

NGU Rapport nr. 91.255

Georadarmålinger på  
Kvesetenga, Flisa  
Åsnes kommune, Hedmark

Rapport nr. 91.255	ISSN 0800-3416	Åpen/Forvalgt	
Tittel: Georadarmålinger ved Kvesetenga, Flisa			
Forfatter: Jan Steinar Rønning		Oppdragsgiver: NGU - JORDFORSK	
Fylke: Hedmark		Kommune: Åsnes	
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Torsby		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 2016 II Flisa	
Forekomstens navn og koordinater: Kvesetenga 33V 3370 67190		Sidetall: 11	Pris: kr. 110,-
Feltarbeid utført: 09.08.1991		Rapportdato: 08.11.1991	Prosjektnr.: 62.2186.01
		Seksjonssjef: <i>Jan S. Rønning</i>	
Sammendrag:  <p>I et samarbeid med JORDFORSK har NGU utført ca. 2,5 km profilering med georadar på Kvesetenga ved Flisa. Hensikten med dette var å se om metoden kunne gi informasjon om løsmassenes oppbygging i området.</p> <p>Maksimal penetrasjon ved målingene var opp mot ca. 18 meter. På en nedre terrasse nede ved Glomma var penetrasjonen meget lav. De fleste påviste reflektorer er nær horisontale. Profilering over et myrområde har gitt en skarp avtegning av myrbunn fra 0 til ca. 5,5 meters dyp.</p>			
Emneord	Løsmasse		
Geofysikk			
Georadar		Fagrapport	

<u>Innhold</u>	side
1. INNLEDNING	4
2. METODE OG UTFØRELSE	4
3. RESULTATER OG KOMMENTARER	5
3.1 Hastighetsanalyser	5
3.2 Profileringer	6
4. SLUTTBEMERKNING	7

TEKSTBILAG:           Georadar - Metodebeskrivelse

DATABILAG:           Hastighetsanalyser

KARTBILAG:           91.255-01: Oversiktskart, M 1:50000

                          91.255-02: GEORADAR PROFIL 1A.

                          91.255-03: GEORADAR PROFIL 1B.

                          91.255-04: GEORADAR PROFIL 2.

## 1. INNLEDNING.

I forbindelse med JORDFORSK's studier av landbruksforurensing på Kvesetenga ved Flisa har NGU utført Georadarmålinger langs to profiler (se kartbilag 91.255-01). Hensikten med dette var å se om metoden kunne gi informasjon om løsmassenes oppbygging og forurensingens utbredelse i området. Profilene ble valgt ut i samråd med JORDFORSK's medarbeidere Ketil Hårstad og Harald Brunstad.

I denne rapporten blir måledata kun plottet under optimale presentasjonsbetingelser. Tolkning av de enkelte reflektors årsak overlates i hovedsak til oppdragsgiver som har langt større kjennskap til geologien i området.

## 2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE.

En generell beskrivelse av metoden er vedlagt (Tekstbilag 1). I alt ble det profilert ca. 2.5 km og foretatt 3 CMP-målinger (Common MidPoint) for analysering av radarbølgenes hastighet i ulike medier.

Georadaren som ble benyttet var av typen "pulse EKKO IV" (Sensors & Software Inc. Canada). Det ble benyttet 400V sender og senterfrekvens 50 MHz. Opptakstiden var i utgangspunktet 1024 ns, men denne ble redusert til 512 ns på grunn av begrenset penetrasjon. Samplingsintervall var 0.8 ns, og registreringene ble repetert ("stacked") 128 ganger på hvert målepunkt. Antenneseparasjon og flyttavstand ved profileringen var henholdsvis 1 og 1.8 meter. Ved CMP-målingene var flyttavstand for hver av antennene 0.5 meter.

Målingene ble utført på en dag i forbindelse med andre undersøkelser i nærheten (Haslemoen) av Jan S. Rønning og Jan R. Johansen. JORDFORSK's Harald Brunstad var tilstede under datainnsamlingen.

### 3. RESULTATER OG KOMMENTARER.

Radargram for profil 1 er presentert i kartbilag 91.255-02 og -03. Radargram for profil 2 er presentert i kartbilag 91.255-04. Målinger langs et tredje profil (fra profil 1 posisjon 1620 og ut mot elva) gav ingen interessant informasjon og presenteres derfor ikke. Resultater fra hastighetsanalyser (CMP 1, 2 og 3) er vist i databilag 1.

#### 3.1 Hastighetsanalyser.

Datakvaliteten på alle tre opptak for hastighetsanalyse må betegnes som mindre gode, noe som skyldes dels interferens mellom refleksjoner og direktebølger i luft og bakke, og dels begrenset penetrasjon.

Opptak nr. 1 (CMP 1, databilag 1 side 1) er foretatt ved posisjon 1300 på profil 1. Her indikeres en reflektor ved tidsdyp ca. 40 ns, en meget svak reflektor ved ca. tidsdyp 110 ns og en tilsvarende svak reflektor ved ca. tidsdyp 180 ns. Hastighetsanalysen indikerer NMO-hastigheter (gjennomsnittlig hastighet ned til reflektor) henholdsvis lik 0.13 m/ns, 0.07 m/ns og 0.07 m/ns. Dette indikerer tørt materiale ned til første reflektor og deretter vannmettet materiale. Dyp til vannspeil blir i dette tilfellet ca. 2 meter.

Hastighetsanalyse nr. 2 (CMP 2, databilag 1 side 2) er foretatt i et myrområde ved posisjon 440 langs profil 2. Selv om dette opptaket er meget uryddig, fremstår klart en hastighet lik 0.07 m/ns ned til reflektor ved ca. 125 ns. Siden en her har vannmetning helt til overflaten representerer dette den virkelige hastigheten i myr.

Hastighetsanalyse nr. 3 (CMP 3, databilag 1 side 3) er foretatt ved posisjon 100 på profil 2. Denne er sterkt forstyrret av direktebølge i bakken som indikerer en hastighet på ca 0.12 m/ns. NMO-hastighet ned til reflektor ved ca. 170 ns synes å være 0.13 m/ns. Dette representerer etter all sannsynlighet tørre sand/grus-masser.

### 3.2 Profilering.

Under plottingen av georadarprofilene er resultatene fra hastighetsanalysene benyttet ved angivelse av dybdeskala. I tilfeller med ensartet materiale (bare tørt eller bare vannmettet) gir dette et tilnærmet riktig dyp. I situasjoner der vannspeil ligger grunt, er hastighet i vannmettet materiale benyttet (0.07 m/ns). I dette tilfellet blir dybden til reflektorene noe større enn angitt siden den tørre delen har noe større hastighet.

Første del (ca. 70 m) av profil 1A (kartbilag 91.255-02) går over en øvre terrasse (ca. 168 m.o.h.). To horisontale reflektorer ved henholdsvis 179 og 270 ns (ca 12 og 18 meters dyp) indikeres klart. Den nedre av disse ligger ca 150 m.o.h. og tilsvarer trolig grunnvannsspeil. Mellom posisjonene 70 og 180 går profilet nedover bakke til en ny terrasse, noe som er årsak til at de to reflektorene tilsynelatende skrår oppover. Mellom posisjonene 180 og 470 går profilet over en midtre terrasse (ca. 158 m.o.h.?) hvor penetrasjonen er sterkt variabel, uklart av hvilken grunn. Vannspeil synes å ligge på ca. 6 meters dyp og i området 250 til 350 indikeres en vinkeldiskordans med lagningen. En horisontal hendelse som er mer eller mindre fremtredende ved 370 ns er åpenbart støy. Hendelser ved ca. 310 og 360 ns i området rundt posisjon 340 synes å være reelle reflektorer på et dyp tilsvarende ca 13 og 15 meter etter korreksjon for forskjellig hastighet over og under grunnvannsspeil.

Ved posisjon 470 til 490 krysser profilet hovedvegen hvor penetrasjonen reduseres til et minimum. Resten av profil 1A følger veg-grøfta og som det fremgår av radargrammet, er det bare sporadisk at det fremstår reflektorer. Årsaken til dette kan være en kombinasjon av ugunstig plassering av antennene og økt elektrisk ledningsevne på grunn av vegsalting.

Fortsettelsen av det første profilet (profil 1B) er vist i kartbilag 91.255-03. Fra posisjon 730 og til enden går dette profilet på en nedre terrasse (ca.153 m.o.h.) hvor vannspeilet ligger grunt. Penetrasjonen er dårlig, og for å få frem den informasjonen som måtte finnes i data, er forsterkningen ved utplottingen økt vesentlig. Dette resulterer i et støybånd av horisontale hendelser mellom 300 og 400 ns. Bare sporadisk kan det identifiseres reflektorer i dette tidsintervallet (posisjonene 1060-1080 og 1160- 1180). Grunnvannsspeil ligger her for grunt til å kunne identifiseres som en egen hendelse. Profilet kjennetegnes ellers av få og lite sammenhengende nær horisontale reflektorer. Penetrasjonen er generelt svært lav og kun stedvis er denne opp mot 10-12 meter. Årsaken til dette kan være en kombinasjon av ugunstig antenneplassering, vegsalt og mulig forhøyet elektrisk ledningsevne i grunnvann p.g.a. landbruksforurensing. I dette området er den elektriske ledningsevne i øvre sjikt av grunnvannet målt til 40-50 mS/m mot 10-12 mS/m i dypere liggende nivå (Ketil Hårstad, personlig meddelelse). En annen forklaring er tilstedeværelse av finstoff (silt/leire) som stedvis er påvist på ca 8 meters dyp (Harald Brunstad, personlig meddelelse).

Profil 2 er vist i kartbilag 91.255-04. Første del av profilet (posisjon 0 -240 meter) går over en øvre terrasse (ca. 167 m.o.h.) hvor hastighetsanalyse (CMP 3) indikerer tørt materiale minst ned til tidsdyp ca.170 ns, tilsvarende 12 meters dyp. Maksimal penetrasjon ligger opp mot 20 meter. Flere nær horisontale og mer eller mindre sammenhengende reflektorer fremstår. Mest fremtredende er en

gjennomgående reflektor på et ca. dyp 7-8 meter som fra posisjon 125 synes å splittes i to reflektorer. Tilsynelatende skråsliktning mellom posisjonene 240 og 306 har sammenheng med at profilet går nedover i terrenget og at reflektorene derved kommer nærmere antennene.

Den siste delen av profil 2 (posisjon 320-610) går over et myrområde hvor bølgehastigheten entydig ble bestemt til 0.07 m/ns. Her fremtrer en meget kraftig reflektor på et dyp som varierer fra 0 (posisjon 615) og opp mot 5.5 meter (posisjon 324). Denne representerer etter all sannsynlighet bunn av myra. Reflektor nr. 2 i dette området er åpenbart en multippel av den første, og faktisk er det mulig å se en andre ordens multippel i datagrunnlaget. På grunn av nær totalrefleksjon av energien ved bunn av myra, er det ikke mulig å få informasjon om dypere liggende lag.

#### 4. SLUTTBEMERKNING.

Maksimal penetrasjon ved georadarmålingene på Kvesetenga ved Flisa var ca. 18 meter. Denne ble oppnådd på en øvre terrasse og representerer dyp til vannspeil. På en nedre terrasse var penetrasjonen meget lav, noe som kan ha sammenheng med ugunstig antenneplassering, eventuell vegsalting og/eller forhøyet elektrisk ledningsevne p.g.a. landbruksforurensing. De fleste påviste reflektorer er nær horisontale. Profilerings over et myrområde har gitt en skarp avtegnning av myrbunn fra 0 til 5.5 meters dyp.

Trondheim 13. november 1991  
Geofysisk avdeling, NGU

  
Jan S. Rønning  
kst. seksjonssjef

## 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 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 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  $\epsilon_r$  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 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

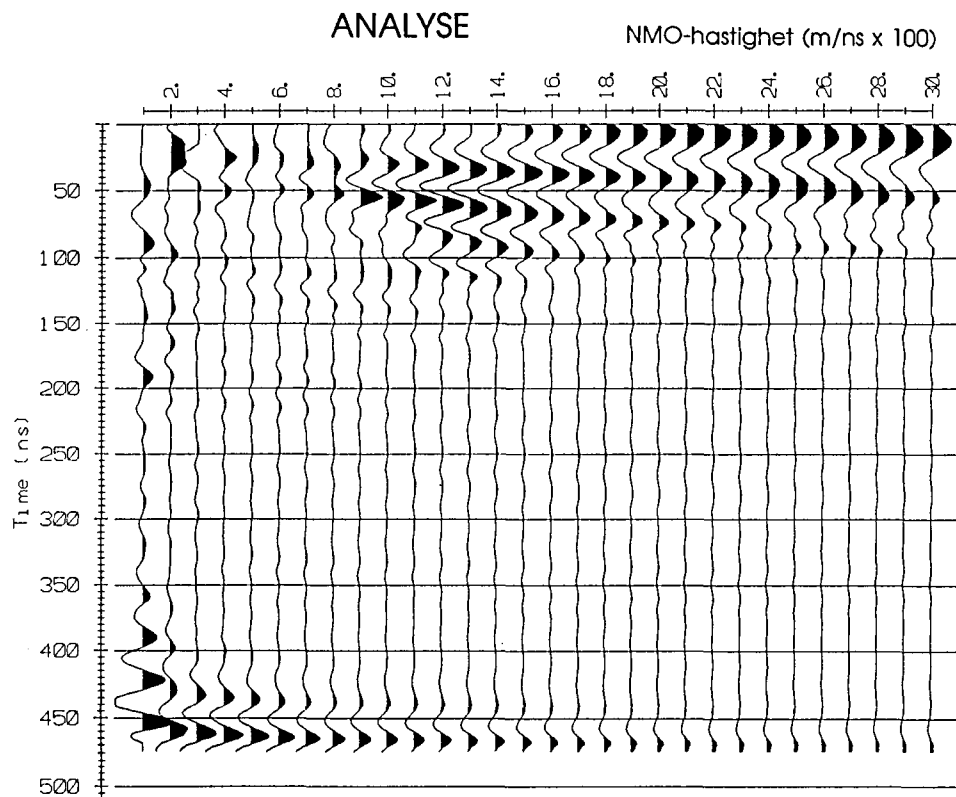
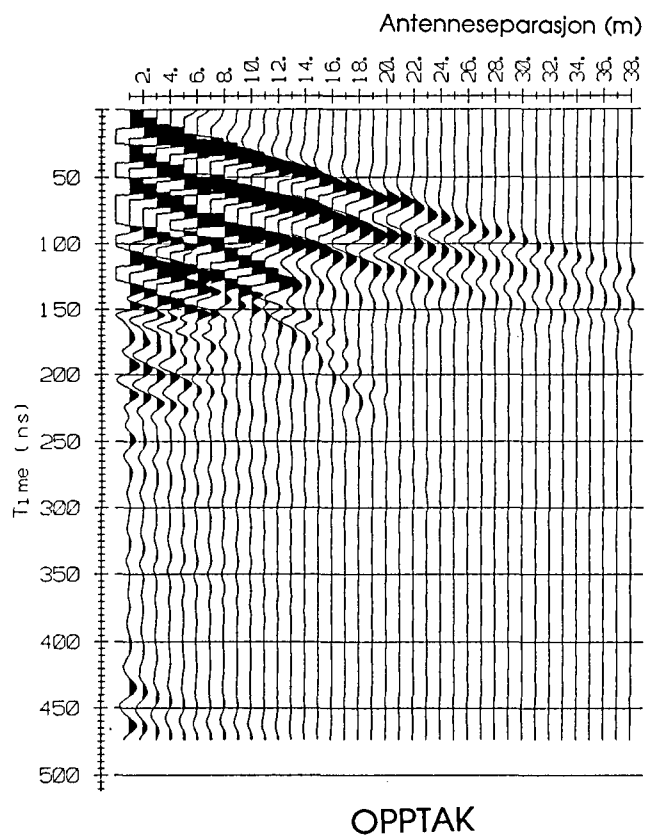


sand, kan det forventes en dybderekkevidde på flere titalls meter når det benyttes en lavfrekvent antenne (f.eks. 50 eller 100 Mhz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

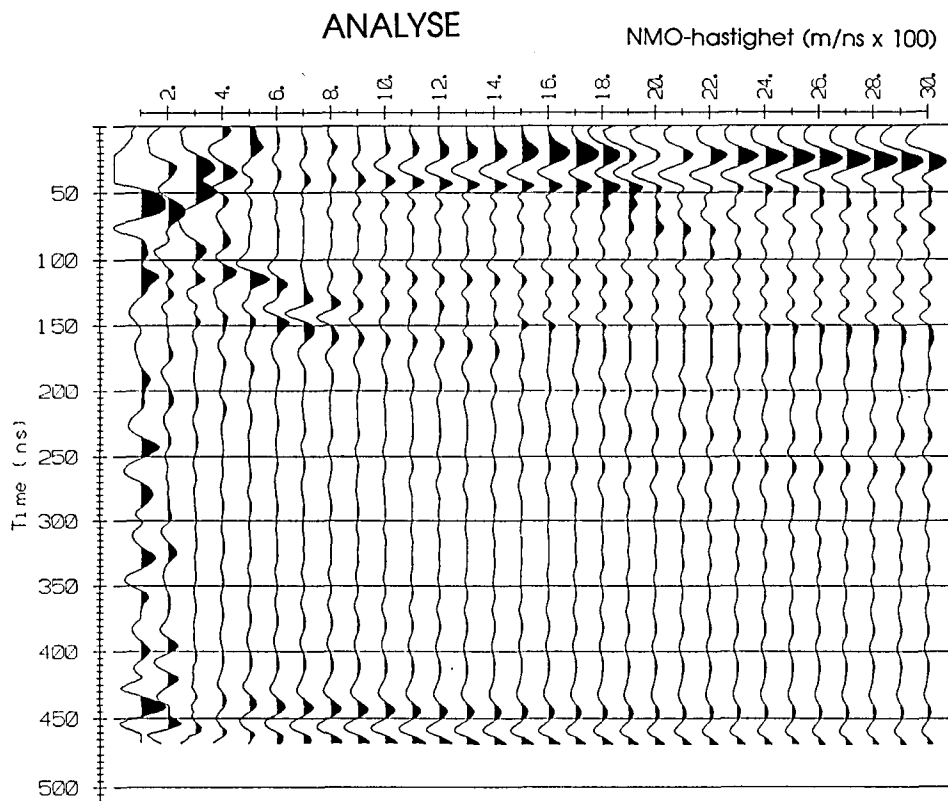
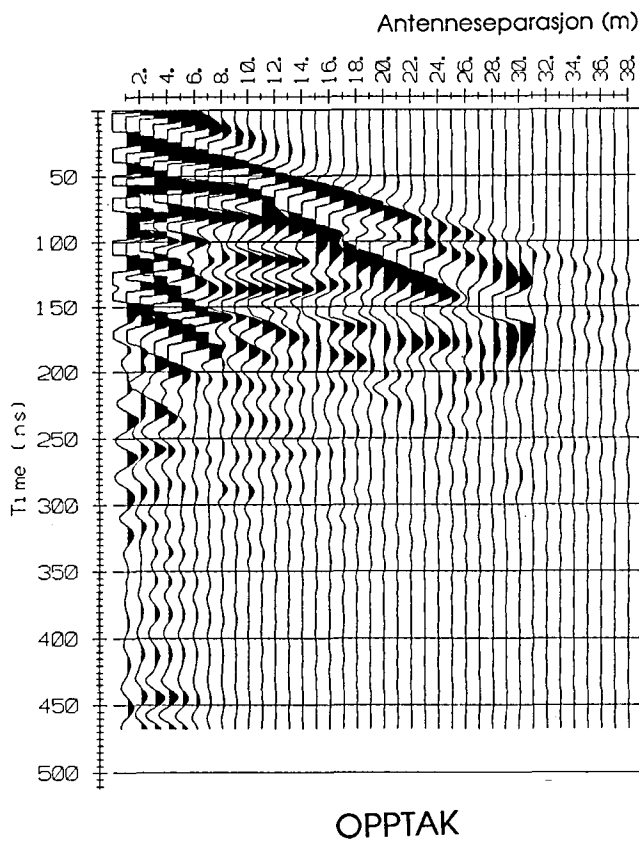
<u>Medium</u>	<u><math>\epsilon_r</math></u>	<u><math>v</math> (m/ns)</u>	<u>ledningsevne (mS/m)</u>
Luft	1	0.3	0
Ferskvann	81	0.033	0.1
Sjøvann	81	0.033	1000
Leire	5-40	0.05-0.13	1-300
Tørr sand	5-10	0.09-0.14	0.01
Vannmettet sand	15-20	0.07-0.08	0.03-0.3
Silt	5-30	0.05-0.13	1-100
Fjell	5-8	0.10-0.13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

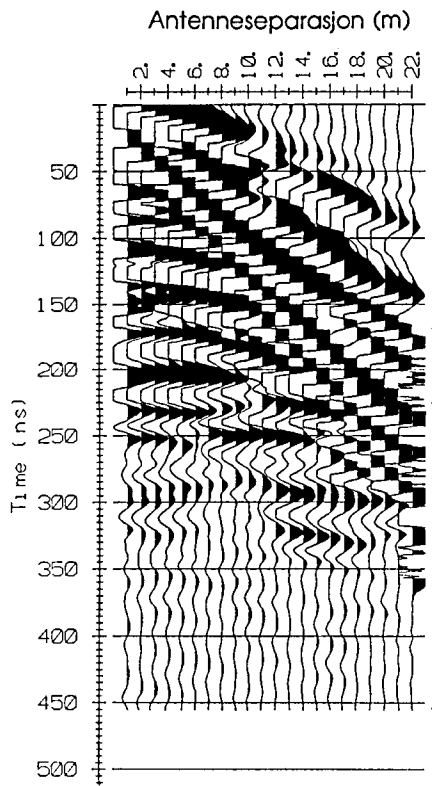
Tabell over relativt dielektrisitetsstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.

CMP 1

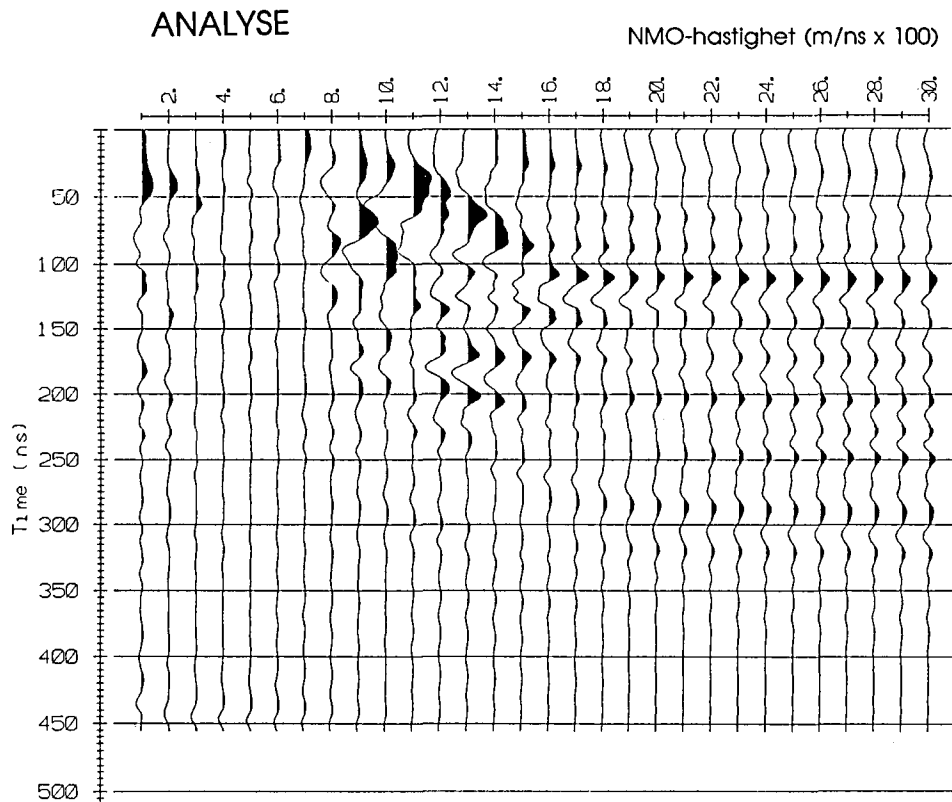


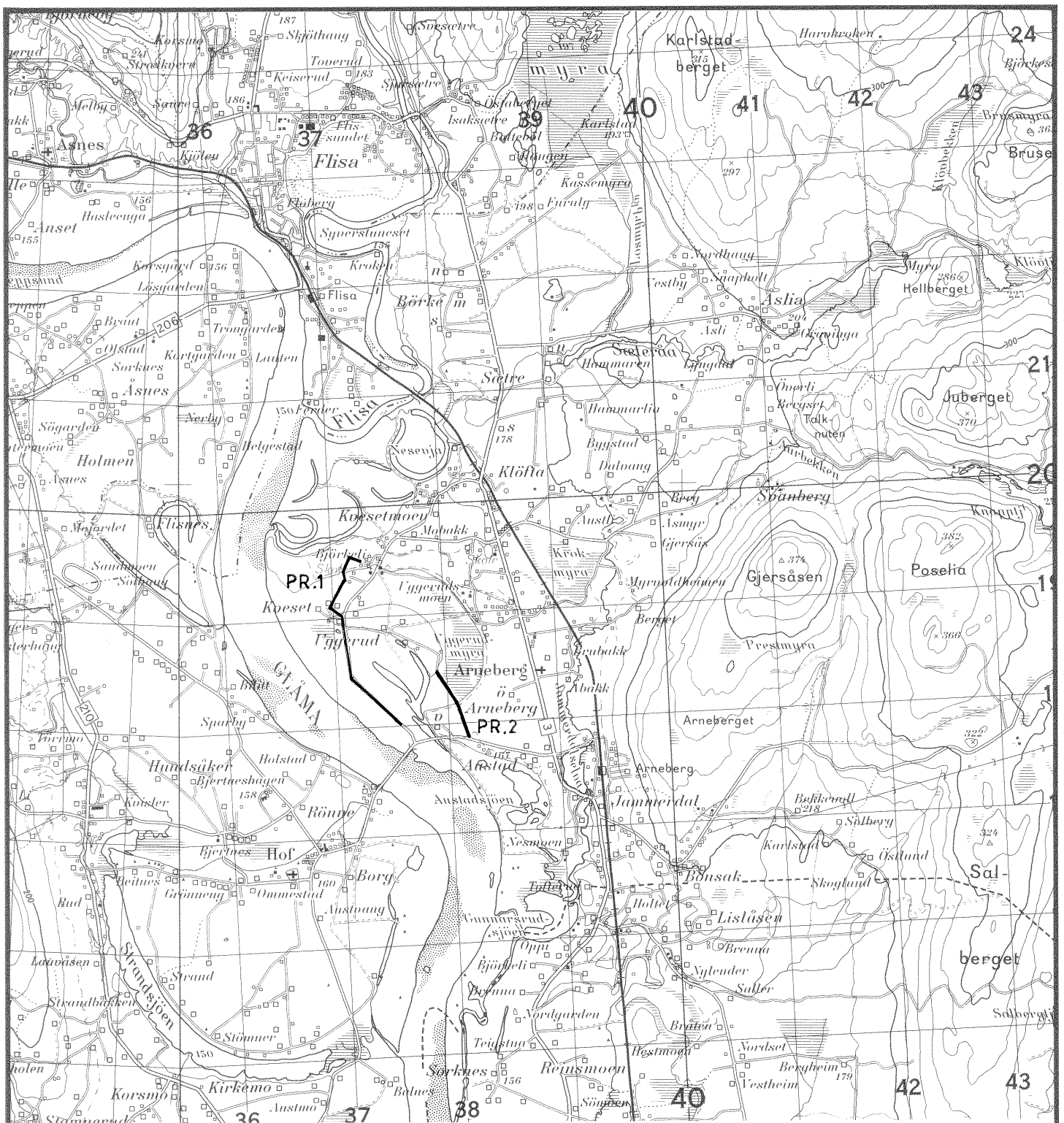
CMP 2





OPPTAK





TEGNFORKLARING :

 MÅLT PROFIL

NGU - JORDFORSK  
 OVERSIKTSKART  
 KVESETENGA, FLISA  
 ÅSNES, HEDMARK

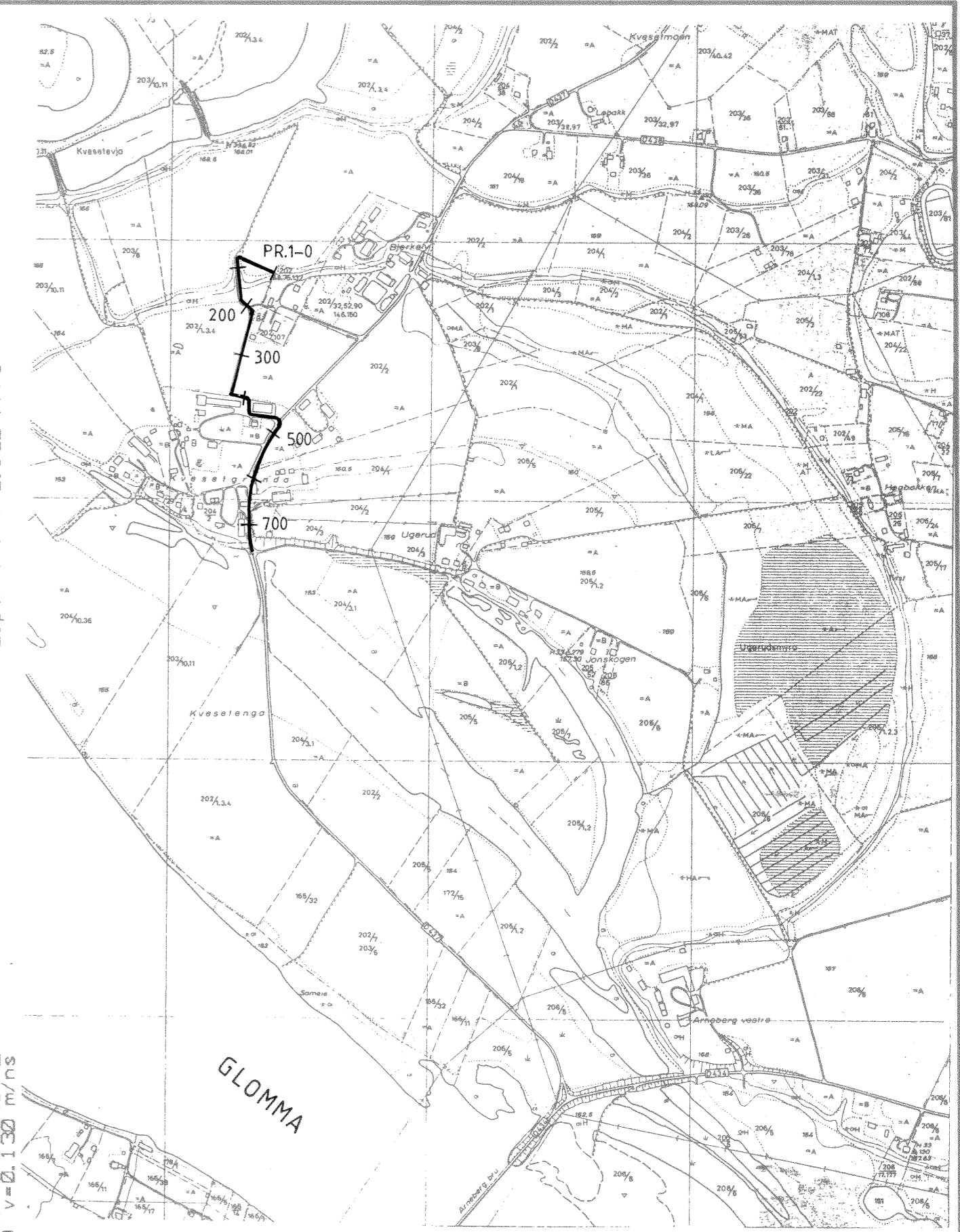
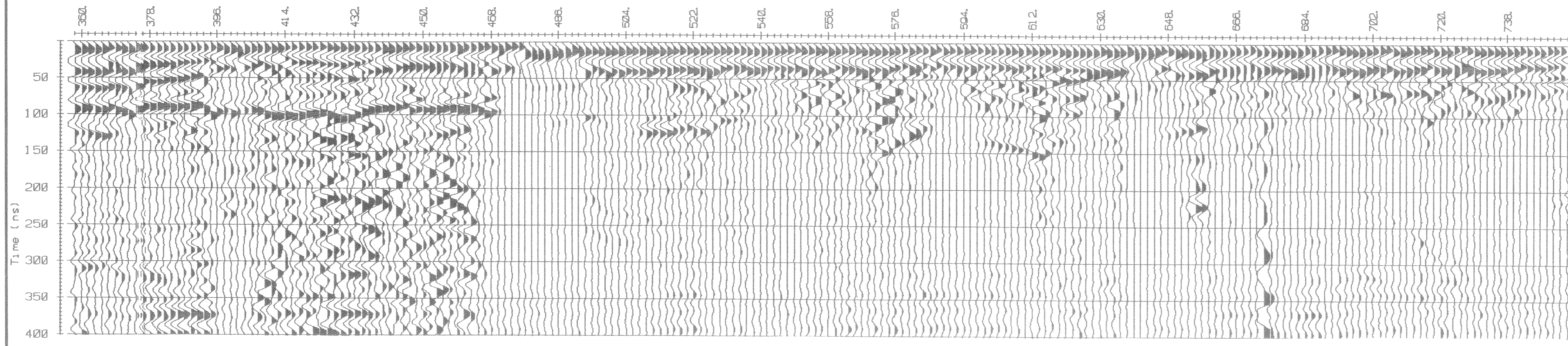
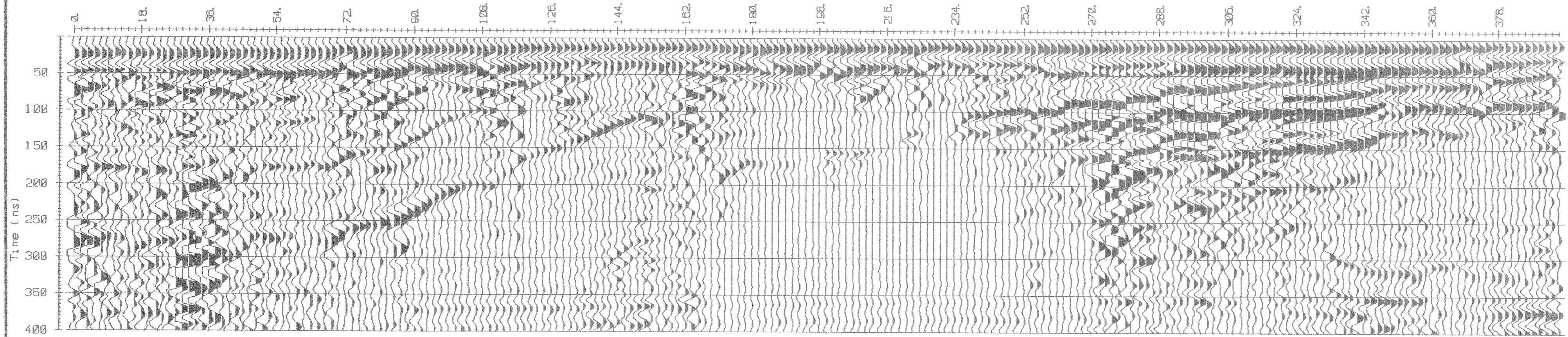
MÅLESTOKK  
 1: 50 000

MÅLT JSR	AUG 1991
TEGN	
TRAC	
KFR.	

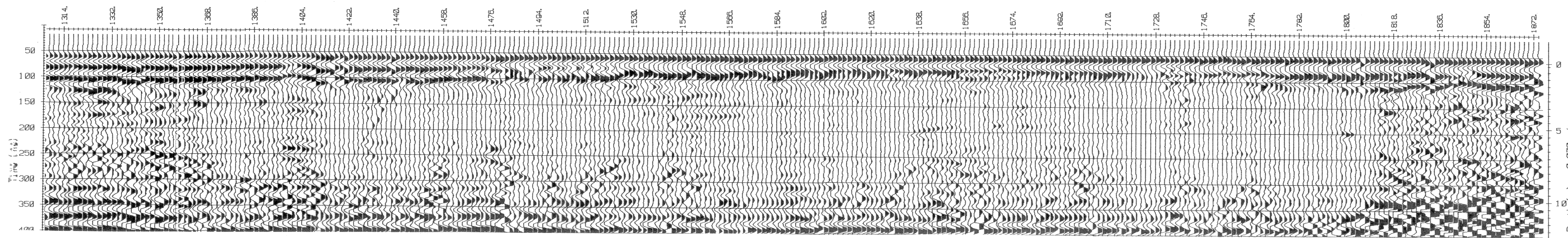
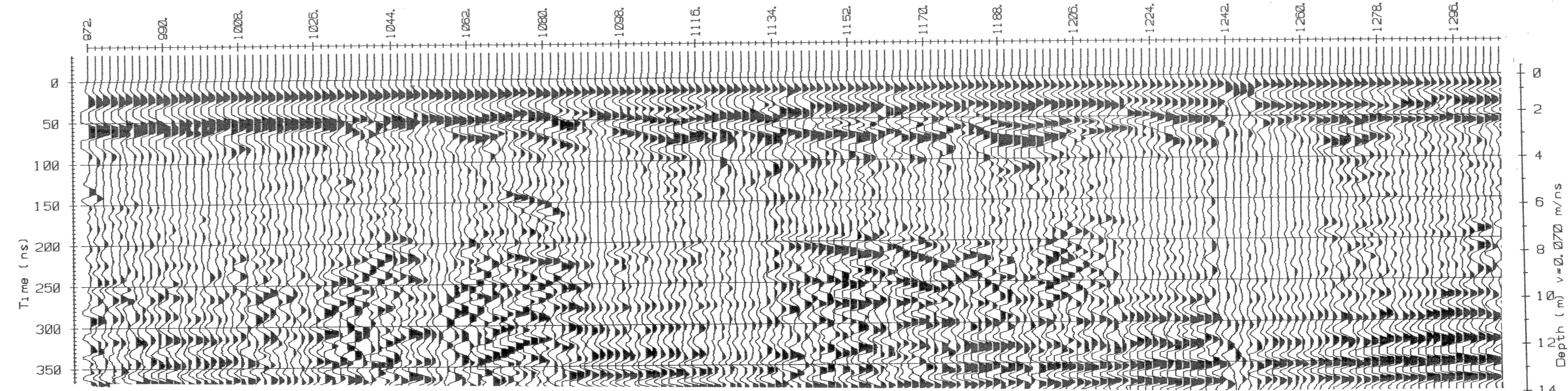
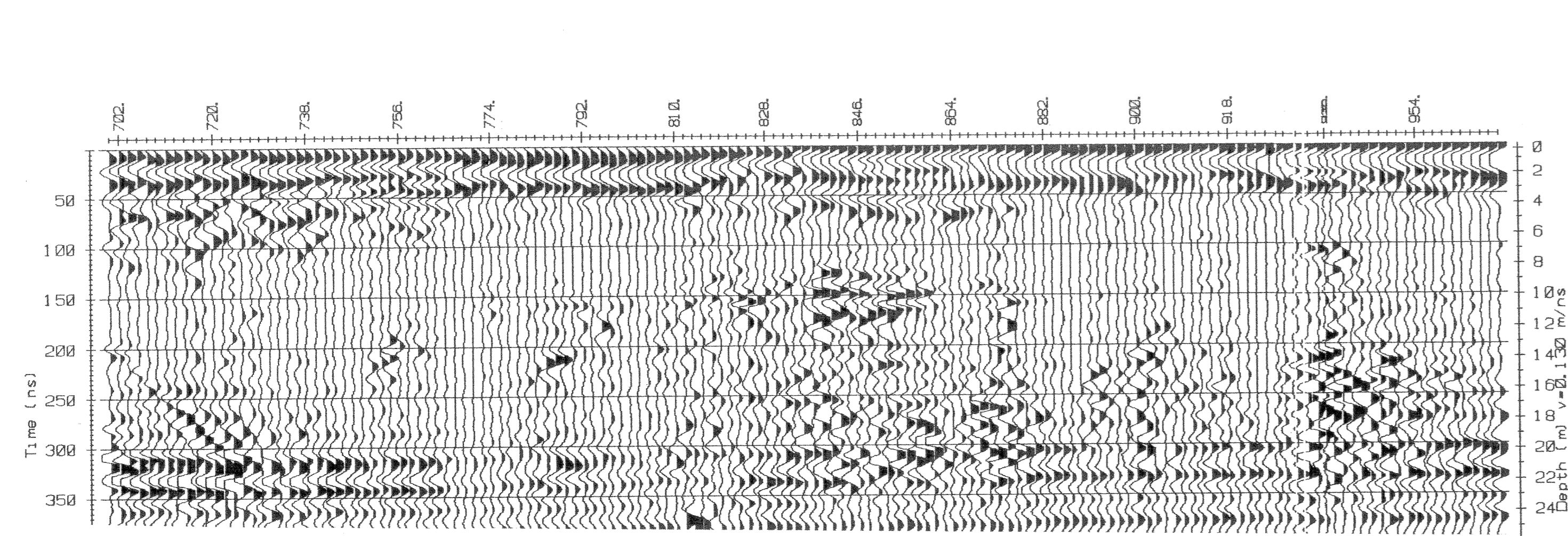
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

TEGNING NR.  
 91.255 - 01

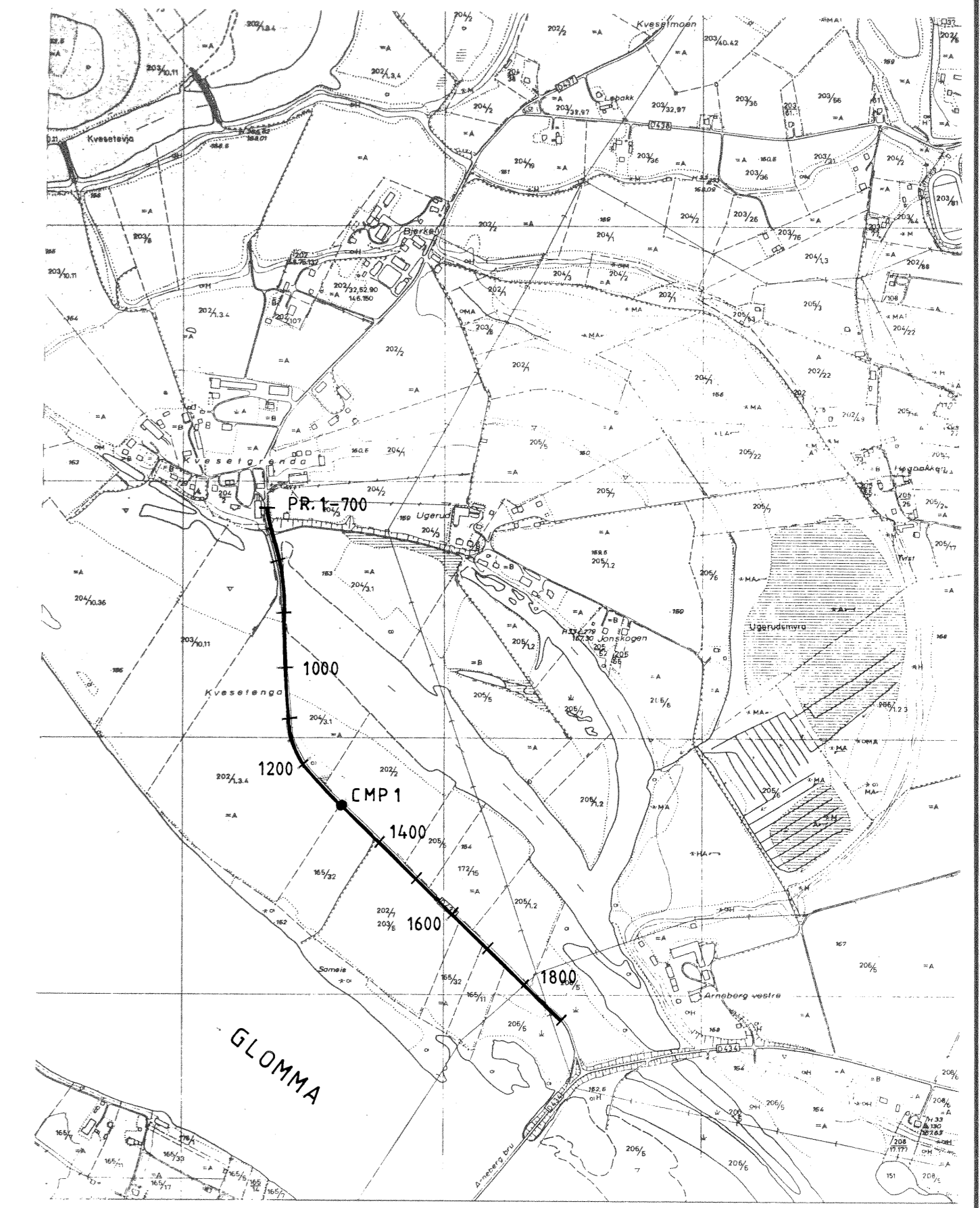
KARTBLAD NR.  
 2016 II



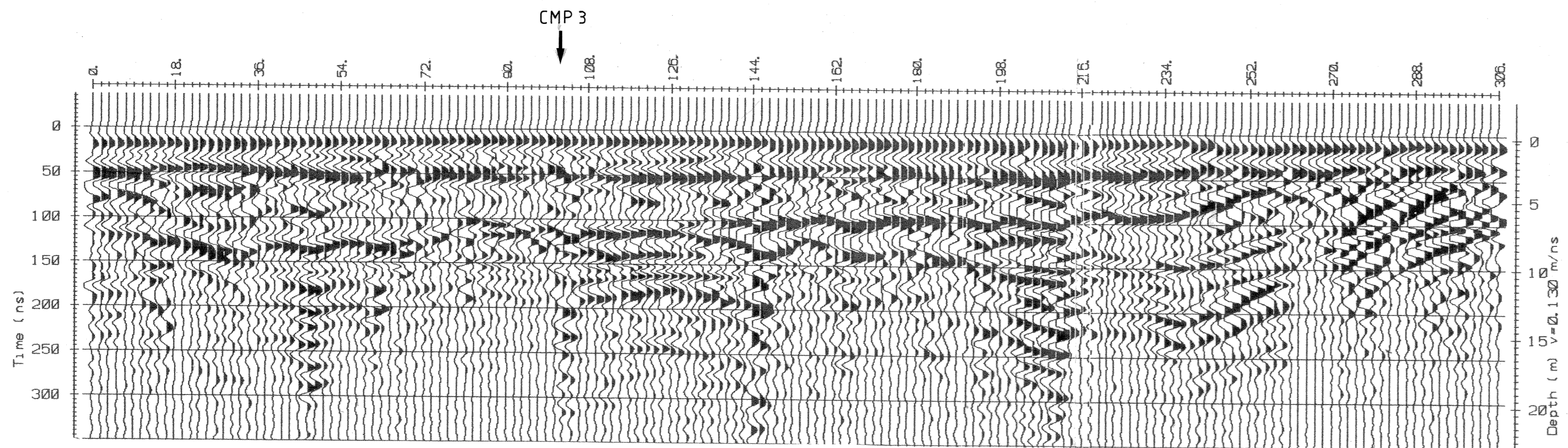
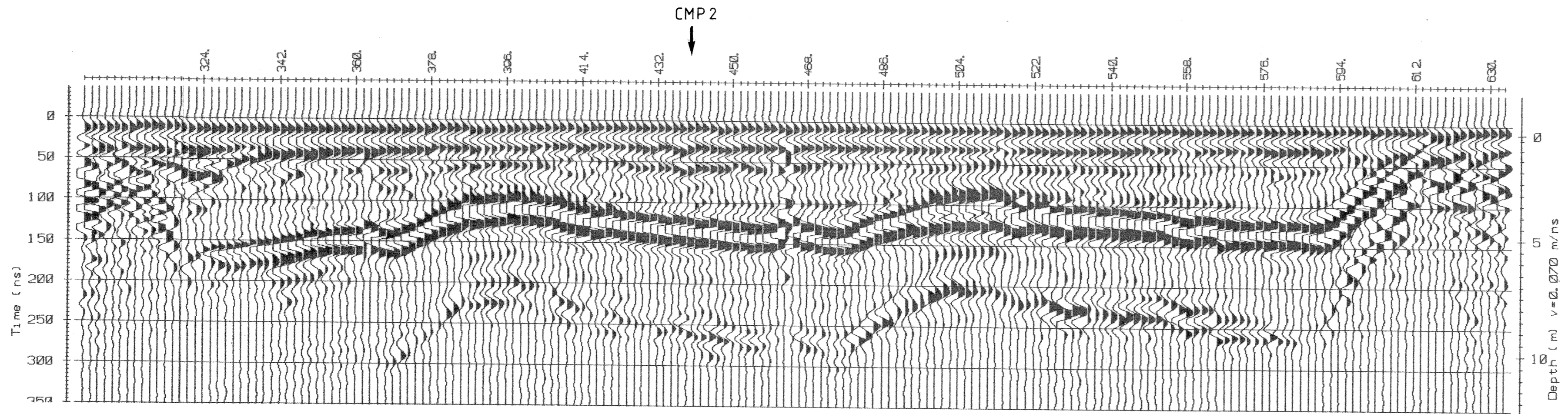
NGU - JORDFORSK GEORADAR PROFIL 1A KVESETENGA, FLISA ÅSNES, HEDEMARK	MÅLESTOKK	MÅLT JSR	AUG 1991
	KART	TEGN	
NORGES GEOLIGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	1: 10 000	TRAC	
		KFR	
	TEGNING NR	KARTBLAD NR.	
	91.255 - 02	2016 II	



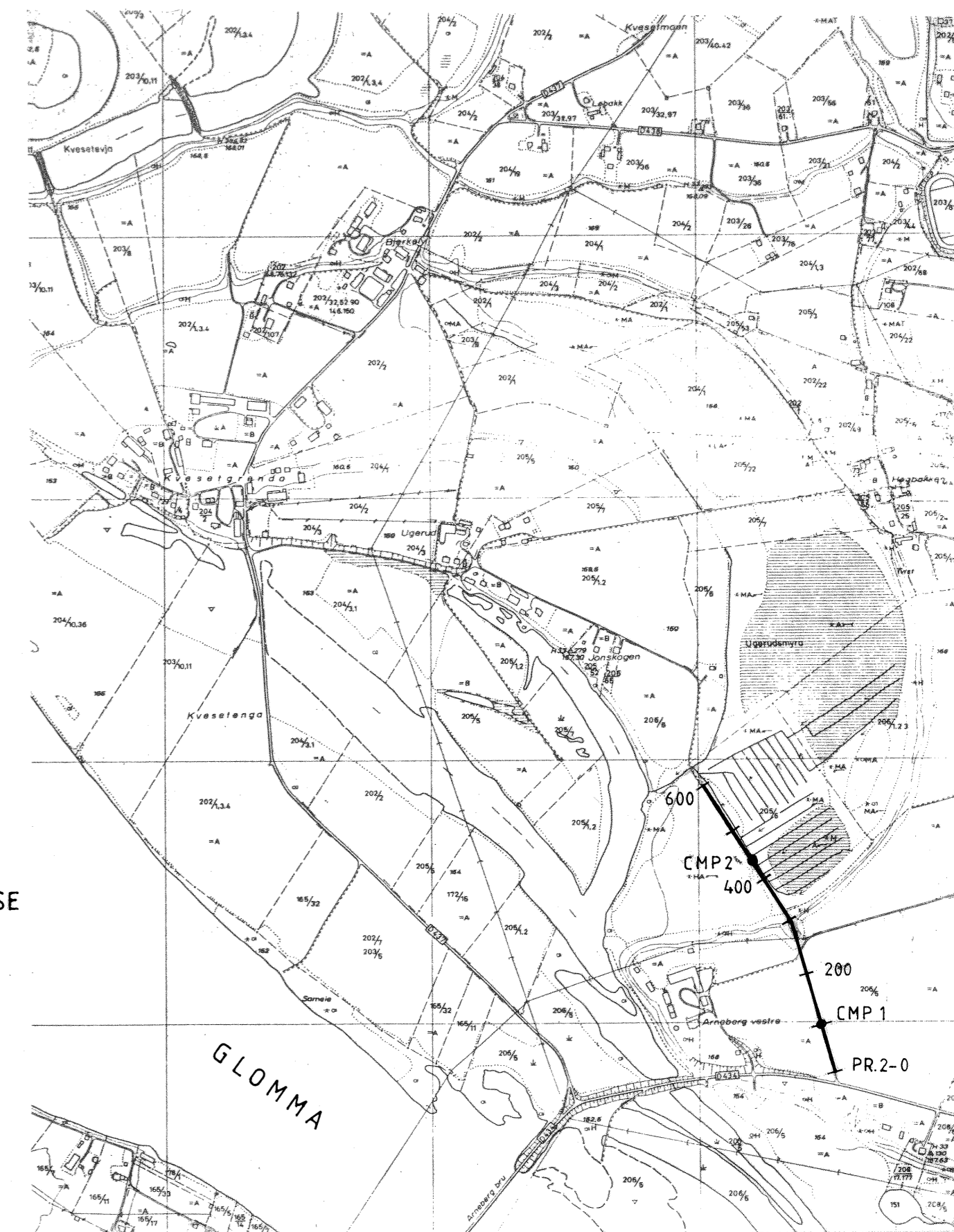
CMP 1: POSISJON FOR HASTIGHETSANALYSE



NGU - JORDFORSK GEORADAR PROFIL 1B KVESETENGA, FLISA ÅSNES, HEDEMARK	MÅLESTOKK	MÅLT JSR	AUG 1991
	KART	TEGN.	
NORGE GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	1: 10 000	TRAC.	
	TEGNING NR. 91.255 - 03	KARTBLAD NR. 2016 II	



CMP 2: POSISJON FOR  
HASTIGHETSANALYSE



NGU - JORDFORSK  
GEORADAR PROFIL 2  
KVESETENGA, FLISA  
ÅSNES, HEDEMARK

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

MÅLESTOKK KART 1: 10 000	MÅLT JSR TEGN. TRAC. KFR.	AUG 1991
--------------------------------	------------------------------------	----------

TEGNING NR. 91.255 - 04	KARTBLAD NR. 2016 II
----------------------------	-------------------------