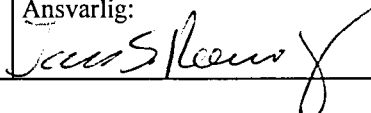


NGU Rapport 99.012

Geofysiske målinger over deponiområde nord  
for Frøylandsvatnet i Klepp kommune

Rapport nr.: 99.012		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Geofysiske målinger over deponiområde nord for Frøylandsvatnet i Klepp kommune			
Forfatter: Jan Fredrik Tønnesen		Oppdragsgiver: NGU / UiB, Geologisk institutt	
Fylke: Rogaland		Kommune: Klepp	
Kartblad (M=1:250.000) Stavanger		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1212 IV Stavanger	
Forekomstens navn og koordinater: Kverneland A/S 32 3093 65204		Sidetall: 23 Kartbilag: 6	Pris: 105,-
Feltarbeid utført: 04.-06.08.1998	Rapportdato: 29.01.1999	Prosjektnr.: 2752.00	Ansvarlig: 
<p>Sammendrag:</p> <p>I samarbeid med Geologisk institutt ved Universitetet i Bergen har NGU utført geofysiske målinger over deponier lokalisert i området mellom aktivt industriområde for Kverneland Klepp AS og sørover mot Frøylandsvatnet. Målingene er et ledd i oppfølgende undersøkelser av tidligere kartlegging av spesialavfall i deponier og forurenset grunn i Rogaland.</p> <p>Målingene har påvist ett stort område i øst og ett betydelig mindre område i vest hvor det er sterke indikasjoner på deponi/forurenset grunn. I ett lite område i mellom er det bare svak indikasjon på forurenset grunn.</p> <p>Langs Frøylandsvatnet sønnafor er det svak indikasjon på mulig forurensning i grunnen i ett østlig område like sør-sørøst for det store deponiet, og ett område i vest, men det er her mer usikkert om mulig forurensning i grunnen direkte kan knyttes til det vestlige deponiområdet. I øst nær vatnet er fjelloverflaten anslått å ligge 2-5 m dypt og i vest 10-13 m dypt.</p> <p>De geofysiske målingene kan ikke fastslå hva som er deponert og i hvilken grad deponiene utgjør noen miljøbelastning. Tilførsel av uønskede stoffer til Frøylandsvatnet regnes å utgjøre den største miljøfaren. For å komme videre med dette vil det være nødvendig med oppfølgende boringer med nedsetting av rør for opphenting av grunnvannsprøver og samtidig prøvetaking av bekkeavrenningen fra området.</p>			
Emneord: Geofysikk	Georadar	Elektromagnetisk måling	
Deponi			
		Fagrapport	

## **INNHOLD**

1. INNLEDNING .....	4
2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE.....	5
2.1 Georadar .....	5
2.2 Elektromagnetiske målinger (EM 31) .....	6
3. RESULTATER .....	7
3.1 Innledende områdekommentarer .....	7
3.2 Georadarmålinger.....	7
3.3 Elektromagnetiske målinger (EM 31) .....	9
3.4 Samtolkning geofysikk.....	10
4. KONKLUSJON .....	11
5. REFERANSER .....	12

## **TEKSTBILAG**

1. Georadar - metodebeskrivelse
2. EM 31 - metodebeskrivelse

## **DATABILAG**

1. Deponilokaliteter Kverneland, utklipp fra kommunerapport Klepp i NGU Rapport 89.148.
2. EM 31, Profil P1A
3. EM 31, Profil P1B
4. EM 31, Profil P4 pos. 130m-210m
5. EM 31, Profil P5
6. EM 31, Profil P6 pos. 250m-500m

## **KARTBILAG**

- |           |   |
|-----------|---|
| 99.012-01 | Oversiktskart   |
| 99.012-02 | Georadar, profil- og tolkningskart                          |
| 99.012-03 | EM 31, profil- og tolkningskart                             |
| 99.012-04 | Samtolkningskart, deponi/forurenset grunn                   |
| 99.012-05 | Georadaropptak, profil P1A, P1B, P3A, P3B, P4, P5, P7 og P8 |
| 99.012-06 | Georadaropptak, profil P2 og P6                             |

## 1. INNLEDNING

I samarbeid med Geologisk institutt ved Universitetet i Bergen har NGU utført geofysiske målinger over deponier lokalisert i området mellom aktivt industriområde for Kverneland Klepp AS og sørover mot Frøylandsvatnet (se kartbilag -01). Målingene er et ledd i oppfølgende undersøkelser av tidligere kartlegging av spesialavfall i deponier og forurenset grunn i Rogaland (Folkestad m. fl. 1989). I databilag 1 er det fra denne kartleggingen gjengitt to sider fra kommunerapport Klepp, som viser en kartoversikt over deponilokalitetene og en kort beskrivelse og rangering av hver lokalitet.

De geofysiske målingene er utført i forbindelse med en planlagt hovedfagsoppgave i miljøgeologi ved Universitetet i Bergen (UiB). Formålet med oppgaven var å undersøke minimum 2 deponier i området Klepp-Sandnes hvor det ved kartleggingen var påvist behov for oppfølgende undersøkelser. De geofysiske målingene skulle utgjøre første del av undersøkelsen med formål å indikere utbredelse av deponier og forurenset grunn. Ut fra en vurdering av disse resultatene skulle det velges ut steder for boring med nedsetting av rør for senere opphenting av vannprøver fra grunnen, både inne i deponiområdet og i forventet dreneringsretning utenfor. Jevnlig prøvetaking i løpet av et år fra disse prøverørene samt fra eventuell overflatedrenering ønskes utført for å få vurdert om deponiene utgjør noen alvorlig miljøbelastning.

Etter en befaring den 3. august 1998 på flere aktuelle lokaliteter i Klepp og sørlige del av Sandnes ble området sør for Kverneland Klepp AS mot Frøylandsvatnet vurdert å være best egnet, både for geofysiske målinger og påfølgende prøvetaking. Tidligere kvartærgeologisk kartlegging (Østmo og Olsen 1986, Andersen m.fl. 1987) viser at løsmassene nordvest for Frøylandsvatnet i hovedsak består av sand/grus-dominert breelvmateriale avsatt i rygger og hauger i nær kontakt med isen. I lavområdene i mellom kan det mot dypt være breelvmateriale av tilsvarende sammensetning og muligens morene, mens det over trolig ligger mer finkornig og antatt bedre sorterte avsetninger (finsand/silt ?). I lavområdene er overflaten dekket av myr.

I et møte med to representanter fra den lokale bedriftsledelsen ble det gitt muntlig klarsignal om at vi kunne sette i gang med de geofysiske målingene i området. Målingene ble gjennomført de påfølgende dager fra 4. til 6. august av hovedfagsstudent Anne-Lise Haraldseth (UiB) og forsker Jan Fredrik Tønnesen (NGU). Undersøkelsen omfatter 1,74 profilkilometer med georadarmålinger (2 dager), mens siste dag ble benyttet til måling av elektrisk ledningsevne i grunnen langs utvalgte deler av georadarprofilene, til sammen 755 meter.

I etterkant av målingene ble det forsøkt noen boringer med lett borutstyr, men på grunn av mye stein og blokk ble dette lite vellykket (Haraldseth, pers.medd.). I ettertid er det ikke oppnådd enighet mellom bedriftsledelsen og Universitetet i Bergen ved hovedfagsveileder Noralf Rye om de oppfølgende undersøkelsene, og videre arbeid er derfor stilt i bero. (Hovedfagsstudent Anne-Lise Haraldseth har i mellomtiden fått tildelt en ny oppgave). Denne rapporten vil derfor, i hvert fall foreløpig, representere avslutningen av deponiundersøkelsene ved Kverneland Klepp AS.

## **2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE**

Lokaliseringen av de målte georadarprofilene er vist i kartbilag -02 (samt -05 og -06), mens profildelene for ledningsevne målingene er vist i kartbilag -03. Både profil P1B og P4 er forlenget med 10 m i ledningsevne målingene. Lengde langs profilene ble på forhånd målt ut med målebånd med avstandsmarkering for hver 10 m. Profil P2 følger langsetter veg, P6 går langs veg/bred tursti, mens P3A og P3B følger kjørespor/veg.

### **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).

Formålet med georadarmålingene var å kartlegge endringer i penetrasjonsdyp, refleksjonsmønster og reflektivitet som kunne knyttes til deponert materiale/forurenset grunn. På grensen mot deponi blir som regel penetrasjonen kraftig redusert og geologiske refleksjonsstrukturer blir brått avbrutt. I deponiområder vil de overflatenære strukturene som finnes ofte ha et kaotisk mønster på grunn av store inhomogeniteter. Dersom deponert materiale har liten mektighet eller at det inneholder materiale som i liten grad demper EM-bølgene, vil underliggende geologiske strukturer kunne sees, men reflektiviteten vil være svakere og penetrasjonen noe redusert. Ved forurensning i grunnen, uten nødvendigvis deponert materiale over, kan reflektivitet og penetrasjon også bli redusert. Variasjoner i penetrasjon og reflektivitet kan imidlertid også skyldes varierende overflateforhold, som endringer i finstoffinnhold, vanninnhold og vegetasjon.

For alle profilene ble det benyttet en sender på 1000V og antenner med senterfrekvens 100 MHz. Opptakstiden var 800 ns (nanosekunder), med samplingsintervall på 0,8 ns. Målingene ble utført med 8 registreringer («stacks») i hvert målepunkt (posisjon). Antenneavstand var 1 m, mens det i prinsippet ble benyttet en flyttavstand på 0,5 m ved profilmålingene. I realiteten ble flyttavstanden noe større, og ved utskrift av georadarprofilene (kartbilag -05 og -06) stemmer derfor ikke posisjonsangivelsen over profilet med virkelig utmålt lengde som er angitt i kommentarer under profilutskriften. Tilleggsinformasjon om kryssende profiler, gjerder, bekker og andre terrengdetaljer kan også benyttes for mer nøyaktig lokalisering av profilposisjon i terrenget.

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 dels lagt inn ut fra kartgrunnlaget (ekvidistanse 2,5 m) og dels ut fra visuell vurdering samtidig med målingene. Det må regnes med en usikkerhet i terreng høyden på  $\pm 1$  m. Det er ikke utført noen CMP-måling for å bestemme radarbølgehastigheten i grunnen. En verdi på 0.09 m/ns er benyttet for beregning av høydeskala i profilutskriftene. Den kan være en del for lav for tørre løsmasser og noe for høy for vannmettet materiale (se tekstbilag 1).

## 2.2 Elektromagnetiske målinger (EM 31)

EM 31 er en elektromagnetisk utrustning som måler undergrunnens elektriske ledningsevne direkte uten å ha kontakt med bakken. Instrumentet kan detektere endringer i ledningsevnen ned til 6 meters dyp. Ledningsevnen kan avleses kontinuerlig, men i praksis registreres data ved faste intervaller for seinere opptegning i profiler. En fyldigere beskrivelse av EM 31 er gitt i tekstbilag 2.

Formålet med de elektromagnetiske målingene var å kartlegge endringer i grunnens elektriske ledningsevne som kunne knyttes til deponert materiale eller forurensninger i grunnen. Målingene ble utført med instrumentet liggende på bakken og orientert langs profilet. Tilsynelatende ledningsevne ( $\sigma$ ) ble målt både med spoleaksene stilt vertikalt ( $\sigma_v$ ) og horisontalt ( $\sigma_H$ ). Med sistnevnte spolestilling reduseres penetrasjonen omtrent til det halve (til ca. 3 m). I en del tilfeller (f.eks. ved kryssing av kabler og andre markerte inhomogeniteter i grunnen) kan det registreres negative  $\sigma$ -verdier, men størrelsen kan ikke måles. Målepunktavstanden langs profilene var 5 m.

### **3. RESULTATER**

#### **3.1 Innledende områdekommentarer**

Løsmassene er generelt omtalt i innledningskapitlet. Utfyllende kommentarer om området kan knyttes til lokalkartet (kartbilag -02). Åsen mellom østre del av industribygg og sørover mot profil P3B er fjelldominert. (Tomt for østre del av bygget er skutt ut i fjell). Det er også observert fjellblotning noe sørøst for østenden av profil P5, og i dette området uten gjennomgående høydekoter har det tidligere vært et større grustak. Lavområdet sørvest for åsen, som opprinnelig regnes å bestå av myroverflate, er i dag stort sett dekket av tilført materiale, dvs. langs store deler av profilene P1B, P3A, P4 og P5. En del av dette området er ifølge bedriften benyttet som testområde for landbruksredskap (ploger). Det er foretatt masseuttak i mindre målestokk i haugområdet vestafor, bl a. langs sentrale deler av profil P7 øst for vegen (og profil P2). Kumlokk langs vegen lenger sør (langs P2) indikerer trolig eldre dreneringsrør fra industriområdet, men er nå antatt ute av bruk. Fra et basseng med terskeldam i søkk vest for vestenden av profil P1A (dvs. lokalitet -021 i databilag 1) går det åpen bekk sørover til Frøylandsvatnet. Innløpet til bassenget er en utgravd men stort sett overdekket dreneringskanal som samler drens vann fra store deler industriområdene på Øksnevad på begge sider av jernbanen. Det er mulig at nordlige del av lavområdet langs profil P4 drenerer mot vest og ned mot dreneringskanalen, mens sørlige del av lavområdet drenerer ut langs grøft/bekk i myr ved sørenden av profil P4.

#### **3.2 Georadarmålinger**

Utskrift av georadarprofilene med lokaliseringskart er vist i kartbilag -05 for profilene P1A, P1B, P3A, P3B, P4, P5, P7 og P8, og i kartbilag -06 for profilene P2 og P6. Det presiseres at ved posisjonsangivelse langs profilene refereres det til sann lengde i meter angitt i kommentarer under profilene (og ikke til posisjonsangivelsen over profilene).

Kartbilag -02 er et profil- og tolkningskart, hvor tolket indikasjon på deponi/forurenset grunn er markert langs profilene. Med betegnelsen sterk indikasjon menes at georadarpenetrasjonen er begrenset til 2-4 m dyp, og ved eventuell grense inn mot et slikt område blir geologiske refleksjonsstrukturer brått avbrutt. Betegnelsen svak indikasjon betyr at det er betydelig svekket refleksivitet mot dypet og penetrasjonen vil ofte også være noe redusert.

Sterk indikasjon er angitt langs P1A pos. 0-30 m og langs det kryssende profilet P8. Videre langs P1A øst for vegen (og P2) er det angitt svak indikasjon i området pos. 70-110 m, mens kryssende profil P7 ikke klart gir tilsvarende indikasjon. Refleksjonsmønsteret forøvrig langs

P1A og P7 er relativt kaotisk og tyder på dårlig sorterte breelvavsetninger ned mot 15-20 m dyp under overflaten.

Langs P1B, som krysser over det påfylte lavområdet østafør, er det sterk indikasjon fra pos. 15 m og fram til vel 90 m (dvs. ved krysspunkt med P4). Videre fram mot østenden av P1B er det noe bedre penetrasjon og området er derfor angitt som svak indikasjon. Langs P3A nordafør er angitt svak indikasjon lengst sørøst (pos. 0-15 m). Videre nordvestover langs P3A er det angitt sterk indikasjon, selv om det kan antydes svake og nær horisontale reflektorer på noe større dyp enn klassifikasjonen skulle tilsi. Tilsvarende kan sies om sterk indikasjon langs nordligste del av P2 (pos. 0-45 m). I profil P4 langsetter lavområdet er det markert sterk indikasjon langs de nordligste 90 m, mens de neste 40 m med noe bedre penetrasjon er angitt som svak indikasjon. Sønnafør er det igjen sterk indikasjon. De sørligste 20 m (pos. 180-200 m) er angitt som svak indikasjon, selv om penetrasjonen her ikke er vesentlig større. Overgangen representerer egentlig ytterkant på fyllingen med myroverflate i vel 3 m lavere nivå sønnafør. Langs kryssende profil P5 er det sterk indikasjon i hele lavområdet (pos. 18-105 m). Vestligst i profilet er det sannsynligvis breelvdominert avsetninger ned til dypere enn 25 m o.h. Ved østenden av profilet ligger fjelloverflaten trolig overflatenært og kan skråne nedover mot vest til 27-28 m o.h. ved pos. 105 m. I profil P3B nordafør er det trolig også breelvdominert materiale over fjell. Fjelloverflaten er usikker, men kan ligge opp mot 39 m o.h. ved sørøstenden og skråne ned mot 26-27 m o.h. 50 m mot nordvest.

Det er som tidligere nevnt angitt sterk indikasjon langs de nordligste 45 m av profil P2. Langs resten av profilet er det ikke angitt noen indikasjoner selv om det opptrer områder med noe svekket reflektivitet (pos. 112-190 m og 220-255 m). Refleksjonsmønsteret tyder stort sett på dårlig sorterte breelvavsetninger, men langs de nordligste 80 m kommer det inn nær horisontale reflektorer som tyder på bedre sorterte men mer finstoffholdige avsetninger (finsand/silt ?).

Langs profil P6 som følger nær parallelt med strandlinjen for Frøylandsvatnet, er det angitt tre områder med svak indikasjon. I vest er det variabel men svekket reflektivitet i området pos. 60-170 m. Lenger øst er det begrenset penetrasjon og svak reflektivitet mot dypet i områdene pos. 315-360 m og 377-400 m. Løsmassene regnes vesentlig å bestå av breelvavsetninger. Enkelte groper (pos. 125-140 m og 150-165 m) er oppfylt med finere avsetninger og eventuelt myr. Fjelloverflaten er usikker, men kan ligge rundt 15 m o.h. i vestlige del, dvs. at løsmassemektheten der kan være 10-13 m. Østover er det mulig at fjelloverflaten skråner oppover fra rundt 20 m o.h. ved pos. 250 m til 23-24 m o.h. ved pos. 330 m og at løsmassemektheten der kan tynne ut til bare 2-3 m. Fjelloverflaten kan stort sett ligge 2-5 m dypt også videre østover, men kan gå ned til noe større dyp i området pos. 370-410 m.



### 3.3 Elektromagnetiske målinger (EM 31)

Utplotting av ledningsevneprofilene er vist i databilagene 2-6 for henholdsvis profil P1A, P1B, P4 pos. 130-210 m, P5 og P6 pos. 250-500 m. Kartbilag -03 er et profil- og tolkningskart hvor ledningsevneanomalier som kan indikere deponi/forurenset grunn, er markert langs de målte profilene.

Kriteriet for sterk ledningsevneanomali er her at målt ledningsevne er større enn 5 mS/m eller at forskjellen mellom nabomålepunkter er større enn 1,5 mS/m. Det er nok at kriteriet er oppfylt for en av spolestillingene (vertikale eller horisontale spoleakser). I områder med sterk anomali er det ofte stor spredning i måleverdier med forskjellig spolestilling. Negative måleverdier indikerer også kraftige inhomogeniteter i grunnen, men er her bare registrert i profil P1B. Kriteriet for svak ledningsevneanomali er her satt til at målt ledningsevne er i området 3-5 mS/m. Det er tilstrekkelig at verdien fra en av spolestillingene er oppe på dette nivået.

Langs profil P1A er det markert sterk ledningsevneanomali de vestligste 40 m, mens det videre østover fra vegen (fra pos. 65 m) er små ledningsevnevariasjoner med verdier stort sett under anomaligrensen på 3 mS/m. Langs P1B er det angitt sterk anomali over hele lavområdet (dvs fra pos. 15 m og østover). Langs P4 pos. 130-210 m er det også indikert sterk ledningsevneanomali. Anomalien er kraftigst oppe på fyllingen, dvs fram til pos. 180-185 m. Anomaliverdiene sønnafor kan skyldes forurenset grunn. Der er verdiene målt med vertikale spoleakser gjennomgående lavest, noe som kan indikere at fjelloverflaten ligger grunnere enn dybderekkevidden på 6 m. Langs tverrprofilet P5 ved nordenden av P4 er det markert sterk anomali langs hele lavområdet, dvs. pos. 15-115 m.

Langs P6 pos. 250-500 m er det indikert svak anomali i området pos. 315-440 m og langs de østligste 30 m. Høye verdier for horisontale spoleakser de østligste 10 m skyldes trolig gjerde langs vegen. Avtagende ledningsevneverdier for vertikale spoleakser fra starten av profilet (pos. 250 m) og fram til pos. 310 kan skyldes at fjelloverflaten her grunner opp til få meters dyp slik som det også ble antydnet i georadarprofilet. I anomaliområdet (pos. 315-440 m) er måleverdiene for horisontale spoleakser høyest i vest (pos. 315-370 m), mens måleverdiene for vertikale spoleakser er høyest i øst (pos. 370-440 m). Dette indikerer best ledningsevne overflatenært i vest og best ledningsevne mot større dyp i øst.

### 3.4 Samtolkning geofysikk

Ut fra vurdering av de geofysiske måledata er det i kartbilag -04 framstilt et samtolkningskart. Det viser utstrekning av områder hvor det er indikasjon på deponi/forurenset grunn. Det er to områder med sterk indikasjon på deponi/forurenset grunn og tre områder med svak indikasjon på forurenset grunn.

Det ene området med sterk indikasjon er lokalisert lengst vest mellom veg og dreneringskanal/basseng (dvs. langs P1A pos. 0-40 m og P8). Dette regnes å representere lokalitet -020 i databilag 1. Utstrekningen mot vest vil være avgrenset av dreneringskanal/basseng, mens utstrekningen mot nord og sør ikke er fastslått. En rask rekognosering med EM 31 ved slutten av måleperioden indikerer at det kan være deponert materiale også lenger mot sør i området mellom vegen og dreneringskanalen.

Det andre området med sterk indikasjon er lokalisert til lavområdet i øst (langs P4) og har betydelig større utstrekning. Dette regnes å representere lokalitet -018 i databilag 1. Området er godt avgrenset mot vest og øst, mens avgrensningen mot nord og nordvest ikke er fastlagt. Avgrensningen mot sør er også noe uklar. Indikert område går ca. 20 m sør for kant på fylling og indikerer at det kan være forurensning i grunnen utenfor fyllingen.

I et nedlagt mindre grustak øst for vegen (langs P1A pos. 70-110 m) er det bare svak indikasjon på forurensning i grunnen. Dette regnes å representere lokalitet -019 i databilag 1. Utstrekningen mot sørvest mellom vegen og profil P7 er noe usikker, men lokaliteten dekker uansett et ganske begrenset areal og har trolig liten betydning for forurensning i forhold til de to andre lokalitetene.

Langs profil P6 i sør langs Frøylandsvatnet er det svak og usikker indikasjon på forurenset grunn i to områder. Det østre området (P6 pos. 315-440 m) ligger rett sør-sørøst for det store deponiområdet. Det er anslått at fjelloverflaten bare ligger 2-6 m dypt i dette området, og det er sannsynlig at grunnvannsdrenering med mulig forurensning fra deponiet nordafor og ut mot Frøylandsvatnet er konsentrert i en begrenset sone over fjelloverflaten. Det vestre området strekker seg østover fra like øst for bekkeutløp for dreneringskanal (P6 pos. 60-170).

Løsmassemektigheten er her betydelig større og er anslått å kunne være 10-13 m. Dersom indikasjonen skyldes forurensning, er kilden for denne ikke så klar som i det østre området. Med den begrensede utstrekning som er angitt for det vestre deponiområdet er det nærliggende å anta at avrenning fra dette vil gå ut mot dreneringskanalen i vest. Det er likevel godt mulig at grunnvannsdreneringen går i sør-sørøstlig retning, og det antas at muligheter for forurensning i grunnen i området nær vatnet vil være større dersom deponiområdet i virkeligheten strekker seg lenger mot sør enn angitt på kartet.

#### 4. KONKLUSJON

I området mellom industrianlegget til Kverneland Klepp AS og Frøylandsvatnet er det utført geofysiske målinger (georadar-profilering og måling av elektrisk ledningsevne) som en oppfølging av tidligere kartlegging av spesialavfall i deponier og forurenset grunn (Folkestad m.fl 1989).

Målingene har påvist ett stort område i øst og ett betydelig mindre område i vest hvor det er sterke indikasjoner på deponi/forurenset grunn. I ett lite område i mellom er det bare svak indikasjon på forurenset grunn.

Langs Frøylandsvatnet sønnafor er det svak indikasjon på mulig forurensning i grunnen i ett østlig område like sør-sørøst for det store deponiet, og ett område i vest, men det er her mer usikkert om mulig forurensning i grunnen direkte kan knyttes til det vestlige deponiområdet. I øst nær vatnet er fjelloverflaten anslått å ligge 2-5 m dypt og i vest 10-13 m dypt.

De geofysiske målingene kan ikke fastslå hva som er deponert og i hvilken grad deponiene utgjør noen miljøbelastning. For å komme videre med dette vil det være nødvendig med oppfølgende boringer med nedsetting av rør for opphenting av grunnvannsprøver.

Tilførsel av uønskede stoffer til Frøylandsvatnet regnes å utgjøre den største miljøfaren, og for kontroll av tilførsel gjennom grunnen bør prøverør settes ned i de to indikerte områdene nær vatnet. Like viktig vil det være å prøveta bekkeavrenningen for å kunne vurdere hva og hvor mye av tilførte stoffer som kommer fra overflateavrenning. For kontroll av grunnvannsavrenning mot dreneringskanal i vest anbefales prøverør også plassert vest for det mindre deponiet og vest for nordvestenden av det store. Det kan også være aktuelt med prøverør like sør for den store fyllingen. Om det bør bores og prøvetas i og under selve deponiene må vurderes nærmere.

## 5. REFERANSER

Andersen, B. G., Wangen, O. P. & Østmo, S. R. 1987: Quaternary geology of Jæren and adjacent areas, southern Norway. *NGU Bulletin 411*, 55pp.

Folkestad, B. & Misund, A. (red.) 1989: Kartlegging av spesialavfall i deponier og forurenset grunn. Rogaland. *NGU Rapport 89.148*.

Østmo, S. R. & Olsen, K. S. 1986: Stavanger 1212 IV. Kwartærgeologisk kart M 1:50 000. *NGU*.

## 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 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  $\epsilon_r$  er det relative dielektrisitetstallet.  $\epsilon_r$ -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for  $\epsilon_r$  i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne i de samme media.

Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil føre til hurtigere 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><math>\epsilon_r</math></u>	<u><math>v</math> (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 dielektrisitetsstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.

### EM-31 - METODEBESKRIVELSE

EM-31 er en elektromagnetisk utrustning som måler undergrunnens elektriske ledningsevne direkte uten å ha kontakt med bakken. Instrumentet er spesialbygd for kartlegging av forskjellige jordarter, og kan til en viss grad bestemme deres mektighet. Instrumentet består av en senderspole og en mottakerspole samt en kontrollenhet hvor tilsynelatende ledningsevne kan avleses direkte i mS/m. Tilsynelatende resistivitet er det inverse av denne størrelsen. Spolene er plassert i en konstant avstand 3.66 meter fra hverandre og har normalt vertikale akser. Arbeidsfrekvensen er på 9.8 kHz, og dybderekkevidden angis til 6 meter. Med dette menes at instrumentet kan detektere endringer i ledningsevnen ned til 6 meters dyp. Tilsynelatende ledningsevne kan måles kontinuerlig, men i praksis vil en registrere data ved faste intervaller for seinere profiluttegning.

Mulighetene til å utføre dybdesonderinger med instrumentet er begrenset i og med at både spoleavstand og frekvens er fiksert. En kan imidlertid foreta såkalte geometriske dybdesonderinger. Dette kan enten gjøres ved å bestemme ledningsevnen ved forskjellige høyder over bakken, eller ved å måle med spoleaksene vertikalt og horisontalt. For å oppnå sikre data ved førstnevnte metode, bør det måles fra 0 til ca. 3 meter over bakken, og det sier seg selv at dette byr på praktiske problemer.

Ut fra en geometrisk dybdesondering kan en generelt for tolags-tilfelle beregne tykkelse av lag 1 og ledningsevnen i det andre laget. Siden EM-31 alltid måler tilsynelatende ledningsevne, er det vanskelig å bestemme ledningsevnen i det ene laget slik at de andre to størrelsene kan bestemmes. Uten tilleggsinformasjon fra f.eks. vertikale elektriske sonderinger har derfor denne tolkningsmuligheten begrenset verdi. I tolags-tilfeller hvor en kjenner ledningsevnen i det best ledende laget og hvor en vet at ledningsevnekontrasten er stor ( $\geq 10$ ) kan tykkelsen av lag 1 beregnes for hver stasjon uten å utføre dybdesondering.

## **DEPONI-LOKALITETER KVERNELAND A/S**

### **Utklipp fra kommunerapport Klepp i NGU Rapport 89.148**

Side 2: Kart som viser lokalisering av deponier ved Kverneland A/S og med rangering etter behov for oppfølgende tiltak eller undersøkelser. (Side 3.11.3 i kommunerapport).

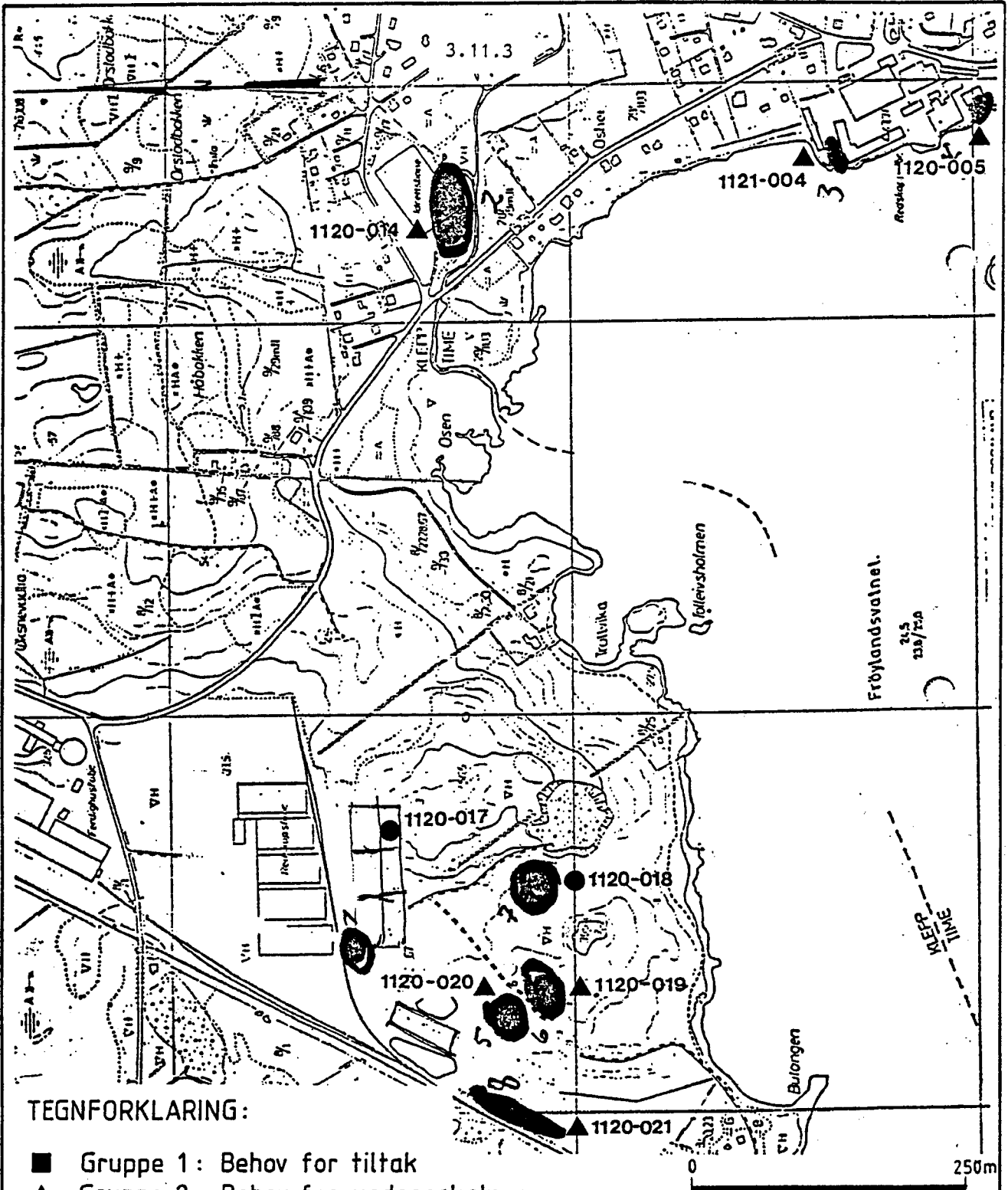
Side 3: Kort beskrivelse av deponilokaliteter ved Kverneland A/S og med kommentarer til rangering. (Side 3.11.6 i kommunerapport).

Anmerkninger:

Type lokalitet (side 3):	1 = Avfallsfylling
	2 = Forurensset grunn

Rangering (side 3) = Gruppeinndeling (side 2)





TEGNFORKLARING:

- Gruppe 1: Behov for tiltak
- ▲ Gruppe 2: Behov for undersøkelser
- Gruppe 3: Behov for undersøkelse ved endret arealbruk
- Gruppe 4: Ingen undersøkelser behøves

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 KARTLEGGING AV NEDGRAVD OG DEONERT  
 SPESIALAVFALL I ROGALAND  
 KLEPP/TIME KOMMUNE; KVERNELAND A/S

Tegn.
Kontr.
Godkj.
Dato
Målestokk 1:5000

Berdal Strømme Rådgivende Ingeniører

Prosj. nr.  
 21596

Tegn. nr.

Rev.

3.11.6

ROGALAND FYLKE

Klepp kommune

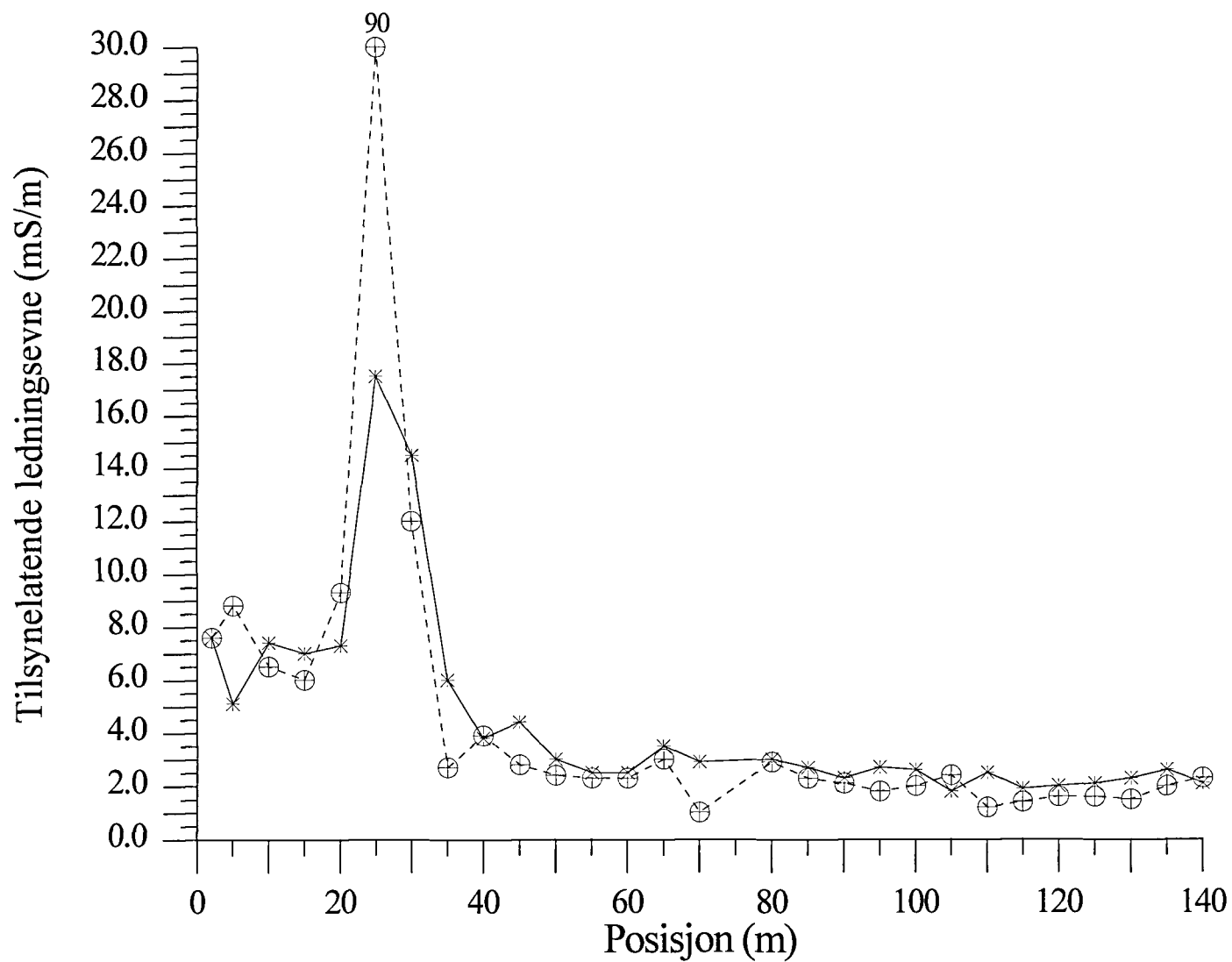
Oversikt over avfallsfyllinger og forurenset grunn (forts.)  
 \*\*\*\*\*

Id.nr.	Lok.navn og kommentarer til rang	Type	Rang
1120 0014	Frøyland Idrettsbane Masseutfylling.(1954 - 1956) Overdekket. Ukontrollert deponering under driftsperioden. Idag idrettsanlegg nær bebyggelse. Deponert ca. 150 kg cyanidholdig herdesalt. Eventuelt restinnhold av cyanid er antatt nedbrutt, slik at det trolig er liten forurensning idag. Avrenning via Kalbergsånå til Frøylandsvannet.	1	3
1120 0017	Kverneland A/S, Øksnevad I Industrigrunn Aktiv industri på området. Tønner med cyanidholdig herdesalt ble i 1975 gravd opp og sendt til destruksjon. Eventuelt restinnhold av cyanid antas nedbrutt, slik at det idag trolig er liten forurensning. Avrenning mot Frøylandsvannet.	2	3
1120 0018	Kverneland A/S Øksnevad II Industrifylling (1965 - 1976) Delvis overdekket. Ukontrollert deponering under driftsperioden. Små mengder spesialavfall er deponert, og forurensningen antas derfor å være liten. Avrenning mot Frøylandsvannet. Planlagt industribygg.	1	3
1120 0019	Kverneland AS Øksnevad III Industrigrunn Kjennskap til deponert olje-kloakk-slam. Usikkert m.h.p. forurensningsfare og mengder. Avrenning til Frøylandsvannet.	2	2
1120 0020	Kverneland A/S Øksnevad IV Industrifylling (1965 - ) Udekket. Kontrollert deponering. Sikre opplysninger om deponert askeavfall fra forbrenning av lakk. Området drenerer til Frøylandsvassdraget.	1	2
1120 0021	Kverneland A/S, Øksnevad V Industrigrunn Oppsamling av dremsvann fra aktiv industri i området. Visuell påvisning av forurensning under befaring. Bassenget har direkte tilknytning til Frøylandsvannet.	2	2

# Klepp kommune, Kverneland A/S

## EM 31, Profil P1A

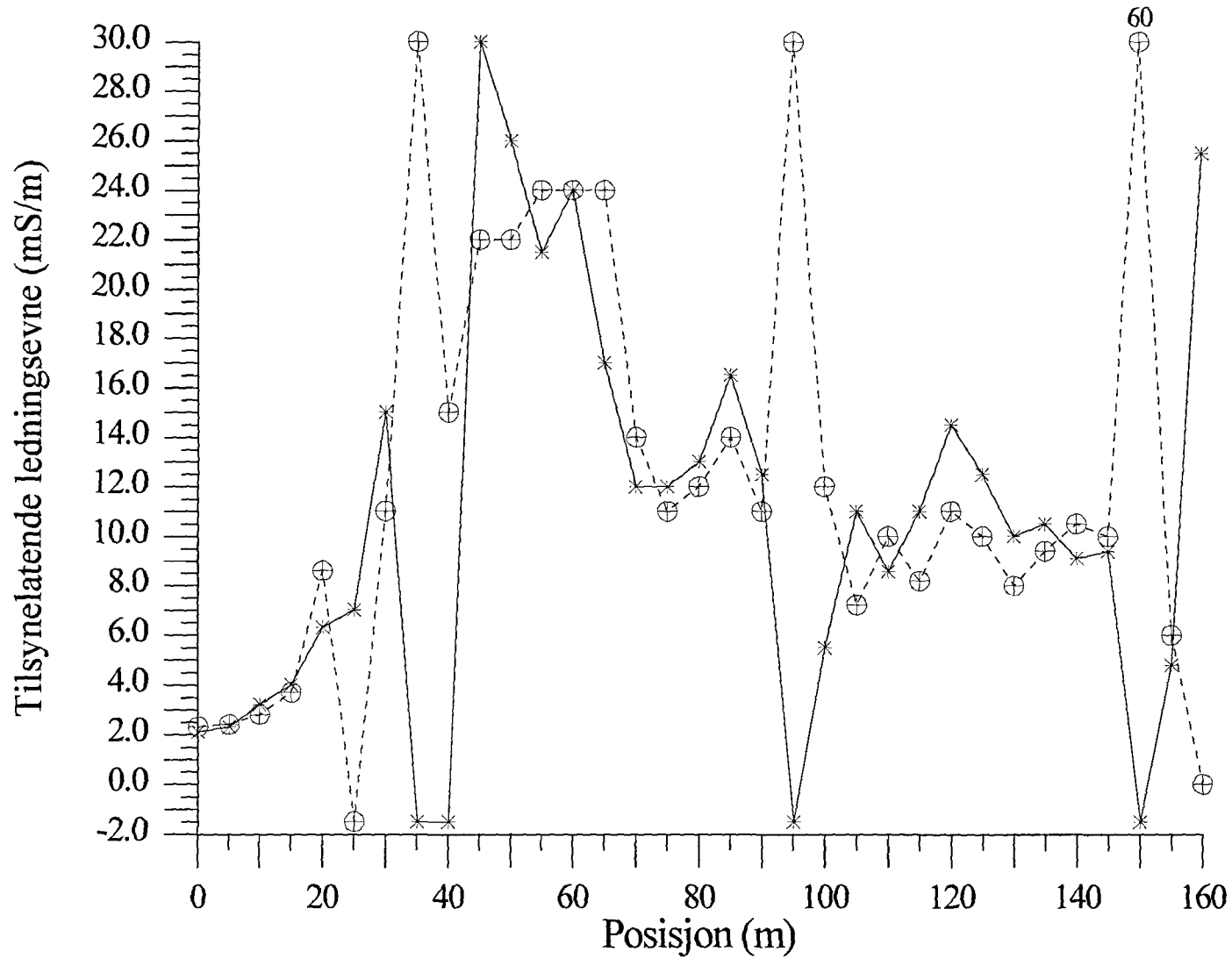
- \*— Vertikale spoleakser
- ⊕-- Horisontale spoleakser



# Klepp kommune, Kverneland A/S

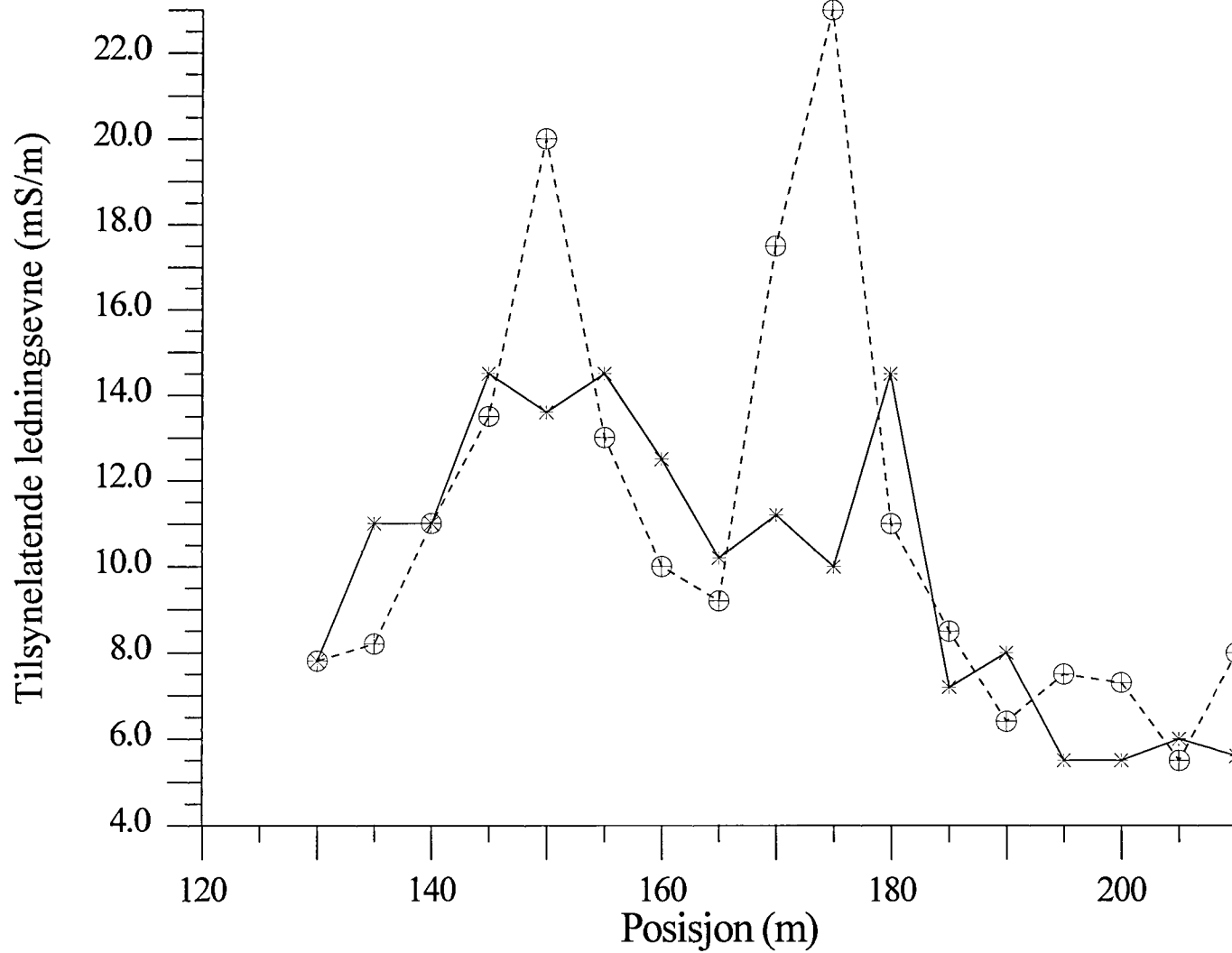
## EM 31, Profil P1B

—\*— Vertikale spoleakser  
- - ⊕ - - Horisontale spoleakser



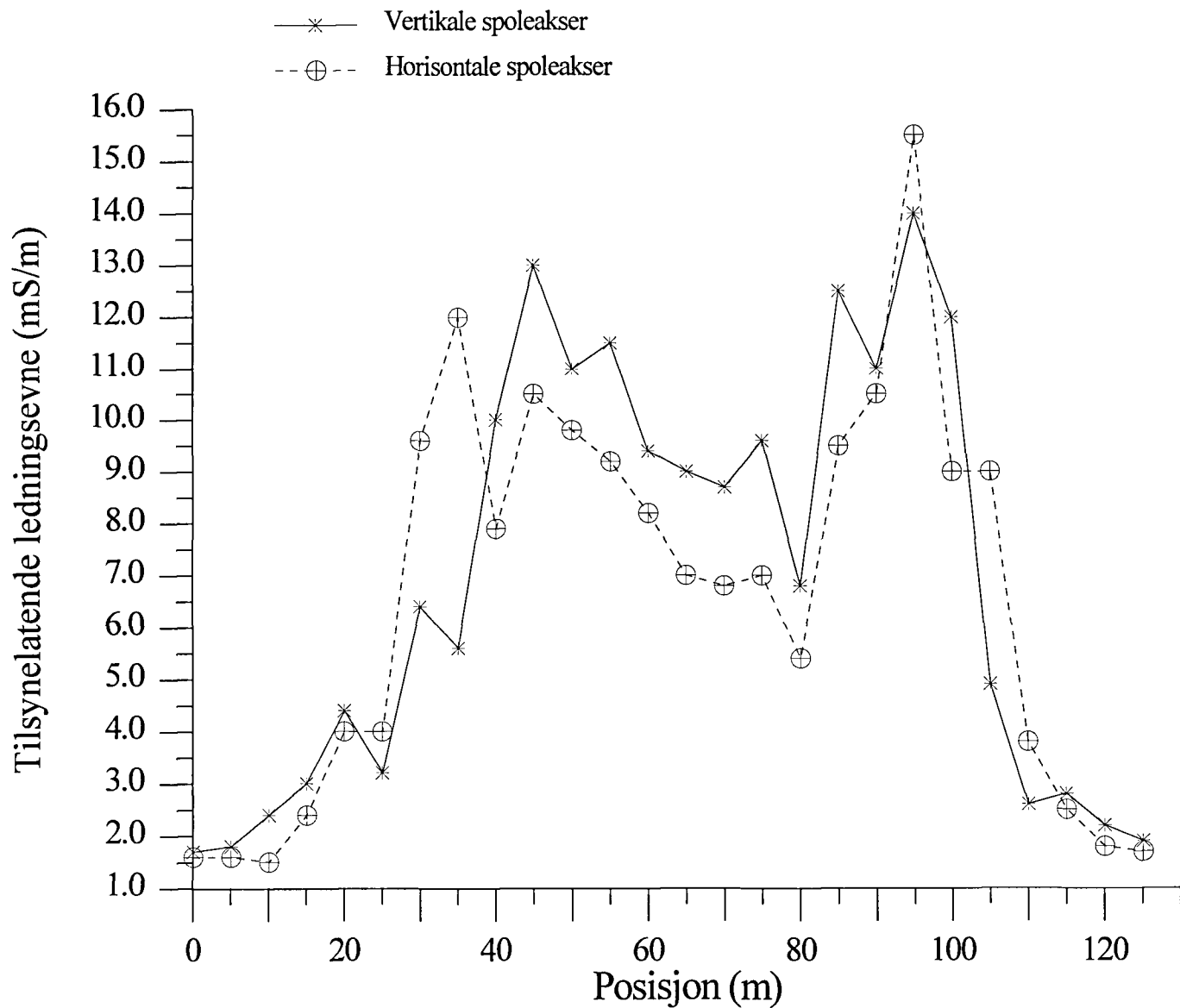
# Klepp kommune, Kverneland A/S EM 31, Profil P4 pos. 130m-210m

—\*— Vertikale spoleakser  
--⊕-- Horisontale spoleakser



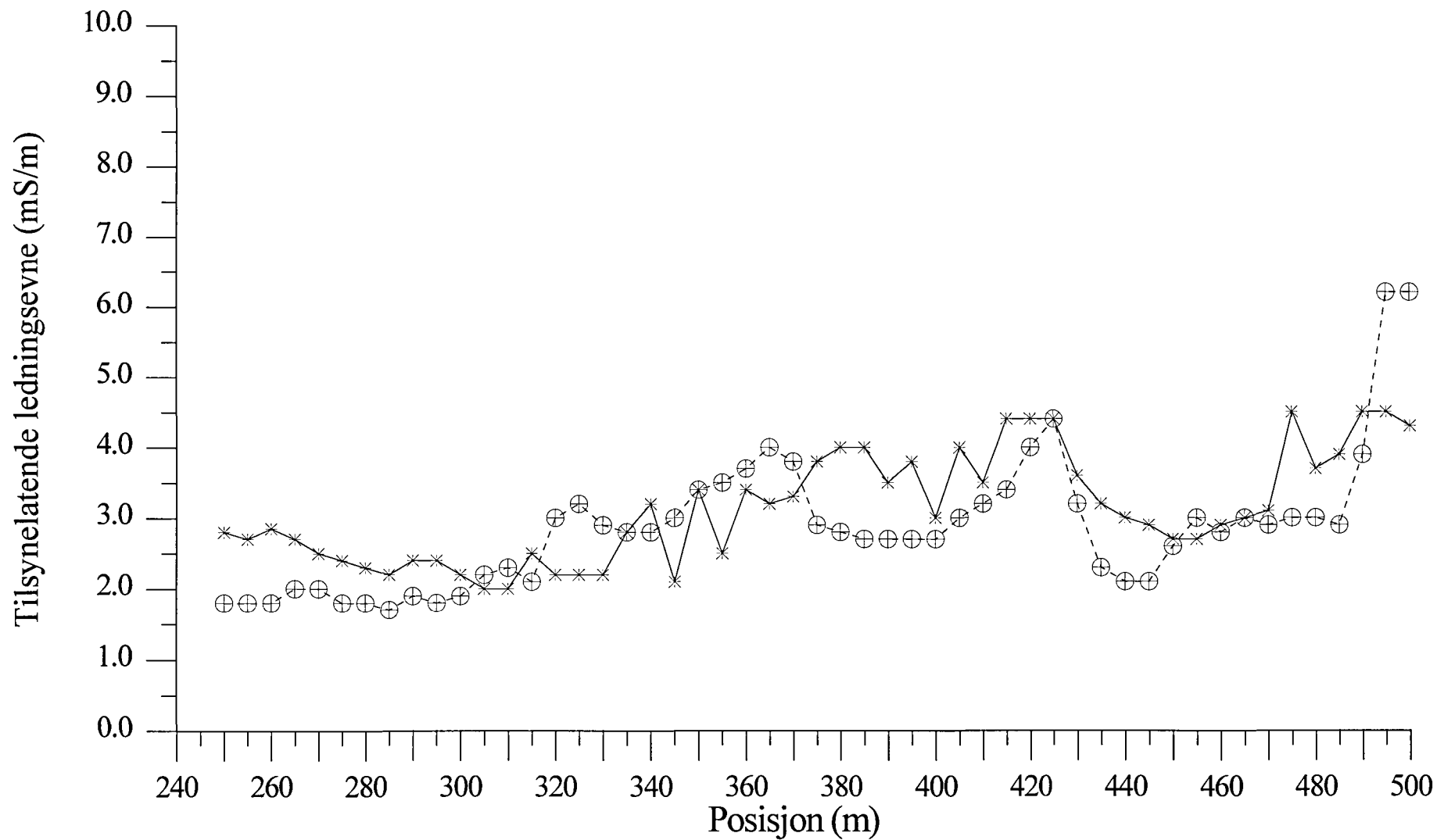
# Klepp kommune, Kverneland A/S

## EM 31, Profil P5



# Klepp kommune, Kverneland A/S EM 31, Profil P6 pos. 250m-500m

- \*— Vertikale spoleakser
- - ⊕ - - Horisontale spoleakser

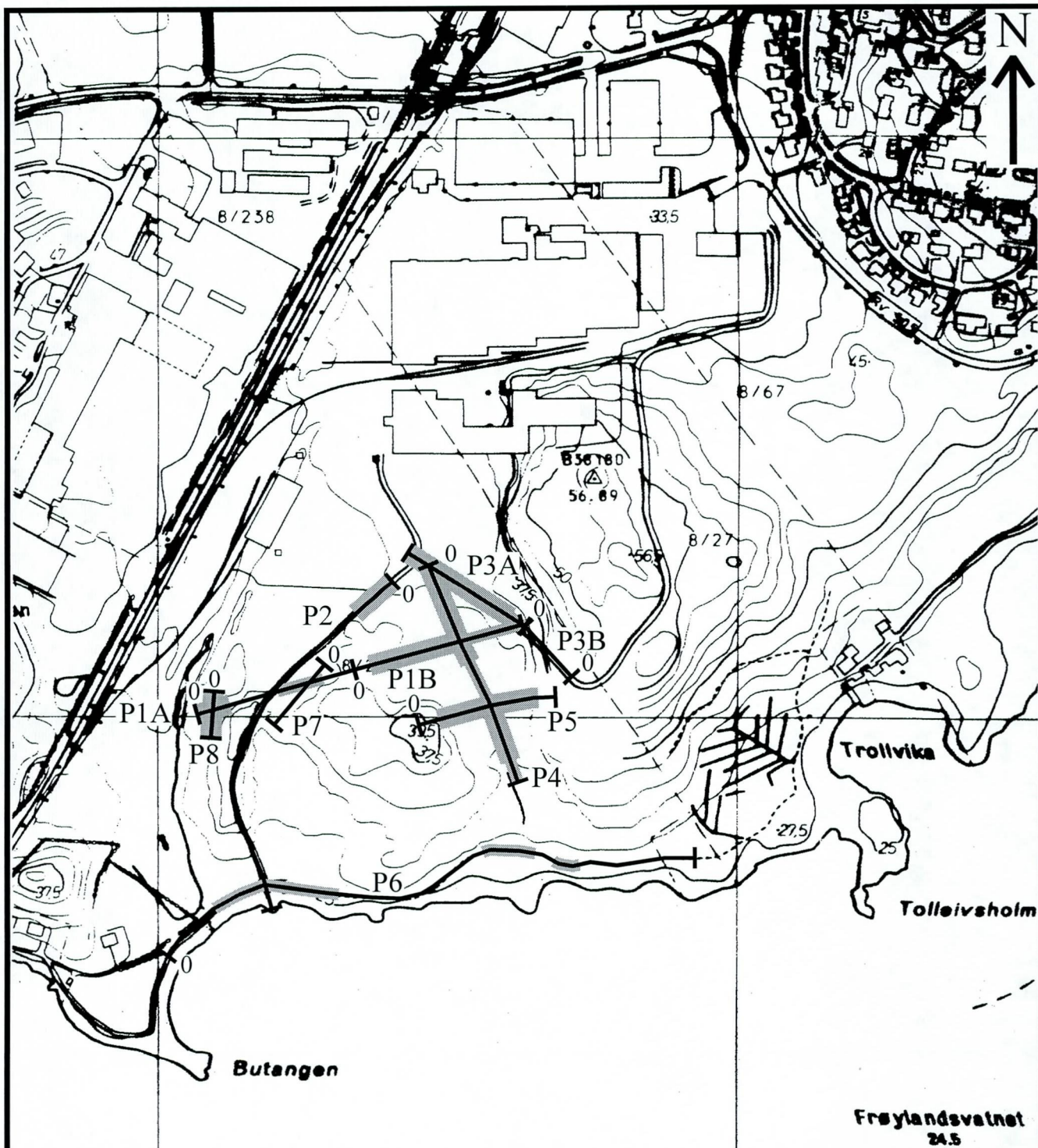




Innrammet område: Utsnitt vist i kartbilag -02, -03 og -04

NGU / UiB, GEOLOGISK INSTITUTT OVERSIKTSKART <b>KVERNELAND A/S</b> KLEPP KOMMUNE, ROGALAND	MÅLESTOKK 1:50 000	MÅLT JFT	AUG. -98
		TEGN JFT	JAN. -99
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 99.012-01	KARTBLAD NR 1212 IV	





TEGNFORKLARING

Georadarprofil med startpunkt

Svak } Indikasjon deponi/forurenset grunn  
 Sterk }

NGU / UiB, GEOLOGISK INSTITUTT  
 GEORADAR, PROFIL- OG TOLKNINGSKART

**KVERNELAND A/S**

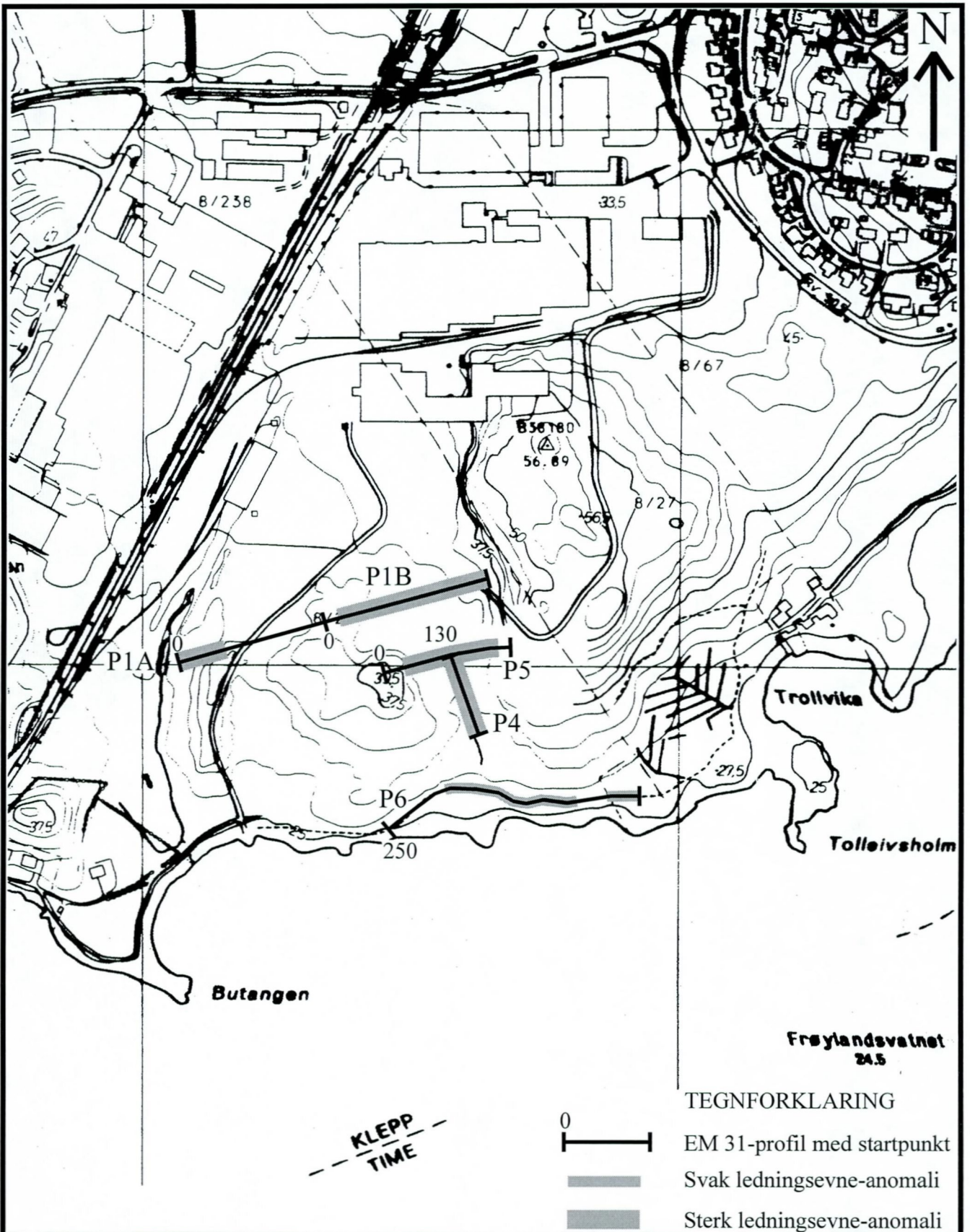
KLEPP KOMMUNE, ROGALAND

MÅLESTOKK 1:5 000	MÅLT JFT	AUG. -98
	TEGN JFT	JAN. -99
	TRAC	
	KFR	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

KARTBILAG NR  
 99.012-02

KARTBLAD NR  
 1212 IV



NGU / UiB, GEOLOGISK INSTITUTT  
EM 31, PROFIL- OG TOLKNINGSKART

**KVERNELAND A/S**

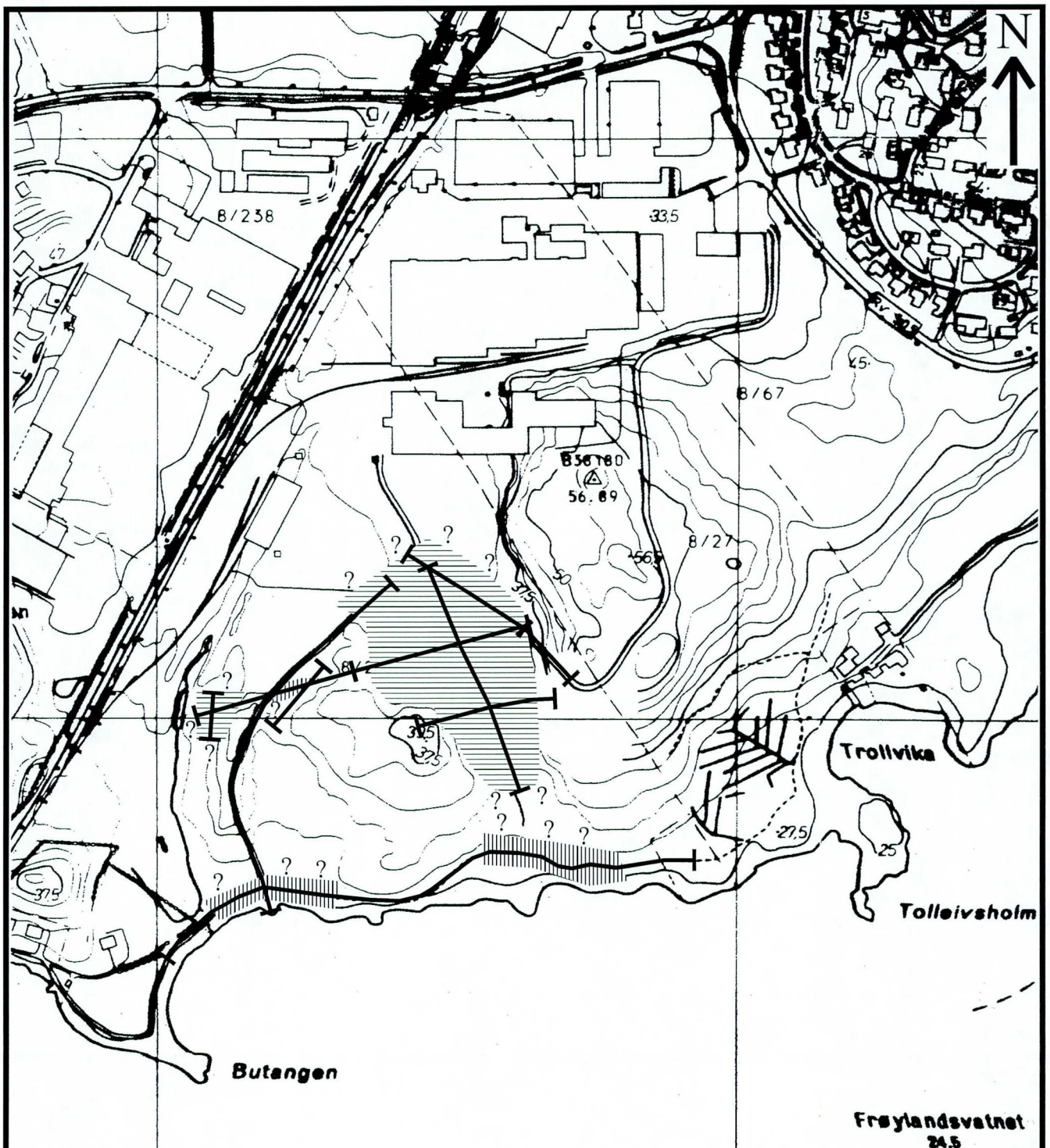
KLEPP KOMMUNE, ROGALAND

MÅLESTOKK 1:5 000	MÅLT JFT	AUG. -98
	TEGN JFT	JAN. -99
	TRAC	
	KFR	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

KARTBILAG NR  
99.012-03

KARTBLAD NR  
1212 IV



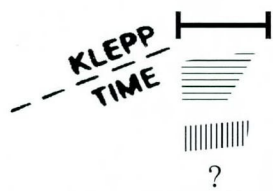
TEGNFORKLARING

Geofysisk måleprofil

Sterk indikasjon deponi/forurenset grunn

Svak indikasjon forurenset grunn

Usikker avgrensning deponi/forurenset grunn



NGU / UiB, GEOLOGISK INSTITUTT  
SAMTOLKNINGKART, DEPONI/FORURENSET GRUNN

**KVERNELAND A/S**

KLEPP KOMMUNE, ROGALAND

MÅLESTOKK

1:5 000

MÅLT JFT AUG. -98

TEGN JFT JAN. -99

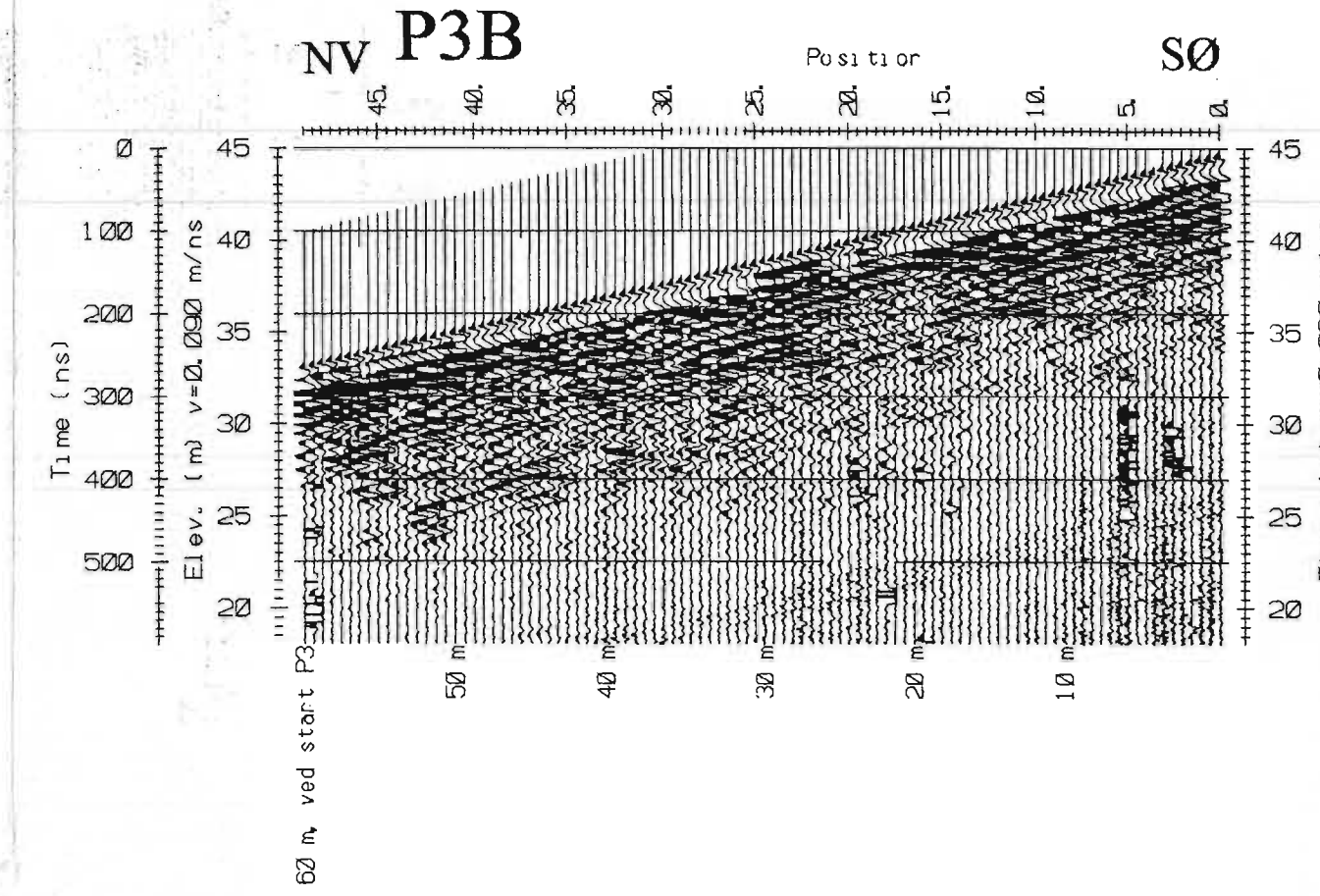
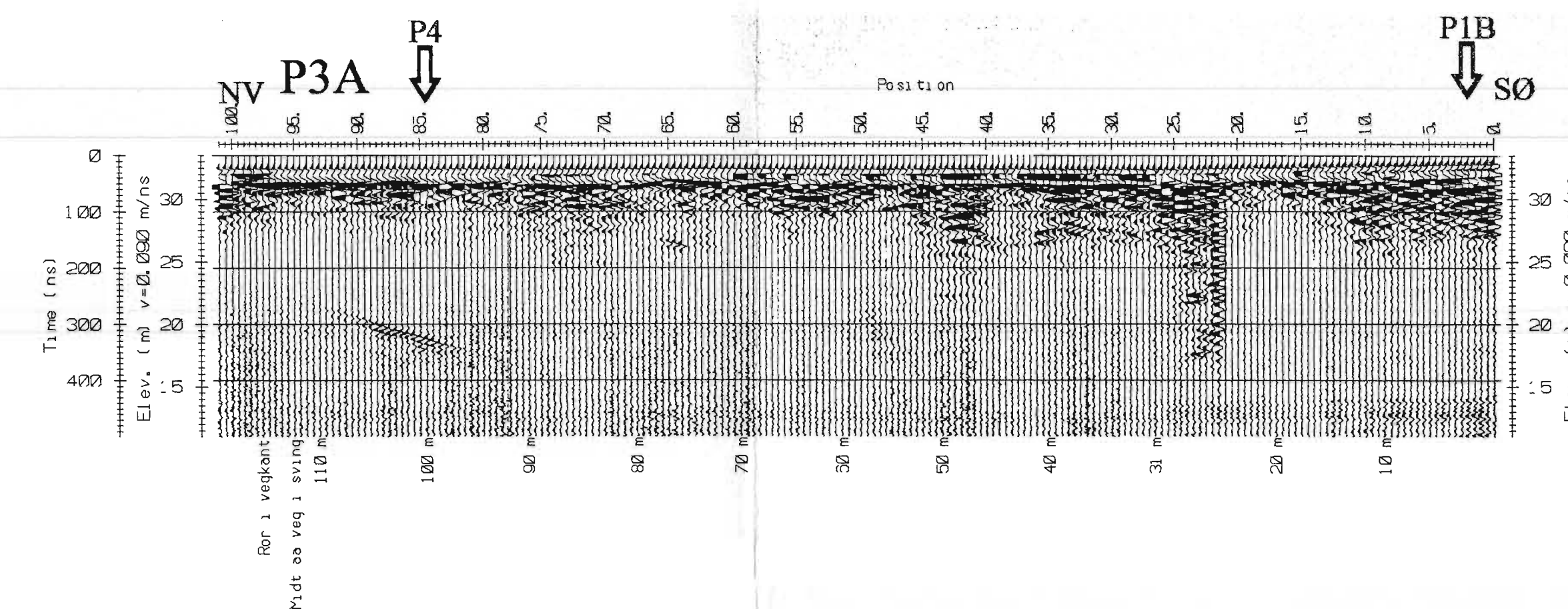
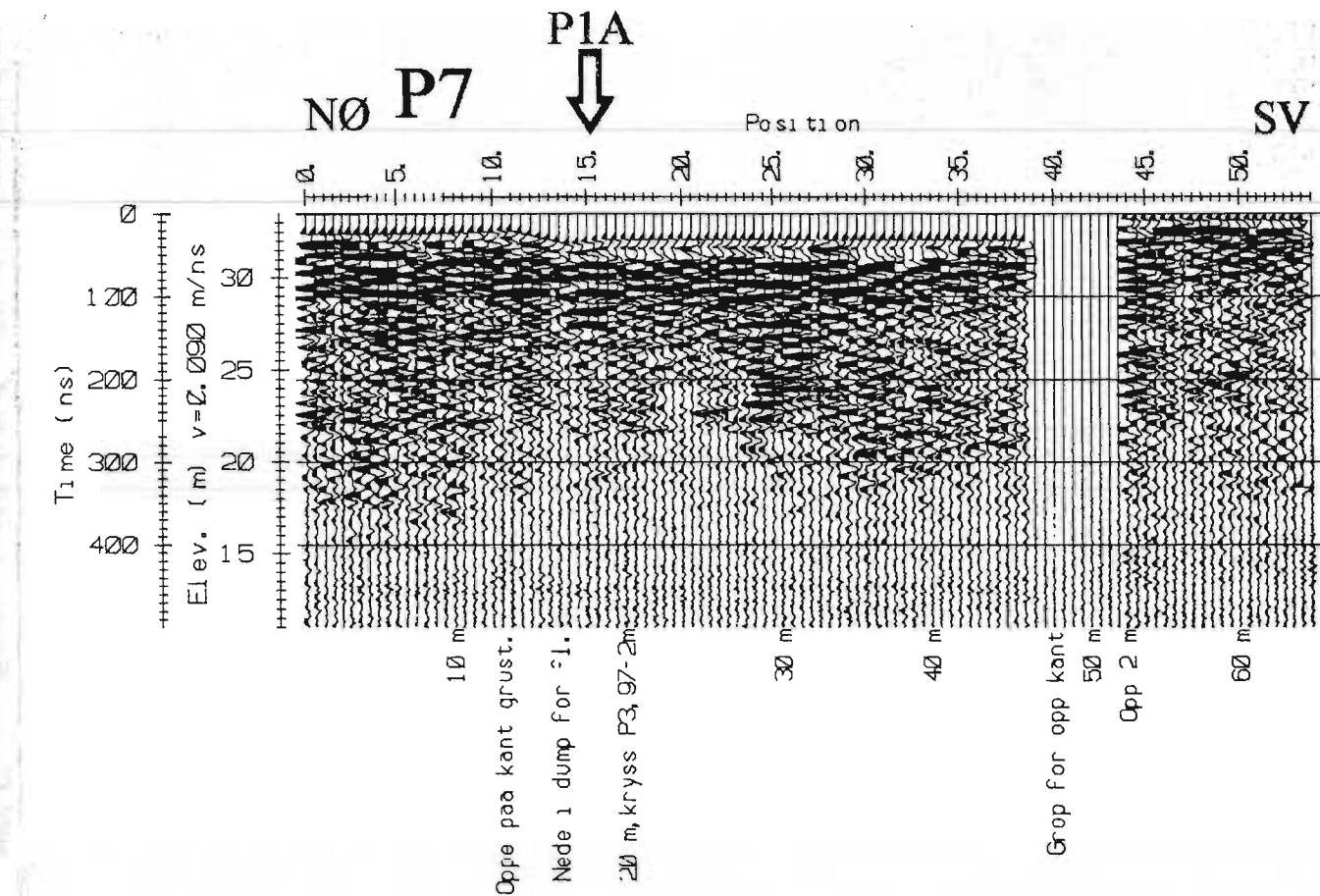
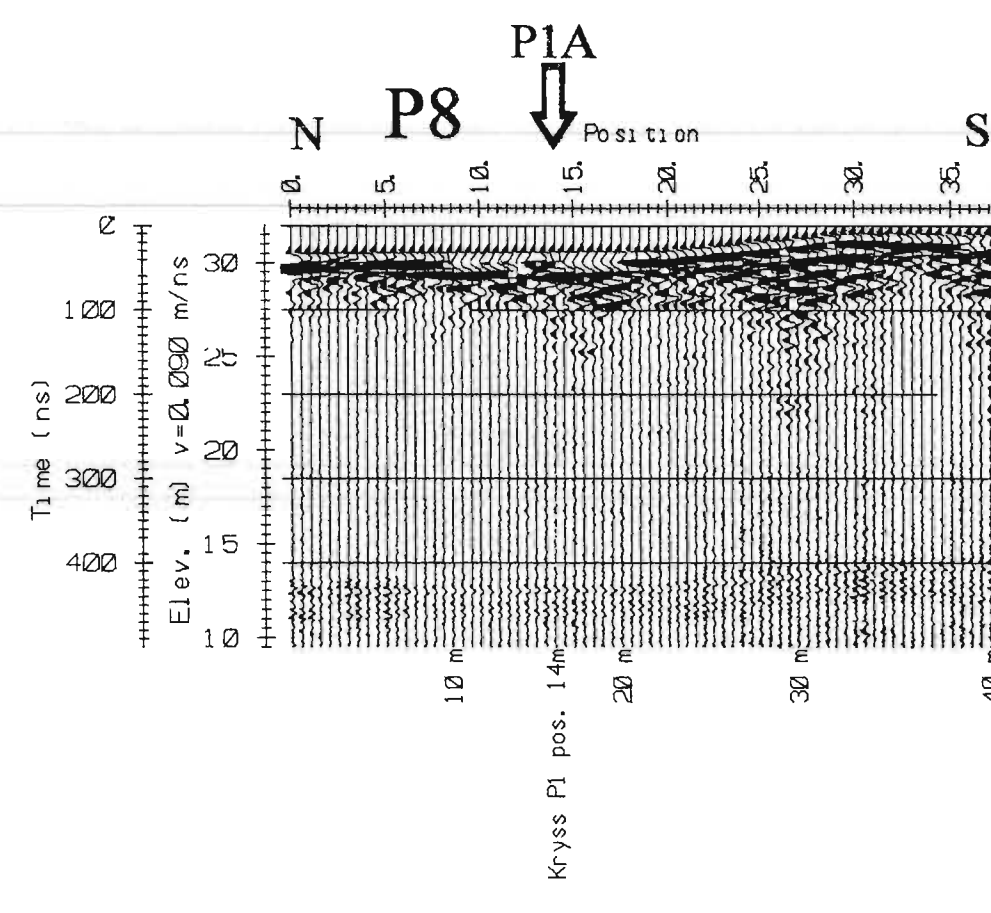
TRAC

KFR

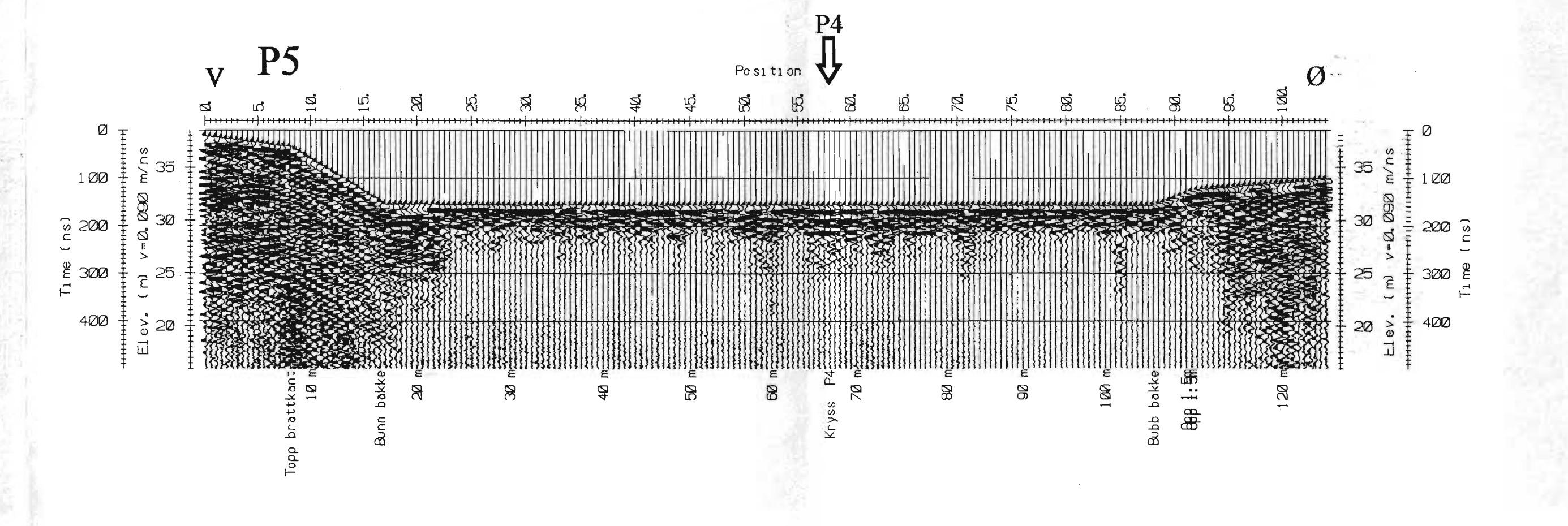
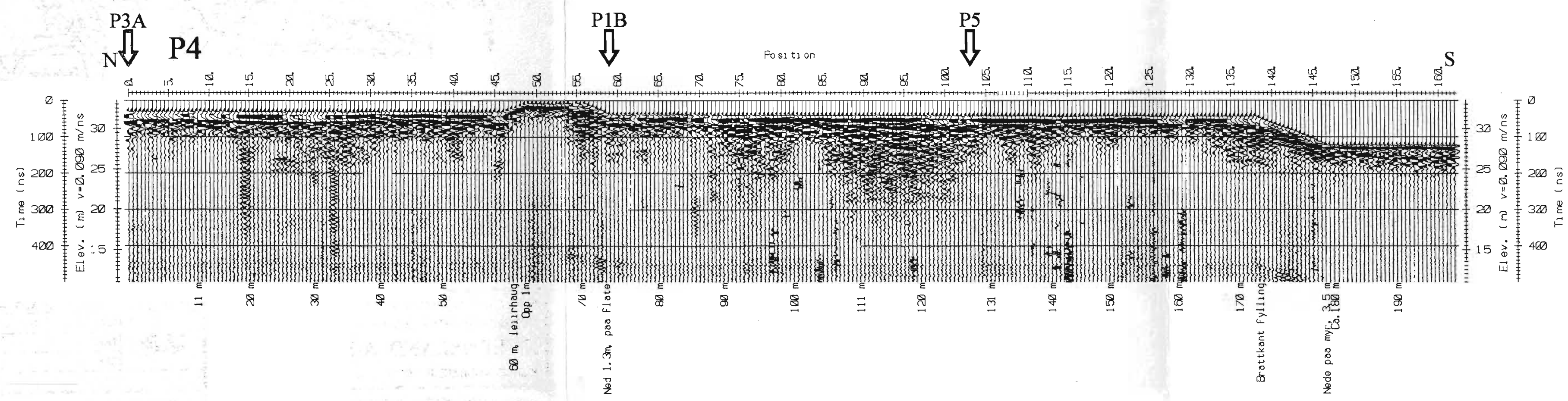
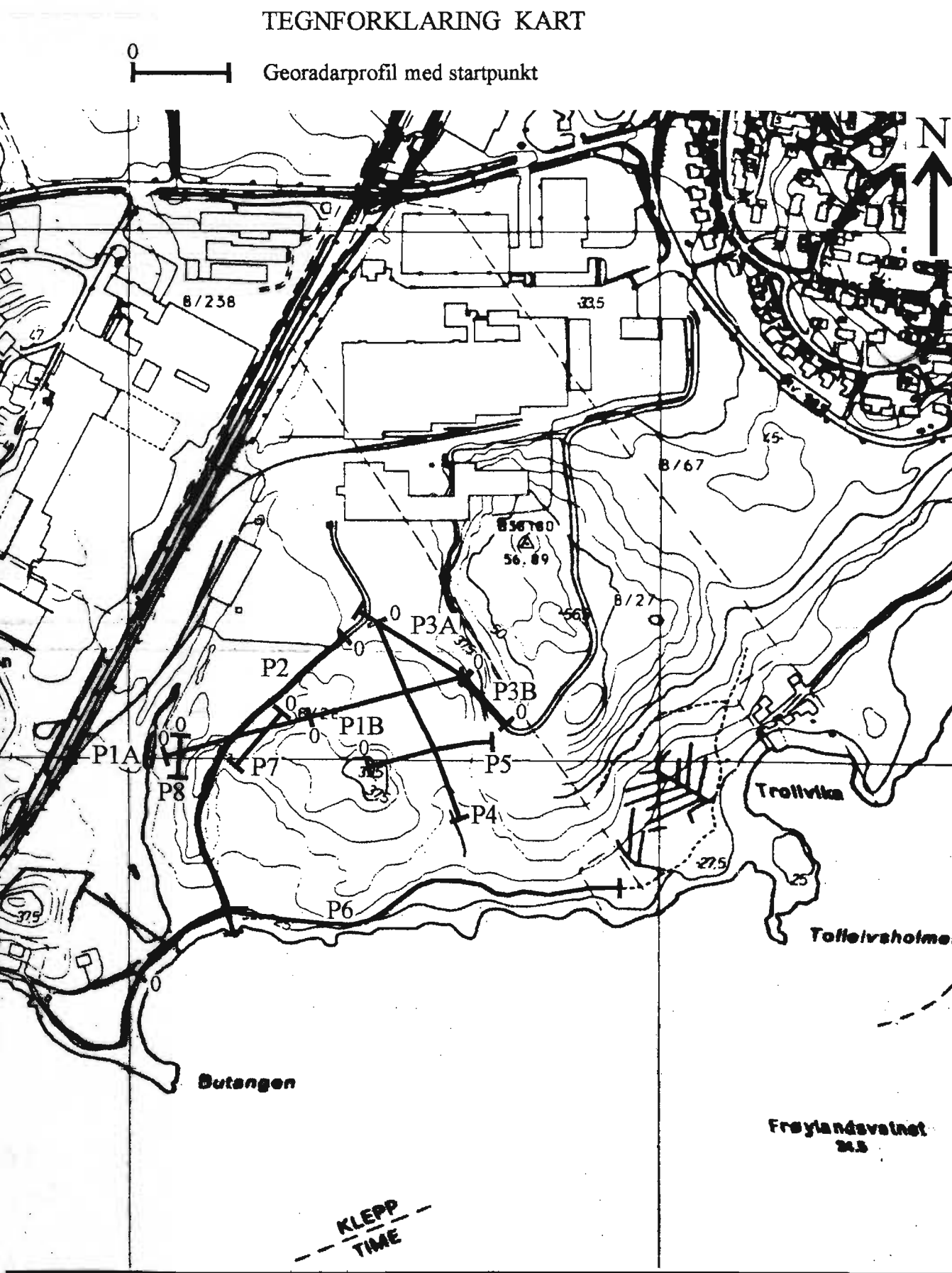
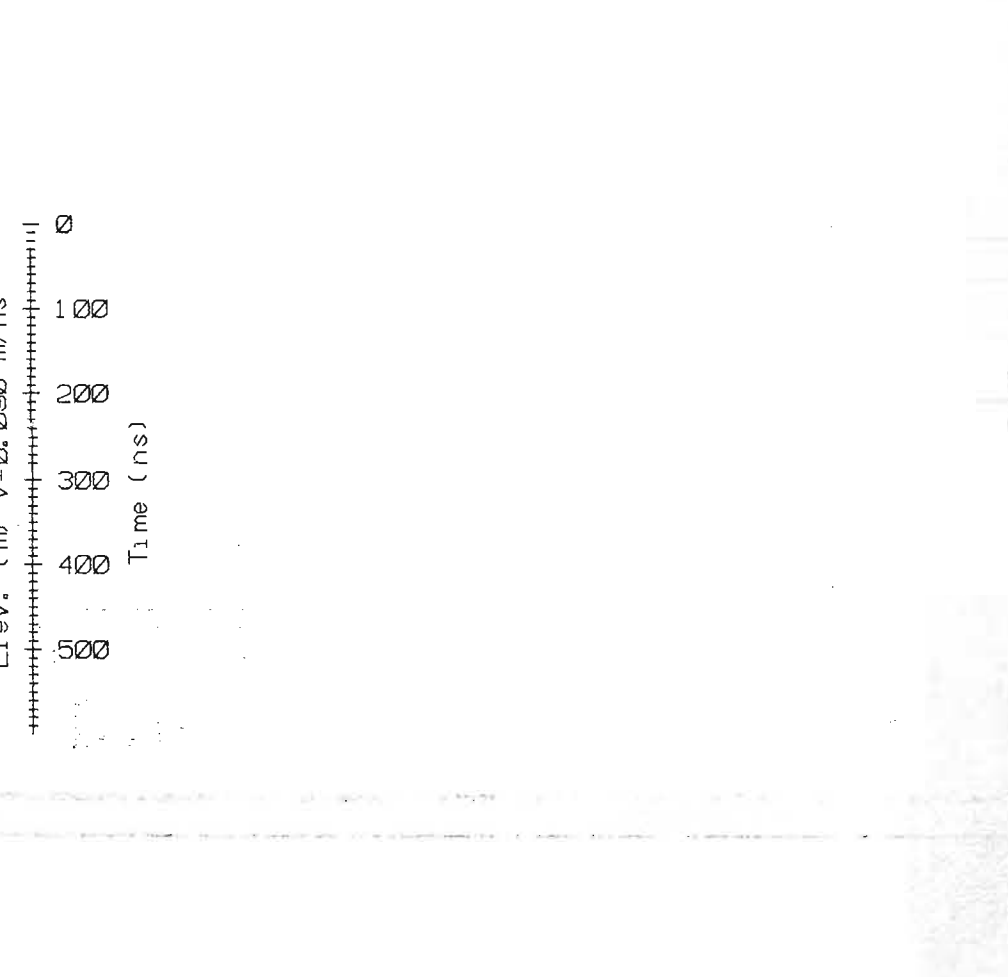
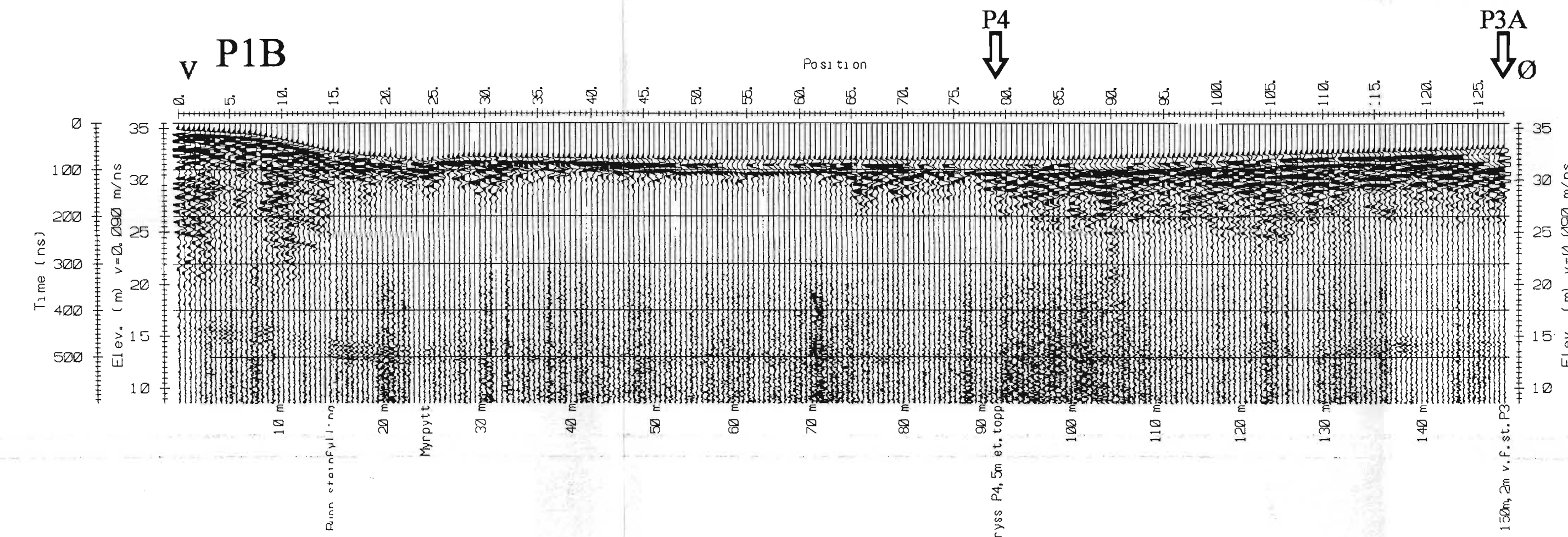
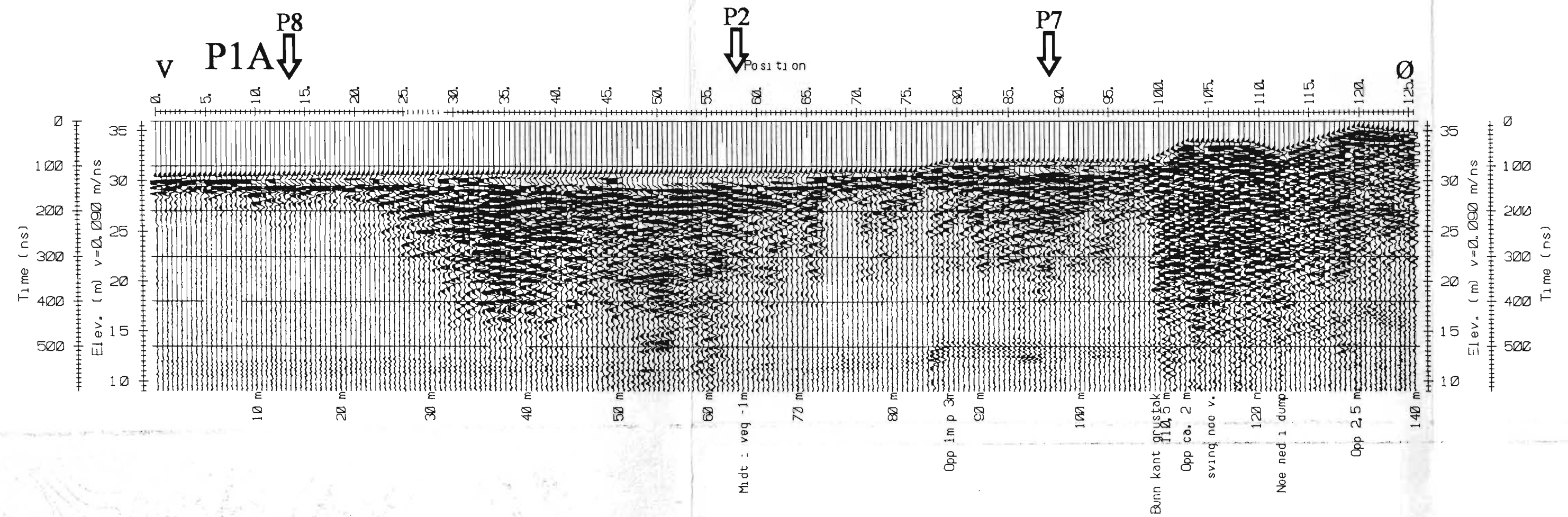
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

KARTBILAG NR  
99.012-04

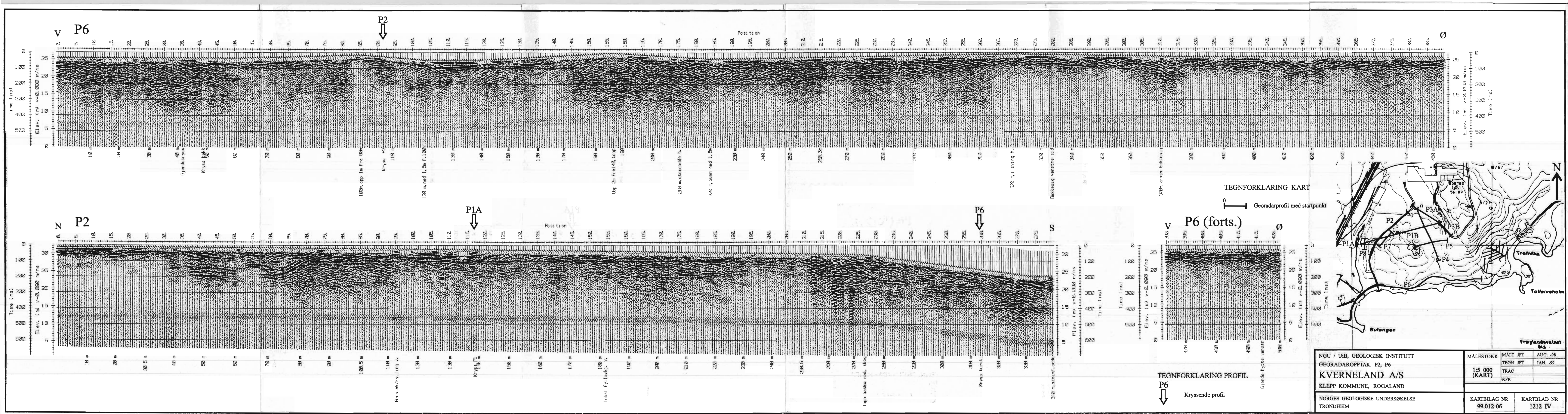
KARTBLAD NR  
1212 IV



TEGNFORKLARING PROFIL  
Kryssende profil  
P4



NGU / UIB, GEOLOGISK INSTITUTT GEORADAROPPTAK P1A-P1B, P3A-P3B, P4-P5, P7-P8 <b>KVERNELAND A/S</b> KLEPP KOMMUNE, ROGALAND	MÅLSTOKK	MÅLT JPT	AUG. -98
	1:5 000 (KART)	TEGN JPT	JAN. -99
		TRAC	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 99.012-05	KARTBLAD NR 1212 IV	



v P6

N P2

v P6 (forts.)

TEGNFORKLARING PROFIL  
P6  
Kryssende profil

TEGNFORKLARING KART

NGU / UiB, GEOLOGISK INSTITUTT GEORADAROPPTAK P2, P6 <b>KVERNELAND A/S</b> KLEPP KOMMUNE, ROGALAND	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	AUG. -98
	1:5 000 (KART)	TEGN JFT	JAN. -99
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR	KARTBLAD NR	
	99.012-06	1212 IV	