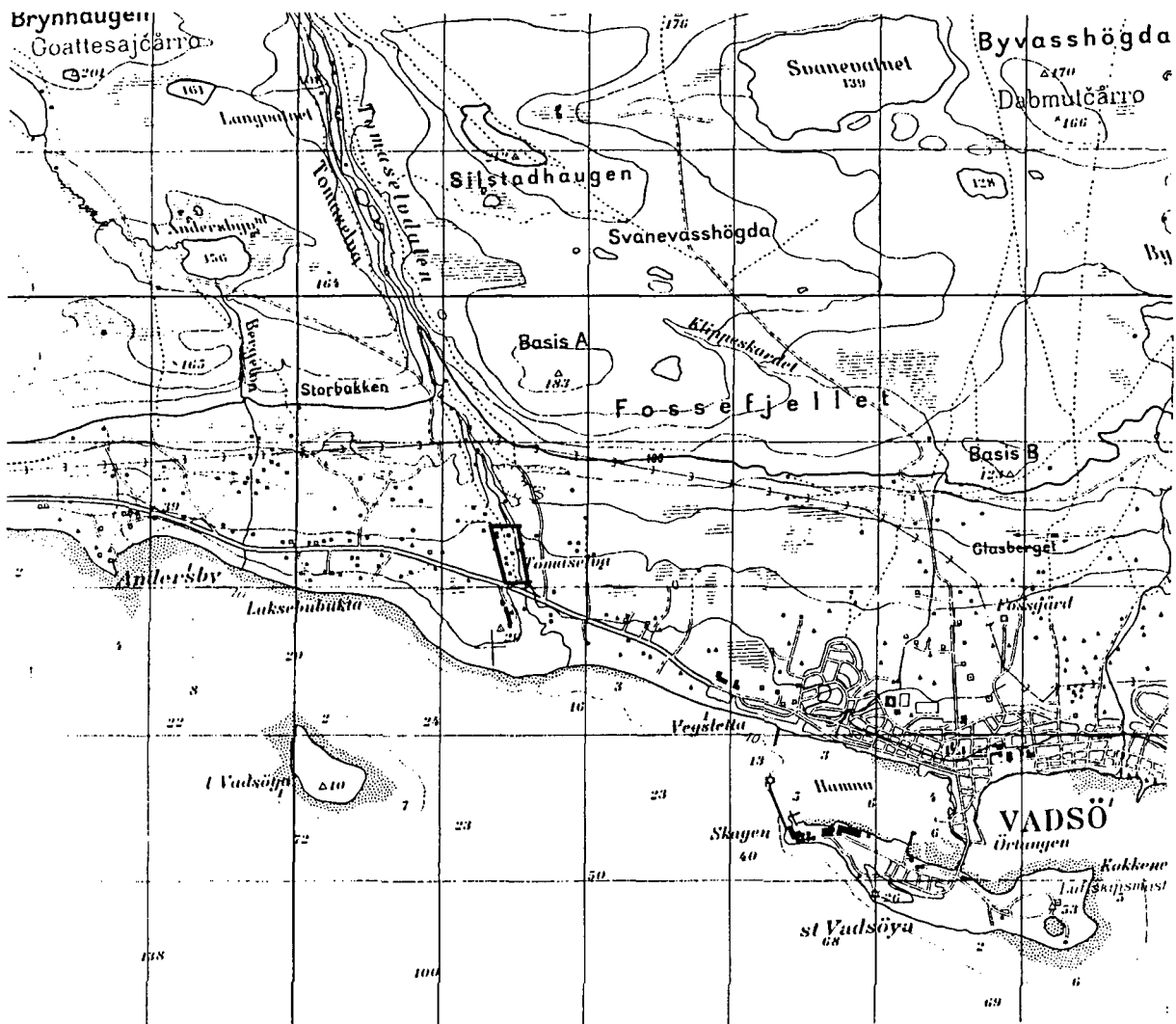
Tabell over relativt dielektrisitetstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.


### CMP-opptak, Thomaselv



### Hastighetsanalyse





 Undersøkt område

FORSVARETS BYGNINGSTJENESTE, HARSTAD  
OVERSIKTSKART

THOMASELV, VADSØ

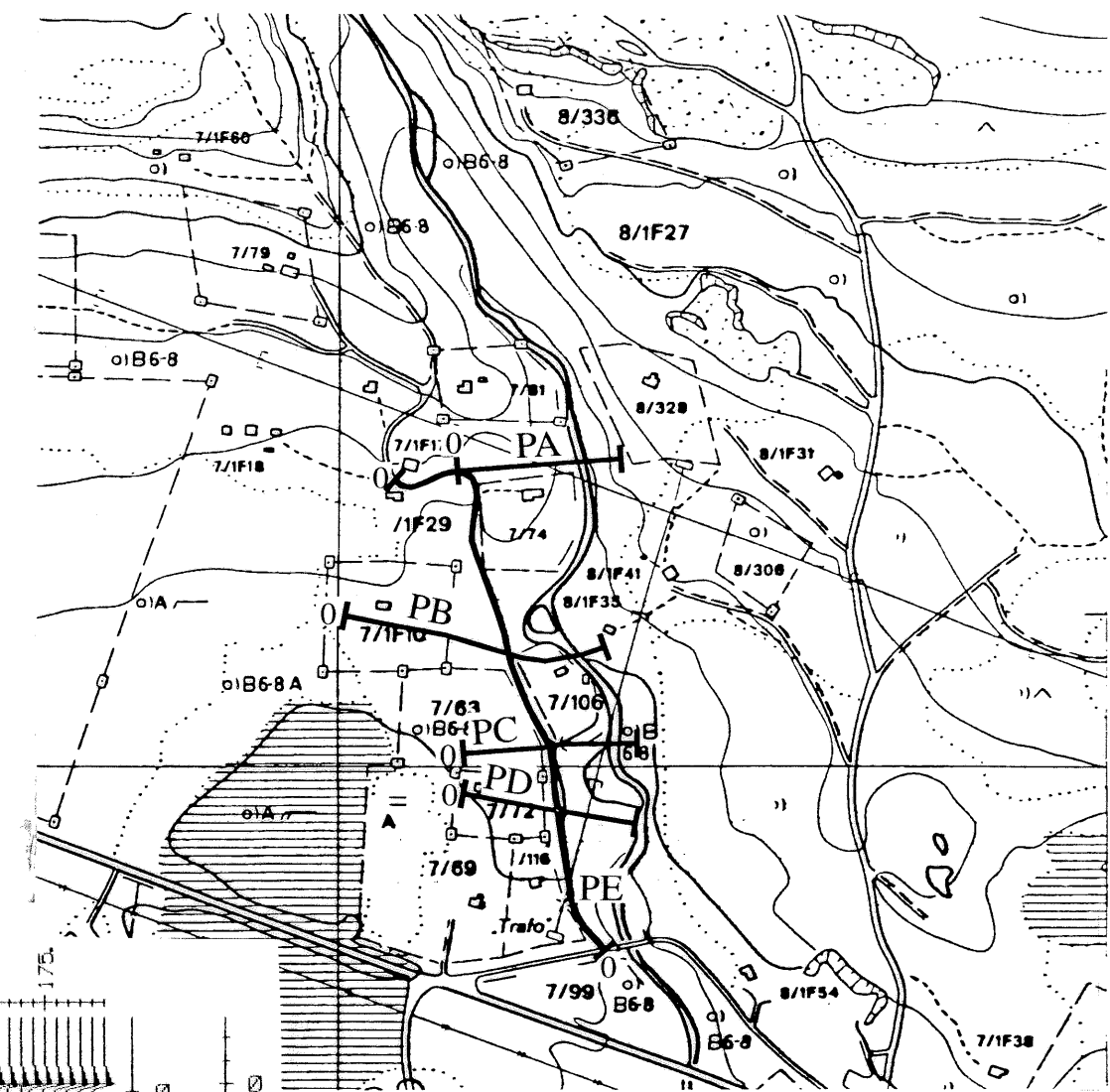
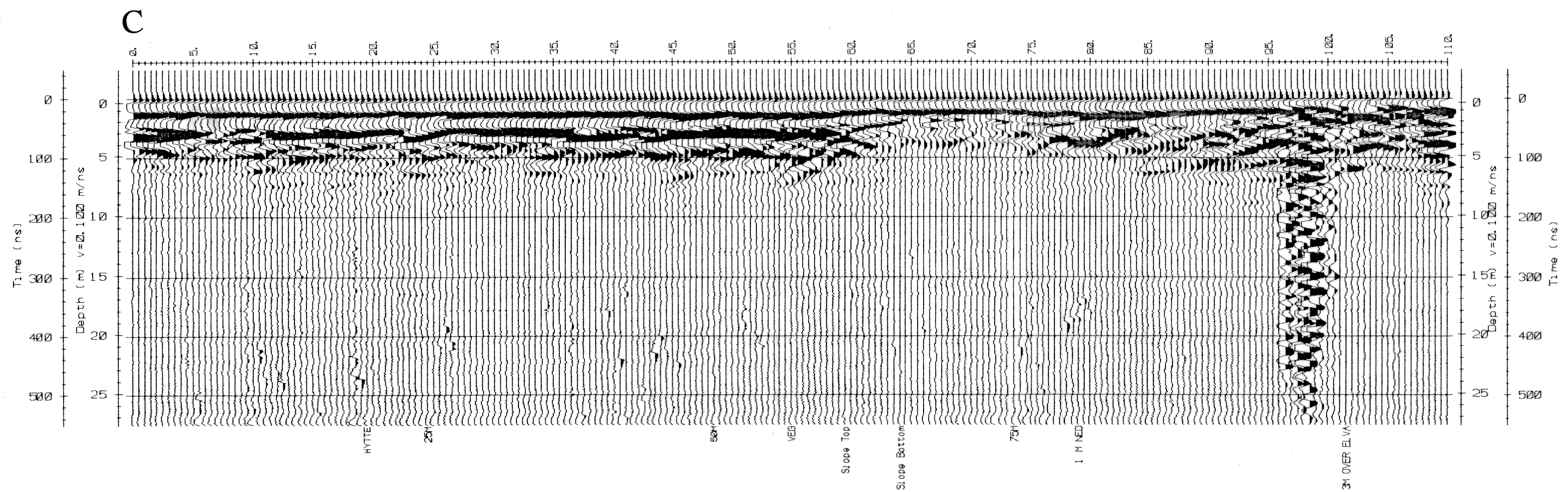
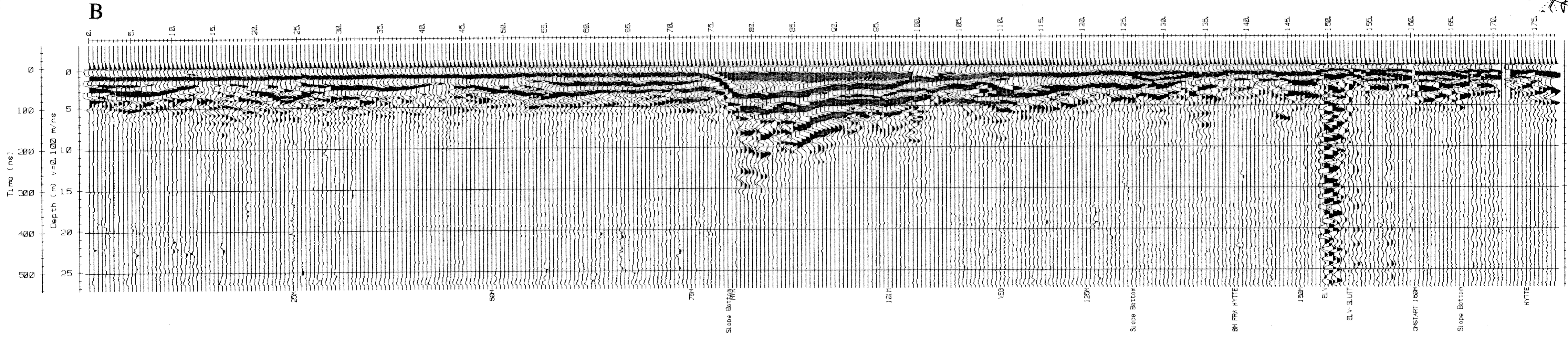
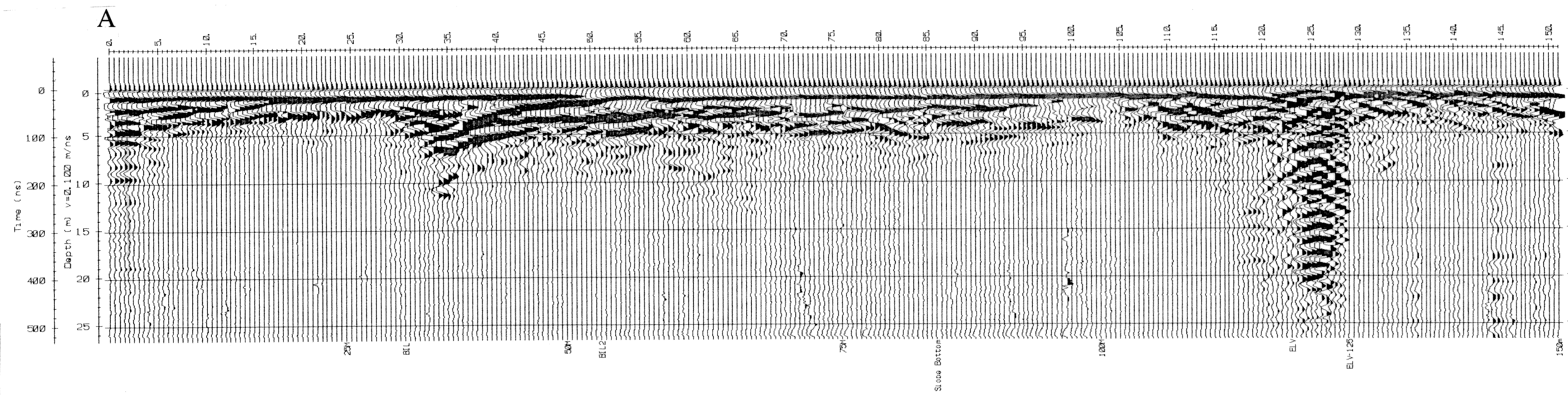
VADSØ KOMMUNE, FINNMARK

MÅLESTOKK  1:50 000	MÅLT JSR	Juli -95
	TEGN EM	Sept. -95
	TRAC	
	KFR	

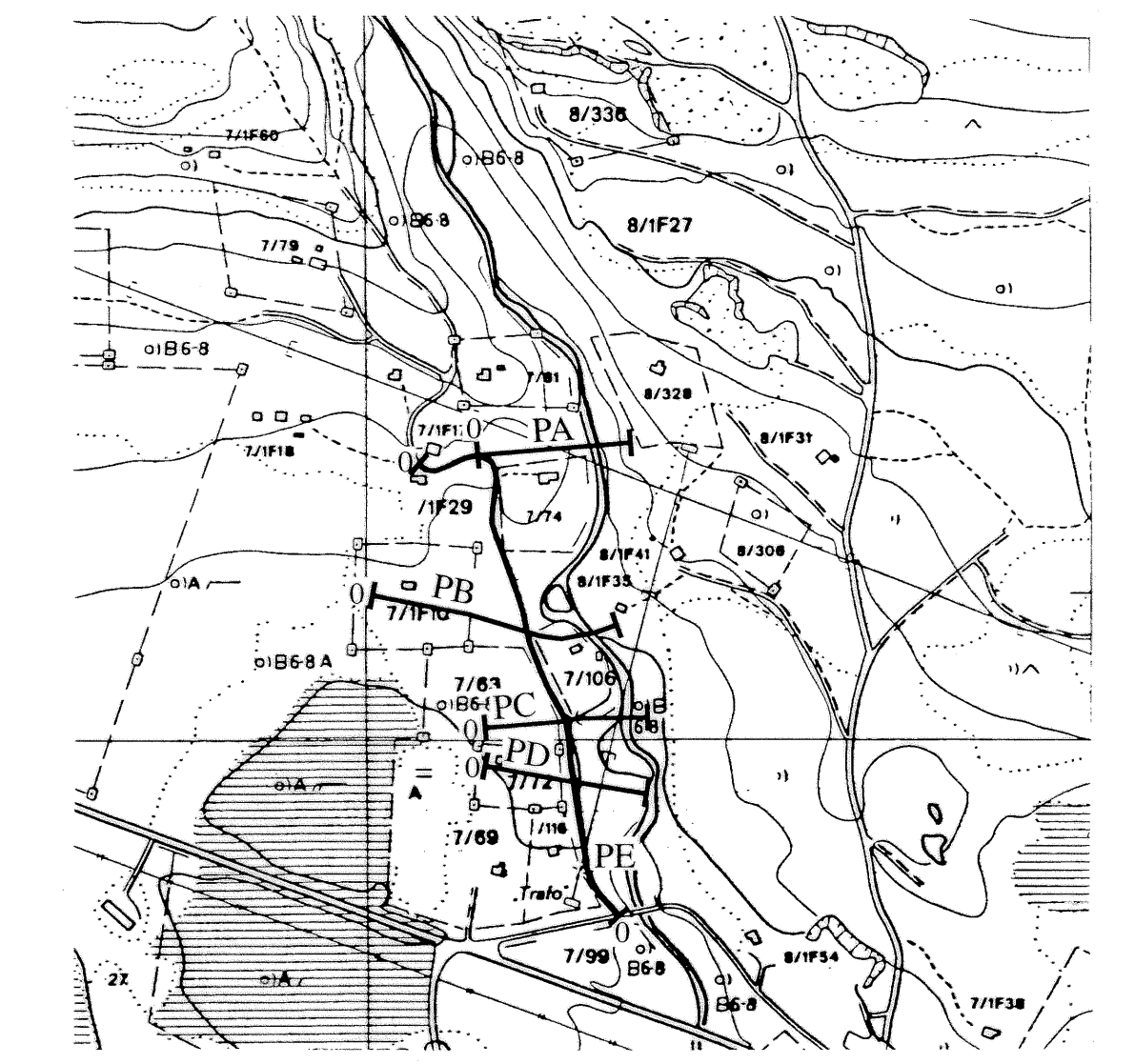
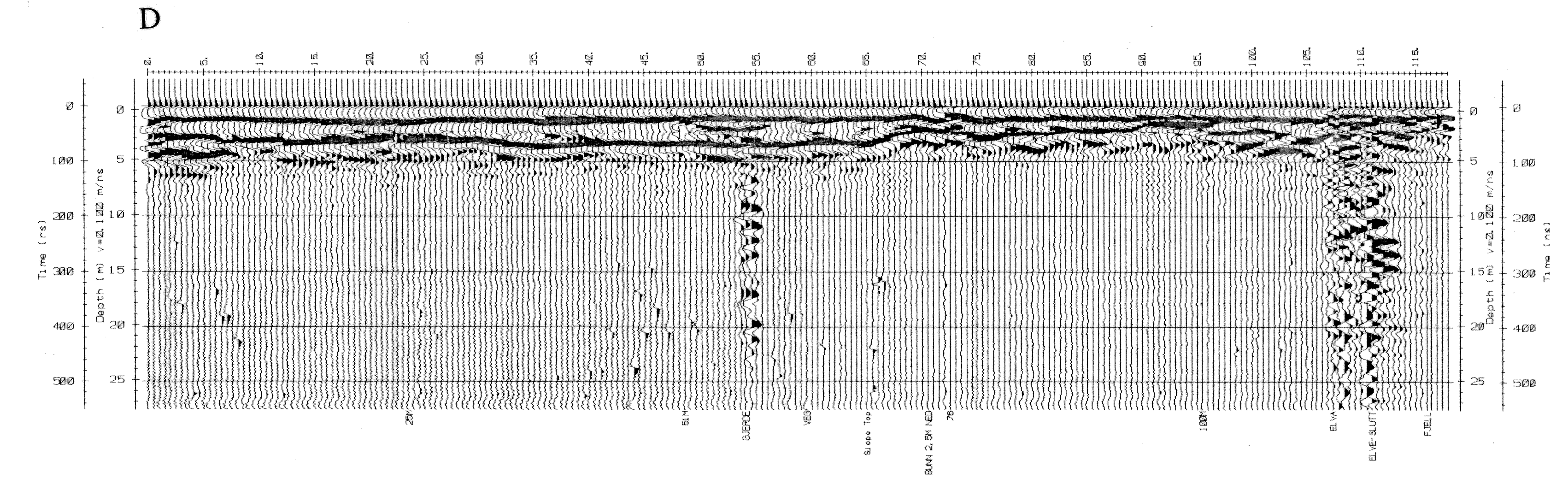
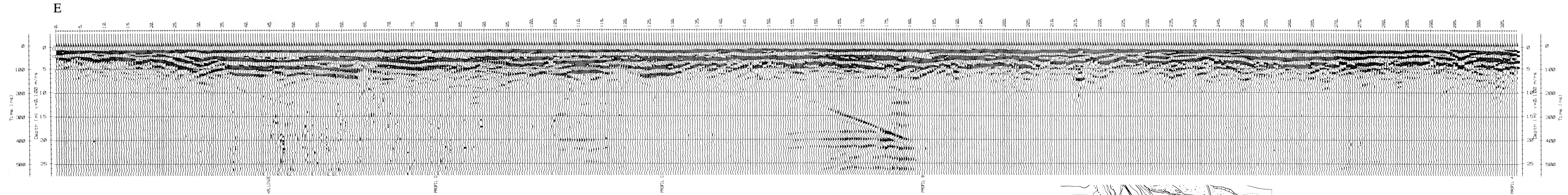
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

TEGNING NR  
95.113-01

KARTBLAD NR  
2435 III



FORSVARETS BYGNINGSTJENESTE, HARSTAD GEORADAROPPTAK, PROFIL A, B OG C <b>THOMASELV, VADSØ</b> VADSØ KOMMUNE, FINNMARK	MÅLESTOKK	MÅLT JSR	Juli -95
	1:5000 (Kart)	TEGN EM	Sept. -95
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TRAC		
	KFR		
TEGNING NR. 95.113-02	KARTBLAD NR. 2435 III		



FORSVARETS BYGNINGSTJENESTE, HARSTAD		MÅLESTOKK	MÅLT JSR	juli -95
GEORADAROPPTAK, PROFIL D OG E		1:5000	TEGN. EM	Sept. -95
<b>THOMASELV, VADSØ</b>		(Kart)	TRAC.	
VADSØ KOMMUNE, FINNMARK			KFR.	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
TRONDHEIM.		95.113-03	2435 III	