

NGU Rapport 99.080

Georadarmålinger og refraksjonsseismikk for
undersøkelse av fjellskredavsetninger sør for
Djupvika og i Mandalen i Kåfjord kommune,
Troms

Rapport nr.: 99.080		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Georadarmålinger og refraksjonsseismikk for undersøkelse av fjellskredavsetninger sør for Djupvika og i Manndalen i Kåfjord kommune, Troms			
Forfatter: Jan Fredrik Tønnesen, Eirik Måring og Lars Harald Blikra		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke: Troms		Kommune: Kåfjord	
Kartblad (M=1:250.000) Nordreisa		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1633 I Manndalen, 1634 II Kåfjord	
Forekomstens navn og koordinater: Djupvika 34W 4819 77352 Manndalen 34W 4815 77096		Sidetall: 17 Pris: kr. 120,- Kartbilag: 6	
Feltarbeid utført: 4.-5. sep. 1998	Rapportdato: 24.08.1999	Prosjektnr.: 2776.00	Ansvarlig: <i>Jan S. Kvernin</i>
Sammendrag: I forbindelse med kartlegging av fjellskredavsetninger i Troms er det utført geofysiske målinger ved to lokaliteter i Kåfjord kommune (Djupvika og Manndalen). Formålet var å kartlegge tykkelse av og variasjoner i avsetningene. Målingene omfatter 5 georadarprofiler med samlet lengde på ca. 960 m og 2 refraksjonsseismiske profiler på til sammen 385 m. I skråningen ned mot fjorden ved Djupvika antyder tolkningene at tykkelsen av skredavsetningene kan variere fra 6 til 15 m, men grensen mot underliggende avsetninger er usikker. Nærmest fjorden i vest kan skredavsetningene ligge direkte på forholdsvis finkornige fjordsedimenter, mens de lenger opp i skråningen regnes å ligge over morenemateriale. I øverste del av undersøkelsesområdet kan fjelloverflaten ligge 10-15 m dypt. Seismikkprofil i sør viser at løsmassemektheten øker til rundt 30 m midtveis nedover skråningen. Målingene indikerer betydelige variasjoner i skredavsetningene. I nord er en grop i skredavsetningene blitt gjenfylt av annen løsmasstype, enten bekkeavsetninger eller strandavsetninger. I sistnevnte tilfelle må materialet være avsatt under landhevingsperioden kort tid etter avslutningen av siste istid. Ut fra landskapsform, helning og utstrekning av skredmateriale er det mest sannsynlig at skredavsetningene stammer fra ett stort fjellskred. I Manndalen indikerer målingene at en fjellskredtunge med mektighet 5-10 m er avsatt på toppen av andre dalfyllingssedimenter som synes å ha en mektighet på rundt 70 m. Dalfyllingssedimentene kan bestå av både breelv- og elve-avsetninger. Det er usikkert om en større gjenfylt gropform langs vestlige del av det undersøkte området opprinnelig er en dødisgrop i breelvavsetninger eller om den er utformet ved elveerosjon i senere tid.			
Emneord: Geofysikk	Georadar	Refraksjonsseismikk	
Kvartærgeologi	Løsmasser	Skredavsetninger	
		Fagrapport	

INNHOOLD

1. INNLEDNING.....	4
2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE	4
2.1 Georadar.....	4
2.2 Refraksjonsseismikk	5
3. RESULTATER.....	6
3.1 Djupvika.....	6
3.1.1 Georadarprofiler (P1, P2 og P3)	6
3.1.2 Refraksjonsseismikk (S1)	8
3.2 Manndalen.....	8
3.2.1 Georadarprofiler (P4 og P5).....	8
3.2.2 Refraksjonsseismikk (S2)	9
4. KONKLUSJON	10
5. REFERANSER.....	11

TEKSTBILAG

1. Georadar - metodebeskrivelse
2. Refraksjonsseismikk - metodebeskrivelse

DATABILAG

1. Djupvika - tolkning av refraksjonsseismisk profil S1
2. Manndalen - tolkning av refraksjonsseismisk profil S2

KARTBILAG

- 99.080-01 Oversiktskart Djupvika (1:50 000)
- 99.080-02 Oversiktskart Manndalen (1:50 000)
- 99.080-03 Lokalkart Djupvika (1:5 000)
- 99.080-04 Lokalkart Manndalen (1:5 000)
- 99.080-05 Georadaropptak Djupvika (P1, P2 og P3)
- 99.080-06 Georadaropptak Manndalen (P4 og P5)

1. INNLEDNING

I forbindelse med kartlegging av fjellskredavsetninger i Troms er det utført georadarmålinger og refraksjonsseismikk ved to lokaliteter i Kåfjord kommune (kartbilag –01 og –02). Formålet var å kartlegge tykkelse og variasjoner i avsetningene ut fra penetrasjonsdyp og variasjon i refleksjonsstrukturer i georadaropptakene og ut fra seismiske hastigheter i grunnen.

Målingene omfatter 5 georadarprofiler med samlet lengde på ca. 960 m og to refraksjonsseismiske profiler på til sammen 385 m. Tre av georadarprofilene er målt ved lokaliteten Djupvika (kartbilag –03) og to i Manndalen (kartbilag –04), mens det er ett seismikkprofil på hver lokalitet. Målingene ble utført 4.-5. september 1998 av forsker Jan Fredrik Tønnesen (NGU) og ingeniør Bjørn Iversen (NGU).

2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE

2.1 Georadar

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av lagdeling og strukturer i grunnen. 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).

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. Antenneavstanden var fast lik 1,0 m, mens flyttavstanden mellom hvert målepunkt langs profilene var 0,5 m. I hvert målepunkt (posisjon) ble det foretatt 8 registreringer som ble summert. Reell lengde av profilene kan avvike en del fra lengde angitt over profilopptakene (posisjon) på grunn av tilfeldig eller systematisk feil i flyttavstanden. Gjennomgående synes flyttavstanden å være noe for stor. Underveis langs profilet ble det skrevet inn kommentarer om kryssende profil, veier, stier, kraft- eller tele-linjer, gjerder, jord/skog-grenser samt passering av hus og eventuelt spesielle terrengdetaljer for å få sikrest mulig profilposisjonering. For profilene i Manndalen (P4 og P5) er nøyaktige avstander innmålt på forhånd langs profilene, og disse er lagt inn som kommentarer under målingene.

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. Terreng høyden langs

profilene er hovedsakelig lagt inn ut fra kartgrunnlaget, men også ut fra visuell vurdering samtidig med målingene. Kartgrunnlag er økonomisk kartverk (M 1:5 000) med 5 m koteavstand. Variasjon i terrenghøyden langs profil P4 er bestemt ved nivellering. Absoluttnivå for profilet er usikkert, da det er tatt utgangspunkt i at sletten i vest ligger 75 m o.h. Det er ikke utført noen CMP-måling for å bestemme radarbølgehastigheten i grunnen. En verdi på 0,1 m/ns er benyttet for beregning av høydeskala i profilutskriftene. Hastigheten kan være en del for lav for tørre løsmasser og noe for høy for vannmettet materiale (se tekstbilag 1). Informasjon om lokalisering og lengde (dvs. ut fra posisjon) av profilene er vist i tabell 1.

Tabell 1: Oversikt over lokalisering og lengde av georadarprofilene.

<u>Profilnr.</u>	<u>Lokalitet</u>	<u>Lengde (m)</u>
P1	Djupvika	210
P2	Djupvika	78
P3	Djupvika	419
P4	Manndalen	185
P5	Manndalen	71

2.2 Refraksjonsseismikk

En generell beskrivelse av refraksjonsseismiske målinger er vist i tekstbilag 2. Som registreringsinstrument ble det benyttet en ABEM Terraloc MK6. For begge profilene (S1 og S2) ble det benyttet 24-kanals utlegg. Langs S1 var geofonavstandene 10 meter langs utlegget, likeså langs første halvdel av S2 (12 geofoner), mens resten av utlegget der hadde 5 m geofonavstander. Geofonavstandene ble kortet ned til halvparten av de nevnte verdier ved midten og endene av profilene for å få bedre kontroll på seismiske hastigheter i de øverste løsmasselag. Skuddpunkt ble plassert ved hver ende av utleggene, samt 3 steder i mellom. Langs S1 vil det bety en skuddpunktavstand på 55 m, likeså langs første del av S2, mens siste del av utlegget har skuddpunktavstand på 27,5 m. I tillegg ble det for begge profilene plassert skuddpunkt i større avstand fra profilendene for å få best mulig dekning av fjellrefraktor. Dynamitt ble brukt for energisering for begge profilene. Datakvaliteten var gjennomgående god. Detaljert informasjon om profilene er vist i tabell 2.

Tabell 2: Detaljert informasjon om de refraksjonsseismiske profilene.

<u>Profilnr.</u>	<u>Lokalitet</u>	<u>Lengde (m)</u>	<u>Geofonavstand (m)</u>	<u>Skuddpunkt plassering (m)</u>
S1	Djupvika	220	10	-40,0,55,110,165,220,263
S2	Manndalen	165	10 og 5	-50,0,55,110,138,165,285

3. RESULTATER

3.1 Djupvika

3.1.1 Georadarprofiler (P1, P2 og P3)

Utskrift av georadaropptakene samt lokaliseringskart for profilene er vist i kartbilag –05.

Profil P1 er målt langs sti langsetter skråningen mot fjorden og ligger 56-61 m o.h. Penetrasjonsdyp for reflekterte georadarsignaler er 15-20 m langs sørlige halvdel av profilet og 8-15 m i nordlige del. Refleksjonsmønsteret er hauget usammenhengende til kaotisk, og sørlige del er preget av punktdiffraksjoner som indikerer blokkrikt materiale.

Refleksjonsstrukturene tyder på at det er vesentlig skredmateriale langs profilet, men det er ingen entydig avgrensning mot eventuell underliggende morene eller fjelloverflate. Det kan ikke utelukkes at nær horisontale reflektorer på 11-15 m dyp i området pos. 0-85 m representerer overgang mot fjell.

I sørlige del er det et 1-2 m tykt overflatelag med overflateparallell reflektivitet. I området pos. 65-105 m ser det ut til å være en grop/forsenkning i skredmaterialet og det er her nær horisontale reflektorer ned til 5-6 m dyp. Ut fra skråstrukturer på begge sider av gropa er det mulig at den opprinnelig har vært 10-12 m dyp før innfylling av nytt materiale.

I nordlige del av profilet er det ikke indikert noen horisontale overflatestrukturer. Vesentlig kaotisk refleksjonsmønster og redusert penetrasjon indikerer noe annen sammensetning av skredmaterialet her enn lenger sør (muligens mer finkornig matriks?). De fleste skråstrukturer skyldes punktdiffraksjoner og regnes å stamme fra blokker i skredavsetningene, men noen slakere skråstrukturer med fall mot sør (for eksempel ved nordenden, nedover fra pos. 150 m, fra pos. 120 m og noe brattere fra pos. 196) kan skyldes skjærsoner i avsetningene. Reflektor på vel 10 m dyp pos. 155-165 m og muligens pos. 190-195 m kan representere fjelloverflate eller en grense i avsetningene. I sistnevnte tilfelle kan reflektor på 5 m større dyp (ca. 43 m o.h. pos. 155-165 m) indikere mulig fjell.

Tverrprofilet P2 skråner forholdsvis slakt nedover mot vest og krysser over gropa/forsenkningen indikert i P1. Skrålagning med fall nedover mot vest viser at den øvre del av gropa er gjenfylt av bekkeavsetninger eller eventuelt strandavsetninger som må være avsatt under landhevningperioden kort tid etter avslutningen av siste istid. Skrålagningen har størst mektighet med rundt 6 m nær krysningspunkt med P1. Avsetningene kiler helt ut nedover mot vestenden av profilet og avtar til under 5 m i østligste del. Skråreflektor fra nær overflaten ved pos. 65 m og som skråner ned til rundt 10 m dyp (ca. 45 m o.h.) ved pos. 40 m kan indikere bunnen av gropa og grensen mot skredmateriale, eller eventuelt et skjærplan i

skredavsetningene. Nedenfor enden av profilet er det et markert blokkfelt i dagen. Noe endring i refleksivitet og mønster fra rundt 10 m dyp kan representere overgang mot fjell eller eventuelt annen materialtype.

Profil P3 er målt langs sti nedover skråningen mot fjorden og terrenget har gjennomsnittlig et fall på rundt 10 grader. Penetrasjonsdyp for reflekterte georadarsignaler varierer stort sett mellom 10 og 20 m, men er mindre helt nederst mot fjorden. Refleksjonsmønsteret gir ikke entydig informasjon om avsetningstyper og heller ikke dyp til fjell. En reflektor som skråner nedover fra østenden av profilet på rundt 15 m dyp (fra 61- 62 m o.h.) kan muligens indikere fjelloverflaten.

Hovedinntrykket er et kaotisk dominert refleksjonsmønster, men med en del haugformet usammenhengende reflektorer og stedvis betydelig innslag av punktdiffraksjoner (sannsynligvis fra blokker). Det ser imidlertid også ut til å være en del nær lineære reflektorer og en god del av disse er nær parallelle med terrengoverflaten. Slike reflektorer like under overflaten kan representere strandavsetninger, som indikert i gropen i nord ved P1 og likeså langs sørlige del av P1.

Ut fra refleksjonsmønsteret antas det at ned til et dyp varierende mellom 6 og 12 m kan avsetningene være dominert av skredavsetninger, men overgang mot underliggende materiale (sannsynligvis morene men muligens også annet) er meget usikker. Langs vestlige del av profilet kan skredmateriale ligge direkte over forholdsvis finkornige fjordsedimenter (silt?). Grensen mellom avsetningene går muligens langs reflektor fra nær havnivå lengst vest til opp mot 5 m o.h. ved pos. ca. 300 m. Lagningen i fjordsedimentene vil være en del forstyrret i øvre del på grunn av påvirkningen fra skredavsetningene.

Sentralt i profilet (pos. 230-140 m) er det avbrutte men lineære strukturer nær parallelt med overflaten i dyp på henholdsvis 9-11 m og en grunnere på 4-6 m dyp. Den nederste kan representere undergrense for skredavsetningene, men begge kan også indikere interne strukturer i skredmaterialet. Fra østenden av profilet (fra 67-69 m o.h.) og fram til pos. 35 m skråner en lineær struktur, muligens to nærliggende, slakt nedover. Den øvre ser ut til å komme opp mot overflaten ved pos. ca. 50 m, mens den nedre bøyer nedover og kan muligens være en fortsettelse av den nedre reflektoren lenger vest. Både over og under de lineære reflektorene i dette området er avsetningene preget av meget markert diffraksjonsmønster, noe som indikerer høyt blokkinnhold.

Ut fra landskapsform, helning og utstrekning av skredmateriale er det mest sannsynlig at skredavsetningene i hovedsak stammer fra ett stort fjellskred. Lineære strukturer i skredmaterialet må da indikere skjærsoner i avsetningene eller eventuelt grenser mellom påfølgende skredpulser i den samme skredhendelsen. (For klassifikasjon av skred refereres til Blikra m.fl. 1989).

3.1.2 Refraksjonsseismikk (S1)

Profilen følger tilnærmet øvre del av georadarprofil P3 og startpunkt i vest ligger nær pos. 185 m i P3 og sluttunkt i øst er nær startpunkt i P3. Tolkningen av de refraksjonsseismiske opptakene er vist i databilag 1.

En 3- eller 4-lags hastighetsmodell er indikert ut fra de refraksjonsseismiske data. Det øverste laget har seismisk hastighet på 700-800 m/s i vestlige deler og 500-600 m/s i øst. Det er stort sett 1-2 m tykt, men ser ut til å tynne ut mot østenden. Laget regnes å bestå av tørt og forholdsvis løst lagret skredmateriale, men kan også delvis være strandavsetninger. Hastigheten i laget under er på rundt 2000 m/s i vestlige del av profilet avtagende til rundt 1000 m/s i østlige del. Med en 3-lags modell (vist i databilag 1) representerer det tredje laget fjell med seismisk hastighet rundt 4500 m/s i vestlige del økende til 5300-5500 m/s i østlige del. Beregnet dyp til fjelloverflaten er rundt 30 m i vestlige del avtagende til knapt 10 m ved østenden. Det er imidlertid mulig at hastigheten på 1000 m/s i østlige del representerer et eget lag som kiler ut mot vest og at laget i vest med hastighet 2000 m/s fortsetter under mot øst som et blindsonelag. Hvis dette er tilfelle vil dyp til fjell være en del større langs østlige del av profilet enn beregnet ut fra en 3-lags modell. Hastighet i lag 2 på 1000 m/s representerer trolig forholdsvis løst pakket skredmateriale som ikke er vannmettet. Hastigheten kan også representere dårlig konsolidert og forholdsvis tørt morenemateriale. Hastigheten på 2000 m/s må representere godt pakket materiale som sannsynligvis også er nær vannmettet, dvs. kompakte skredavsetninger og/eller forholdsvis kompakt morene.

3.2 Manndalen

3.2.1 Georadarprofiler (P4 og P5)

Utskrift av georadaropptakene samt lokaliseringskart for profilene er vist i kartbilag –06. Ved angivelse av posisjon langs profilene benyttes skalaen over profilutskriften og ikke eksakt meterangivelse vist som kommentarer under utskriften.

Profil P4 er målt over et blokkfelt (fjellskred) langs vel halvdelen av profilet i øst, mens vestlige del ligger i lavere nivå på en dyrket slette (grasmark). Penetrasjonsdyp for reflekterte georadarsignaler varierer fra under 10 til opp mot 20 m. Nær horisontale men slakt bølgeformede reflektorer i en sone rundt 74-75 m o.h. (dvs. på 5-8 m dyp i østlige del av profilet) regnes å indikere undergrensen for skredavsetningene. Refleksjonsmønsteret i avsetningene under er også forholdsvis kaotisk med lite sammenhengende strukturer. Disse dalutfyllingssedimentene kan bestå av forholdsvis dårlig sorterte breelavsetninger. Reflektor som skråner ned mot vest fra ca. 70 m o.h. ved pos. 100 m i profilet og en annen reflektor som skråner ned mot øst fra vestenden av profilet (fra pos. 185 m til pos. 160 m) kan representere avgrensningen av en dødisgrop. Den er senere blitt gjenfylt med forholdsvis finkornig

materiale (elve/bekke-avsetninger). Det er imidlertid også mulig at ”gropa” ikke er dannet i forbindelse med isavsmeltningen, men er utformet ved elveerosjon og med senere avsnøring og gjenfylling av elveleiet.

Profilen P5 er målt på tvers av skredtungen. Penetrasjonsdypet er stort sett 15-20 m, men i nordligste del (pos 2-17 m) er det dårlig penetrasjon. Avgrensningen av skredmaterialet mot dypet er ikke så tydelig her, men synes å ligge i tilsvarende nivå som i P4 sentralt i profilet. Mot endene kan den ligge noe lavere (ca. 70 m o.h. ved sørenden). Det ser ut til å komme inn noen nær horisontale reflektorer fra under 65 m o.h., noe som kan indikere at avsetningene blir finere mot dypet.

3.2.2 Refraksjonsseismikk (S2)

Profilen er lokalisert langs georadarprofil P4 og har startpunkt 5 m øst for vestenden av P4 og sluttunkt (165 m) 30 m vest for østenden av profilet. Tolkningen av de refraksjonsseismiske optakene er vist i databilag 2.

En 3- og 4-lags hastighetsmodell er indikert ut fra de refraksjonsseismiske data. Det øverste laget med hastighet 400-500 m/s er 1,5-2,0 m tykt langs sletten i vest, men er mindre enn 1 m i øst over blokkområdet. I vest regnes materialet å bestå av tørre og løst lagrete sandavsetninger (elveavsetninger), mens det i øst utgjør løst lagret steindominert skredmateriale. I øst er hastigheten i underliggende skredmateriale dårlig bestemt, men synes å variere i området 800-1200 m/s, og indikerer meget inhomogene, men trolig forholdsvis løst lagrete fjellskredavsetninger med lavt vanninnhold. I tolkningen er det benyttet en gjennomsnittshastighet på 1000 m/s. På grunn av inhomogene hastighetsforhold er tykkelsen på dette laget noe usikkert, men ligger i området 6-9 m. I vest er seismisk hastighet under overflatelaget i området 1500-1600 m/s. Denne hastigheten ser også ut til å fortsette videre lateralt under skredavsetningene i øst. Hastigheten er typisk for sorterte dalfyllingssedimenter under grunnvannsnivå, og kan bestå av både sand/grus-dominerte breelavsetninger og sand-dominerte elveavsetninger, eventuelt også av mer finkornige avsetninger mot større dyp. Indikasjoner på fjell er bare oppnådd fra fjernskudd i øst nærmest dalsiden og beregninger tyder på at dalfyllingsavsetningene har en mektighet på rundt 70 m.

4. KONKLUSJON

I skråningen ned mot fjorden ved Djupvika antyder tolkningene at tykkelsen av skredavsetningene kan variere fra 6 til 15 m, men grensen mot underliggende avsetninger er usikker. Nærmest fjorden i vest kan skredavsetningene ligge direkte på forholdsvis finkornige fjordsedimenter, mens de lenger opp i skråningen regnes å ligge over morenemateriale. I øverste del av undersøkelsesområdet kan fjelloverflaten ligge 10-15 m dypt. Seismikkprofil i sør viser at løsmassemektheten øker til rundt 30 m midtveis nedover skråningen.

Målingene indikerer betydelige variasjoner i skredavsetningene. Lavere seismisk hastighet i øvre (østlige) del tyder på dårligere pakket materiale der enn lenger nedover skråningen, og kaotisk dominert refleksjonsmønster med markerte diffraksjonsstrukturer i georadaropptakene indikerer høyt blokkinnhold i øvre del. I nord er det indikert en gropform i skredavsetningene som er gjenfylt av annen løsmasstype. Det kan enten være bekkeavsetninger, eller eventuelt strandavsetninger som må være avsatt under landhevningsperioden kort tid etter avslutningen av siste istid. Strandavsetninger kan også være representert i overflatematerialet lenger sør i området.

Ut fra landskapsform, helning og utstrekning av skredmateriale er det mest sannsynlig at skredavsetningene stammer fra ett stort fjellskred. Lineære strukturer i skredmaterialet må da indikere skjærsoner i avsetningene eller eventuelt grenser mellom skredpulser i den samme skredhendelsen.

I Manndalen indikerer målingene at en fjellskredtunge med mektighet 5-10 m er avsatt på toppen av andre dalfyllingssedimenter som synes å ha en mektighet på rundt 70 m. Dalfyllingssedimentene kan bestå av både breelv- og elve-avsetninger. Det er usikkert om en større gjenfylt gropform langs vestlige del av det undersøkte området opprinnelig er en dødisgrop i breelvavsetninger eller om den er utformet ved elveerosjon i senere tid.

5. REFERANSER

Blikra, L.H., Hole, P.A. & Rye, N. 1989: Skred i Norge. Hurtige massebevegelser og avsetningstyper i alpine områder, Indre Nordfjord.
Norges geologiske undersøkelse, Skrifter 92, 1-17.

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 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 dempning av bølgepulserne 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.

REFRAKSJONSSEISMIKK- METODEBESKRIVELSE

Metoden grunner seg på at lydets forplantningshastighet forandrer seg med mediets elastiske egenskaper. Det aktuelle hastighetsområde i den såkalte ingeniørseismikk er fra ca. 200 m/s i visse typer porøst overdekke til godt over 5000 m/s i enkelte bergarter.

En 'lydstråle' fra en sprengning i overflaten treffer en grense mellom to sjikt hvor lyd hastigheten er henholdsvis V_1 og V_2 , og vinkelen mellom lydstråle og innfallslodd kalles i . Etter at strålen har passert sjiktgrensen vil den danne en vinkel R med innfallsloddet, slik at

$$\sin i / \sin R = V_1 / V_2$$

Når $R=90^\circ$, vil den refrakterte stråle følge sjiktgrensen, og vi har

$$\sin i = V_1 / V_2$$

Den bestemte innfallsvinkel som tilfredsstiller denne betingelse kalles kritisk vinkel eller i_c .

Lydforplantningen langs sjiktgrensen vil gi opphav til sekundærbølger som returnerer til terrengoverflaten under vinkelen i_c . I en viss kritisk avstand fra skuddpunktet vil disse refrakterte bølger nå fram før de direkte bølger som har fulgt terrengoverflaten. Den kritiske avstand er proporsjonal med dypet til sjiktgrensen og forøvrig bare avhengig av forholdet mellom de to hastigheter. Denne sammenheng utnyttes ved å plassere seismometre (geofoner) langs en rett linje i terrenget og registrere de først ankomne bølger fra skudd i hensiktsmessig valgte posisjoner langs samme linje. Man får da bestemt de nødvendige data for å fastlegge dypene til sjiktgrensen. Dersom overdekket er homogent med hensyn på lyd hastigheten langs profilet, kan det oppnås en god dybdebestemmelse for hver seismometerposisjon. Imidlertid vil det ofte være betydelige laterale variasjoner til stede, og overdekkehastighetene blir ved små dyp bare bestemt i nærheten av skuddpunktene. Ofte vil det derfor være naturlig å legge størst vekt på dybdebestemmelsen under skuddpunktene.

Disse betraktninger kan utvides til å gjelde flere sjiktgrenser. Man får refrakterte bølger fra alle grenser når hastigheten i det underliggende medium er større enn i det overliggende. Kontrasten må være av en viss størrelse, og vinkelen mellom sjiktgrense og terrengoverflate må ikke være for stor. I praksis vil man ofte få vanskeligheter når denne vinkel overstiger 25° .

Det forekommer at en sjiktgrense ikke avspeiler seg i gangtidsdiagrammene, fordi de refrakterte bølger fra denne grense når overflaten seinere enn fra en dypere grense. Det foreligger da en

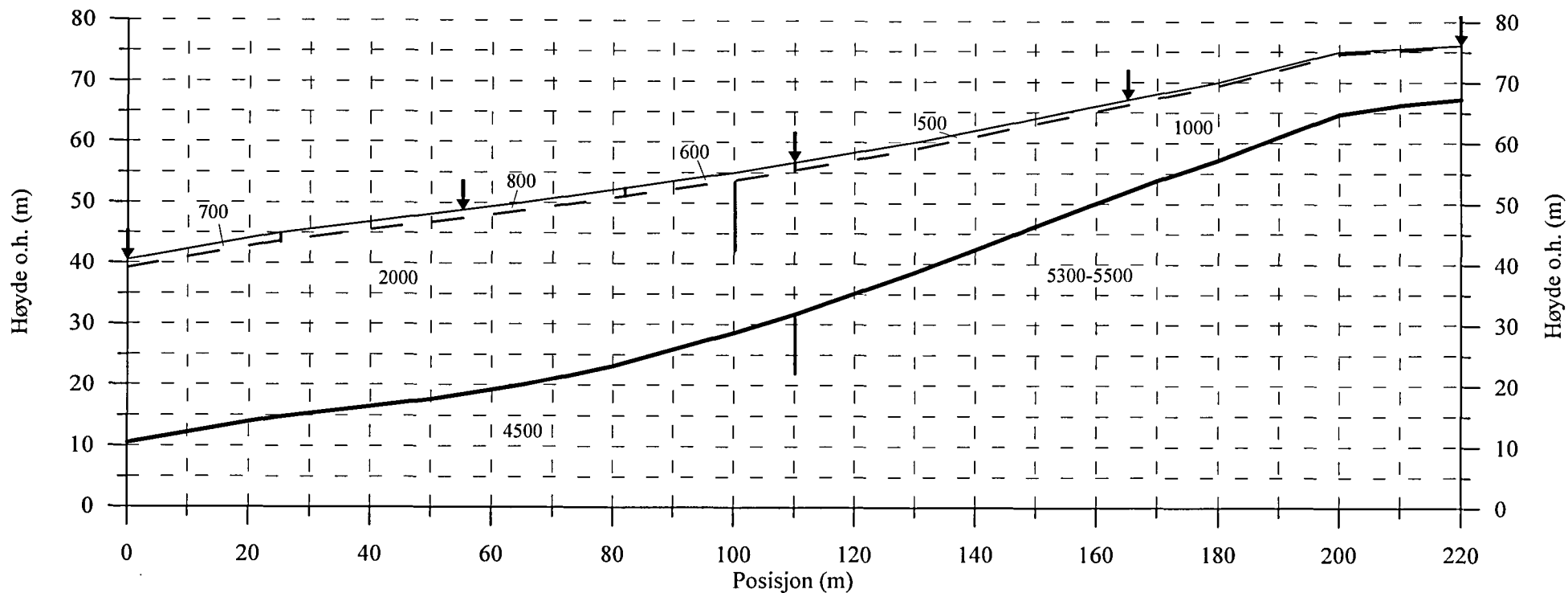
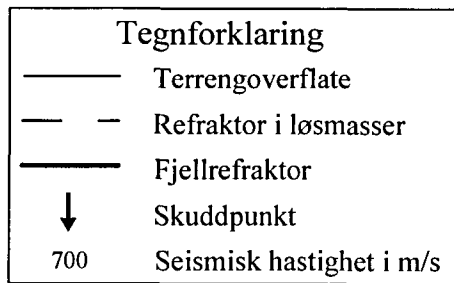
såkalt 'blind sone', og de virkelige dyp kan være vesentlig større enn de beregnede. En annen feilkilde er til stede hvis man har et sjikt med lavere hastighet enn det overliggende. Fra denne sjiktgrense vil det ikke komme refrakterte bølger til overflaten, og lavhastighetssjiktet vil ikke kunne erkjennes av måledata. Generelt kan det sies at usikkerheten i de beregnede dyp øker med antall sjikt. Med analog apparatur vil en kunne bestemme første ankomsttid med en usikkerhet på 1 millisekund ved middels god opptakskvalitet. Hvis overdekkehastigheten er 1600 m/s, tilsvarer dette en usikkerhet på ca. 0.8 m i dybdebestemmelsen på grunn av avlesningsfeil. I tillegg kommer eventuelle feil på grunn av at forutsetningene om isotropi og homogenitet ikke gjelder fullt ut.

Ved meget god datakvalitet kan første ankomsttid avleses med 0.5 millisekunders nøyaktighet. Med denne nøyaktigheten er det allikevel urealistisk å regne med mindre enn 0.5 m usikkerhet i dybdeangivelsene. Ved meget små dyp til fjell (mindre enn én meter) blir overdekkehastigheten dårlig bestemt, og man må regne med prosentvis store feil i dybdeangivelsene.

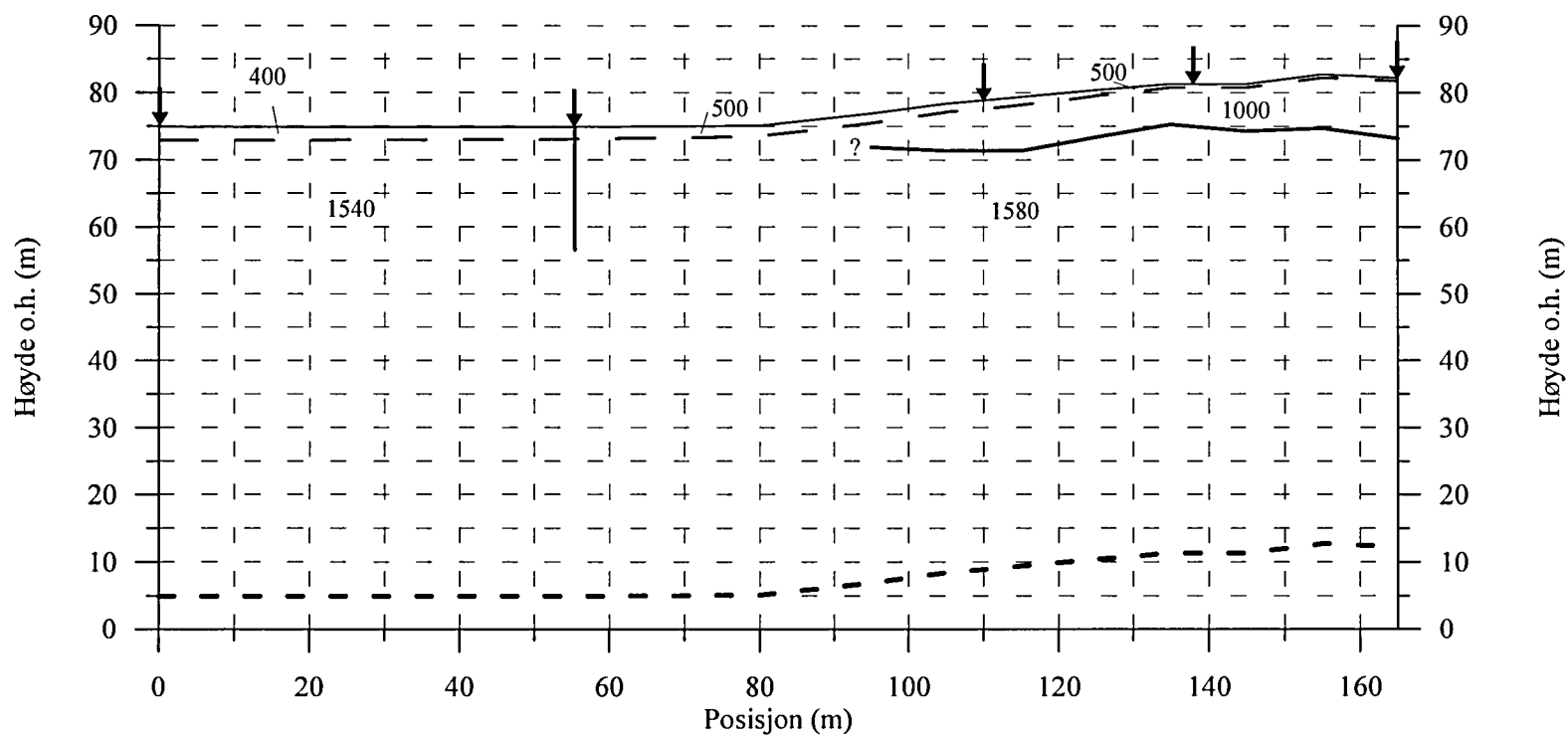
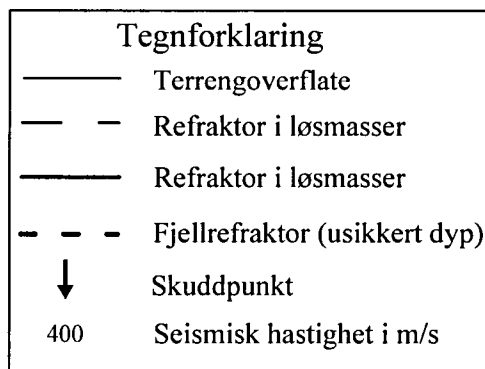
P-BØLGEHASTIGHETI NOEN MATERIALTYPER

<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>

DJUPVIKA, tolkning av refraksjonsseismisk profil S1



MANNDALEN, tolkning av refraksjonsseismisk profil S2





NGU

OVERSIKTSKART

DJUPVIKA

KÅFJORD KOMMUNE, TROMS

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1:50 000

MÅLT JFT

TEGN JFT

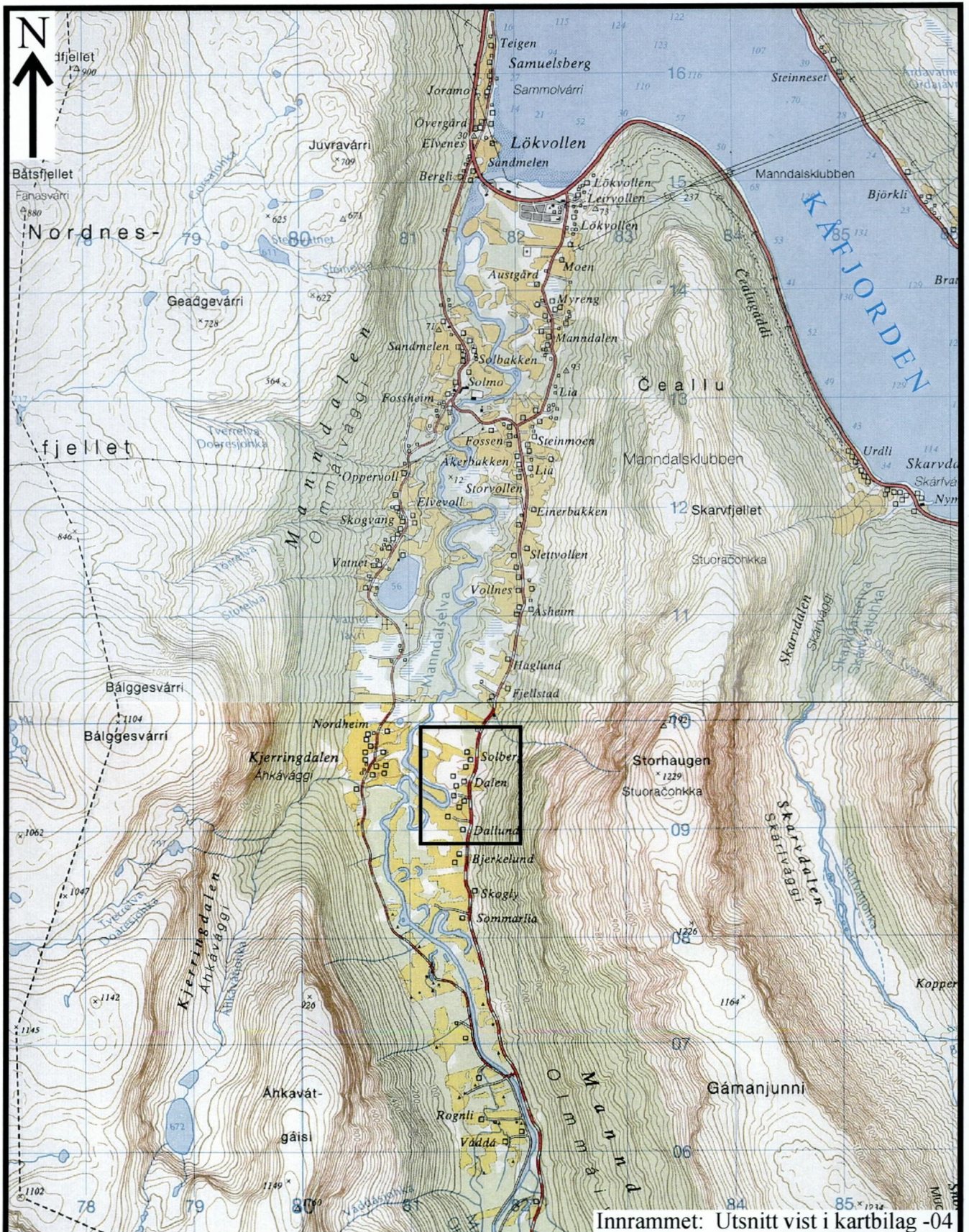
TRAC

SEP. -98

JULI -99

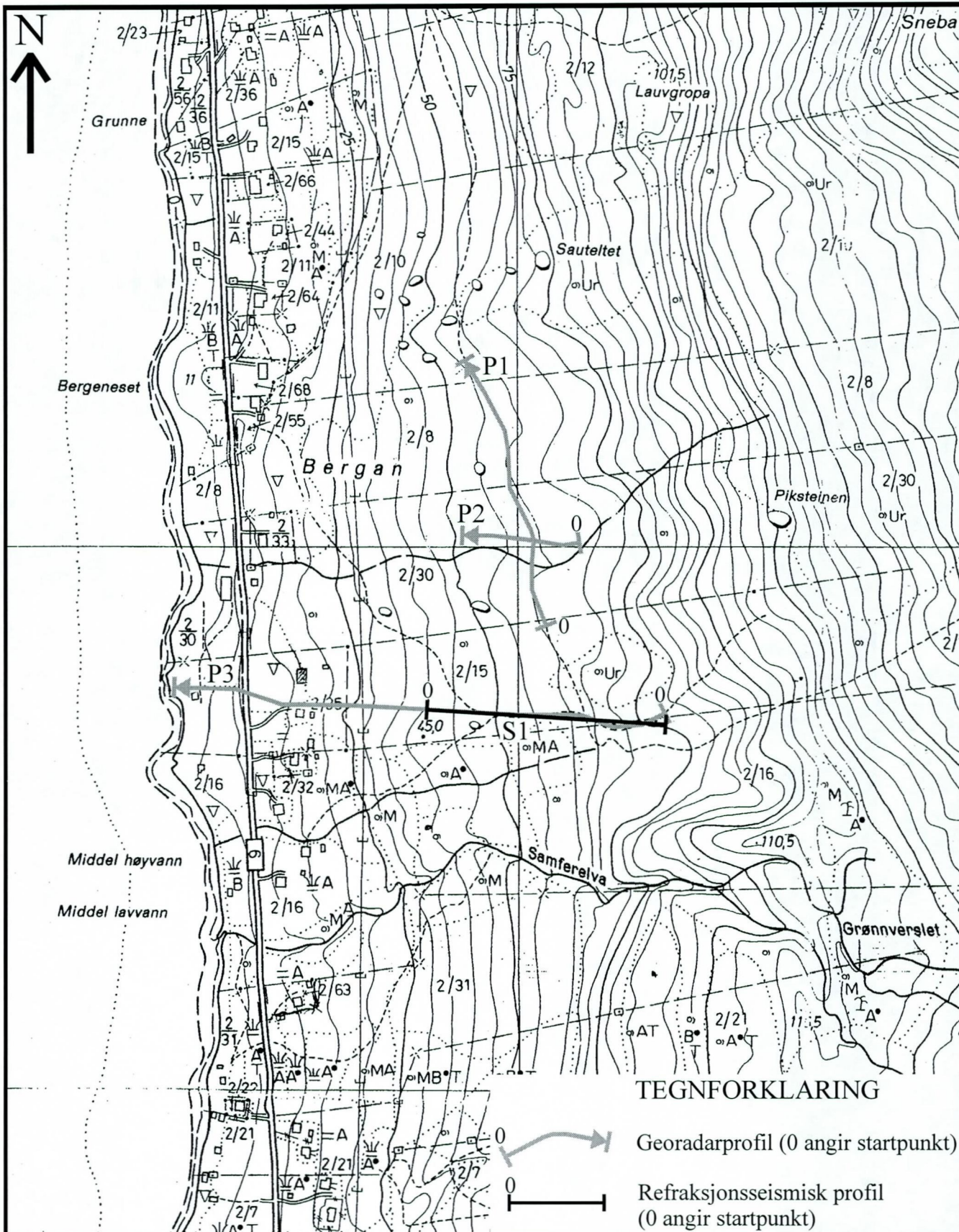
KARTBILAG NR
99.080-01

KARTBLAD NR
1634 II



Innrammet: Utsnitt vist i kartbilag -04

NGU OVERSIKTSKART MANNDALEN KÅFJORD KOMMUNE, TROMS	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	SEP. -98
	1:50 000	TEGN JFT	JULI -99
		TRAC	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 99.080-02	KARTBLAD NR 1633 I, 1634 II	



TEGNFORKLARING

Georadarprofil (0 angir startpunkt)

Refraksjonsseismisk profil
(0 angir startpunkt)

NGU
LOKALKART GEORADAR OG REFR.SEISMIKK

DJUPVIKA

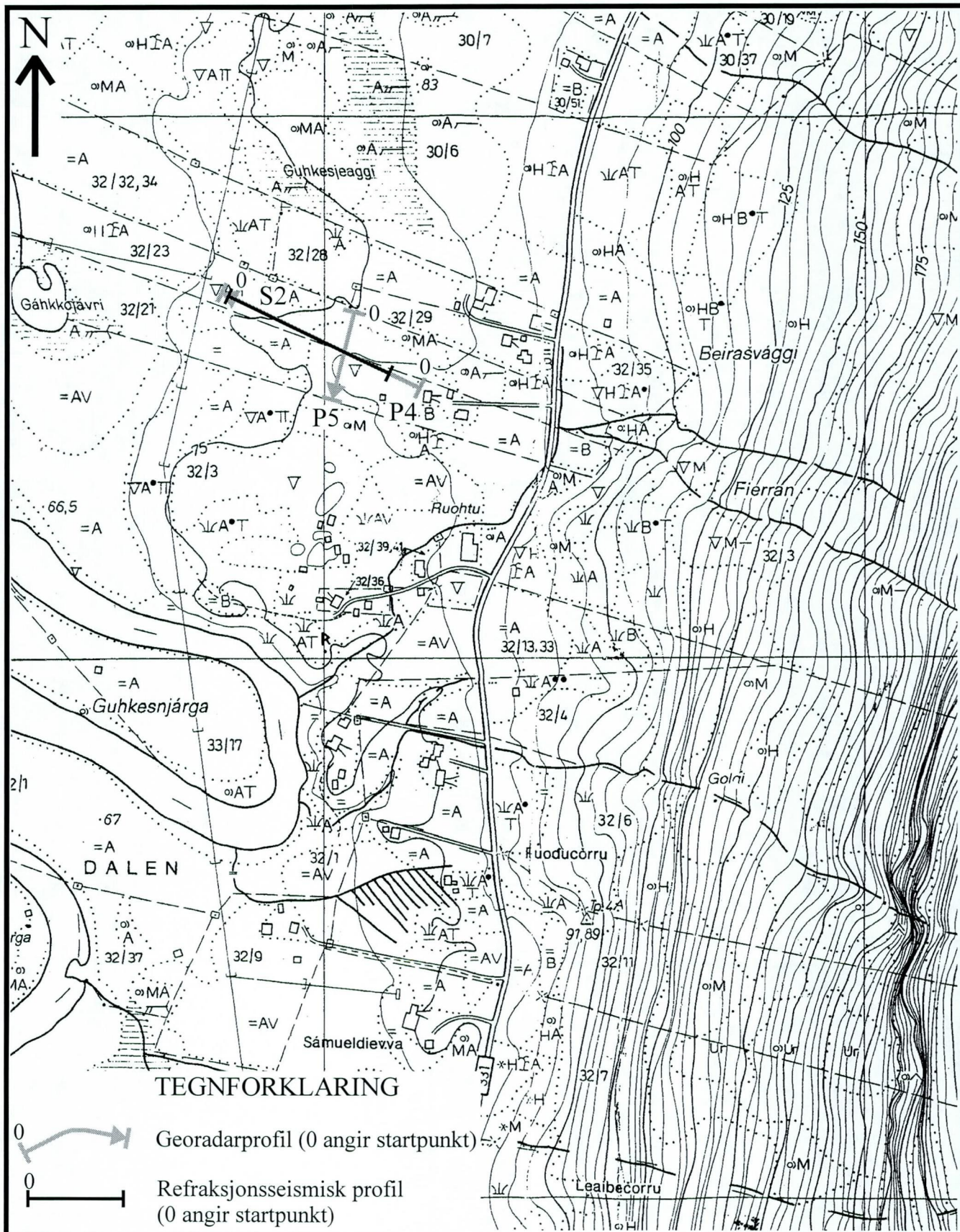
KÅFJORD KOMMUNE, TROMS

MÅLESTOKK 1:5 000	MÅLT JFT	SEP. -98
	TEGN JFT	JULI -99
	TRAC	

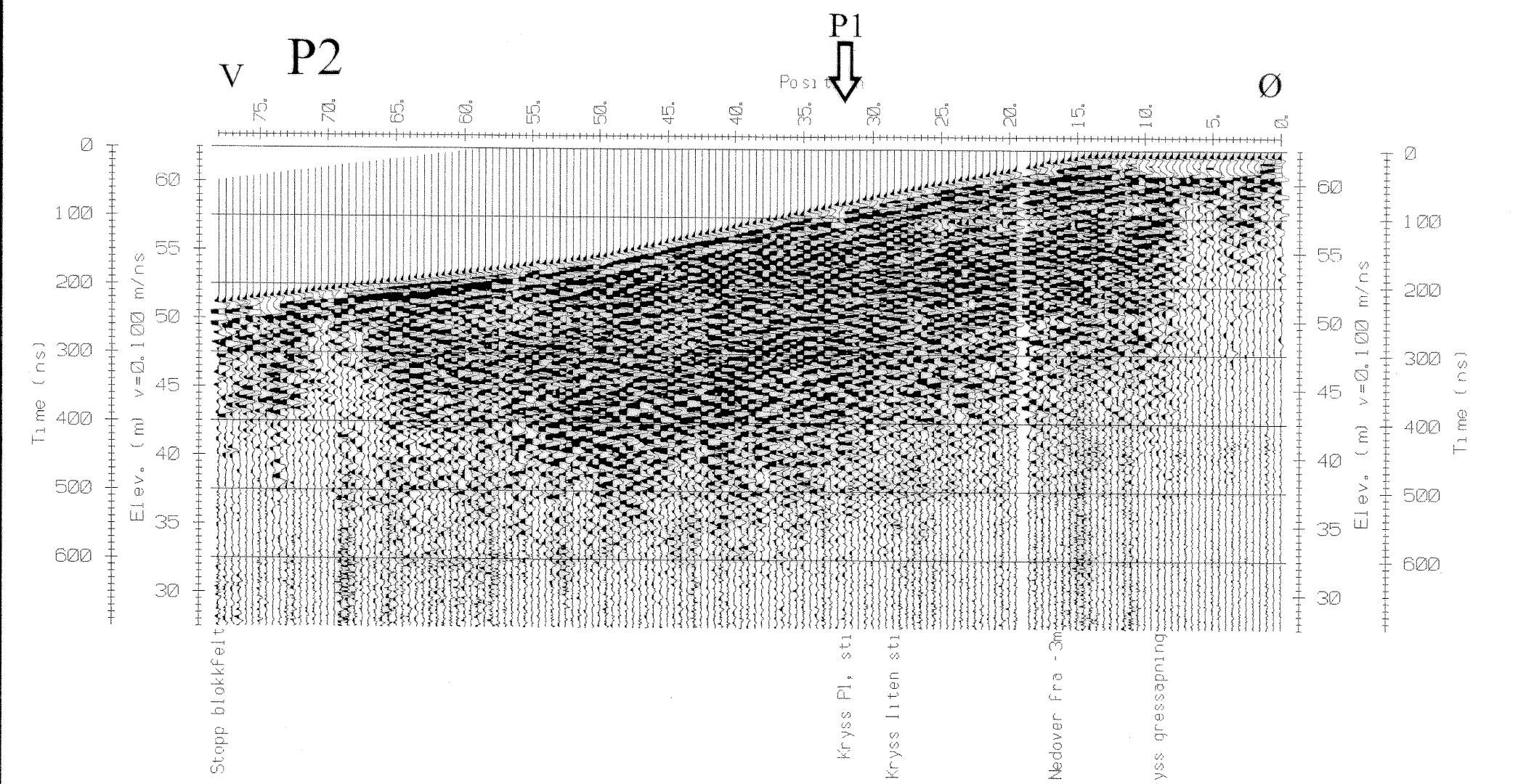
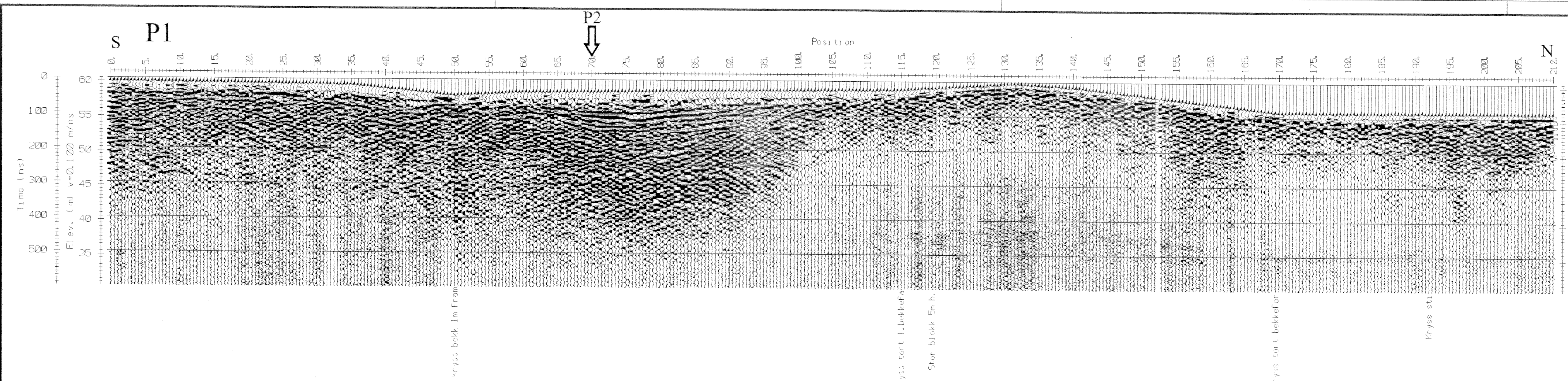
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

KARTBILAG NR
99.080-03

KARTBLAD NR
1634 II



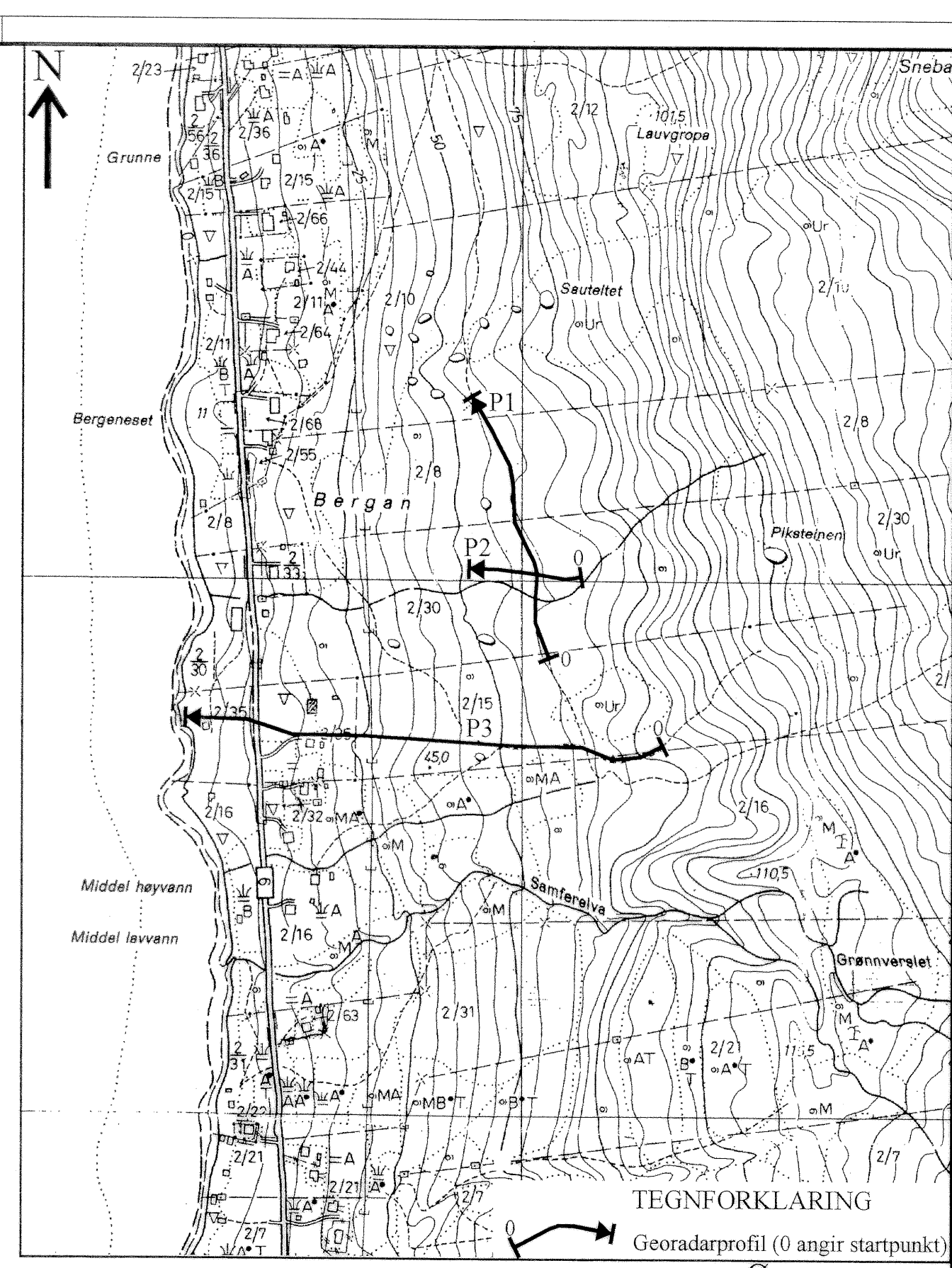
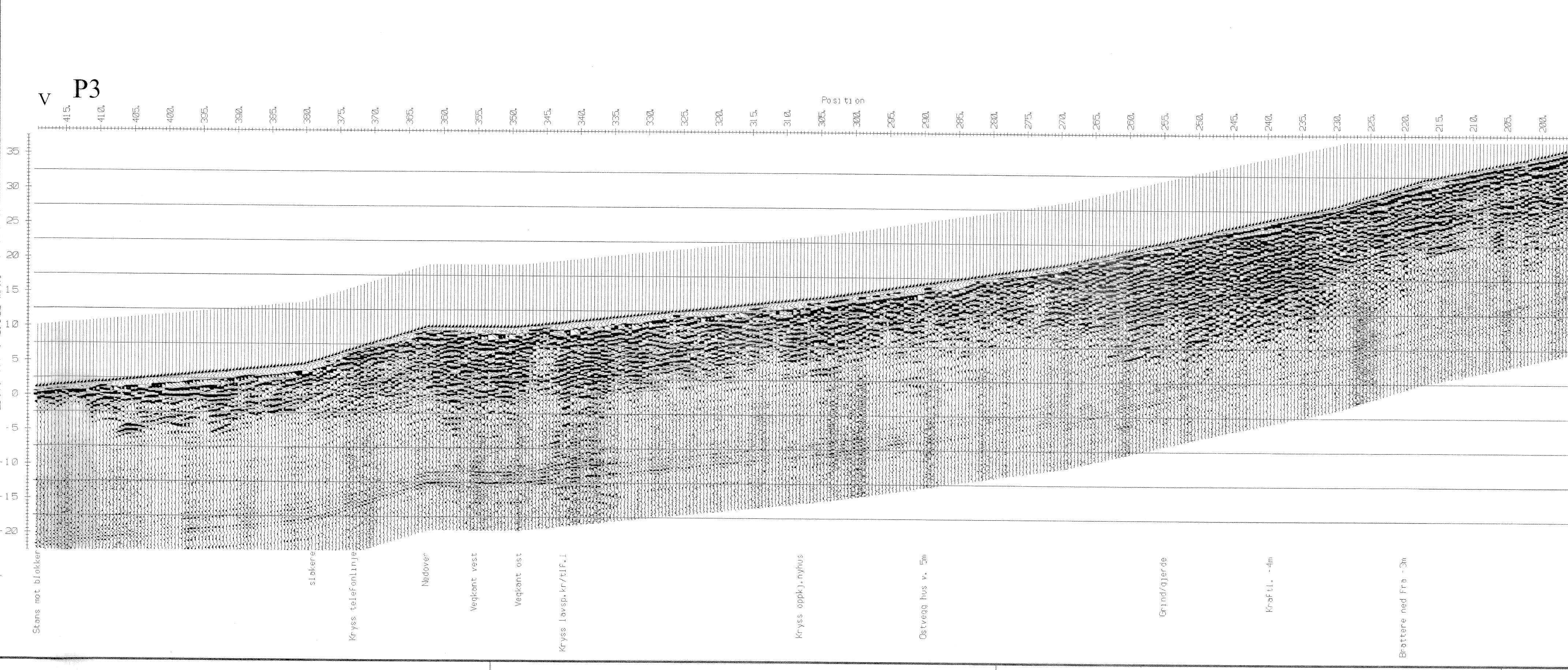
NGU LOKALKART GEORADAR OG REFR.SEISMIKK MANNDALEN KÅFJORD KOMMUNE, TROMS	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	SEP. -98
	1:5 000	TEGN JFT	JULI -99
		TRAC	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 99.080-04	KARTBLAD NR 1633 I	



TEGNFORKLARING

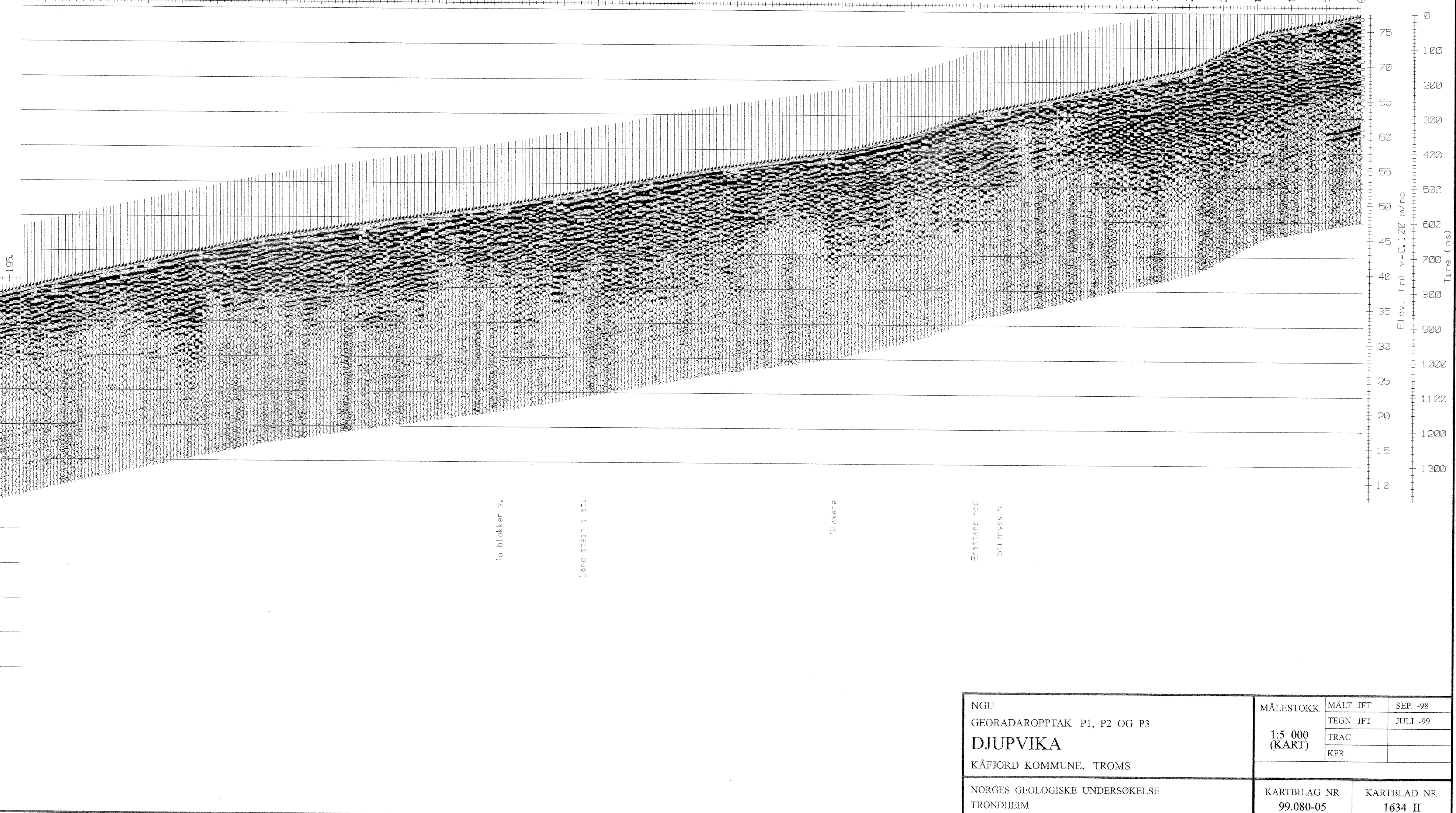
↓ P1

Kryssende profil

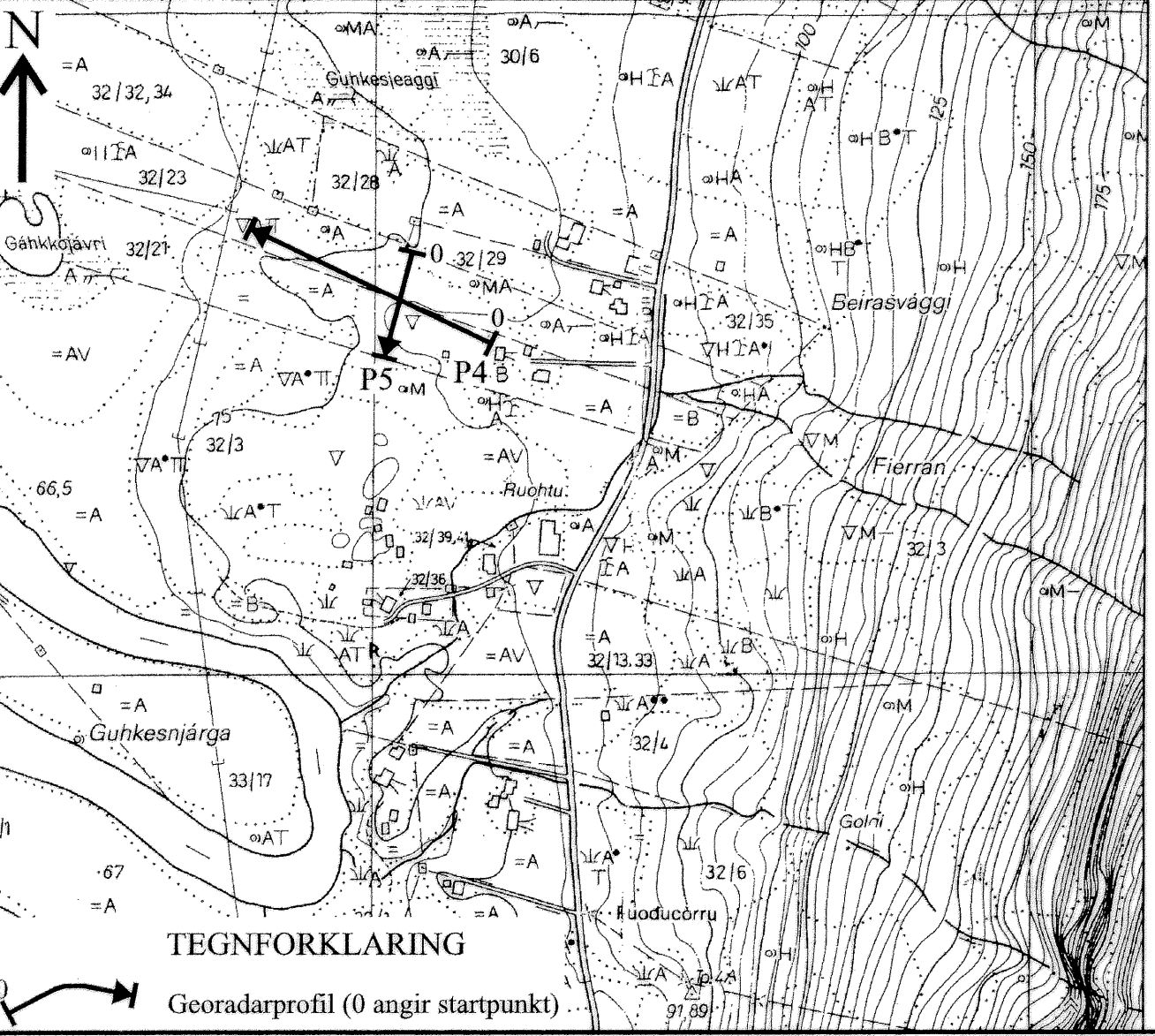
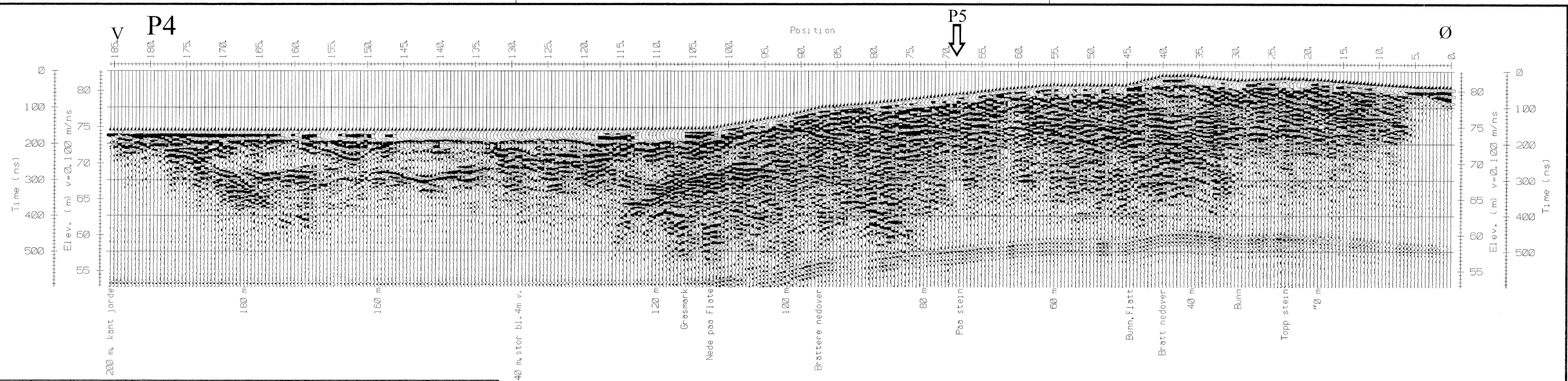


TEGNFORKLARING

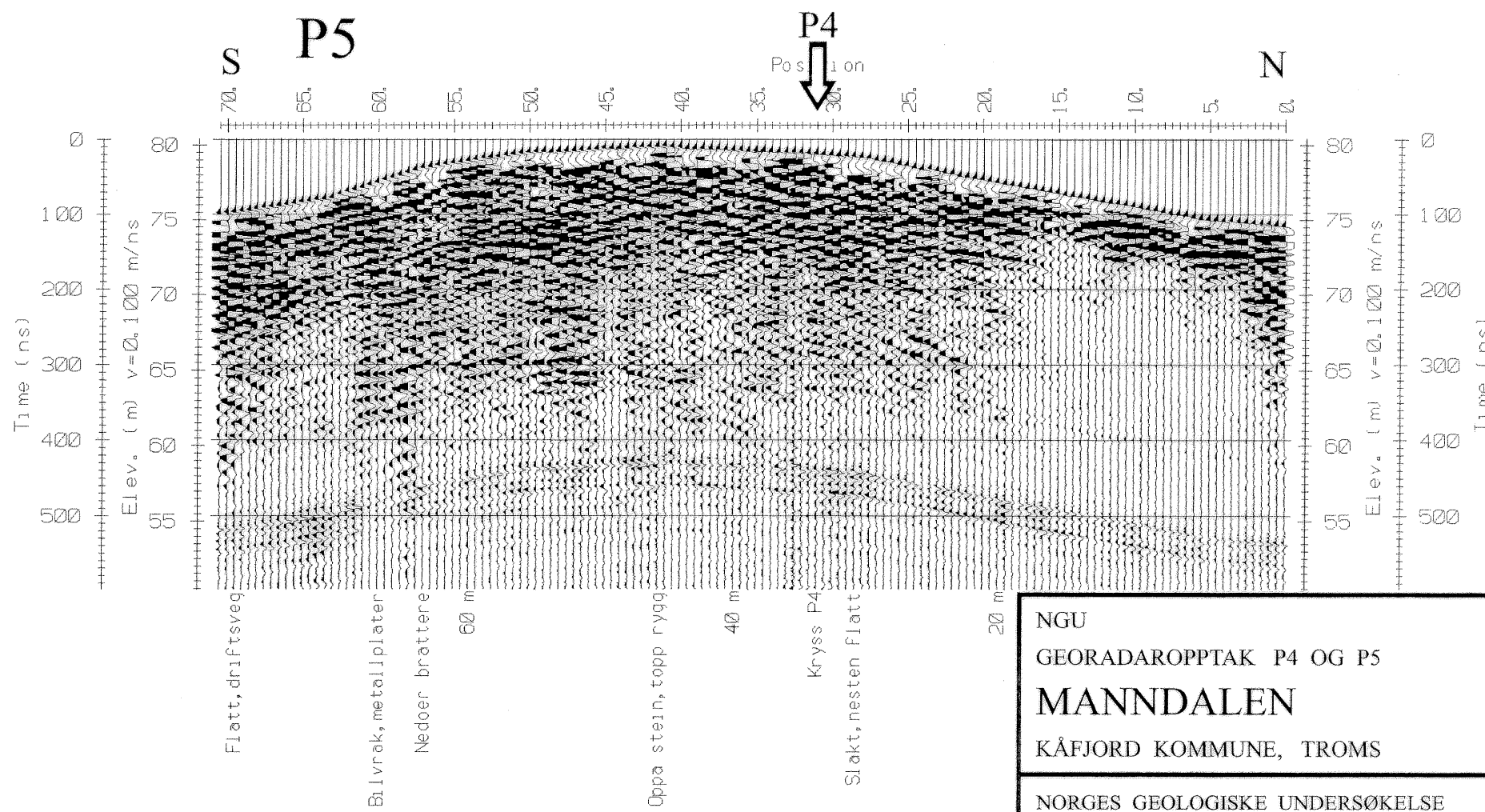
Georadarprofil (0 angir startpunkt)



NGU GEORADAROPPTAK P1, P2 OG P3 DIJUPVIKA KÅFJORD KOMMUNE, TROMS	MÅLESTOKK 1:5 000 (KART)	MÅLT JFT TEON JFT TRAC KFR	SEP. -98 JULI -99
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 99.080-05	KARTBLAD NR 1634 II



140 m, stor bl. 4m v.



TEGNFORKLARING

Kryssende profil

NGU
 GEORADAROPPTAK P4 OG P5
MANNDALEN
 KÅFJORD KOMMUNE, TROMS
 NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK 1:5 000 (KART)	MÅLT JFT	SEP. -98
	TEGN JFT	JULI -99
	TRAC	
	KFR	
KARTBILAG NR 99.080-06	KARTBLAD NR 1633 I	