

NGU-rapport 92.114

Georadarundersøkelser
i Hol kommune, Buskerud.

Rapport nr. 92.114		ISSN 0800-3416		Åpen/Portrett XXXXXXXX																										
Tittel: Georadarundersøkelser i Hol kommune, Buskerud.																														
Forfatter: Janusz Koziel Jan S. Rønning			Oppdragsgiver: Hol Kommune																											
Fylke: Buskerud			Kommune: Hol																											
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Odda			Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1516 II Geilo																											
Forekomstens navn og koordinater:			Sidetall: 18		Pris: kr.45-																									
			Kartbilag: 5																											
Feltarbeid utført: nov. 1991		Rapportdato: 19.02.1992		Prosjektnr.: 63.2372.00																										
			Seksjonssjef: <i>Jan S. Rønning</i>																											
Sammendrag:																														
<p>I et samarbeid med Hol Kommune er det utført georadarmålinger ved 5 lokaliteter i kommunen. Hensikten var dels å kartlegge mektighet av aquifer (Smestad) og dels dyp til fjell.</p> <p>Ved Smestad indikeres reduksjon i aquiferens mektighet når en beveger seg bort fra Holsfjorden. Ved lokalitetene Slåttagutu, Tuftelia og Øvre Hol indikeres variasjoner i løsmassens mektighet, men på grunn av uheldig frekvens på antenne og ugunstig geologi er tolkningene usikre og må etterprøves med sonderboringer. Ved Hol Kyrkje ga georadarmålingene ingen informasjon.</p> <p>Forekomstenes navn og koordinater:</p> <table border="1"> <tr> <td>Smestad</td> <td>UTM</td> <td>32V</td> <td>4606</td> <td>67198</td> </tr> <tr> <td>Geilo, Slåttagutu</td> <td>UTM</td> <td>32V</td> <td>4567</td> <td>67117</td> </tr> <tr> <td>Tuftelia</td> <td>UTM</td> <td>32V</td> <td>4540</td> <td>67108</td> </tr> <tr> <td>Øvre Hol</td> <td>UTM</td> <td>32V</td> <td>4615</td> <td>67208</td> </tr> <tr> <td>Hol kyrkje</td> <td>UTM</td> <td>32V</td> <td>4643</td> <td>67184</td> </tr> </table>						Smestad	UTM	32V	4606	67198	Geilo, Slåttagutu	UTM	32V	4567	67117	Tuftelia	UTM	32V	4540	67108	Øvre Hol	UTM	32V	4615	67208	Hol kyrkje	UTM	32V	4643	67184
Smestad	UTM	32V	4606	67198																										
Geilo, Slåttagutu	UTM	32V	4567	67117																										
Tuftelia	UTM	32V	4540	67108																										
Øvre Hol	UTM	32V	4615	67208																										
Hol kyrkje	UTM	32V	4643	67184																										
Emneord		Grunnvann																												
Geofysikk		Løsmasser																												
Georadar		Mektighet		Fagrapport																										

INNHOLD

	Side
1. INNLEDNING	4
1.1 Formål med undersøkelsen	4
1.2 Tidligere undersøkelser i området	4
2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE	4
3. RESULTATER	5
3.1 Hastighetsanalyse	5
3.2 Profildata	5
3.3 Tolkning av georadaropptak	5
4. KONKLUSJON	7
Referanser	8

Tekstbilag

1.Georadar - metodebeskrivelse

Databilag

- 1.Hastighetsanalyse ved Øvre Hol
- 2.Georadarprofiler B1 og B2
- 3.Georadarprofiler J1 og J2
- 4.Georadarprofil V1
- 5.Georadarprofil V2
- 6.Georadarprofil K1

Kartbilag

- 92.114-01 Oversiktkart; Smedstad, Hol
- 92.114-02 Oversiktkart; Slåttagutu, Geilo
- 92.114-03 Oversiktkart; Tuffelia, Geilo
- 92.114-04 Oversiktkart; Øvre Hol
- 92.114-05 Oversiktkart; Hol kyrkje, Hol

1. INNLEDNING

1.1 Formål med undersøkelsen

Geofysiske georadarmålinger på Geilo og Hol er utført i et samarbeid med Hol Kommune. Formålet var å kartlegge dyp til fjell i forbindelse med planlagt bygging av tekniske anlegg. Målingene ble utført av Janusz Koziel fra 23 til 25/11-91 med assistanse av: Trond Bølstad, Arnulf Martinussen og Arve Heistad fra Hol kommune.

1.2 Tidligere undersøkelser i området

Etter oppdrag fra Hol kommune har NGU foretatt en hydrogeologisk vurdering av muligheter til å anlegge grunnvannsbrønner i Geilo, Hovet og andre områder i Hol kommune. Undersøkelsene ble gjennomført høsten 1988 (Malme & Klemetsrud 1989). Oppfølgende undersøkelser ble gjennomført i oktober 1989 (Malme & Klemetsrud 1990). I forbindelse med hydrogeologiundersøkelser høsten 1991 er det utført georadarmålinger (Koziel 1991).

2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE

Beskrivelse av georadarmålinger og teoretiske prinsipper er vedlagt i tekstbilag.

Georadaren som ble benyttet var av typen PulseEKKO IV (Sensors & Software Inc.).

Antennens senderfrekvens var på 50 MHz. Samplingsintervallet var 0.8 ns. I alt ble det målt 7 profiler. Profilnummer, sted, profillengde, flyttavstand og antall stacks framgår av tabell 1. I tillegg ble det målt 1 opptak for hastighetsanalyse (CMP-opptak;"common midt-point"). Tabell 2 viser profilnummer, posisjon og andre opptaksparametre for utført CMP-måling. Lokalisering av profilene framgår av kartbilag 92.114-01 til -05.

<u>Profil</u>	<u>Sted</u>	<u>Lengde(m)</u>	<u>Flyttavstand(m)</u>	<u>Stacks</u>
B1	Hol, Smedstad	137	1.8	32
B2	Hol, Smedstad	153	1.8	32
J1	Geilo, Slåttagutu	45	1.0	32
J2	Geilo, Slåttagutu	35	1.0	32
V1	Geilo, Tuftelia	151	1.8	64
V2	Hol, Øvre Hol	947	1.8	64
K1	<u>Hol, Hol kyrkje</u>	<u>60</u>	1.8	64
	Samlet lengde:	1 528		

Tabell 1: Oversikt over profiler og opptaksparametre

<u>Profil</u>	<u>Sted</u>	<u>Posisjon</u>	<u>Flyttavstand(m)</u>	<u>Stacks</u>
V2	Hol, Øvre Hol	810	1.0	64

Tabell 2: Oversikt over utført CMP-måling

3. RESULTATER

3.1 Hastighetsanalyse

CMP - opptak for hastighetsanalyse ved Øvre Hol er vist i databilag 1. Datakvaliteten ved CMP - målingen var god og ga mulighet til å bestemme gjennomsnittshastighet (V_{RMS}) til ulike reflektorer. Både hastigheter av reflekterte bølger og hastigheter til direkte bølge i bakken mellom sender og mottaker er identifiserbare.

Hastigheter etter CMP - opptak og hastighetsanalyse.

Databilag	Profil	Posisjon (m)	Reflektor	Tid(ns)	V_{RMS} (m/ns)
1.1	V2	810	direkte		0,1
			1	80	0,11
			2	120	0,11
			3	180	0,1

Tabell 3: Hastighetsanalyse basert på direkte og reflekterte bølger.

3.2 Profildata

De målte georadarprofilene er plottet i databilag 2 til 6. Dybdeangivelse er basert på hastighetsanalyser enten ved denne undersøkelsen eller ved tidligere rapportert undersøkelse (Koziel 1991).

3.3 Tolkning av georadaropptak

SMESTAD

Kartbilag 92.114-01 viser lokalisering av georadarprofilene B1 og B2. Profilene ble målt ved Holsfjorden i et område som er planlagt benyttet til uttak av grunnvann. Hensikten var å finne sted med stort dyp til fjell for å plassere (flytte) brønner.

På georadarprofil **B1** (databilag 2.1) kan man identifisere en svak reflektor på ca 17-20m dyp mellom posisjon 0 og 60 og som deretter går oppover til ca 8 m dyp ved posisjon 135. Denne reflektoren kan trolig representere overgang mellom løsmasser og fjell, eventuelt overgang til

finkornige masser. En nær horisontal reflektor på ca 2-4m dyp representerer trolig grunnvannsspeil. Andre hendelser skyldes trolig lagdeling i løsmassene.

Georadarprofil **B2** (databilag 2.2) viser samme hendelser som georadarprofil B1. Størst dyp til fjell kan trolig ligge mellom posisjon 40 og 50 (ca 15 m dyp). Begge profilene indikerer en reduksjon i aquiferens mektighet når en beveger seg bort fra Holsfjorden.

SLÅTTAGUTU

Kartbilag 92.114-02 viser lokalisering av georadarprofiler **J1** og **J2**. Hensikten var å finne dyp til fjell i forbindelse med planlagt bygging av tunnell under jernbane. Begge profilene (databilag 3) viser horisontale reflektorer på ca 2-5 m dyp som man kan anta representerer fjell. Benyttet frekvens er imidlertid lite egnet til så detaljerte målinger, og kontroll av fjelldyp må foretas før større arbeider settes i gang.

TUFTELIA

Kartbilag 92.114-03 viser plassering av georadarprofil **V1**, mens databilag 4.1 viser måleresultater. Hensikten med undersøkelse var å finne dyp til fjell i forbindelse med planlagt bygging av vannavløp. Profilet viser ingen klare reflektorer, men i to områder (ca. posisjon 22m og 85 til 105m) øker penetrasjonen. Dette kan representere økning i løsmasse-mektighet. Denne tolkningen er imidlertid svært usikker og må etterprøves ved boring.

ØVRE HOL

Kartbilag 92.114-04 viser plassering av georadarprofil **V2**, og databilag 5.1 viser måleresultater. Hensikten med undersøkelsen var å finne dyp til fjell. Måleresultatene viser liten penetrasjon, noe som kan indikere meget liten løsmassemekthet eller finkornige løsmasser. På enkelte steder kan man observere reflektert energi fra dyp ned til ca 10 m, noe som kan indikere større løsmassemektheter eller mindre finkornige avsetninger. For å avklare hva de ulike mønstrene gjenspeiler må det utføres sonderboringer.

HOL KYRKJE

Kartbilag 92.114-05 viser georadarprofil **K2**. Hensikten med undersøkelsen var å finne dyp til fjell i forbindelse med utvidelse av kirkegård. Måleresultatene (databilag 5.1) viser ingen sikre detaljer av betydning for problemstillingen.

4. KONKLUSJON

Georadarmålingene for Hol Kommune har gitt begrenset informasjon i forhold til problemstillingene.

Ved Smestad indikeres redusert mektighet av aquifer når en beveger seg bort fra Holsfjorden. Ved Slåttagutu indikeres fjell på ca 2 til 5 m dyp, men fjelldypet må kontrolleres med sonderinger før større arbeider settes i gang. Målingene ved Tuffelia og Øvre Hol viser variasjoner i penetrasjon noe som kan avspelle variasjoner i løsmassemekktigheten, men også her må tolkningene etterprøves med sonderinger. Undersøkelsene ved Hol Kyrje ga ingen pålitelig informasjon.

Trondheim, 19/02-92

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSER

Gruppe for geofysikk



Janusz Koziel
Overingeniør



Jan S. Rønning
Fagsjef

Referanser

Malme, B. & Klemetsrud, T. 1989: Grunnvannsundersøkelser i Hol kommune. NGU-rapport 89.084.

Malme, B. & Klemetsrud, T. 1990: Grunnvannsundersøkelser i Hol kommune. Oppfølgende undersøkelser høsten 1989. Resultater fra NGUs oppdrag i Hol kommune. Arkivnr.: 52.2372.00

Koziel, J. 1991: Undersøkelse av grunnvann i Hol kommune, Buskerud. Georadarmålinger. NGU-rapport 91.277.

PulseEKKO IV User's Guide. Technical Manual 12. Sensors & Software Inc., Canada.

PulseEKKO IV Velocity Analysis User's Guide. Technical Manual 15. Sensors & Software Inc., Canada.

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 CMP-målinger ('common mid-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 CMP-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;

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

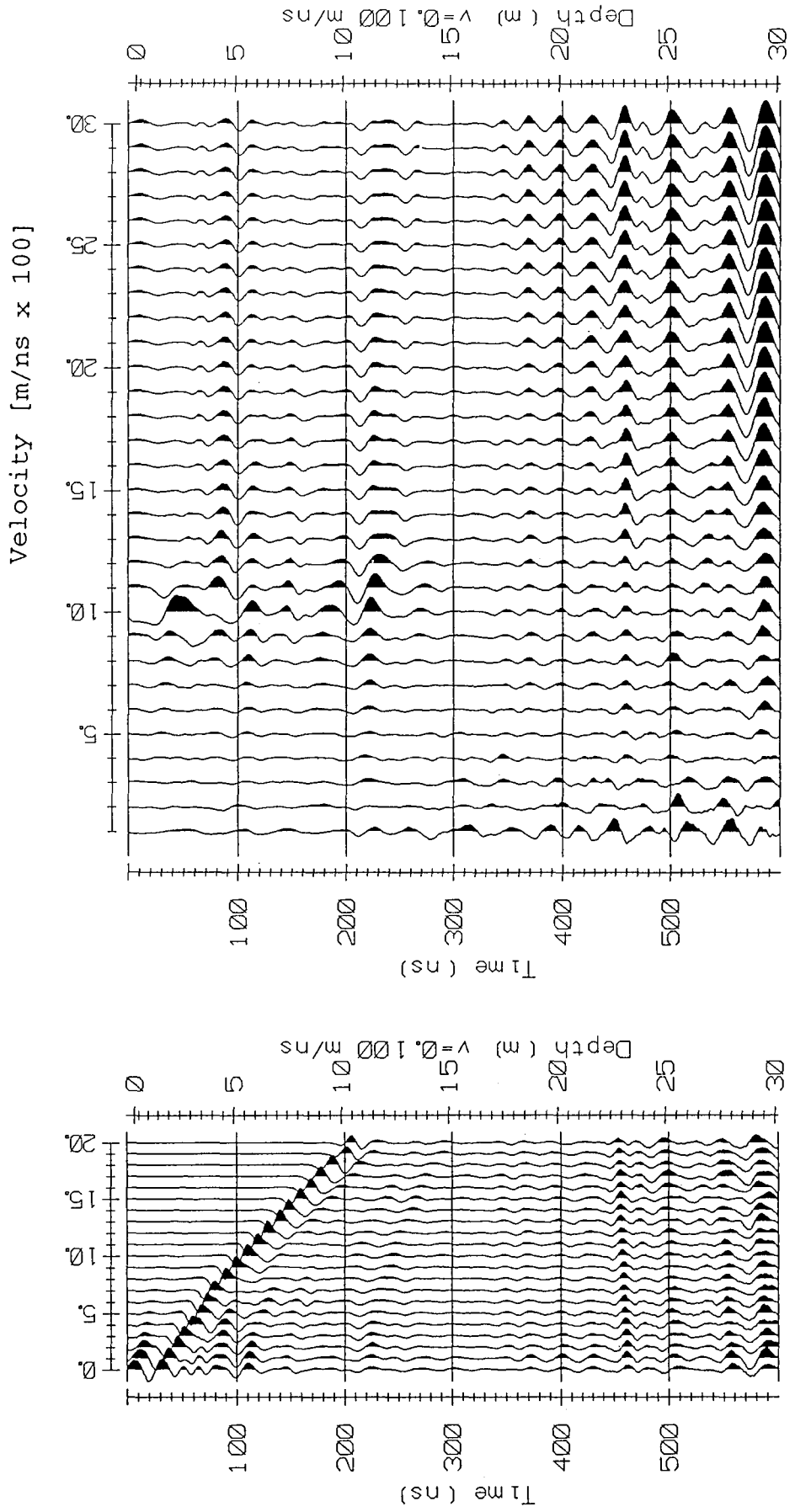
hvor ϵ_r er det relative dielektrisitetsstallet. ϵ_r -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for ϵ_r i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne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

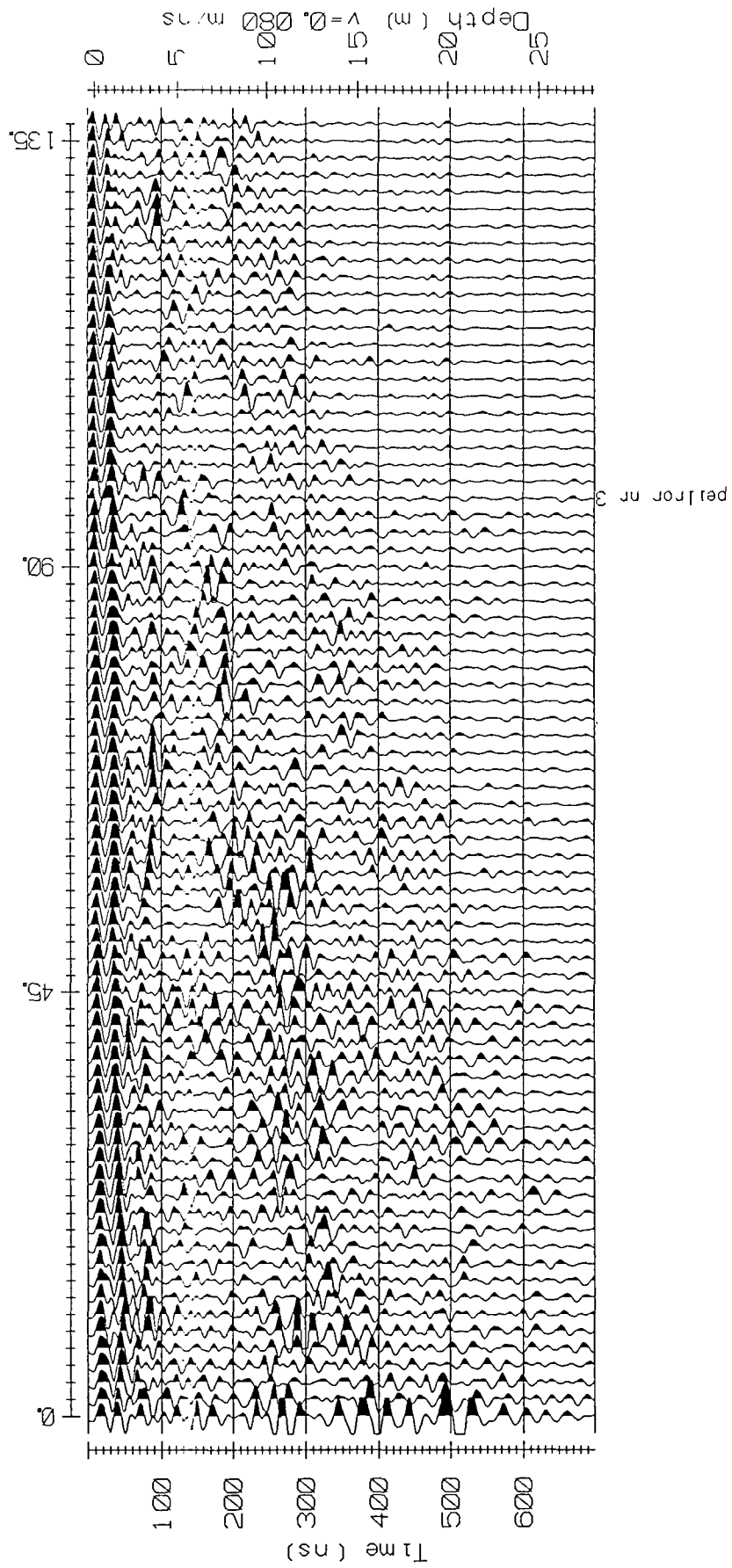
<u>Medium</u>	<u>ϵ_r</u>	<u>v (m/ns)</u>	<u>ledningsevne (mS/m)</u>
Luft	1	0.3	0
Ferskvann	81	0.033	0.1
Sjøvann	81	0.033	1000
Leire	5-40	0.05-0.13	1-300
Tørr sand	5-10	0.09-0.14	0.01
Vannmettet sand	15-20	0.07-0.08	0.03-0.3
Silt	5-30	0.05-0.13	1-100
Fjell	5-8	0.10-0.13	0.01-1

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

Georadar, CMP - opptak og hastighetsseksjon, Øvre Hol, Hol kommune
 profil V2, posisjon 810



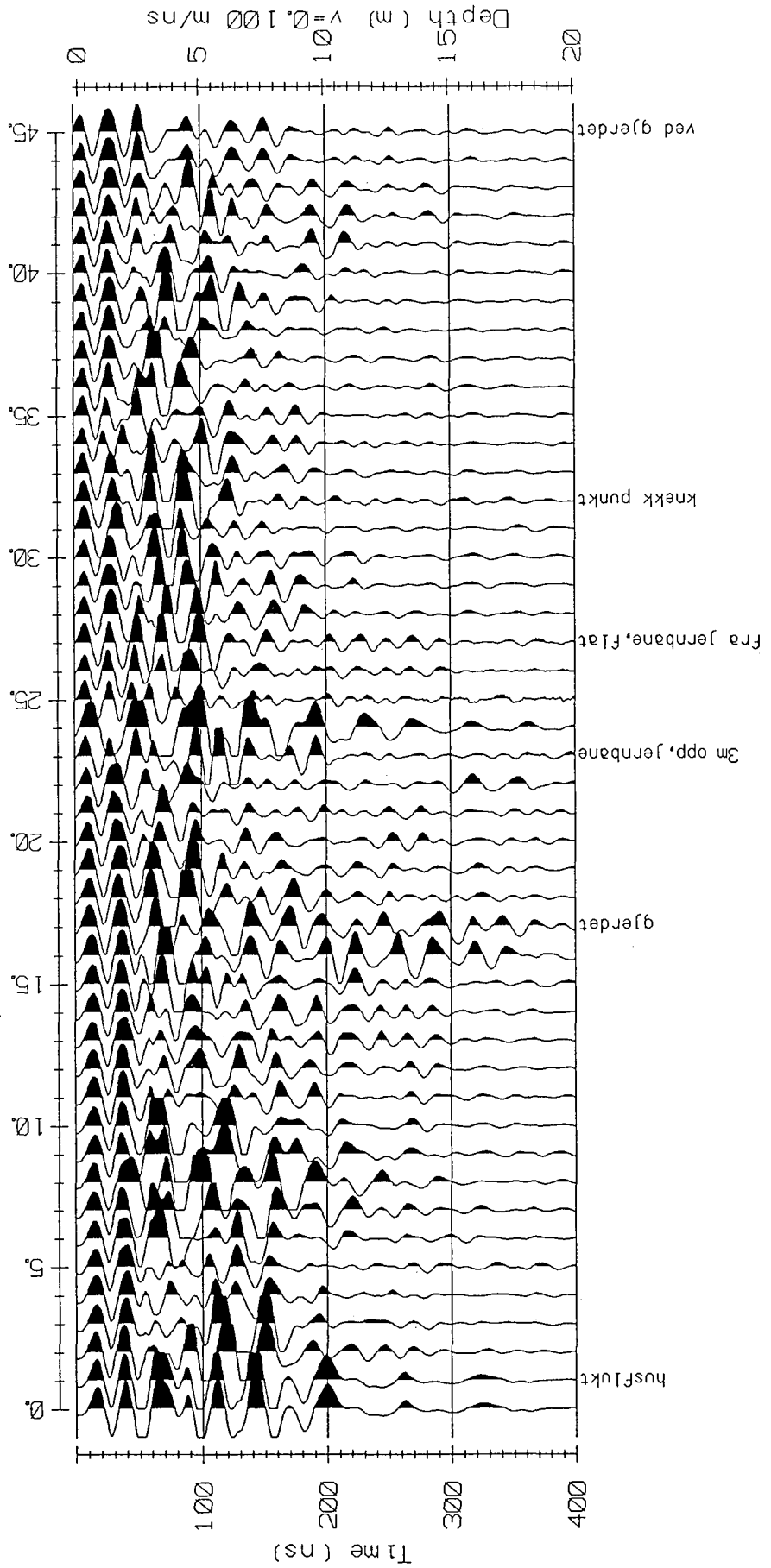
Georadarprofil B1.Hol, Smestad, Hol kommune



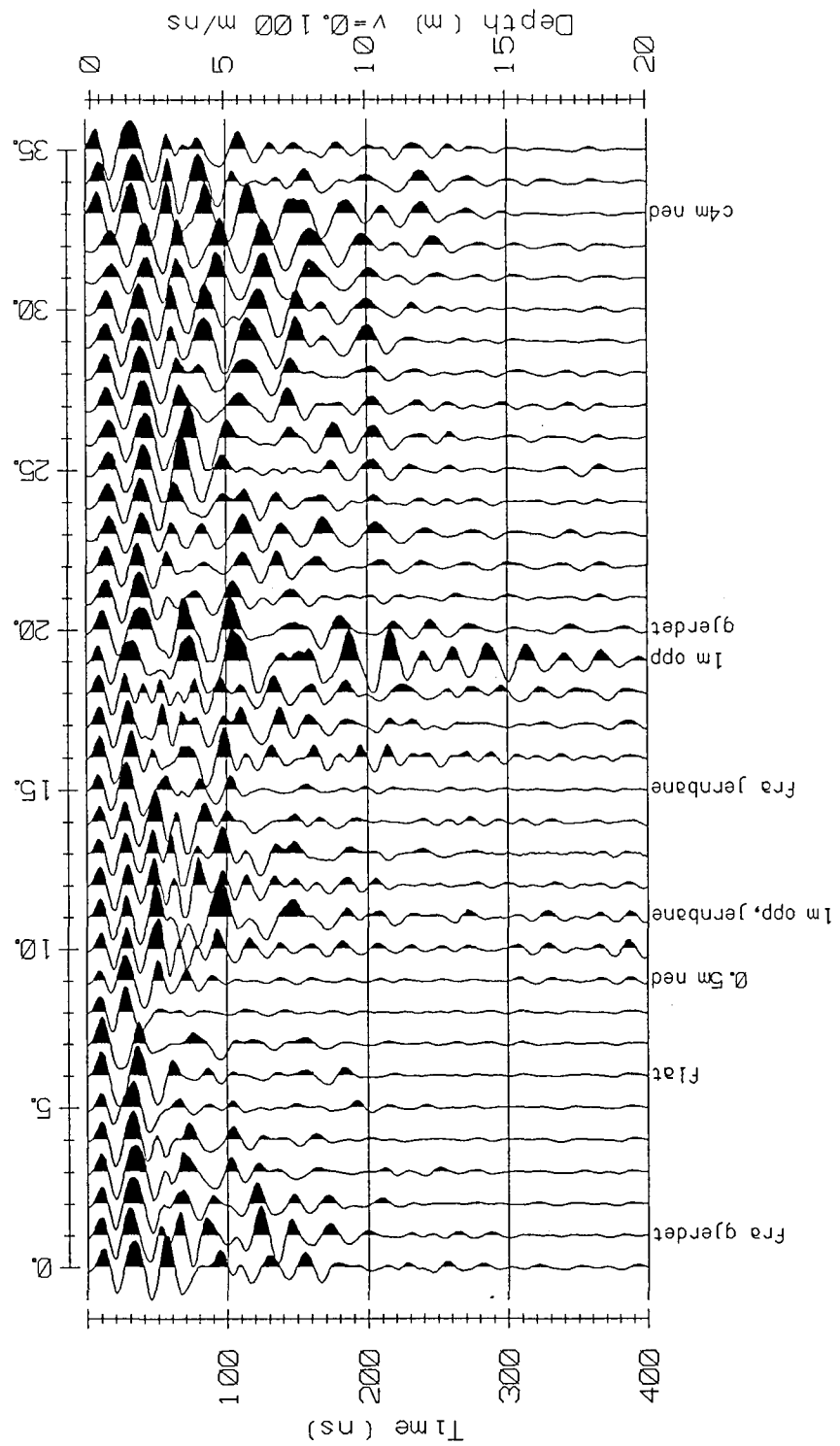
Georadarprofil B2.Hol, Smestad, Hol kommune



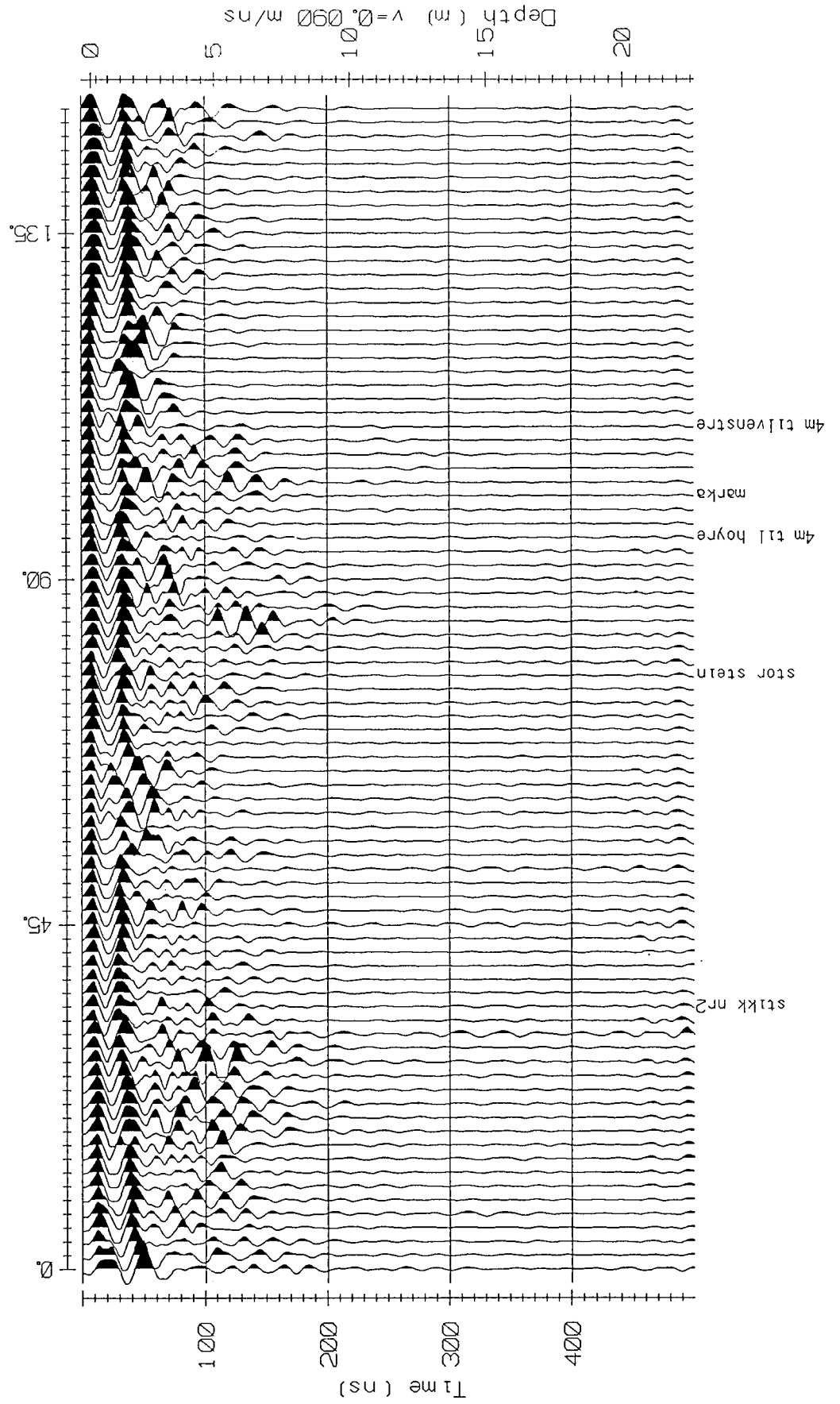
Georadarprofil J1.Geilo,Slåttagutu,Hol kommune



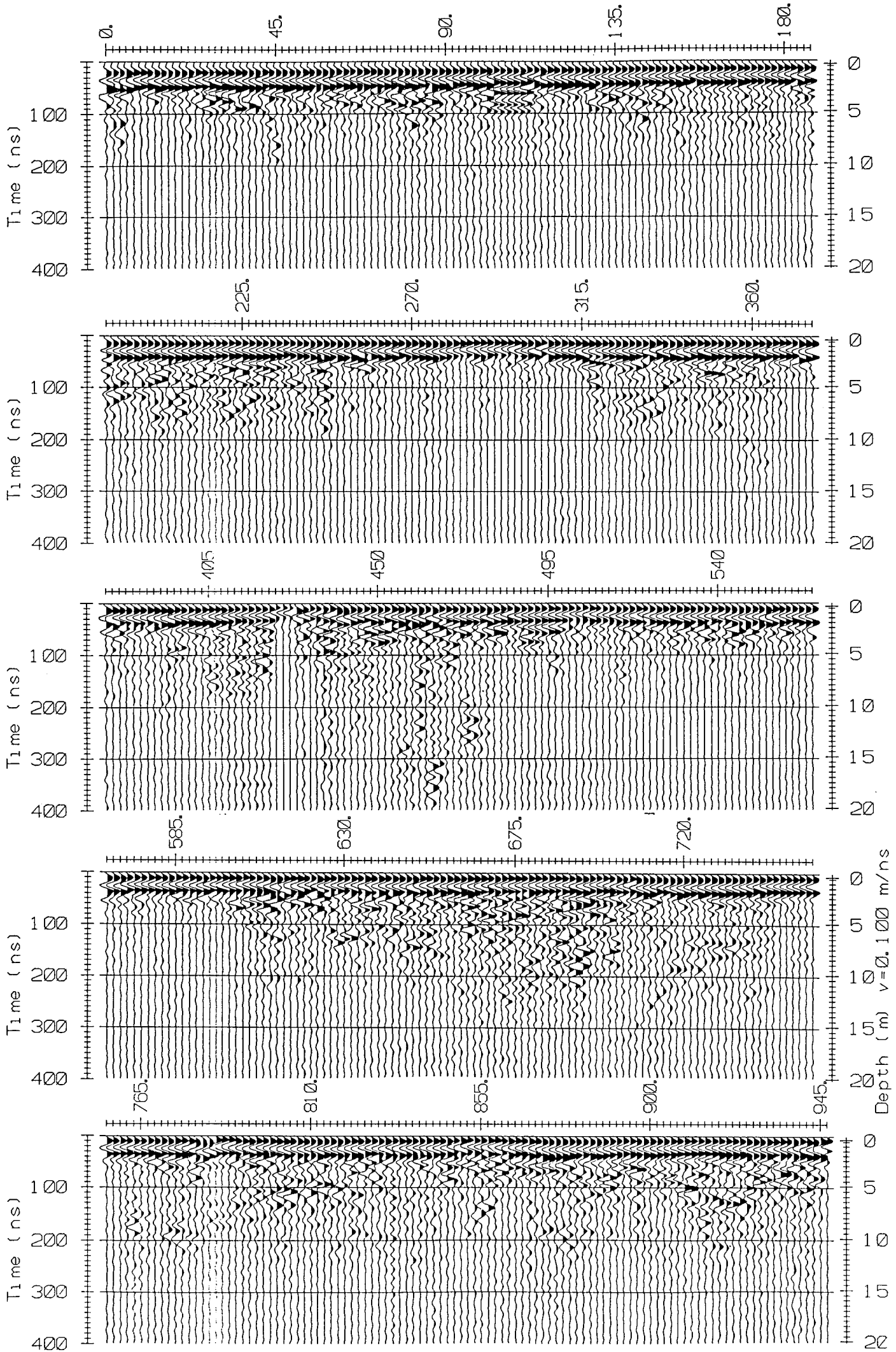
Georadarprofil J2.Geilo, Slåttagutu, Hol kommune



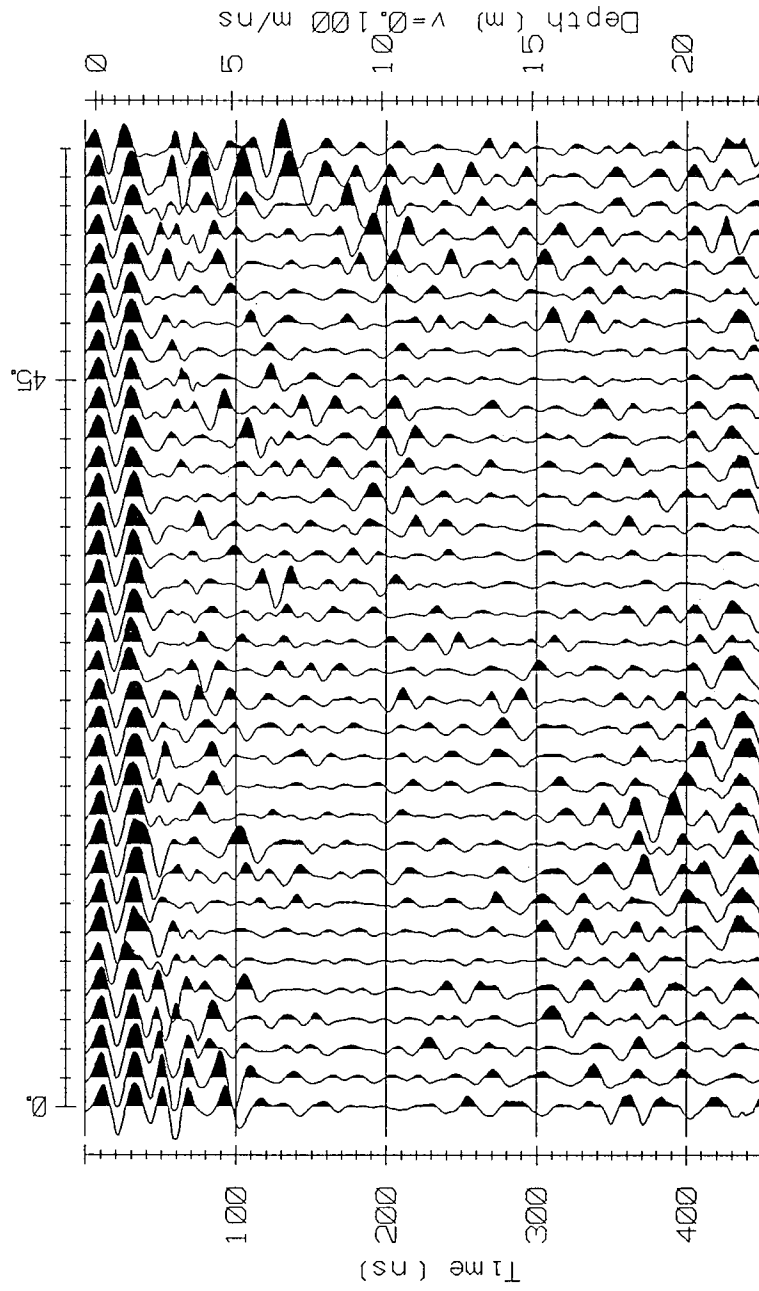
Georadarprofil V1.Geilo,Tuftelia,Hol kommune

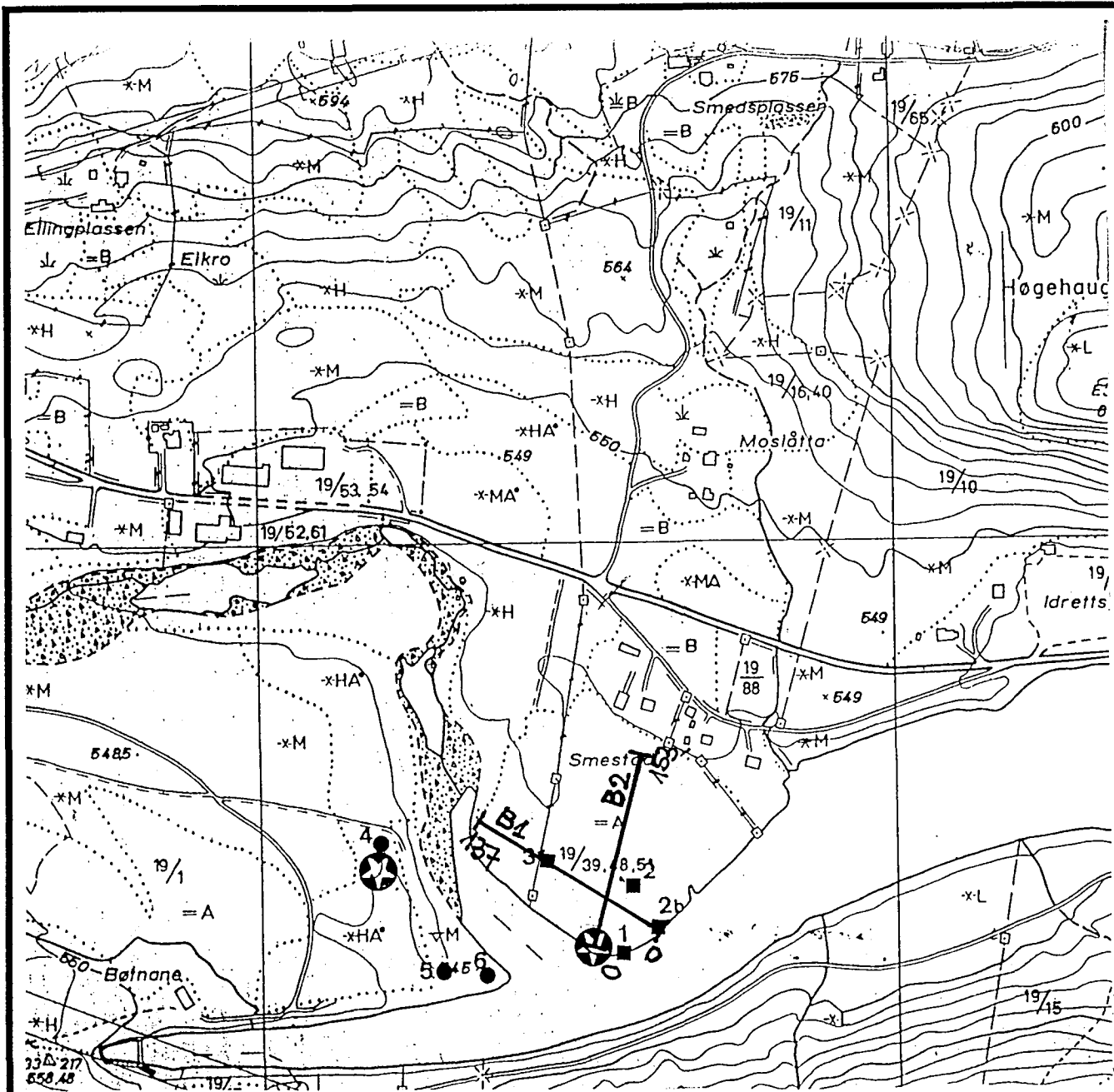


Georadar profil V2, Øvre Hol, Hol kommune

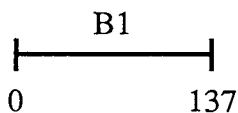


Georadarprofil K1.Hol,Hol kyrkje,Hol kommune





TEGNFORKLARING



Georadarprofil med
endeposisjoner

■ Peilerør



Undersøkelsesboring, okt. -89



Ø 3" rørbrønn

NGU/HOL KOMMUNE
OVERSIKTSKART, SMESTAD

HOL

HOL KOMMUNE, BUSKERUD

MÅLESTOKK

1:5000

MÅLT JK

TEGN JK

TRAC

KFR JK

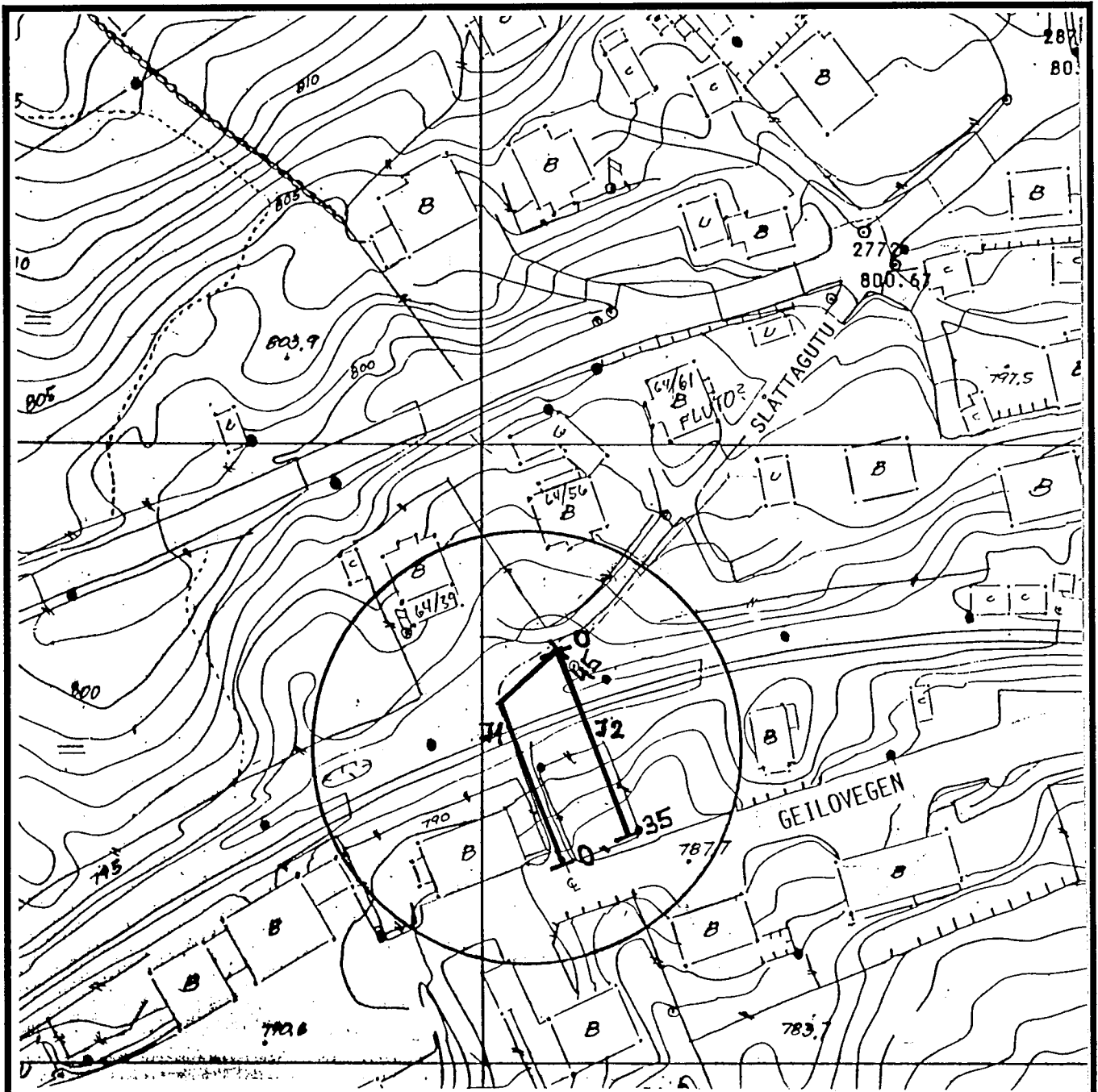
Nov. -91

Jan. -92

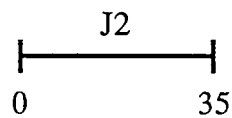
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR
92.114-01

KARTBLAD NR
1516 II



TEGNFORKLARING



Georadarprofil med
endeposisjoner

NGU/HOL KOMMUNE
OVERSIKTSKART, SLÅTTAGUTU

GEILO

HOL KOMMUNE, BUSKERUD

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1:1000

MÅLT JK

Nov. -91

TEGN JK

Jan. -92

TRAC

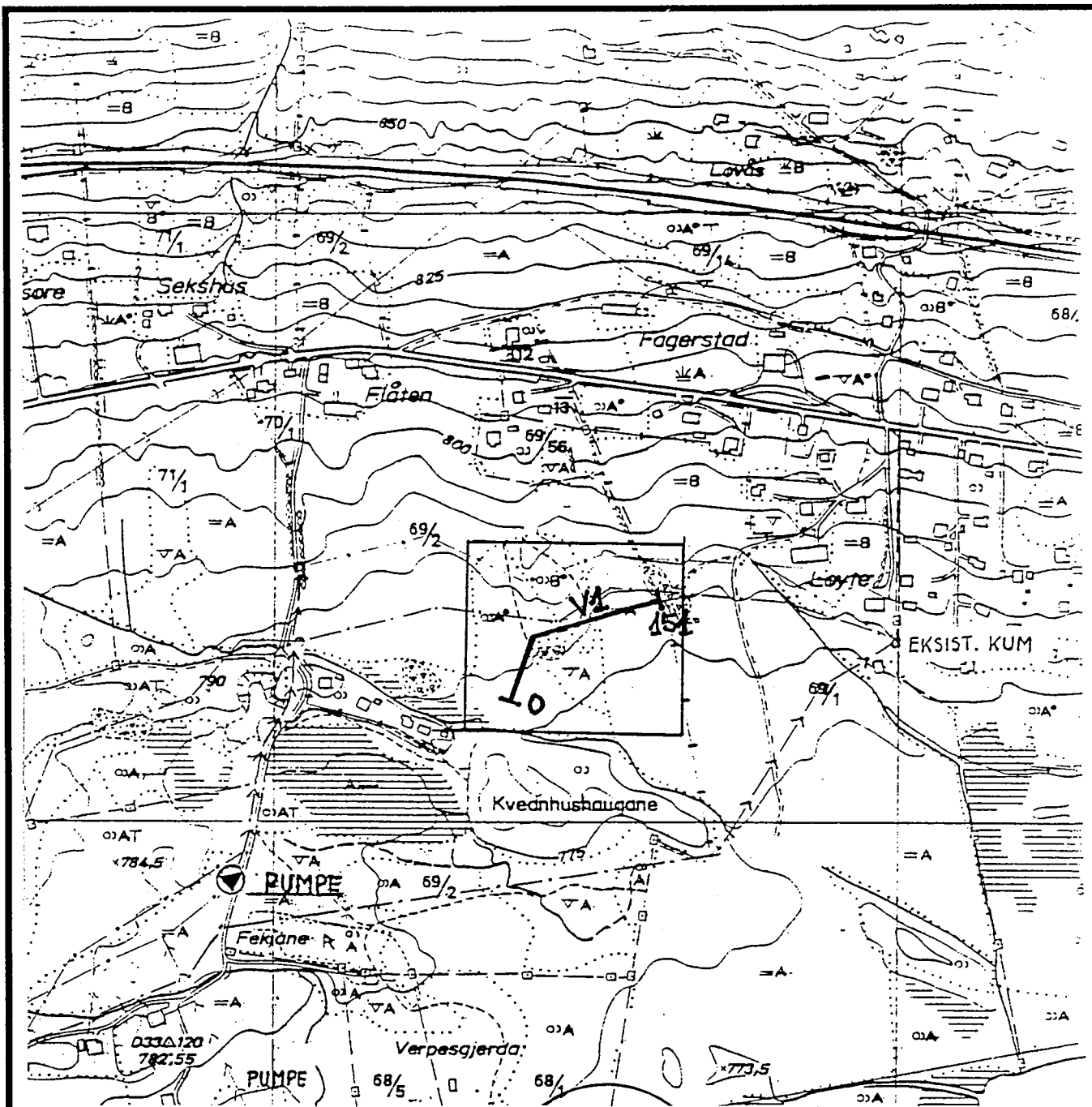
KFR JK

TEGNING NR

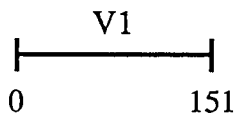
92.114-02

KARTBLAD NR

1516 II



TEGNFORKLARING



Georadarprofil med
endeposisjoner

NGU/HOL KOMMUNE
OVERSIKTSKART, TUFTELIA

GEILO

HOL KOMMUNE, BUSKERUD

MÅLESTOKK

1:5000

MÅLT JK

TEGN JK

TRAC

KFR JK

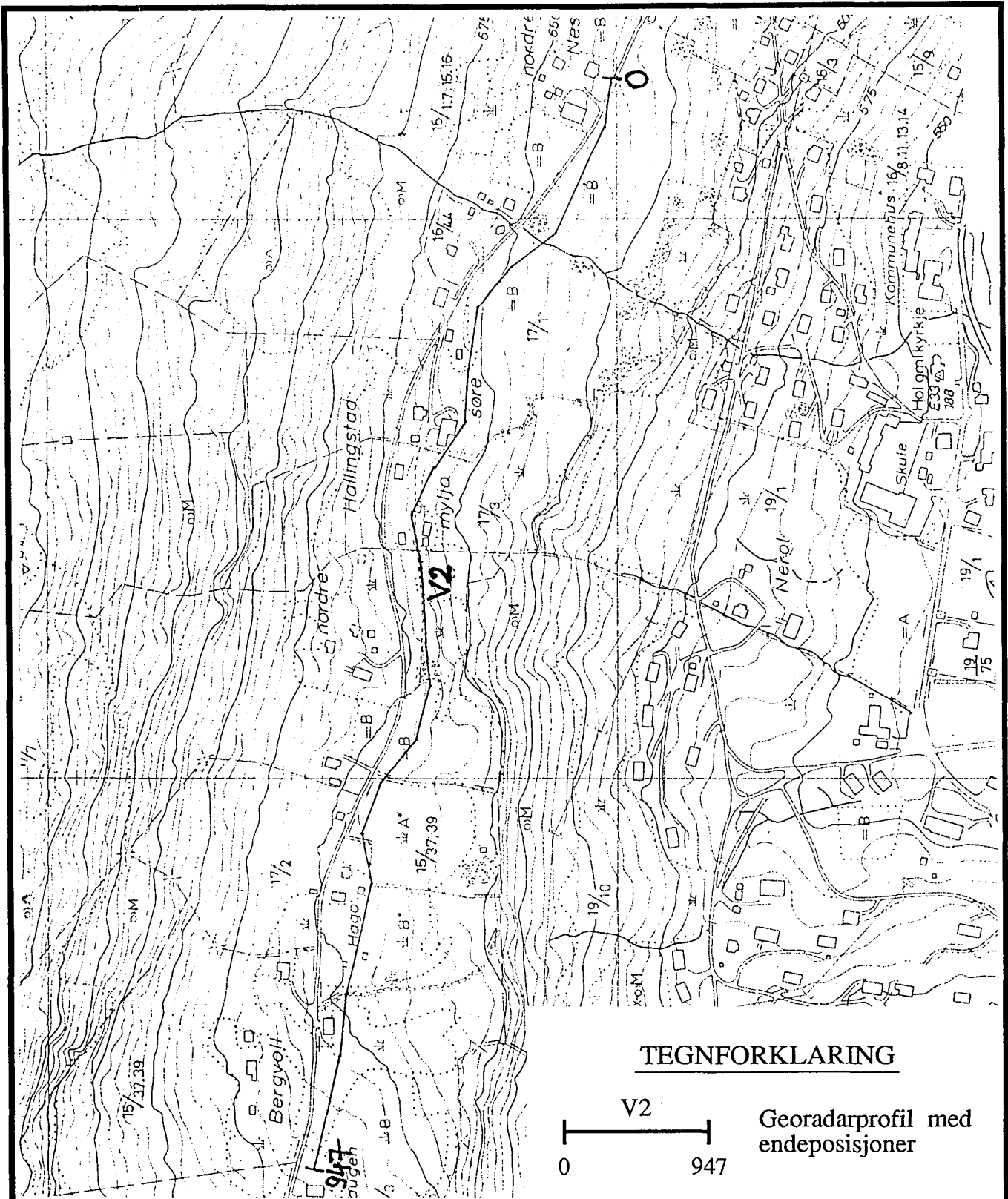
Nov. -91

Jan. -92

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR
92.114-03

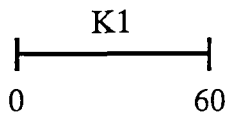
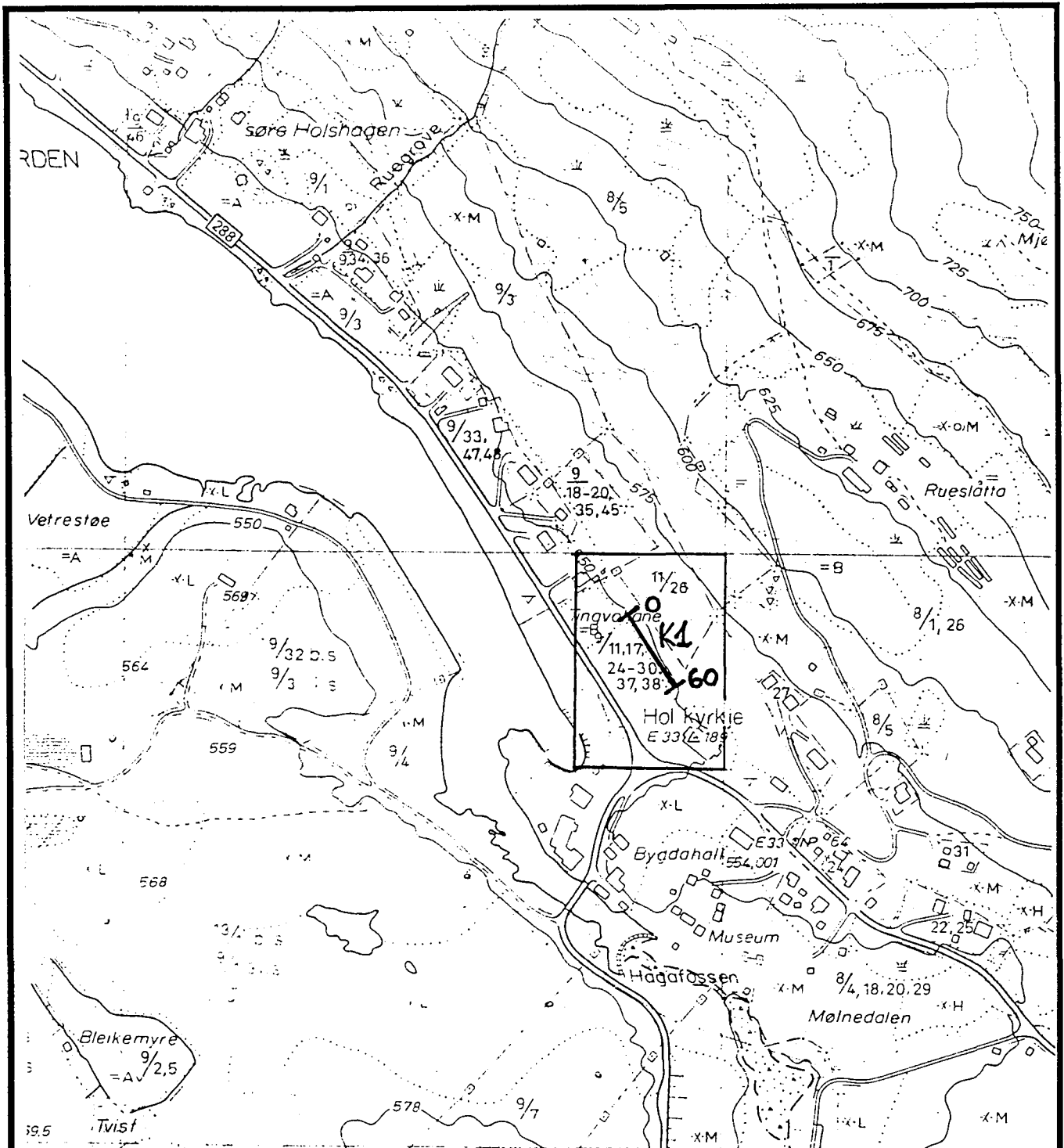
KARTBLAD NR
1516 II



TEGNFORKLARING

V2
 0 947
 Georadarprofil med endeposisjoner

NGU/HOL KOMMUNE OVERSIKTSKART, ØVREHOL HOL HOL KOMMUNE, BUSKERUD	MÅLESTOKK 1:5000	MÅLT JK	Nov. -91
		TEGN JK	Jan. -92
		TRAC	
		KFR JK	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 92.114-04	KARTBLAD NR 1516 II	



Georadarprofil med endeposisjoner

NGU/HOL KOMMUNE OVERSIKTSKART, HOL KYRKJE HOL HOL KOMMUNE, BUSKERUD	MÅLESTOKK 1:5000	MÅLT JK	Nov. -91
		TEGN JK	Jan. -92
		TRAC	
		KFR JK	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 92.114-05	KARTBLAD NR 1516 II	