

NGU Rapport 97.186

Refraksjonsseismiske målinger i Tafjord,  
Møre og Romsdal

Rapport nr.: 97.186		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Refraksjonsseismiske målinger i Tafjord, Møre og Romsdal			
Forfatter: Eirik Muring, Lars Harald Blikra og Jan Fredrik Tønnesen		Oppdragsgiver: NGU/Novemco as	
Fylke: Møre og Romsdal		Kommune: Norddal	
Kartblad (M=1:250.000) Ålesund		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1319 III Tafjord	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 25	Pris: 50,-
		Kartbilag: 4	
Feltarbeid utført: August 1997	Rapportdato: 16/4-1998	Prosjektnr.: 2689.00	Ansvarlig: <i>Jens S. Rønning</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>Refrakssjonsseismiske målinger er utført i to områder og langs seks profiler ved Tafjord, Møre og Romsdal. Hensikten med målingene var todelt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) kartlegge løsmassemektighet nær olivinforekomst, samt forekomstens forløp under løsmassene,</li> <li>2) kartlegge løsmassetykkelse og -type(r) i forbindelse med kartlegging av løsmasser som er antatt å være dannet ved et stort fjellskred..</li> </ol> <p>Forløpet av olivinforekomsten er indikert som en sone der seismisk hastighet i fjell er større enn 6000 m/s. Dyp til fjell er i størrelsesorden 15-40 m langs de profiler som er målt nærmest forekomstens utgående.</p> <p>De refraksjonsseismiske målingene indikerer at det er fire hastighetslag, hvorav det nederste laget representerer fjell. De seismiske hastighetene alene gir ikke entydig geologisk tolkningsmodell for overliggende materiale, men hele løsmassepakken kan tolkes ut fra en ren skredmodell. Materialet i de to øverste lagene regnes da å bestå av tørt og forholdsvis løst lagret skredmateriale. Underliggende løsmasser regnes å bestå av kompakte og muligens helt vannmettede skredavsetninger.</p> <p>I stedet for en antatt ren skredmodell kan det tenkes en blandet avsetningsmodell. I det sørlige området kan det bety at skredmaterialet i øvre del av avsetningen går over i morene mot dypet. I det nordlige området er det stor sannsynlighet for at skredmaterialet ligger over finkornige fjordsedimenter.</p>			
Emneord: Geofysikk	Kvartærgeologi	Industrimineraler	
Refraksjonsseismikk	Olivin	Skredavsetninger	
Mektighet		Fagrapport	

## INNHold

1	INNLEDNING .....	4
2	MÅLEMETODE OG UTFØRELSE .....	4
3	RESULTATER .....	5
3.1	Seismiske hastigheter og mulige tolkningsmodeller .....	5
3.2	Profilbeskrivelser .....	7
4	KONKLUSJON .....	12
5	REFERANSER .....	13

### Tekstbilag

Refraksjonsseismikk - metodebeskrivelse

### Databilag

1. Tolkning av refraksjonsseismisk profil 1
2. Tolkning av refraksjonsseismisk profil 2
3. Tolkning av refraksjonsseismisk profil 3
4. Tolkning av refraksjonsseismisk profil 5
5. Tolkning av refraksjonsseismisk profil 6
6. Tolkning av refraksjonsseismisk profil 4

### Kartbilag

- 97.186-01: Oversiktskart (M 1:50 000)
- 97.186-02: Profilplassering, profil 1, 2, 3, 5 og 6
- 97.186-03: Tolkning av utgående for olivin
- 97.186-04: Profilplassering, profil 4

## 1 INNLEDNING

Det er utført refraksjonsseismiske målinger langs seks profiler fordelt på to områder ved Tafjord, Møre og Romsdal (kartbilag –01). Hensikten med målingene var todelt. I det sørlige området er det kartlagt en olivinforekomst av mulig økonomisk interesse. På oppdrag for Novemco AS ved Johann Heim, ble det utført målinger over løsmasser nær olivinforekomsten for å kartlegge dyp til fjell og eventuelt olivinbergartens forløp under løsmassene.

Flere profiler ble målt for å kartlegge løsmassetykkelse og -type(r) i forbindelse med kartlegging av et mulig fjellskred. I det sørlige området er det målt over en stor ryggform. Massene i overflaten er dominert av store blokker som er kartlagt som avsetninger dannet av fjellskred, og det var av spesiell interesse å kartlegge mektighet og fordeling av disse massene.

Målingene ble utført av Jan Fredrik Tønnesen med Roy Hansen som feltmedarbeider i perioden 2.-9. august 1997.

## 2 MÅLEMETODE OG UTFØRELSE

En generell beskrivelse av refraksjonsseismiske målinger er vist i tekstbilag. Det ble målt fem profiler i et sørlig område (P1, P2, P3, P5 og P6) og ett i et nordlig (P4). Plassering av profiler er vist i kartbilag -02, -03 og -04. Som registreringsinstrument ble det benyttet en ABEM Terraloc MK6. Målingene ble utført med registrering på 23 kanaler (én kanal var defekt). Det ble målt to kabelutlegg per profil med henholdsvis 12 og 11 kanaler per utlegg (4 utlegg for P4). Avstanden mellom geofonene var 20 m (for 200 m utlegg) eller 10 m (for 110 m utlegg), men ble kortet ned til halvparten ved endene av utleggene for å få bedre definert hastighet i det øverste laget. Det ble plassert skuddpunkt i midten og ved endene av hvert utlegg. I tillegg ble det plassert fjernskudd et stykke fra endene av profilene for å få best mulig fjelldekning. Energiseringen var dynamitt. Datakvaliteten var variabel, men overveiende god. Profil- og utlegglengder er vist i tabell 1.

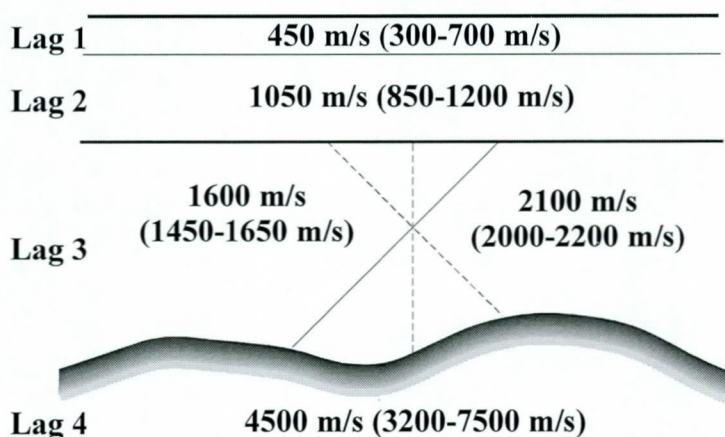
**Tabell 1. Profil- og utlegglengder.**

<u>Profil</u>	<u>Lengde (m)</u>	<u>Utlegglengder (m)</u>
P1	305	110, 195
P2	310	110, 200
P3	310	110, 200
P4	630	200, 220, 106, 104
P5	210	110, 100
P6	210	110, 100

### 3 RESULTATER

Ved tolkning av refraksjonsseismiske data er intercept-tid og +/- metoden benyttet. Et oversiktskart (målestokk 1:50 000) over de to undersøkte områdene er vist i kartbilag -01. Detalj-kart (målestokk 1:5000) og plassering av profiler er vist i kartbilag -02 (P1, P2, P3, P5 og P6) og -04 (P4). Tolkning av de refraksjonsseismiske profilene er vist i databilag 1-6.

#### 3.1 Seismiske hastigheter og mulige tolkningsmodeller



Figur 1: Hastighetsmodell for det sørlige området.

De seismiske målingene ser ut til å kunne tolkes med en fire-lags hastighetsmodell. For det sørlige området (P1-P3 og P5-P6) er hastighetsfordelingen skjematisk vist i fig.1. For hvert lag er det både angitt en omtrentlig gjennomsnittsverdi og hastighetsvariasjonen (i parentes) innenfor måleområdet. Lag 2 (med hastighet 1050 m/s) er ikke registrert i P6, men kan opptre som et tynt lag i blindsoner i østlige (nedre) del av profilet. Lag 3 med to lateralt forskjellige hastigheter trenger en nærmere kommentar. Den lave hastigheten (1450-1650 m/s) er registrert bare på den øvre (vestlige) del av ryggformen, dvs. langs hele P6 og store deler av P3. Grensene mellom disse hastighetene er usikker (illustrert ved stiplede vertikale linjer i fig.1). Det er mulig at materiale med denne lave hastigheten har større utbredelse og ligger over løsmasser med hastighet 2100 m/s, men at det er for tynt til å bli registrert (blindsoner). I P3 og P6 kan det også tenkes at det mot dypet opptrer materiale med høy hastighet (2100 m/s), men at laget der ligger i blindsoner. (Disse forhold er illustrert med heltrukne skrålinjer mellom de to hastighetene i lag 3). Ved slik blindsoneproblematikk vil dyp til fjell være noe større enn beregnet. En annen teoretisk mulighet i området er at materiale med høy hastighet (2100 m/s) kan ligge over materiale med lavere hastighet (1600 m/s). (Denne muligheten er illustrert med

stiplet skrålinje i fig. 1.) Et slikt lavhastighetslag vil ikke bli registrert i målingene (skjult lag), og dyp til fjell vil være mindre enn beregningene indikerer.

Det kan benyttes samme hastighetsmodell for det nordlige området (P4), men hastighetsområdet for lag 2 ligger høyere (1200-1390 m/s). Laget er ikke registrert i nordlige lavtliggende område, men kan der opptre som tynt lag i blindsoner. Lag 3 har hastigheter 2100-2400 m/s. Ut fra geologiske betraktninger er det godt mulig at det under lag 3 kan ligge materiale med lavere hastighet og at dyp til fjell derfor kan være mindre enn beregnet.

I en geologisk modell må hastigheten i lag 4 (3200-7500 m/s) regnes å representere fjell. Hastighetsvariasjonene skyldes etter all sannsynlighet både endringer i bergartstype og oppsprekkningsgrad. Massive, ultramafiske bergarter er karakterisert ved høye seismiske hastigheter, som regel i området 6000-8000 m/s (Gebrande et al., 1982). Det er kartlagt olivinbergart (dunitt?) like sør for undersøkelsesområdet, og det regnes at hastigheter langs profilene på rundt 6000 m/s og høyere trolig representerer denne bergartstypen. Områder med hastighet under 4000 m/s er karakterisert som oppsprukket, og under 3500 m/s må fjellet regnes å være betydelig oppsprukket (råttent).

Hastighetene i overliggende løsmasser gir ikke en entydig geologisk tolkningsmodell. Ut fra erfaringstall (se tekstbilag) er det nærliggende å tolke hele hastighetssekvensen som en morenemodell. Lag 2 med hastighetsområde 850-1200 m/s kan representere forholdsvis løst lagret morenemateriale med lavt vanninnhold (ablasjonsmorene). Øverst vil det som regel være spesielt grovt, løst og tørt materiale med lavere hastighet (Lag 1 med hastighet 300-700 m/s). Hastigheten i lag 3 på 2000-2200 m/s vil representere hardpakket bunnmorene som trolig også er vannmettet. I områder med lavere hastighet i lag 3 (1450-1650 m/s) kan det også være bunnmorene eller israndavsetninger, men materialet må være mindre kompakt og/eller ha lavere vanninnhold.

Nyere kvartærgeologisk kartlegging indikerer at avsetningsformene i alt vesentlig kan bestå av skredmateriale. Hastighetsverdier for skredmateriale framgår ikke av tabell i tekstbilag. En del erfaringsmateriale fra målinger over og ved fjellur (f.eks. Sindre 1975) viser at slike skredavsetninger kan ha hastigheter som tilsvarer lag 1 og 2. I en skredmodell vil overflatelaget (lag 1) bestå av tørt og spesielt løst lagret materiale, dels med betydelig innslag av luftfylte hulrom mellom stein- og blokkdominerte avsetninger. Laget under (lag 2) regnes også å være gjennomgående tørt, men er noe bedre pakket da de fleste hulrom der vil være gjenfylt av finere materiale (matrix). Om kompakte skredavsetninger vil ha tilsvarende hastighet som bunnmorene (lag 3) er ikke godt dokumentert, men er sannsynlig. Høyt blokk/steininnhold av ultramafiske bergarter kan også bidra til forholdsvis høye hastigheter i løsmassene. I lag 3 kan overgang til lavere hastigheter (1450-1650 m/s) skyldes lavere innslag av ultramafisk materiale, endring i dominerende kornstørrelser, mindre kompakte skredmasser og/eller lavere vanninnhold. Om overflaten av lag 3 representerer grunnvannsspeil er mulig men usikkert.

I stedet for en ren skredmodell kan det også tenkes å være en blandet avsetningsmodell med skredmateriale i øvre del og morene mot dypet i avsetningene. I det nordlige området er det større mulighet for at skredmateriale ligger over finkornige fjordsedimenter. De seismiske hastighetene alene kan ikke gi entydig svar på hvilken geologisk tolkningsmodell som er riktig, men gir relativt god oversikt over lagtykkelser, total løsmassemektighet og fjelloverflatens beliggenhet og forløp.

## 3.2 Profilbeskrivelser

### Profil 1

Tolket refraksjonsseismisk profil er vist i databilag 1. Profilet er målt mot nord oppover langs en slak skråning fra Onilsavatn. I en vegskjæring like øst for profilet er det påvist skredmasser i en mektighet på minst 5 m.

Tolkningen indikerer at fjelloverflaten ligger rundt 165 moh. ved sørenden. Den skråner nedover mot nord, spesielt mellom posisjonene 135 og 180 fra 150 til 130 moh, og når ned mot 120 moh. nær nordenden. Det opptrer et sprang i seismisk hastighet i fjellet omtrent ved posisjon 100. Den høye hastigheten i sør på ca. 6000 m/s kan representere olivinbergart (dunitt?) som er kartlagt sør for undersøkelsesområdet. Nordafor er seismisk hastighet i fjell på ca. 4000 m/s og representerer trolig svakt til middels oppsprukket fjell. Bergartstypen er her usikker. Da fjelloverflaten skråner nedover, mens terrenget går oppover mot nord langs profilet, vil total løsmassemektighet øke fra 22-24 m i sør til rundt 90 m lengst nord.

Overflatelaget med seismisk hastighet 450-570 m/s er bare 1-2 m tykt, unntatt i sør hvor tykkelsen kan øke til 5 m.

Lag 2 har seismiske hastigheter på 830-1150 m/s, med lavest hastighet i nordligste del. Samlet tykkelse av lag 1 og 2 er 18-19 m sentralt i profilet, avtakende til 8 m mot sørenden og varierer mellom 13 og 17 m de nordligste 100 m.

Tolkningen viser ut fra dette at overflaten av lag 3 (med hastighet i området 2000-2130 m/s) ligger rundt 180 moh. de sørligste 100 m av profilet og stiger opp til 196-198 moh. i nordligste del.

## Profil 2

Profilen er målt oppover langs østskråningen av ryggformen. Posisjon 0 ligger ca. 80 m vest for Onilsavatn. Tolkning av profilen er vist i databilag 2.

Tolkningen indikerer at fjelloverflaten ligger lavest nær 150 moh. ca. 80 m fra østenden av profilen, mens den er 155-156 moh. i østligste del. Mot vest stiger fjelloverflaten forholdsvis jevnt oppover til 195-200 moh. ved vestenden. Seismisk hastighet i fjell er lav (3200-4000 m/s), noe som skyldes kraftig oppsprekking. Områder med lavest hastighet (både på P1 og P2) ser ut til å være sammenfallende med områder der fjelloverflaten ligger lavest. På grunn av oppsprukket fjell har det vært størst iserosjon her. Dyp til fjell avviker med ca. 10 m der P1 og P2 krysser. Dette skyldes trolig siderefraksjoner fra fjell langs P2.

Terrengoverflaten stiger noe brattere enn fjelloverflaten langs profilen, og total løsmassemek-tighet øker fra rundt 40 m ved østenden til vel 75 m ved vestenden.

Overflatelaget med seismiske hastigheter i området 380-500 m/s har en mektighet på 5-6 m mellom posisjonene 0 og 20, men den avtar til 1-3 m fra posisjon 50 og videre oppover.

Lag 2 har seismiske hastigheter i området 1000-1050 m/s. Samlet tykkelse av lag 1 og 2 øker fra 11 til 18 m de østligste 60 m og varierer for øvrig mellom 12 og 22 m. Den er størst mellom posisjonene 210 og 255 og minst ved vestenden (posisjon 310).

Overflaten av lag 3 (med hastighet i området 2100-2160 m/s) ligger horisontalt ca. 186 moh. de østligste 60 m av profilen for deretter å stige opp mot vest til ca. 263 moh. ved vestenden. Den stiger brattest og er brattere enn terrengoverflaten de vestligste 70 m av profilen.

## Profil 3

Profilen er målt over øvre del av ryggformen, i en avbrutt forlengelse av P2 mot vest. Tolkning av de refraksjonsseismiske data er vist i databilag 3.

Høydenivået for tolket fjelloverflate varierer mellom 202 og 225 moh, med de laveste verdier rundt posisjon 150-180 og ved østenden, og høyest rundt posisjon 260. Seismisk hastighet i fjell er noe usikker på grunn av en noe dårlig fjelldekning i de refraksjonsseismiske data, men synes å være lav (en hastighet på ca. 3300 m/s er indikert). Ut fra tolket fjelloverflate vil total løsmassemek-tighet stort sett variere noe rundt 80 m, men øker til nær 100 m sentralt i profilen der fjellet ligger lavest (posisjon 150-180).

Overflatelaget med seismisk hastighet i området 300-670 m/s har en tykkelse på 0,5-2,5 m sentralt i profilen, men den øker til 4-5 m mot hver ende.



Lag 2 har seismisk hastighet på 1000-1220 m/s, med de høyeste verdiene sentralt i profilet (posisjon 55-200) og lavest i øst (posisjon 0-55).

Med unntak av området 70-120 har lag 3 seismiske hastigheter i intervallet 1530-1660 m/s og med lavest hastighet de vestligste 100 m. Hastigheten er lavere enn for lag 3 langs profilene i brattskrånningen ned mot vannet (>2000 m/s), noe som indikerer andre masser langs P3. Mellom posisjonen 70 og 120 utgjør overflaten av lag 3 en haug- eller ryggform, og seismisk hastighet ser ut til å være noe høyere i det samme området (2200 m/s). Dette kan være materiale av samme type som i brattskrånningen, men som her ligger over materiale som gir lavere hastighet. Haugen kan muligens utgjøre en skredlobe dannet av mer olivinholdige bergarter. Toppen av haugformen når nesten opp til 5 m under terrengoverflaten. Overflaten av lag 3 er noe ujevn også langs resten av profilet. Samlet tykkelse av lag 1 og 2 varierer der mellom 8 og 18 m og med størst mektighet like vest for haugformen og i området østafør. Det kan ikke utelukkes at materiale med hastighet på ca. 2000 m/s (registrert i brattskrånningen østafør) ligger i blindsoner under materiale med hastighet 1450-1650 m/s.

#### Profil 5

Profilet er målt fra posisjon 0 i profil 1 og vestover opp brattskrånning. Tolkning av profilet er vist i databilag 4.

Tolket fjelloverflate stiger slakt oppover fra 165 til 175 moh. de østlige 55 m av profilet. Deretter stiger fjelloverflaten relativt bratt til posisjon 100 (190 moh). De vestligste 45 m ligger fjelloverflaten i nivå 210-212 moh. Mellom posisjonene 0 og 130 er seismisk hastighet i fjell ca. 6000 m/s og kan muligens representere massiv olivinbergart. Fra posisjon 130 er seismisk hastighet ca. 5100 m/s og representerer trolig massiv bergart av en annen type (gneis?). Total løsmassemektighet øker fra ca. 25 m ved østenden til vel 40 m ved posisjon 65-80. Fra posisjon 100 og vestover varierer mektigheten mellom 25 og 30 m, med minst verdi rundt posisjon 170.

Det øverste laget har seismisk hastighet i området 400-500 m/s. Tykkelsen av laget varierer stort sett mellom 1 og 3 m, men kan være rundt 5 m nederst mot øst.

Lag 2 har seismisk hastighet på 1040-1110 m/s. Samlet tykkelse av lag 1 og 2 varierer stort sett mellom 10 og 13 m.

Det tredje laget har en seismisk hastighet på ca. 2200 m/s. Overflaten av laget har et jevnere forløp enn både terrengoverflaten og fjellet, og stiger opp fra ca. 178 moh. ved østenden til 230-235 moh. ved vestenden. Som diskutert tidligere, kan det i området opptre lag med lavere hastighet enn 2200 m/s. Dette laget kan ligge over eller under laget med hastighet på 2200 m/s. Dersom det ligger over, er det så tynt at det ligger i blindsoner. Dersom det ligger under, har vi hastighetsinversjon, og refrakterte bølger fra dette laget vil ikke nå overflaten.

### Profil 6

Profilet er målt mot vest i en avbrutt forlengelse av profil 5. Profilet er lagt litt nærmere fjellsiden i sør. Tolkning av profilet er vist i databilag 5. Tre hastighetslag er tolket på bakgrunn av data, da lag 2 (hastighet 1050 m/s) i hastighetsmodellen ikke er registrert her.

Fjelloverflaten ser ut til å skråne oppover fra ca. 250 moh. ved østenden og opp til 300-305 moh. de vestligste 55 m av profilet. Mellom posisjonene 60 og 210 er seismisk hastighet i fjell i området 6500-7500 m/s og representerer etter all sannsynlighet olivinrik bergart (blottlagt i sør, Raudnakken). Mellom posisjonene 0 og 60 er seismisk hastighet på ca. 4800 m/s. Det kan her være en annen bergart eller oppsprukket, olivinrik bergart. Total løsmassemektinghet varierer mellom 12-13 og 20 m, og det er minst dyp til fjell midtveis i profilet.

Det øverste laget har seismisk hastighet på 480-730 m/s. Tykkelsen på laget er 4-5 m mellom posisjonene 0 og 80 og 0-2 m mellom posisjonene 100 og 210.

Lag 2 (dvs. lag 3 i hastighetsmodellen i Figur 1) har seismiske hastigheter i området 1450-1650 m/s, med de laveste verdiene i vestlige del av profilet. Hastigheten er imidlertid noe dårlig bestemt i første halvdel av profilet (1650 m/s). Avsetningene er trolig dominert av skredavsett materiale. Som for profil 3 kan et lag med høyere hastighet (>2000 m/s) ligge i blindsonen mellom fjell og laget med hastighet 1450-1650 m/s.

### Profil 4

Plasseringen av profilet er vist i kartbilag -04. Området der profilet er målt ligger ved sørenden av Tafjorden, nord for det området der de øvrige profiler er målt. Tolkningen av det 630 m lange profilet er vist i databilag 6 og er i halv målestokk i forhold til profilene i sør.

Tolket fjelloverflate ligger i underkant av 100 m under havnivå sentralt i profilet (posisjon 220-420). Den stiger opp mot 75 m under havnivå ved nordenden (posisjon 0) og 45 m under havnivå ved sørenden (posisjon 630). Total løsmassemektinghet vil da være 130-140 m sentralt i profilet (posisjon 260-440), avtakende til vel 80 m mot nordenden og knapt 100 m ved sørenden av profilet. Seismisk hastighet i fjell ligger i området 5400-5800 m/s og indikerer at fjellet er massivt.

Det øverste laget har seismiske hastigheter i området 380-480 m/s. Det er stort sett bare 1-3 m tykt, men kan være noe tykkere i nordligste del.

Lag 2 har seismiske hastigheter på 1200-1390 m/s. Mellom posisjonene 0 og 200 er ikke laget registrert, men kan ligge i blindsonen, som angitt i databilag. Samlet mektighet av lag 1 og 2 er 30-33 m i sørlige del (posisjon 500-630) og avtakende til 20 m mot nord ved posisjon 280. Nord for posisjon 260 er tykkelsen mindre enn 7-8 m.

Det tredje laget representerer vannmettede løsmasser. Seismisk hastighet ligger i området 2100-2400 m/s. Overflaten av laget skråner slakt oppover fra noen få meter over havnivå ved nordenden til ca. 25 moh. ved sørenden. Hastigheten kan representere kompakte skredavsetninger eller bunnmorene. Siden området ligger under marin grense (ca. 60 m), kan det være marine avsetninger under laget som er beskrevet. Slike avsetninger vil gi lavere seismisk hastighet, slik at det ikke kan oppdages ved refraksjonsseismikk. Dyp til fjell (80-140 m) kan derfor være noe overestimert.

## 4 KONKLUSJON

Refrakssjonsseismiske målinger er utført i to områder og langs seks profiler ved Tafjord, Møre og Romsdal. Hensikten med målingene var todelt;

- 1) kartlegge løsmassemekthet nær olivinforekomst, samt forekomstens forløp under løsmassene,
- 2) kartlegge løsmassetykkelse og -type(r) i forbindelse med kartlegging av løsmasser som er antatt å være dannet ved et stort fjellskred.

Forløpet av olivinforekomsten er indikert som en sone der seismisk hastighet i fjell er større enn 6000 m/s. Dyp til fjell er i størrelsesorden 15-40 m langs de profiler som er målt nærmest forekomstens utgående.

De refraksjonsseismiske målingene indikerer at det er fire hastighetslag, hvorav det nederste laget representerer fjell. De seismiske hastighetene alene gir ikke entydig geologisk tolkningsmodell for overliggende materiale, men hele løsmassepakken kan tolkes ut fra en ren skredmodell. Materialet i de to øverste lagene regnes da å bestå av tørt og forholdsvis løst lagret skredmateriale. Underliggende løsmasser regnes å bestå av kompakte og muligens helt vannmettede skredavsetninger.

Under ryggformen i det sørlige området er det betydelige laterale hastighetsforskjeller i det nedre løsmasselaget, med høyere hastigheter (>2000 m/s) i brattskråningen ned mot Onilsavatnet og lavere hastigheter (1450-1650 m/s) vestover under toppen av ryggformen. Dette indikerer at det kan være betydelige variasjoner i avsetningenes sammensetning. Samlet tykkelse for de to øverste lagene med tørt materiale varierer mellom 10 og 20 m, men kan stedvis være tynnere. Under ryggformen skråner fjelloverflaten nedover mot nordøst og nord, og ved nordvestenden av Onilsavatnet ligger den sannsynligvis mer enn 30 m lavere enn overflaten på vatnet. Total løsmassemekthet i ryggformen øker også i samme retninger til 90-100 m.

I det nordlige området nær Tafjorden er det indikert at løsmassemektheten varierer mellom 80 og vel 130 m, og at fjelloverflaten varierer mellom 45 og 100 m underhavnivå. Fjelloverflaten ligger lavest (og det er størst løsmassemekthet) sentralt i området. Samlet tykkelse av de to øverste lagene er rundt 30 m sør i området, avtakende til mindre enn 7-8 m i nordlige del.

I stedet for en antatt ren skredmodell kan det tenkes en blandet avsetningsmodell. I det sørlige området kan det bety at skredmateriale i øvre del av avsetningen går over i morene mot dypet. I det nordlige området er det stor sannsynlighet for at skredmateriale ligger over finkornige fjordsedimenter.

## 5 REFERANSER

Gebrande, H., Kern, H. & Rummel, F. 1982: Vol. 1. Elasticity and inelasticity.

*In: Landolt-Börnstein numerical data and functional relationships in science and Technology (K.H. Hellwege, ed.). New Series; Group V. Geophysics and Space Research, Physical properties of rocks, Subvolume b, 1-233.*

Sindre, A. 1975: Seismiske målinger Nordsjona, Rana, Nordland. *NGU Rapport 1394.*

## 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  $25^\circ$ .

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 beregnete. En annen feilkilde er til stede hvis man har et sjikt med lavere hastighet enn det overliggende. Fra denne sjiktgrense vil det ikke

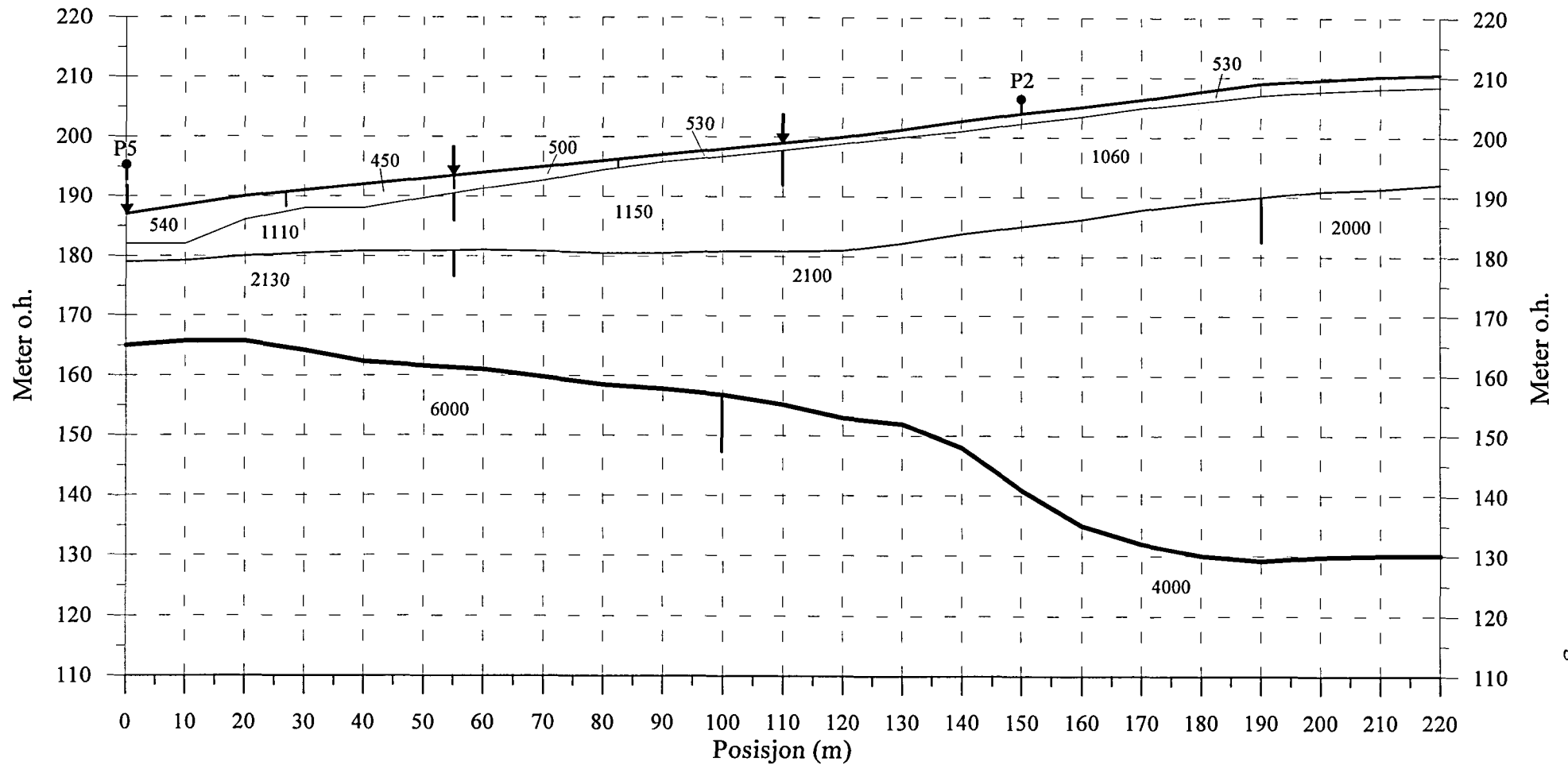
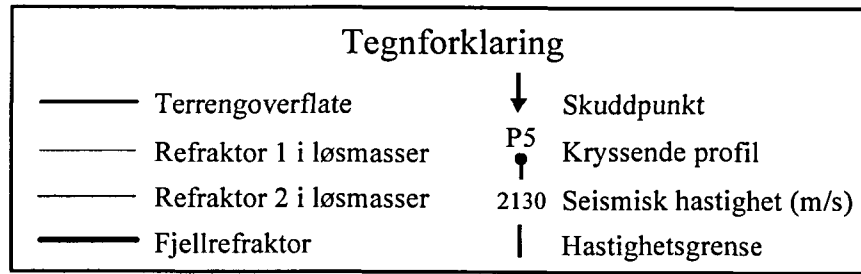
komme refrakterte bølger til overflaten, og lavhastighetssjiktet vil ikke kunne erkjennes av måledata. Generelt kan det sies at usikkerheten i de beregnede dyp øker med antall sjikt. Med analog apparatur vil en kunne bestemme første ankomsttid med en usikkerhet på 1 millisekund ved middels god opptakskvalitet. 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

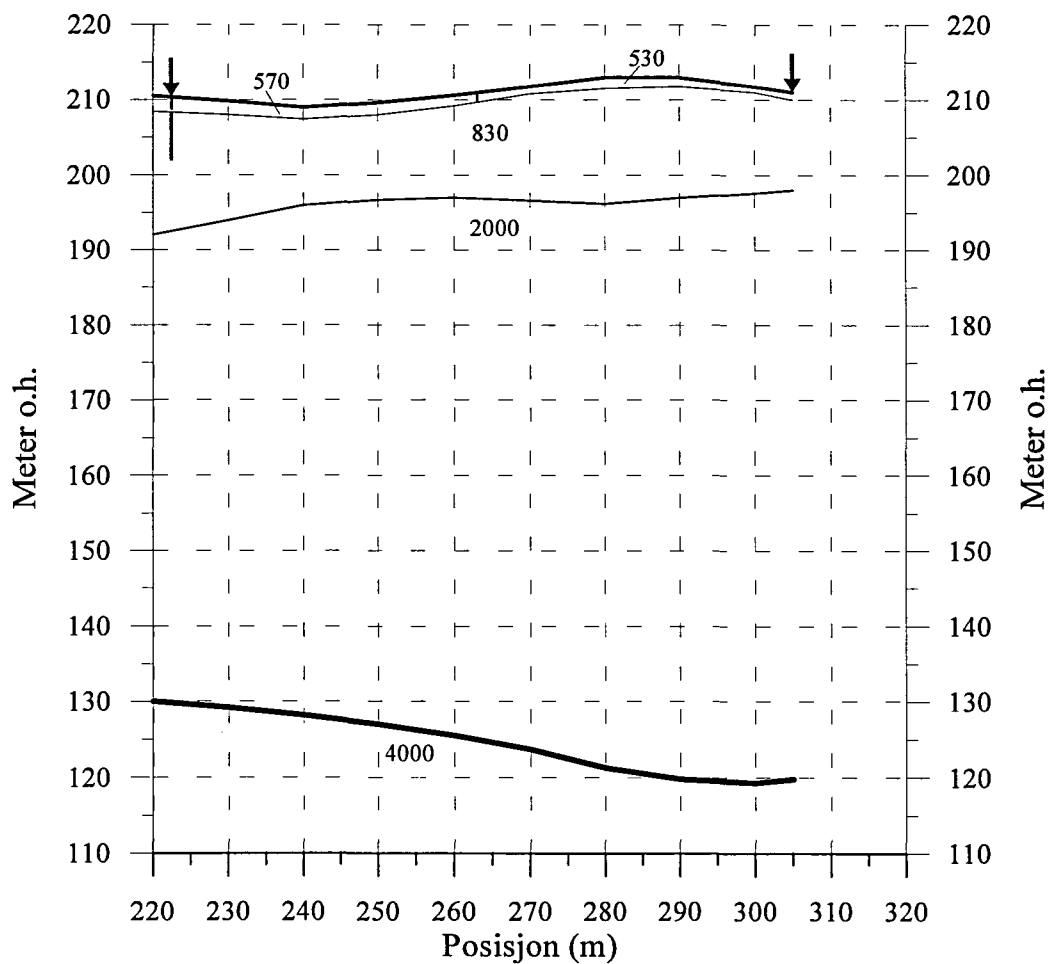
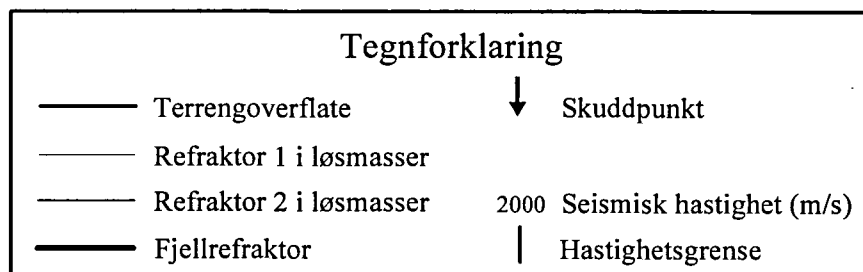
<i>Luft</i>		<i>330 m/s</i>
<i>Vann</i>		<i>1400-1500 m/s</i>
<i>Organisk materiale</i>		<i>150-500 m/s</i>
<i>Sand og grus</i>	<i>- over vannmettet sone</i>	<i>200-800 m/s</i>
<i>Sand og grus</i>	<i>- i vannmettet sone</i>	<i>1400-1700 m/s</i>
<i>Morene</i>	<i>- over vannmettet sone</i>	<i>700-1500 m/s</i>
<i>Morene</i>	<i>- i vannmettet sone</i>	<i>1500-1900 m/s</i>
<i>Hardpakket bunnmorene</i>		<i>1900-2800 m/s</i>
<i>Leire</i>		<i>1100-1800 m/s</i>
<i>Oppsprukket fjell</i>		<i>&lt; 4000 m/s</i>
<i>Fast fjell</i>		<i>3500-6000 m/s</i>

# TAFJORD, tolkning av refraksjonsseismisk profil 1 (0-220)

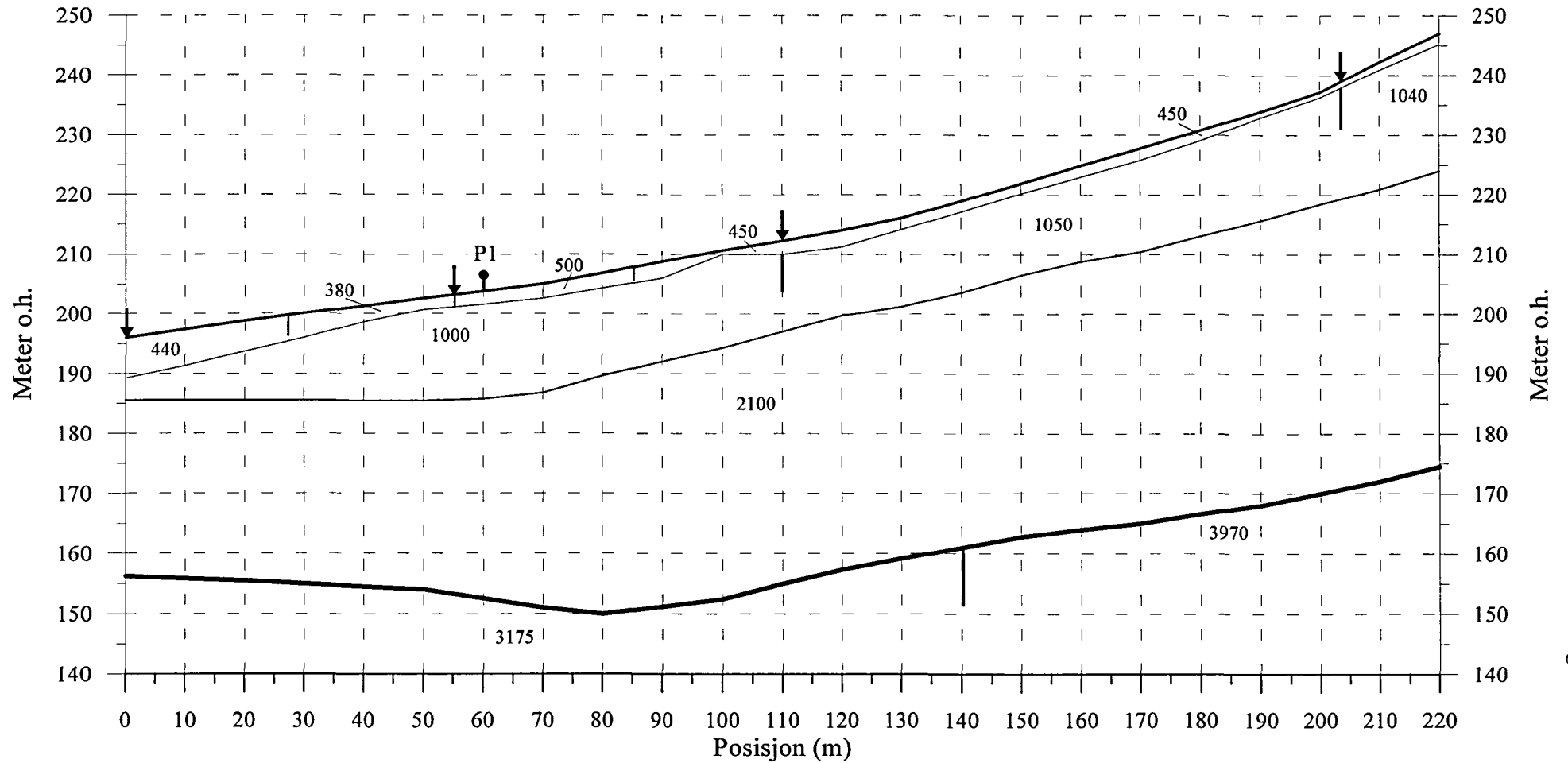
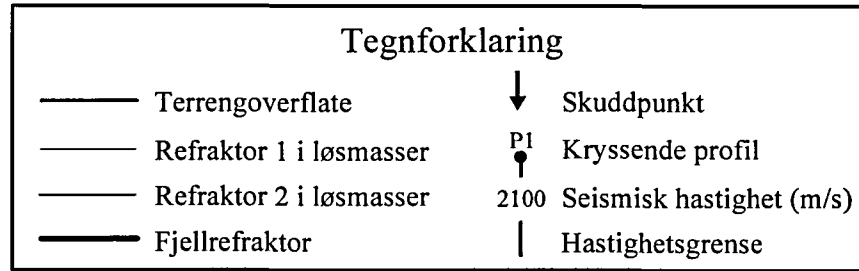




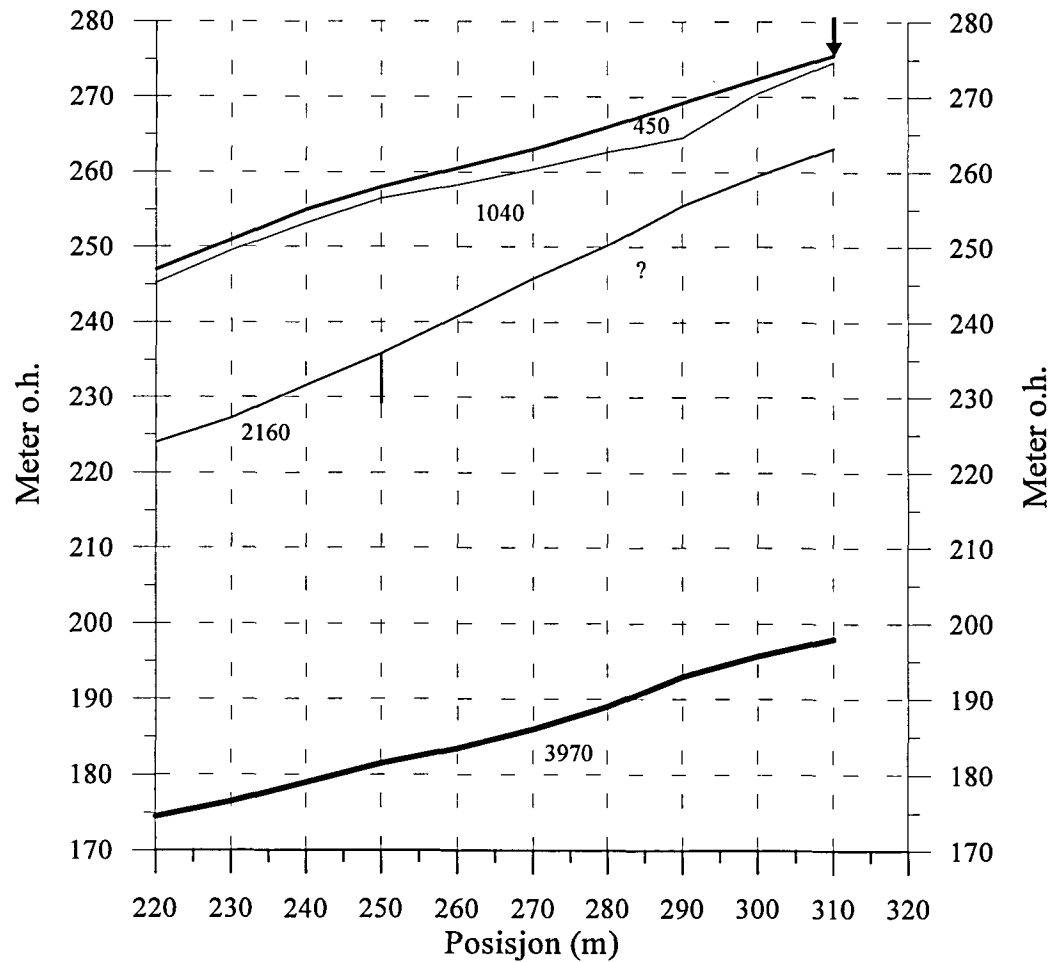
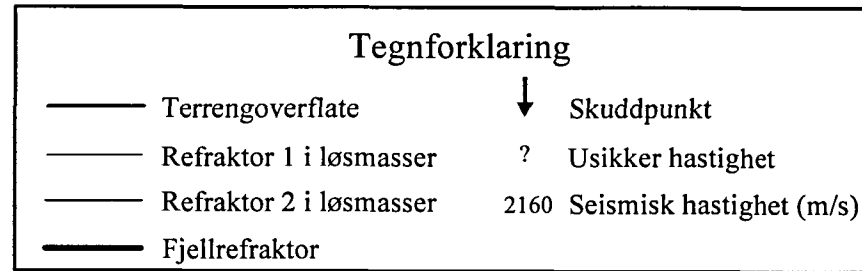
# TAFJORD, tolkning av refraksjonsseismisk profil 1 (220-305)



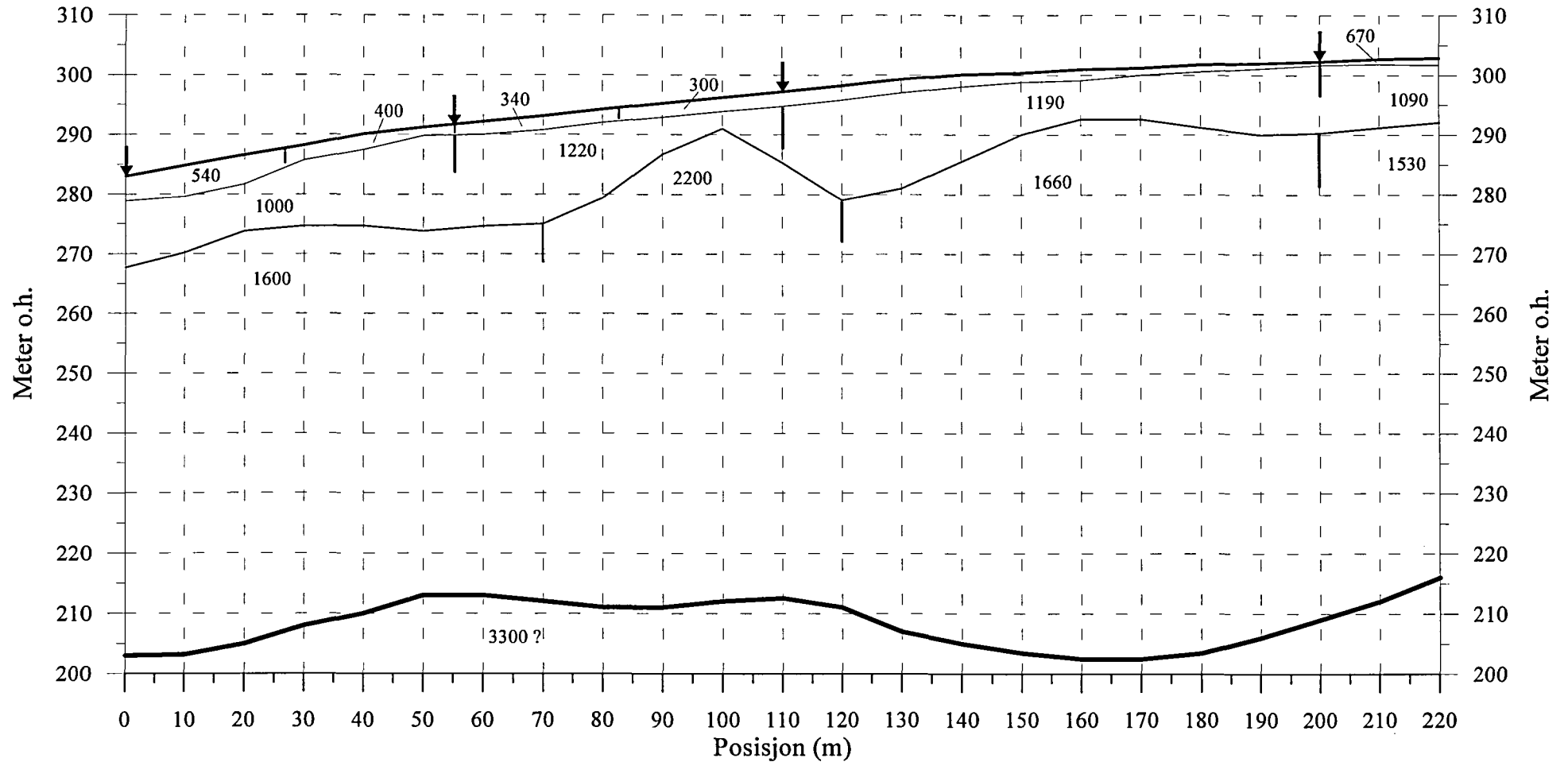
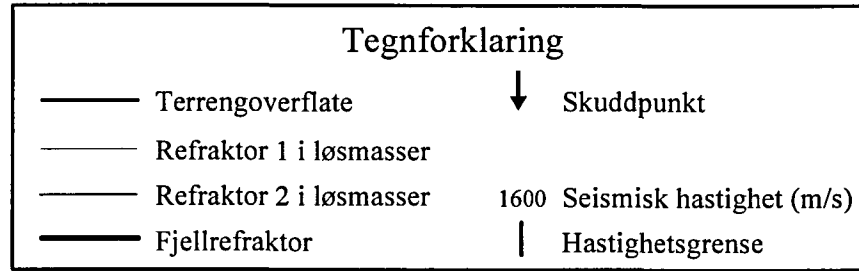
# TAFJORD, tolkning av refraksjonsseismisk profil 2 (0-220)



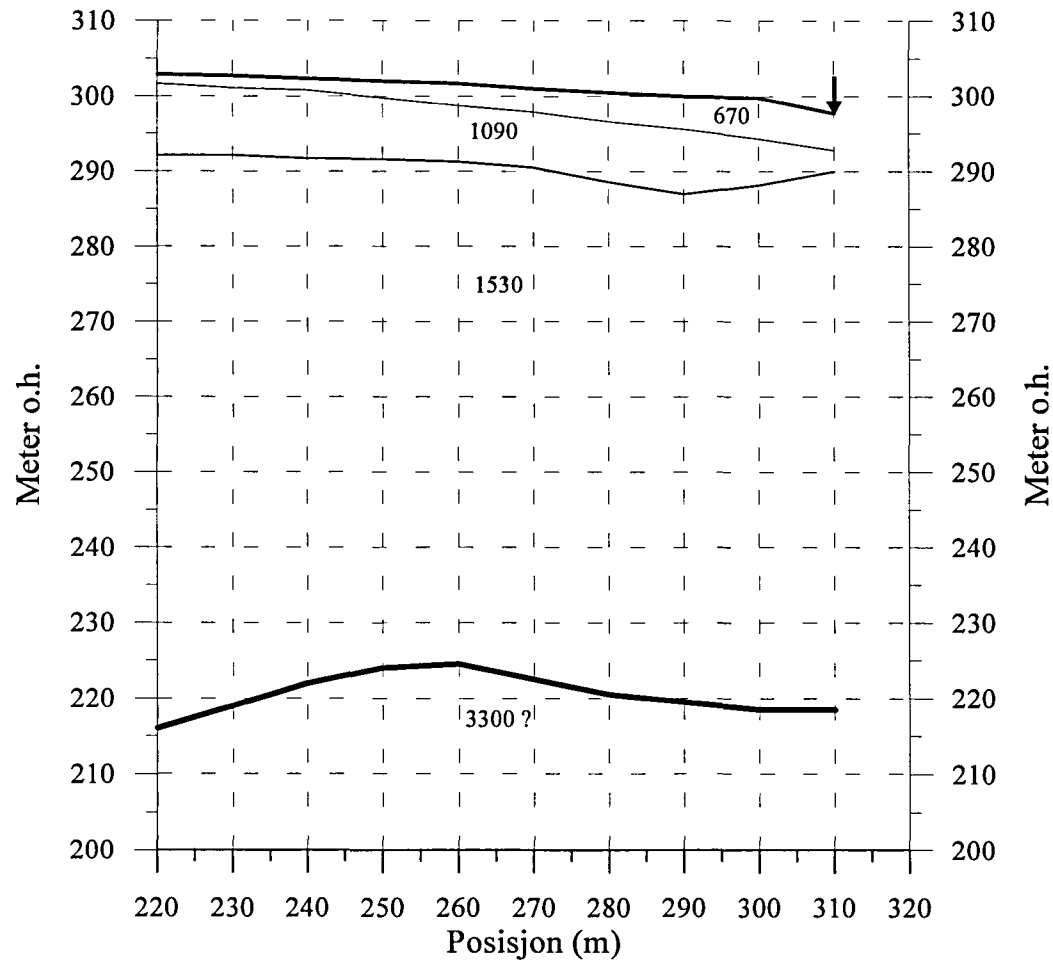
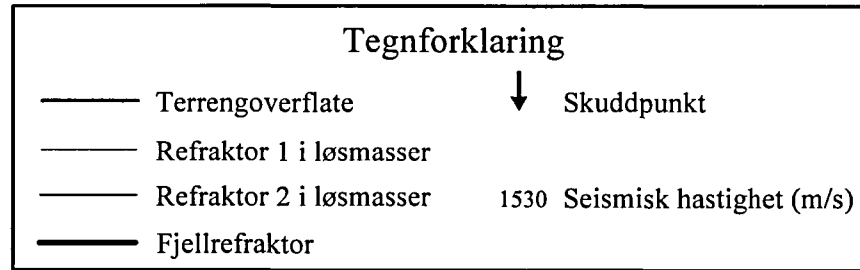
# TAFJORD, tolkning av refraksjonsseismisk profil 2 (220-310)



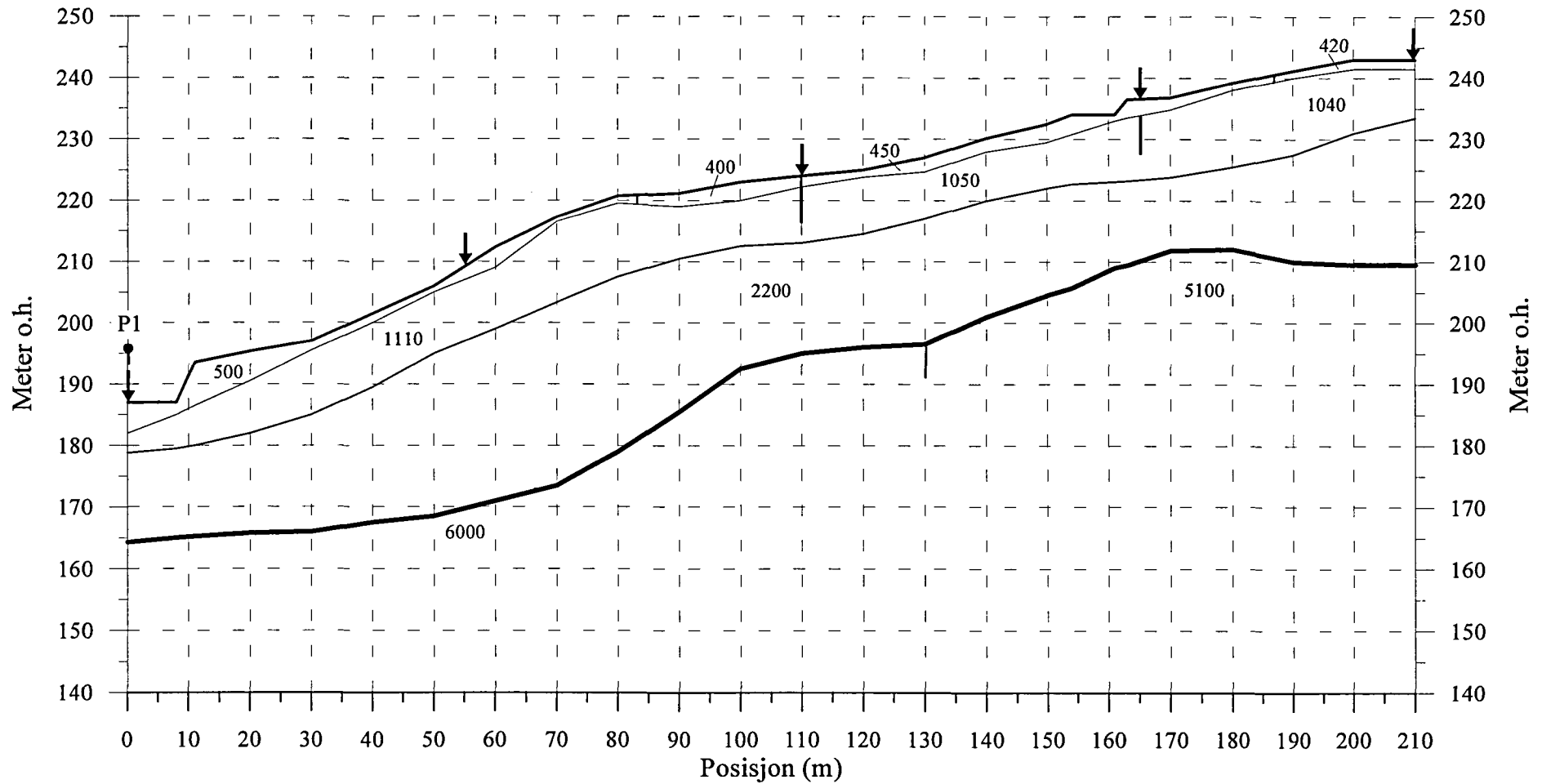
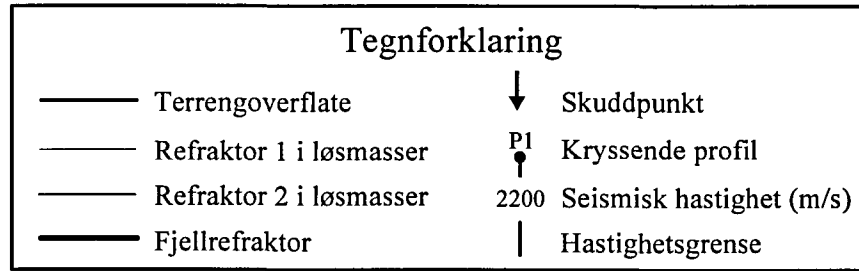
# TAFJORD, tolkning av refraksjonsseismisk profil 3 (0-220)



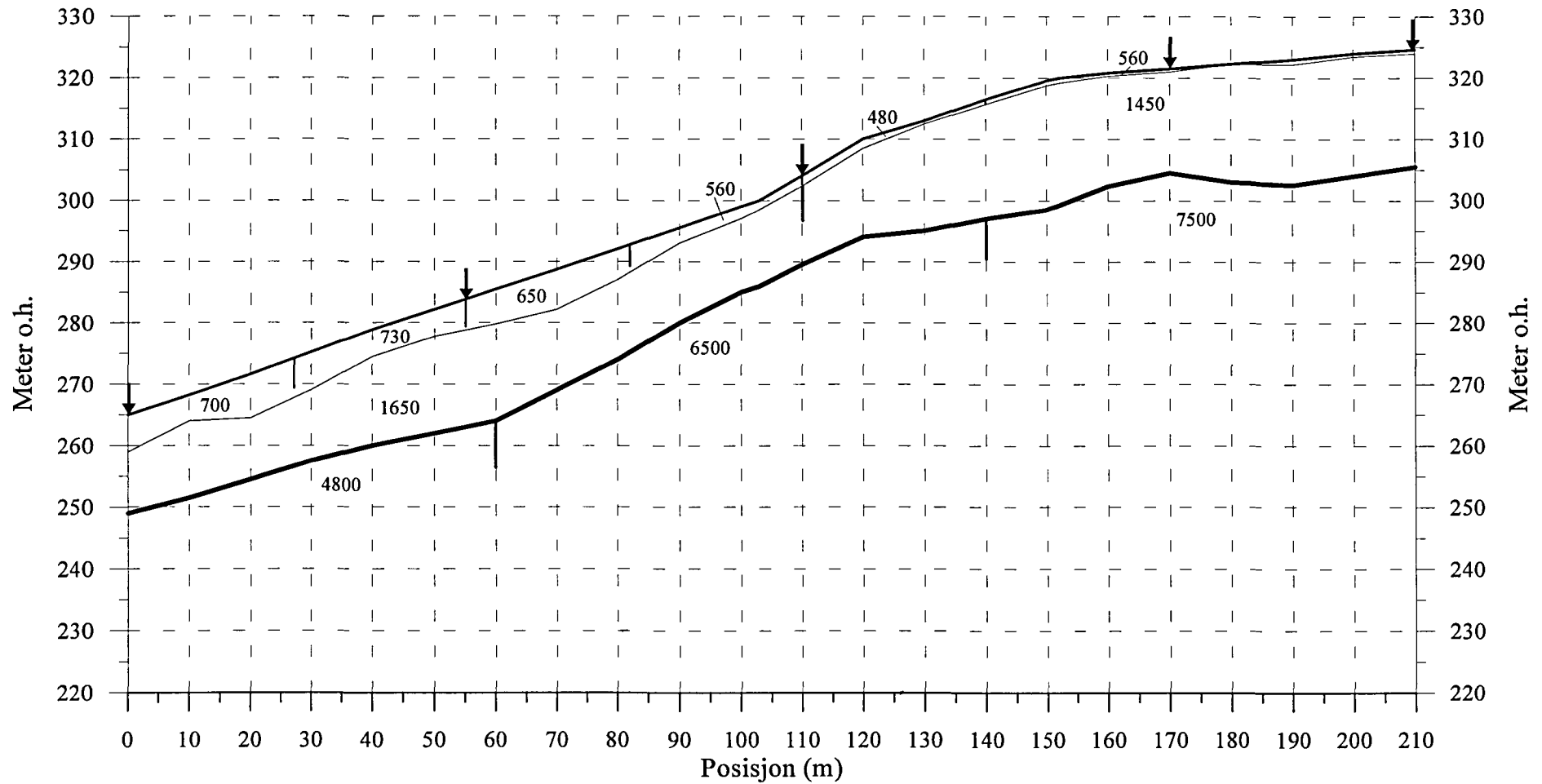
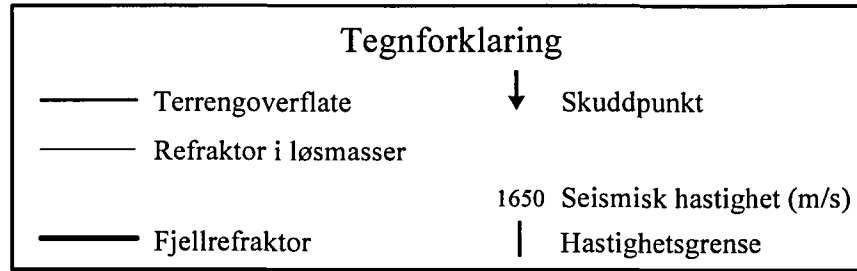
# TAFJORD, tolkning av refraksjonsseismisk profil 3 (220-310)



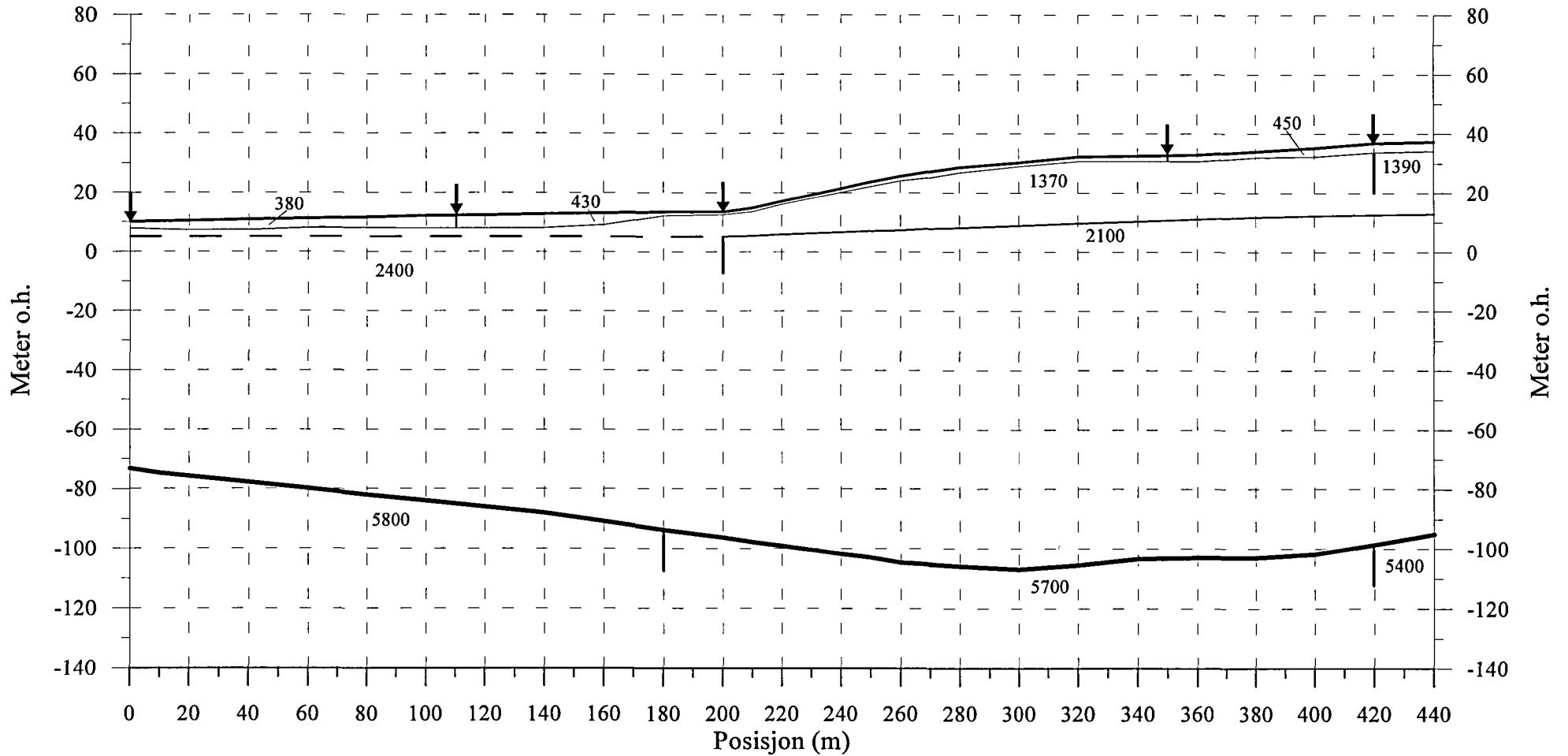
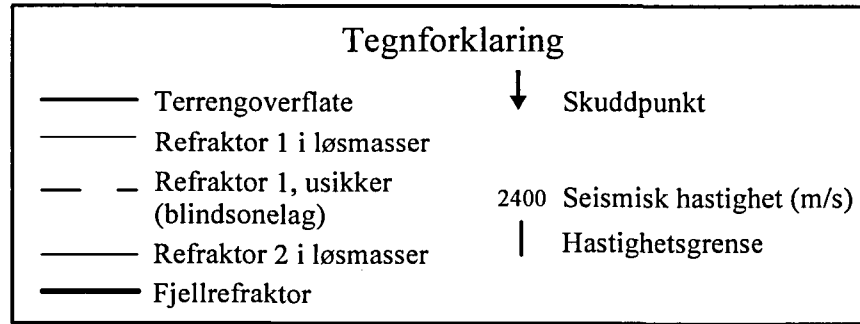
# TAFJORD, tolkning av refraksjonsseismisk profil 5



# TAFJORD, tolkning av refraksjonsseismisk profil 6

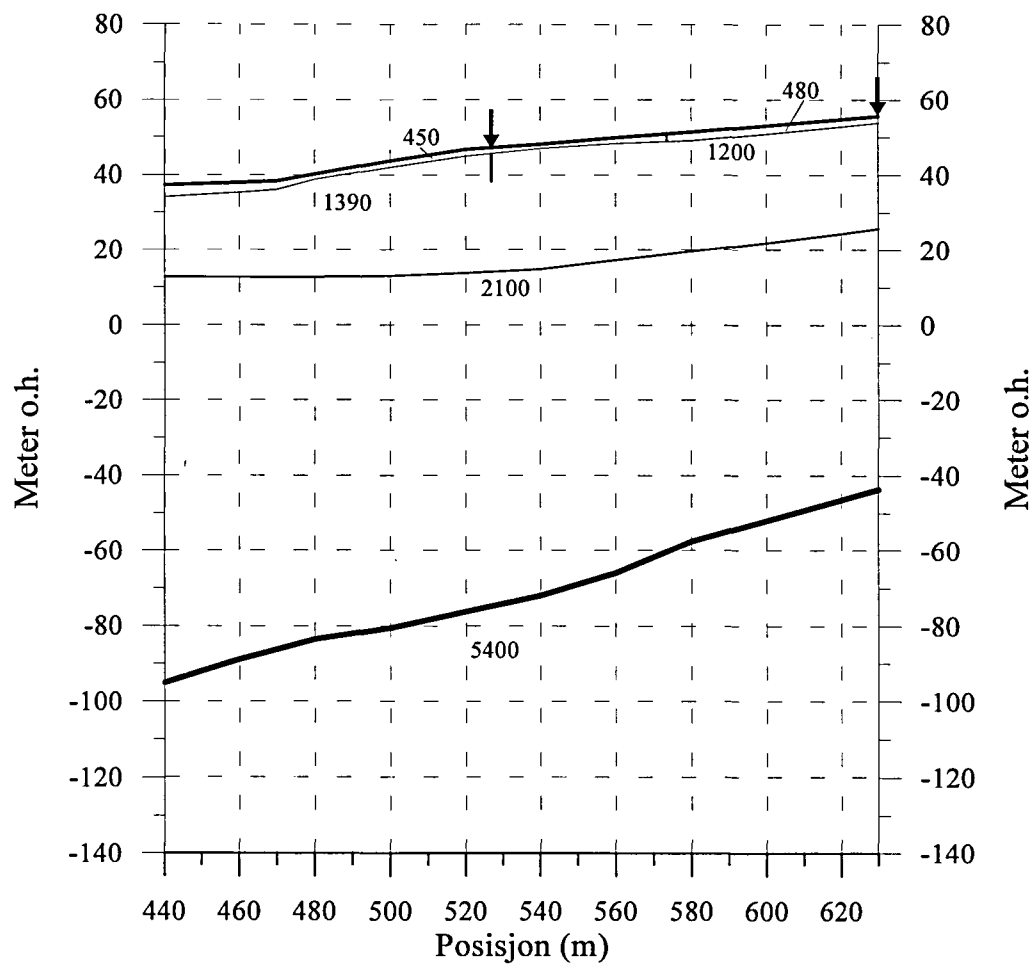
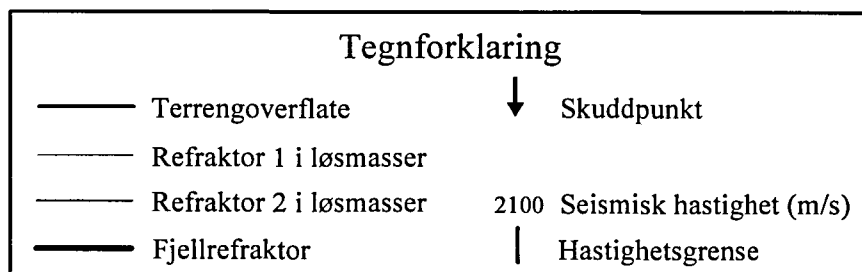


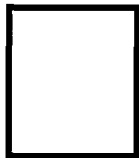
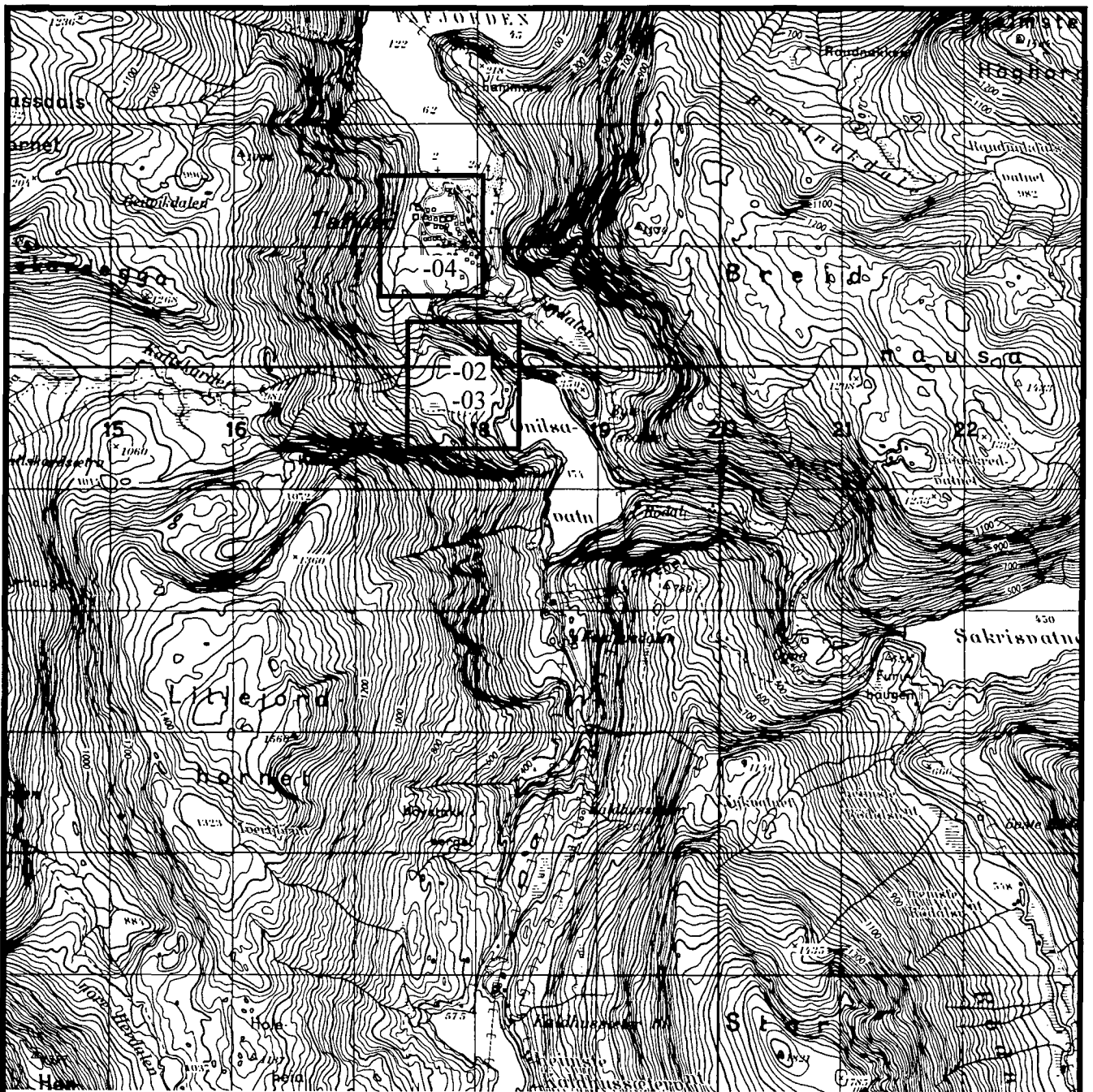
# TAFJORD, tolkning av refraksjonsseismisk profil 4 (0-440)





# TAFJORD, tolkning av refraksjonsseismisk profil 4 (440-630)





Utsnitt vist i kartbilag -02, -03 og -04

NGU/Novemco  
OVERSIKTSKART

# TAFJORD

NORDDAL KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1:50 000

MÅLT JFT

TEGN EM

TRAC

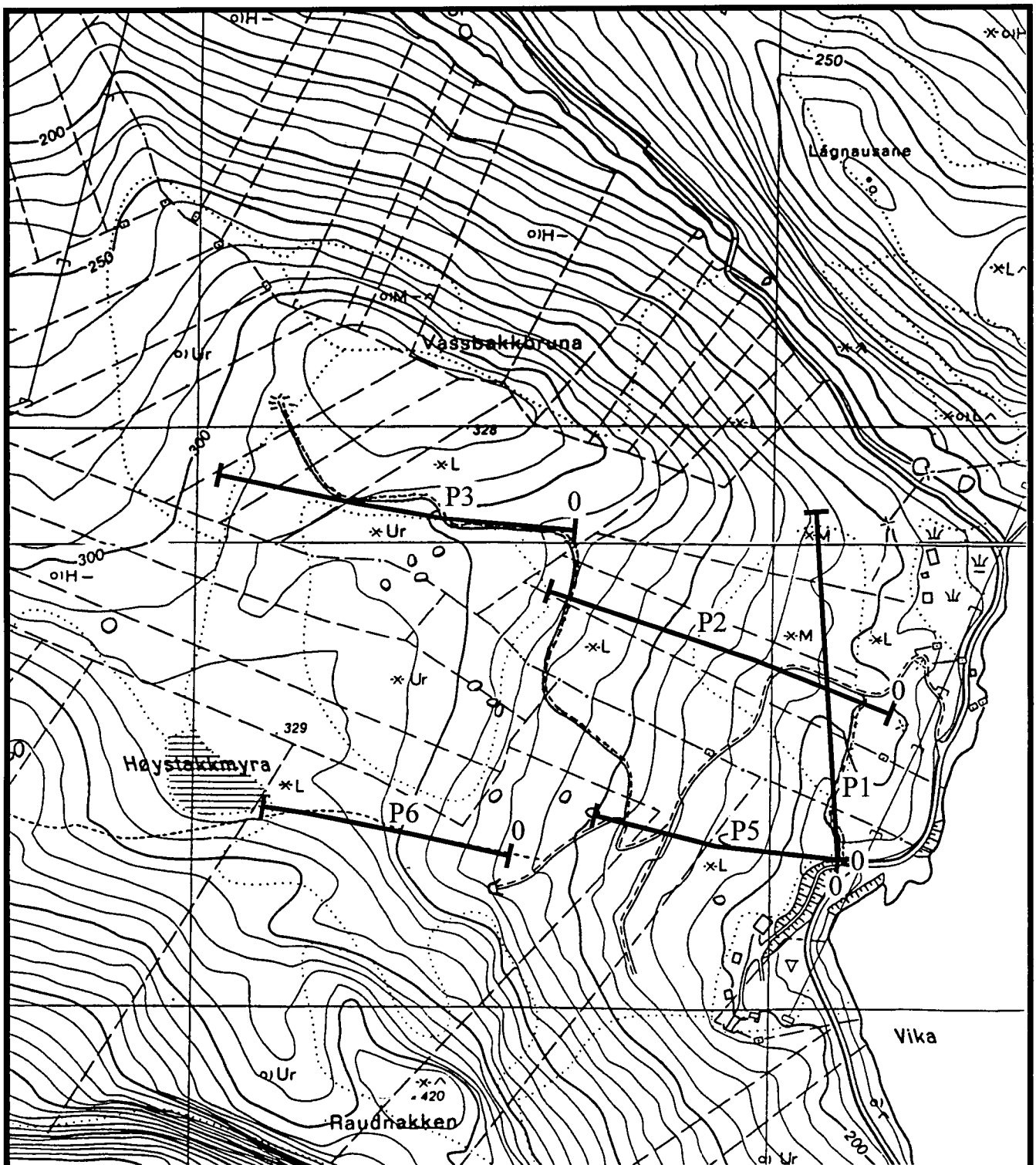
KFR

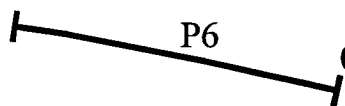
Aug. -97

Des. -97

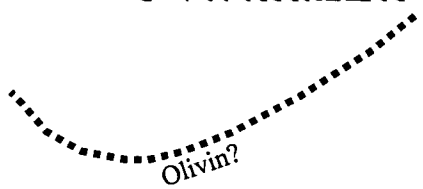
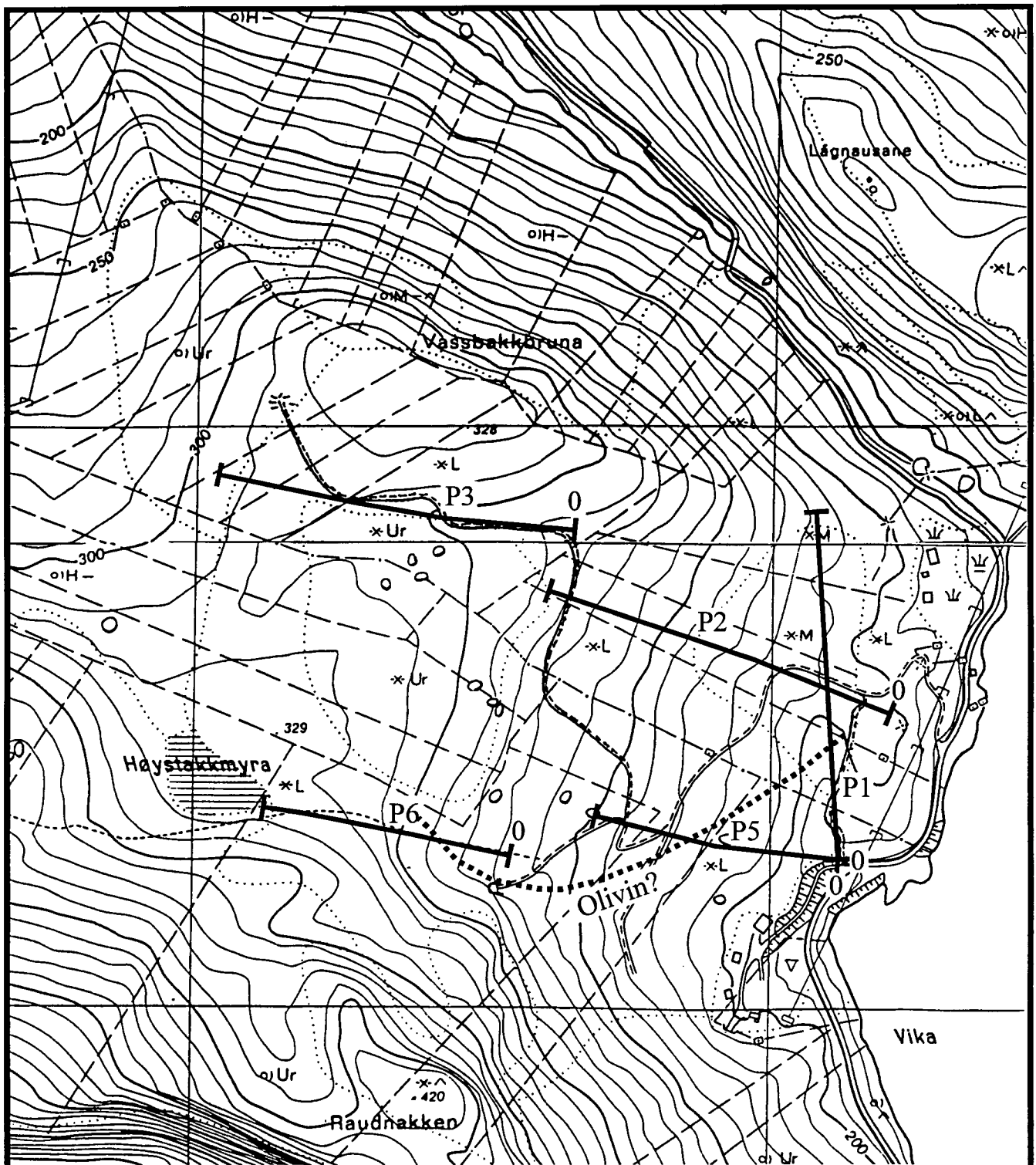
TEGNING NR  
97.186-01

KARTBLAD NR  
1319 III



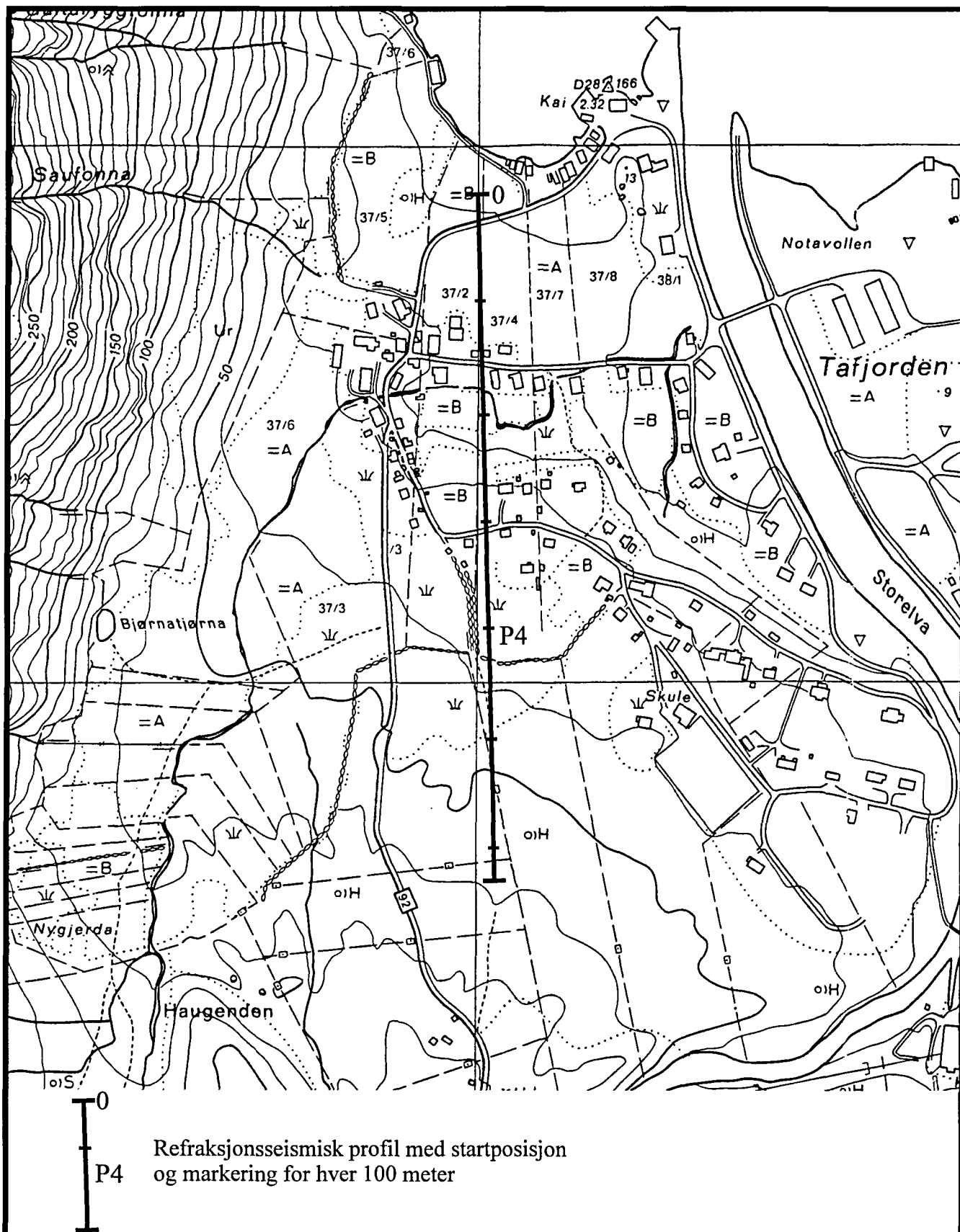

 P6 0 Refraksjonsseismisk profil med startposisjon

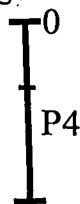
NGU/Novemco PROFILPLASSERING, profil 1, 2, 3, 5 og 6 <b>TAFJORD</b> NORDDAL KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL	MÅLESTOKK 1:5000	MÅLT JFT	1997
		TEGN EM	Des. -97
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 97.186-02	KARTBLAD NR 1319 III	



Mulig grense for utgående av olivinbergart (olivin sør for grense)

NGU/Novemco TOLKNING AV UTGÅENDE FOR OLIVIN <b>TAFJORD</b> NORDDAL KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL	MÅLESTOKK 1:5000	MÅLT JFT	1997
		TEGN EM	Des. -97
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 97.186-03	KARTBLAD NR 1319 III	




 Refraksjonsseismisk profil med startposisjon  
 og markering for hver 100 meter

NGU/Novemco PROFILPLASSERING, profil 4 <b>TAFJORD</b> NORDDAL KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	1997
	1:5000	TEGN EM	Des. -97
TRAC			
KFR			
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 97.186-04	KARTBLAD NR 1319 III	