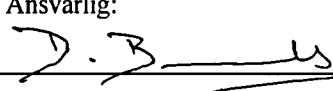


NGU Rapport 97.044

Grunnvannsundersøkelser i nedre Lærdal,
Lærdal kommune

Rapport nr.: 97.044		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Grunnvannsundersøkelser i nedre Lærdal, Lærdal kommune				
Forfatter: Bernt Olav Hilmo og Jan Fredrik Tønnesen		Oppdragsgiver: NGU og Lærdal kommune		
Fylke: Sogn og Fjordane		Kommune: Lærdal		
Kartblad (M=1:250.000) Årdal		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1417 II Lærdalsøyri		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 55	Pris: 250,-	
		Kartbilag: 6		
Feltarbeid utført: Aug.-Sept. 1996	Rapportdato: 30.06.1997	Prosjektnr.: 2713.14	Ansvarlig: 	
Sammendrag: Norges geologiske undersøkelse (NGU) har vurdert løsmasseavsetninger i nedre Lærdal med tanke på vannforsyning til Lærdal vannverk. Undersøkelsene omfatter georadarmålinger og sonderboringer med enkle testpumper i til sammen ni områder. Georadarmålingene indikerte muligheter for grunnvannsuttak i alle områdene, men områdene Mjeldo, Tønjum og Grøto er tykkelsen av vannmettet sand og grus mindre enn 10 m. I områdene Hunderi, Hauge, Færestad og Moldebo sees tydelig skrålagning ned til 10-20 m noe som indikerer deltaavsetninger, dvs. sorterte sand/grus-dominerte avsetninger. Færestad og sørlige del av området ved Hauge synes å ha de groveste og mektigste deltaavsetningene og sannsynligvis de største grunnvannsmulighetene. Alle områdene har trolig finkornige sedimenter av finsand, silt og leire under sand- og grusmassene. Sonderboringene med enkle testpumper indikerte muligheter for grunnvannsuttak i alle undersøkte områder (Mjeldo, Hunderi, Hauge og Færestad). I områdene Mjeldo og Hunderi, samt den nordligste delen av området ved Hauge ble det påvist grunnvann av brukbar kvalitet i det grove topplaget. I de underliggende sandmassene har grunnvannet dårligere kvalitet grunnet høyt fargetall, lav pH-verdi og høye konsentrasjoner av jern og mangan. I den sørligste delen av området ved Hauge og i borhullet ved Færestad viser sonderboringene sand og grus til over 20 m dyp. Testpumpingene indikerte masser med god vanngjennomgang og grunnvannsprøvene fra de dypere lagene var av god fysikalsk kjemisk kvalitet bortsett fra litt lav pH-verdi. På grunnlag av de utførte undersøkelsene anbefales det oppfølgende undersøkelser i form av nedsetting av fullskala brønn og langtids prøvepumping i område ved borhull 8 og 10 ved Hauge.				
Emneord: Hydrogeologi	Geofysikk	Grunnvannsforsyning		
Løsmasse	Georadar	Sonderboring		
Grunnvannskvalitet		Fagrapport		

FORORD

En god vannforsyning både med hensyn på kapasitet og kvalitet er grunnleggende og burde være en selvfølge i vårt land som har så mye lett tilgjengelig og lite forurenset ferskvann. Likevel har nesten 1 mill nordmenn for dårlig vannforsyning, mest på grunn av feil valg av vannkilde og mangelfullt rensed vann. EU-normene og de nye norske drikkevannsforskriftene medfører behov for en bedring av drikkevannsforsyningen i mange områder. I en femårsperiode fra 1995-1999 vil ulike departement bevilge 100 mill. kr. hvert år til forbedring av vannforsyningen.

Etter initiativ fra Miljøverndepartementet gjennomførte Norges geologiske undersøkelse (NGU) i perioden 1989-1992 prosjektet *Grunnvann i Norge (GiN)*. Det overordnede mål for GiN-prosjektet var å skape grunnlag for økt bruk og bedre beskyttelse av grunnvannsressurser. En viktig del av prosjektet bestod i registrering av potensielle grunnvannsressurser i 301 av landets kommuner. Registreringen ble gjennomført dels ved feltarbeid (30 % av kommunene) og dels ved gjennomgang av eksisterende bakgrunnsmateriale. GiN-prosjektet viste muligheter for grunnvannsforsyning til over 800 forsyningssteder (over 600 000 p.e.).

NGU har på bakgrunn av de forannevnte momentene startet prosjektet «*Økt bruk av grunnvann*». Formålet er en sikker dokumentasjon av kvantitet og kvalitet av grunnvannsforekomster som kan nyttes til allminnelig drikkevannsforsyning. Bedre vannforsyning til næringsmiddel- og reiselivsbedrifter er også prioritert.

Prosjektet gjennomføres som et samarbeidsprosjekt mellom NGU, fylkeskommuner og kommuner. Prioriteringen av kommuner vil bli gjort i samarbeid med fylkeskommunene, mens prioriteringen av forsyningssteder vil bli foretatt i samråd med kommunene.

I samråd med fylkesmyndighetene i Sogn og Fjordane og ut fra kommunenes interesse for prosjektet ble kommunene Balestrand, Gloppen, Hyllestad, Luster, Lærdal og Naustdal valgt for grunnvannsundersøkelser i 1996. Arbeidet i de enkelte kommuner er planlagt i samarbeid med teknisk etat.

Prosjektet finansieres av Sogn- og Fjordane fylkeskommune (ca. 25 %), de enkelte kommuner (15-25 %) og NGU (50-60%). I tillegg har kommunene/vannverka bidratt med en egeninnsats i form av innhenting av bakgrunnsmateriale og teknisk tilrettelegging.

Bernt Olav Hilmo
Hovedprosjektleder

INNHold

KONKLUSJON	6
1 INNLEDNING	7
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Muligheter for grunnvannsuttak	7
1.3 Gjennomføring	7
2 METODEBESKRIVELSE.....	8
2.1 Georadar	8
2.2 Undersøkelsesboringer	9
3 RESULTATER	9
3.1 Mjeldo	9
3.1.1 Georadarmålinger (P1, P2 og P3)	9
3.1.2 Boringer.....	10
3.2 Hunderi.....	11
3.2.1 Georadarmålinger (P4 og P5).....	11
3.2.2 Boringer.....	12
3.3 Hauge	12
3.3.1 Georadarmålinger (P6, P7, P8 og P9)	12
3.3.2 Boringer.....	13
3.4 Færestad	14
3.4.1 Georadarmålinger (P10, P10B, P11 og P12).....	14
3.4.2 Boringer.....	15
3.5 Moldebo	15
3.5.1 Georadarmålinger (P13 og P14).....	15
3.6 Tønjum-Grøto.....	16
3.6.1 Georadarmålinger (P15, P16 og P17)	16
4 VIDERE UNDERSØKELSER	17
REFERANSER	19

KARTBILAG

Kartbilag 1	Oversiktskart i M 1:50 000 over undersøkte områder i Lærdal kommune.
Kartbilag 2	Kart i M 1:5000, plassering av georadarprofil og lokalisering av undersøkelsesboringer ved Mjeldo.
Kartbilag 3	Kart i M 1:5000, plassering av georadarprofil og lokalisering av undersøkelsesboringer ved Hunderi og Hauge.
Kartbilag 4	Kart i M 1:5000, plassering av georadarprofil og lokalisering av undersøkelsesboringer ved Færestad og Moldebo.
Kartbilag 5	Kart i M 1:5000, plassering av georadarprofil ved Tønjum.
Kartbilag 6	Kart i M 1:5000, plassering av georadarprofil ved Grøto.

TEKSTBILAG

- 1 Metodebeskrivelse av georadarundersøkelser
- 2 Metodebeskrivelse av hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder.

DATABILAG

- Databilag 1.1-1.10 Borprofiler
Databilag 2.1-2.4 Kornfordelingsanalyser
Databilag 3.1-3.4 Analyseresultater av fysikalsk-kjemiske parametere

TEGNINGSBILAG

- 97.044-01 Mjeldo - Georadaropptak (P1, P2 og P3)
97.044-02 Hunderi - Georadaropptak (P4 og P5)
97.044-03 Hauge - Georadaropptak (P6, P7, P8 og P9)
97.044-04 Færestad - Georadaropptak (P10, P10B, P11 og P12)
97.044-05 Moldebo - Georadaropptak (P13 og P14)
97.044-06 Tønjum og Grøto - Georadaropptak (P15, P16 og P17)

KONKLUSJON

Norges geologiske undersøkelse (NGU) har foretatt grunnvannsundersøkelser i form av georadarmålinger og sonderboringer med enkle testpumper for å utrede grunnvannsforekomster til vannforsyning til Lærdal vannverk.

Georadarmålingene i alle områdene viser et 3-10 m tykt topplag av vesentlig elveavsatt sand og grus. I områdene Mjeldo, Hunderi, Færestad og Moldebo sees det under topplaget tydelig skrålaging. Dette indikerer deltaavsetninger, dvs. sorterte sand/grus-dominerte avsetninger, men som må regnes å bli finere mot dypet. Færestad er det området som synes å ha de groveste og mektigste deltaavsetningene og sannsynligvis de største grunnvannsmulighetene. I sørlige del av området ved Hauge kan det også være relativt stor mektighet av sand/grus-dominert materiale. I områdene lengst sør (Tønjum og Grøto) ser det generelt ut til å være forholdsvis finkornig materiale under overflatelaget og dermed mer begrensede grunnvannsmuligheter, men en del av det vestligste området ved Tønjum skiller seg gunstig ut.

Sonderboringene med enkle testpumper indikerte muligheter for grunnvannsuttak i områdene (Mjeldo, Hunderi, Hauge og Færestad). I de to nordligste områdene Mjeldo og Hunderi, samt den nordligste delen av området ved Hauge var grunnvannspotensialet helst knyttet til det grove topplaget. Grunnvannet i dette laget er av brukbar kvalitet, men det har kort oppholdstid og vil være dårlig beskyttet mot forurensninger. Under dette laget består massene av sand, finsand og silt som stedvis er rikt på organisk materiale. Dette gir opphav til grunnvann av dårlig kvalitet grunnet høyt fargetall, lav pH-verdi og høye konsentrasjoner av jern og mangan. I den sørligste delen av området ved Hauge og i borhullet ved Færestad viser sonderboringene sand og grus til over 20 m dyp. Testpumpingene indikerte masser med god vanngjennomgang og grunnvannsprøvene fra de dypere lagene var av god fysisk kjemisk kvalitet bortsett fra litt lav pH-verdi. I de sørligste områdene (Moldebo, Tønjum og Grøto) er det ikke utført noen sonderboringer.

På grunnlag av de utførte undersøkelsene anbefales det oppfølgende undersøkelser i form av nedsetting av fullskala brønn og langtids prøvepumping i område ved borhull 8 og 10 ved Hauge.

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Gjennom prosjektet «Grunnvann i Norge» (GiN) ble det i 1990 utført en vurdering av grunnvannsmulighetene i Lærdal kommune. I 1981 gjorde Norges geologiske undersøkelse (NGU) grunnvannsundersøkelser i Lærdal med tanke på å påvise grunnvannsressurser til vannforsyning til Lærdal sentrum. Det ble den gang påvist muligheter for grunnvannsuttak, men tykkelsen av vannførende sand og grus var mindre enn 10 m, og områdene med gunstige forhold lå slik til at et eventuelt grunnvannsuttak lett kunne komme i konflikt med bebyggelse, vei og dyrket mark. Et annet moment som gjorde det mer aktuelt med mer omfattende undersøkelser var at vannbehovet har økt. Vannbehovet er nå oppgitt til 14 l/s i vinterhalvåret og 55 l/s i sommerhalvåret da mye brukes til vanning.

Eksisterende vannforsyning til Lærdalsøyri består av et inntak fra elva Ofta, like øst for Lærdal Sjukehus. Vannverket har i de siste vintrene hatt kapasitetsproblemer.

1.2 Muligheter for grunnvannsuttak

Med et såpass stort vannbehov er det bare grunn til å vurdere grunnvannsuttak fra løsmasser. De mest aktuelle områdene er elveavsetninger langs Lærdalselvi fra Lærdalsøyri og mot Tønjum. Det er ikke kartlagt breelvavsetninger i dette området, men slike avsetninger kan opptre under elveavsetningene. Tidligere undersøkelser av NGU og Statens vegvesen indikerer et grovt topplag av sand og grus med en mektighet opptil 15 m over finsand og silt. Store deler av dalbunnen i det aktuelle området består av dyrket mark. Dette begrenser aktuelle områder for grunnvannsuttak, men det finnes mange mindre områder langs elva som ikke er dyrket.

1.3 Gjennomføring

På grunnlag av hydrogeologiske betraktninger, mulig konflikt med dyrket mark, mulige forurensningskilder og framkommelighet med borutstyr, ble det valgt ut 9 områder mellom Lærdalsøyri og Grøto (se kartbilag 1). På alle disse områdene, unntatt område 8, ble det gjort målinger med georadar for å få en oversikt over løsmassefordeling og løsmassemektigheter. Målingene ble utført på 2 arbeidsdager og omfatter 17 profiler med samlet lengde 2,5 km. I samråd med Lærdal kommune ble det så bestemt å prioritere områdene nærmest Lærdalsøyri, slik at det ble foretatt fire boringer i området 1; Mjeldo, to boringer i område 2; Hunderi, tre boringer i område 3; Hauge og bare en i område 4; Færestad, mens boringene i område 5 Moldebo ble utelatt (kartbilag 1).

Feltarbeidet ble utført i august og september 1996. Bernt Olav Hilmo har vært ansvarlig for arbeidet. Andre involverte har vært:

Forsker Bjørn Frengstad (feltbefaring, løsmasseboring)

Forsker Jan Fredrik Tønnesen (georadar)

Student Atle Nygård (georadar og løsmasseboring)

Ingeniør Bjørn Iversen (løsmasseboring)

Tekn. Sjef Johan Grøttebø har vært kommunenes kontaktperson. Kommunen har skaffet bakgrunnsinformasjon (opplysninger om eksisterende vannforsyning, kart etc.) og innhentet boretillatelser fra grunneiere.

2 METODEBESKRIVELSE

2.1 Georadar

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av løsmassenes lagdeling og strukturer, samt grunnvannsnivåets beliggenhet. Metoden er basert på registrering av reflekterte elektromagnetiske bølgepulser fra grenseflater i jorda. En mer detaljert beskrivelse av målinger med georadar er vedlagt i tekstbilag 1. Georadaren som ble benyttet er digital og av typen pulseEKKO 100 (Sensors & Software Inc., Canada).

For alle profilene ble det benyttet en sender på 1000V og antenner med senterfrekvens 100 MHz. Opptakstiden var 800 ns (nanosekunder) med samplingsintervall på 0,8 ns. Målingene ble utført med 16 registreringer («stacks») i hvert målepunkt (posisjon). Antenneavstand var 1 m, mens det ble benyttet en flyttavstand på 0,5 m ved profilmålingene. Reell lengde av profiler kan avvike en del fra lengde angitt i profiloopptakene på grunn av tilfeldig eller systematisk feil i flyttavstanden. Generelt er det brukt for stor flyttavstand og de målte profilene er derfor en del lenger enn oppgitt. Angitt informasjon om kryssende profiler, veger, bekker og andre terrengdetaljer kan benyttes for mer nøyaktig profilposisjonering.

Det er ikke utført noen CMP-målinger for å beregne radarbølgehastighet i løsmassene. Ved utplotting av georadarprofilene ble det anvendt en hastighet på 0,08 m/ns for beregning av en dybdeskala (m under terrengoverflaten). For materiale over grunnvannsspeil er nok denne hastigheten for lav, da den der kan forventes å ligge i området 0,10-0,12 m/ns. Mektigheten av den umettede sonen vil derfor være noe større enn dybdeskalaen viser. Variasjoner i terrengoverflaten er ikke lagt inn langs profilene, og høydeskala er derfor utelatt. Viktige terrengvariasjoner er angitt som kommentarer under profilutskriftene.

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. Det ble videre benyttet 3-punkts gjennomsnitt langs traser for å redusere høyfrekvent støy.

Penetrasjonsdypet (dybderekkevidden) vil være viktigste indikator for mulighetene for uttak av grunnvann fra løsmassene, da dette som regel vil beskrive mektigheten av sand/grusdominerte avsetninger. Det kan være forholdsvis god penetrasjon også i finsanddominerte avsetninger selv med et visst siltinnhold, men disse vil være dårlige vanngivere. Refleksjonsmønsteret vil som regel kunne gi en del tilleggsinformasjon om avsetningstyper og materialsammensetning.

2.2 Undersøkelsesboringer

Borpunktene ble plassert ut fra resultatene av tidligere undersøkelser, feltbefaringer, georadarundersøkelsene, framkommelighet med borerigg, mulige forurensingskilder og samtaler med kommunens kontaktperson. På de aktuelle områdene ble det sonderboret med Borros borerigg. Hvis sonderboringen indikerte egnede løsmasser for grunnvannsuttak, ble det satt ned en Ø32 mm testbrønn med en meter filter som ble pumpet i forskjellige nivå.

Tekstbilag 2 gir en mer detaljert beskrivelse av hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder.

3 RESULTATER

3.1 Mjeldo

Området består av ei elveslette rett nedenfor sjukehuset. Ved en tidligere undersøkelsesboring av NGU (Klemetsrud, 1981) ble det påvist 3 m sand og grus over leirblandet silt og finsand. Dette indikerer små muligheter for større grunnvannsuttak.

3.1.1 Georadarmålinger (P1, P2 og P3)

Lokaliseringen av de tre georadarprofilene framgår av kartbilag 2, mens utskrift av georadaropptakene er vist i tegningsbilag 97.044-01.

Dybderekkevidden (penetrasjonsdypet) for reflekterte georadarsignaler varierer fra 8-10 m til 15-18 m. Det antas at penetrasjons-begrensningen skyldes overgang mot finkornig materiale som vil være uegnet for grunnvannsfomål. Det kan heller ikke helt utelukkes at begrensningen mot dypet her nederst i dalen også delvis kan skyldes inntrengning av salt grunnvann fra fjorden.

Løsmassene over regnes stort sett å bestå av sand- og grusdominerte elveavsetninger, men opptakene viser at det er to markert ulike lag. Overflatelaget ansees å bestå av materiale avsatt i og langs elveløp som opp gjennom tidene stadig har endret forløp over elvesletta. Langs P1 varierer mektigheten av dette laget fra 4 til 8 m med størst mektighet i området pos. 115-150 og muligens pos. 0-15 og minst mektighet pos. 60-90 og pos. 200-220. Underliggende materiale viser skrålagning med fall mot NV langs P1 og regnes å være eldre deltaavsetninger som har bygd seg opp ved et tidligere elveutløp mot fjorden. Skrålagningen flater ut mot dypet (8-10 m), og det antas at deltaavsetningene blir mer finkornig mot dypet. Overflatelaget er trolig gjennomgående grovere, men kan ha betydelig variasjon i sammensetning. Nær horisontale kraftige reflektorer i dypere del av elvekanal i P1 (pos. 110-150) kan tyde på relativt finkornig materiale der.

Ut fra penetrasjonsdyp og strukturer anbefales i første omgang boringer og eventuelt nedsetting av rør for prøvepumping sørøst i P1 (pos. 180-210) og i P3 fra pos. 30 og østover. Det kan imidlertid være ønskelig med noen flere boringer i området for å se nærmere på variasjon i materialsammensetning både i overflatelaget og i deltaavsetningene.

3.1.2 Boringer

Det ble til sammen gjort fire sonderboringer i området (kartbilag 2), hvorav det i tre hull ble satt ned Ø32 mm undersøkelsesbrønner for testpumping og prøvetaking. Alle sonderboringene viser samme løsmassefordeling som georadarmålingene, men tykkelsen av grove sand og grusmasser er begrenset til de øvre 7-9 m.. Alle fire boringene viste 3-7 m grus og sand over et 3-6 m tykt sandlag. Mer finkornig sand og silt ble påvist fra 7-10 m dyp og til minst 15-20 m dyp (databilag 1.1-1.4).

De beste forholdene for grunnvannsuttak ble påvist i borhull 1 hvor undersøkelsesbrønnen ga ca. 4 l/s i nivåene 5 og 7 m under bakken. På større dyp ble massene for finkornige til betydelige uttak av grunnvann. Fysikalsk-kjemiske analyser av prøver fra 5 og 7 m dyp (databilag 3.1) viser at grunnvannet er av brukbar kvalitet. Det er ionefattig, svakt surt og har relativt høyt fargetall til grunnvann å være. Dette indikerer et overflatenært grunnvann med relativt kort oppholdstid.

Borhull 2 viste omtrent samme løsmassefordeling som borhull 1, og det ble derfor ikke gjort testpumper. Sonderboringen i hull 3 viste sand og grus ned til 10 m, men testpumping av

en undersøkelsesbrønn indikerte dårlig vanngjennomgang i massene både ved 7 og 9 m dyp. Ved oppspyling av masser ble det registrert mye organisk materiale i sanden.

Testpumping av en undersøkelsesbrønn i borhull 4 ga henholdsvis 1,0, 1,7 og 0,5 l/s på 5, 7 og 9 m dyp. De vannførende massene består av en organisk rik sand som gir opphav til et høyt jerninnhold og et meget høyt fargetall (databilag 3.1). I tillegg er innholdet av aluminium, natrium og fosfat for høyt i forhold til drikkevannskravene. Dette grunnvannet er derfor uegnet som drikkevann.

Konklusjonen for dette området er at det er muligheter for grunnvannsuttak. I og med at det vannførende laget går ned til bare 8-9 m dyp, er det høyst usikkert om et er mulig å dekke Lærdalsøyris vannbehov med grunnvann fra denne avsetningen. En sikker vurdering av kapasitet og kvalitet krever langtids prøvepumping. Et annet moment er at det aktuelle brønnområde ved borhull 1 ligger nært inntil dyrket mark, vei og bebyggelse, slik at et eventuelt grunnvannsuttak vil komme i konflikt med andre brukerinteresser.

3.2 Hunderi

Det vurderte området er ei elveslette mellom Lærdalselvi og fylkesveien. Ved en tidligere undersøkelsesboring av NGU (Klemetsrud, 1981) ble det påvist 10 m sand og grus over silt. Prøvetatt grunnvann fra to nivåer var av god fysikalsk kjemisk kvalitet, og det ble konkludert med gode muligheter for større uttak av grunnvann.

3.2.1 Georadarmålinger (P4 og P5)

Lokaliseringen av de to georadarprofilene framgår av kartbilag 3, mens utskrift av georadaropptakene er vist i tegningsbilag 97.044-02.

Målingene indikerer tilsvarende lagdeling som ved Mjeldo. Overflatelaget har en mektighet på 3-6 m langs P4 og 2,5-8 m langs P5. Skrålagning i underliggende deltaavsetning flater ut ned mot 15-20 m dyp, og det regnes at andel av finkornig materiale generelt øker mot dypet i den forøvrig antatt sand-dominerte avsetningen. Langs P4 er det en betydelig veksling i refleksivitet. Det antas at områder med brattest og kraftigst skråreflektorer har grovest materiale og anbefales prioritert ved oppfølgende boringer (f. eks. pos. 110-130 og muligens pos. 20-40 i P1).

3.2.2 Boringer

På bakgrunn av georadarmålingene ble det gjort to undersøkelsesboringer i området (se kartbilag 3). Borhull 5 viste grus og sand ned til 4 m og sand videre til ca. 12 m dyp. Fra 12 m og til minst 23 m besto løsmassene av finsand og silt (databilag 1.5). Det ble satt ned en undersøkelsesbrønn og testpumping av denne ga henholdsvis 4.0, 4.0, 1.3, 2.2 og 0.3 l/s på 5, 7, 9, 11 og 13 m dyp. Dette gir en vannførende sone på knapt 10 m, noe som gir muligheter for betydelige uttak av grunnvann.

Temperaturen på grunnvannet er relativt høy i de øverste nivåene, noe som indikerer overflatenært grunnvann med relativt kort oppholdstid. Den fysikalsk-kjemiske kvaliteten på grunnvannet er ganske bra i det øverste nivået, men mot dypet blir jerninnholdet mye høyere enn kravene til drikkevann (databilag 3.1). Prøven fra 13 m dyp har høyt innhold av natrium, magnesium og klorid noe som tyder på marin påvirkning.

Borhull 6 viste lignende løsmassefordeling som borhull 5, men med innslag av tette masser fra ca. 9 m dyp (databilag 1.6). Det ble foretatt en testpumping som ga 3.3 l/s på 7 m dyp. Grunnvannskvaliteten i dette nivået er god, bortsett fra litt lav pH-verdi og alkalitet (databilag 3.2).

Konklusjonen for dette området er at det er muligheter for betydelige grunnvannsuttak (over 15 l/s), men grunnvannskvaliteten er preget av overflatenært grunnvann med kort oppholdstid i de øverste nivåene og høyt jerninnhold mot dypet. Området ligger også omgitt av dyrket mark, slik at et eventuelt uttak av grunnvann kan komme i konflikt med jordbruksinteresser. Det anbefales derfor **ikke** prøvepumping i dette området i denne omgang.

3.3 Hauge

Det vurderte området er ei skogbevokst elveslette mellom Lærdalselvi og fylkesveien.

3.3.1 Georadarmålinger (P6, P7, P8 og P9)

Lokaliseringen av de fire georadarprofilene framgår av kartbilag 3, mens utskrift av georadaropptakene er vist i tegningsbilag 97.044-03.

Tykkelsen av overflatelaget (elveavsetninger) varierer her fra 3 til 9 m, og den er størst rundt pos. 65-70 i P7. Refleksjonsmønsteret i underliggende løsmasser varierer fra nær horisontale til haugete og usammenhengende reflektorer, og skiller seg derved ut fra deltaavsetningene med skrålagning i de nedenforliggende områdene. Avsetningene regnes å kunne være sand- og grus-dominerte. Totalt penetrasjonsdyp langs P6 og P9 er begrenset til 10-12 m, og indikerer at materialet under dette nivå sannsynligvis har et høyt finstoffinnhold og vil dermed være dårlig egnet for grunnvannsformål. Langs sentrale deler av P7 (pos. 30-130) og dels

langs P8 er det oppnådd betydelig bedre penetrasjon, dvs. fra 15 til godt over 20 m. Refleksjonsmønsteret er variabelt og relativt svakt og uklart, men kan være av interesse for videre oppfølging.

Ut fra georadarmålingene synes området i sør langs sentrale deler av P7 (pos. 30-130) å være mest interessant for oppfølgende sonderboringer med prøvetaking av materiale og eventuell nedsetting av brønn for prøvepumping.

3.3.2 Boringer

Kartbilag 3 viser plasseringen av de tre borhullene ved Hauge. Borhull 7 som ble plassert nord på sletta viste grus og sand ned til 6 m, og sand fra 6-14 m (databilag 1.7). Fra 14 m ble massene mer finkornige. Det ble satt ned en undersøkelsesbrønn som ble testpumpet i to nivå. På 5 m dyp ga testpumpingen 1,7 l/s, mens den på 9 m dyp ga bare 0,5 l/s. Bortsett fra litt lav pH-verdi og alkalitet er vannkvaliteten brukbar på 5 m dyp, mens den på 9 m dyp er preget av høye innhold av jern, magnesium, natrium og klorid (databilag 3.2). Dette tyder på marint påvirket grunnvann. I tillegg har grunnvannet fra dette nivået høyt fargetall grunnet høyt organisk innhold i sandmassene.

Borhull 8 viste grus og sand ned til ca. 8 m og sand mellom 8 og 15.5 m der boringen ble avsluttet fordi det ble antatt lignende forhold som ved borhull 7 (databilag 1.8). Testpumpingen viste imidlertid at det var god vanngjennomgang i sandmassene mot dypet. Kapasiteten på undersøkelsesbrønnen på 7, 11, 13 og 15 m dyp var henholdsvis 2.2, 0.9, 3.3 og 2.5 l/s. Det er særlig nivået fra 12 m som er lovende med tanke på store uttak av grunnvann. Det ble derfor besluttet å gjøre en boring til i samme område (borhull10). Denne boringen viste grusig sand i veksling med rene sandlag ned til 23.5 m der boringen ble avsluttet (databilag 1.10). Det ble satt ned undersøkelsesbrønn og testpumpet i tre nivå. Kapasiteten på henholdsvis 13, 17 og 21 m var 1.0, 0.8 og 1.0 l/s, men det må tas forbehold om at disse kapasitetene er noe lave grunnet problemer med sugepumpa.

Den fysikalsk-kjemiske vannkvaliteten på grunnvannet fra borhull 8 og 10 er god (databilag 3.2 og 3.3), bortsett fra litt lav pH-verdi (6.1-6.3). Temperaturen ligger mellom 5 og 7 °C og fargetallet er lavt (< 1.4-7). Nitratinnholdet, som er en indikator på jordbruksforurensning (gjødsling), er langt under kravene til drikkevann, men noe av det påviste nitratinnholdet i grunnvannsprøvene kan stamme fra gjødsling. Alle prøvene fra borhull 8 og 10 har et visst jerninnhold, men det ligger innenfor kravet i Drikkevannsforskriften. Manganinnholdet i en prøve fra 13 m dyp i borhull 10 ligger såvidt over kravet på maks. 0,05 mg/l, mens de andre prøvene ligger klart innenfor kravet.

Området ved borhull 8 og 10 virker meget lovende med tanke på store uttak av grunnvann. Det er over 20 m med vannførende sand- og grusmasser og grunnvannskvaliteten er brukbar. Området ligger relativt godt beskyttet mot eventuelle forurensninger. Hvis det blir utbygd et permanent grunnvannsanlegg i dette området vil det bli behov for bare små endringer i arealbruken i forhold til dagens situasjon. Ved en eventuell utbygging bør det tas hensyn til flomfaren. Grunneieren kunne opplyse at de høyeste partiene i området ikke har vært oversvømt etter reguleringen av Lærdalselvi.

3.4 Færestad

Også dette området er ei elveslette som ikke er oppdyrket.

3.4.1 Georadarmålinger (P10, P10B, P11 og P12)

Lokaliseringen av de fire georadarprofilene framgår av kartbilag 4, mens utskrift av georadaropptakene er vist i tegningsbilag 97.044-04. Profilene P10, P10B og P11 er målt etter hverandre parallelt med elva, mens P12 er et tverrprofil til P10 i sørlige del av området.

Dybderekkevidden for reflekterte georadarsignaler er her for det meste større enn 20 m. Under et 2,5-7 m tykt overflatelag av elveavsetninger er det mektige deltaavsetninger med kraftig markert skrålagning med fall nedover dalen mot NNØ. Dette indikerer at det er relativt grove og godt sorterte avsetninger (dvs. vesentlig sand- og grus) til stort dyp i det undersøkte området. Skrålagningen er mest markert og når dypest langs sørvestlige halvdel av P10. Videre langs P10, P10B og P11 ser det ut til å være mer variasjon i avsetningsretning og refleksjonsmønster, og mot dypet kommer det etter hvert inn noe ujevne men nær horisontale reflektorer. Dette betyr trolig at materialet er mer variabelt og at det blir finere mot dypet utover på deltaet, men endringene kan i vesentlig grad også forklares av at profilretningen dreier mot øst og dermed kommer mer på tvers av den dominerende avsetningsretningen. Langs tverrprofilet P12 ser det ut til å være størst penetrasjon og kraftigst refleksivitet i vestlige del, og det kan derfor være grovest materiale til størst dyp i området nærmest elva (pos. 0-35).

Ut fra georadarmålingene vurderes hele det undersøkte området som meget lovende med tanke på større uttak av grunnvann, og må også regnes som klart mest lovende av de åtte undersøkte lokalitetene. Antatt gunstigste plassering av oppfølgende boring og eventuell brønn vil være forholdsvis nær elva i sørvest (P10 pos. 0-140), men det bør nok utføres flere boringer på lokaliteten for å se nærmere på variasjoner i løsmassene og for sikrere vurdering av både vannkapasitet og vannkvalitet.

3.4.2 Boringer

På grunn av positive resultater på Hauge, ble det bare gjort en undersøkelsesboring på denne avsetningen (kartbilag 5). Sonderboringen viste grusig sand ned til 9 m, sand fra 9 til 18 m og sand/finsand fra 18 m til minst 23.5 m (databilag 1.9). Testpumper av en undersøkelsesbrønn på nivåene 7, 11, 17 og 21 m ga henholdsvis 4.0, 5.0, 2.5 og 1.0 l/s. Dette viser at det kan tas ut store mengder grunnvann fra avsetningen.

Temperaturen på grunnvannet i de to øverste nivåene er såpass høy (10-11°C) at den indikerer grunnvann med relativ kort oppholdstid. I den dypeste prøven fra 21 m dyp er innholdet av jern og mangan for høyt i forhold til kravene til drikkevann (databilag 3.4). Ellers er vannkvaliteten brukbar.

Boringen sammen med georadarmålingene viser at det er et stort område med muligheter for store grunnvannsuttak, men ut fra beliggenheten i forhold til eksisterende ledningsnett, prioriteres denne lokaliteten bak den påviste grunnvannsressursen ved Hauge.

3.5 Moldebo

Den vurderte elvesletta ligger på østsiden av elva ved Moldebo. På motsatt side av elva har Statens Vegvesen tidligere utført grunnboringer (1993). Disse viser opptil 15 m med grusig sand over finsand og silt.

3.5.1 Georadarmålinger (P13 og P14)

Lokaliseringen av de to georadarprofilene framgår av kartbilag 4, mens utskrift av georadaropptakene er vist i tegningsbilag 97.044-05.

Penetrasjonsdypet for de reflekterte georadarsignalene varierer i området 12-17 m, og det øker noe mot elva både vestover langs P13 og sørover langs P14. Penetrasjonsdypet stemmer godt overens med mektigheten av grusig sand funnet ved boringene vest for elva.

Refleksjonsstrukturene indikerer at det også i dette området er et elveavsatt overflatelag med eldre deltasedimenter under. Skrålagningen i deltamaterialet er relativt slak med fall i hovedretning mot NV, men i vestlige del av P13 er strukturene mer ujevne og avsetningsretningen kan der være mot N. Sentalt i P14 (pos.55-80) er det også komplekse avsetningsstrukturer i deltasedimentene. Mektigheten av overflatelaget varierer betydelig langs profilene og er stedvis usikker. I østlige del av P13 er mektigheten størst med 6-7 m i området pos. 0-15 og rundt pos. 50, mens det i mellom kan tynne ut til ca. 3 m. I vestlige del av profilet er grensen mot deltamaterialet uklar, den kan ligge på 3-6 m dyp, men kan også nå

ned mot 10 m dyp rundt pos. 160. Langs P14 er tykkelsen av overflatelaget stort sett 3-5 m, men kan øke til rundt 8 m senralt i profilet (pos. 65-75).

Relativt slake, kraftige og utholdende skråreflektorer i deltasedimentene kan indikere relativt finkornige avsetninger (sanddominert?), men trolig med betydelig vekslings i sammensetning av lagene. De beste mulighetene for grunnvannsuttak regnes å være i området med størst georadarpenetrasjon, dvs i vestlige del mindre enn ca. 70 m fra elva. På grunn av lang avstand til sentrum ble det ikke utført boringer i dette området.

3.6 Tønjum-Grøto

På strekningen Tønjum-Grøto ble det plukket ut fire områder for videre grunnvannsundersøkelser og det ble utført georadarmålinger i områdene 6, 7 og 9 (kartbilag 1).

3.6.1 Georadarmålinger (P15, P16 og P17)

Lokaliseringen av P15 og P16 ved Tønjum og P17 ved Grøto framgår av kartbilag 5 og 6, mens utskrift av georadaropptakene er vist i tegningsbilag 97.044-06.

Langs P15 (område 6) har det elveavsatte overflatelaget, som trolig er sand- og grusdominert, en tykkelse på bare 2,5-4 m. Penetrasjonsdyp for reflekterte georadarsignaler er begrenset til bare 5-6 m langs vestlige del av profilet (pos. 0-80), mens det er 12-17 m langs østlige del i området pos. 90-180. Målingene indikerer at det i østlige del er en innfylling av sand- og grusdominerte løsmasser til 12-15 m dyp, som kan være godt egnet for grunnvannsformål, mens det i vest må regnes å være uegnet materiale.

Langs P16 (område 7) er penetrasjonsdypet gjennomgående mindre enn 10 m. Overflatelaget har her en tykkelse på 4-7 m og den er størst i området pos. 110-160. Grunnvannsmulighetene kan synes å være begrenset til overflatelaget, da dårlig penetrasjon og svak refleksivitet tyder på relativt fint materiale i laget under.

Langs P17 (område 9) er penetrasjonen stort sett begrenset til 10-12 m dyp, men er lokalt oppe i ca. 17 m (pos. 5-15). Overflatelaget har her en tykkelse på 5-8 m, og den er størst i området pos. 5-15. For grunnvannsformål må det regnes å være best materiale i overflatelaget, men det kan her være visse muligheter også noe dypere ned i avsetningene.

Østlige del av område 6 (P15 pos 90-160), er mest lovende med tanke på grunnvannsuttak, deretter område 9 (P17, spesielt østlige del), mens det synes å være meget begrensede muligheter i område 7 (P16). På grunn av stor avstand til Lærdalsøyri og indikasjon på

avsetninger med større grunnvannspotensiale lenger nord, ble det i denne omgang ikke utført boringer i disse områdene.

4 VIDERE UNDERSØKELSER

På grunnlag av de utførte hydrogeologiske undersøkelsene, avstand til eksisterende ledningsnett, forurensningsfare og dagens arealbruk foreslås det videre undersøkelser i område ved borhull 8 og 10 ved Hauge. Forundersøkelsene i dette området er såpass lovende at det anbefales i første omgang å sette ned en min. Ø200 mm rørbrønn til ett års prøvepumping.

Prøvepumpingen har til hensikt å:

- Kartlegge grunnvannets strømningsmønster inn mot brønnen. Dette danner igjen grunnlag for vurdering av klausuleringssoner.
- Dokumentere brønnenes kapasitet over tid.
- Dokumentere grunnvannets kvalitet over tid. Under prøvepumpingsperioden må det tas jevnlig vannprøver (min. en gang pr. måned og hyppigere i starten) til både bakteriologiske og fysikalsk-kjemiske analyser.

Brønnen plasseres ved borhull 10, og bør ha filter mellom 15 og 23 m. Filteråpningen bør ut fra masseprøvenes kornfordeling være 1 mm. Forventet kapasitet for en slik brønn er minst 15 l/s. Hvis prøvepumpingen gir positivt resultat, kan brønnen brukes til en permanent grunnvannsbrønn. For å kartlegge grunnvannets strømningsmønster inn mot brønnen under pumping, er det nødvendig å sette ut 6 peilebrønner i tillegg til de to som står igjen ved bh. 8 og bh 10 (se kartbilag 3). Prøvepumpingen gjøres med en elektrisk senkpumpe med min. kapasitet på 15 l/s. For å få best mulig grunnlagsdata for beregning av hydrauliske parametere er det viktig at grunnvannsstanden i peilerørene måles hyppig i starten (etter 1 min., 2 min., 4 min, 8 min, 15 min, 30 min, 1 time, 2 timer osv.). Den første uken bør det måles daglig, mens det senere er tilstrekkelig med ukentlige målinger av grunnvannsstanden. Under prøvepumpingen bør det tas jevnlig vannprøver til bakteriologiske og fysikalsk-kjemiske analyser. De vanlige analysene fra Næringsmiddeltilsynet på mikrobiologiske parametere, samt fargetall, turbiditet, pH og ledningsevne bør tas hver 14. dag, mens vannprøver til fysikalsk-kjemiske analyser bør tas hver 14. dag i de første tre månedene og deretter hver måned resten av året. Da det drives intensiv frukt- og grønnsaksdyrking i området, bør det i tillegg tas stikkprøver på sprøytmiddelrester. Forurensningsfaren fra en revfarm vel 100 m øst for brønnområdet bør også utredes.

Hvis prøvepumpingen blir vellykket bør det settes ned en brønn til. Nøyaktig plasseringen av denne brønnen må gjøres ut fra utbredelsen av senkningstrakten under prøvepumpingen. Brønnene bør plasseres med såpass stor avstand at de ikke influeres i særlig grad av hverandre. Aktuell plassering er i nærheten av bh. 8.

REFERANSER

Henriksen, H. og Jæger, Ø. 1991 : Grunnvann i Lærdal kommune. *NGU Rapport 91.069*.

Klagegg, O., Nordahl-Olsen, T., Sønstagaard, E. & AA, A.R. 1989 : Sogn og Fjordane fylke, kvartærgeologisk kart, M 1:250 000. *Norges geologiske undersøkelse*.

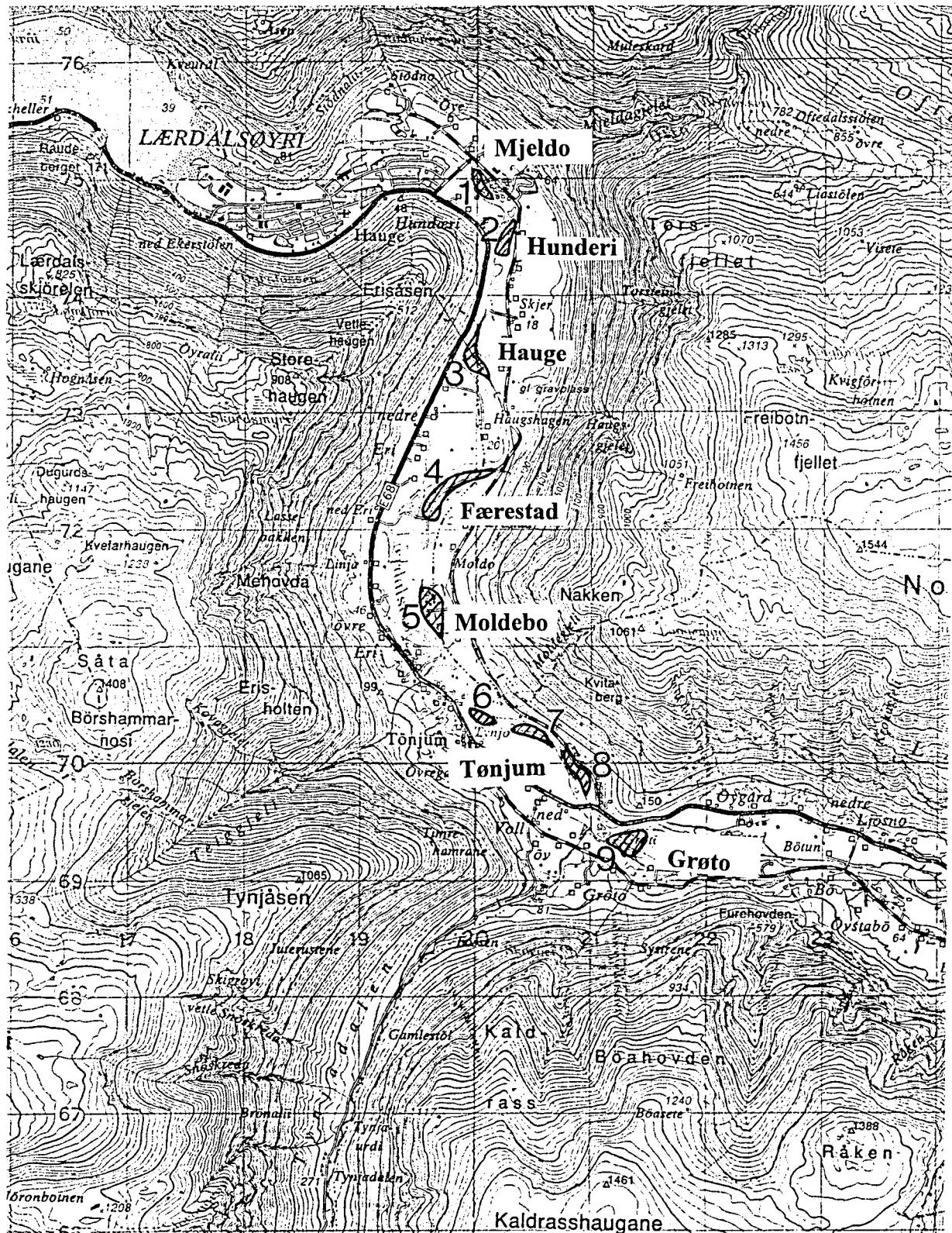
Klemetsrud, T. 1981: Grunnvannsundersøkelser i Lærdal, Esebotn og Leikanger. *NGU/TK/aml/O-80011*.

Sosial- og helsedepartementet, 1995: Forskrifter om vannforsyning og drikkevann m.m.

Statens vegvesen, 1993 : Grunnundersøkelse Voldsbru - Lærdal aust.

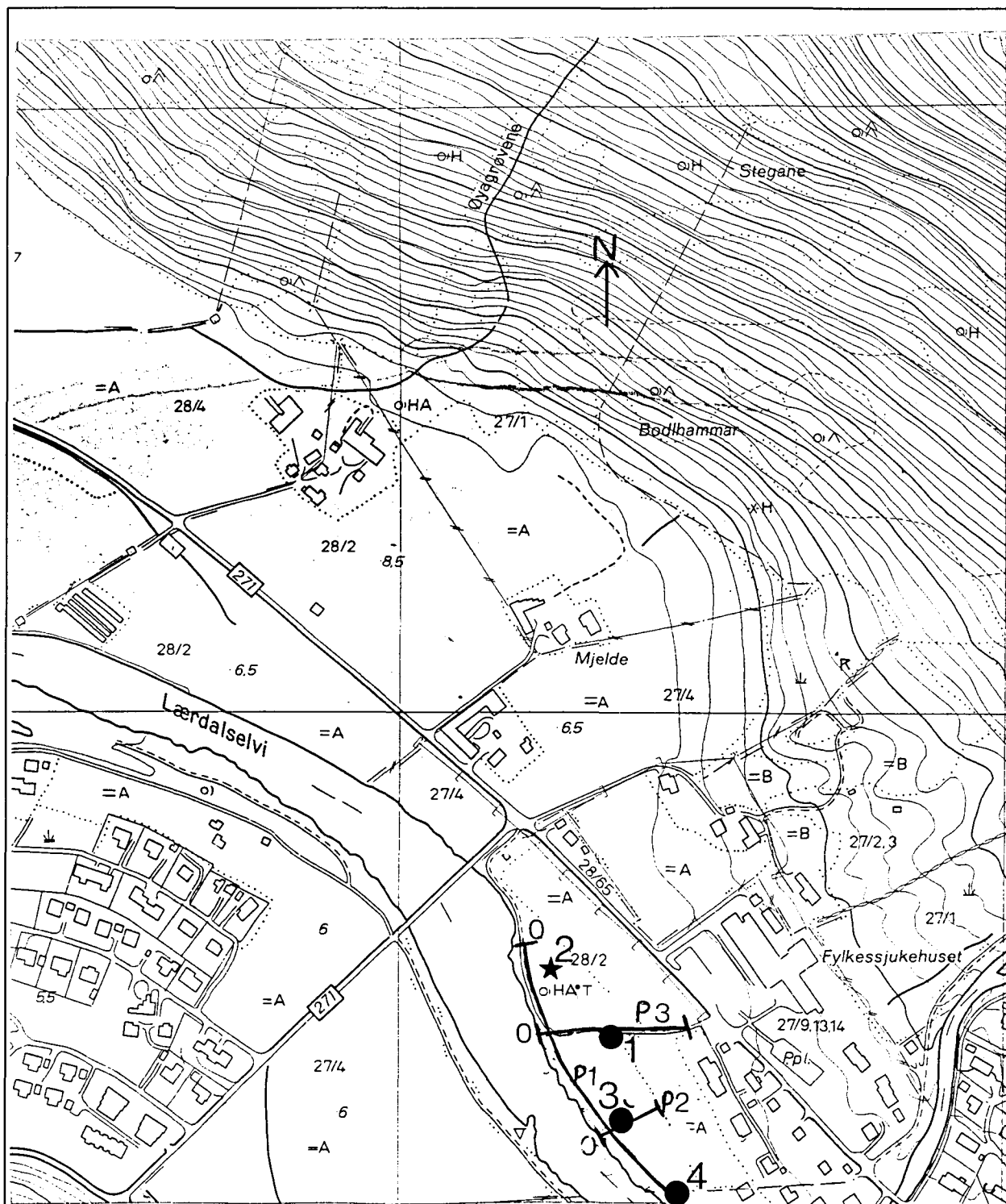
KARTBILAG

- Kartbilag 1 Oversiktskart i M 1:50 000 over undersøkte områder i Lærdal kommune.
- Kartbilag 2 Kart i M 1:5000, plassering av georadarprofil og lokalisering av undersøkelsesboringer ved Mjeldo.
- Kartbilag 3 Kart i M 1:5000, plassering av georadarprofil og lokalisering av undersøkelsesboringer ved Hunderi og Hauge.
- Kartbilag 4 Kart i M 1:5000, plassering av georadarprofil og lokalisering av undersøkelsesboringer ved Færestad og Moldebo.
- Kartbilag 5 Kart i M 1:5000, plassering av georadarprofil ved Tønjum.
- Kartbilag 6 Kart i M 1:5000, plassering av georadarprofil ved Grøto.



OVERSIKTSKART, LÆRDAL

Målestokk 1:50 000



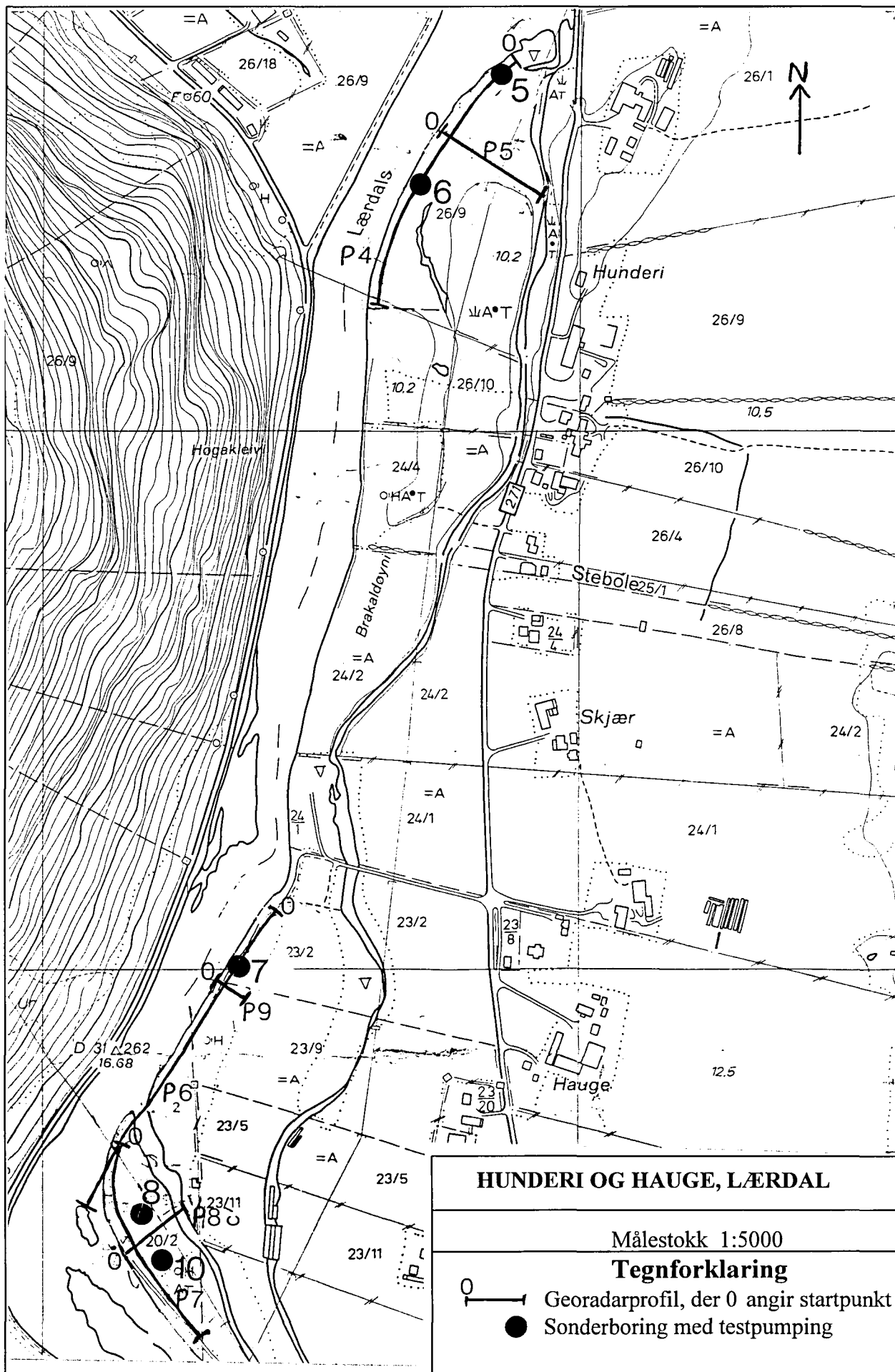
420

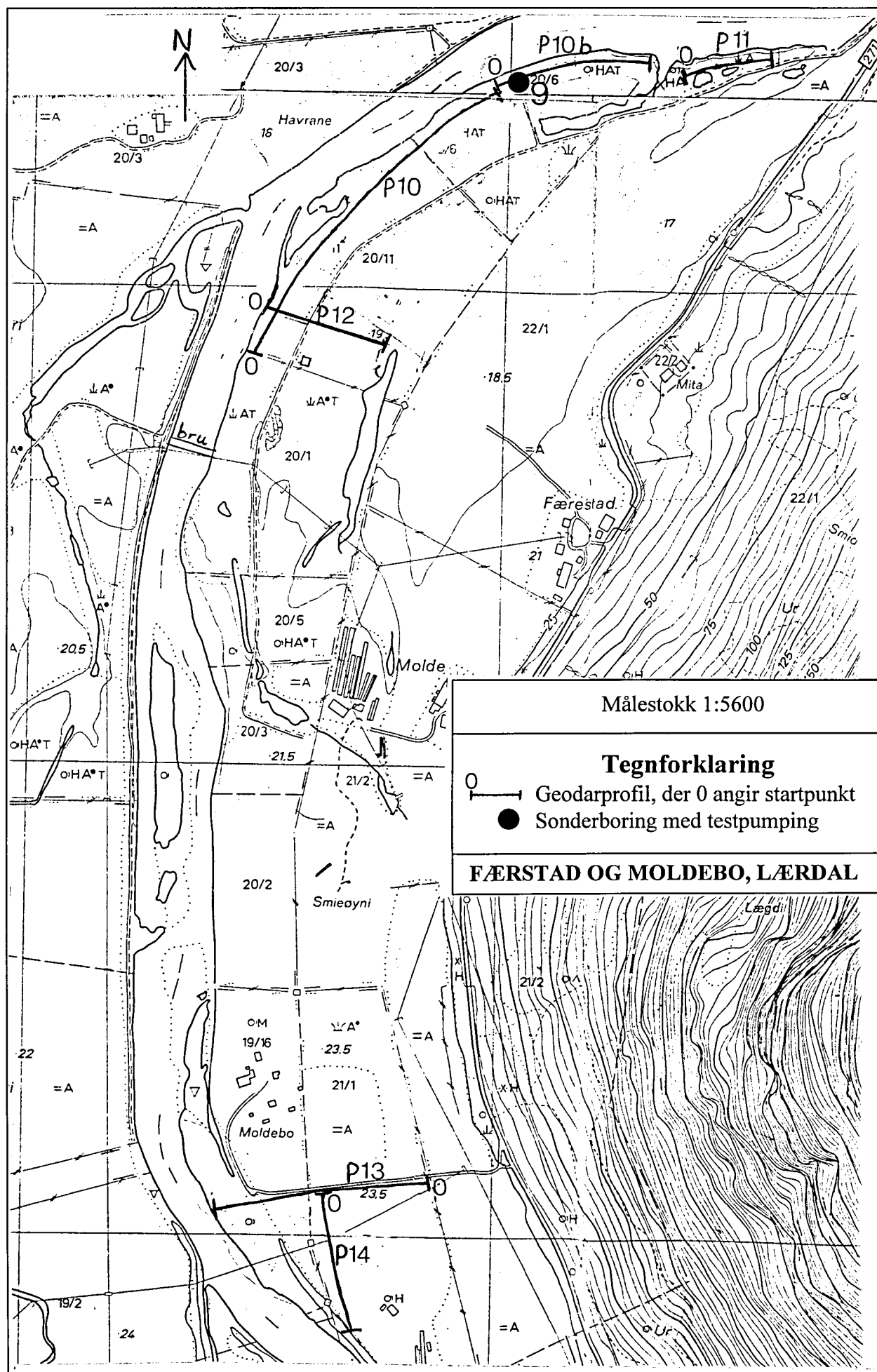
Målestokk 1:5000

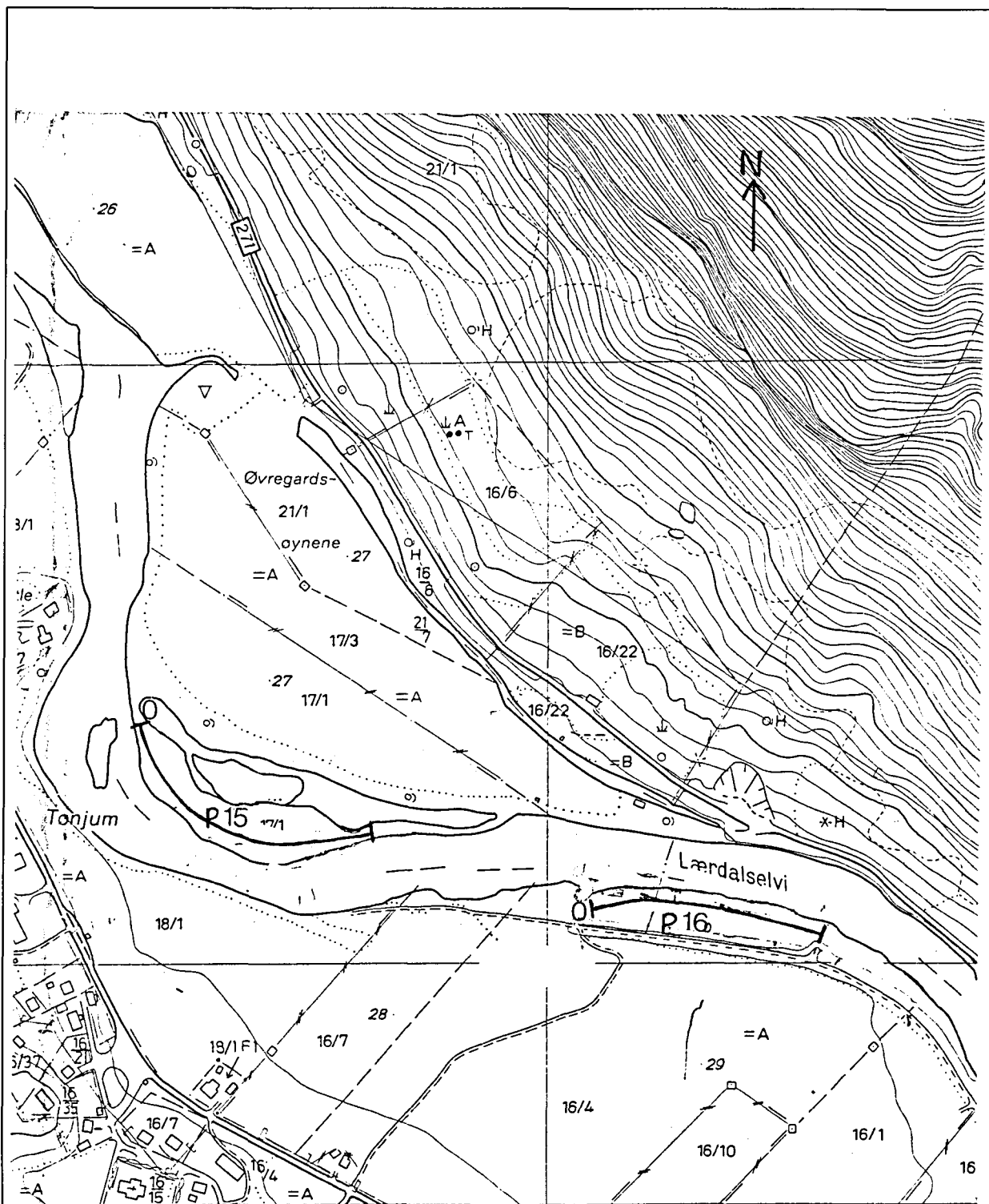
MJELDO, LÆRDAL

Tegnforklaring

- 0 — Georadarprofil, der 0 angir startpunkt
- ★ Sonderboring
- Sonderboring med testpumping







420

(VOLL)

Målestokk 1:5000

Tegnforklaring

TØNJUM, LÆRDAL

0 ————— Geodarprofil, der 0 angir startpunkt

TEKSTBILAG

- 1 Metodebeskrivelse av georadarundersøkelser
- 2 Metodebeskrivelse av hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder.

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

Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil føre til hurtigere dempning av bølgepulserne og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin silt og leire vil penetrasjonen være helt ubetydelig. I dårlig ledende materiale som f.eks. tørr sand, kan det forventes en dybderekkevidde på flere titalls meter når det benyttes en lavfrekvent antenne (f.eks. 50 eller 100 Mhz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

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

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

HYDROGEOLOGISKE OG HYDROKJEMISKE FELT- OG LABORATORIEMETODER

1 SONDERBORINGER I LØSMASSER

a) Metodikk

Standard sonderboringer i løsmasser blir gjort med Borros borerigg og Ø57 mm krone med vannspyling. Boringen er hydraulisk drevet og kan gjøres med både rotasjon og slag. Vanligvis bores det til 20-30 m dyp eller til fjell, men ellers er lengden av sonderstrengen eneste begrensning i mulig boredyp. For å få en mest mulig sikker kontroll av fjelldyp, bores det min. 0.5 m ned i fjellet.

Sonderboringer kan også gjøres med håndholdt borutstyr (pionar slagbormaskin). Det benyttes 40 mm firkantet sonderspiss og Ø25 mm sonderstenger av en meters lengde. Denne boremetoden er mest brukt på lokaliteter med vanskelig tilgjengelighet og ved grunne boringer.

b) Dataregistreringer

Under boring med Borros borerigg registreres borsynk (sekund/m), vanntrykk (kg), om det brukes slag under boring og karakterisering av boreslammet (farge og kornstørrelse). Ved sonderboring med håndholdt borutstyr registreres borsynk og friksjonslyden ved dreining av sonderspissen.

c) Tolkning

Ut fra dataregistreringene og egne vurderinger gjør boreingeniøren en tolkning av massene for hver meter. Fargen på boreslammet sier i tillegg noe om det er oksyderende (brunt spylevann) eller reduserende forhold (grått spylevann) i magasinet. Hvis spylevannet forsvinner i grunnen, gir vanntrykket en indikasjon på massenes hydrauliske ledningsevne.

Ved sonderboring med håndholdt borutstyr vurderes løsmassetyper for hver meter ut fra borsynk, dreiemotstand og friksjonslyd ved dreining av sonderspissen.

2 TESTPUMPINGER

a) Metodikk

Hvis sonderboringen indikerer egnede masser for grunnvannsuttak, blir det boret en undersøkelsesbrønn for kapasitetsmålinger og prøvetaking av masser og grunnvann i bestemte nivå i magasinet. Brønnen bores med samme utstyr som sonderboringene og den settes ned i et forboret hull. Undersøkelsesbrønner lages av Ø32 mm damprør med en meter filterlengde bestående av 3-5 mm brede slisser. Det finnes også spesielle sandspisser til dette formålet. Før testpumpingen spyles brønnen ren for masser som har trengt inn under boring. Testpumpingen

skjer ved bruk av bensindrevet sugepumpe med en kapasitet på 5 l/s. For å kunne vurdere kapasiteten i hvert nivå og for å få klart grunnvann til prøvetaking, må det bygges opp et naturlig grusfilter rundt brønnfilteret. Dette gjøres ved vekselvis spyling og pumping av brønnen, dreining av hele brønnrøret og/eller ved å starte og stoppe pumpa gjentatte ganger. For å få pumpet opp vann med sugepumper må dybden til grunnvannsnivået ikke være større enn 6-7 m.

b) Dataregistreringer

Før pumpingen starter måles grunnvannsstanden i testbrønnen. I hvert nivå hvor det blir testpumpet, blir brønnens vanngiverevne målt (l/s) og det blir tatt prøver av grunnvannet etter ca. 15 min. pumping. Grunnvannsstanden blir også målt like etter pumpingen. I tillegg blir det gjort en bedømming av vanngjennomgangen ut fra hvor raskt nedspylt vann synker i testbrønnen. Ved en undersøkelse av en grunnvannsføremst er det vanlig med 2-10 undersøkelsesbrønner som prøvetas og testpumpes i 2-5 forskjellige nivå.

c) Tolkning

De forskjellige nivåenes vanngiverevne, vanngjennomgangen i massene og senkningen av grunnvannsstanden under testpumpingen blir brukt til en helhetlig vurdering av grunnvannsmagasinet's hydrauliske egenskaper og til å bestemme lokalisering og filterplassering til eventuelle fullskala pumpebrønner.

3 SEDIMENTPRØVETAKING

Sedimentprøver kan tas av oppspylte/oppumpede masser i hvert nivå hvor det blir testpumpet. Vanligvis tas det oppumpede prøver, men i tilfeller med lav grunnvannsstand eller for liten prøvemengde ved pumping, tas det oppspylte prøver. Oppspylte prøver tas etter at brønnen er spylt ren for masser som er trengt inn under boring, mens oppumpede prøver tas like etter oppstart av testpumpingen. Disse sedimentprøvene er ikke helt representative for jordarten idet man mister korn større enn filteråpningen og de minste korna som ikke sedimenterer i prøvekarer. Ved undersøkelser som stiller strengere krav til representative og mer uforstyrrende prøver blir det benyttet spesielle prøvetakere.

Ut fra sedimentprøvenes kornfordeling kan man gjøre overslag av massenes hydrauliske ledningsevne og anbefale filteråpning på eventuelle produksjonsbrønner.

4 BORINGER AV FJELLBRØNNER

a) Metodikk

Fjellbrønner blir boret med Nemec borerigg og Ø140 mm borkrone med luftspyling. Det blir benyttet føringsrør ned til fast fjell. Boreriggen kan bore skråbrønner, opptil 45° fra loddlinjen. Vanligvis blir det boret til 60-150 m dyp, men boringen kan bli avsluttet før på

grunn av fare for innrasing i hullet (løst fjell) eller på grunn av klare indikasjoner på tilstrekkelige vannmengder på mindre dyp.

b) Dataregistrering

Under boring registreres borsynk, farge på borkaks, svakhetssoner/sprekker, dybde til eventuelle vanninnslag og anslått mengde vann som blåses opp under boring.

c) Tolkning

Ut fra fargen og forandringer av fargen på borkakset kan man vurdere bergartstype, type svakhetssone og bergartsgrenser. Vannmengden som blåses opp under boring gir grunnlag for kapasitetsanslag.

5 TESTPUMPINGER AV FJELLBRØNNER

Til testpumping av fjellbrønner benyttes en Ø95 mm elektrisk dykkpumpe og strømaggregat. Pumpa plasseres på min. 45 m dyp, eller ca. 2 m over bunnen hvis brønnedypet er mindre enn 45 m. Kapasiteten kan måles på flere måter. En metode er å først lense borhullet (til pumpa suger luft) og så måle utpumpet vannmengde over en periode på 1-3 timer. Hvis brønnens kapasitet er så stor at pumpa ikke greier å lense hullet, kan kapasiteten beregnes ut fra senkningen av grunnvannsspeilet og pumperaten.

6 FULLSKALA, LANGTIDS PRØVEPUMPING

a) Metodikk

Fullskala, langtids prøvepumping av løsmassebrønner kan skje ved bruk av forskjellige brønntyper og pumper avhengig av forventet grunnvannsnivå under pumping, pumperate og av sjansene for at brønnen senere kan benyttes til produksjonsbrønn.

Tabell 1: Brønn- og pumpetyper som benyttes til fullskala prøvepumping.

Brønntype	Pumpetype	Pumperate	Grunnvannsstand under pumping	Produksjonsbrønn
Ø50-100 mm dampør med oppslisset filter	El. Sugepumpe (tørroppstilt)	1-20 l/s pr. brønn	Mindre enn ca. 6 m under overflaten	Nei
Ø50-76 mm brønn i rustfritt stål og med f.eks. Con Slot filter	El. Sugepumpe (tørroppstilt)	1-10 l/s pr. brønn	Mindre enn ca. 6 m under overflaten	Ja
Ø 150-500 mm rørbrønn.	El. Senkpumpe	1-50 l/s pr. brønn	Ingen begrensning	Ja

For å kunne måle grunnvannsnivået rundt prøvebrønnen før og under pumpeperioden blir det satt ut observasjonsbrønner av Ø32 mm dampør med filter bestående av oppslisset rør. Det er viktig at disse brønnene blir satt ned i samme nivå som filteret på prøvebrønnen eller i et nivå med god hydraulisk kommunikasjon til prøvebrønnen. Opp-pumpet grunnvann blir ledet bort

fra brønnens influensområde eller til et vassdrag med mye større vannføring enn pumperaten for å unngå reinfiltrasjon og tilbakestrømning til pumpebrønnen.

b) Dataregistrering

Før og under prøvepumpingen blir grunnvannsstanden i observasjonsbrønnene målt ved hjelp av et spesiallaget målebånd. Målingene blir gjort med korte tidsintervall i starten og stadig lengre intervall etter hvert. I tillegg blir pumperaten målt, enten manuelt med målekar og stoppeklokke eller ved hjelp av automatisk vannmåler. Det prøvempes i min. 3 måneder, men for større vannverk bør det prøvempes ett år slik at man får med eventuelle seshongvariasjoner i nedbør og vannføring i nærliggende vassdrag som kan ha innvirkning på kapasitet og grunnvannskvalitet.

c) Tolkning

Pumperaten og senkningen av grunnvannsnivået under pumping gir grunnlag for beregning av hydrauliske parametere som igjen brukes til vurderinger av magasinets/brønnens totale kapasitet og utbredelsen av klausulerinssonene (se GiN-veileder nr. 7).

d) Langtids prøvepumping av fjellbrønner

Langtids prøvepumping av fjellbrønner skjer stort sett etter de samme prinsipper som prøvepumping av løsmassebrønner. Pumpeperioden bør være minst tre måneder. Pumpa bør dimensjoneres ut fra kapasiteten funnet ved testpumpingen og maksimal løftehøyde (i en driftsfase). Som oftest har man ingen eller svært få peilebrønner rundt pumpebrønnen. Dette gjør det vanskelig å beregne hydrauliske parametere og størrelsen på klausuleringssoner. Kapasiteten måles sikrest ved bruk av automatisk vannmåler på utløpsledningen fra pumpa etter at pumperaten er regulert slik at vannstanden i borehullet innstiller seg i et konstant nivå like over pumpa. Det er da likevekt mellom uttatt vannmengde og det maksimale tilsiget av grunnvann til brønnen. Utløpsledningen føres såpass langt bort fra brønnen at det ikke kan skje reinfiltrasjon av opp-pumpet vann langs brønnrøret eller i nærliggende fjellsprekker som står i hydraulisk kontakt med grunnvannsmagasinet.

Under pumpeperioden tas det vannprøver til både fysikalsk-kjemiske og bakteriologiske analyser minimum en gang pr. måned.

7 VANNPRØVETAKING

Under grunnvannsundersøkelser tas det vannprøver til fysikalsk-kjemiske analyser fra:

- undersøkelsesbrønner i løsmasser
- borede fjellbrønner
- kildeutslag
- prøvepumpingsbrønner
- nærliggende produksjonsbrønner
- nærliggende overflatevann som kan infiltrere i grunnvannsmagasinet

Prøvetakingen av grunnvann fra undersøkelsesbrønner blir tatt etter min. 15 min. pumping og fra borede fjellbrønner etter min. 1 times pumping. Vannprøver fra eksisterende produksjonsbrønner tas så nær inntaket som mulig.

Hver vannprøve omfatter en 500 ml ufiltrert prøve til analyse av pH, elektrisk ledningsevne, alkalitet, turbiditet og fargetall, en filtrert (0.45 µm papirfilter) 100 ml prøve til anionanalyser og en 100 ml filtrert og surgjort prøve (tilsatt 0.5 ml ultraren 65 % salpetersyre) til kationanalyser. Vannprøvene blir lagret i kjølerom/kjøleskap før analyse på NGU's laboratorium.

8 FELTANALYSER

Feltanalyser blir gjort for å få en foreløpig vurdering av grunnvannskvaliteten, og av parametre som må/bør analyseres i felt. Aktuelle kationer og anioner (Fe, Mn, NO₃), CO₂-innhold og O₂-innhold blir bestemt ved bruk av fargespektrometri, mens til feltmålinger av pH, Eh og ledningsevne brukes sensoriske metoder.

Den største fordelen med feltanalysene er at de gir raske indikasjoner på grunnvannskvaliteten. Dette kan ha stor betydning for feltundersøkelsene i og med at foreløpige resultater av grunnvannskvalitet gir grunnlag for omprioriteringer av boringer/lokaliteter og grunnlag for lokalisering og filterplasseringen av testbrønner. Forundersøkelser og nedsetting av testbrønner kan dermed gjøres i samme tidsrom.

9 LABORATORIEUNDERSØKELSER

I forbindelse med grunnvannsundersøkelser blir det ved NGU's laboratorium utført kornfordelingsanalyser av masseprøver og fysikalsk-kjemiske analyser av grunnvannsprøver. Kornfordelingen er bestemt ved tørrsiktning av materiale større enn 0.063 mm med bruk av følgende siktesats: 0.0625 mm, 0.125 mm, 0.25 mm, 0.5 mm, 1.0 mm, 2.0 mm, 4.0 mm, 8.0 mm og 16 mm. Hvis mer enn 10 % av prøven er mindre enn 0.0625 mm blir det kjørt sedigrafanalyse på oppslemmet materiale av denne prøvedelen.

Som standard analyseres følgende fysikalsk-kjemiske parametre på vannprøver:

- | | |
|----------------|---------------|
| - ledningsevne | - turbiditet |
| - pH | - 30 kationer |
| - alkalitet | - 7 anioner |
| - fargetall | |

Bestemmelse av ledningsevne blir gjort etter Norsk Standard (NS) 4721 og måleinstrumentet er et Radiometer CDM 83 Conductivity meter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.004 mS/m og en målenøyaktighet på ± 2% for verdier over 0.2 mS/m, ± 0.004 mS/m i måleområdet 0.004-0.2 mS/m og ± 0.003 mS/m i måleområdet < 0.004 mS/m.

pH-verdien blir bestemt etter NS 4720 og måleinstrumentet er et Radiometer PHM 84 Research pH meter med en analyseusikkerhet på ± 0.05 pH.

Bestemmelse av alkalitet blir gjort etter NS 4754. Måleinstrumentet er et Radiometer PHM 84 Research pH-meter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.03 mmol/l og en målenøyaktighet på ± 2.5 % for verdier over 2.0 mmol/l, ± 0.04 mmol/l i måleområdet 0.2-2 mmol/l og ± 0.03 mmol/l i måleområdet 0.03-0.2 mmol/l.

Fargetallet bestemmes etter NS 4787 og instrumenttypen er et SHIMADZU UV-1201 Spektrofotometer med en nedre bestemmelsesgrense på 1.4 og en analyseusikkerhet på ± 7.5 %.

Bestemmelse av turbiditet blir gjort etter NS 4723. Måleinstrumentet er et Hach 2100 A Turbidimeter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.05 FTU og en analyseusikkerhet på ± 0.04 FTU i måleområde 0.05-1.0, ± 0.4 FTU i måleområde 1.0-10, ± 4 FTU i område 10-100 og ± 40 FTU i område 100-1000 FTU.

Standardanalyse av 30 forskjellige elementer bestemmes ved ICP og bruk av måleinstrumentet Thermo Jarrell Ash ICP 61. Nedre bestemmelsesgrenser og analyseusikkerhet går fram av tabell 2:

I tillegg kan tungmetaller som Pb, Cd, Hg, As, Se og Sb bestemmes ved bruk av atomadsorpsjon og med en målenøyaktighet som tilfredsstillende de krav som stilles i Forskriftene om vannforsyning og drikkevann m.m. (Sosial- og Helsedepartementet, 1995).

Tabell 2: Nedre bestemmelsesgrense og analyseusikkerhet for analyserte kationer.

Element	Nedre bestemmelsesgrense	Analyseusikkerhet	Element	Nedre bestemmelsesgrense	Analyseusikkerhet
Si	20 ppb	10 %	V	5 ppb	
Al	20 ppb	10 %	Mo	10 ppb	10 %
Fe	10 ppb		Cd	5 ppb	20 %
Ti	5 ppb		Cr	10 ppb	
Mg	50 ppb		Ba	2 ppb	
Ca	20 ppb		Sr	1 ppm	
Na	50 ppb	10 %	Zr	5 ppb	10 %
K	500 ppb	20 %	Ag	10 ppb	10 %
Mn	1 ppb		B	10 ppb	10 %
P	100 ppb		Be	1 ppb	
Cu	5 ppb		Li	5 ppb	20 %
Zn	2 ppb		Sc	1 ppb	
Pb	50 ppb	20 %	Ce	50 ppb	20 %
Ni	20 ppb		La	10 ppb	10 %
Co	10 ppb		Y	1 ppb	

Sju forskjellige anioner bestemmes ved en IC-analyse der instrumenttypen er en Dionex ionekromatograf 2120i. Nedre bestemmelsesgrense går fram av følgende tabell:

Tabell 3: Nedre bestemmelsesgrense for analyserte anioner

ION	F ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻
Nedre bestemmelsesgrense - mg/l	0.05	0.1	0.05	0.10	0.05	0.2	0.1

Analyseusikkerheten er 10 % rel. for alle ionene.

Kvaliteten av analysene er kontrollert ved beregning av ionebalansen (Σ kationer = Σ anioner) Ionebalanseavviket er beregnet etter formelen:

$$(\Sigma\text{kationer} - \Sigma\text{anioner}) / (\Sigma\text{kationer} + \Sigma\text{anioner}) \times 100 \%$$

Avhengig av totalkonsentrasjonen kan ionebalanseavviket si om totalkvaliteten i analysen er tilfredsstillende. Ionebalanseavviket bør være mindre enn følgende verdier for at analysen er akseptabel:

Σ Anioner + Σ kationer [mekv/l]	20	7	0.9
Ionebalanseavvik [%]	2	3	12

Sammenligning av totalt ioneinnhold og målt elektrisk ledningsevne gir også muligheter for å kontrollere analyseresultatene.

NGU, faggruppe for laboratorier er akkreditert for alle de nevnte analysene (akkrediteringsdokument P020), og en nærmere beskrivelse av kvalitetssikring, produksjonsrutiner og måleutstyr er gitt i NGU-SD 0.1 Kvalitetshåndbok for NGU-lab.

LITTERATUR

Sosial- og helsedepartementet, 1995: Forskrifter om vannforsyning og drikkevann m.m.

Bjerkli, K., 1994: NGU-SD 0.1 Kvalitetshåndbok for NGU-LAB. *Norges geologiske undersøkelse*.

GiN-veileder nr. 3, 1990: Grunnvannsundersøkelser i løsmasser. *Norges geologiske undersøkelse, Miljøverndepartementet*.

GiN-veileder nr. 6, 1990: Grunnvatn i fjell til spreidd busetnad. *Norges geologiske undersøkelse, Miljøverndepartementet*.

GiN-veileder nr. 7, 1990: Grunnvann. Beskyttelse av drikkevannskilder. *Norges geologiske undersøkelse, Miljøverndepartementet*.

DATABILAG

Databilag 1.1-1.10	Borprofiler
Databilag 2.1-2.4	Kornfordelingsanalyser
Databilag 3.1-3.4	Analyseresultater av fysikalsk-kjemiske parametere

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Mjeldo, Lærdal

UTFØRT DATO: 17.09.96

BORPUNKT NR: 1

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X **UNDERSØKELSESRØNN:** X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1417 II **SONE:** 32 **Ø-V:** 4200 **N-S:** 67750

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 6 moh

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 1,5 m

MERKNAD: 8 m rør står igjen

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	stein, grus og sand		DS	0	B				
1,5	stein, grus og sand	1,15	S	0					
3,5	grus og sand	0,30	DS	0					
5,5	grusig sand	0,25		0		7,6	15	4,0	MP+VP
5,5	grusig sand	0,30		0					
7,5	sand	0,30		0		7,1	15	4,0	MP+VP
7,5	sand	1,05		0-3					
9,5	sand	0,50		2		8,2		0,2	Organisk innhold, dårlig lukt
9,5	sand/finsand	0,40		2					
11,5	sand/finsand	0,30		0					dårlig vanngj.gang
11,5	sand/finsand	0,25		0					
13,5	finsand	0,15		3					
13,5	finsand	0,15		5					
15,5	finsand	0,15		5					
15,5	finsand	0,20		5					
17,5	finsand	0,20		5					
17,5	finsand	0,20		5					
19,5	finsand	0,20		5					
19,5	finsand	0,20		5					
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Mjeldo, Lærdal

UTFØRT DATO: 17.09.96

BORPUNKT NR: 2

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X **UNDERSØKELSESTRØNN:**

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1417 II **SONE:** 32 **Ø-V:** 4200 **N-S:** 67751

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 6 moh

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 1,5 m

MERKNAD:

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	stein, grus og sand		DS	0					
3,5	stein, grus og sand grus og sand	0,55 0,35	DS DS	0 0					
5,5	grusig sand sand	0,40 0,45		0 0					
7,5	sand sand	0,40 0,35		2-5 4					
9,5	finsand finsand	0,20 0,10		0 0					
11,5	finsand finsand	0,10 0,10		0 0					
13,5	finsand finsand	0,10 0,12		5 5					
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Mjeldo, Lærdal

UTFØRT DATO: 17.09.96

BORPUNKT NR: 3

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSESRØNN: X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1417 II SONE: 32 Ø-V: 4200 N-S: 67749

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 6 moh

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 1,5 m

MERKNAD:

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	stein, grus og sand		DS	0					
	stein, grus og sand	1,05	DS	0					
3,5	stein, grus og sand	2,10	S	10-15					Hardt pakket
	grusig sand	0,50	DS	0					
5,5	grus	1,25	DS	0					
	sand og grus	1,25	DS	2-5					
7,5	grusig sand	0,35		5				< 0,2	Dårlig vanngjennomgang
	sand	0,35		2					
9,5	sand	0,40		0				< 0,2	Dårlig vanngj. gang, bark i sand
	finsand	0,25		1					
11,5	finsand	0,25		1					
	finsand	0,25		4					
13,5	finsand	0,20		4					
	finsand	0,20		5					
15,5	finsand	0,25		5					
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Mjeldo, Lærdal

UTFØRT DATO: 17.09.96

BORPUNKT NR: 4

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSEBRØNN: X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1417 II **SONE:** 32 **Ø-V:** 4200 **N-S:** 67748

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 7 moh

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 1,5 m

MERKNAD:

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	stein, grus og sand		DS	0					
3,5	stein, grus og sand	1,00	DS	0					
	sand	0,40	DS	0					
5,5	sand	0,20		0		6,1	15	1,0	MP+VP
	sand	0,30		0					
7,5	sand	0,40		0		5,6	15	1,7	MP, dårlig lukt og smak
	sand	0,40		0					
9,5	sand/finsand	0,25		0		6,6	15	0,5	Dårlig lukt og smak, bark i sand
	finsand	0,35		3					
11,5	finsand	0,35		3					
	finsand	0,25		1					
13,5	finsand	0,35		2					
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Hunderi, Lærdal

UTFØRT DATO: 18.09.96

BORPUNKT NR: 5

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSESRØNN: X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1417 II

SONE: 32

Ø-V: 4203

N-S: 67746

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 9 moh

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 2,5 m

MERKNAD:

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	stein, grus og sand		S	0	G				
3,5	stein, grus og sand sand og grus	1,15 1,20	DS S	0 0-6					
5,5	sand og grus sand	0,45 0,45	DS	2 0		9,2	15	4,0	MP+VP
7,5	sand sand	0,35 0,45		5 5		8,0	15	4,0	MP+VP
9,5	sand sand	1,10 1,30		5 5		7,2	15	1,3	MP+VP
11,5	sand sand	0,40 1,15	DS	2 0			15	2,2	MP+VP
13,5	finsand finsand	0,20 0,20	S S	4 4				0,3	Dårlig lukt og smak
15,5	finsand finsand	0,20 0,20	S S	4 4					
17,5	finsand finsand	0,25 0,25	S S	5 5					
19,5	finsand finsand	0,25 0,25	S S	4 4					
21,5	finsand finsand	0,15 0,15		5 5					
23,5	finsand finsand	0,10 0,10	S S	5 5					
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Hunderi, Lærdal

UTFØRT DATO: 18.09.96

BORPUNKT NR: 6

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSESRØNN: X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1417 II **SONE:** 32 **Ø-V:** 4202 **N-S:** 67744

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 10 moh

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 2,5 m

MERKNAD:

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	stein, grus og sand		S	0	G				
	stein, grus og sand	1,05	S	0					
3,5	stein, grus og sand	0,50	DS	0					
	sand	0,15		0					
5,5	sand	0,10		0					
	sand	0,15		0					
7,5	sand	0,25		0		6,3	15	3,3	MP+VP
	sand	0,25		3					
9,5	sand/finsand	0,45		4					
	finsand	0,25	S	6					
11,5	finsand	0,25	S	6				0,2	Dårlig lukt og smak
	finsand	0,25	S	6					
13,5	finsand	0,25	S	5					
	finsand	0,25	S	5					
15,5	finsand	0,25	S	5					
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Hauge, Lærdal

UTFØRT DATO: 19.09.96

BORPUNKT NR: 7

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSESRØNN: X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1417 II **SONE:** 32 **Ø-V:** 4200 **N-S:** 67737

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 12 moh

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 2,5 m

MERKNAD:

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	stein, grus og sand		S	0					
	stein, grus og sand	0,55	S	0					
3,5	grus	0,25		0					
	sand og grus	1,00	DS	0-5					
5,5	sand og grus	0,50	S	0			15	1,7	MP+VP
	sand	0,15		0					
7,5	sand	0,15		0					
	sand + gruslag	0,30		0					
9,5	sand	0,35		0		6,6	15	0,5	MP+VP, dårlig lukt og smak
	sand	0,30		0					
11,5	sand	0,30		0					
	finsand	0,30		0					
13,5	finsand	0,40		0					
	finsand	0,50		0					
15,5	finsand	0,50		0					
	finsand	0,30		0-2					
17,5	finsand	0,40		2					
	finsand	0,25		5					
19,5	finsand	0,25		5					
	finsand	0,20		5					
21,5	finsand	0,20		5					
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Hauge, Lærdal

UTFØRT DATO: 19.09.96

BORPUNKT NR: 8

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSESTRØNN: X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1417 II **SONE:** 32 **Ø-V:** 4199 **N-S:** 67735

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 12 moh

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 2,5 m

MERKNAD: 16 m rør står igjen

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	stein, grus og sand		S	0	G				
3,5	stein, grus og sand	1,15	S	0					
	grus og sand	1,00	S	0					
5,5	sand og grus	0,35	DS	0-5					
	grusig sand	0,55		0					
7,5	grus	1,05	DS	0					
	grusig sand	1,25	DS	0		6,9	15	2,3	MP+VP
9,5	sand	0,40		0					
	sand	0,40		0					
11,5	sand	0,50		0					
	sand	0,45		0		6,2	15	0,9	MP+VP
13,5	sand	0,55		0					
	sand	0,55		0		5,7	15	3,3	MP+VP
15,5	sand	0,50		0					
	sand	1,10	DS	0		5,8		2,5	
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Færstad, Lærdal

UTFØRT DATO: 19.09.96

BORPUNKT NR: 9

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSESRØNN: X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1417 II **SONE:** 32 **Ø-V:** 4198 **N-S:** 67725

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 17 moh

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 2,0 m

MERKNAD:

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	stein, grus og sand		DS	0					
3,5	stein, grus og sand	1,10	S	0					
	grusig sand	1,10	S	0					
5,5	grusig sand	0,35		0-5					
	grusig sand	0,45		0					
7,5	grusig sand	0,50		0					
	grusig sand	0,50	DS	3		10,8	15	4,0	MP+VP
9,5	grusig sand	1,00		5					
	sand	1,20		5					
11,5	sand	1,00	DS	5-10					
	sand	0,50	DS	8-10		10,5	15	5,0	MP+VP
13,5	sand	0,45	DS	3					
	sand	0,40	DS	5-8					
15,5	sand + gruslag	1,00	DS	5					
	sand + gruslag	1,10	DS	5					
17,5	sand	0,45	S	5					
	sand	0,35	S	7		5,1	15	2,5	MP+VP
19,5	sand	0,35	S	4					
	sand	0,45	S	7					
21,5	sand	0,40	S	6					
	sand	0,45	S	6		5,9	15	1,0	MP+VP, Litt bark
23,5	sand	0,50	S	5					
	sand	1,10	DS	8					
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Hauge, Lærdal

UTFØRT DATO: 20.09.96

BORPUNKT NR: 10

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSESRØNN: X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1417 II **SONE:** 32 **Ø-V:** 4199 **N-S:** 67734

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 12 moh

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 2,5 m

MERKNAD: 12 m rør står igjen

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	stein, grus og sand		DS	0	B				
3,5	stein, grus og sand grus og sand	1,45 2,00	S S	4-6 0-15					
5,5	sand og grus grusig sand	1,25 1,10	DS DS	0 8					
7,5	grusig sand grusig sand	1,10 1,20	DS DS	0-5 0-4					
9,5	grusig sand grusig sand	0,50 1,10	DS	0 0					
11,5	grusig sand grusig sand	0,50 0,40		0 0					
13,5	sand sand	0,50 0,50		5 0		5,4	15	1,0	MP+VP
15,5	sand sand	0,50 0,45		0 0					
17,5	sand sand	1,15 1,10		5-7 0-5		6,2	15	0,8	MP+VP
19,5	sand sand	0,50 0,45		0-5 0					
21,5	grusig sand grusig sand	0,55 1,35	DS	0 0-6		6,6	15	1,0	MP+VP
23,5	grusig sand grusig sand	1,20 1,40		3 4					
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

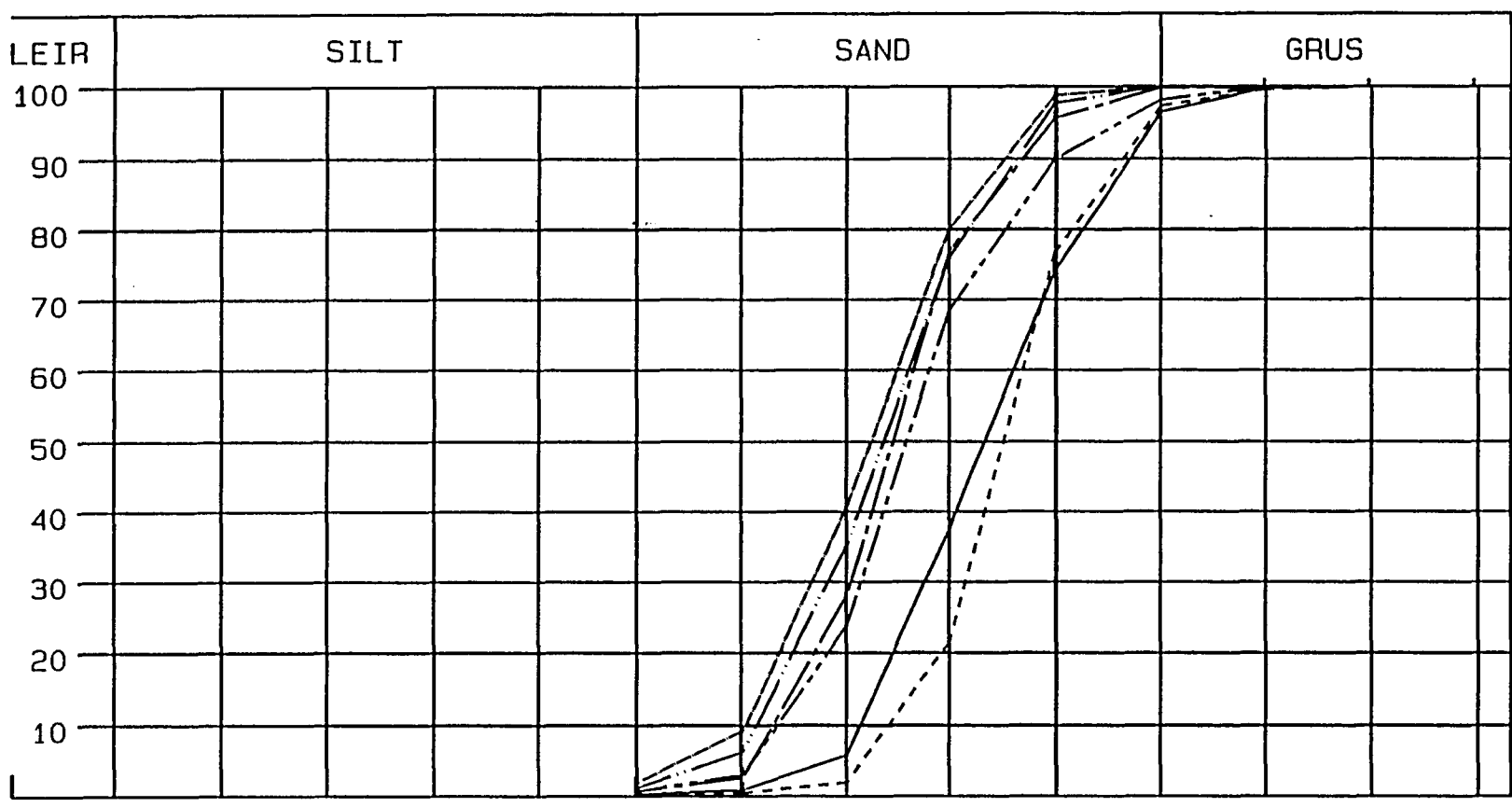
MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDDELINGSKURVE

XXX XXX



MY 2 4 8 16 32 63 0.125 0.25 0.5 1 2 4 8 16
 MM 0.002
 KORNSTØRRELSE

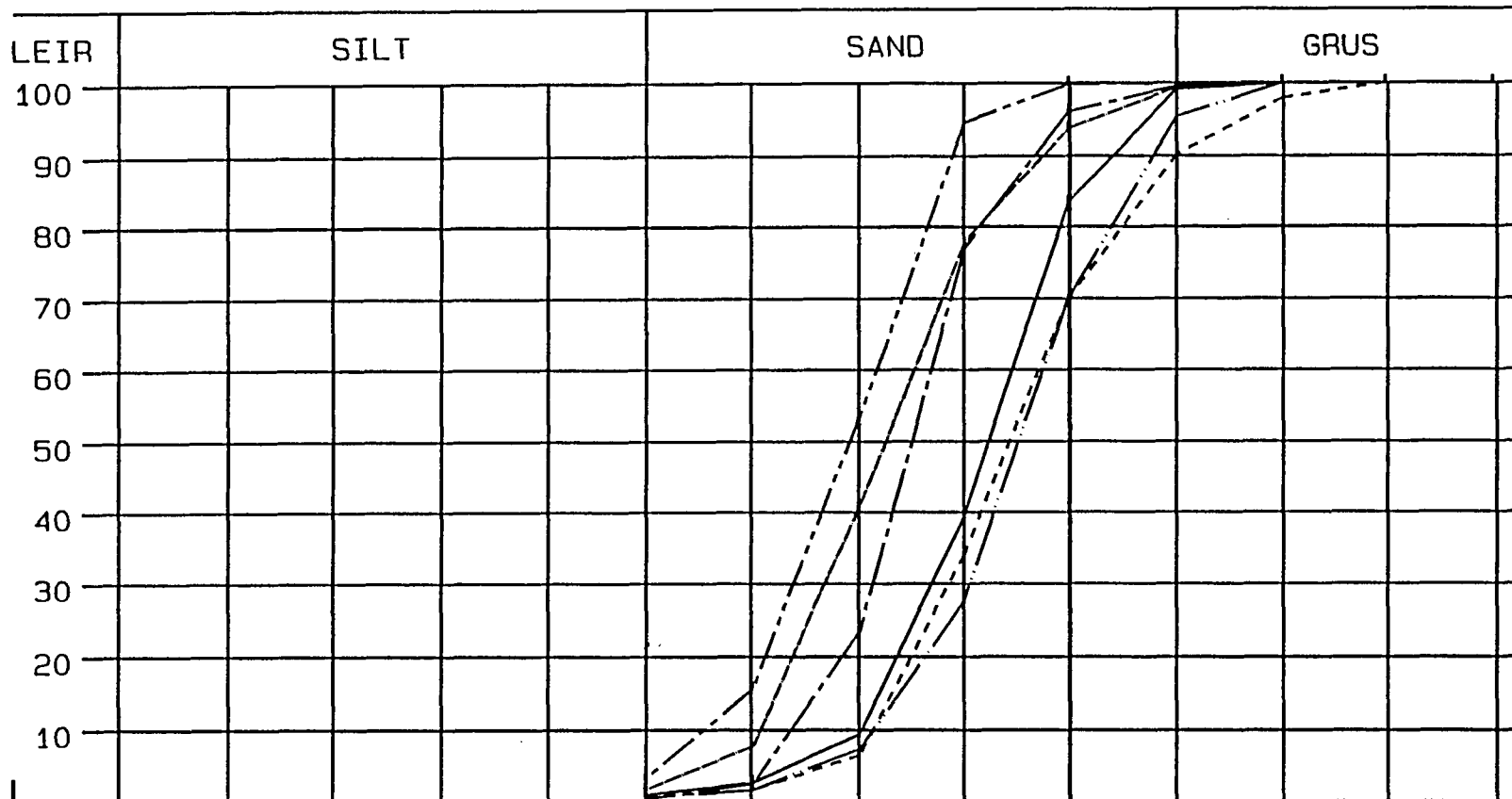
	Sted	Borh. nr.	Dyp (m)	M_d (mm)	d_{10} (mm)	d_{60} (mm)	S_o (d_{60}/d_{10})	k (m/s)	
—————	960381	Mjeldo	1	4,5-5,5	0,63	0,27	0,74	2,74	$1,21 \cdot 10^{-3}$
-----	960382	Mjeldo	1	6,5-7,5	0,72	0,33	0,78	2,36	$1,84 \cdot 10^{-3}$
—————	960383	Mjeldo	1	8,5-9,5	0,29	0,13	0,34	2,62	$0,28 \cdot 10^{-3}$
-----	960384	Mjeldo	4	4,5-5,5	0,34	0,15	0,38	2,53	$0,39 \cdot 10^{-3}$
-----	960385	Mjeldo	4	6,5-7,5	0,37	0,16	0,41	2,56	$0,44 \cdot 10^{-3}$
-----	960386	Mjeldo	4	8,5-9,5	0,32	0,14	0,35	2,50	$0,34 \cdot 10^{-3}$

M_d : midlere kornstørrelse, k : hydraulisk ledningsevne utledet av d_{10} og S_o

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDELINGSKURVE

XXX XXX



MY 2 4 8 16 32 63

MM 0.002

KORNSTØRRELSE

0.125 0.25 0.5 1 2 4 8 16

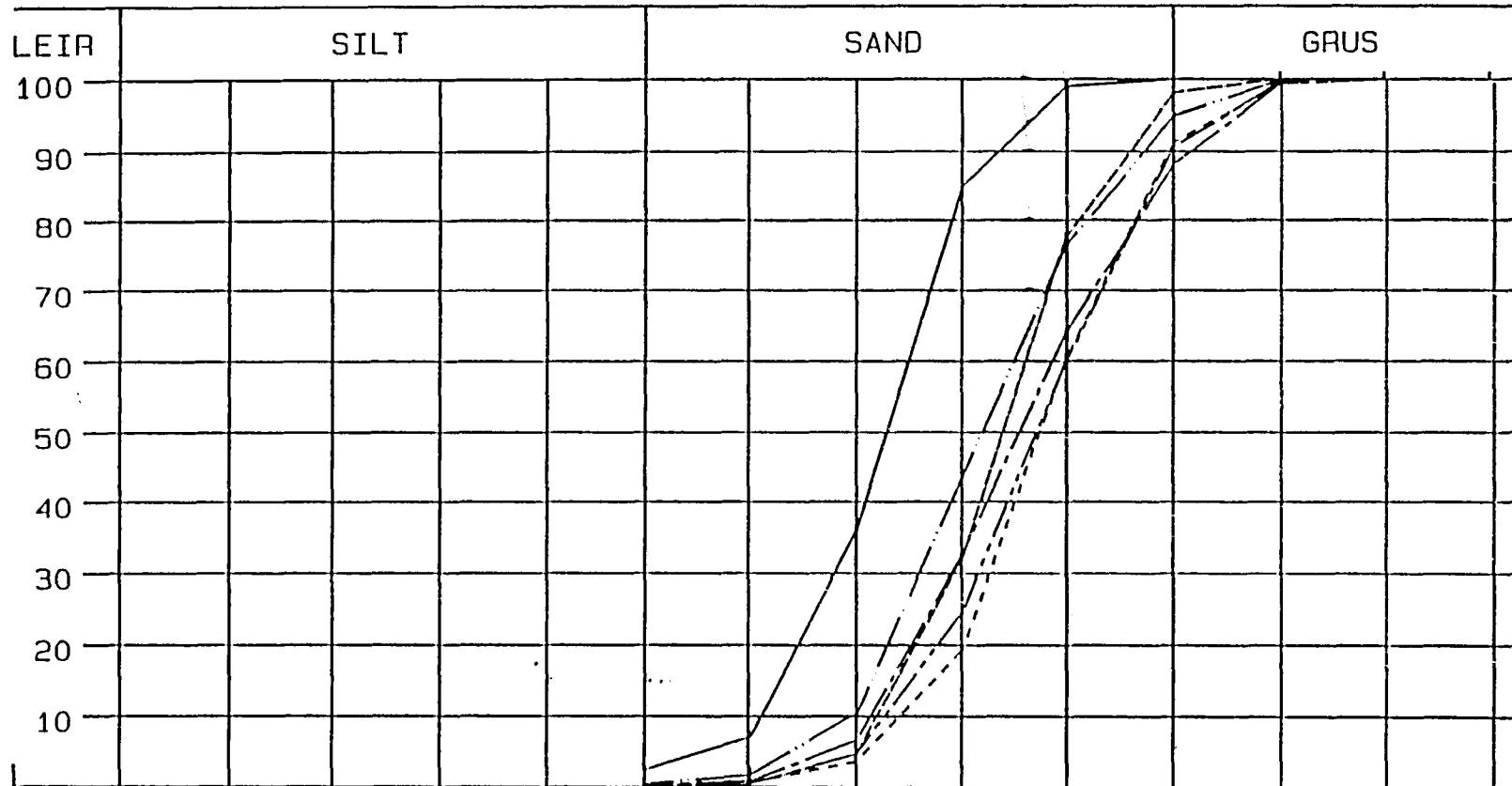
	Sted	Borh. nr.	Dyp (m)	M_d (mm)	d_{10} (mm)	d_{60} (mm)	S_o (d_{60}/d_{10})	k (m/s)	
—————	960387	Hunderi	5	4.5-5.5	0,59	0,25	0,67	2,68	$1,04 \cdot 10^{-3}$
- - - - -	960388	Hunderi	5	6.5-7.5	0,68	0,27	0,76	2,81	$1,20 \cdot 10^{-3}$
—————	960389	Hunderi	5	8.5-9.5	0,30	0,13	0,35	2,69	$0,28 \cdot 10^{-3}$
—————	960390	Hunderi	5	10.5-11.5	0,35	0,16	0,38	2,38	$0,43 \cdot 10^{-3}$
—————	960391	Hunderi	5	12.5-13.5	0,24	0,09	0,28	3,11	$0,13 \cdot 10^{-3}$
—————	960392	Hauge	7	4.5-5.5	0,72	0,28	0,77	2,75	$1,30 \cdot 10^{-3}$

M_d : midlere kornstørrelse, k : hydraulisk ledningsevne utledet av d_{10} og S_o

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDDELINGSKURVE

XXX XXX



MY 2 4 8 16 32 63 0.125 0.25 0.5 1 2 4 8 16
 MM 0.002
 KORNSTØRRELSE

	Sted	Borh. nr.	Dyp (m)	M_d (mm)	d_{10} (mm)	d_{60} (mm)	S_o (d_{60}/d_{10})	k (m/s)	
—————	960393	Hauge	7	6.5-7.5	0,30	0,13	0,34	2,62	$0,28 \cdot 10^{-3}$
- - - - -	960394	Hauge	8	6.5-7.5	0,84	0,33	1,00	3,00	$1,78 \cdot 10^{-3}$
—————	960395	Hauge	8	10.5-11.5	0,66	0,29	0,73	2,52	$1,37 \cdot 10^{-3}$
—————	960396	Hauge	8	12.5-13.5	0,73	0,27	0,86	3,19	$1,17 \cdot 10^{-3}$
—————	960397	Hauge	8	14.5-15.5	0,82	0,30	1,00	3,33	$1,43 \cdot 10^{-3}$
—————	960398	Færstad	9	6.5-7.5	0,57	0,24	0,69	2,88	$0,95 \cdot 10^{-3}$

M_d - middlere Kornstørrelse k - hydraulisk ledningssevne (uttrykt ved d_{10})

VANNANALYSER

FYLKE: Sogn og Fjordane

KART (M711): 1417-2 Lærdalsøyri

KOMMUNE: Lærdal

PRØVESTED: Mjeldo og Hunderi

OPPDRAGSNUMMER: 206/96

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	1 Mjeldo	1 Mjeldo	4 Mjeldo	5 Hunderi	5 Hunderi	5 Hunderi							
Dato	17.09.96	17.09.96	17.09.96	18.09.96	18.09.96	18.09.96							
Brønntype	u.brønn	u.brønn	u.brønn	u.brønn	u.brønn	u.brønn							
Kapasitet	l/s	4,0	4,0	1,0	4,0	1,3	0,3						
Dyp	m	4,5-5,5	6,5-7,5	4,5-5,5	4,5-5,5	8,5-9,5	12,5-13,5						
Brønndimensjon	mm	32	32	32	32	32	32						
X-koordinat	Sone: 32	4200	4200	4199	4203	4203	4203						
Y-koordinat	Sone: 32	67750	67750	67748	67746	67746	67746						
Fysisk/kjemisk							Veiledende verdi	Største tillatte konsentrasjon					
Surhetsgrad, felt/lab	pH	6,30	6,25	7,37	6,24	6,34	6,79	7,5-8,5	6,5-8,5 ²				
Ledningsevne, felt/lab	mS/m	2,4	2,4	62,0	57,2	9,9	9,8	7,9	7,6	86,0	82,7	< 40	
Temperatur	°C	7,6	7,1	6,1	9,2	7,2	7,5	< 12	25				
Alkalitet	mmol/l	0,08	0,09	5,84	0,38	0,29	2,20	0,6-1,0 ²					
Fargetall	mg Pt/l	15,9	10,1	375,4	8,0	2,8	6,1	< 1	20				
Turbiditet	F.T.U	15	1,3	3,0	6,1	2,0	57	< 0,4	4				
Oppløst oksygen	mg O ₂ /l							> ca 9					
Fritt karbondioksid	mg CO ₂ /l							< 5 ²					
Redoks.potensial, E _h	mV												
Anioner													
Fluorid	mg F/l	0,08	0,08	0,57	0,08	0,06	< 0,05						1,5
Klorid	mg Cl/l	0,49	0,49	4,43	8,43	5,86	227	< 25					
Nitritt	mg NO ₂ /l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05						0,16
Brom	mg Br/l	< 0,1	< 0,1	0,25	< 0,1	< 0,1	0,81						
Nitrat	mg NO ₃ /l	0,48	0,53	< 0,05	1,0	0,65	< 0,05						44
Fosfat	mg PO ₄ /l	< 0,2	< 0,2	9,14	< 0,2	< 0,2	< 0,2						
Sulfat	mg SO ₄ /l	3,82	4,02	0,19	11,5	10,1	0,99						100
Sum anioner+alkalitet	meq/l	0,185	0,18	6,00	0,88	0,68	8,62						
Kationer													
Silisium	mg Si/l	1,1	1,2	9,7	2,5	2,6	5,9						
Aluminium	mg Al/l	0,03	0,04	0,31	0,04	< 0,02	< 0,02	< 0,05	0,2				
Jern	mg Fe/l	0,03	0,06	2,5	0,14	0,80	10,3	< 0,05	0,2				
Magnesium	mg Mg/l	0,3	0,3	5,4	1,3	1,1	21,5		20				
Kalsium	mg Ca/l	2,3	2,3	4,1	8,9	6,4	12,2	15-25 ²					
Natrium	mg Na/l	0,99	0,98	123	4,7	4,1	103	< 20	150				
Kalium	mg K/l	< 0,5	0,6	6,4	3,7	2,2	9,8	< 10	12				
Mangan	mg Mn/l	< 0,001	< 0,001	0,018	0,001	0,005	0,059	< 0,02	0,05				
Kobber	mg Cu/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,1	0,3				
Sink	mg Zn/l	0,005	< 0,002	0,005	< 0,002	< 0,002	0,009	< 0,1	0,3				
Bly	mg Pb/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05		0,02				
Nikkel	mg Ni/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02		0,05				
Kadmium	mg Cd/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005		0,005				
Krom	mg Cr/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01		0,05				
Sølv	mg Ag/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01		0,01				
Sum kationer ³	meq/l	0,20	0,198	6,161	0,851	0,645	7,108						
Ionebalanseavvik ⁴	%	5	5	1	-2	-3	-10						

1. Det Kgl. Sosial- og helsedepartementet: Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m (1995).

2. Vannet bør ikke være aggressivt.

3. Sum kationer = Na + Ca + Mg + K.

 4. Ionebalanseavvik = $\frac{\Sigma \text{kationer} - \Sigma \text{anioner}}{(\Sigma \text{kationer} + \Sigma \text{anioner})} \cdot 100\%$

VANNANALYSER

FYLKE: Sogn og Fjordane

KART (M711): 1417-2 Lærdalsøyri

KOMMUNE: Lærdal

PRØVESTED: Hunderi og Hauge

OPPDRAKSNUMMER: 206/96

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted		6 Hunderi	7 Hauge	7 Hauge	8 Hauge	8 Hauge	8 Hauge								
Dato		18.09.96	19.09.96	19.09.96	19.09.96	19.09.96	19.09.96								
Brønntype		u.brønn	u.brønn	u.brønn	u.brønn	u.brønn	u.brønn								
Kapasitet	l/s	3,3	1,7	0,5	2,3	0,9	3,3								
Dyp	m	6,5-7,5	4,5-5,5	8,5-9,5	6,5-7,5	10,5-11,5	12,5-13,5								
Brønndimensjon	mm	32	32	32	32	32	32								
X-koordinat	Sone: 32	4202	4200	4200	4199	4199	4199								
Y-koordinat	Sone: 32	67745	67737	67737	67735	67735	67735								
Fysisk/kjemisk									Veiledende verdi	Største tillatte konsentrasjon					
Surhetsgrad, felt/lab	pH	6,49	6,2	6,28	6,8	6,95	6,18	6,30	5,9	6,24	7,5-8,5	6,5-8,5 ²			
Ledningsevne, felt/lab	mS/m	19,3	17,4	7,7	7,7	180	164	5,2	5,2	9,6	9,4	10,5	10,4	< 40	
Temperatur	°C	6,3	7,2	6,6	6,9	6,2	5,7							< 12	25
Alkalitet	mmol/l	0,95	0,27	5,15	0,17	0,21	0,30							0,6-1,0 ²	
Fargetall	mg Pt/l	14,7	6,5	49,0	7,4	6,1	2,0							< 1	20
Turbiditet	F.T.U	38	14	29	5,9	0,41	0,14							< 0,4	4
Oppløst oksygen	mg O ₂ /l													> ca 9	
Fritt karbondioksid	mg CO ₂ /l													< 5 ²	
Redoks.potensial, E _h	mV														
Anioner															
Fluorid	mg F/l	0,10	0,10	< 0,05	0,07	0,06	0,07								1,5
Klorid	mg Cl/l	14,9	3,32	505	1,92	6,09	6,79							< 25	
Nitritt	mg NO ₂ /l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05								0,16
Brom	mg Br/l	< 0,1	< 0,1	1,08	< 0,1	< 0,1	< 0,1								
Nitrat	mg NO ₃ /l	< 0,05	3,44	< 0,05	1,62	6,71	1,17								44
Fosfat	mg PO ₄ /l	< 0,2	< 0,2	9,14	< 0,2	< 0,2	< 0,2								
Sulfat	mg SO ₄ /l	13,9	12,2	0,19	8,39	16,0	19,9								100
Sum anioner+alkalitet	meq/l	1,67	0,54	19,38	0,43	0,83	0,93								
Kationer															
Silisium	mg Si/l	5,2	3,4	8,5	2,7	3,5	4,1								
Aluminium	mg Al/l	< 0,02	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02							< 0,05	0,2
Jern	mg Fe/l	3,3	0,12	7,7	0,04	0,15	0,05							< 0,05	0,2
Magnesium	mg Mg/l	3,1	1,0	23,7	0,7	1,7	2,0								20
Kalsium	mg Ca/l	15,0	7,6	28,8	5,2	9,2	10,5							15-25 ²	
Natrium	mg Na/l	7,50	3,2	257	1,6	3,3	3,8							< 20	150
Kalium	mg K/l	5,4	2,1	9,3	0,8	1,9	2,0							< 10	12
Mangan	mg Mn/l	0,052	0,003	0,155	0,003	0,003	0,003							< 0,02	0,05
Kobber	mg Cu/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005							< 0,1	0,3
Sink	mg Zn/l	0,003	0,006	0,005	0,004	0,005	0,003							< 0,1	0,3
Bly	mg Pb/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05								0,02
Nikkel	mg Ni/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02								0,05
Kadmium	mg Cd/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005								0,005
Krom	mg Cr/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01								0,05
Sølv	mg Ag/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01								0,01
Sum kationer ³	meq/l	1,47	0,655	14,802	0,408	0,792	0,906								
Ionebalanseavvik ⁴	%	-6	10	-13	-3	-2	-1								

1. Det Kgl. Sosial- og helsedepartementet: Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m (1995).

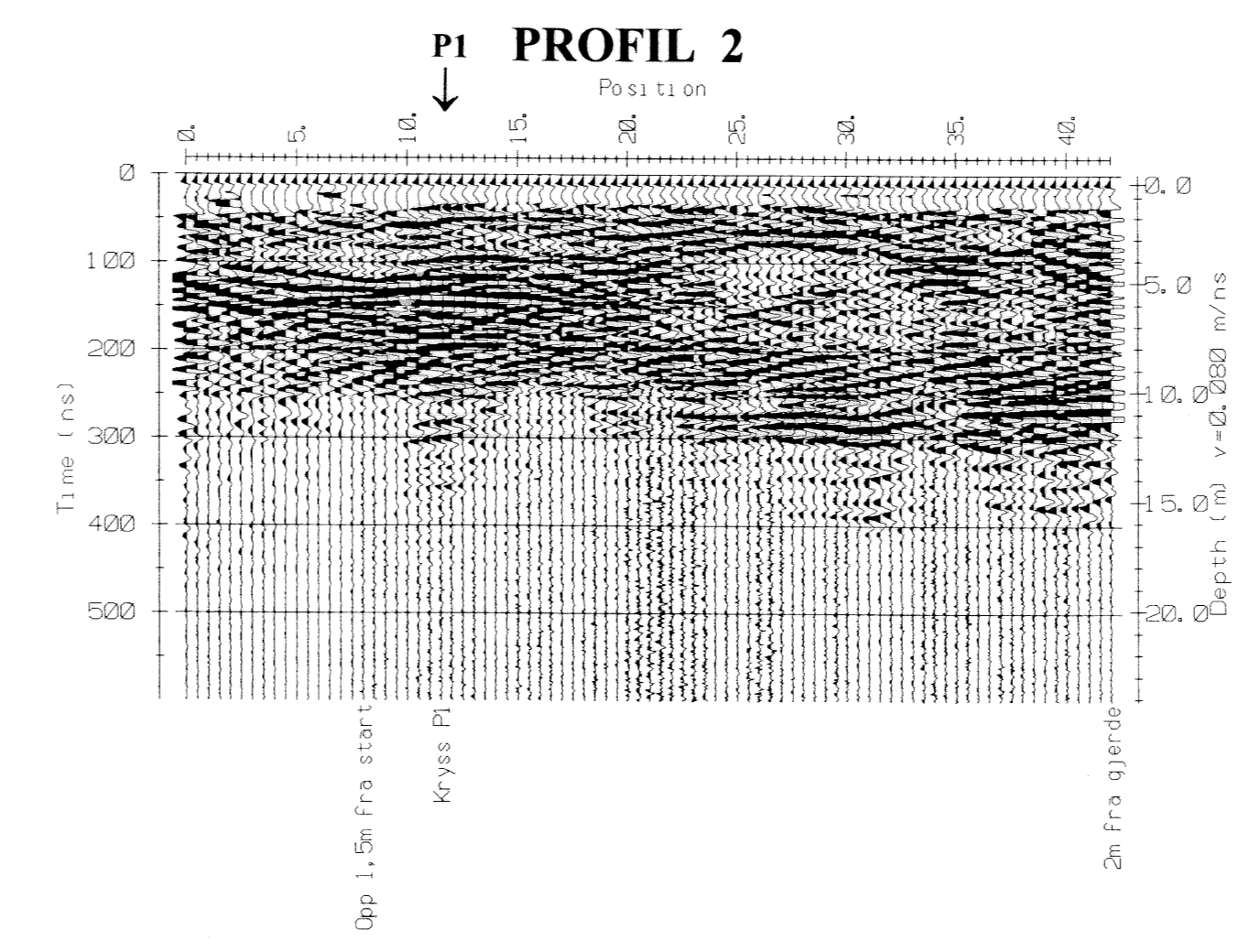
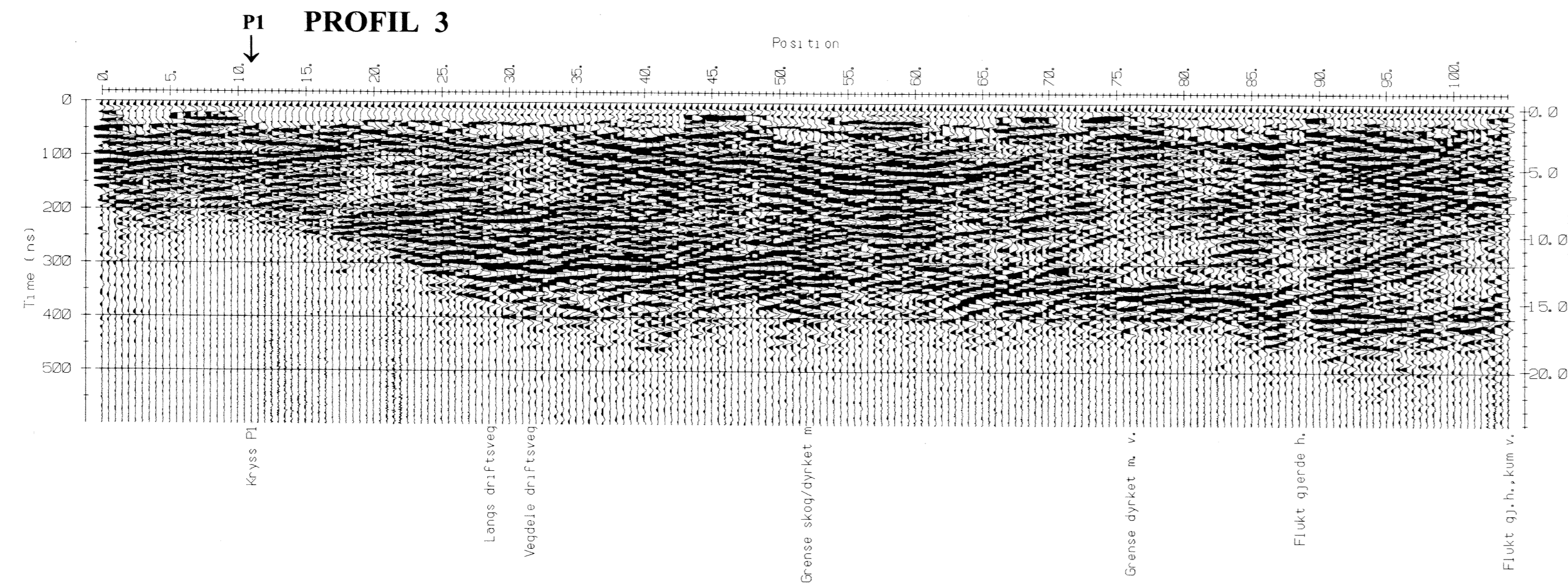
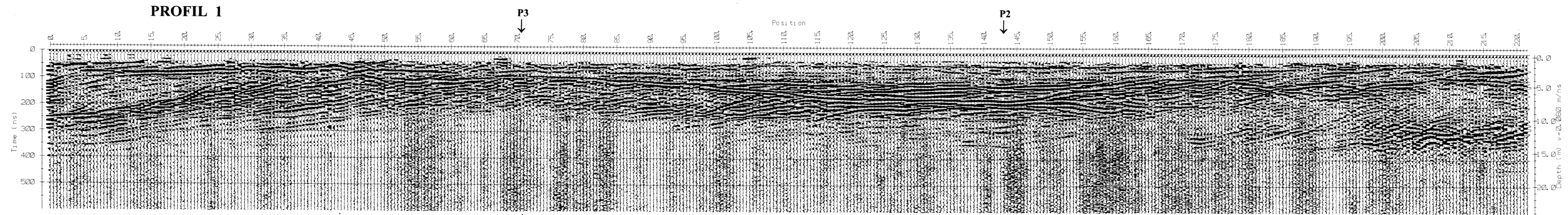
2. Vannet bør ikke være aggressivt.

3. Sum kationer = Na + Ca + Mg + K.

4. Ionebalanseavvik = $\frac{\sum \text{kationer} - \sum \text{anioner}}{(\sum \text{kationer} + \sum \text{anioner})} \cdot 100\%$

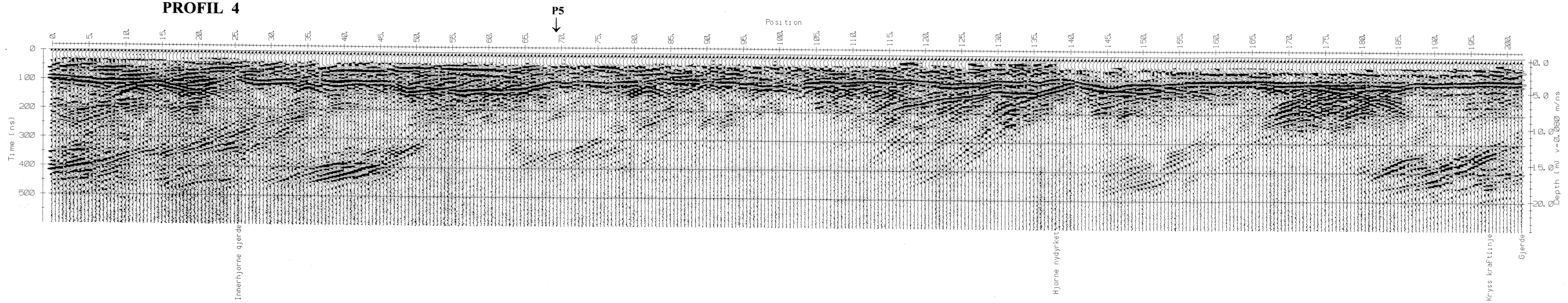
TEGNINGSBILAG

- 97.044-01 Mjeldo - Georadaropptak (P1, P2 og P3)
- 97.044-02 Hunderi - Georadaropptak (P4 og P5)
- 97.044-03 Hauge - Georadaropptak (P6, P7, P8 og P9)
- 97.044-04 Færestad - Georadaropptak (P10, P10B, P11 og P12)
- 97.044-05 Moldebo - Georadaropptak (P13 og P14)
- 97.044-06 Tønjum og Grøto - Georadaropptak (P15, P16 og P17)

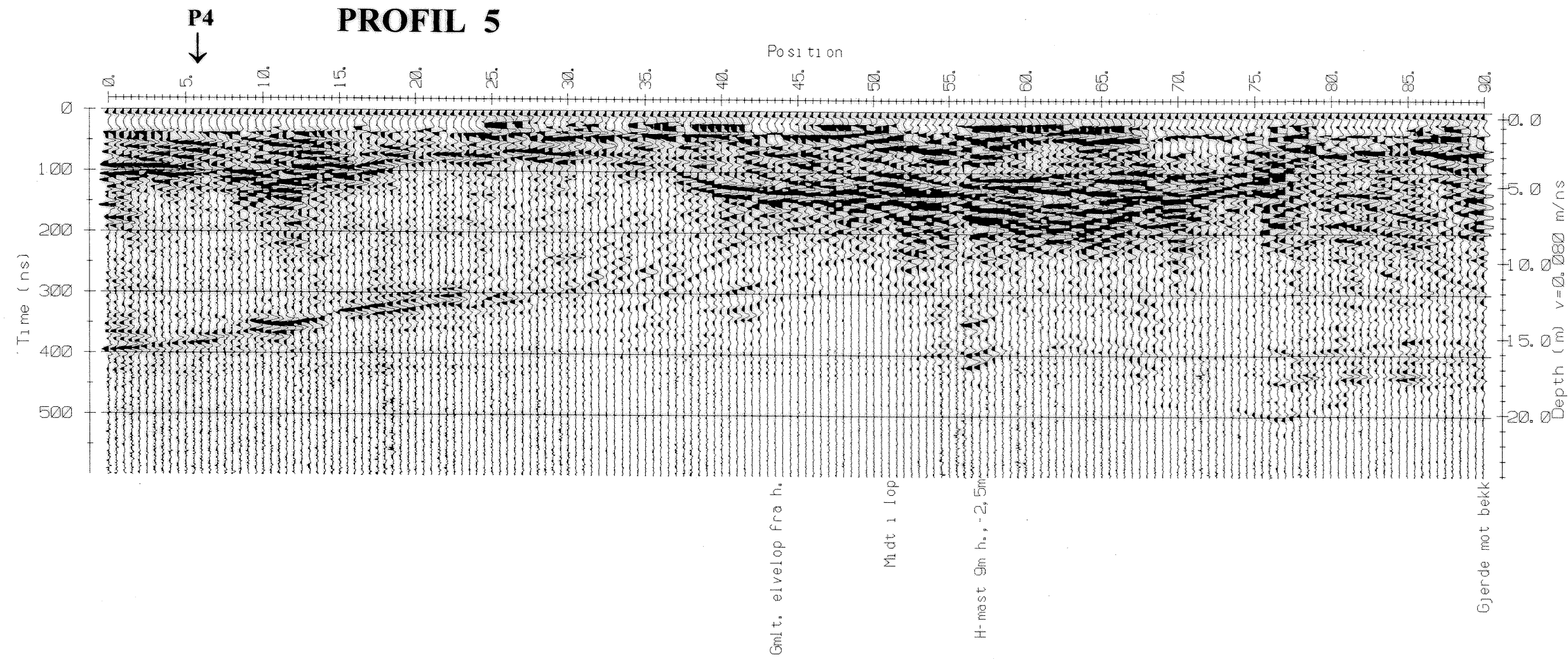


NGU / LÆRDAL KOMMUNE GRUNNVANNSUNDERSØKELSE GEORADAROPPTAK PROFIL 1, 2 OG 3 MJELDO LÆRDAL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	AUG. -96
		TEGN. JFT	APR. -97
		TRAC	
		KFR.	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 97.044-01	KARTBLAD NR. 1417 II	

PROFIL 4

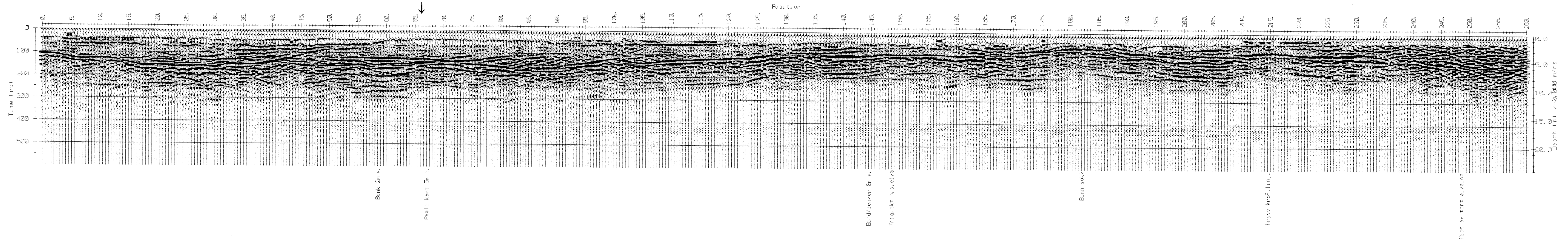


PROFIL 5

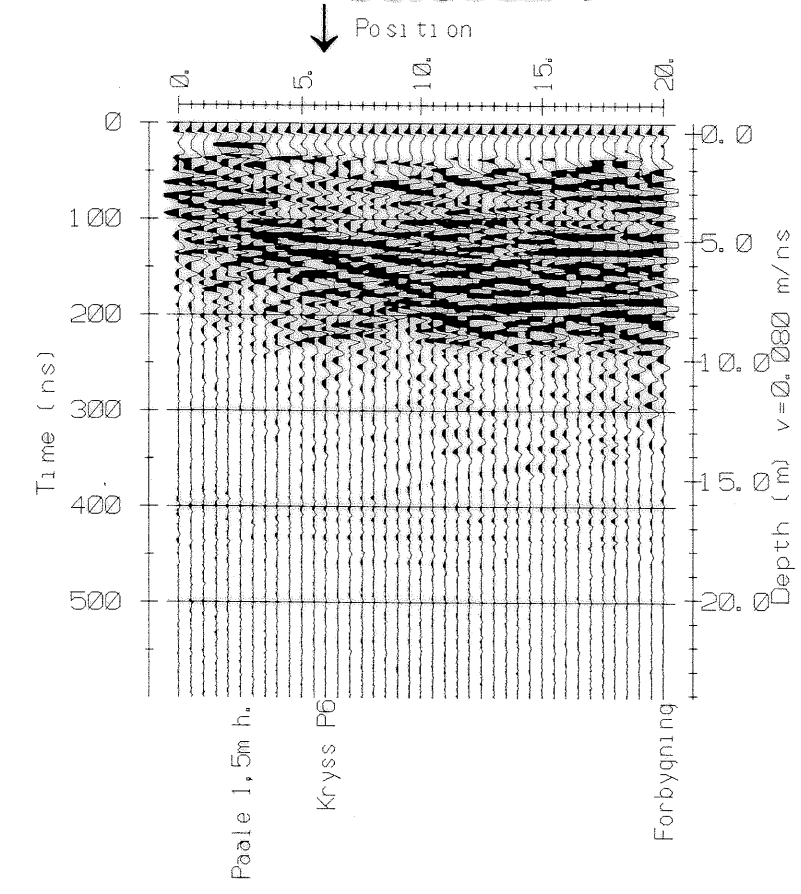


NGU / LÆRDAL KOMMUNE GRUNNVANNSUNDERSØKELSE GEORADAROPPTAK PROFIL 4 OG 5 HUNDERI LÆRDAL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	AUG. -96
		TEGN. JFT	APR. -97
		TRAC.	
		KFR.	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 97.044-02	KARTBLAD NR. 1417 II	

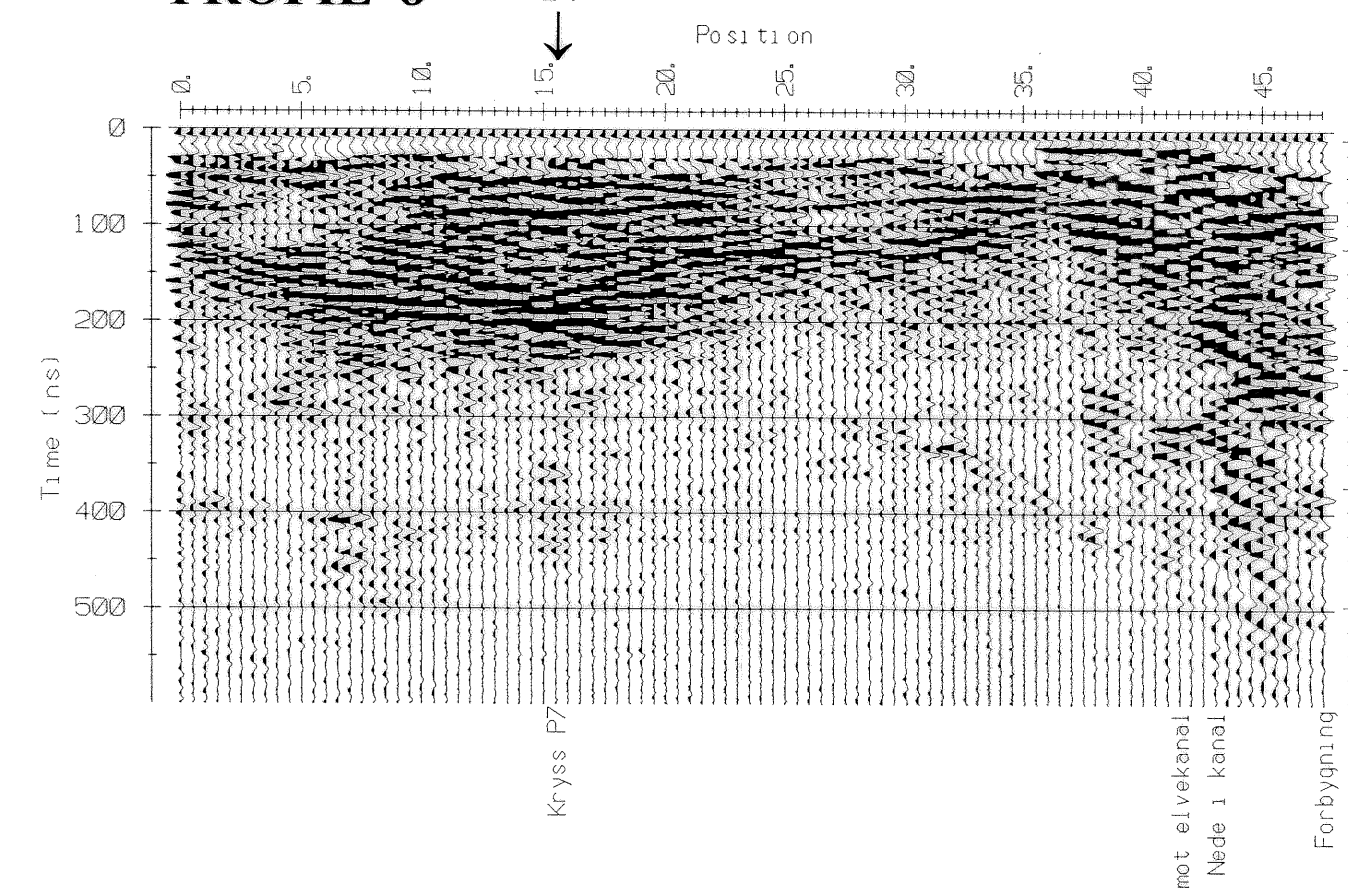
PROFIL 6



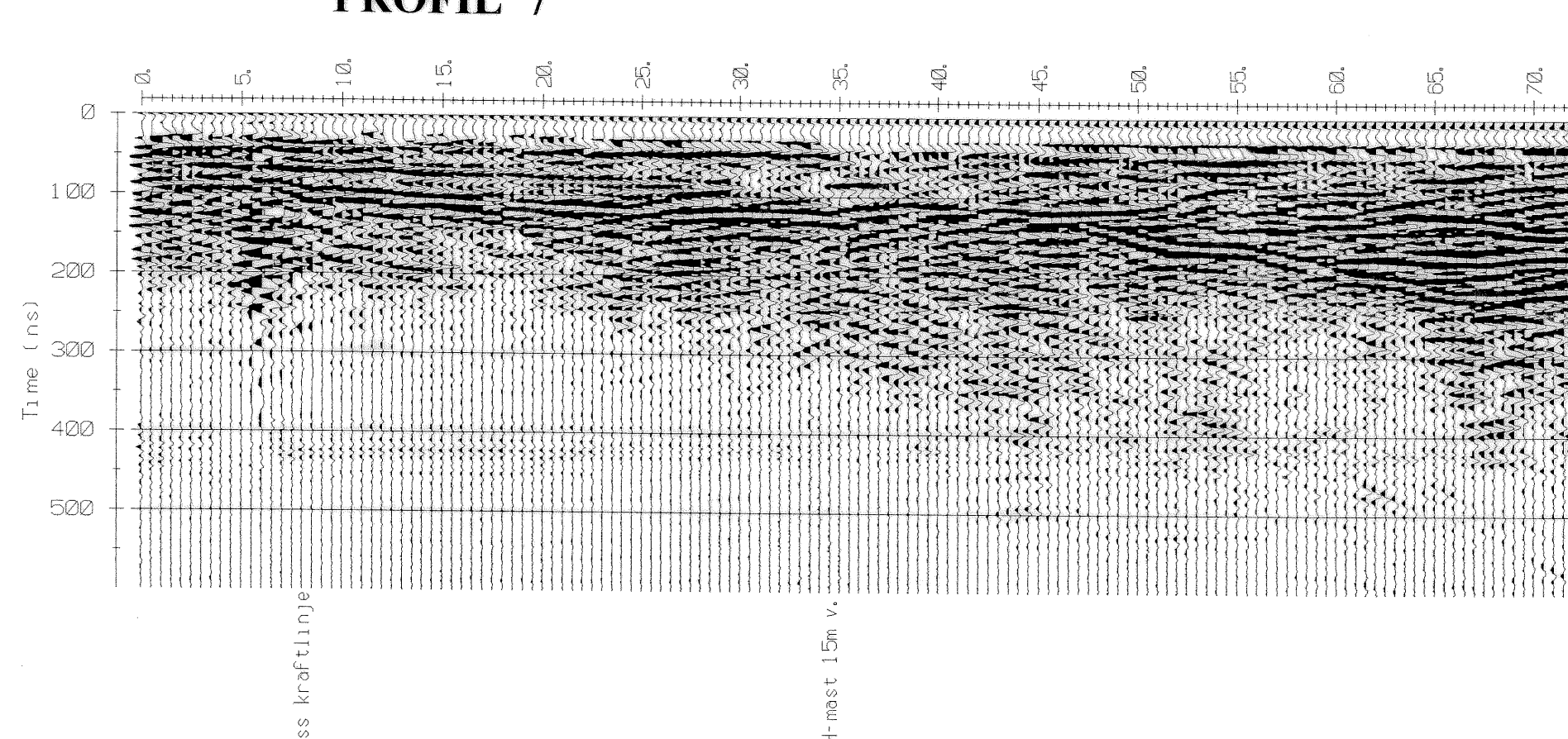
P6 PROFIL 9



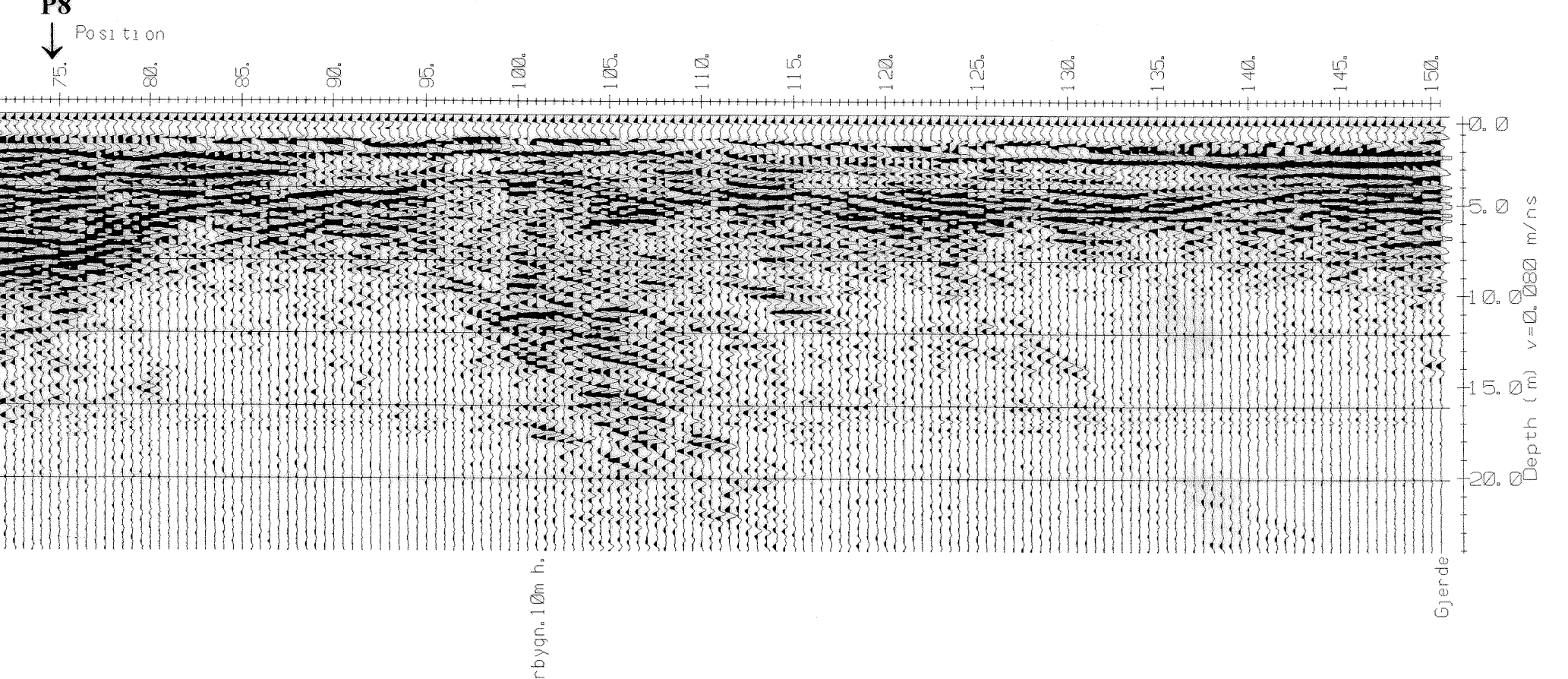
PROFIL 8



PROFIL 7



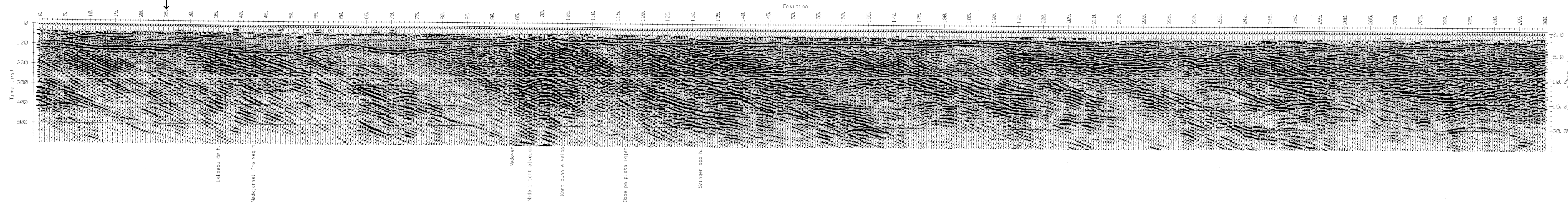
P8



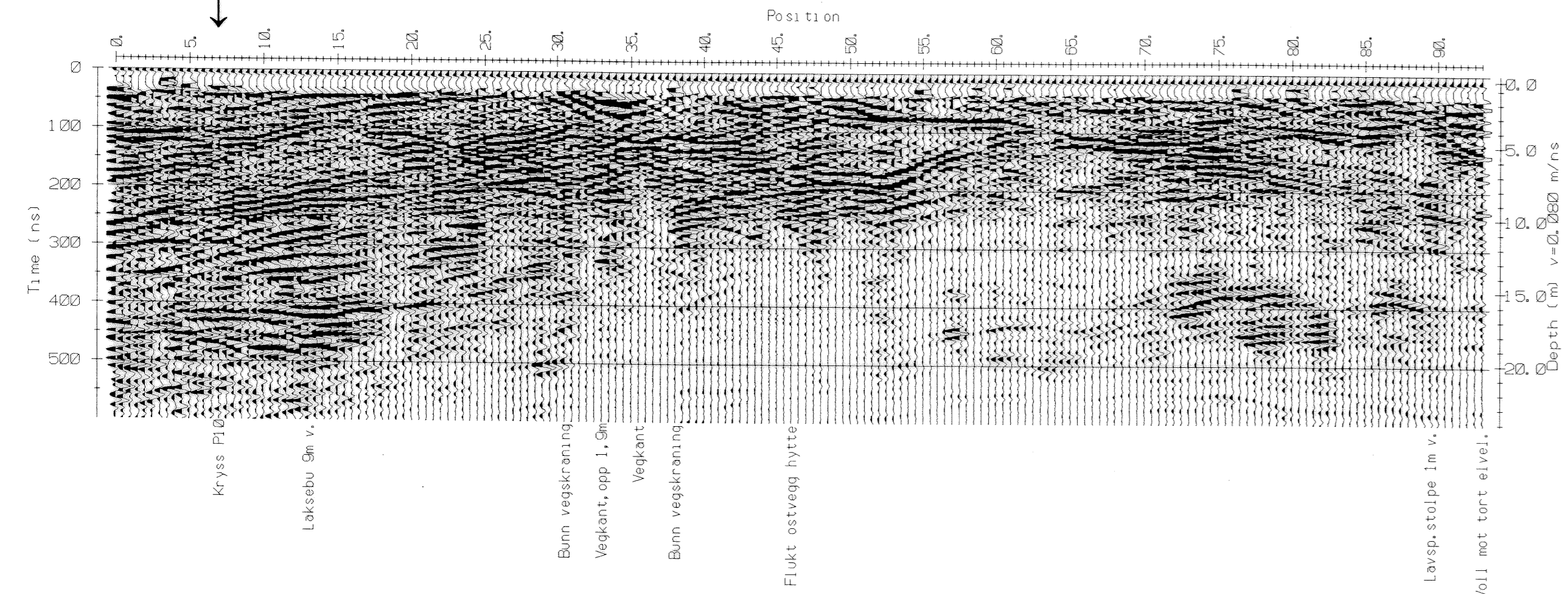
NGU / LÆRDAL KOMMUNE GRUNNVANNSUNDERSØKELSE GEORADAROPPTAK PROFIL 6, 7, 8 OG 9 HAUGE LÆRDAL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	AUG. -96
		TEGN. JFT	APR. -97
		TRAC.	
		KFR.	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
	97.044-03	1417 II	

PROFIL 10

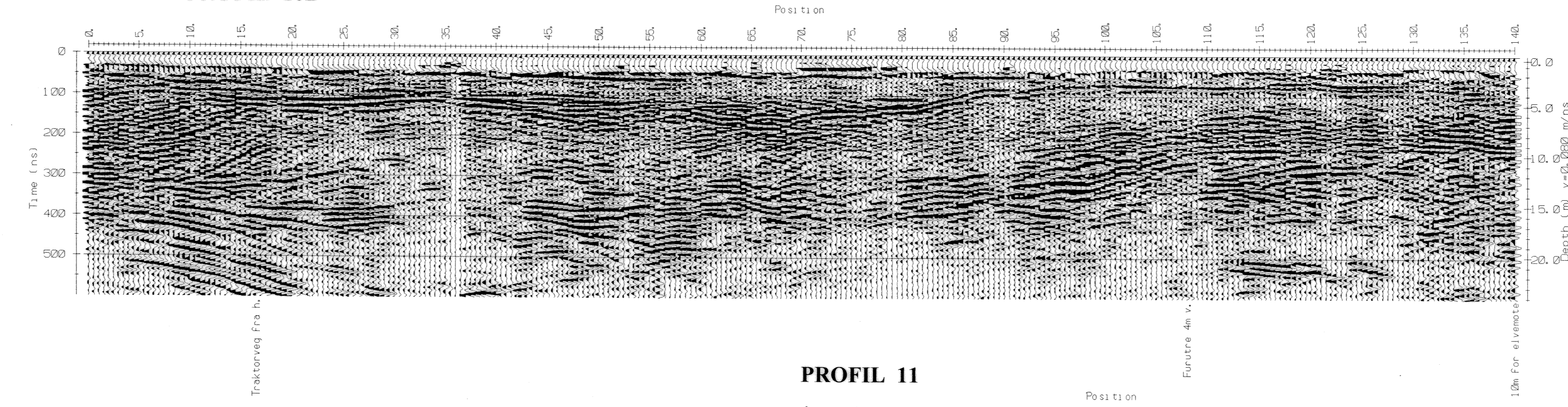
P12



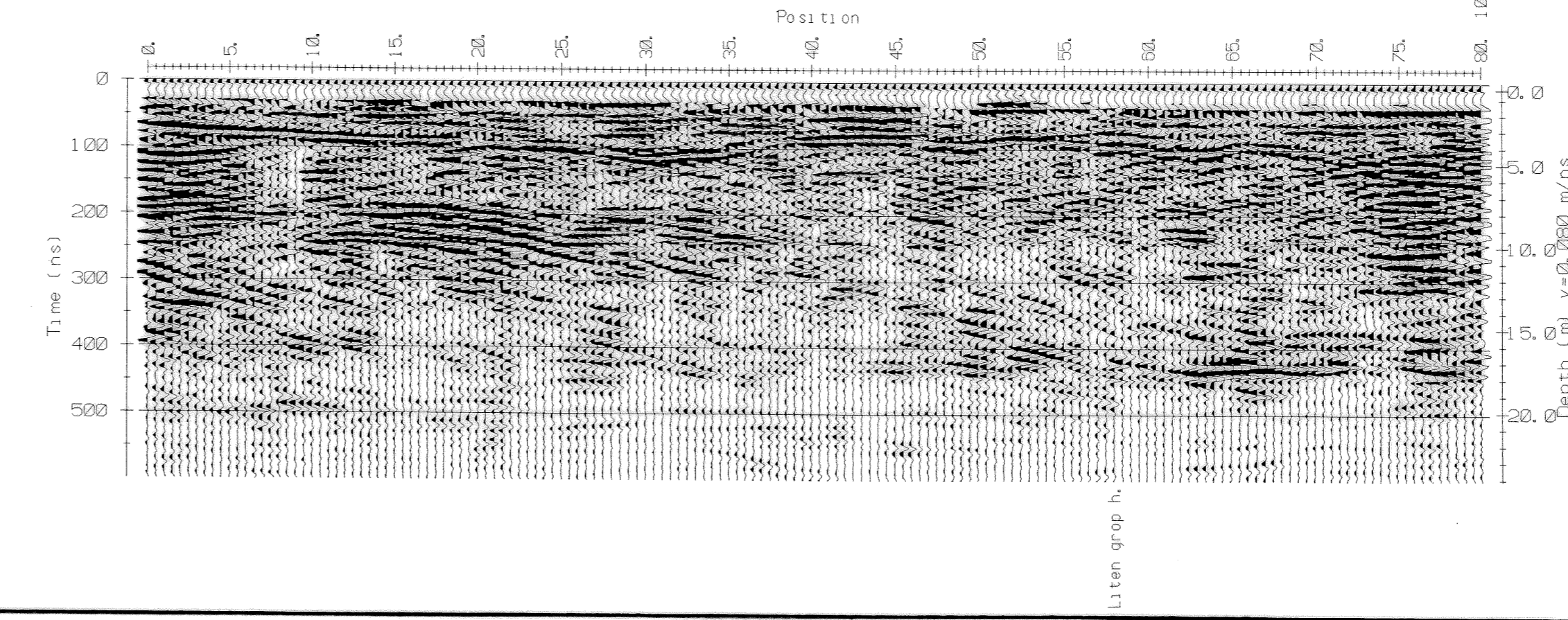
P10 PROFIL 12



PROFIL 10B

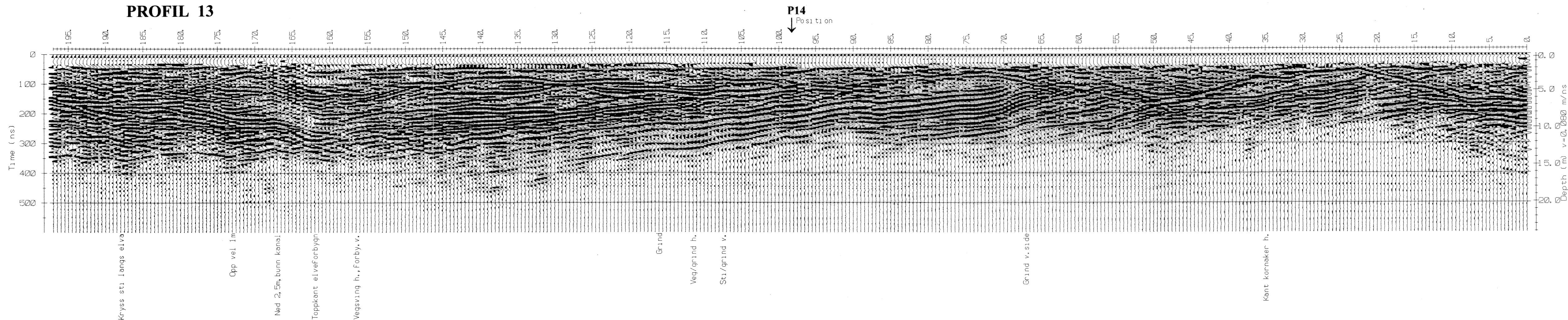


PROFIL 11

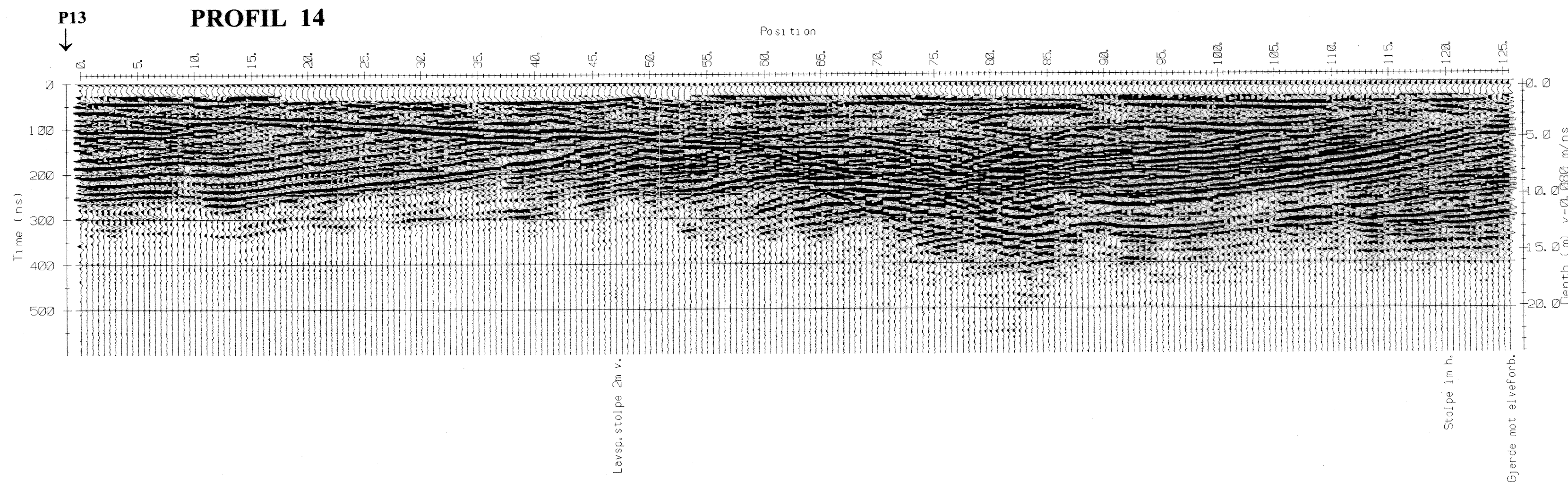


NGU / LÆRDAL KOMMUNE GRUNNVANNSUNDERSØKELSE GEORADAROPPTAK PROFIL 10, 10B, 11 OG 12 FÆRESTAD LÆRDAL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	AUG. -96
		TEGN JFT	APR. -97
		TRAC	
		KFR.	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 97.044-04	KARTBLAD NR. 1417 II	

PROFIL 13

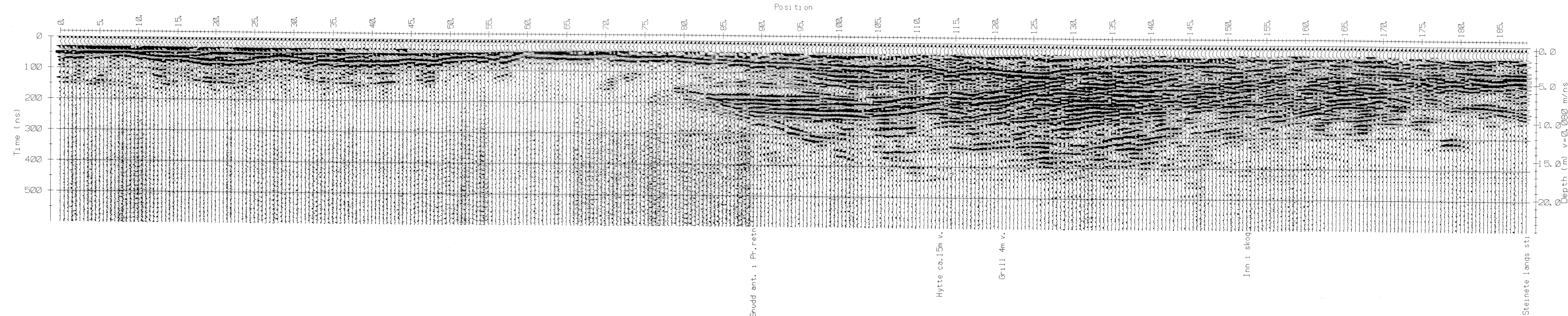


PROFIL 14

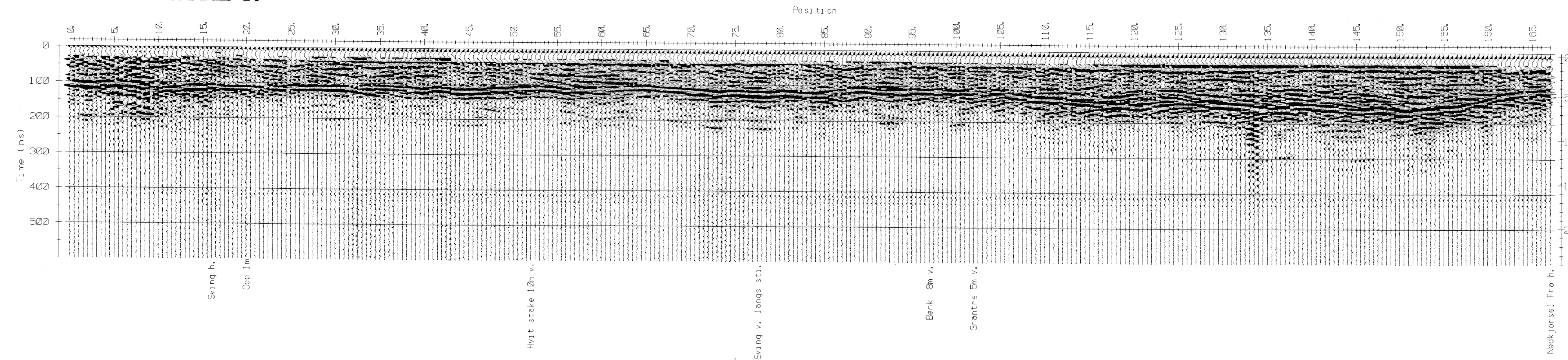


NGU / LÆRDAL KOMMUNE GRUNNVANNSUNDERSØKELSE GEORADAROPPTAK PROFIL 13 OG 14 MOLDEBO LÆRDAL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	AUG. -96
		TEGN. JFT	APR. -97
		TRAC.	
		KFR.	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 97.044-05	KARTBLAD NR. 1417 II	

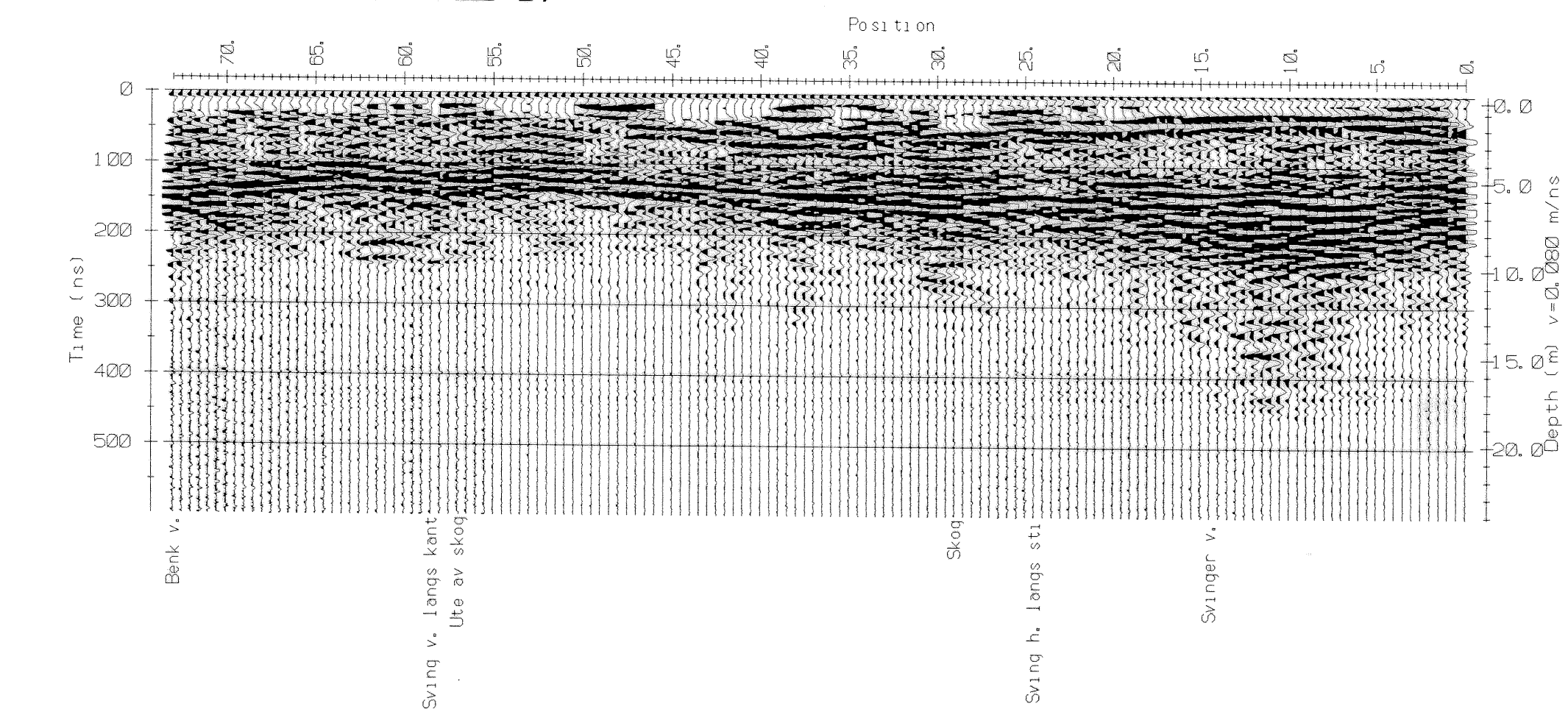
PROFIL 15



PROFIL 16



PROFIL 17



NGU / LÆRDAL KOMMUNE GRUNNVANNSUNDERSØKELSE GEORADAROPPTAK PROFIL 15, 16 OG 17 TØNJUM OG GRØTO LÆRDAL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	AUG. -96
		TEGN. JFT	APR. -97
		TRAC.	
		KFR.	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
	97.044-06	1417 II	