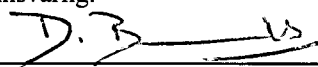


NGU Rapport 97.055

Grunnvannsundersøkelser i Bøfjorden,
Surnadal kommune, 1996.

Rapport nr.: 97.055		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Grunnvannsundersøkelser i Bøfjorden, Surnadal kommune, 1996.				
Forfatter: Gaute Storrø, Torleif Lauritsen, Aase Kjersti Midtgård		Oppdragsgiver: NGU/Surnadal kommune		
Fylke: Møre og Romsdal		Kommune: Surnadal kommune		
Kartblad (M=1:250.000) Kristiansund		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1421 III Halså		
Forekomstens navn og koordinater: Settemsøra 4686 69879, Settemsdalen 4702 69888 og 4710 69898 32V		Sidetall: 33	Pris: kr 70,-	
Feltarbeid utført: August 1996		Rapportdato: 24.06.97	Prosjektnr.: 2713.15	Ansvarlig: 
Sammendrag:				
<p>I forbindelse med NGU's deltagelse i «Prosjekt Vannforsyning» (PROVA) ble det i 1996 gjennomført grunnvannsundersøkelser i Bøfjorden/Settemsøra i Surnadal kommune, Møre & Romsdal fylke. Vannforsyningen i området er i dag basert på 3 forskjellige elve/bekkeinntak. Råvannkvaliteten er tidvis dårlig med høye farge- og bakterietall. Dimensjonerende vannbehov for en eventuell ny vannkilde ble angitt til 4 l/s.</p> <p>Undersøkelsene ble innledet med georadarmålinger i områdene Bytengen, Settemsøra og Storslette. Ved Bytengen og Storslette gav målingene ingen klare indikasjoner på positive forhold for grunnvannsuttak. Målingene ved Settemsøra gav positive indikasjoner både med hensyn til mektigheter og løsmassestrukturer. Det ble derfor besluttet å konsentrere de oppfølgende boringene til området ved Settemsøra.</p> <p>Undersøkelsene gir klare indikasjoner på et uttakspotensiale som er tilstrekkelig til å dekke det foreliggende vannbehov (4 l/s) ved etablering av produksjonsbrønner i lokaliteten Bh2 ved utløpet av Settemselva. Grunnvannskvaliteten synes å ligge i grenseland i forhold til hva som kan benyttes som en råvannskilde uten vannbehandling. Anlegg for alkalisering/pH-justering samt fjerning av jern/mangan <u>kan</u> være påkrevet.</p> <p>Ut fra en samlet vurdering av vannkvalitet og <u>kvantitet</u> finner vi likevel grunnlag for å anbefale at den etablerte 2"-brønn benyttes for en langtidsprøvepumping hvor både mengde og kvalitet kontrolleres gjennom en periode på minimum 3 måneder.</p>				
Emneord: Hydrogeologi	Geofysikk	Georadar		
Soderboring	Løsmasse	Grunnvannskvalitet		
Grunnvannsforsyning	Ressurskartlegging	Fagrapport		

INNHold

FORORD.....	4
1 SAMMENDRAG.....	5
2 INNLEDNING.....	6
3 METODEBESKRIVELSE.....	7
3.1 Georadar.....	7
3.2 Boringer.....	7
3.3 Prøvebehandling.....	7
4 RESULTATER.....	8
4.1 Georadarundersøkelser.....	8
4.1.1 Bytengen.....	8
4.1.2 Settemsøra.....	8
4.1.3 Storslette.....	9
4.2 Boringer og testpumper.....	9
4.3 Grunnvannskvalitet.....	10
5 KONKLUSJON OG ANBEFALING.....	12

TEGNINGER

- 1 Borprofiler for Bh1 og Bh2, Bøfjorden
- 2 Kornfordelingskurver for løsmasseprøver
- 3 Kornfordelingskurver for løsmasseprøver

TABELLER

- 1 Uorganiske vannanalyser fra Bh1, Bøfjorden
- 2 Uorganiske vannanalyser fra Bh2, Bøfjorden
- 3 Uorganiske vannanalyser fra Bh3, Bøfjorden

TEKSTBILAG

- 1 Georadar - metodebeskrivelse
- 2 Hydrogeokjemiske- og hydrogeologiske felt- og analysemetoder

KARTBILAG

- 97.055-01: Oversiktskart M 1:50000
- 97.055-02: Georadaropptak, P1, P2, P3, P4 og P5

FORORD

En god vannforsyning med hensyn til 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.

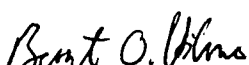
Etter initiativ fra Miljøverndepartementet gjennomførte Norges geologiske undersøkelse (NGU) i perioden 1989-1992 prosjektet *Grunnvann i Norge (GiN)*. Det overordnede mål for GiN-prosjektet var å skape grunnlag for økt bruk og bedre beskyttelse av grunnvannsressurser. En viktig del av prosjektet bestod 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.

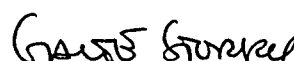
Prosjektet gjennomføres som et samarbeidsprosjekt mellom NGU, fylkeskommuner og kommuner. Prioriteringen av kommuner vil bli gjort i samarbeid med fylkeskommunene, mens prioriteringen av forsyningssteder vil bli foretatt i samråd med kommunene.

I samråd med fylkesmyndighetene i Møre & Romsdal og ut fra kommunenes/vannverkseierens interesse for prosjektet ble kommunene Surnadal, Vestnes, Stordal, Norddal og Ørsta valgt for grunnvannsundersøkelser i 1996. Arbeidet i de enkelte kommuner er planlagt i samarbeid med teknisk etat/vannverkseieren.

Prosjektet finansieres av Møre & Romsdal fylkeskommune (25 %), de enkelte kommuner/vannverkseiere (15 %) og NGU (60 %). I tillegg har kommunene/vannverkene bidratt med en egeninnsats i form innhenting av bakgrunnsmateriale og teknisk tilrettelegging.


Bernt Olav Hilmo

Hovedprosjektleder


Gaute Storø
forsker

1 SAMMENDRAG

I forbindelse med NGU's deltagelse i «Prosjekt Vannforsyning» (PROVA) ble det i 1996 gjennomført grunnvannsundersøkelser i Bøfjorden/Settemsøra i Surnadal kommune, Møre & Romsdal fylke.

Vannforsyningen i området er i dag basert på 3 forskjellige elve/bekkeinntak. Råvannkvaliteten er tidvis dårlig med høye farge- og bakterietall. Dimensjonerende vannbehov for en eventuell ny vannkilde ble angitt til 4 l/s.

Undersøkelsene ble innledet med georadarmålinger i områdene Bytingen, Settemsøra og Storslette. Ved Bytingen og Storslette ble det registrert relativt beskjedne løsmassemektheter (2-8 m) og et refleksjonsmønster som ikke gir klare indikasjoner på positive forhold for grunnvannsuttak. Målingene ved Settemsøra viste betydelig større løsmassemektheter (mer enn 12 m) og et refleksjonsmønster som stedvis gjenspeiler skrålag i massene. Dette sistnevnte er ofte et sikkert tegn på løsmasser med god vanngiverevne. Det ble derfor besluttet å konsentrere de oppfølgende boringene til området ved Settemsøra.

Ved Settemsøra ble det utført boringer og testpumping i 2 lokaliteter. I Bh1 ble det sonderboret og testpumpet til 11.5 m's dyp i relativt homogene sand/grus-masser. Fjell ble ikke påtruffet. Massene var i hele profilet sterkt oppblandet med organisk materiale. Testpumpingen viste lav vanngjennomgang i massene i hele profilet (< 1.2 l/s pr m).

I Bh2 ble det sonderboret og testpumpet til 15.5 m's dyp i homogene sand/grus-masser. Fjell ble ikke påtruffet. Også her var massene hele veien oppblandet med organisk materiale, men i mindre grad enn ved Bh1. Vanngjennomgangen i profilet må generelt betegnes som middels (2 l/s pr m), men massene i nivå 6-12 m under terreng har middels- til høy vanngjennomgang (2.2 - 3.3 l/s pr m).

Undersøkelsene gir klare indikasjoner på et uttakspotensiale som er tilstrekkelig til å dekke det foreliggende vannbehov (4 l/s) ved etablering av produksjonsbrønner i lokaliteten Bh2 ved utløpet av Settemselva. Grunnvannskvaliteten synes å ligge i grenseland i forhold til hva som kan benyttes som en råvannskilde uten vannbehandling. Anlegg for alkalisering/pH-justering samt fjerning av jern/mangan kan være påkrevet.

Ut fra en samlet vurdering av vannkvalitet og kvantitet finner vi likevel grunnlag for å anbefale at den etablerte 2''-brønn benyttes for en langtidsprøvepumping hvor både mengde og kvalitet kontrolleres gjennom en periode på minimum 3 måneder.

2 INNLEDNING

I forbindelse med NGU's deltagelse i «Prosjekt Vannforsyning» (PROVA), som er et nasjonalt prosjekt for kvalitetsforbedring innen drikkevannsektoren administrert av Folkehelse (SIFF), ble det i 1996 gjennomført grunnvannsundersøkelser i Bøfjorden/Sættemøra i Surnadal kommune, Møre & Romsdal fylke.

Vannforsyningen i området er i dag basert på 3 forskjellige elve/bekkeinntak. Råvannkvaliteten er tidvis dårlig med høye farge- og bakterietall. Dimensjonerende vannbehov for en eventuell ny vannkilde ble angitt til 4 l/s.

Undersøkelsene ble igangsatt og gjennomført i samråd med fylkeskommunens Nærings- og Miljøavdeling, representert ved Lars Saga, og Surnadal kommune, representert ved Terje Forberg. Forut for georadarmålinger, boringer og testpumpinger ble det i august 1996 gjennomført en feltbefaring sammen med representanter for fylke og kommune. De videre feltarbeider ble utført av:

Torleif Lauritsen (NGU)
Thoralf Moen (feltassistent)
Bjørn Iversen (NGU)
Gaute Storrø (NGU)

3 METODEBESKRIVELSE

3.1 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 MHz-antennene og 1000 V sender. Ved målingene ble det benyttet en antenneavstand og flyttavstand på 1 m. 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, veier o.l.

3.2 Boringer

Alle sonderboringer og rørdriking er utført med NGU's beltegående Borro-rigg. Rikken er utstyrt med topphammer og boring skjer ved rotasjon/slag samt vannspyling gjennom borkrone. Nærmere beskrivelse av metodikk vedrørende boringer og testpumping er gitt i tekstbilag 2.

3.3 Prøvebehandling

Alle prøver ble samlet inn ved hjelp av Honda vakuumpumpe. For hver prøvetaking ble det samlet inn to 500 ml plastflasker i felt. Prøvene ble gitt følgende behandling i laboratoriet før analyse;

-100 ml plastflaske, filtrert (0.45 µm filter) og syrekonservert (suprapure HNO₃) for ICAP

-100 ml plastflaske, filtrert (0.45 µm filter) for IC

-500 ml plastflaske, ubehandlet for alkalitet, pH og ledningsevne

Elektrisk ledningsevne og temperatur ble målt for alle prøver i felt. I tillegg ble det gjort feltmålinger av jerninnhold i prøvene 6 - 10 og måling av karbonsyre (CO₂(aq) + H₂CO₃(aq)) i prøvene 7 og 9. Begge prøvene viste < 10 mgCO₂/l.

Det ble samlet inn prøver av opp-pumpet masse fra alle vannprøvetakingslokaliteter. Masseprøvene ble analysert for kornfordeling.

Nærmere beskrivelse av metodikk vedrørende vannprøvetaking og vannanalyser er gitt i tekstbilag 2.

4 RESULTATER

4.1 Georadarundersøkelser

4.1.1 Bytengen

Ved Bytengen er det foretatt målinger med georadar langs ett profil, P1, sørøst for idrettsplassen. Lokaliseringen av profilet framgår av kartbilag -02. Tolkning av georadaropptaket antyder finkornige løsmasser og området er derfor mindre aktuelt for grunnvannsuttak. Det ble derfor ikke foretatt undersøkelsesboringer i området.

P1

Opptaket er vist i kartbilag -02. Et kaotisk reflektormønster av beskjeden tykkelse kan tyde på morene eller sand/grus-materiale over fjell i de første 65 m av opptaket, og at fjelloverflata er nokså dagnær (2-5 m dyp). Fra posisjon 65 m til posisjon 217 m sees horisontal lagdeling ned til 3-5 m dyp. Dette topplaget tolkes som lag av sand/grus. Under dette nivået erkjennes ingen reflektorer, noe som indikerer skarp overgang til finkornige masser, trolig marin leire. Muligheten for uttak av grunnvann vurderes derfor som liten. På slutten av profilet (fra posisjon 217 m) kan det igjen se ut til at fjelloverflata er dagnær under grovt materiale.

4.1.2 Settemsøra

Det er utført georadarmålinger langs 3 profiler i dette området (P2, P3 og P4). Opptakene og profilenes beliggenhet er vist i kartbilag -02. Opptakene viser typisk deltautbygging, og det antas at det i dette området er gode muligheter for grunnvannsuttak.

P2

Tydelige skrålag (foreset-lag) sees ned til max ca. 10 m dyp i starten av profilet, avtagende til ca. 6 m mot slutten. Over skrålagene sees et 1-2 m tykt topplag. Skrålagene består trolig av grove masser (sand/grus) og skulle gi meget gode muligheter for uttak av grunnvann. Under disse sees markert overgang til svak eller ingen reflektivitet. Dette indikerer innslag av finstoff (finsand/silt/leire) som øker den elektriske ledningsevnen. Grunnvannspeilet kan ikke erkjennes i opptaket, men ligger trolig såvidt høyt (1-2 m) at det sammenfaller med topplaget.

P3

Opptaket viser veksling mellom bølgende og skrå reflektorer ned til ca. 12 m dyp. Vekslingen skyldes sannsynligvis at profilet går på tvers av avsetningsretningen. Det lagdelte reflektormønsteret tolkes som lag av sand/grus, og skulle gi gode muligheter for grunnvannsuttak. Reflektiviteten avtar gradvis, noe som kan indikere enten økende innslag av finstoff mot dypet eller saltvann fra fjorden. Grunnvannspeilet ligger trolig ved ca. 1-2 m.

P4

Fra starten av profilet til ca. posisjon 65 m sees tydelige skrålag (foreset-lag) under et 1-2 m tykt topplag. Skrålagene kan følges ned til ca. 12 m dyp, og tolkes som vekslinger av sand/grus. Muligheten for grunnvannsuttak skulle være god over dette nivået. Avtagende refleksivitet mot dypet skyldes trolig økende innslag av finstoff (silt/leire). Helt på slutten av profilet reduseres penetrasjonen drastisk, noe som trolig skyldes saltvannsinntregning fra fjorden.

4.1.3 Storslette

I dette området er det utført georadarmåling langs ett profil, P5, på sørøst-sida av elva. Opptaket og profilets beliggenhet er vist i kartbilag -02. Et relativt beskjedent dyp til fjell og/eller finkornige masser gjør trolig dette området mindre egnet til grunnvannsuttak. Det er ikke foretatt sonderboring på stedet.

P5

Opptaket viser en forholdsvis beskjeden tykkelse av grove fluviale masser (5-8 m). Størst tykkelse har en mellom posisjonene 25 m og 120 m. En eventuell sonderboring bør foretas her. I dette området sees en horisontal, svak reflektor ved ca. 8 m dyp (nivå 72 m.o.h). Denne ser ut til å danne markert overgang til finstofflag (siltige masser) med horisontal eller bølget lagdeling. I resten av profilet er overgangen til liten refleksivitet mer diffus. Dette kan skyldes gradvis overgang til mer siltige masser, men det er også sannsynlig at fjellet ligger grunt (0-5 m). Profilet går temmelig nært dalsiden og stedvis kan en erkjenne en reflektor som kan representere fjelloverflaten. Området er derfor tolket til å ikke være egnet for grunnvannsuttak av betydning.

4.2 Boringer og testpumper

Borlokalteter og boreresultater er vist i kartbilag 2 og tegning 1. På bakgrunn av at georadarmålingene ved Bytengen og Storsletteav gav relativt negative indikasjoner med hensyn til muligheter for grunnvannsuttak, ble det besluttet å konsentrere de oppfølgende boringene til området ved Settemsøra. Det ble utført boringer og testpumping i 2 lokaliteter. Borhull1 (Bh1) ble plassert ved bekkeutløp i Settemsbukta og borhull 2 (Bh2) på nordsiden av Settemselvas utløp (kartbilag 2).

I Bh1 ble det sonderboret og testpumpet til 11.5 m's dyp i relativt homogene sand/grus-masser, dog med noe mer finsanddominerte masser fra 6 m's dyp (tegning 1). Fjell ble ikke påtruffet. Massene var i hele profilet sterkt oppblandet med organisk materiale hvilket ble synliggjort i brun-svart farge på returvann under boringene. Testpumpingen viste lav vanngjennomgang i massene i hele profilet (< 1.2 l/s pr m). Etter boringen ble det satt igjen en observasjonsbrønn (5/4``-damprør) i lokaliteten med filter i nivå 4.5-5.5 m under terreng. Kornfordelingskurver for opp-pumpede løsmasser er vist i tegning 2.

I Bh2 ble det sonderboret og testpumpet til 15.5 m's dyp i homogene sand/grus-masser (tegning 1). Fjell ble ikke påtruffet. Også her var massene hele veien oppblandet med organisk materiale, men i mindre grad enn ved Bh1. Vanngjennomgangen i profilet må generelt betegnes som middels (2 l/s pr m), men massene i nivå 6-12 m under terreng har middels- til høy vanngjennomgang (2.2 - 3.3 l/s pr m). Kornfordelingskurver for opp-pumpede løsmasser er vist i tegning 2 og 3. Kurvene viser at massene i nivå 6-12 m under terreng er noe mer grovkornige (middelkornstørrelse ca 0.6 mm) enn massene i de øvrige deler av profilet (middelkornstørrelse 0.3-0.4 mm).

Etter boringen ble det satt ned en observasjons-/testpumpingsbrønn (2``-damprør) i lokaliteten med filter i nivå 5.5-11.5 m under terreng. Midt mellom elv og 2``-brønn (24 m sør for sistnevnte) ble det i tillegg satt ned en 6 m dyp observasjonsbrønn (5/4``-damprør).

Det ble gjennomført en meget forenklet testpumping av 2``-brønnen i lokalitet Bh2. Det ble pumpet i 55 minutter med et uttak på anslagsvis 5 l/s. Total senkning av vannspeilet ved pumpebrønnen ble målt til 0.15 m, hvilket må betegnes som en beskjeden senkning. Testen gir klare indikasjoner på at produksjonskapasiteten for testbrønnen er tilstrekkelig til å dekke det foreliggende vannbehov for det lokale vannverket (ca 4 l/s). Endelig verifisering av kvantitet og kvalitet kan imidlertid kun gjøres gjennom langtidsprøvepumping.

4.3 Grunnvannskvalitet

Det ble totalt samlet inn 10 vannprøver fra de to borhullene i Bøfjorden. Analyseresultatene er gitt i tabell 1, 2 og 3. I tabellene er alle parametre som viser avvik i forhold til de veiledende verdiene gitt i drikkevannsforskriftene, markert med uthevet skrift. Det generelle trekk for alle vannprøvene er at de viser relativt høye innhold av jern og mangan og lave verdier for pH og alkalitet.

Grunnvannskvaliteten er i begge borlokalitetene påvirket av det høye innholdet av organisk materiale i løsmassene. Naturlig nedbryting av organisk materiale medfører forbruk av oksygen (oksydasjonsmiddel). Når oksygenet er brukt opp vil andre oksydanter som f.eks.

sulfat tas i bruk og gi reduserte sluttprodukter (H_2S). Nedbrytingen ledsages gjerne av redusert alkalitet/pH og oppløsning av metaller.

Borhull 1 (Bh1):

Resultater fra analyse av vannprøver fra Bh1 er gitt i tabell 1. De to grunneste prøvene (1 og 2) viser høye jern og manganverdier og lave pH og alkalitetsverdier. I tillegg observeres spor av «sjeldne» metaller som sink, nikkel, lantan og yttrium. Nitratverdiene er også relativt høye selv om de ligger godt under grenseverdiene i drikkevannsnormen. Nitratinnholdet antas å ha sammenheng med sigevann fra jordbruksaktivitet oppstrøms lokaliteten.

Den dypeste prøven (3) viser meget høye jern og manganverdier, men samtidig ikke unormalt lav pH og alkalitet. Prøven har en karakteristisk lukt av H_2S (hydrogensulfid) hvilket gjenspeiles i lavt sulfatinnhold (SO_4) i forhold til prøve 1 og 2. Her er det tydelige reduserende forhold med sulfat-reduksjon.

Lokaliteten ved Bh1 må ut fra en samlet vurdering av vannkvalitet og uttakspotensiale betraktes som lite egnet for utnyttelse i drikkevannssammenheng.

Borhull 2 (Bh2):

Resultater fra analyse av vannprøver fra Bh2 er gitt i tabell 2 og 3. Prøvene fra de ulike dyp viser en relativt likeartet sammensetning dog med en stigende tendens for kalsium, alkalitet og pH mot dypet. Jern og manganverdiene er også her noe høyere enn ønskelig og en svak H_2S lukt registreres for alle prøvene.

Prøve 6 skiller seg klart ut fra de øvrige med en ekstremt lav pH (4.8) og alkalitet, høyt aluminiuminnhold (0.8 mg/l) og spor av «sjeldne» metaller som sink, lantan og yttrium. Forholdet har sannsynligvis sammenheng med variasjoner i opptreden av organisk materiale i massene.

Den dypeste prøven (9) kan også sies å skille seg noe ut fra de øvrige med høy natrium og alkalitet og lav sulfat. Til tross for det lave sulfatinnholdet så synes prøvene å ha mindre lukt av H_2S enn de øvrige prøvene.

Også i denne lokaliteten synes nitratinnholdet å være noe forhøyet i det overflatenære grunnvannet (prøve 4), uten at dette på noen måte kan betraktes som kvalitetsforringende for lokaliteten.

Prøve 10 ble tatt etter 55 min. pumping fra 2'' observasjons-/testpumpingsbrønn med filter i nivå 5.5 - 11.5 m. Prøven representerer således alle de 3 nivåene hvor prøvene 6, 7 og 8 er

hentet fra. Prøvens kjemiske sammensetning er da også nærmest identisk med den teoretiske sammensetning som en ville få ved sammenblanding av like deler vann fra disse 3 nivåene. Jern og manganverdiene er fortsatt noe høye mens pH og alkalitet er for lav.

Jernverdier målt i felt er gjennomgående høyere enn jernverdier målt i lab. Prøvene ble ikke filtrert og syrebehandlet i felt slik at en viss jernutfelling trolig har funnet sted før filtreringen/syretilsetningen i lab. Det kunne imidlertid ikke observeres synlige utfellinger i prøveflaskene. Forskjellen mellom jernverdi i felt og lab er særlig stor for prøve 10 hvilket kan indikere at jernet felles relativt lett ut ved tilførsel av oksygen (lufting).

Som en oppsummering synes grunnvannskvaliteten i lokaliteten Bh2 å ligge i grenseland i forhold til hva som kan benyttes som en råvannskilde uten vannbehandling. Vannprøve 10 gir det beste bilde av hva som kan forventes av vannkvalitet for en fremtidig produksjonsbrønn. Anlegg for alkalisering/pH-justering samt fjerning av jern/mangan kan være påkrevet. Kostnader for etablering av et nytt råvannsuttak inklusive de foran omtalte rensetrinn må vurderes opp mot kostnader ved rensing av eksisterende vannkilde samt kvalitet av det sluttprodukt som kan leveres etter rensing av eksisterende vannkilde.

5 KONKLUSJON OG ANBEFALING

Det ble innledningsvist utført en kartlegging av potensialet for grunnvannsuttak ved Bytengen, Storslette og Settemsøra ved hjelp av profilering med georadar. Målingene i de to førstnevnte lokalitetene viste relativt beskjedne løsmassemektheter (2-8 m) og refleksjonsmønstre som ikke gir klare indikasjoner på positive forhold for grunnvannsuttak. Målingene ved Settemsøra viste betydelig større løsmassemektheter (mer enn 12 m) og et refleksjonsmønster som stedvis gjenspeiler skrålag i massene. Dette sistnevnte er ofte et sikkert tegn på løsmasser med god vanngiverevne. Det ble derfor besluttet å konsentrere de oppfølgende boringene til området ved Settemsøra.

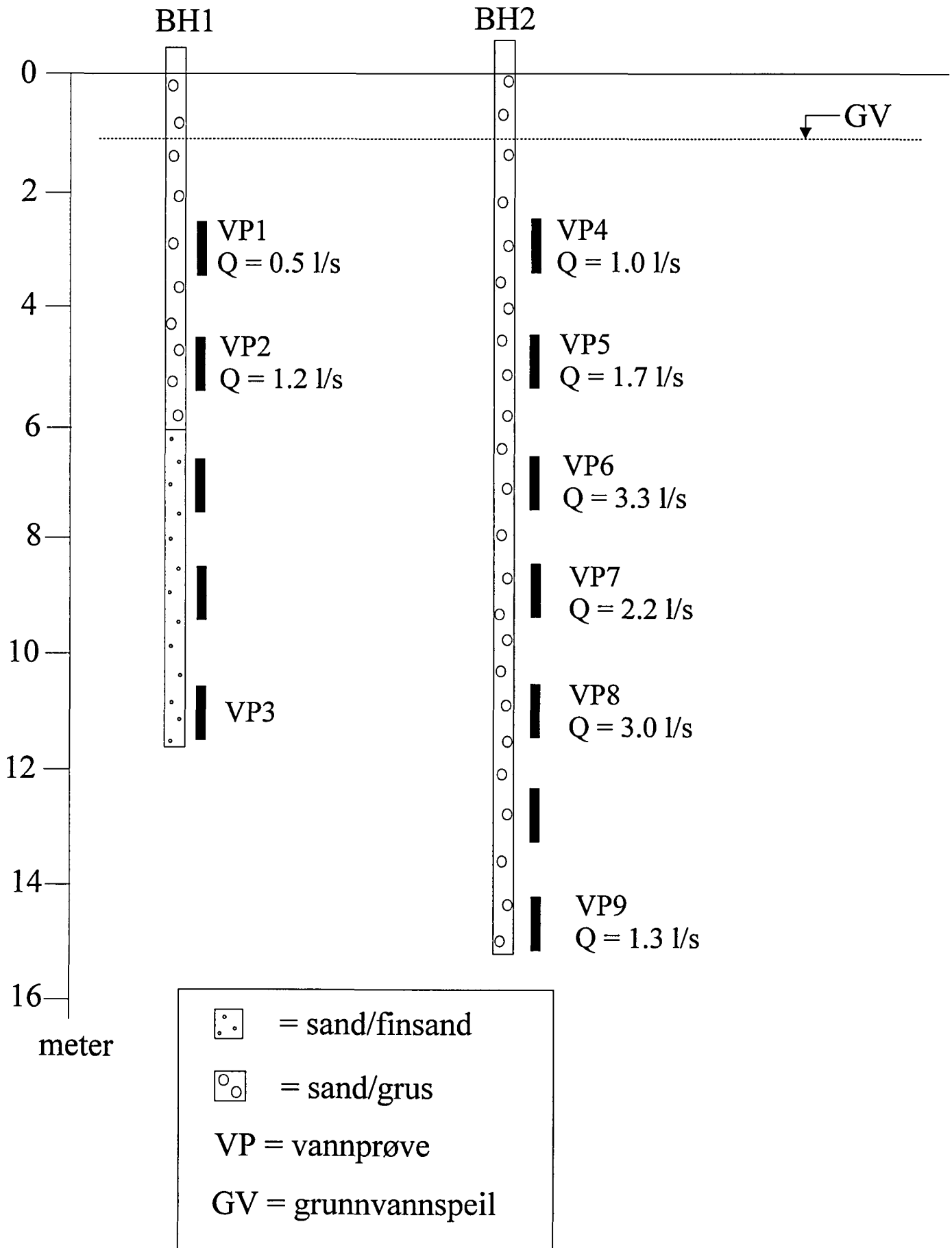
Undersøkelsene gir klare indikasjoner på et uttakspotensiale som er tilstrekkelig til å dekke det foreliggende vannbehov (4 l/s) ved etablering av produksjonsbrønner i lokaliteten Bh2 ved utløpet av Settemselva. Grunnvannskvaliteten synes å ligge i grenseland i forhold til hva som kan benyttes som en råvannskilde uten vannbehandling. Anlegg for alkalisering/pH-justering samt fjerning av jern/mangan kan være påkrevet.

Ut fra en samlet vurdering av vannkvalitet og kvantitet finner vi likevel grunnlag for å anbefale at den etablerte 2''-brønn benyttes for en langtidsprøvepumping hvor både mengde og kvalitet kontrolleres gjennom en periode på minimum 3 måneder.

TEGNINGER

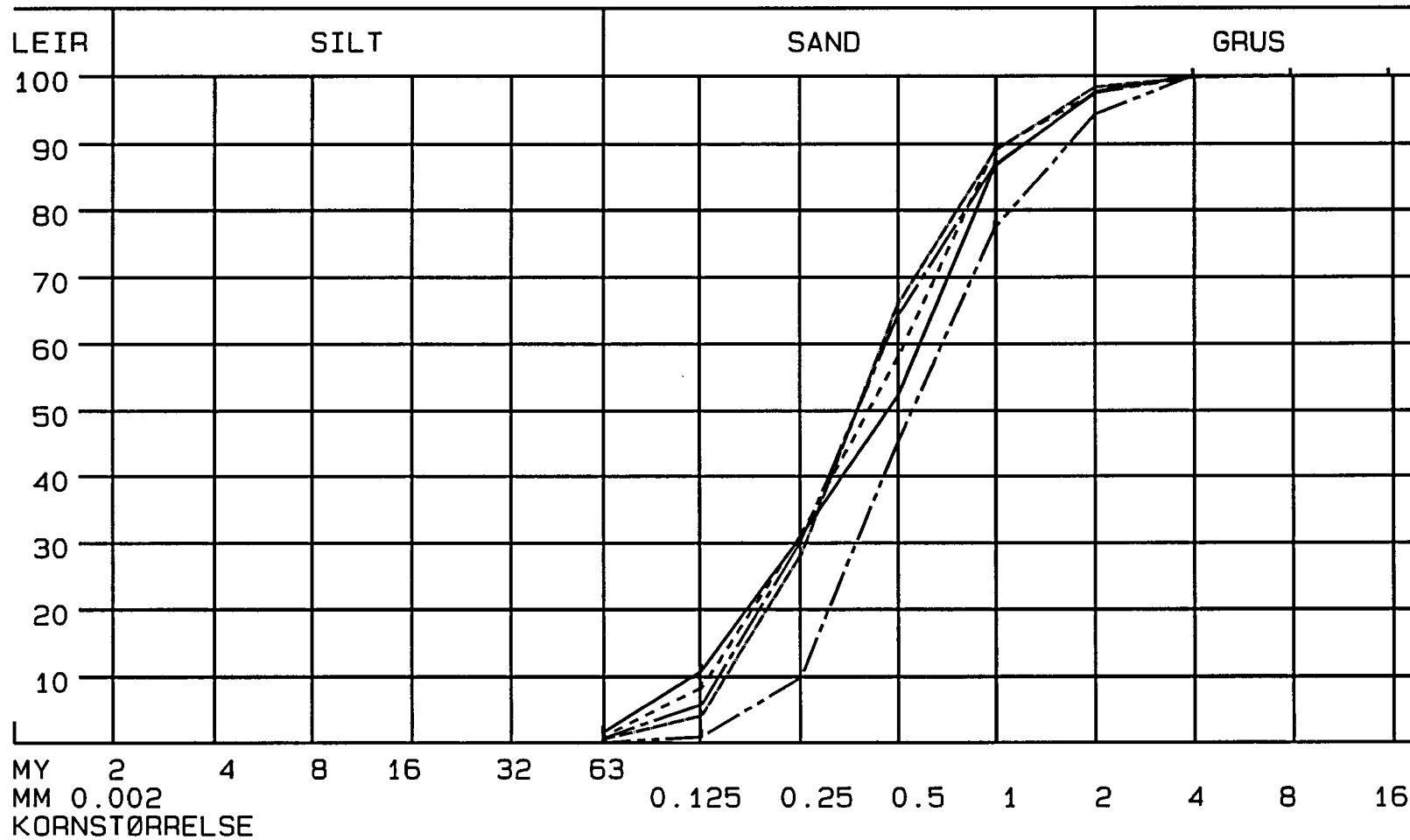
- 1 Borprofiler for Bh1 og Bh2, Bøfjorden
- 2 Kornfordelingskurver for løsmasseprøver
- 3 Kornfordelingskurver for løsmasseprøver

BORPROFILER BØFJORDEN



NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDELINGSKURVE
 12202 Vestn

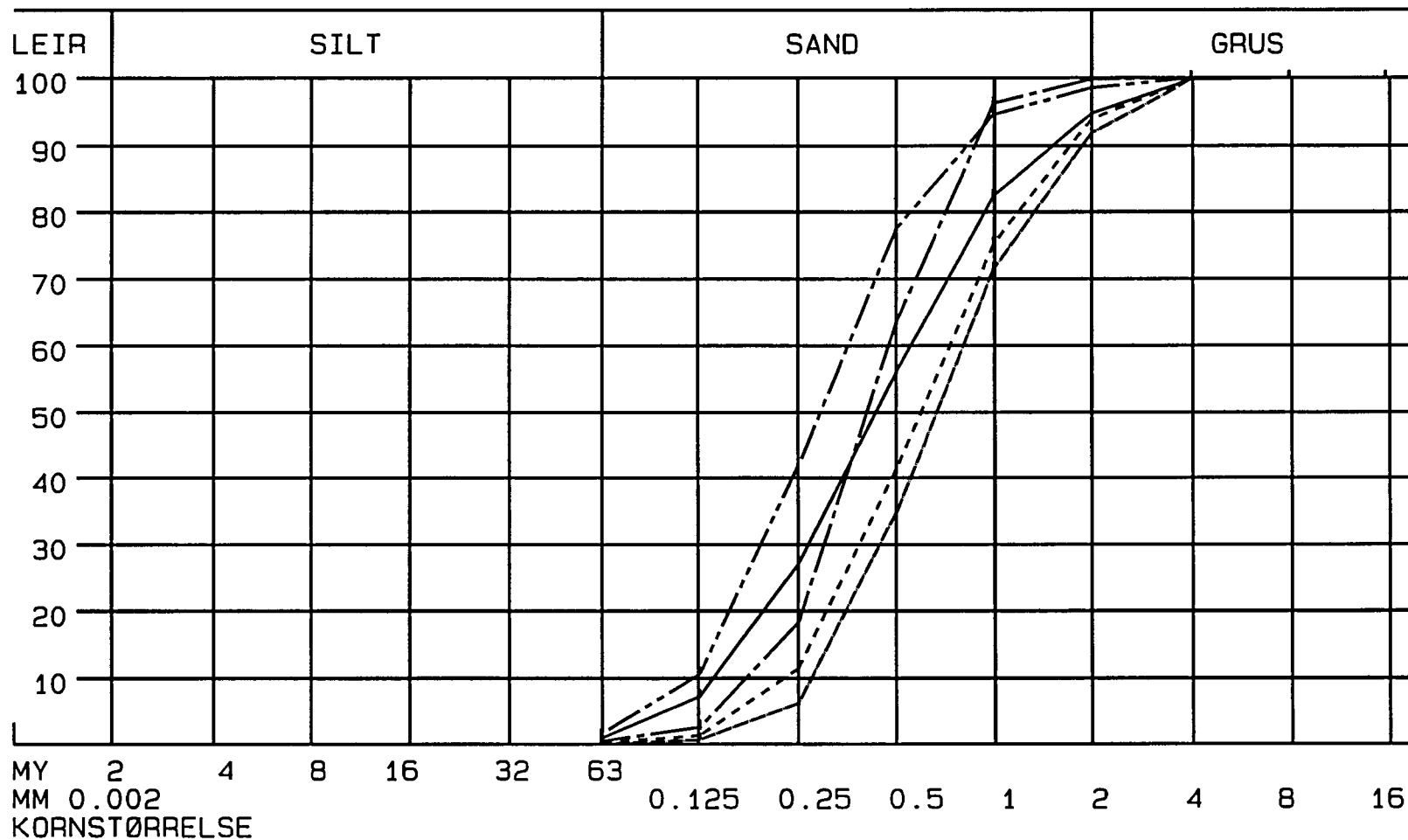


- | | | |
|-----------|--------|-----------------------------------|
| ————— | 960527 | Bøfjorden, borhull 1, 2.5 - 3.5 m |
| - - - - - | 960528 | Bøfjorden, borhull 1, 4.5 - 5.5 m |
| ————— | 960529 | Bøfjorden, borhull 2, 2.5 - 3.5 m |
| - - - - - | 960530 | Bøfjorden, borhull 2, 4.5 - 5.5 m |
| ————— | 960531 | Bøfjorden, borhull 2, 6.5 - 7.5 m |

TEGNING 2

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDELINGSKURVE
 12202 Vestn



TEGNING 3

- | | | |
|-------------|--------|-------------------------------------|
| ————— | 960532 | Bøfjorden, borhull 2, 8.5 - 9.5 m |
| - - - - - | 960533 | Bøfjorden, borhull 2, 10.5 - 11.5 m |
| - - - - - | 960534 | Bøfjorden, borhull 2, 12.5 - 13.5 m |
| - . - . - . | 960535 | Bøfjorden, borhull 2, 14.5 - 15.5 m |
| | 960536 | |

TABELLER

- 1 Uorganiske vannanalyser fra Bh1, Bøfjorden
- 2 Uorganiske vannanalyser fra Bh2, Bøfjorden
- 3 Uorganiske vannanalyser fra Bh3, Bøfjorden

PRØVE NR: NGU-oppdrag:	1 320/96	2 320/96	3 320/96		SIFF KVALITETS- NORMER *	
LOKALITET: DYP (m):	BH1 2.5 - 3.0	BH1 4.5 - 5.5	BH1 10.5 - 11.5		VEILED. VERDI	MAKS. VERDI
KATIONER						
Kalsium mg/l	11.0	10.9	9.8		15-25	-
Magnesium mg/l	1.7	1.8	4.2		-	20
Natrium mg/l	6.8	6.6	10.1		<20	150
Kalium mg/l	2.7	4.4	1.7		<10	12
Silisium mg/l	4.1	3.8	7.7		-	-
Jern µg/l	592	85	1100		<50	200
Mangan µg/l	53	44	85		<20	<50
Aluminium µg/l	119	64	36		<50	200
Sink µg/l	17	9	4		<100	300
Nikkel µg/l	25	<20	22		-	50
Lantan µg/l	10	<10	<10		-	-
Yttrium µg/l	3	2	<1		-	-
Sum kationer meq/l*	1.05	1.09	1.32		-	-
ANIONER	* Sum kationer = Ca + Mg + Na + K					
Sulfat mgSO ₄ ²⁻ /l	18.3	22.1	4.3		<25	100
Klorid mg/l	10.7	10.0	13.8		<25	-
Nitrat mgNO ₃ ⁻ /l	15.5	7.9	<0.05		-	44
Bikarb. mgHCO ₃ ⁻ /l	6.1	14.0	53.7		36 - 60	-
Fluorid mg/l	<50	<50	<50		-	1500
Sum anioner meq/l	1.03	1.10	1.36		-	-
FYS.KJEMISK						
Ledn.evne µS/cm	127	125	139		<400	-
pH	5.5	6.0	6.5		7.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Temperatur °C	7.9	7.7	7.0		<12	25
Alkalitet mmol/l	0.1	0.23	0.88		0.6 - 1.0	-
VANNGJ.GANG (l/s)	0.5	1.2	-		-	-

* SIFF-kvalitetsnormer = «Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m.», Sosial- og helsedep. 1995.

PRØVE NR: NGU-oppdrag:	4 320/96	5 320/96	6 320/96	7 320/96	8 320/96	9 320/96	SIFF KVALITETS- NORMER *	
LOKALITET: DYP (m):	BH2 2.5 - 3.5	BH2 4.5 - 5.5	BH2 6.5 - 7.5	BH2 8.5 - 9.5	BH2 10.5-11.5	BH2 14.5-15.5	VEILED. VERDI	MAKS. VERDI
KATIONER								
Kalsium mg/l	4.7	2.9	2.7	7.7	10.4	14.9	15-25	-
Magnesium mg/l	2.1	1.8	1.4	2.7	2.6	6.4	-	20
Natrium mg/l	11.1	12.8	9.9	10.0	16.7	31.5	<20	150
Kalium mg/l	0.7	0.9	1.1	0.9	1.4	3.0	<10	12
Silisium mg/l	4.4	5.1	5.3	6.7	6.0	9.5	-	-
Jern µg/l (lab.)	134	116	25	154	200	91	<50	200
Jern µg/l (felt.)	-	-	90	250	170	250	<50	200
Mangan µg/l	8	21	28	36	36	7	<20	<50
Aluminium µg/l	36	66	800	<20	<20	58	<50	200
Sink µg/l	5	3	7	<2	<2	<2	<100	300
Nikkel µg/l	<20	<20	<20	29	<20	<20	-	50
Lantan	<10	<10	18	<10	<10	<10	-	-
Yttrium	<1	<1	5	<1	<1	<1	-	-
Sum kati. meq/l*	0.908	0.873	0.709	1.061	1.495	2.717	-	-
ANIONER	* Sum kationer = Ca + Mg + Na + K							
Sulfat mgSO ₄ ⁼ /l	11.8	17.6	18.1	13.9	10.0	0.47	<25	100
Klorid mg/l	14.2	15.4	15.2	13.4	13.6	13.9	<25	-
Nitrat mgNO ₃ /l	5.1	0.2	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	-	44
Fosfat mgPO ₄ ³⁻ /l	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.27	0.3	3.4
Bikarb. mgHCO ₃ /l	11.0	7.3	<2.4	29.9	50.6	155	36 - 60	-
Fluorid mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.14	-	1500
Sum ani. meq/l	0.908	0.924	0.806	1.157	1.422	2.941	-	-
FYS.KJEMISK								
Ledn.evne µS/cm	105	104	100	124	151	268	<400	-
pH	5.8	5.7	4.8	6.4	6.7	7.8	7.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Temperatur °C	8.1	7.1	6.0	5.7	5.5	6.0	<12	25
Alkalitet mmol/l	0.18	0.12	<0.04	0.49	0.83	2.54	0.6 - 1.0	-
VANNGJ.G. (l/s)	1.0	1.7	3.3	2.2	3.0	1.3	-	-

* SIFF-kvalitetsnormer = «Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m.», Sosial- og helsedep. 1995.

PRØVE NR: NGU-oppdrag:	10 320/96				SIFF KVALITETS- NORMER *	
LOKALITET: DYP (m):	3 5.5 - 11.5				VEILED. VERDI	MAKS. VERDI
KATIONER						
Kalsium mg/l	8.0				15-25	-
Magnesium mg/l	2.1				-	20
Natrium mg/l	12.0				<20	150
Kalium mg/l	1.4				<10	12
Silisium mg/l	5.5				-	-
Jern µg/l (lab.)	<10				<50	200
Jern µg/l (felt)	330				<50	200
Mangan µg/l	35				<20	<50
Aluminium µg/l	<20				<50	200
Sink µg/l	<2				<100	300
Nikkel µg/l	<20				-	50
Lantan µg/l	<10				-	-
Yttrium µg/l	<1				-	-
Sum kationer meq/l*	1.13				-	-
ANIONER	* Sum kationer = Ca + Mg + Na + K					
Sulfat mgSO ₄ ⁻ /l	13.7				<25	100
Klorid mg/l	14.9				<25	-
Nitrat mgNO ₃ ⁻ /l	<0.05				-	44
Bikarb. mgHCO ₃ ⁻ /l	18.9				-	-
Fluorid mg/l	0.06				-	1500
Sum anioner meq/l	1.02				-	-
FYS.KJEMISK						
Ledn.evne µS/cm	112				<400	-
pH	5.9				7.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Temperatur °C	5.9				<12	25
Alkalitet mmol/l	0.31				0.6 - 1.0	-
VANNGJ.GANG (l/s)	ca 5.0				-	-

* SIFF-kvalitetsnormer = «Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m.», Sosial- og helsedep. 1995.

TEKSTBILAG

- 1 Georadar - metodebeskrivelse
- 2 Hydrogeokjemiske- og hydrogeologiske felt- og analysemetoder

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 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.

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 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 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 vanngiversevne 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 grunnvannsføremkomst er det vanlig med 2-10 undersøkelsesbrønner som prøvetas og testpumpes i 2-5 forskjellige nivå.

c) Tolkning

De forskjellige nivåenes vanngiversevne, 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 prøvekarret. 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 Nemecc 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 brønndypet 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 grunnvannspeilet 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 damprør 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 damprør 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 prøvepumpes i min. 3 måneder, men for større vannverk bør det prøvepumpes 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 borer/lokalteter 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 $\pm 2\%$ 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 $\pm 2.5\%$ 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 $\pm 7.5\%$.

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 tilfredsstiller 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 ($\Sigma\text{kationer} = \Sigma\text{anioner}$)
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:

$\Sigma\text{Anioner} + \Sigma\text{kationer}$ [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*.

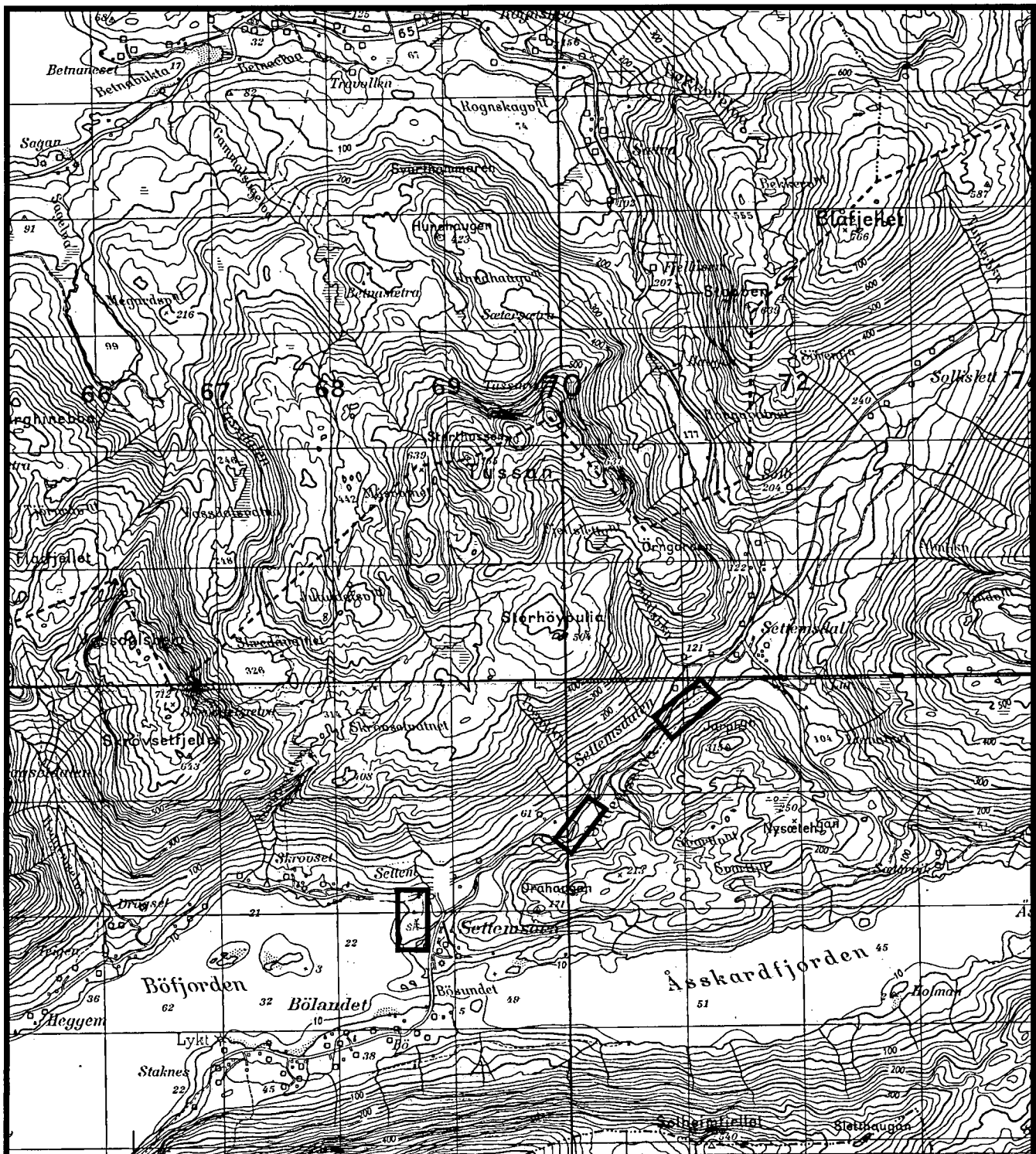
GiN-veileder nr. 6, 1990: Grunnvatn i fjell til spreidd busetnad. *Norges geologiske undersøkelse, Miljøverndepartementet*.

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

KARTBILAG

97.055-01: Oversiktskart M 1:50000

97.055-02: Georadaropptak, P1, P2, P3, P4 og P5



Undersøkt område

NGU/SURNADAL KOMMUNE

OVERSIKTSKART

SETTEMSØRA/SETTEMSDALEN

SURNADAL KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1 : 50000

MÅLT T.L.

TEGN T.L.

TRAC

KFR

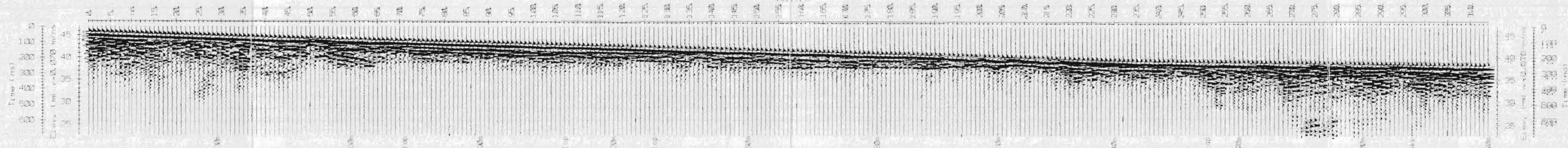
August - 96

April - 97

TEGNING NR
97.055-01

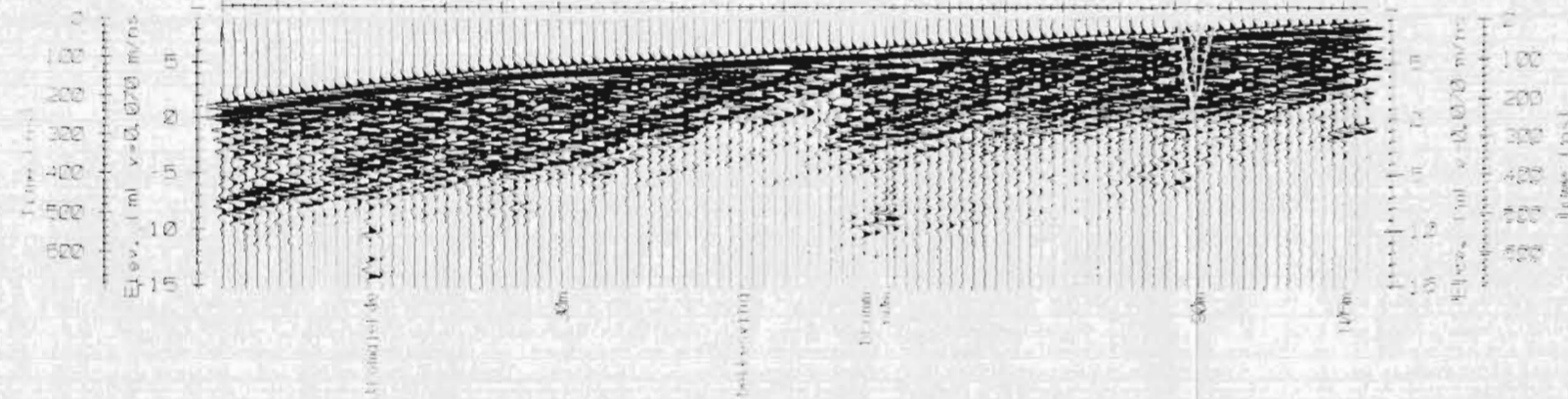
KARTBLAD NR
1421 III

P1



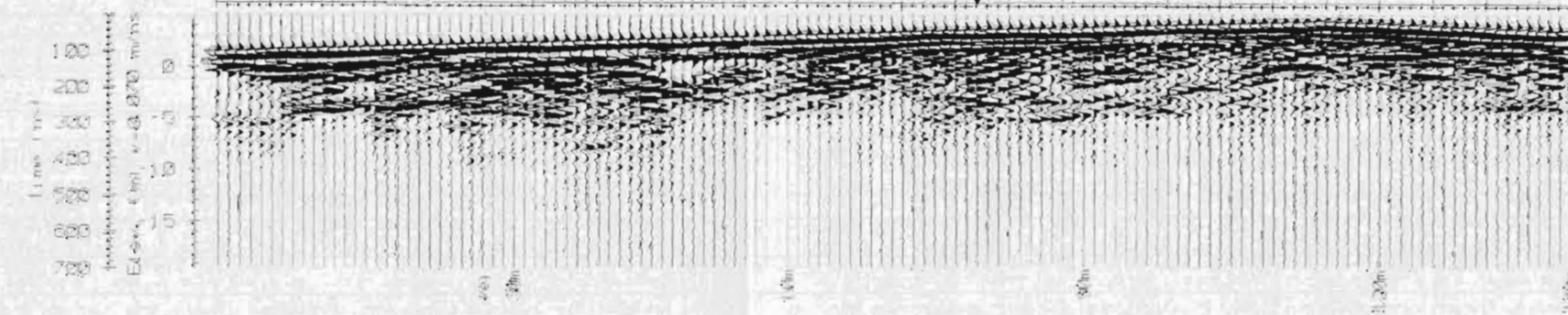
P2

Bh1



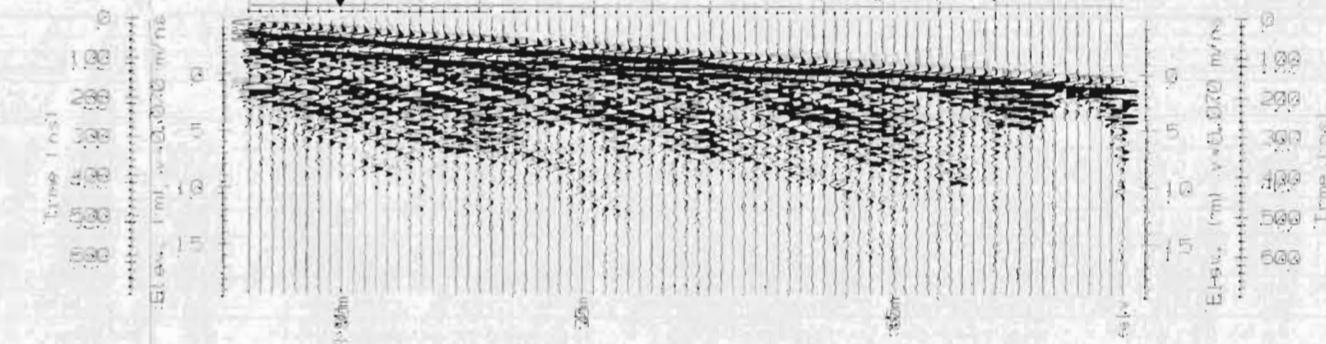
P3

Bh2/P4

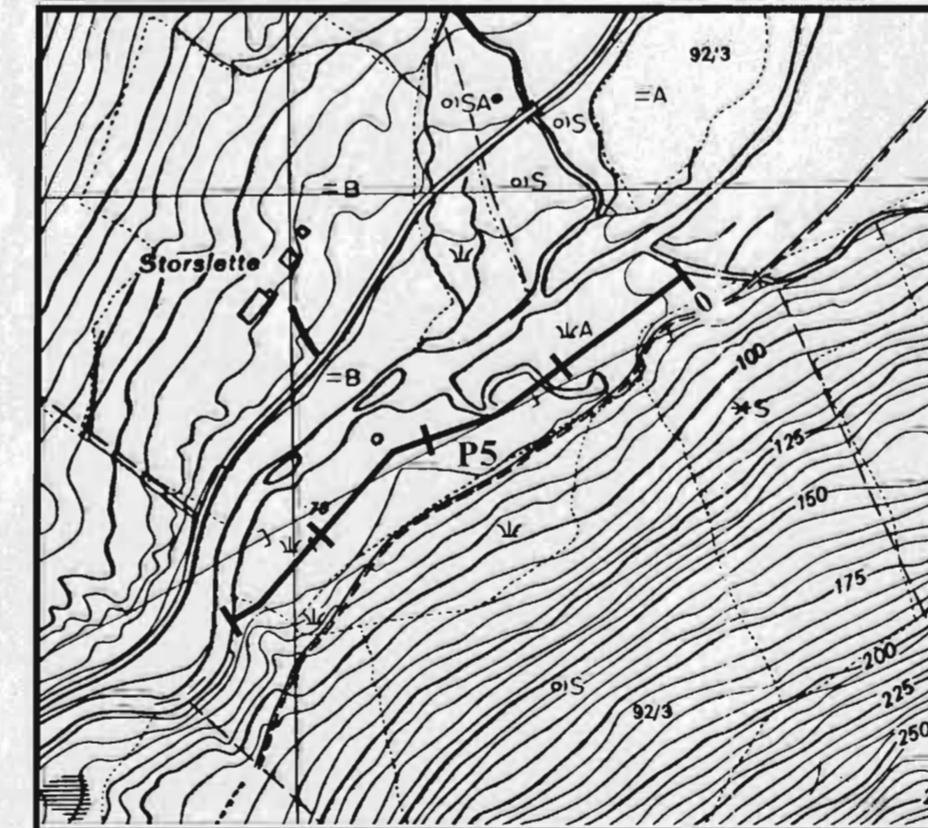
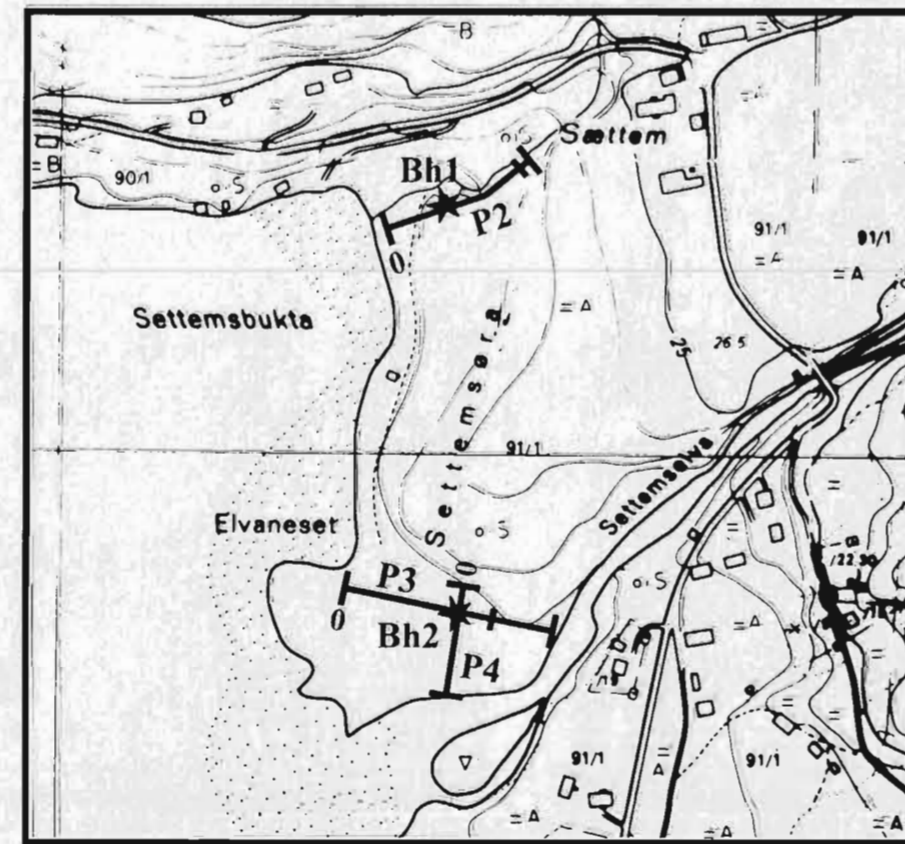
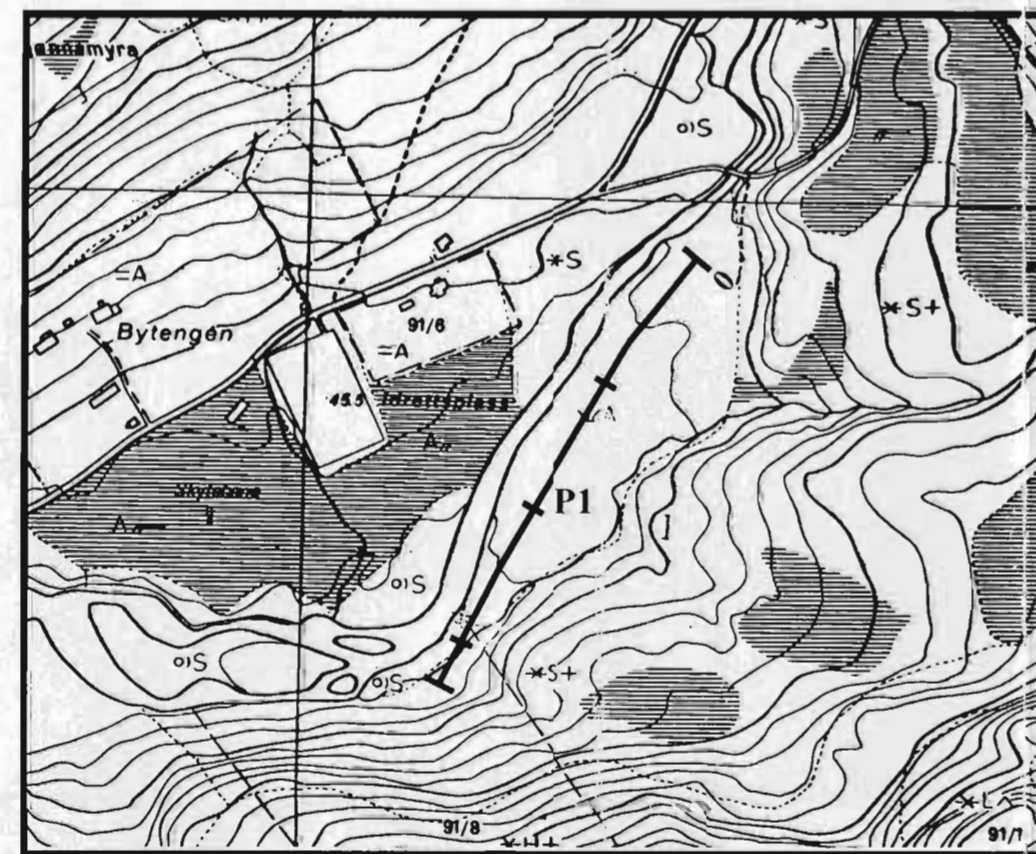
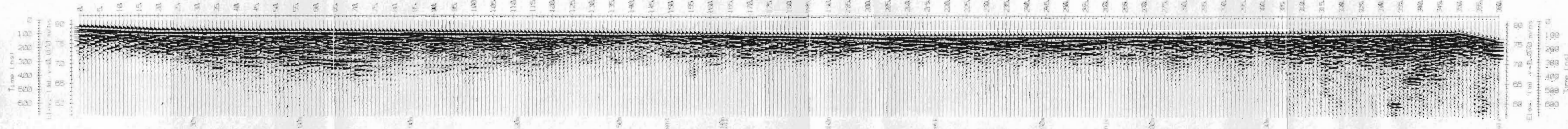


P4

Bh2/P3



P5



TEGNFORKLARING

P1 — georadarprofil m/startposisjon og markering for hver hundre profilmeter

Bh1 ★ sonderboring m/testpumping

NGU/SURNADAL KOMMUNE
 GEORADAROPPTAK P1, P2, P3, P4 OG P5
SETTEMSØRA/SETTEMSDALEN
 SURNADAL KOMMUNE, MØRE OG RØMSDAL

MÅLESTOKK 1:5000 (Kart)	MÅLT T.L.	August -96
	TEGN T.L.	April -97
	TRAC	
	KFR	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR 97.055-02	KARTBLAD NR BO 117-5-1 BN 117-5-4
-------------------------	---