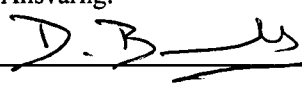


NGU Rapport 97.048

Grunnvannsundersøkelser i Mundal, Balestrand
kommune.

Rapport nr.: 97.048		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Grunnvannsundersøkelser i Mundal, Balestrand kommune.			
Forfatter: Bernt Olav Hilmo, Harald Elvebakk og Jan Fr. Tønnesen		Oppdragsgiver: NGU og Balestrand kommune	
Fylke: Sogn og Fjordane		Kommune: Balestrand	
Kartblad (M=1:250.000) Årdal		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1317 I Fjærland	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 36	Pris: 85
		Kartbilag: 97.048-03	
Feltarbeid utført: aug-sept. 1996	Rapportdato: 30.06.1997	Prosjektnr.: 271314	Ansvarlig: 
Sammendrag: Norges geologiske undersøkelse (NGU) har undersøkt løsmasseavsetninger i nedre deler av Mundal med tanke på grunnvannsforsyning. De aktuelle løsmassene består av breelvavsetninger, elveavsetninger og rasmateriale. På grunnlag av feltbefaringer og georadarmålinger som indikerte opptil 15 m med sand, grus og usortert/morenemateriale over fjell, ble det valgt ut seks borelokaliteter. Undersøkellesboringene indikerte de beste muligheter for grunnvannsutttak på ei elveslette knapt 400 m nordvest for dagens vannkilde ved Mundalselva. Her ble det påvist 14 m med sand og grus med middels til god vanngjennomgang. Analyser av opp-pumpet grunnvann viser at vannet er av god fysikalsk-kjemisk kvalitet. De andre boringene som ble foretatt lenger ned i dalen, viste mellom ca. 5 og 7 m med sand, grus og stein med middels til dårlig vanngjennomgang. Selv om det er mulig å ta ut noe grunnvann på to av stedene, er forventet kapasitet og kvalitet på et eventuelt grunnvannsutttak dårligere enn på den øverste lokaliteten. På grunnlag av de utførte undersøkelsene anbefales det derfor oppfølgende undersøkelser i form av nedsetting av fullskala brønn og langtids prøvepumping på ei elveslette knapt 400 m NV for dagens vannkilde (ved borhull 1).			
Emneord: Hydrogeologi	Geofysikk	Sonderboring	
Løsmasse	Grunnvannskvalitet	Grunnvannsforsyning	
Grunnvannskilde		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 80-100 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 alminnelig 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

INNHALDSFORTEGNELSE

KONKLUSJON	5
1 INNLEDNING	6
1.1 Bakgrunn	6
1.2 Muligheter for grunnvannsutttak	6
1.3 Gjennomføring	6
2 METODEBESKRIVELSE	7
2.1 Georadar	7
2.2 Undersøkelsesboringer	7
3 RESULTATER	8
3.1 Georadarmålinger	8
3.2 Boringer	9
4 FORSLAG TIL FORBEDRING AV DAGENS ANLEGG	10
5 VIDERE UNDERSØKELSER	11
REFERANSER	12

KARTBILAG

Kartbilag 1	Oversiktskart i M 1:50 000 over det undersøkte området i Mundal, Balestrand kommune.
Kartbilag 2	Kart i M 1:5000, plassering av georadarprofil og lokalisering av undersøkelsesboringer i Mundal.
Kartbilag 97.048-03	Georadaropptak med profilplassering

TEKSTBILAG

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

DATABILAG

Databilag 1.1-1.6	Borprofiler
Databilag 2.1-2.2	Kornfordelingsanalyser
Databilag 3	Analyseresultater av fysikalsk-kjemiske parametere
Databilag 4	Prinsippskisse av oppsamlingsgrøft

KONKLUSJON

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

Det aktuelle område for grunnvannsuttag fra løsmasser er området langs Mundalselva, både oppstrøms og nedstrøms eksisterende vannkilde. Løsmassene består av breelvavsetninger, elveavsetninger og rasmateriale. På grunnlag av feltbefaringer og georadarmålinger som indikerte opptil 15 m med sand, grus og usortert/morenemateriale over fjell, ble det valgt ut seks borelokaliteter.

Sonderboringene med enkle testpumper indikerte de beste muligheter for grunnvannsuttag på ei elveslette knapt 400 m nordvest for dagens vannkilde. Boringen viste 14 m med sand og grus med middels til god vanngjennomgang. Analyser av opp-pumpet grunnvann viser at vannet er av god fysikalsk-kjemisk kvalitet. De andre boringene som ble foretatt lenger ned i dalen, viste mellom ca. 5 og 7 m med sand, grus og stein med middels til dårlig vanngjennomgang. Det er mulig å ta ut noe grunnvann ved borhull 2 og 4, men både kvaliteten og kapasiteten på et grunnvannsuttag vil bli dårligere enn ved borhull 1.

På grunnlag av de utførte undersøkelsene anbefales det derfor oppfølgende undersøkelser i form av nedsetting av fullskala brønn og langtids prøvepumping ved borhull 1.

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Gjennom prosjektet «Grunnvann i Norge» (GiN) ble det i 1990 utført en vurdering av grunnvannsmulighetene i Balestrand kommune. Mundal (kartbilag 1) ble ikke prioritert da, og det er heller ikke gjort andre grunnvannsundersøkelser i området.

Eksisterende vannforsyning i Mundal består av en dam i et avstengt elveløp som hovedsakelig samler opp grunnvann fra en kildehorisont like ovenfor Mundalselva (kartbilag 2). Ved stor vannføring i elva er det fare for at ellevann flommer inn i dammen. Kapasiteten har i følge vannverkets representant vært tilstrekkelig. Maksimale døgnbehov ble oppgitt til ca. 2 l/s. Under feltbefaringen ble vannmengden inn i dammen anslått til ca. 3 l/s. Kvaliteten er periodevis dårlig grunnet for høyt bakterieinnhold. En vannprøve fra bassenget (databilag 3) tatt 17.08.1996 viser at den fysikalsk kjemiske vannkvaliteten er god, bortsett fra noe lav pH (6,1) og alkalitet (0,11). Selv om grunnvannet er ionefattig har det et klart høyere ioneinnhold enn ellevannet. Grunnvannet i kildehorisonten stammer trolig fra Øygardsskredgjelet. Bekken derfra forsvinner ned i urmasser i skredvifta rett ovenfor vanninntaket.

1.2 Muligheter for grunnvannsuttak

Ut fra tidligere kvartærgeologisk kartlegging og egne feltbefaringer ble det registrert løsmasseavsetninger som kunne være egnet for grunnvannsuttak langs Mundalselva, både ovenfor og nedenfor dagens vanninntak og høydebasseng. Løsmassene består av breelvavsetninger, elveavsetninger og rasmateriale. På grunn av mulig konflikt med dyrket mark og for å unngå lange vannledninger og høye pumpekostnader, ønsket vannverket at undersøkelsene ble konsentrert i området rundt dagens vanninntak.

1.3 Gjennomføring

I det aktuelle området ble det først gjort en feltbefaring og så målinger med georadar for å få en oversikt over løsmassefordeling og løsmassemektigheter. Ut fra disse resultatene, mulig konflikt med dyrket mark og framkommelighet med boreutstyr ble det foreslått 5 boringer langs Mundalselva, vest for skytebanen (statusrapport av 10.09.96). I tillegg til de 5 foreslåtte borpunktene ble det boret ytterligere ett hull på sørsida av elva (kartbilag 2).

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

Bjørn Frengstad (feltbefaring)
Jan F. Tønnesen (georadar)
Atle Nygård (georadar)
Bjørn Iversen (løsmasseboring)

Vassverkets formann Einar T. Mundal har vært lokal kontaktperson og skaffet nødvendig 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.

Målingene ble utført med 50 og 100 MHz-antennor og 1000V sender. Ved målingene ble det benyttet en antenneavstand på 1 m og flytteavstand på 1 m (50 MHz) og 0,5 m (100 MHz). På grunn av unøyaktig flytting av antenne vil posisjonene som er angitt øverst på opptakene, ikke alltid stemme nøyaktig med avstander på kartet. I slike tilfeller kan en støtte seg til merknadene nederst på opptakene, om kryssing av bekker og veier. Samplingsintervall var 1,6 ns og opptakstid var 1000 ns for målingene med 50 MHz og 0,8 ns for 100 MHz antenne. Det ble foretatt 16 summerte registreringer (stacks) i hvert målepunkt. 7 profiler ble målt på til sammen 0,8 km, herav ble profil 1 målt både med 50 og 100 MHz-antennor.

2.2 Undersøkelsesboringer

Undersøkelsesboringene ble gjort med Borros beltegående borerigg. Hvis sonderboringen indikerte egnede løsmasser for grunnvannsuttag, ble det satt ned en Ø32 mm testbrønn med en meter filter som ble pumpet i forskjellige nivå for kapasitetsvurderinger og prøvetaking av grunnvann og løsmasser.

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

3 RESULTATER

3.1 Georadarmålinger

Kartbilag -03 viser georadaropptak og plassering av profiler. Ved tolkning av georadaropptakene er det benyttet et skjema som knytter hendelser i opptak til sedimenters sammensetning og lagdeling. Dette skjemaet er vist i databilag 2 (etter Beres & Haeni, 1991). Ved undersøkelse av muligheter for uttak av grunnvann kan resultater fra georadarmålinger ofte gi informasjon om løsmassenes beskaffenhet (grovkornig/finkornig), grunnvannsspeilets beliggenhet og sedimenttykkelse (dyp til fjell). Ved dybdekonvertering av opptakene er det benyttet en EM-bølgehastighet på 0,08 m/ns (vannmettet sand). Tolkningene refererer til posisjoner øverst på profilene.

Profil 1 ble målt både med 50 MHz (P1A) og med 100 MHz (P1) antenner. P2 ble målt med 100 MHz, mens de øvrige profilene (P3-P7) ble målt med 50 MHz antenne.

P1A

Profil 1A ble målt langs ei elveslette ca 400 m vest for dagens vanninntak. Penetrasjonen er best lengst øst på profilet, fra posisjon 0 til ca 50, hvor penetrasjonsdypet er 15 - 20 m. Langs resten av profilet er penetrasjonsdypet noe mindre, 10 - 15 m. Penetrasjonsdypet kan representere tykkelsen av løsmasser over fjelloverflaten. Refleksjonsmønsteret er hauget/kaotisk noe som betyr forholdsvis grove masser, sand og grus. En ser også svak lagdeling av massene. En tydelig grense (reflektor) observeres langs hele profilet på 5 - 7 m dyp og kan tyde på en endring i sammensetning/lagdeling og dermed endrede avsetningsforhold. Mulighetene for grunnvannsuttak er best der løsmassene er tykkeste, dvs. lengst øst på profilet.

P1

Profil 1 ble også målt med 100 MHz og 0,5 m flytteavstand. Resultater og tolkning er noenlunde som for profil 1A, se foran, men en kan se flere detaljer uten at det har noen vesentlig betydning for å vurdere mulighetene for grunnvannsuttak

P2

Profil 2 ble målt på samme elveslette på tvers av profil 1. P2 krysset P1 ved posisjon 75. Penetrasjonsdypet er mellom 10 og 15 m langs hele profilet og dette stemmer godt med observasjonene på profil 1 der profil 2 krysser. Tolkningen tyder på grus/sand med en tykkelse trolig tilsvarende penetrasjonsdypet på 10 - 15 m. Vanligvis tilsier dette brukbare muligheter for grunnvannsuttak, og tverrprofilet viser ensartede masser også på tvers av elvesletta. Hele elvesletta kan ha bra muligheter for grunnvannsuttak, men mektigheten av massene er størst lengst øst på profil 1.

P3

Profil 3 ble målt like nedenfor dagens vanninntak på nordsiden av elva. Fra posisjon 0 til 30 er penetrasjonsdypet 6 - 10 m. Refleksjoner under dette dyp mellom posisjon 30 og 43 er trolig støy. Refleksjonsmønsteret er kaotisk som tyder på sand og grus, muligens usorterte masser med reduserte muligheter for vannuttak. Varierende penetrasjon kan også bety varierende innhold av finstoff som også begrenser mulighetene for grunnvannsuttak. Mektigheten av massene tilsvarer trolig penetrasjonsdypet, det vil si 6 - 10 m.

P4

Profil 4 ble målt på elvesletta på nordsiden av elva mellom dagens vanninntak og Øygaardane. Fra posisjon 0 til ca 65 er penetrasjonsdypet 7 - 10 m. Fra posisjon 65 til 111 får en refleksjoner under dette dyp. Dette kan være støy da målingene her foregikk inne i skogen (siderefleksjoner). En ser imidlertid en tydelig reflektor ved 8 - 10 m dyp som kan representere grensen mellom løsmassene og fjelloverflaten. Pga. myr på overflaten med antatt lavere EM-bølgehastighet, kan dypet til denne grensen være noe mindre enn det som avleses på opptaket. Massene er trolig sand og grus med antydning til skrålagning med muligheter for grunnvannsuttak.

P5

Profil 5 ble målt i østenden og på tvers av P4. Hovedpenetrasjonen langs hele profilet er 8 - 10 m. Refleksjonsmønsteret er hauget med antydning til skrålagning. Dette indikerer grus/sand med muligheter for grunnvannsuttak. Varierende penetrasjon kan bety noe finstoffinnhold som vil redusere denne muligheten. Mektigheten tilsvarer trolig penetrasjonsdypet som er 8 - 10 m.

P6

Profil 6 ble målt på sørsida av elva like ovenfor skytebanen. Penetrasjonen varierer langs profilet, men hovedpenetrasjonen med best reflektivitet er 8 - 10 m. Refleksjonsmønsteret ned til dette dypet er kaotisk/hauget som tyder på grove usorterte masser. Midt på profilet, fra posisjon 60 til 130, er penetrasjonen betydelig større. Sannsynligvis er dette refleksjoner fra strukturer i fjell, men det er vanskelig å fastslå hvor fjelloverflaten ligger. Mulighetene for grunnvannsuttak er trolig størst fra ca posisjon 140 og videre østover (størst mektighet).

P7

Profil 7 ble målt på tvers av P6 og krysset dette ved posisjon 90. Som på de øvrige profiler er det høy reflektivitet ned til ca 10 m med kaotisk/hauget refleksjonsmønster som tyder på sand/grus, trolig dårlig sortert.

Sammendrag

Data fra georadarmålingene i Mundal er generelt noe dårlig og vanskelig å tolke. Ingen opptak viser grove masser med tydelig skålagning og gode muligheter for grunnvannsuttak. Det indikeres imidlertid grove masser (grus/sand) med mektigheter på 6 - 10 m. I noen tilfeller kan de indikerte massene være usorterte, noe som vil redusere mulighetene for å ta ut betydelige vannmengder. Hovedkonklusjonen synes å være at mektigheten av grove masser ser ut til å tilsvare penetrasjonsdypet til EM-bølgene. Det er vanskelig å si om det er fjell eller fine masser som demper penetrasjonen, men ut fra de borerer som ble gjort ligger fjelloverflaten mellom 5 og 14 m. Sørøstre del av P1 synes å være det området med de beste mulighetene for grunnvannsuttak.

3.2 Boringer

Lokaliseringen av borpunktene er vist i kartbilag 2, mens databilag 1.1-1.6 viser borprofilene.

Borhull 1 ble plassert på ei elveslette knapt 400 m nordvest for dagens vannkilde. Boringen viste grusig sand med enkelte lag av steinrikt materiale ned til fjell/stor blokk på 14 m dyp. Kornfordelingen til masseprøver fra 7, 9 og 11 m dyp er vist i databilag 3.1 og 3.2. Testpumping av en Ø32 mm undersøkelsesbrønn med 1 m filter ga 0,7, 0,5, 1,0, 1,7 og 1,7 l/s på henholdsvis 5, 7, 9, 11 og 13 m dyp. Fysikalsk-kjemiske analyser av grunnvannsprøver fra 7 og 11 m dyp (databilag 3) viser at grunnvannet er av god kvalitet. Det har omtrent nøytral pH-verdi og er relativt rikt på ioner,

særlig kalsium, sulfat og fluorid. Jerninnholdet i prøven fra 7 m dyp er litt for høyt (0,26 mg/l) i forhold til drikkevannskravene (maks. 0,2 mg/l), men ellers ligger alle målte parametere innenfor kravene til drikkevann (Sosial- og helsedepartementet, 1995).

Borhull 2, som ble boret like ved vassverkets vannkilde, viste 6,5 m med sand, grus og stein over fjell/blokk. Det ble satt ned en undersøkelsesbrønn som ga 0,3 l/s på 3 m dyp og 0,5 l/s på 5 m dyp. På grunn av mye finsand i vannet ble det ikke tatt vannprøver for laboratorieanalyser, men feltmålinger av temperatur og ledningsevne viste omtrent samme verdier som i dagens vannkilde. Med et korrekt dimensjonert filter er det mulig å ta ut noe grunnvann fra en brønn på dette stedet, men det er høyst usikkert om kapasiteten blir stor nok til å dekke hele vannbehovet. I tillegg må sannsynligvis dette grunnvannet pH-justeres og alkaliseres for å oppnå god vannkvalitet.

Løsmassene i borhull 3-6 består hovedsakelig av sand, men med lag av grus og stein. Løsmassetykkelsen varierte mellom 4,9 m i borhull 6 og 7,3 m i borhull 4. Testpumpingen av en undersøkelsesbrønn ved borhull 4 ga 1,0 og 0,1 l/s på henholdsvis 5 og 7 m dyp. På grunn av mye finsand i vannet ble det ikke tatt vannprøver. I de andre borhullene ble det på grunn av liten løsmassetykkelse og masser med antatt dårlig vanngjennomgang, ikke satt ned undersøkelsesbrønner.

4 FORSLAG TIL FORBEDRING AV DAGENS ANLEGG

Den sikreste og beste måten for å forbedre dagens vannforsyning er å etablere en ny grunnvannsbrønn ved borhull 1. Vassverket ønsket også en vurdering av tiltak for utbedring av eksisterende anlegg. Dette kan gjøres på følgende måte:

* Bedre inntaksløsning. For å oppnå en bedre hygienisk sikring anbefales det å grave en 1-3 m dyp grøft for oppsamling av kildehorisonten. Grøfta bør ha tett overdekning som sikring mot innrenning av overflatevann. Den bør legges fra den nederste kilden som renner ut i dammen og 70-80 m oppover langs elveløpet. Grunnvannet fra kildene som i utgangspunktet har for lav pH-verdi og alkalitet, kan behandles ved å legge et lag med knust kalkstein i grøfta. Databilag 4 viser en skisse av hvordan ei slik grøft kan lages, men en mer detaljert prosjektering og en mer eksakt plassering av en slik oppsamlingsgrøft bør gjøres på grunnlag av flere grunnundersøkelser (boringer, maskingravinger og prøvetaking). Det må bemerkes at det er mye blokk og stor stein i det aktuelle område, noe som vanskeliggjør gravingen av ei slik oppsamlingsgrøft.

* Bedre inngjerding. Det er spesielt viktig at kildeframspringene og oppsamlingsgrøfta inngjerdet skikkelig.

* Desinfisering av vannet. Selv om inntaksløsningen legges lukket og området inngjerdet, bør et slikt anlegg ha desinfisering, f. eks. UV-bestråling.

5 VIDERE UNDERSØKELSER

På grunnlag av de utførte hydrogeologiske undersøkelsene, forurensningsfare og dagens arealbruk, foreslås det videre undersøkelser ved borhull 1. Forundersøkelsene i dette området er såpass lovende at det anbefales å sette ned en brønn til min. 3 måneders prøvepumping. Brønnen bør prøvepumpes med en kapasitet på min. 2 l/s som tilsvarer vannverkets maksimale døgnforbruk. 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. to prøver pr. måned) til både bakteriologiske og fysikalsk-kjemiske analyser.

NGU ga i brev datert 6. november 1996 kostnadsoverslag på langtids prøvepumping. Kostnadsoverslaget omfatter ikke kostnader til produksjonsbrønn da denne må bores av et brønnboringsfirma.

Brønnen plasseres 5-10 m vest for borhull 1, og ut fra resultatene fra dette borhullet bør brønnen ha filter på mellom 10 og 13 m dyp. Filteråpningen bør ut fra masseprøvenes kornfordeling (databilag 3.2) være 0,7 mm. For å kartlegge grunnvannets strømningsmønster inn mot brønnen under pumping, er det nødvendig å sette ut minst tre peilebrønner i tillegg til den som står igjen.

Nødvendig vannbehandling bør først vurderes på grunnlag av vannkvaliteten under prøvepumpingsperioden. Ut fra de foreliggende vannkjemidata, bør vannet luftes og muligens pH-justeres.

Området rundt brønnstedet består av utmark som nyttes til beiting. Bortsett fra en inngjerding rundt selve brønnen vil det ikke bli påkrevet med endringer i arealbruken i forhold til dagens bruk av området. En mer detaljert vurdering av beskyttelsessoner rundt en framtidig produksjonsbrønn kan først foretas på grunnlag av resultatene av prøvepumpingen.

REFERANSER

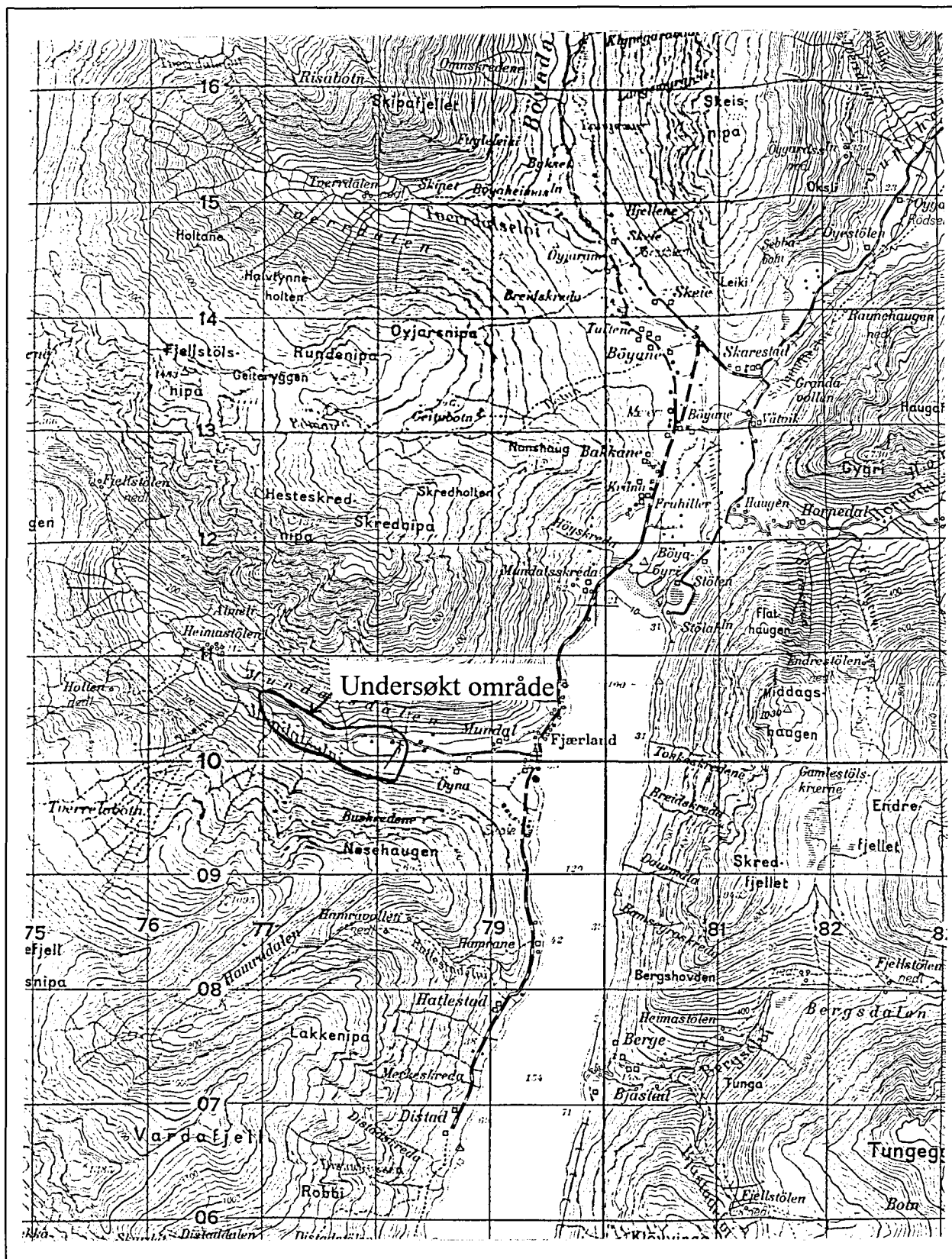
Beres, M. Jr. & Haeni, F.P 1991: Application of ground-penetrating-radar methods in hydrogeologic studies. *Ground water* 29, 375-386.

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

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

KARTBILAG

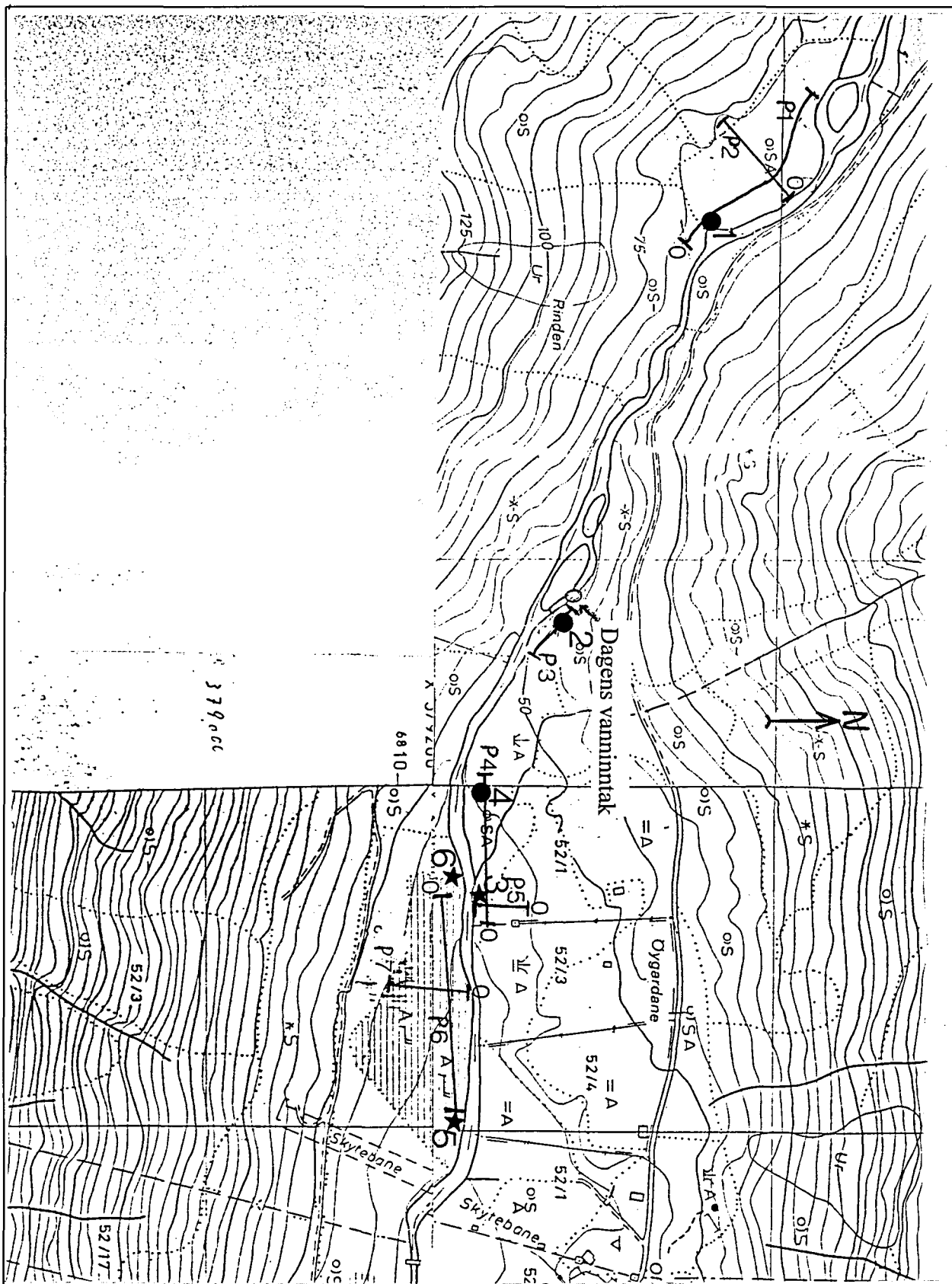
- Kartbilag 1 Oversiktskart i M 1:50 000 over det undersøkte området i Mundal, Balestrand kommune.
- Kartbilag 2 Kart i M 1:5000, plassering av georadarprofil og lokalisering av undersøkelsesboringer i Mundal.
- Kartbilag 97.048-03 Georadaropptak med profilplassering



**OVERSIKTSKART, MUNDAL,
BALESTRAND KOMMUNE**

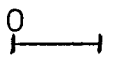


Målestokk 1: 50 000

Utsnitt av 1317 I Fjærland

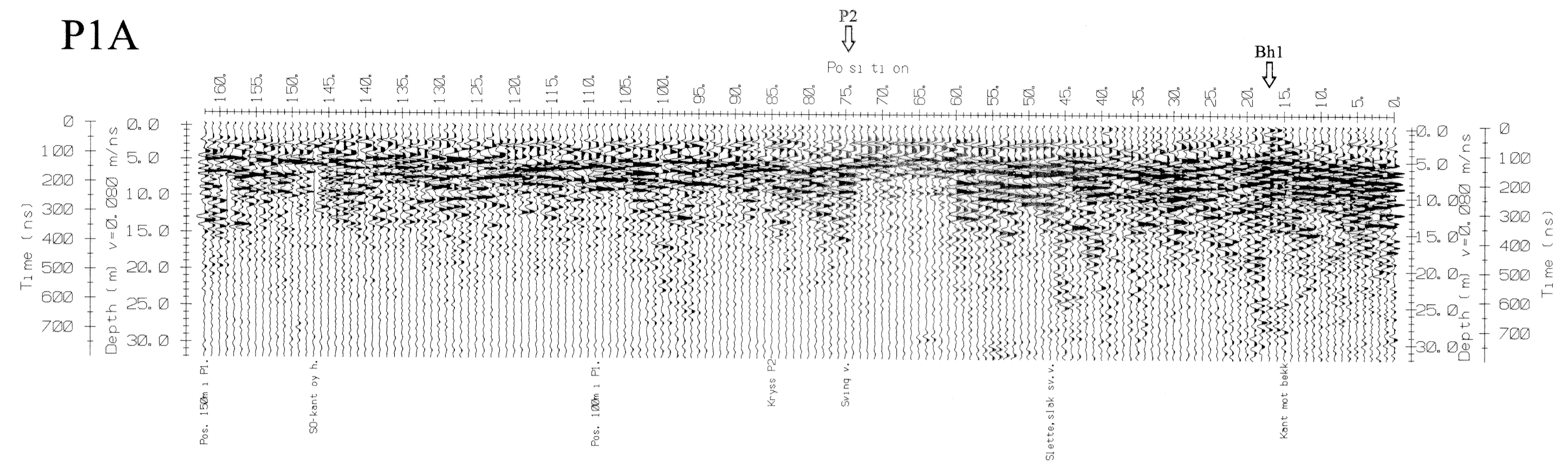


MUNDAL
BALESTRAND KOMMUNE
Målestokk 1:5000

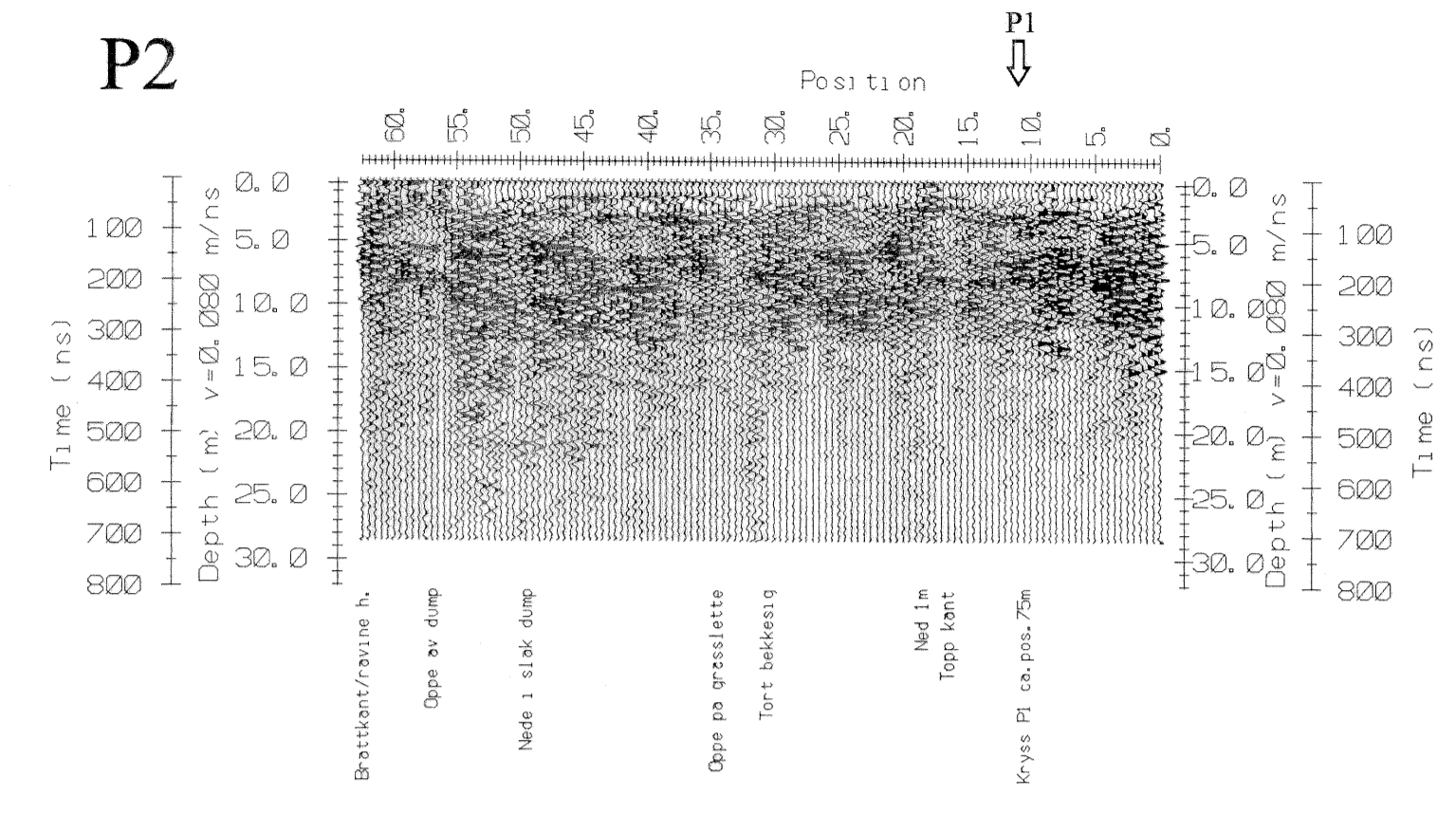
Tegnforklaring

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

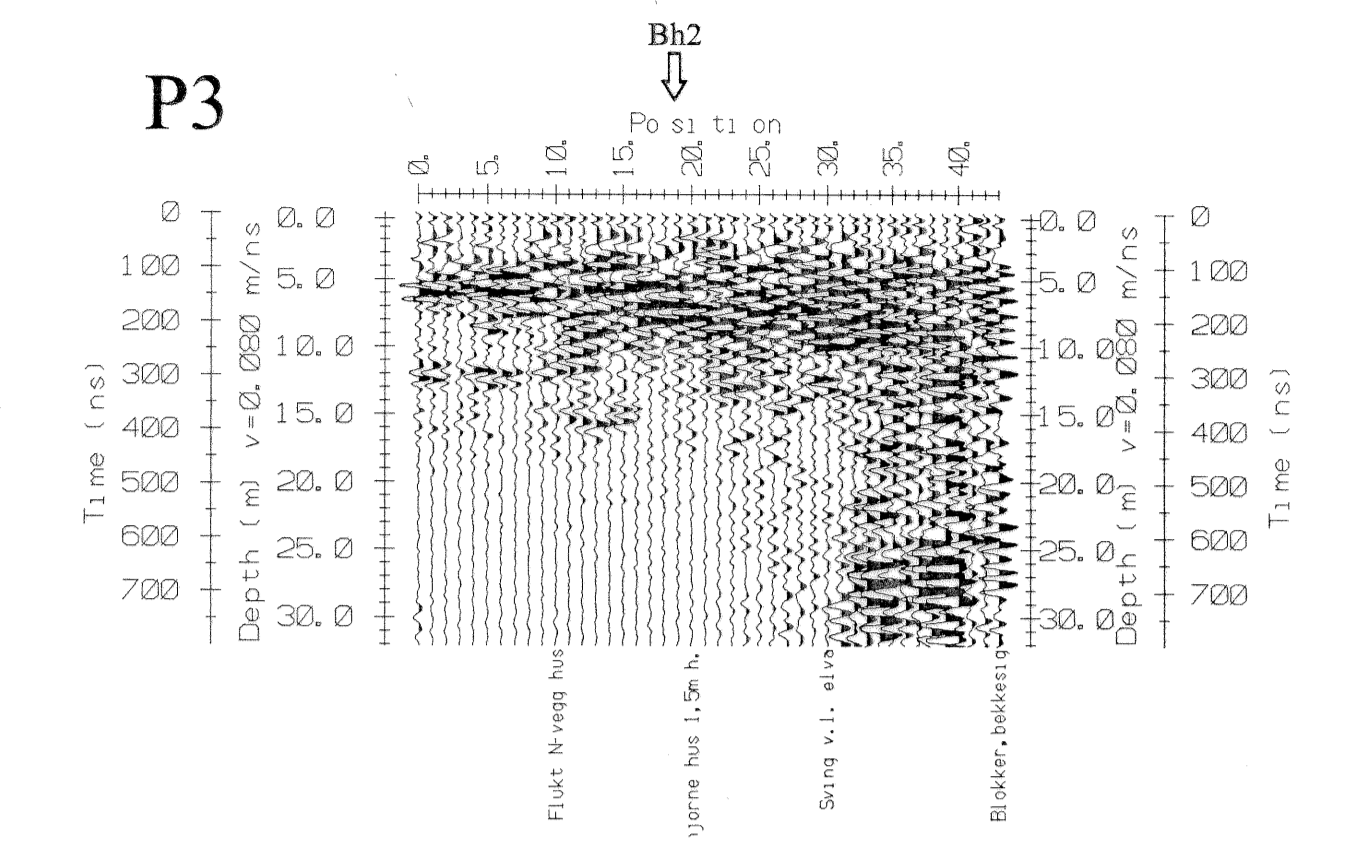
P1A



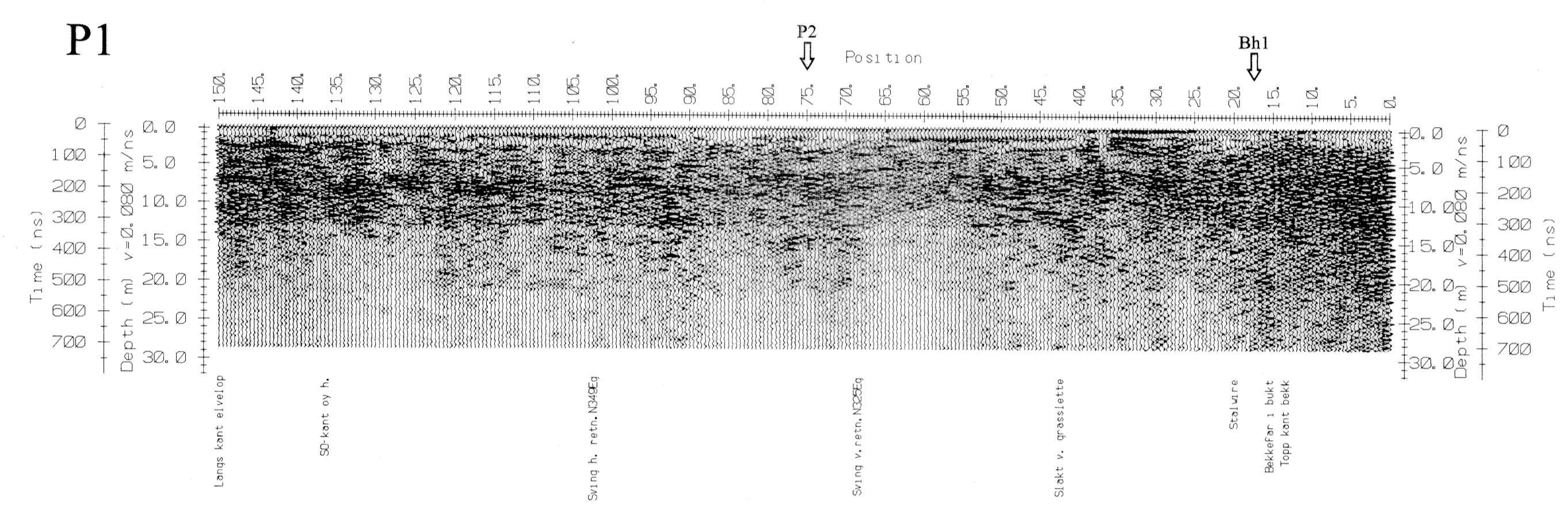
P2



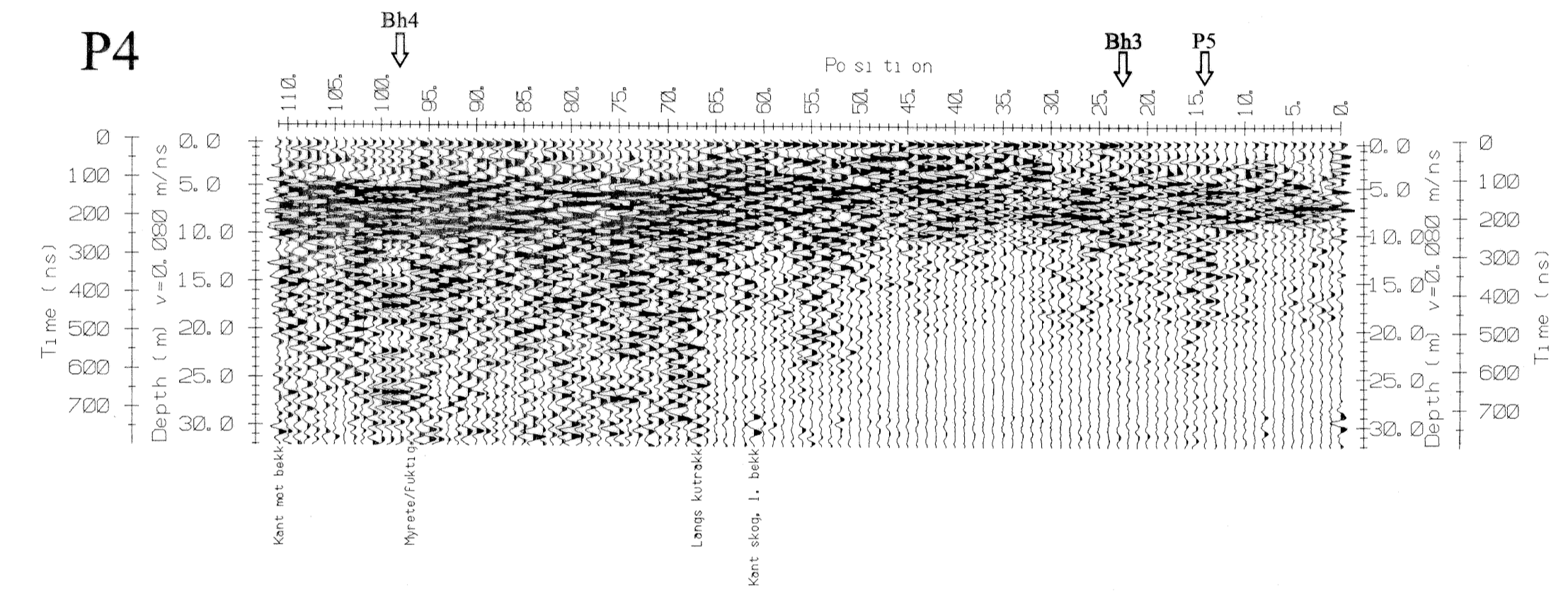
P3



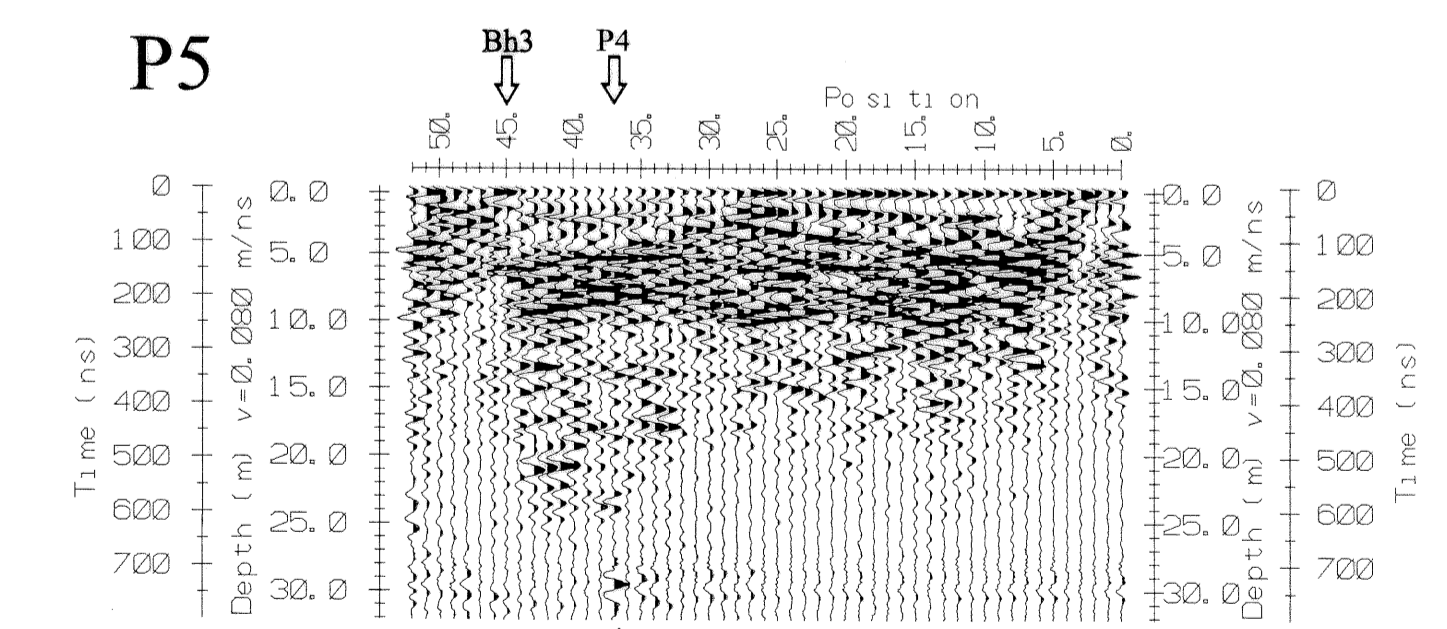
P1



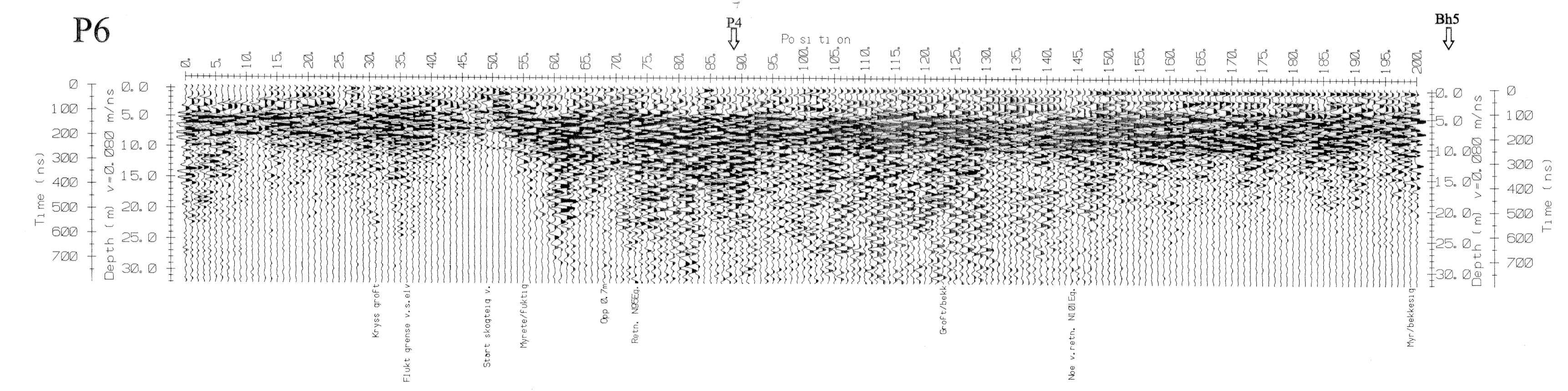
P4



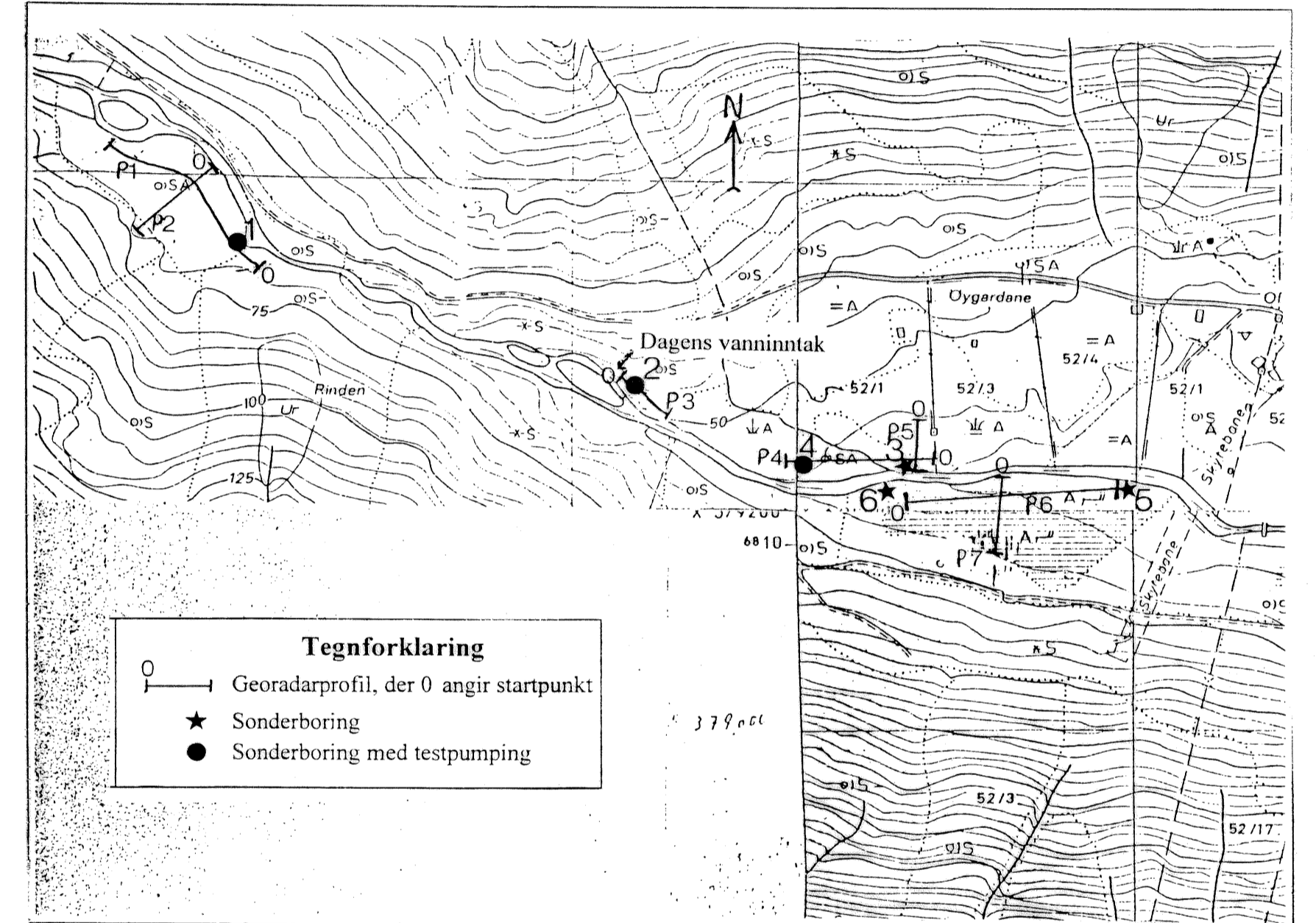
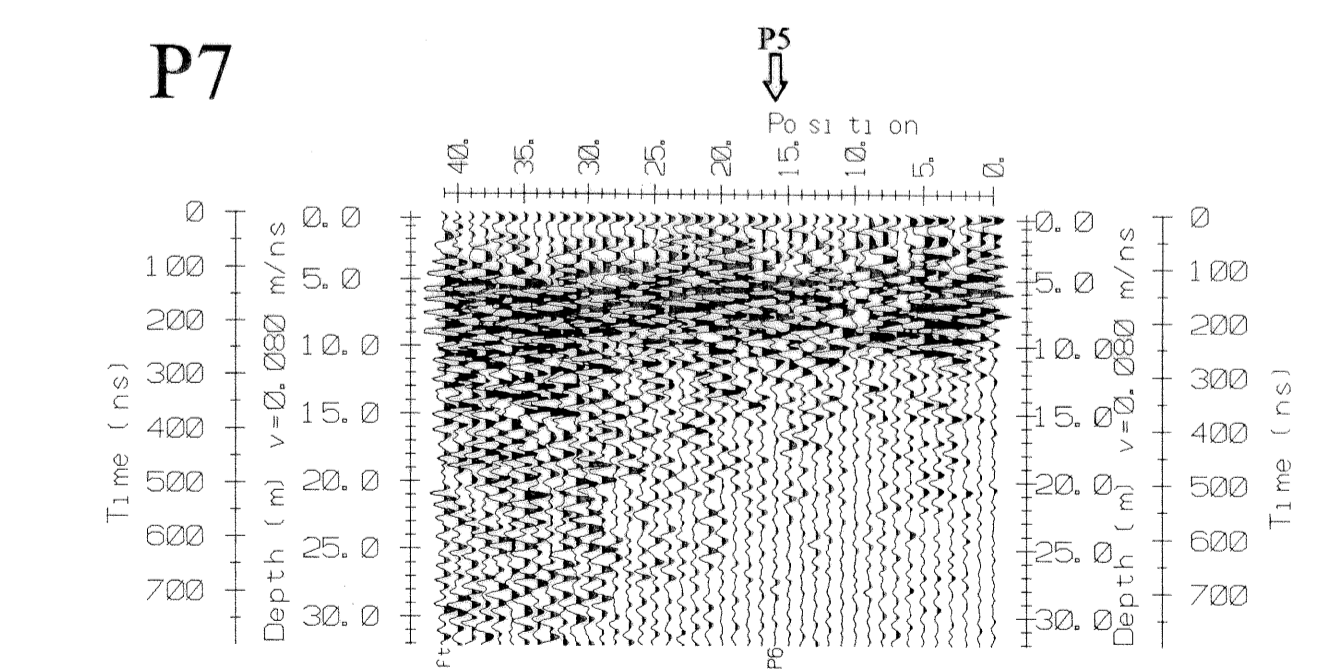
P5



P6



P7



NGU / BALESTRAND KOMMUNE GEORADAROPPTAK MUNDAL BALESTRAND KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE	MÅLSTOKK 1:5000 (Kart)	MÅLT JFT TEGN HE TRAC KFR KONF	Aug -96 Juni -97
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 97.048-03	KARTBLAD NR 1317 I

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;

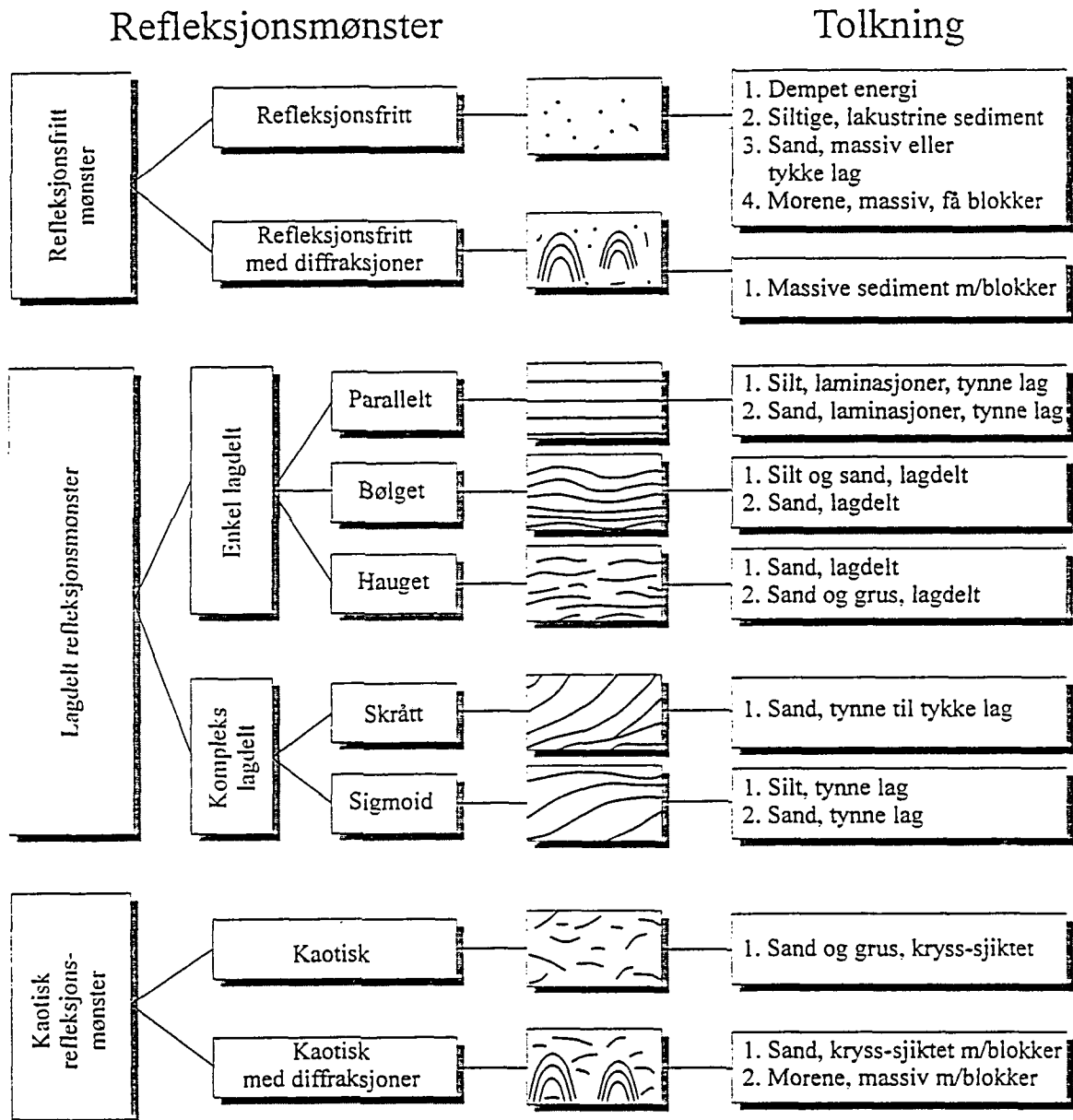
$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

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 demping av bølgepulsene og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin silt og leire vil penetrasjonen være helt ubetydelig. I dårlig ledende materiale som f.eks. tørr sand, kan det forventes en dybderekkevidde på flere titalls meter når det benyttes en lavfrekvent antenne (f.eks. 50 eller 100 Mhz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

<u>Medium</u>	<u>ϵ_r</u>	<u>v (m/ns)</u>	<u>ledningsevne (mS/m)</u>
<i>Luft</i>	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 dielektrisitetstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.



Skjema som knytter refleksjonsmønster på georadaropptak til avsetningstype og lagdeling (etter Beres & Haeni, 1991).

HYDROGEOLOGISKE OG HYDROKJEMISKE FELT- OG LABORATORIEMETODER

1 SONDERBORINGER I LØSMASSER

a) Metodikk

Standard sonderboringer i løsmasser blir gjort med Borros/Hafo 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 løsmassetypen 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 pumpe 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 testpumping blir brukt til en helhetlig vurdering av grunnvannsmagasinet 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 testpumping. 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 foringsrør 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 1.1-1.6	Borprofiler
Databilag 2.1-2.2	Kornfordelingsanalyser
Databilag 3	Analyseresultater av fysikalsk-kjemiske parametere
Databilag 4	Prinsippskisse av oppsamlingsgrøft

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Mundal, Balestrand

UTFØRT DATO: 22.09.96

BORPUNKT NR: 1

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X **UNDERSØKELSESTRØNN:** X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): **SONE:** 32 V **Ø-V:** 3773 **N-S:** 68100

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 68 moh

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

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 1,4 m

MERKNAD: 14 m rør står igjen, Spissen gikk muligens av på 10 m

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	grus og sand		DS	0					
	grus og sand + stein	1,00	DS	0					
3,5	grus og sand	1,05	DS	0					
	grus og sand	1,05	DS	0					
5,5	grus og sand	1,35	DS	0				0,7	
	grus og sand	1,05	S	0					
7,5	grusig sand	0,55	S	3			15	0,5	MP+VP
	grusig sand	1,30	DS	0					
9,5	grusig sand + stein	2,55	S	0-7				1,0	MP
	grusig sand	1,00	DS	0					
11,5	grusig sand + stein	3,30	DS	0		5,7	15	1,7	MP+VP
	grusig sand	1,15	S	0					
13,5	grusig sand + stein	5,10	DS	0-5				1,7 ?	
	blokk/fjell fra 14 m								
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: Mundal, Balestrand

UTFØRT DATO: 23.09.96

BORPUNKT NR: 2

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSEBRØNN: X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711):

SONE: 32 V

Ø-V: 3775

N-S: 68099

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 55 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		B				
3,5	stein, grus og sand	1,00	DS	0	B			0,3	mye sand
5,5	stein, grus og sand	0,50	DS	0	B				
5,5	sand, noe grusig	0,35		0	B	8,3		0,5	mye sand, ledn. ev.:2,0 mS/m
7,5	sand, noe grusig	0,30		0	B				
7,5	blokk/fjell fra 6,5 m	4,00	S						
9,5									
11,5									
13,5									
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: Mundal, Balestrand

UTFØRT DATO: 23.09.96

BORPUNKT NR: 3

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X **UNDERSØKELSESRØNN:**

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): **SONE:** 32 V **Ø-V:** 3779 **N-S:** 68098

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 43 moh

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

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 2,0 m

MERKNAD:

Dyp	Materialtype	Borsynk	Slag	Vann-trykk	Boreslam	Temp.	P.tid før prøve taking	Vann-føring	Merknad
[m]		[min/m]		[kg]		[°C]	[min]	[l/s]	
1,5	stein og sand		DS		B				
	stein og sand	1,45	S	0	B				
3,5	stein og sand	0,55	S	0	B				
	stein og sand	0,40	DS	0					
5,5	stein og sand	1,20	DS	0	G				
	fjell/blokk fra 6,2 m	5,20	S	0					
7,5									
9,5									
11,5									
13,5									
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: Mundal, Balestrand

UTFØRT DATO: 23.09.96

BORPUNKT NR: 4

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSEBRØNN: X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711):

SONE: 32 V

Ø-V: 3777

N-S: 68099

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 46 moh

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

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 1,0 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	grus og stein		DS	0	B				
	grus og sand + stein	2,00	S	0	B				
3,5	grus og sand + stein	2,45	S	0	B				
	grus og sand	1,20	DS	0	B/G				
5,5	grus og sand	1,20	DS	0	G			1,0	mye sand
	grus og sand + stein	1,15	DS	0	G				
7,5	grusig sand	1,25	S	0	G			0,1	
	Blokk/fjell fra 7,3 m								
9,5									
11,5									
13,5									
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: Mundal, Balestrand

UTFØRT DATO: 24.09.96

BORPUNKT NR: 5

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X **UNDERSØKELSESTRØNN:**

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): **SONE:** 32 V **Ø-V:** 3778 **N-S:** 68096

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 38 moh

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

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD:

Dyp	Materialtype	Borsynk	Slag	Vanntrykk	Boreslam	Temp.	P.tid før prøve taking	Vannføring	Merknad
[m]		[min/m]		[kg]		[°C]	[min]	[l/s]	
1,5	stein og sand		DS		B				
	stein og sand + blokk	3,50	DS	0	B				
3,5	stein, grus og sand	1,00	S	0	B/G				
	stein, grus og sand	1,30	DS	0	B/G				
5,5	sand + stein	1,40	DS	0	G				
	sand + stein	0,55	S	0	G				
7,5	Fjell/blokk fra 6,6 m	4,00	S						
9,5									
11,5									
13,5									
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: Mundal, Balestrand

UTFØRT DATO: 24.09.96

BORPUNKT NR: 6

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X **UNDERSØKELSESRØNN:**

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): **SONE:** 32 V **Ø-V:** 3779 **N-S:** 68099

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 48 moh

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

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD:

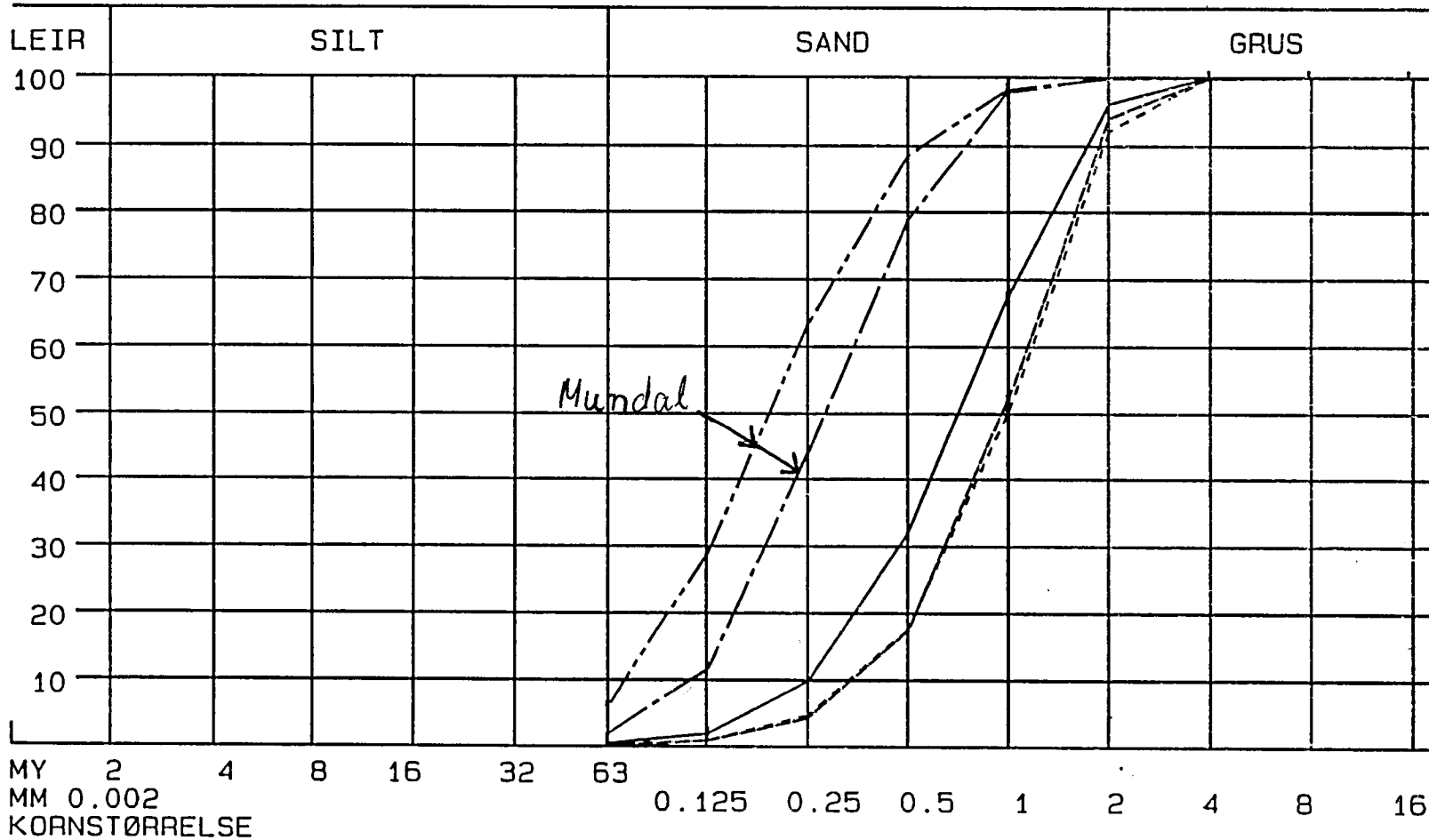
Dyp	Materialtype	Borsynk	Slag	Vann-trykk	Boreslam	Temp.	P.tid før prøve taking	Vann-føring	Merknad
[m]		[min/m]		[kg]		[°C]	[min]	[l/s]	
1,5	stein, grus og sand		S	0	B				
	stein, grus og sand	1,05	S	0	B				
3,5	sand + noe grus	0,45		0	B				
	stein og sand	2,00	DS	0	G				
5,5	blokk/fjell fra 4,9 m	4,20	S						
7,5									
9,5									
11,5									
13,5									
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

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFØRDELINGSKURVE

XXX XXX



—————	960509
- - - - -	960510
—————	960511
—————	960512
- - - - -	960513

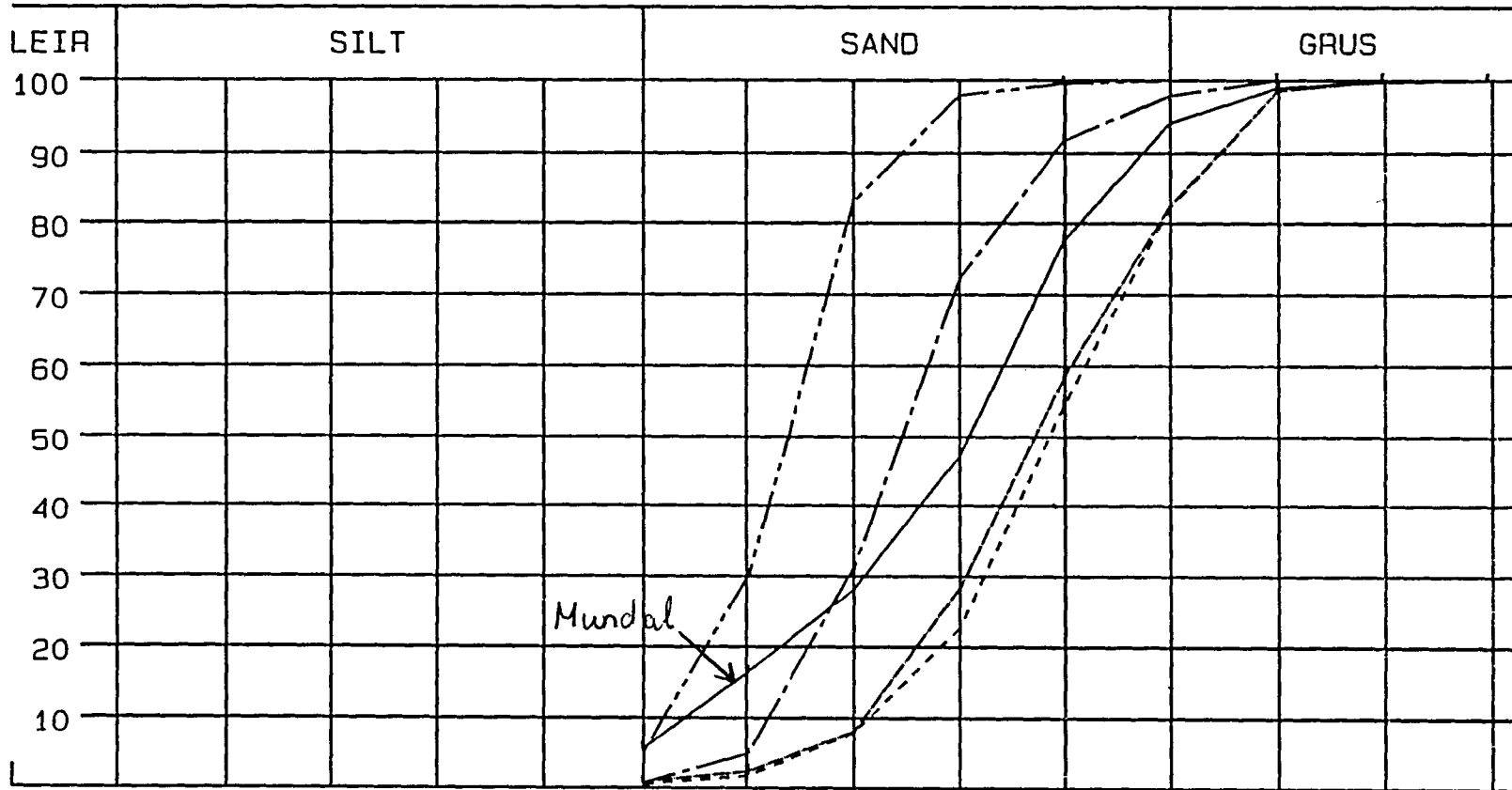
Sted	Borh. nr.	Dyp (m)	M_d (mm)	d_{10} (mm)	d_{60} (mm)	(d_{60}/d_{10})	k (m/s)
Mundal	1	6.5-7.5	0,28	0,12	0,34	2,83	$2,4 \cdot 10^{-4}$
Mundal	1	8.5-9.5	0,19	0,08	0,23	2,88	$1,0 \cdot 10^{-4}$

M_d : midlere kornstørrelse, k : hydraulisk ledningsevne utledet av d_{10} og d_{60}/d_{10}

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDELINGSKURVE

XXX XXX



MY 2 4 8 16 32 63
 MM 0.002
 KORNSTØRRELSE

	Sted	Borh. nr.	Dyp (m)	M_d (mm)	d_{10} (mm)	d_{60} (mm)	(d_{60}/d_{10})	k (m/s)	
—————	960514	Mundal	1	10.5-11.5	0,54	0,09	0,65	7,22	$0,9 \cdot 10^{-4}$
- - - - -	960515								
—————	960516								
- - - - -	960517								
—————	960518								

M_d : midlere kornstørrelse, k : hydraulisk ledningsevne utledet av d_{10} og d_{60}/d_{10}

