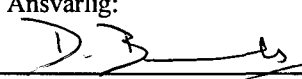


NGU Rapport 97.056

Grunnvannsundersøkelser ved Tresfjord,  
Vestnes kommune, 1996.

Rapport nr.: 97.056		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Grunnvannsundersøkelser ved Tresfjord, Vestnes kommune, 1996.			
Forfatter: Gaute Storrø, Torleif Lauritsen Aase Kjersti Midtgård		Oppdragsgiver: NGU/Vestnes kommune	
Fylke: Møre og Romsdal		Kommune: Vestnes kommune	
Kartblad (M=1:250.000) Ålesund		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1220 II Vestnes	
Forekomstens navn og koordinater: Sjøelva 4028 69340, Kjersemelva 4038 69322 32V		Sidetall: 31 Kartbilag: 2	Pris: kr 70,-
Feltarbeid utført: August 1996	Rapportdato: 24.06.97	Prosjektnr.: 2713.15	Ansvarlig: 
<p>Sammendrag:</p> <p>I forbindelse med NGU's deltagelse i «Prosjekt Vannforsyning» (PROVA) ble det i 1996 gjennomført grunnvannsundersøkelser i Tresfjord i Vestnes kommune, Møre &amp; Romsdal fylke. Dimensjonerende vannbehov for en eventuell ny vannkilde ble angitt til 10 l/s.</p> <p>Georadarundersøkelsene ved <u>Sjøelva</u> gir ikke umiddelbare indikasjoner på positive forhold for større grunnvannsuttak. Ved en boring i lokalt massetak ble fjell registrert på 6 m's dyp og det ble målt lav vanngjennomgang i massene. Det konkluderes med at lokaliteten ikke er egnet for grunnvannsuttak av den størrelsesorden som her er etterspurt (10 l/s).</p> <p>Georadarmålingene ved <u>Kjersemelva</u> viser resultater som er typisk for deltaavsetninger, d.v.s løsmasser som erfaringsmessig gir et godt grunnlag for større grunnvannsuttak. Det ble sonderboret og testpumpet til 15.5 m's dyp hvor fjell ble påtruffet. Vanngjennomgangen i profilet er <u>tilsynelatende</u> lav, men den reelle vanngjennomgangen i massene antas å <u>kunne</u> være av størrelsesorden 1-1.5 l/s pr m. Endelig verifisering av kvantitet og kvalitet kan imidlertid kun gjøres gjennom langtidsprøvepumping.</p> <p>Det ble samlet inn 3 vannprøver fra Bh2 ved Kjersemelva. Vannprøvene må generelt betegnes som meget ionefattige. Prøvene viser lavt kalsiuminnhold, lav pH og meget lav alkalitet. Jern- og manganverdiene er noe høyere enn de veiledende verdiene.</p> <p>Det anbefales at vannverkseier fremskaffer en mest mulig realistisk kostnadskalkyle for utbygging av et grunnvannsverk ved Kjersemelva, inklusive anlegg for alkalisering/pH-justering. Dersom grunnvann fortsatt fremstår som et attraktivt alternativ sammenlignet med andre løsninger anbefales det at en fullskala testbrønn etableres med tanke på langtidsprøvepumping.</p>			
Emneord: Hydrogeologi	Geofysikk	Georadar	
Sonderboring	Løsmasse	Grunnvannskvalitet	
Grunnvannsforsyning	Ressurskartlegging	Fagrapport	

## **INNHold**

FORORD.....	4
1 SAMMENDRAG .....	5
2 INNLEDNING .....	7
3 METODEBESKRIVELSE.....	7
3.1 Georadar .....	7
3.2 Boringer.....	8
3.3 Prøvebehandling.....	8
4 RESULTATER .....	8
4.1 Georadarundersøkelser .....	8
4.1.1 Sjøelva.....	8
4.1.2 Kjersemelva.....	9
4.2 Boringer og testpumper .....	10
4.2.1 Sjøelva.....	10
4.2.2 Kjersemelva.....	10
5 KONKLUSJON .....	12
6 ANBEFALING .....	13

## **TEGNINGER**

- 1 Borprofiler for Bh1 og Bh2, Tresfjord

## **TABELLER**

- 1 Uorganiske vannanalyser fra Bh1, Sjøelva
- 2 Uorganiske vannanalyser fra Bh2, Kjersemelva
- 3 Borskjema, Bh1
- 4 Borskjema, Bh2
- 5 Borskjema, Bh3

## **TEKSTBILAG**

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

## **KARTBILAG**

- 97.056-01: Oversiktskart M 1:50000
- 97.056-02: Georadaropptak, P1, P2, P3, P4, P5 og P6

## 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 rensset 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/vannverkseierenes 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 av innhenting av bakgrunnsmateriale og teknisk tilrettelegging.

*Bernt O. Hilmo*  
Bernt Olav Hilmo  
Hovedprosjektleder

*Gaute Storrø*  
Gaute Storrø  
forsker

## 1 SAMMENDRAG

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

Tresfjord vassverk er i dag basert på et elveinntak i Hardøla, ca 3 km sør for Tresfjord sentrum. Råvannkvaliteten er tidvis dårlig med høye farge- og bakterietall. Dimensjonerende vannbehov for en eventuell ny vannkilde ble angitt til 10 l/s.

Undersøkelsene ble innledet med befaring og oversiktskartlegging ved hjelp av georadar-målinger. Målingene ved Sjøelva viste begrenset løsmassemekthet (2-4 m), dog med antatt mektighet opp til 13 m i begrensede områder. Et hauget reflektormønster på georadarprofilene gir ikke umiddelbare indikasjoner på positive forhold for større grunnvannsuttak. Området ligger gunstig i forhold til planlagt høydebasseng, men utfra erfaringer er lokalitetens beliggenhet, i en jevnt skrånende dalside 120 m over dalbunnen, ikke av en slik art at muligheter for større grunnvannsuttak (10 l/s) kan forventes. Ved en boring i lokalt massetak ble fjell registrert på 6 m's dyp og det ble målt lav vanngjennomgang i massene. Det konkluderes derfor med at lokaliteten ikke er egnet for grunnvannsuttak av den størrelsesorden som her er etterspurt (10 l/s).

Georadarmålingene ved Kjersemelva indikerte relativt store løsmassemektheter (20-25 m) og et reflektormønster som er typisk for deltaavsetninger. Denne type løsmasseavsetninger gir erfaringsmessig et godt grunnlag for større grunnvannsuttak. Det ble sonderboret og testpumpet til 15.5 m's dyp i relativt homogene sand/grus-masser. Fjell ble påtruffet på 15.5 m's dyp. Vanngjennomgangen i profilet er tilsynelatende lav (0.3 - 0.5 l/s pr m). Grunnvannspeilet ligger imidlertid relativt dypt (ca 4 m under terreng) slik at løftehøyden under testpumpingen sannsynligvis gir en betydelig begrensning i utpumpet vannmengde. Utfra observasjoner av spyletrykk under boring og vanngjennomgang ved renspling av brønnrør antas den reelle vanngjennomgangen i massene å kunne være av størrelsesorden 1-1.5 l/s pr m. Endelig verifisering av kvantitet og kvalitet kan imidlertid kun gjøres gjennom langtidsprøvepumping.

Det ble samlet inn 3 vannprøver fra Bh2 ved Kjersemelva. Vannprøvene må generelt betegnes som meget ionefattige. Dette er ikke unormalt for grunnvann i områder hvor berggrunnen i hovedsak består av granittisk gneiser. Prøvene viser lavt kalsiuminnhold, lav pH og meget lav alkalitet. Jern- og manganverdiene er noe høyere enn de veiledende verdiene. Disse forholdene kan imidlertid ikke betraktes som kritiske utfra rent helsemessige vurderinger. pH- og alkalitetsøkning kan relativt enkelt oppnås ved kalkdosering eller ved hjelp av marmorfilter.

Det anbefales at vannverkseier fremskaffer en mest mulig realistisk kostnadskalkyle for utbygging av et grunnvannsverk ved Kjersemelva, inklusive anlegg for alkalisering/pH-justering. Dersom grunnvann fortsatt fremstår som et attraktivt alternativ sammenlignet med andre løsninger anbefales det at en fullskala testbrønn etableres med tanke på langtidsprøvepumping. Utfra dataene som fremkommer i georadarmålingene samt ønske om noe større avstand til dyrket mark anbefales testbrønnen plassert ca 70 m sørvest for Bh2. Brønnen bør utformes slik at den senere kan benyttes direkte i et eventuelt produksjonsanlegg.

## **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 Tresfjord i Vestnes kommune, Møre & Romsdal fylke.

Tresfjord vassverk er i dag basert på et elveinntak i Hardøla, ca 3 km sør for Tresfjord sentrum. Råvannkvaliteten er tidvis dårlig med høye farge- og bakterietall. Dimensjonerende vannbehov for en eventuell ny vannkilde ble angitt til 10 l/s.

Undersøkelsene ble igangsatt og gjennomført i samråd med fylkeskommunens Nærings- og Miljøavdeling, representert ved Lars Saga, og Tresfjord vassverk, representert ved Per M. Løvik/Knut Romestrand. Forut for georadarmålinger, boringer og testpumper ble det i august 1996 gjennomført en feltbefaring sammen med representanter for vassverket. 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 rørdrijving er utført med NGU's beltegående Borro-rigg. Riggen er utstyrt med topphammer og boring skjær 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 HNO<sub>3</sub>) 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. Nærmere beskrivelse av metodikk vedrørende vannprøvetaking og vannanalyser er gitt i tekstbilag 2.

# 4 RESULTATER

## 4.1 Georadarundersøkelser

### 4.1.1 Sjøelva

Ved Sjøelva er det utført målinger med georadar langs to profiler, P1 og P2. Opptakene og profilenes beliggenhet er presentert i kartbilag -02. Opptakene indikerer grove masser (sand/grus) over fjell, og muligheter for grunnvannsuttak kan være tilstede der tykkelsen av sand- og gruspakken er størst.

#### P1

Opptaket viser et hauget reflektormønster over fjell. Løsmassene tolkes som lagdelte masser av sand og grus, og kan gi muligheter for grunnvannsuttak der løsmassetykkelsen er størst. Fjelloverflata erkjennes på ca. 4 m dyp ved posisjon 0 m. Herfra øker dypet gradvis til ca. 13



m ved posisjon 95 m. Deretter avtar tykkelsen av løsmassene til ca. 2-3 m mot slutten av profilet. En kan ikke erkjenne grunnvannsspeilet i opptaket.

## P2

Et hauget reflektormønster indikerer lagdeling av sand og grus, noe som kan gi muligheter for grunnvannsuttak. Fjelloverflata ser ut til å ligge på ca. 8 m dyp i starten av profilet. Herfra avtar dypet til fjell gradvis. I siste halvdel av profilet ligger fjelldypet på rundt 5 m. Det er ikke mulig å påvise grunnvannsspeilet i opptaket.

### 4.1.2 Kjersemelva

Det ble utført georadarmålinger langs 4 profiler ved Kjersemelva; P3, P4, P5 og P6. Opptakene og lokalisering av profilene er vist i kartbilag -02. Tolkning av georadaropptakene indikerer typisk deltautbygging, og det antas at det i dette området er gode muligheter for grunnvannsuttak.

## P3 og P5

De to profilene er beskrevet samlet fordi stratigrafien er lik, og fordi de går mer eller mindre parallelt. Georadaropptakene viser en klassisk deltaavsetning med topset-, foreset- og bottomset-lag. Topplaget, som er tolket til å bestå av lagveksling av sand, grus og stein, ser ut til å være ca. 6 m tykt. Grunnvannsspeilet kan erkjennes på ca. 5 m dyp (P3). Skrålagene framtrer med liten refleksivitet, og er derfor tolket som mer ensgradert materiale (trolig lagdelt sand). Mellom ca. 15 m dyp og ca. 20 m dyp flater skrålagene ut, og refleksiviteten øker. Dette er tolket som overgang til bottomset-lag med mere markert veksling i kornstørrelsen enn i foreset-lagene. Under disse lagene antas det at en har marin leire. Lokaliteten skulle gi gode muligheter for grunnvannsuttak.

## P4

I starten av profilet (første 25 m) sees svakt avtagende refleksivitet ned til ca. 10 m dyp. Reflektorene er her horisontale til svakt skrånende og representerer trolig grove topset-lag i starten på deltaet. Nedenfor dette nivået kan en ikke erkjenne noen reflektorer. Gradvis avtagende refleksivitet kan skyldes økende innhold av finstoff (siltige masser/leire) mot dypet. Men manglende reflektorer kan også skyldes massiv eller tykke lag med sand. Utover i profilet (fra posisjon 25 m) øker tykkelsen av delta-avsatt materiale (skrålag) gradvis ned til ca. 30-35 m dyp, fram mot posisjon 170 m. Denne markerte økningen i penetrasjonsdyp kan være styrt av underliggende fjelltopografi, men ingen markert fjellreflektor kan erkjennes på opptaket. Fra posisjon 200 m til enden av profilet, framtrer skrålagene med merkbart svakere refleksivitet og mindre helningsvinkel. Løsmassene her er trolig mer ensgradert (lagdelt sand) og representerer trolig en annen avsetningsretning. Ved ca. 15-20 m dyp flater skrålagene ut, og reflektorene blir kraftigere. Dette skyldes trolig overgang til bottomset-lag med mer markert veksling i kornstørrelse og/eller at dypet til fjell er betydelig mindre i områdene øst

for posisjon 200 m. Det er vanskelig å påvise en klar reflektor som representerer grunnvannspeilet. Grunnvannspeilet ligger trolig såvidt høyt at dets reflektor interfererer med reflektorene som skyldes topplagene.

## P6

Opptaket viser hauget eller bølget reflektormønster over en undulerende fjelloverflate. Dypet til fjell ser ut til å være størst i første halvdel av profilet (5-10 m). Løsmassene tolkes som grove fluviale masser av stein, grus og sand.

## **4.2 Boringer og testpumper**

### 4.2.1 Sjøelva

Borlokalteter og boreresultater er vist i kartbilag -02 og tegning 1. Det ble utført boring og testpumping i en lokalitet i grustak ved Sjøelva vest for Tresfjord sentrum. Snittveggene i grustaket er 3-4 m høye og viser stein/blokkrike masser med lite utviklet lagstruktur. Det ble sonderboret (Bh1) fra massetakssålen i steinige sand/grus-masser til 6 m's dyp, hvor fjell/stor steinblokk ble påtruffet. Dypet til fjell samsvarer godt med resultatene fra georadarmålinger. En testpumping i nivå 2.5-3.5 m under massetakssåle viste lav vanngjennomgang i massene (ca 0.5 l/s pr m). Grunnvannspeil ble registrert 0.4 m under massetakssåle d.v.s. 3.5-4.5 m under opprinnelig terrengoverflate.

Resultater fra analyse av vannprøve fra Bh1 er gitt i tabell 1. I tabellen er alle parametre som viser avvik i forhold til de veiledende verdiene gitt i drikkevannsforskriftene, markert med uthevet skrift. Prøven viser lave verdier for kalsium, alkalitet og pH, men viser ellers en kvalitet som ligger godt innenfor rammene i drikkevannsnormen.

Lokaliteten ligger i en jevnt skrånende dalside på kotehøyde 120 m.o.h. (kartbilag 2). Det må forventes at grunnvannspeilet har tilnærmet samme helning som terrenget (ca 1:4), hvilket innebærer en høy grunnvannsgradient og relativt rask grunnvannstransport. Denne type lokaliteter er erfaringsmessig lite egnet for grunnvannsuttag av den størrelsesorden som her er etterspurt (10 l/s). Lokaliteten ble likevel undersøkt nærmere idet den ligger meget gunstig plassert i forhold til planlagt høydebasseng.

Utfra de fremlagte resultater konkluderes det med at lokaliteten ikke er egnet for grunnvannsuttag av den størrelsesorden som her er etterspurt.

#### 4.2.2 Kjersemelva

Borlokaliteter og boreresultater er vist i kartbilag -02 og tegning 1. Det ble utført boring og testpumping i en lokalitet ved Kjersemelva ca 2 km sør for Tresfjord sentrum. Området er preget av vidstrakte elvesletter på kotehøyde 15-25 m.o.h. Rett vest for borlokaliteten observeres en ca 25 m høy terrasseskråning opp mot en høyereliggende flate ved Kjersemgårdene (ca 50 m.o.h.). I terrasseskråningen foregår det masseuttak i godt sorterte, lagdelte sand/grus-masser.

I Bh2 ble det sonderboret og testpumpet til 15.5 m's dyp i relativt homogene sand/grus-masser. Massene i nivå 0-5 m under terreng fremstår som noe mer grove og tette enn massene i de dypere deler av profilet (tegning 1). Fjell ble påtruffet på 15.5 m's dyp. Dette samsvarer med reflektorer som er tolket som en overgang til flate «bottomset-lag» i georadartolkningene. I tolkningen er det imidlertid også påpekt at de dypestliggende reflektorene kan ha sitt opphav i fast fjell.

Vanngjennomgangen i profilet er tilsynelatende lav (0.3 - 0.5 l/s pr m). Grunnvannsspeilet ligger imidlertid relativt dypt (ca 4 m under terreng) slik at løftehøyden, under testpumping med sugepumpe, sannsynligvis gir en betydelig begrensning i utpumpet vannmengde. Utfra observasjoner av spyletrykk under boring og vanngjennomgang ved rensyling av brønnrør antas den reelle vanngjennomgangen i massene å kunne være av størrelsesorden 1-1.5 l/s pr m. Endelig verifisering av kvantitet og kvalitet kan imidlertid kun gjøres gjennom langtidsprøvepumping med senkpumpe.

Etter boringen ble det satt igjen en observasjonsbrønn (5/4``-damprør) i lokaliteten med filter i nivå 12.5-13.5 m under terreng.

200 m vest for Bh2 ble det utført en sonderboring (benevnt Bh3, kartbilag -02). Det ble boret i sandige og leirholdige masser til 14 m's dyp, hvor fjell ble påtruffet. Massene i denne lokaliteten synes derfor mindre egnet for større grunnvannsuttak. Det ble ikke utført testpumping eller innsamling av vannprøver fra denne lokaliteten.

I forbindelse med testpumpingen i Bh2 ble det registrert et synkende trykknivå i grunnvannsmagasinet mot dypet. Piezometrisk 0-nivå ble registrert på 2.8 m's dyp under markflaten. På 5 og 11 m's dyp ble grunnvannstrykket registrert til h.h.v. 3.7 og 4.3 m under marknivå. Dette indikerer en nedadrettet grunnvannsstrømning, d.v.s. at infiltrasjon og grunnvannsnydannelse foregår i området. Kilden for infiltrasjonen er høyst sannsynlig Kjersemelva.

Det ble samlet inn 3 vannprøver fra Bh2 ved Kjersemelva. Analyseresultatene er gitt i tabell 2. I tabellene er alle parametre som viser avvik i forhold til de veiledende verdiene gitt i drikkevannsforskriftene, markert med uthevet skrift. Vannprøvene må generelt betegnes som meget ionefattige. Dette er ikke unormalt for grunnvann i områder hvor berggrunnen i hovedsak består av granittisk gneiser («sure», tungtløselige bergarter). Prøvene viser store

likhetstrekk med grunnvannsprøver fra tilsvarende bergartsområder i Eresfjord (Neset kommune). Prøvene viser således lavt kalsiuminnhold, lav pH og meget lav alkalitet. Jern- og manganverdiene er noe høyere enn de veiledende verdiene. Disse forholdene kan imidlertid ikke betraktes som kritiske utfra rent helsemessige vurderinger. Jern- og manganverdier høyere enn maksverdiene angitt i tabell 2 kan gi missfarging av klesvask og utfellinger i armatur. Ønsket om høyere pH og alkalitet er begrunnet i at dette gir korrosjonsbeskyttelse på rørnett. pH- og alkalitetsøkning kan relativt enkelt oppnås ved kalkdosering eller ved hjelp av marmorfilter.

Som referanse ble det tatt en prøve fra Kjersemelva og analyseresultatene er vist i tabell 2. Som forventet viser elvevannet et noe lavere ioneinnhold enn grunnvannet, men har samtidig noe høyere pH og inneholder p.g.a. oksygentilførsel kun ubetydelige mengder løst jern og mangan.

## 5 KONKLUSJON

Utfra de fremlagte resultater konkluderes det med at den undersøkte lokaliteten ved Sjøelva ikke er egnet for grunnvannsuttak av den størrelsesorden som her er etterspurt (10 l/s).

Undersøkelsene ved Kjersemelva gir ikke grunnlag for entydige konklusjoner med hensyn til grunnvannskvalitet og uttakspotensiale. Vannanalysene indikerer at vannbehandling i form av alkalisering/pH-justering kan være påkrevet. Innholdet av jern og mangan i grunnvannet er tildels noe høyere enn de veiledende verdiene angitt i drikkevannsnormen, men er samtidig lavere enn maksverdiene angitt i samme norm. Alkalisering/pH-justering vil også virke gunstig for jern/mangan-forholdene.

Grunnvannsspeilet ved Kjersem ligger såvidt dypt at dette influerer på vannmengdene som oppnås ved testpumpingen. Testresultatene er derfor beheftet med usikkerhet, men det anses som sannsynlig at den etterspurte vannmengde (10 l/s) kan produseres fra 1-2 fullskalabrønner ved Kjersemelva.

Endelig verifisering av kvantitet og kvalitet kan kun gjøres gjennom langtidsprøvepumping av fullskala testbrønn.

## 6 ANBEFALING

Det anbefales at vannverkseier fremskaffer en mest mulig realistisk kostnadskalkyle for utbygging av et grunnvannsverk ved Kjersemelva. Anlegg for alkalisering/pH-justering bør da medregnes. Dersom grunnvann fortsatt fremstår som et attraktivt alternativ sammenlignet med andre løsninger anbefales det at en fullskala testbrønn etableres med tanke på langtidsprøvepumping. Utfra dataene som fremkommer i georadarmålingene samt ønske om noe større avstand til dyrket mark anbefales testbrønnen plassert ca 70 m sørvest for Bh2. Brønnen bør utformes slik at den senere kan benyttes direkte i et eventuelt produksjonsanlegg. Følgende utforming anbefales for testbrønnen;

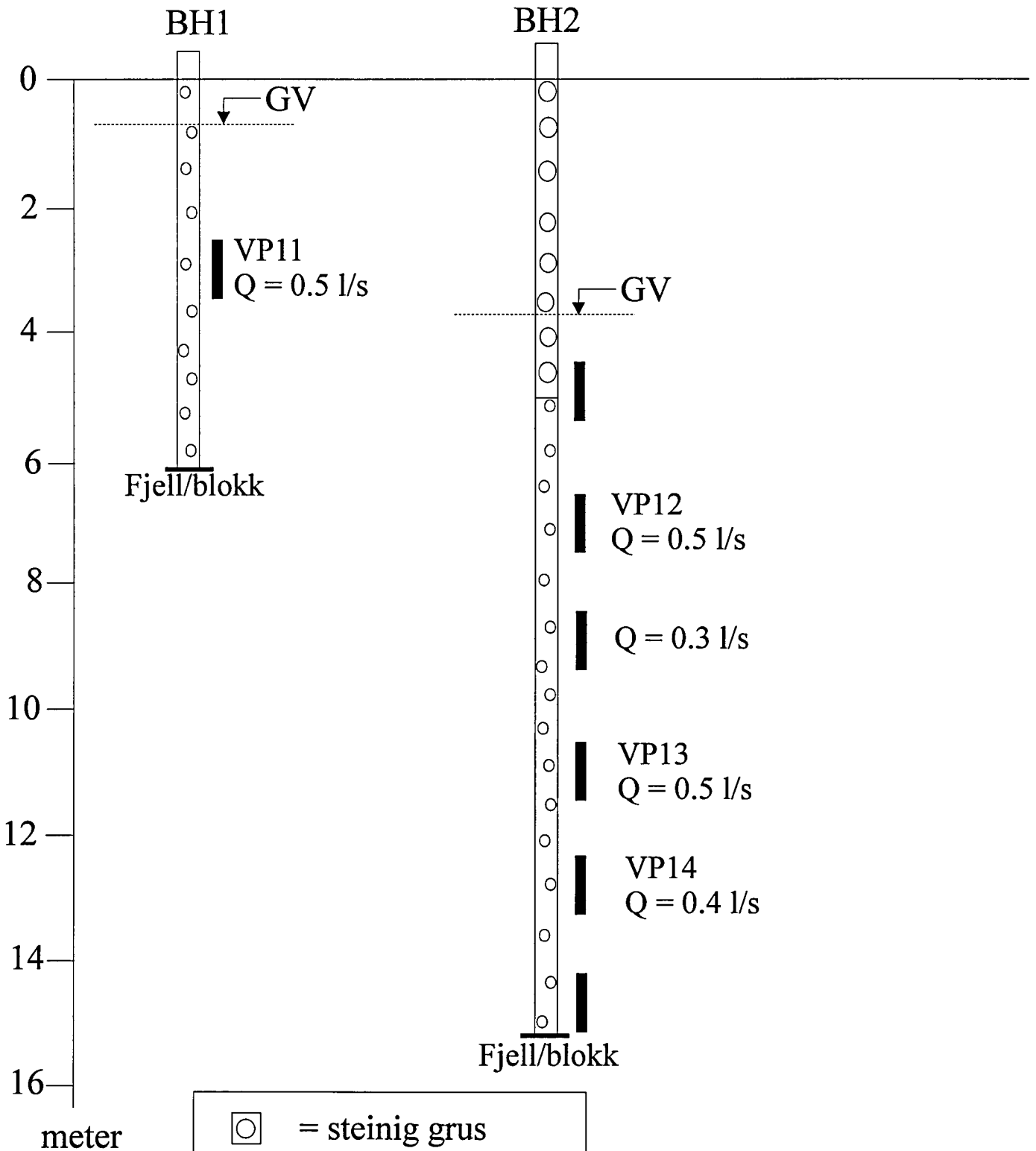
- 0-7 m: stigerør i rustfritt stål Ø170 mm
- 7-15 m: filterrør CONSLOT Ø170 mm, slisseåpning 1 mm



Under brønnboringen bør geologisk sakkyndig være tilstede for å vurdere beskaffenheten av de masser som bores opp og foreta eventuelle justeringer i brønndimensjoneringen. Georadarprofilene indikerer at sand-/grusmektigheten kan være noe større sørvest for Bh2. En alternativ brønnutforming vil da være; stigerør 0-10 m, filterrør 10-20 m.

## **TEGNINGER**

1 Borprofiler for Bh1 og Bh2, Tresfjord

# BORPROFILER TRESFJORD



-  = steinig grus
-  = sand/grus
- VP = vannprøve
- GV = grunnvannspeil

## TABELLER

- 1 Uorganiske vannanalyser fra Bh1, Sjøelva
- 2 Uorganiske vannanalyser fra Bh2, Kjersemelva
- 3 Borskjema, Bh1
- 4 Borskjema, Bh2
- 5 Borskjema, Bh3



<b>LOKALITET: SJØELVA, TRESFJORD I VESTNES KOMMUNE</b>	<b>BORHULL NR: 1</b>
--	----------------------

<b>PRØVE NR: NGU-opdrag:</b>	11 320/96				<b>SIFF KVALITETS- NORMER *</b>	
<b>LOKALITET: DYP (m):</b>	BH1 2.5 - 3.5				<b>VEILED. VERDI</b>	<b>MAKS. VERDI</b>
<b>KATIONER</b>						
Kalsium mg/l	1.5				15-25	-
Magnesium mg/l	0.7				-	20
Natrium mg/l	4.0				<20	150
Kalium mg/l	0.5				<10	12
Silisium mg/l	2.5				-	-
Jern µg/l (lab.)	<10				<50	200
Jern µg/l (felt)	-				<50	200
Mangan µg/l	1				<20	<50
Aluminium µg/l	<20				<50	200
Sink µg/l	<2				<100	300
Sum kationer meq/l*	0.319				-	-
<b>ANIONER</b>	* Sum kationer = Ca + Mg + Na + K					
Sulfat mgSO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /l	1.7				<25	100
Klorid mg/l	4.6				<25	-
Nitrat mgNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	1.1				-	44
Bikarb. mgHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	7.3				36 - 60	-
Fluorid mg/l	<0.05				-	1500
Sum anioner meq/l	0.303				-	-
<b>FYS.KJEMISK</b>						
Ledn.evne µS/cm	35				<400	-
pH	6.4				7.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Temperatur °C	5.5				<12	25
Alkalitet mmol/l	0.12				0.6 - 1.0	-
<b>VANNGJ.GANG (l/s)</b>	0.5				-	-

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

TABELL 1

<b>LOKALITET: KJERSEMELVA, TRESFJORD I VESTNES KOMMUNE</b>	<b>BORHULL NR: 2</b>
--	----------------------

PRØVE NR: NGU-oppdrag:	12 320/96	13 320/96	14 320/96	15 320/96	SIFF KVALITETS- NORMER *	
LOKALITET: DYP (m):	BH2 6.5 - 7.5	BH2 10.5 - 11.5	BH2 12.5 - 13.5	KJERSEM ELVA	VEILED. VERDI	MAKS. VERDI
<b>KATIONER</b>						
Kalsium mg/l	1.7	1.9	2.5	1.1	15-25	-
Magnesium mg/l	0.6	0.4	0.8	0.4	-	20
Natrium mg/l	3.1	2.8	4.6	2.1	<20	150
Kalium mg/l	1.3	0.6	1.1	<0.5	<10	12
Silisium mg/l	1.6	1.6	2.1	1.3	-	-
Jern µg/l (lab.)	191	<10	147	11	<50	200
Jern µg/l (felt)	-	-	<20	-	<50	200
Mangan µg/l	66	15	23	<1	<20	<50
Aluminium µg/l	<20	<20	21	37	<50	200
Sink µg/l	3	<2	4	<2	<100	300
Sum kationer meq/l*	0.302	0.265	0.419	0.179	-	-
<b>ANIONER</b>	* Sum kationer = Ca + Mg + Na + K					
Sulfat mgSO <sub>4</sub> <sup>=</sup> /l	1.6	2.1	1.2	1.6	<25	100
Klorid mg/l	3.8	2.3	4.3	2.8	<25	-
Nitrat mgNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	3.7	0.9	10.2	0.7	-	44
Bikarb. mgHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	4.9	5.5	4.9	3.7	36 - 60	-
Fluorid mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	-	1500
Sum anioner meq/l	0.280	0.213	0.391	0.184	-	-
<b>FYS.KJEMISK</b>						
Ledn.evne µS/cm	35	26	48	22	<400	-
pH	6.3	6.3	5.4	6.6	7.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Temperatur °C	7.5	6.0	5.6	1.6	<12	25
Alkalitet mmol/l	0.08	0.09	0.08	0.06	0.6 - 1.0	-
VANNGJ.GANG (l/s)	0.4	0.5	0.4	-	-	-

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

## GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

**STED:** Tresfjord i Vestnes komm., Møre & Romsdal

**UTFØRT DATO:** 06.11.96

**BORPUNKT NR:** 1

**BORUTSTYR:** Borros borerigg

**SONDERBORING:** Ja

**UNDERSØKELSESRØNN:** Ja

**UTM-KOORDINATER:**

**KARTBLAD (M711):** 1220 - 2    **SONE:** 32V    **Ø-V:** 4028    **N-S:** 69340

**OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:** 110 m

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

**GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:** 0.4 m under massetakssåle (3.5 - 4 m under opprinnlig terreng)

**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, sand	-	S	-	Grått				
2.5	Moreneaktig	1.45	S	5 - 8	Borte				
3.5	Stein, grus, sand	3.35	S	-	Grått	5.5	15	0.5	VP 11, L = 37 µS/cm
4.5	Stein, grus, sand	4.10	S	5 - 15	Lyst brunt				
5.5	Stein, grus, sand	4.40	S	5 - 15	Lyst brunt				
6.5	Blokk/fjell fra 6.1 m	-	S	-	-				

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [µS/cm]

## GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

**STED:** Tresfjord i Vestnes komm., Møre & Romsdal fylke

**UTFØRT DATO:** 06.11.96

**BORPUNKT NR:** 2

**BORUTSTYR:** Borros borerigg

**SONDERBORING:** Ja

**UNDERSØKELSESRØNN:** Ja

**UTM-KOORDINATER:**

**KARTBLAD (M711):** 1220 - 2    **SONE:** 32V    **Ø-V:** 4038    **N-S:** 69322

**OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:** 20 - 25 m

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

**GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:** 3 - 4 m

**MERKNAD:** Minkende vanntrykk mot dypet (vertikal strømningskomponent)

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	Steinig sand/grus	-	S	-	Grått				
2.5	Steinig sand/grus	2.20	S	-	Borte				
3.5	Steinig sand/grus	5.10	S	-	Lyst brunt				
4.5	Steinig sand/grus	2.40	S	-	Borte				
5.5	Steinig sand/grus	1.15	DS	-	Borte				
6.5	Grusig sand	1.50	DS	-	Borte				
7.5	Grusig sand	1.20	DS	-	Borte	7.5	15	0.5	VP 12, MP 10
8.5	Grusig sand	1.40	S	4 - 8	Borte				
9.5	Grusig sand	1.30	S	0 - 4	Borte			0.3	
10.5	Grusig sand	1.40	S	0 - 5	Borte				
11.5	Grusig sand	2.15	S	3 - 6	Borte	6.0	15	0.5	VP 13
12.5	Grusig sand	1.55	S	4	Borte				
13.5	Grusig sand	2.35	S	4 - 8	Borte	5.6	20	0.4	VP 14
14.5	Grusig sand	2.45	S	5	Borte				
15.5	Grusig sand	3.20	S	0 - 8	Borte				
	Antatt fjell fra 15.5 m								

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]

TABELL 4

## GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

**STED:** Tresfjord i Vestnes komm., Møre & Romsdal fylke

**UTFØRT DATO:** 07.11.96

**BORPUNKT NR:** 3

**BORUTSTYR:** Borros borerigg

**SONDERBORING:** Ja

**UNDERSØKELSESRØNN:** Nei

**UTM-KOORDINATER:**

**KARTBLAD (M711):**

1220 - 2

**SONE:** 32V

**Ø-V:** 4036

**N-S:** 69322

**OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:** 20 - 25 m

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

**GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:** 3 - 4 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	Steinig sand/grus	-	S	-	Lyst grått				
2.5	Steinig sand/grus	3.00	S	0 - 5	Borte				
3.5	Steinig sand/grus	2.00	S	-	Borte				
4.5	Steinig sand/grus	2.15	S	-	Lyst brunt				
5.5	Steinig sand/grus	2.40	S	-	Lyst brunt				
6.5	Steinig sand/grus	1.40	S	-	Lyst brunt				
7.5	Grus, sandig	1.10	S	-	Lyst brunt				
8.5	Sand	1.20	S	-	Lyst brunt				
9.5	Grusig sand	1.30	S	-	Lyst brunt				
10.5	Grusig sand	1.40	S	-	Lyst brunt				
11.5	Grusig sand	1.40	S	-	Lyst brunt				
12.5	Grusig sand	2.00	S	-	Lyst brunt				
13.5	Grusig sand	-	S	-	Lyst brunt				
	Antatt fjell fra 13.1 m								

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]

TABELL 5

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

Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i

antennefrekvens vil føre til hurtigere dempning av 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><math>\epsilon_r</math></u>	<u><math>v</math> (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 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 grunnvannsføremkomst er det vanlig med 2-10 undersøkelsesbrønner som prøvetas og testpumpes i 2-5 forskjellige nivå.

#### c) Tolkning

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

### **3 SEDIMENTPRØVETAKING**

Sedimentprøver kan tas av oppspylte/oppumpede masser i hvert nivå hvor det blir testpumpet. Vanligvis tas det oppumpede prøver, men i tilfeller med lav grunnvannsstand eller for liten prøvemengde ved pumping, tas det oppspylte prøver. Oppspylte prøver tas etter at brønnen er spylt ren for masser som er trengt inn under boring, mens oppumpede prøver tas like etter oppstart av testpumpingen. Disse sedimentprøvene er ikke helt representative for jordarten idet man mister korn større enn filteråpningen og de minste korna som ikke sedimenterer i 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 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 TESTPUMPING 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 pumpe suger luft) og så måle utpumpet vannmengde over en periode på 1-3 timer. Hvis brønnens kapasitet er så stor at pumpe 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 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, NO<sub>3</sub>), CO<sub>2</sub>-innhold og O<sub>2</sub>-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/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
- pH
- alkalitet
- fargetall
- turbiditet
- 30 kationer
- 7 anioner

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,  $\pm 0.004$  mS/m i måleområdet 0.004-0.2 mS/m og  $\pm 0.003$  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  $\pm 0.05$  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,  $\pm 0.04$  mmol/l i måleområdet 0.2-2 mmol/l og  $\pm 0.03$  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  $\pm 0.04$  FTU i måleområde 0.05-1.0,  $\pm 0.4$  FTU i måleområde 1.0-10,  $\pm 4$  FTU i område 10-100 og  $\pm 40$  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 <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
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*.

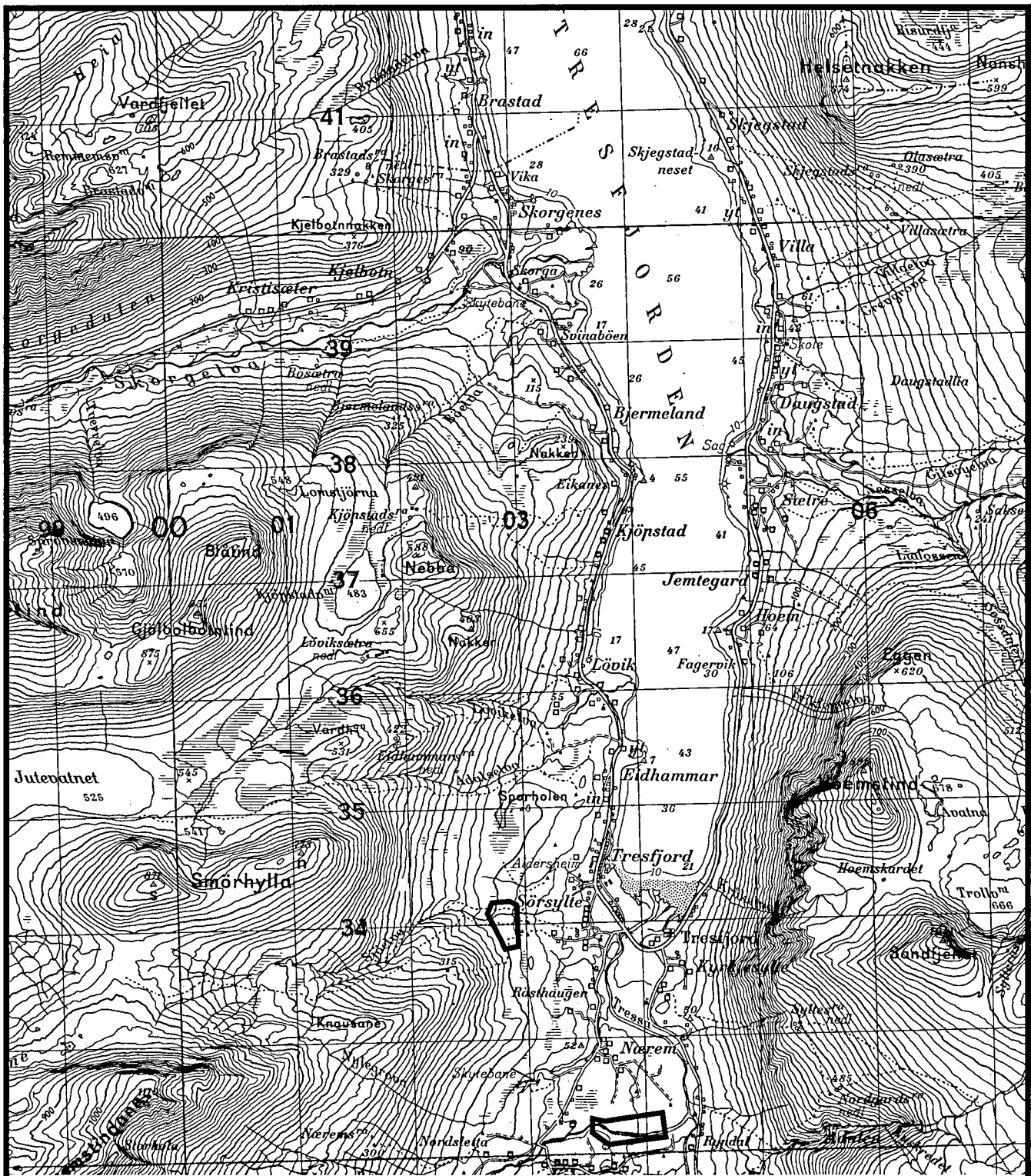
GiN-veileder nr. 7, 1990: Grunnvann. Beskyttelse av drikkevannskilder. *Norges geologiske undersøkelse, Miljøverndepartementet*.



## **KARTBILAG**

97.056-01: Oversiktskart M 1:50000

97.056-02: Georadaropptak, P1, P2, P3, P4, P5 og P6



Undersøkt område

NGU/VESTNES KOMMUNE

OVERSIKTSKART

**TRESFJORD**

VESTNES KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1 : 50000

MÅLT T.L.

TEGN T.L.

TRAC

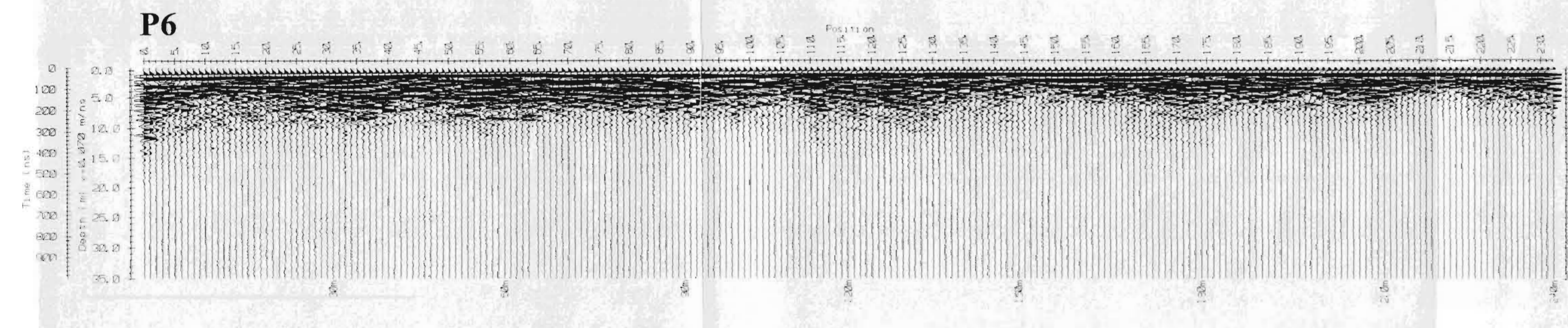
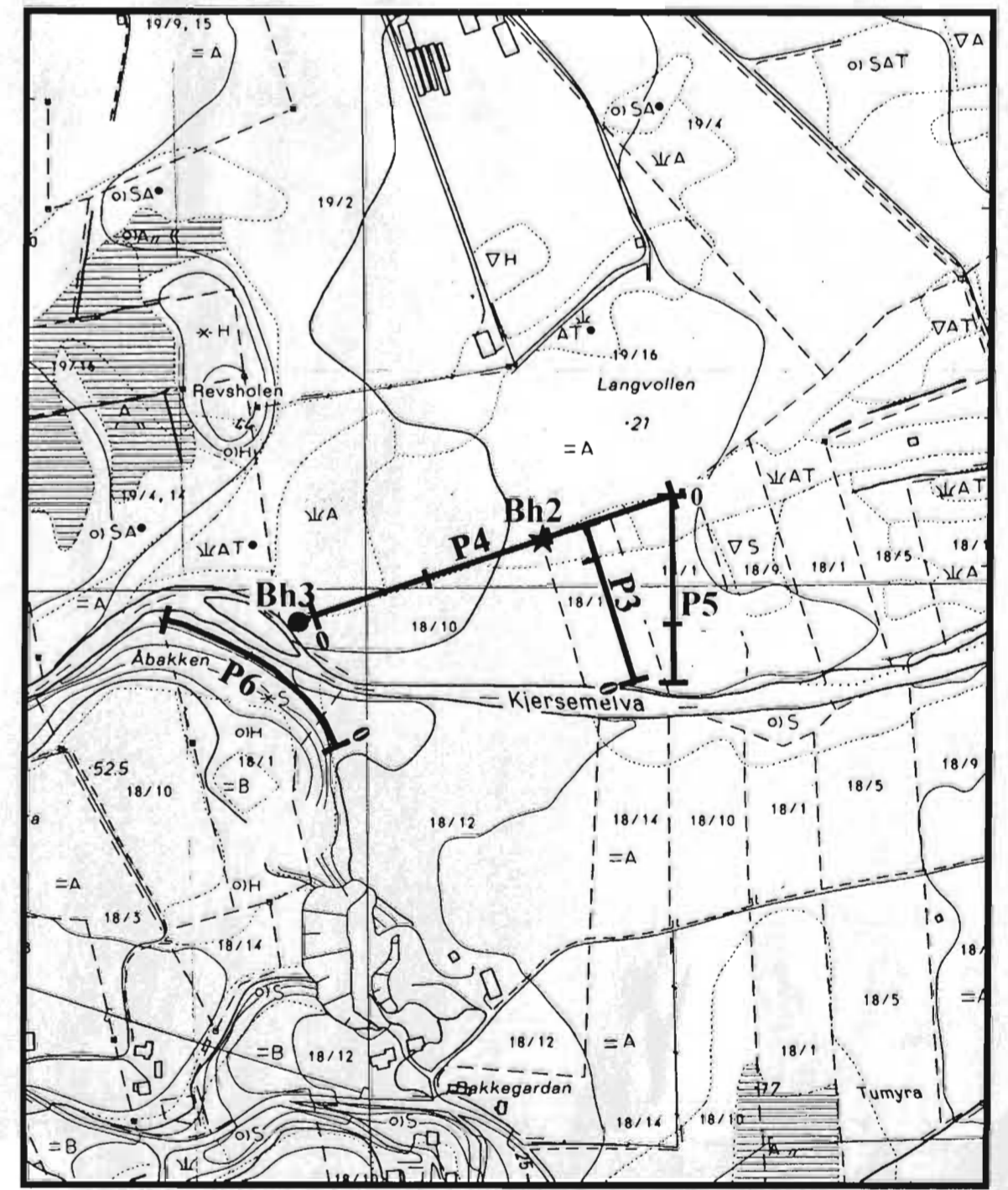
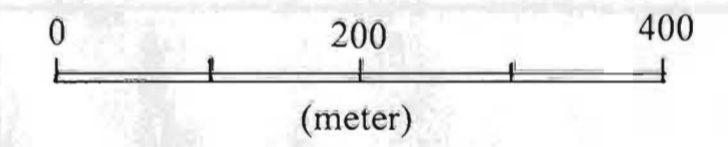
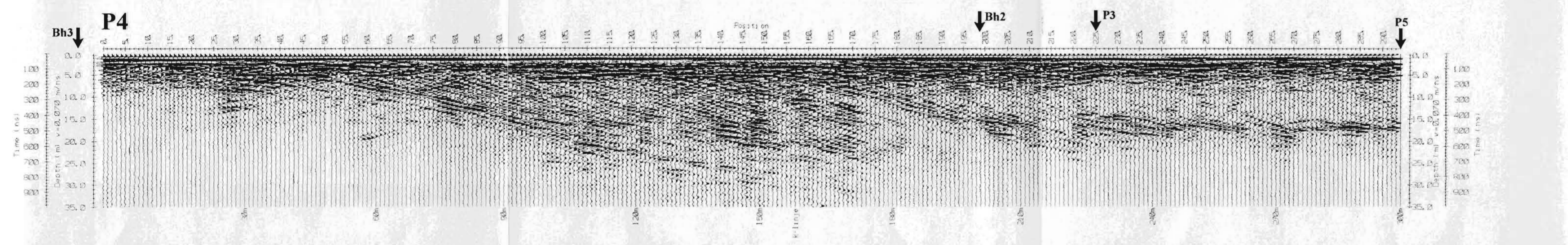
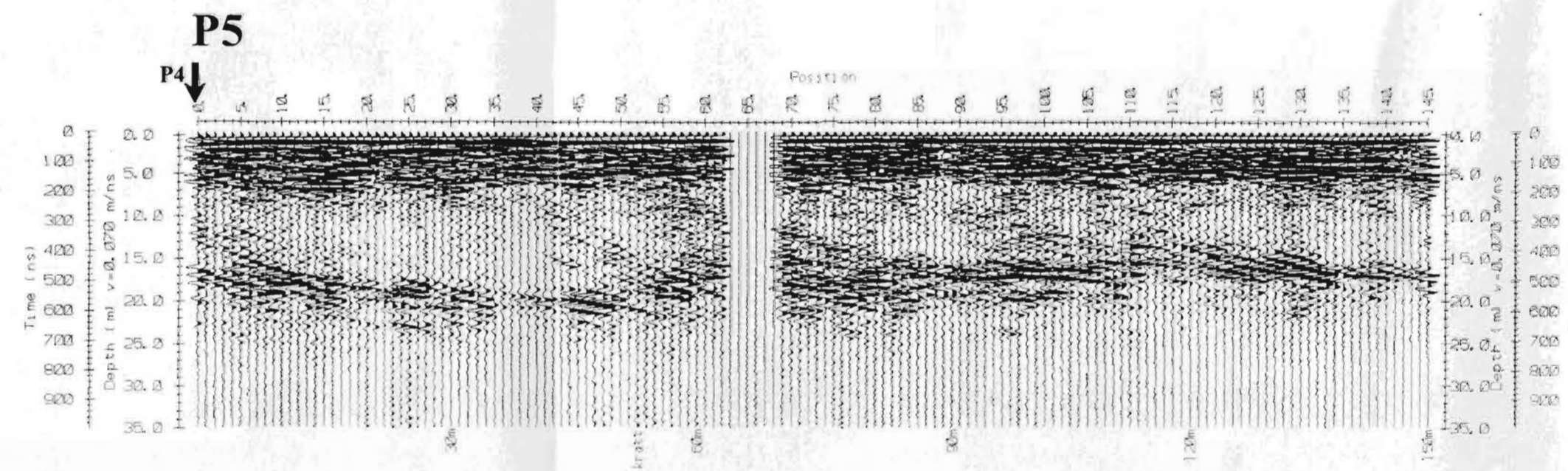
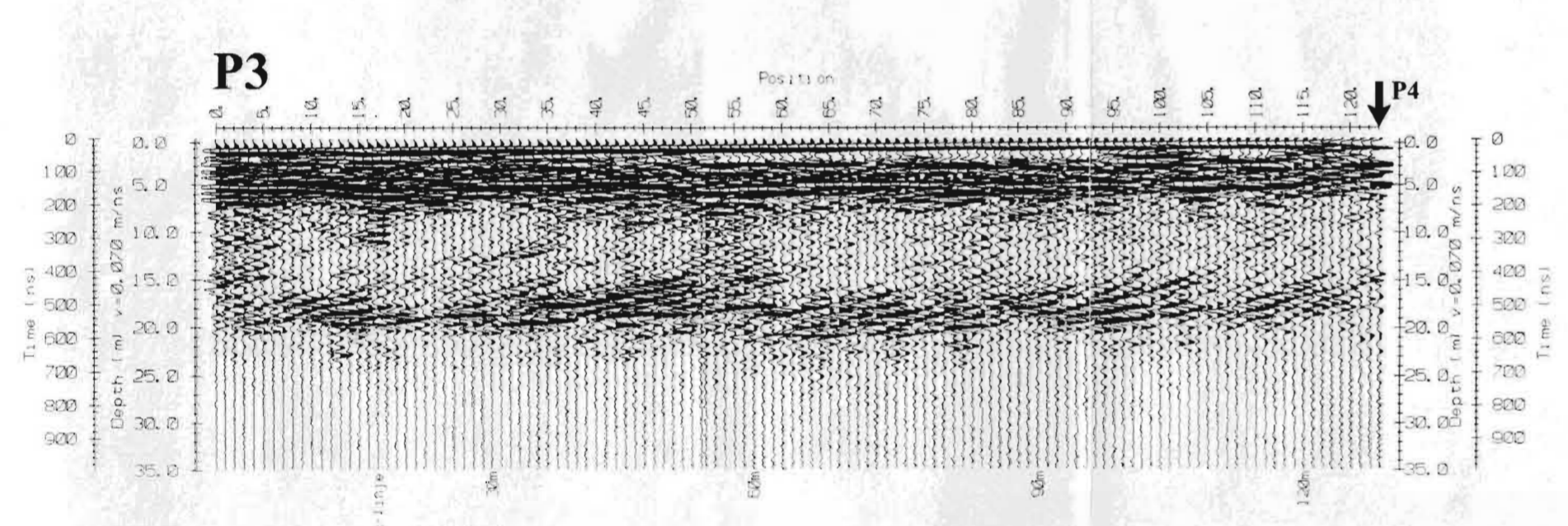
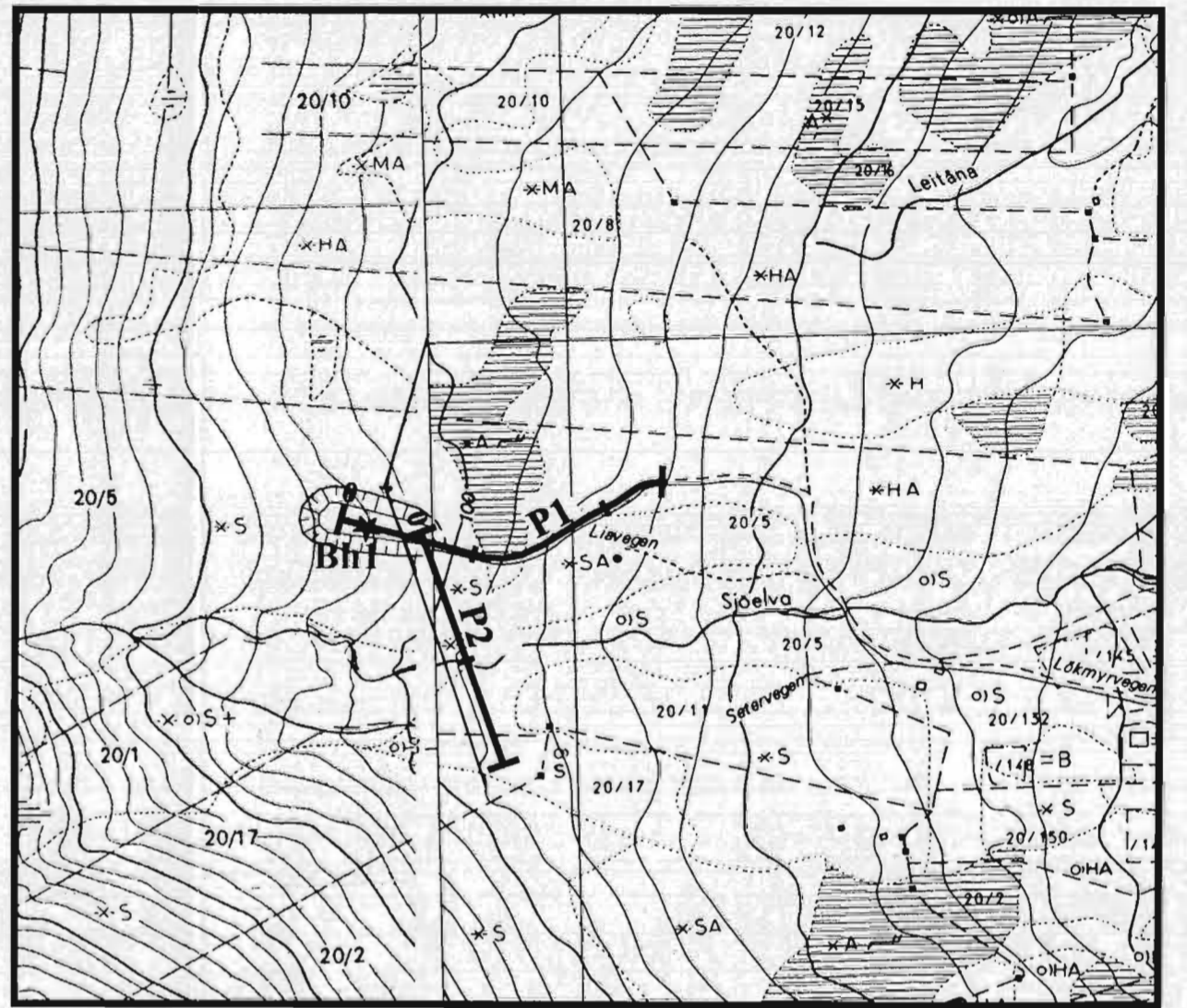
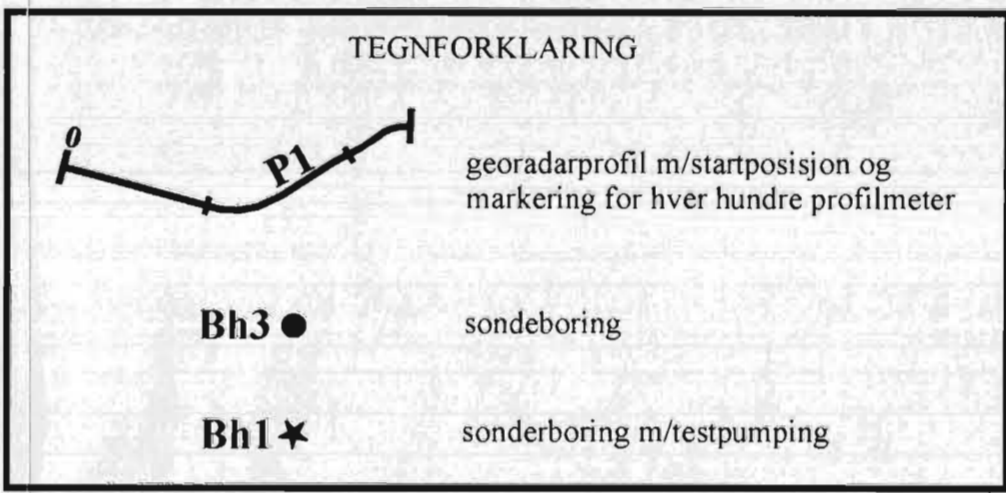
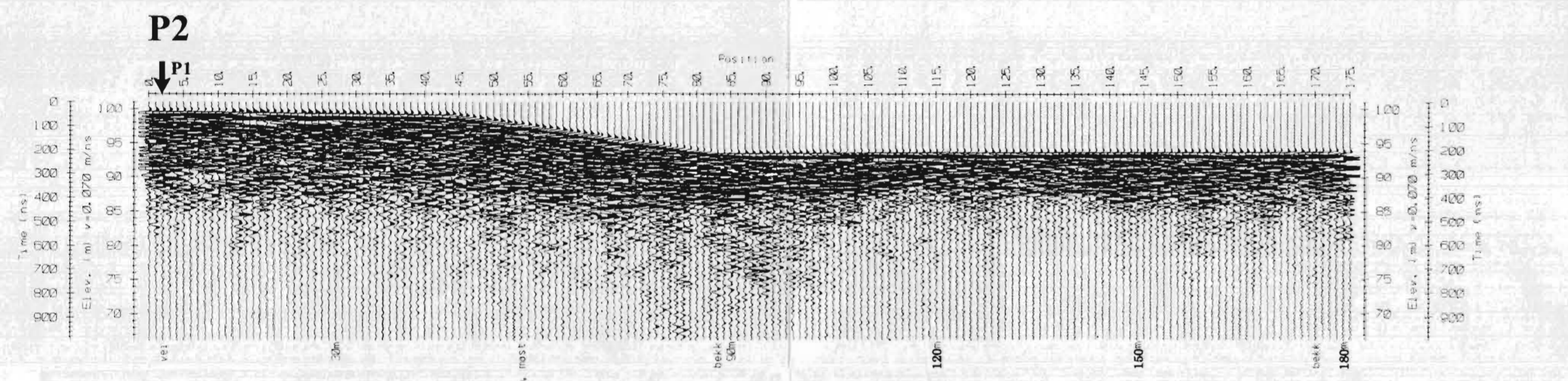
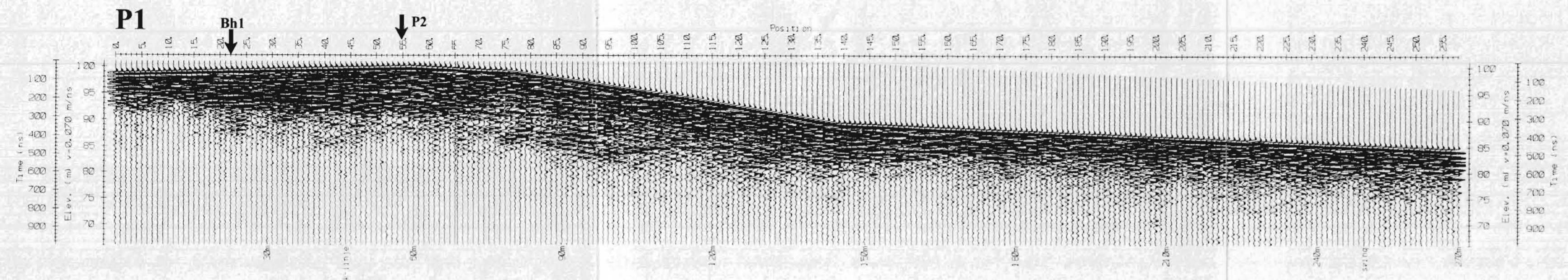
KFR

August - 96

April - 97

TEGNING NR  
97.056-01

KARTBLAD NR  
1220 II



NGU/VESTNES KOMMUNE GEORADAROPPTAK P1, P2, P3, P4, P5 OG P6 <b>TRESFJORD</b> VESTNES KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL	MÅLESTOKK	MÅLT T.L.	August -96
	1:5000 (Kart)	TEGN T.L.	April -97
		TRAC	
	KFR		
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 97.056-02	KARTBLAD NR AW 106-5-4 AW 105-5-2	