


NGU Rapport 2000.102

Georadar og refraksjonsseismiske målinger av
sand- og grus-forekomst i Fonndalen, Meløy
kommune, Nordland.

Rapport nr.: 2000.102		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Georadar og refraksjonsseismiske målinger av sand- og grus-forekomst i Fonndalen, Meløy kommune, Nordland.			
Forfatter: Eirik Mauring, Jan Fredrik Tønnesen, Arnhild Ulvik & Knut Wolden		Oppdragsgiver: Nordland Betongindustri AS	
Fylke: Nordland		Kommune: Meløy	
Kartblad (M=1:250.000) Mo i Rana		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1928 III Melfjord	
Forekomstens navn og koordinater: Fonndalen 33N 441620 7398260 (Datum WGS84)		Sidetall: 19	Pris: 100,-
Feltarbeid utført: August 2000		Rapportdato: 20/10-2000	Prosjektnr.: 2633.00
			Ansvarlig: 
Sammendrag: <p>Rapporten beskriver resultater fra geofysiske målinger i forbindelse med sand/gruskartlegging ved massetak i Fonndalen, Meløy kommune, Nordland. Hensikten med målingene var å kartlegge avsetningstyper, mektigheter av avsetningstyper, beliggenhet av grunnvannsspeil og dyp til fjell. Det var av spesiell interesse å kartlegge mektighet og volum av tørre sand/grus-avsetninger som er egnet for masseuttak. Georadar og refraksjonsseismikk ble benyttet som målemetoder.</p> <p>De refraksjonsseismiske målinger avdekker inntil 5 hastighetslag, der de to øverste trolig representerer tørre sand/grus-avsetninger. Grunnvannsnivå er bare stedvis påvist grunnet blindsoneproblematikk. Det fjerde hastighetslaget (i vannmettet sone) representerer trolig bunnmorene. Dyp til fjell er minst i vest ved starten av P1 (15-20 m dyp), og øker jevnt mot nordøst og kan være i størrelsesorden 130 m ved nordenden av profil 3. Georadarmålingene viser stedvis penetrasjonsdyp ned til 50 meters dyp. Dette er meget bra og indikerer at avsetningene må bestå av sand/grus-dominerte avsetninger ned mot stort dyp. Refleksjonsmønsteret varierer en del, men gir ingen klar og entydig indikasjon på hva dette betyr for materialsammensetningen. Et betydelig innslag av skrålagning indikerer vanntransporterte sand/grus-dominerte avsetninger. Opptreden av partier med mer komplekse refleksjonsmønstre kan indikere mer morenepreget materiale.</p> <p>Målingene har vist at det innenfor undersøkelsesområdet, og med grunnvannsnivå eller bunnmorene som en nedre grense, finnes 4,7 mill. m³ sand og grus. Avsetningsforholdene gir ingen indikasjoner på at det er store variasjoner i bergarts- og mineralinnhold i forhold til det som er kjent fra dagens uttaksområde øst for elva. Fra denne delen er det kjent at avsetningen er komplekst bygget opp og at kornstørrelsen kan variere selv innenfor begrensede områder. Undersøkelsene har vist at de samme forholdene også råder i det området som nå er undersøkt. Hvor mye av det totale volum som er egnet til veg- og betongformål gir ikke undersøkelsen svar på. Det anbefales derfor oppfølgende undersøkelser ved sonderboring, prøvehentende boring eller sjaktgraving med gravemaskin, selv om disse metodene har sin begrensning.</p>			
Emneord: Geofysikk	Georadar	Refraksjonsseismikk	
Byggeråstoff	Løsmasse	Sand og grus	
Volum	Industrianlegg	Fagrapport	

INNHOOLD

1. INNLEDNING.....	4
2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE.....	4
2.1 Posisjonering og terrengkorreksjoner	4
2.2 Refraksjonsseismikk	4
2.3 Georadar	5
3. RESULTATER	6
3.1 Refraksjonsseismikk	6
3.2 Georadar	8
3.3 Volumberegning.....	10
4. KONKLUSJON	11
5. REFERANSER	12

TEKSTBILAG

1. Refraksjonsseismikk – metodebeskrivelse
2. Georadar – metodebeskrivelse

DATABILAG

1. Tolkning av refraksjonsseismisk profil 1.
2. Tolkning av refraksjonsseismisk profil 2.
3. Tolkning av refraksjonsseismisk profil 3.
4. CMP-måling for hastighetsanalyse.

KARTBILAG

- 2000.102-01: Oversiktskart, Fonndalen (M 1:5000)
- 2000.102-02: Georadaropptak, P1 & P2
- 2000.102-03: Georadaropptak, P3

1. INNLEDNING

Rapporten beskriver resultater fra geofysiske målinger i forbindelse med sand/gruskartlegging av israndavsetning som krysser Fonndalen ytterst mot Holandsfjorden i Meløy kommune, Nordland. Målingene er utført i samarbeid med Nordland Betongindustri AS. Kontaktperson har vært driftsleder Viggo Aronsen. NGU har også tidligere bidratt med kartlegging og massevurdering i Fonndalen (Aronsen og Stokke, 1991 og 1993). Forekomsten er ellers omtalt i NGU's grus- og pukkb-database (Wolden, 2000).

Hensikten med målingene var å kartlegge avsetningstyper, mektigheter av avsetningstyper, beliggenhet av grunnvannsspeil og dyp til fjell. Det var av spesiell interesse å kartlegge mektighet av tørre sand/grus-avsetninger som er egnet for masseuttak. Georadar og refraksjonsseismikk ble benyttet som målemetoder.

Det er målt langs tre profiler som hovedsakelig dekker den bratte nordskråningen mot fjorden, men to av profilene fortsetter også mot sør over toppen av ryggen ved Vesteng (se kartbilag – 01). Målinger langs et fjerde profil lengst vest ble skrinlagt på grunn av adkomstproblemer (urmasser og bratt terreng). Målingene ble utført av forsker Jan Fredrik Tønnesen med assistanse fra oppdragsgiver i perioden 16/8-23/8-2000.

2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE

2.1 Posisjonering og terrengkorreksjoner

Profiler ble innmålt manuelt med målebånd og kompass langs profilene. Enkelte punkter langs profilene ble innmålt med GPS. For innlegging av terrenghøyder ble det benyttet kart i målestokk 1:5000 med 5 m koteavstand.

2.2 Refraksjonsseismikk

En generell beskrivelse av refraksjonsseismiske målinger er vedlagt i tekstbilag 1. Det ble benyttet en ABEM Terraloc MK6 digital seismograf som opptaker. Det ble gjort registreringer langs tre kabelutlegg for profil 2 og 3 og langs fire utlegg for profil 1. Geofonavstanden som ble benyttet var 10 m. Tabell 1 angir profillengder og skuddpunkt plasseringer. Geofonavstanden ble kortet ned til 5 m ved endene av utleggene for å få bedre kontroll på seismiske hastigheter i øvre lag av avsetningen. Det ble plassert skuddpunkt i midten og ved endene av utleggene. Det ble også benyttet fjernskudd for å få

bedre dekning av fjellrefraktoren. Dynamitt ble benyttet som energiseringskilde. Kvaliteten på opptakene var god.

Tabell 1: Profillengder og skuddpunkt plasseringer.

<u>Profilnr.</u>	<u>Profillengde (m)</u>	<u>Skuddpunkt plassering (m)</u>
1	440	-24,0,65,117,165,220,275,330,385,440,554
2	336	-125,0,55,110,165,220,275,336,362
3	330	-200,-150,0,55,110,165,220,275,339,420

2.3 Georadar

En generell beskrivelse av georadarmetoden er gitt i tekstbilag 2. Målingene ble utført med digital georadar av typen pulseEKKO 100 (Sensors & Software Inc., Canada). Det ble benyttet 50 MHz-antenner og 1000 V sender. Samplingsintervallet var 1,6 ns. Signalene ble summert ('stacket') 8 ganger ved hvert målepunkt. Opptakstid for profilene 1, 2 og 3 var henholdsvis 1600, 1800 og 1600 ns. Antenne- og flyttavstand var 1 m. I ulendt terreng er det imidlertid vanskelig å holde en jevn flyttavstand på 1 m. Tallangivelsen over opptakene i kartbilag -02 og -03 angir trasenummer og stemmer derfor ikke helt med lengde i meter. Gjennomgående har flyttavstanden vært noe for stor. Posisjoner som er anmerket for hver 50 meter under opptakene refererer til innmålte posisjoner i de refraksjonsseismiske profilene. Det er også gjort merknader angående kryssing av terrengdetaljer og profiler under opptakene.

Ved utskrift av georadaropptakene er det benyttet forsterkning som øker trinnvis lineært med opptakstiden. For å kunne konvertere opptakstid til dyp, må radarbølgenes hastighet i løsmassene anslås eller bestemmes. En CMP-måling ble utført for hastighetsanalyse ved posisjon 300 m i profil 1. Resultater fra denne hastighetsanalysen er vist i databilag 4. Radarbølgehastigheten ser ut til å ligge rundt 0,1 m/ns, og denne hastigheten er benyttet ved dybdekonvertering av tidsseksjonene (kartbilag -02 og -03). Seksjonene er også terrengkorrigert. Terrenghøydene er avlest fra topografisk kart i målestokk 1:5000 med 5 m koteavstand, og opptakene er forsynt med høydeakser som refererer til havoverflaten. For å fjerne høyfrekvent støy, er opptakene lavpassfiltrert med en cutoff-frekvens på 93,75 MHz.

3. RESULTATER

Plasseringen av de refraksjonsseismiske profilene er vist i kartbilag –01. Tolkning av de refraksjonsseismiske profilene er vist i databilag 1, 2 og 3 for henholdsvis profil 1, 2 og 3. Ved beregning av hastigheter er ABEM korreksjonsmetode (Sjøgren, 1984) og minusmetoden benyttet. Dyp til refraktorer under skuddpunkt er beregnet ved ABEM korreksjonsmetode og pluss-metoden. Normalt opereres det med en feilmargin på $\pm 10\%$ ved beregning av dyp til refraktorer (± 1 m ned til 10 m dyp). Usikkerheten ved beregningene øker med antall hastighetslag. I tolkningene som presenteres er det opptil 5 hastighetslag, og hastigheten i noen av lagene er stedvis dårlig bestemt. Dette kan gi utslag i nøyaktigheten av dybdeberegningene, spesielt ved beregning av dyp til fjell.

Utskrift av georadaropptakene vist i kartbilag -02 for profilene P1 og P2 og i kartbilag -03 for profil P3. For å kunne bestemme høydeskala i utskriftene ble det utført en CMP-måling (CMP1), lokalisert til 300 m i P1, for beregning av radarbølgehastighet i grunnen. Utskrift av CMP-målingen og resultat av hastighetsanalysen er vist i databilag 4. Beregningene indikerer at gjennomgående radarbølgehastighet ned til et tidsdyp på 800 ns (nanosekunder) ligger rundt 0,1 m/ns. Dette tyder på avsetninger som har et visst vanninnhold, men som ikke er vannmettet. Vannmettede avsetninger vil som regel vise lavere hastighet, mens tørre avsetninger vil vise høyere hastighet.

3.1 Refraksjonsseismikk

Profil 1

Profilen er målt langs retningen av avsetningen i retning fra vest mot øst. Profilen krysser P2 ved posisjon 205 og P3 ved posisjon 400.

Opptakene indikerer varierende antall hastighetslag langs profilen. Grensen mellom lag 1 (øverst) og lag 2 er noe usikker, og hastigheten i de to lagene ligger stedvis nær hverandre i størrelse. Lag 1 er tolket å opptre mellom posisjonene 160 og østenden av profilen (posisjon 440). Hastigheten i laget ligger i området 610-740 m/s og representerer trolig tørr sand/grus. Mellom posisjonene 175 og 440 ligger mektigheten av lag 1 på 10-17 m. Hastigheten i lag 2 ligger i området 760-1100 m/s. Hastigheter på over 900 m/s kan indikere innslag av tørr morene, men dette er usikkert fordi hastigheten i lag 2 er noe dårlig bestemt. Lag 3 kan kun erkjennes mellom posisjonene 250 og 440 og representerer trolig overflaten av vannmettet sone. Avsetningstypen er trolig den samme som i lag 2. Lag 4 opptre subparallelt med fjelloverflaten og skråner nedover fra ca. 6 m dyp ved posisjon 0 til 70-75 m dyp ved posisjon 325. Den høye seismiske hastigheten (2000-2350 m/s) indikerer hardpakket bunnmorene. Overflaten av lag 3 og lag 4 utgjør nedre grense for uttakbare masser. Det betyr at

mektigheten av uttakbart materiale øker fra ca. 6 m ved vestenden til 45 m ved pos. 225 og at den ligger rundt denne verdi østover langs resten av profilet. Det nederste hastighetslaget representerer fjell med en seismisk hastighet på i gjennomsnitt 4750 m/s. Dypet til fjell øker jevnt fra ca. 17 m ved posisjon 0 til ca. 130 m ved posisjon 440 (nivå –60 moh.).

Profil 2

Profilet er målt over avsetningen fra sør til nord. Profilet krysser P1 ved posisjon 200.

Fra de refraksjonsseismiske data indikeres for det meste en firelags hastighetsmodell, med overflaten av grunnvannsspeil som et femte lag helt i nord mot fjorden. Det øverste laget har en seismisk hastighet på 510-750 m/s og representerer tørr sand/grus. Laget under har noe høyere hastighet (900-1070) og kan indikere sand/grus med innslag av morene. Mellom posisjonene 0 og 225 ligger mektigheten av lag 1 på 12-15 m. Antatt grunnvannsspeil kan antydes mellom posisjonene 310 og 336 i nivå 1-3 moh. Seismisk hastighet er beregnet til ca. 1400 m/s, men er dårlig bestemt og er trolig noe høyere (1500-1600 m/s). Lag 4 representerer trolig hardpakket bunnmorene med seismiske hastigheter i området 2120-2350 m/s.

Mektighet av uttakbart materiale er her rundt 45 m de sørligste 175 m av profilet, avtagende til 25 m de neste 100 m, og vil kile ut mot grunnvannsspeil nederst i nordskråningen. Langs de sørligste 70-80 m av profilet er materialet dekket av vannmettet myr. Fjell ligger i nivå ca. 15 moh. (ca. 80 m dyp) mellom posisjonene 0 og 100, og skråner jevnt ned til ca. –55 moh. (60 m dyp) ved nordenden av profilet (posisjon 336). Seismisk hastighet i fjell er noe lav (ca. 4500 m/s) og kan indikere svak oppsprekking.

Profil 3

Profilet er målt over avsetningen fra sør til nord. Profilet krysser P1 ved posisjon 200.

I store deler av opptakene indikeres en femlags hastighetsmodell der det øverste laget representerer tørr sand/grus med seismiske hastigheter i området 560-630 m/s. Laget er indikert mellom posisjonene 75 og 260 og opptrer i en største mektighet på 15-16 m. Lag 2 har seismiske hastigheter i området 790-960 m/s og representerer tørr sand/grus med mulig innslag av morene. Lag 3 representerer overflaten av vannmettet sone med en seismisk hastighet på 1500-1600 m/s. Mektighet av uttakbart materiale ned til antydte grunnvannsspeil øker fra 25-30 m ved sørenden av profilet til ca. 50 m under toppen av ryggen (pos. 150), avtar mot 40 m de neste 100 m og videre til ca. 20 m ved nordenden (pos. 330). Lag 4 har hastigheter i området 2000-2500 og representerer etter all sannsynlighet hardpakket bunnmorene. Fjell sees i nivå –20 til –30 moh. (90-100 m dyp) mellom posisjonene 0 og 110, og skråner ned til ca. –110 moh. (ca. 130 m dyp) ved nordenden av profilet (posisjon 330).

3.2 Georadar

Georadarmålingene viser at det oppnås refleksjoner i løsmassene ned mot 50 meters dyp under terrengoverflaten langs profilene. Dette er meget bra og indikerer at avsetningene stort sett må bestå av sand/grus-dominerte avsetninger ned mot stort dyp. Det er sannsynlig at det kan opptre områder/lag med hovedsakelig finsand og silt, men det er ikke indikasjoner på lag dominert av silt/leir eller massiv morene med høyt leirinnhold. Slikt materiale vil redusere dybderekkevidden for målingene og som regel sperre for refleksjoner fra dypereliggende lag.

Refleksjonsmønsteret varierer en del, men gir ingen klar og entydig indikasjon på hva dette betyr for variasjon i materialsammensetningen. Det er et betydelig innslag av skrålagning som indikerer sorterte vanntransporterte sand/grus-dominerte avsetninger. Det opptrer imidlertid også partier med mer kompleks og kaotisk refleksjonsmønster som kan indikere mer morenepreget materiale. Det er sannsynlig at løsmassene er avsatt i flere faser eller pulser under avsmeltningsperioden og at materialet er avsatt nær en brefront som til tider har rykket fram og trukket seg tilbake.

I profilbeskrivelsene som følger refererer posisjonsangivelsene til trasenummer angitt over profilutskriftene.

Profil 1

Profil P1, som går langsetter nordskråningen av avsetningen fra vest mot øst, vil tilnærmet ligge på tvers av dominerende avsetningsretning og det må derfor forventes mer vekslning i refleksjonsmønster, men med større innslag av nær horisontale reflektorer. Mektighet av overflatelag med kraftig refleksivitet ser ut til å øke fra mindre enn 10 m ved pos. 70 til 25 m ved pos. 170 (rundt 40 m o.h.) og kan fortsette med denne mektighet videre langs profilet. I vestlige del (pos. 0-150) har underliggende materiale gjennomgående svakere refleksivitet som i P2. Reflektor som skråner slakt ned fra rundt 32 m o.h. ved vestenden til 27-28 m o.h. ved krysningpunkt med P2 er i P2 indikert som skrålag med betydelig fall mot nord. Videre mot øst i P1 (pos.150-250) er det ganske kraftig refleksivitet også i materialet under overflatelaget, noe som betyr at materialsammensetningen kan variere en del langsetter profilet.

Kraftigere refleksivitet indikerer at det vertikalt i avsetningen er større variasjon eller vekslning i materialsammensetningen, muligens at det kommer inn sjikt med høyere innhold av mer finkornig materiale (finsand og silt) som kan gi større variasjon i vanninnhold.

Profil 2

Langs profil P2, som krysser over myrområdet i sør og fortsetter nordover nedover skråningen mot fjorden, er det i området pos. 250-370 indikert svak og noe ujevn skrålagning med fall mot nord og tilnærmet parallelt med terrengskråningen. En kryssende reflektor som skråner slakt ned fra ca. 8 m o.h. ved pos. 275 til rundt 2 m o.h. ved pos. 345 må regnes å representere grunnvannsspeil. Forholdsvis svak reflektor på ca. 20 m dyp fra pos. 260 og nordover kan representere grense mellom to avsetningspulser, men kan også ha andre årsaker.

Øverst ligger det et 7-10 m tykt overflatelag som kan være ytre del av en påfølgende avsetningssekvens med slakere skrålagning enn underliggende materiale, men med forholdsvis kraftig reflektivitet. Fra pos. 270 og sørover til pos. 205 øker mektigheten av laget til ca. 25 m. Det ser ut til å fortsette vel 100 m videre mot sør med tilsvarende mektighet, men med noe ujevne men hovedsakelig nær horisontale reflektorer. Underliggende avsetninger (fra pos. 250 og sørover) har et mer kaotisk og komplekst refleksjonsmønster, og det er mulig at disse avsetningene er påvirket av breframstøt og til dels kan ha morenepreg. Under myrområdet i sør (pos. 0-105) er reflektiviteten i materialet under myra kraftig redusert og dybderekkevidden er også en del mindre. Dette skyldes at mye av bølgeenergien blir reflektert til overflaten fra bunnen av myra. Det ser ut til at myra er tykkest i området pos. 15-30. Ut fra høydeskalaen kan myrtykkelsen i dette området være vel 6 m, men ut fra erfaringstall er radarbølgehastighet i myrortov ganske lav, så sann mektighet er trolig begrenset til maksimum 3-4 m. I materialet under myra er det registrert slak skrålagning med fall mot sør langs profilet i hvert fall ned mot 25 m under overflaten. Dette indikerer at det under et tettende finstofflag i bunn av myra sannsynligvis også opptrer sand/grusdominert materiale trolig spylt fram fra brefronten.

Profil 3

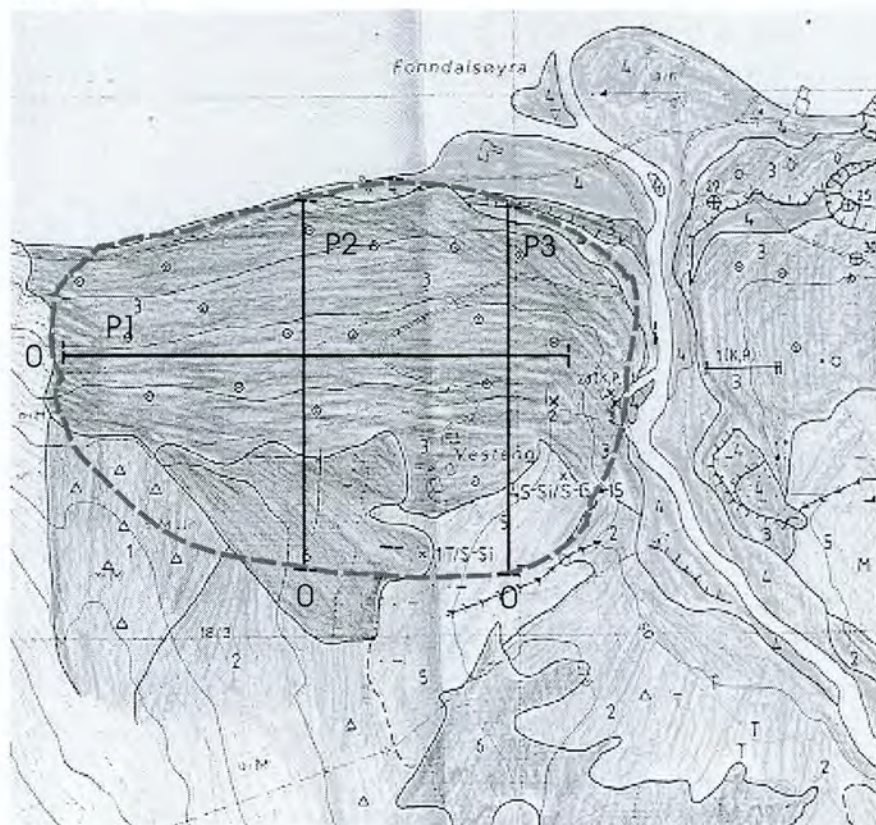
Langs profil P3, som er lokalisert 200 m øst for P2 og parallelt med dette, kan det gjenkjennes liknende lagdeling. Nede i nordskråningen er det på 20-23 m dyp i området pos. 230-315 en markert reflektor som kan indikere grensen mellom to avsetningsepisoder. Det er også tilsvarende skrålagsstrukturer i de to enhetene. Over de to lagene kommer avsetningene med slakere skrålagning og forholdsvis kraftig reflektivitet, og det ser ut som det mellomliggende laget kiler helt ut mot sør fra 12 m ved pos. 295 og fram til pos. 235. Mektigheten av det øvre laget, ser ut til å øke fra 8 m ved pos. 290 til bortimot 35 m sørover fram til pos. 150 og kan ha denne mektigheten videre langs sørlige del av profilet. I de øvre 20 m sentralt under ryggen (pos. 200-90) bøyer skrålagningen av parallelt med terrengoverflaten og dermed endring til slakt fall mot sør i sørskråningen, mens dypere reflektorer i laget stort sett ligger nær horisontalt sentralt under ryggen. I underliggende lag sentralt under ryggen (pos. 100-230) er det mer kaotisk refleksjonsmønster og avsetningene er trolig påvirket av breframstøt og kan være morenepreget.

I sørskråningen langs P3 (i området pos. 10-90) kan det ligge opptil 4-5 m med strandavsetninger, dvs. materiale avsatt fra stranderosjon øverst på ryggen under første del av landhevningssperioden. Det må også regnes å opptre strandvaskede avsetninger nede i nordskråningen både i P2 og P3.

3.3 Volumberegning

På bakgrunn av resultatene fra de geofysiske undersøkelsene er det foretatt en vurdering av forekomstens volum. Med de usikkerheter som er beskrevet foran med hensyn til dybden til de forskjellige hastighetslag, varierer mektighetene til grunnvannsnivået eller høyhastighetslag tolket som bunnmorene fra 10-50 meter (refraksjonsseismisk profil 1-3). Ved å bruke disse to refraktorene som en nedre grense for beregningene, vil man få en gjennomsnittlig mektighet på ca. 35 meter.

I brev av 5. juli 1999 er forekomsten, innenfor et areal på 90 da nord for gården Vesteng, anslått å inneholde 2,7 mill. m³ sand og grus. Nye beregninger viser at volumet kan økes til ca. 3,2 mill. m³. Ser man bort fra de arealene gården bandlegger, og vurderer hele undersøkelsesområdet under ett, vil man innenfor et areal på 135 da (figur 1) få et volum på 4,7 mill. m³.



Figur 1: Volumberegnet område (avgrenset av stiplet linje).

Undersøkelsen gir ikke svar på hvor mye av det totale volum som har kvaliteter egnet til veg- og betongformål. Forekomsten er en del av den samme avsetningen hvor det drives i dag, og det er ingen ting i dannelseshistorien som tyder på særlig store variasjoner i bergarts- og mineralinnhold. Usikkerheten ligger i første rekke på massenes egenskaper med hensyn til kornstørrelse. Georadarundersøkelsene bekrefter avsetningens komplekse oppbygging gjennom et varierende refleksjonsmønster som i partier viser klart lagdelte masser, mens det i andre partier viser mer kaotiske avsetningsmønster. Kornstørrelsen kan derfor variere en god del selv innenfor begrensede områder. Det er i dag ingen metode som gir mulighet for en fullgod vurdering av dette. Sonderboringer og prøvehentende boringer kan gi indikasjoner på kornstørrelsen mot dypet, men har sin begrensning i grove masser. Graving med gravemaskin gir mulighet for en god visuell vurdering og prøvetaking av massene innenfor maskinens rekkevidde. Det bør likevel vurderes å gjennomføre undersøkelser som kan gi utfyllende opplysninger om disse forholdene.

4. KONKLUSJON

De refraksjonsseismiske målinger avdekker inntil 5 hastighetslag, der de to øverste trolig representerer tørre sand/grus-avsetninger. Grunnvannsnivå er bare stedvis påvist grunnet blindsoneproblematikk. Det fjerde hastighetslaget (i vannmettet sone) representerer trolig bunnmorene. Dyp til fjell er minst i vest ved starten av P1 (15-20 m dyp), og øker jevnt mot nordøst og kan være i størrelsesorden 130 m ved nordenden av profil 3. Georadarmålingene viser stedvis penetrasjonsdyp ned til 50 meters dyp. Dette er meget bra og indikerer at avsetningene må bestå av sand/grus-dominerte avsetninger ned mot stort dyp. Refleksjonsmønsteret varierer en del, men gir ingen klar og entydig indikasjon på hva dette betyr for materialsammensetningen. Et betydelig innslag av skrålagning indikerer vanntransporterte sand/grus-dominerte avsetninger. Opptreden av partier med mer komplekse refleksjonsmønstre kan indikere mer morenepreget materiale.

Innenfor et undersøkelsesområde på 135 da, og med påvist grunnvannsnivå eller bunnmorene som den nedre grense, er forekomsten beregnet å inneholde totalt 4,7 mill. m³ sand og grus. Undersøkelsene bekrefter at den kompleksitet og variasjon som er kjent fra dagens uttaksområde også er til stede i den delen av avsetningen som omfattes av denne undersøkelsen. Dette innebærer at det er vanskelig å si hvor mye av det totale volum som har en kvalitet med hensyn til kornstørrelse som er egnet for bruk som tilslag for veg- og betongformål. Bergarts- og mineralinnholdet og alkalireaktivitet forventes å ha de gode egenskapene som er kjent. Det anbefales oppfølgende undersøkelser for å få bedre informasjon om massenes kornstørrelse, noe som har betydning for massenes anvendelsesmuligheter.

5. REFERANSER

Aronsen, V & Stokke, J.A. 1991: Oppfølgende sand- og grusundersøkelser i Fonndalen, Meløy kommune, Nordland fylke. *NGU Rapport 91.105*.

Aronsen, V. & Stokke, J.A. 1993: Oppfølgende løsmasseboringer i nedre del av Fonndalen, Meløy kommune, Nordland fylke. *NGU Rapport 93.023*.

Sjøgren, B. 1984: Shallow refraction seismics. *Chapman and Hall. ISBN 0-412-24210-9*.

Wolden, K. 2000: Ajourhold av Grus- og pukkdatabasen i Nordland fylke. *NGU Rapport 2000.056*.

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-BØLGEHASTIGHET I 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 bunmorene</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>

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 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.

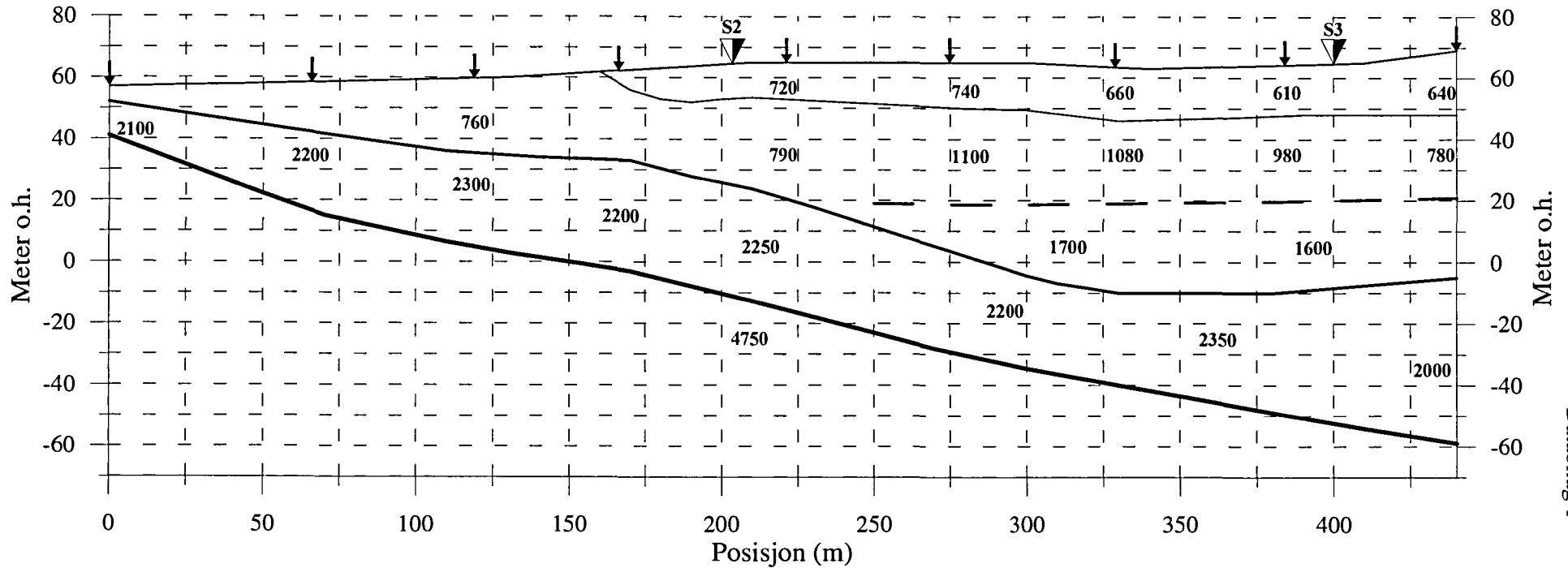
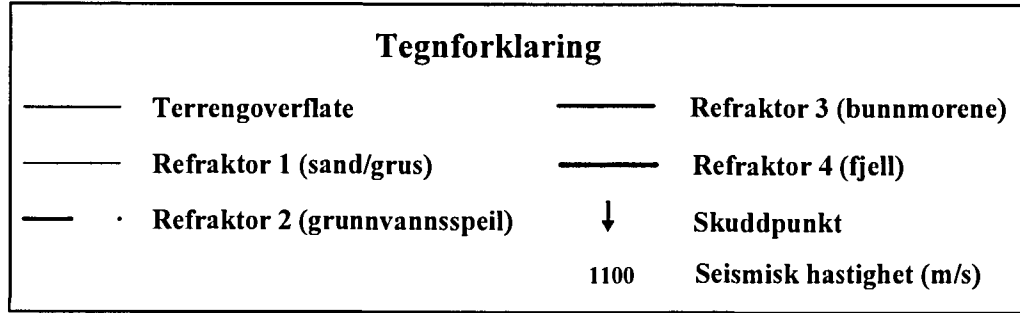
Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil

føre til hurtigere 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.

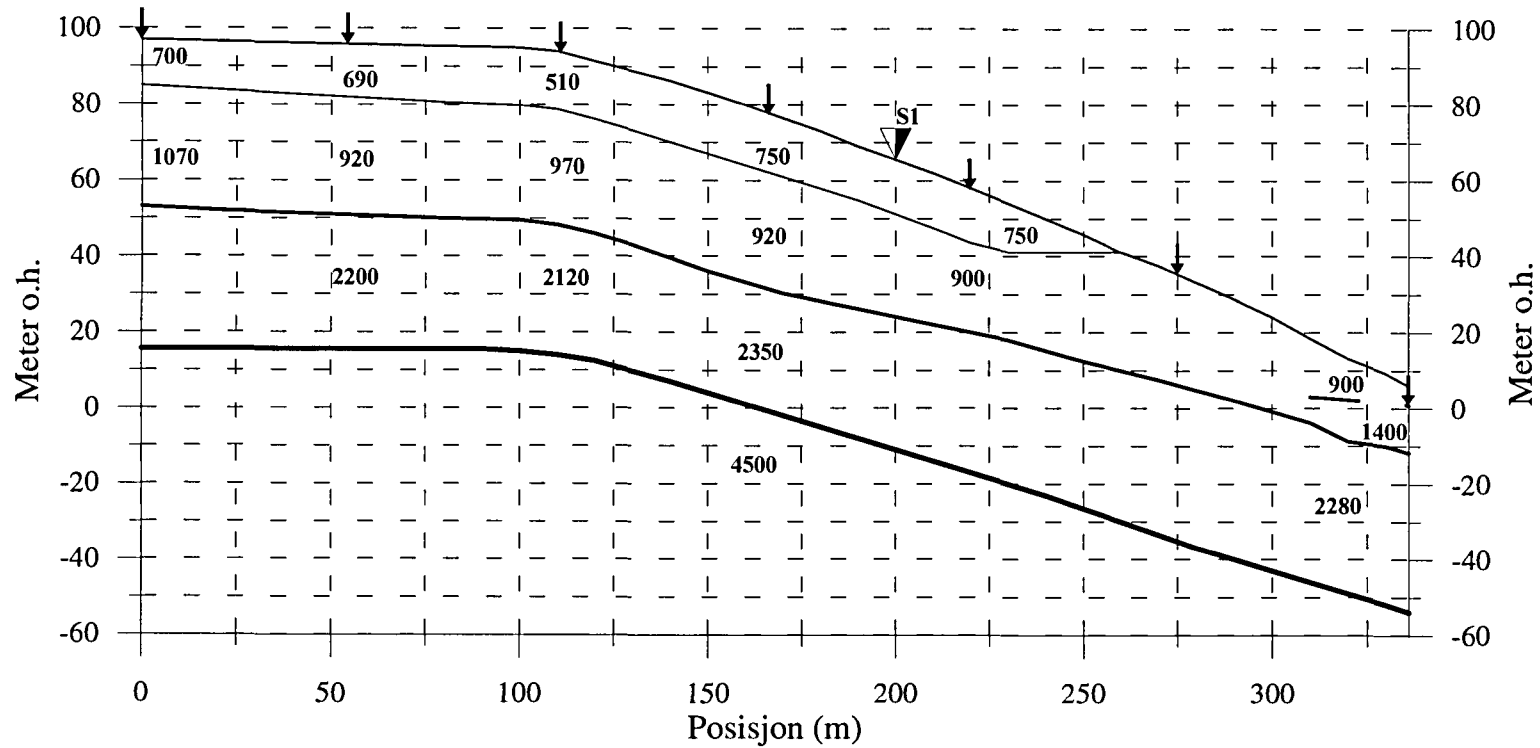
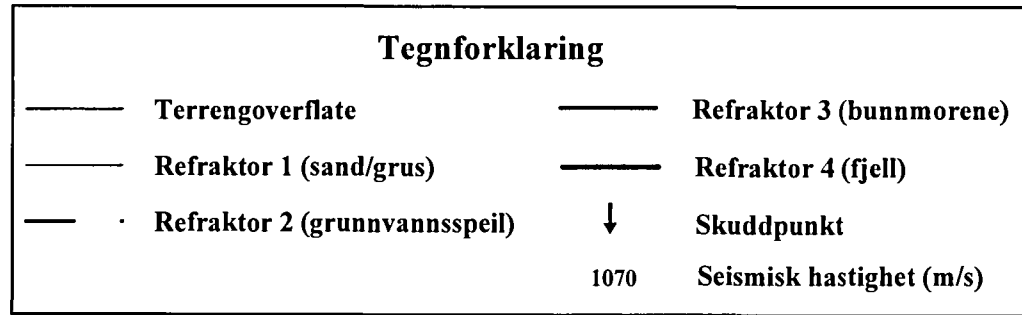
<u>Medium</u>	<u>ϵ_r</u>	<u>v (m/ns)</u>	<u>ledningsevne (mS/m)</u>
<i>Luft</i>	<i>1</i>	<i>0.3</i>	<i>0</i>
<i>Ferskvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>0.1</i>
<i>Sjøvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>1000</i>
<i>Leire</i>	<i>5-40</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-300</i>
<i>Tørr sand</i>	<i>5-10</i>	<i>0.09-0.14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

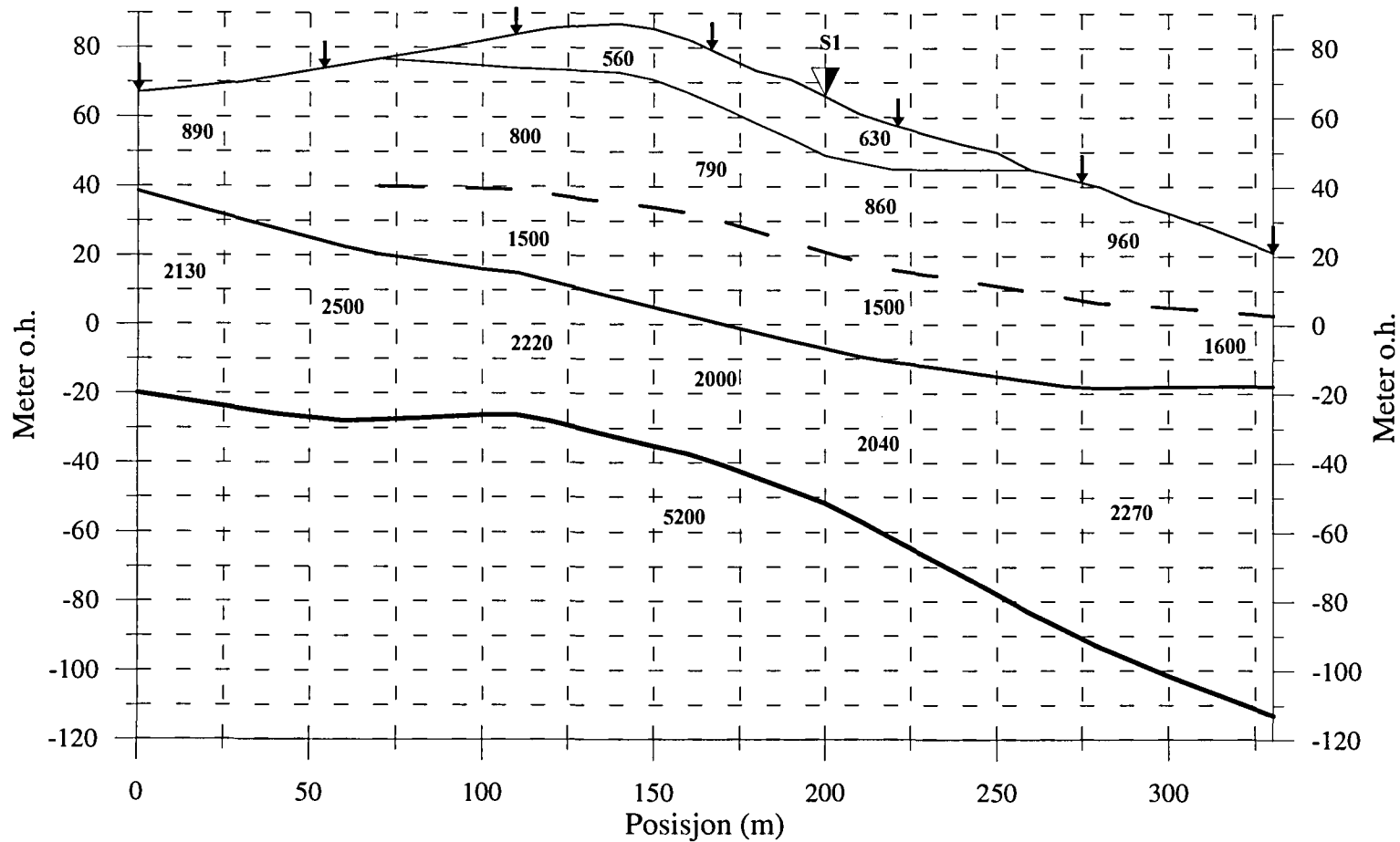
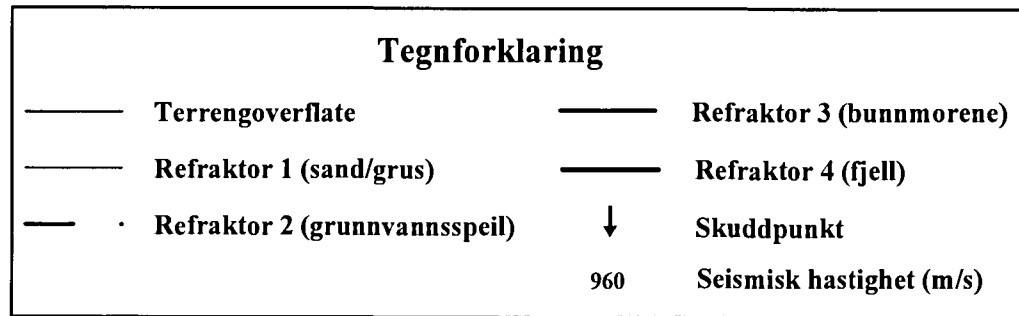
FONNDALEN, refraksjonsseismisk profil 1



FONNDALEN, refraksjonsseismisk profil 2

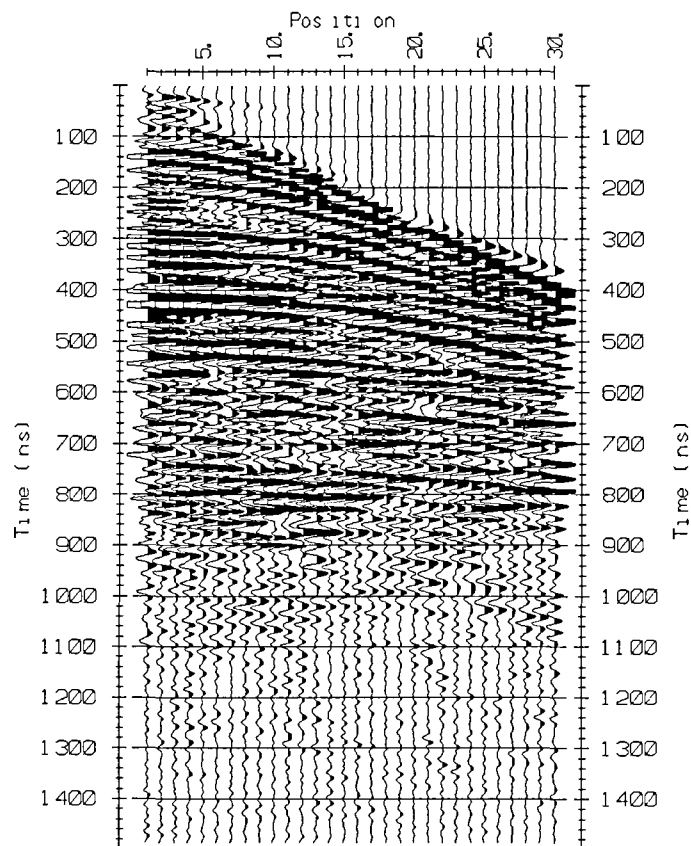


FONNDALEN, refraksjonsseismisk profil 3

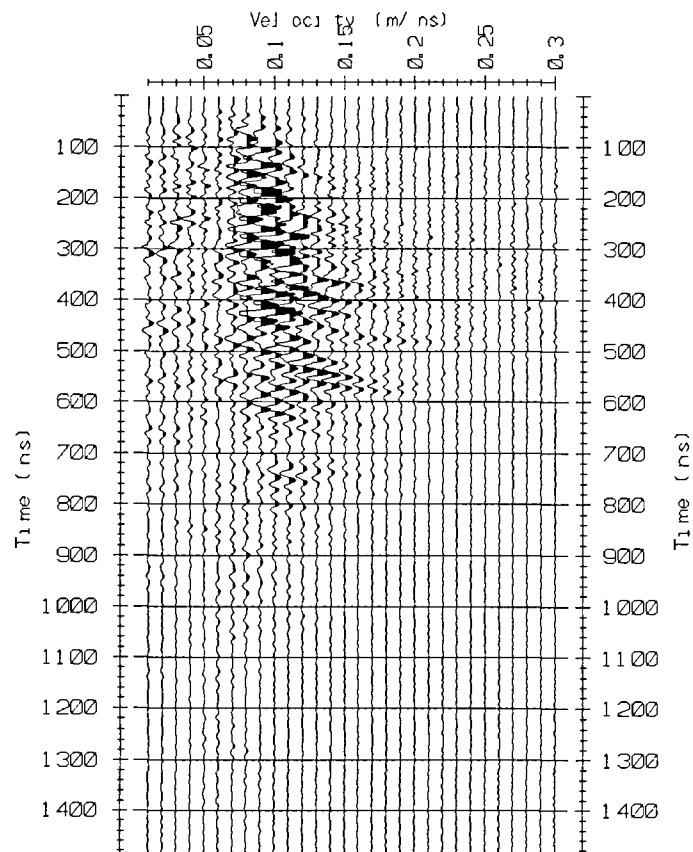


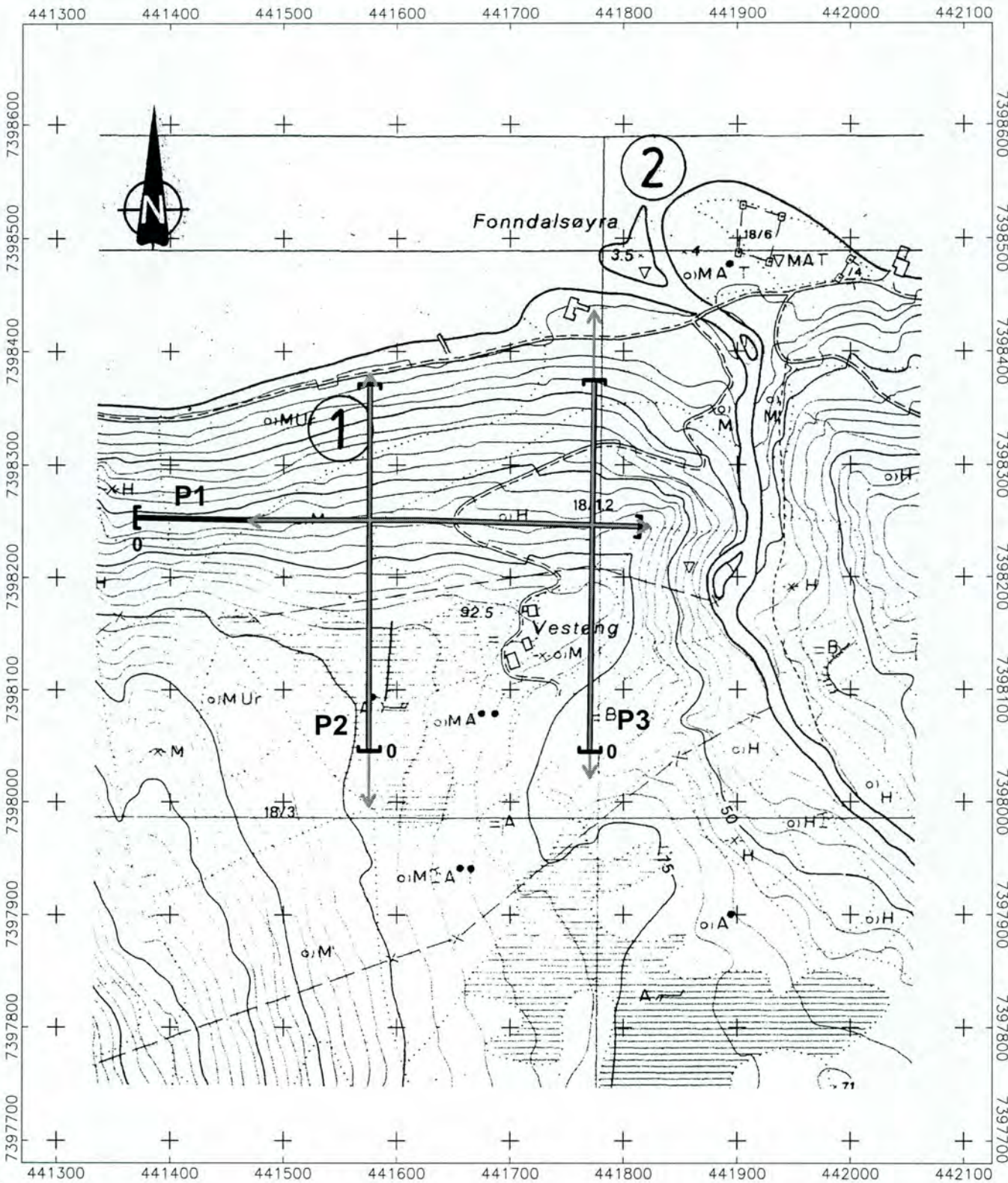
CMP, Fonndalen ved pos. 300 i P1



CMP råopptak

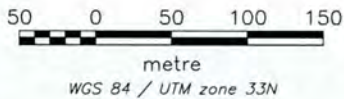


Hastighetsanalyse



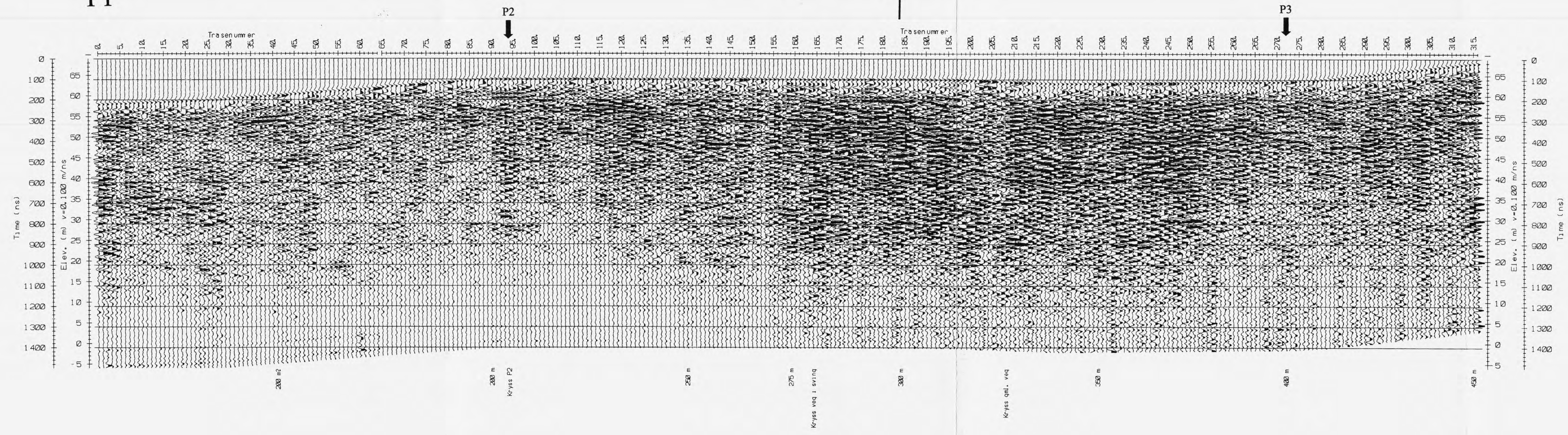


-  Refraksjonsseismisk profil med startposisjon
-  Georadarprofil

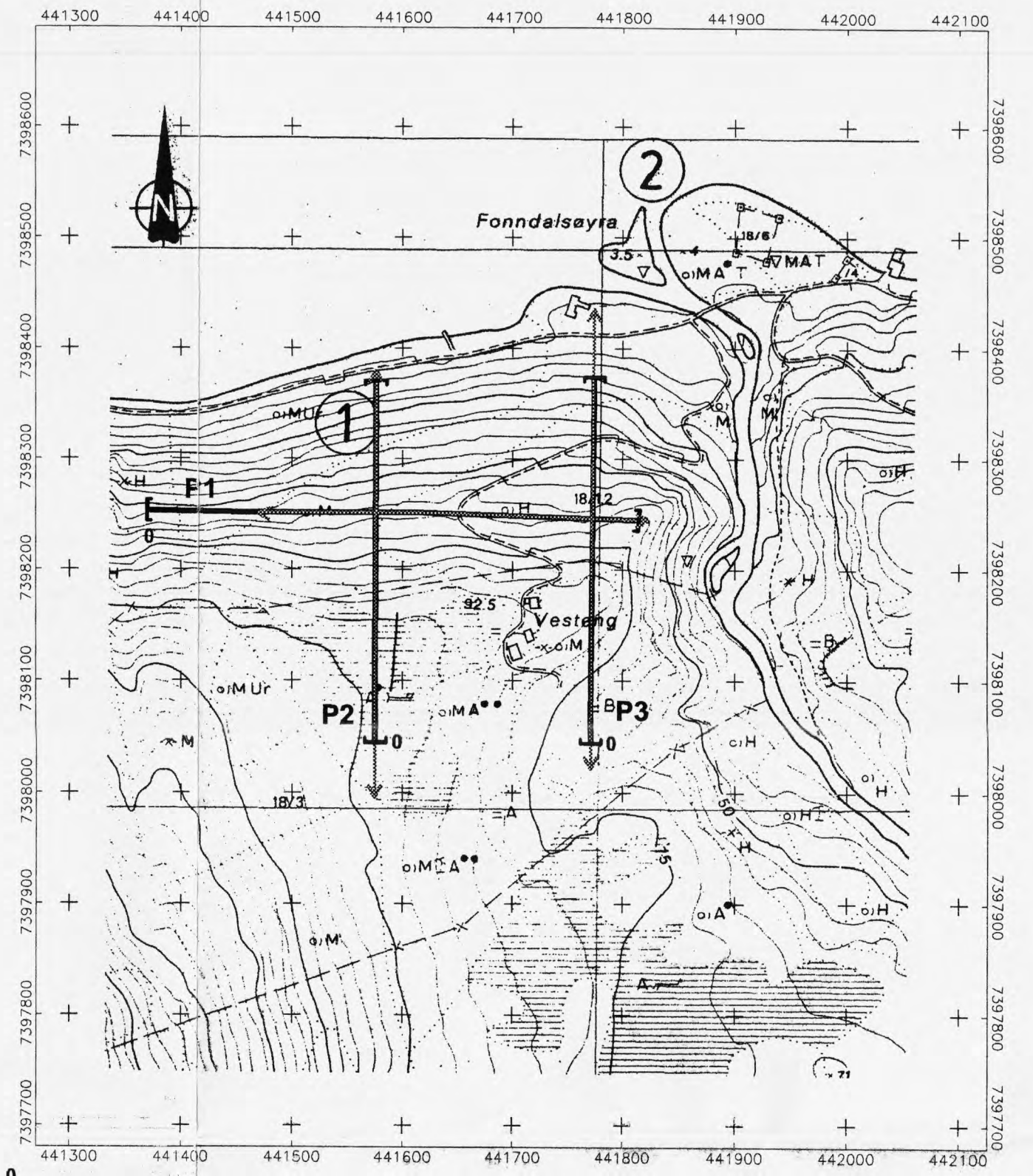
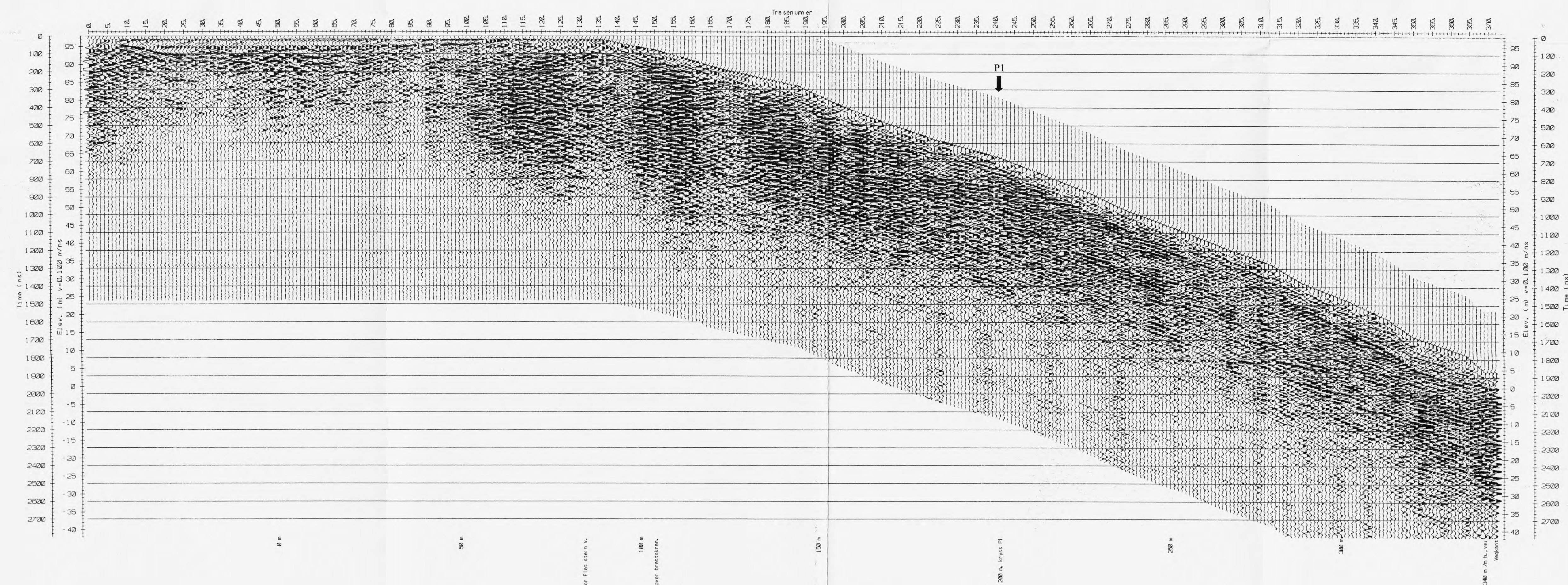


OVERSIKTSKART, FONNDALEN
 Georadar- og refraksjonsseismiske profiler
 Kartbilag 2000.102-01

P1

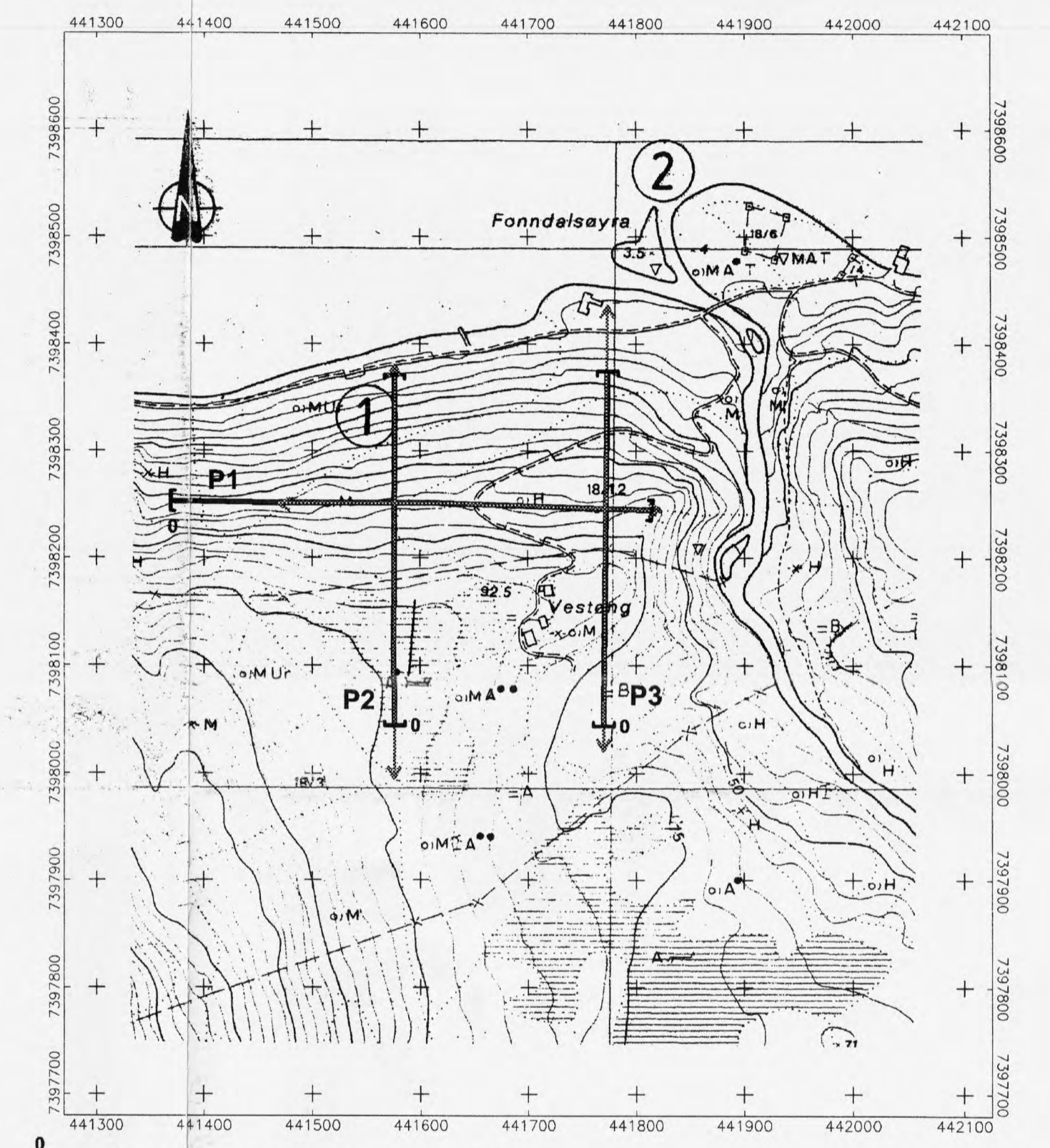
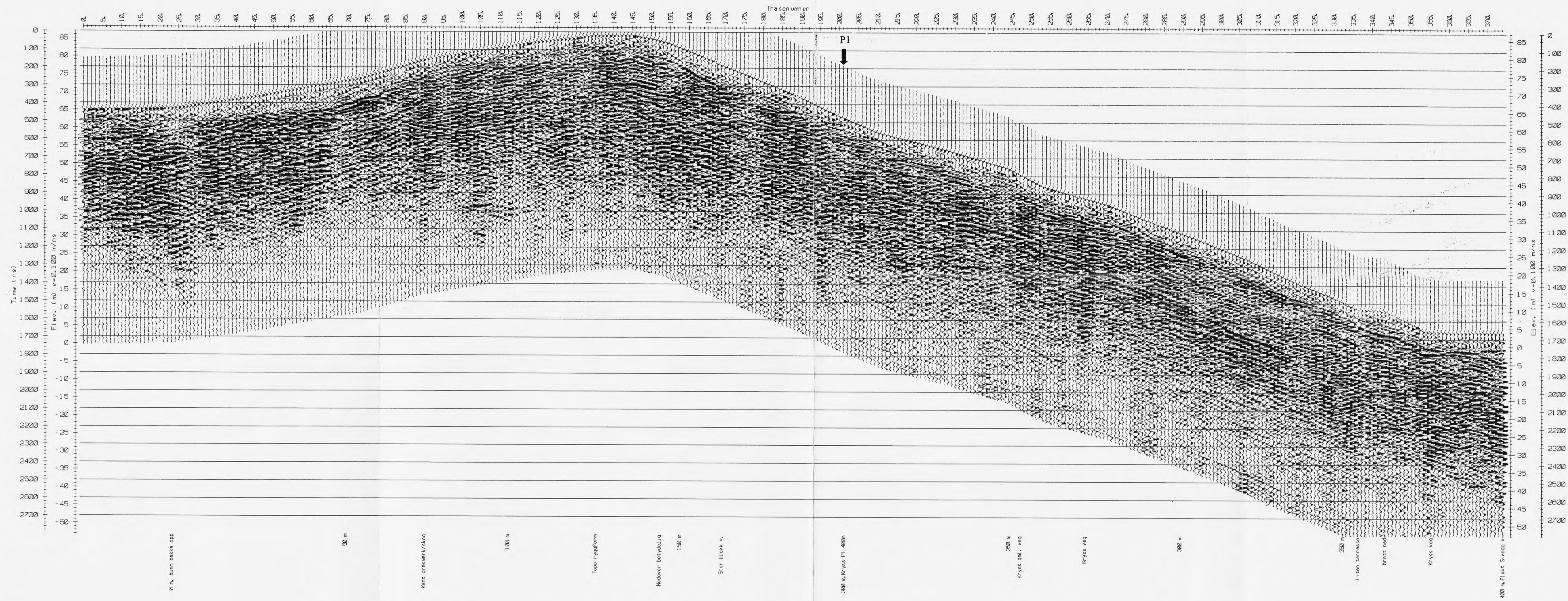


P2



NORDLAND BETONGINDUSTRI AS GEORADARPROFIL P1 OG P2 FONNDALEN MELØY KOMMUNE, NORDLAND	MÅLESTOKK 1:5000 (Kart)	MÅLT JFT TEGN EM TRAC KFR	Aug. 2000 Okt. 2000
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 2000.102-02	KARTBLAD NR 1928 III

P3



Refraksjonssismisk profil med startposisjon
 Georadarprofil

NORDLAND BETONGINDUSTRI AS GEORADARPROFIL P3 FONNDALEN MELØY KOMMUNE, NORDLAND	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	Aug. 2000
	1:5000 (Kart)	TEGN EM	Okt. 2000
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR	KARTBLAD NR	
	2000.102-03	1928 III	