

Rapport nr.: 98.017		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Plassering og utforming av nye grunnvannsbrønner ved Elvemo og Melan, Åfjord kommune			
Forfatter: Bernt Olav Hilmo og Harald Elvebakk		Oppdragsgiver: Åfjord kommune	
Fylke: Sør-Trøndelag		Kommune: Åfjord	
Kartblad (M=1:250.000) Trondheim		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1622 IV Åfjord	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 13	Pris: 35
Feltarbeid utført: oktober 1997		Rapportdato: 23.02 1997	Prosjektnr.: 271316
Ansvarlig:			
<p>Sammendrag: Formålet med denne rapporten er å vurdere grunnvannsforekomstene langs Stordalselva, ved Melan og ved Elvemo med tanke på vannforsyning til Åfjord kommunale vannverk som har et vannbehov på ca. 12 l/s. Rapporten gir forslag på plassering, utforming og dimensjonering på produksjonsbrønner.</p> <p>Tidligere grunnvannsundersøkelser ved Elvemo og Melan foretatt i tidsrommet 1992-1996 har vist muligheter for grunnvannsuttak på begge stedene. Uttaket pr. prøvebrønn var kun 2-4 l/s grunnet dårlig infiltrasjon fra elva og begrenset vanngjennomgang i løsmassene. Boring og testing av flere undersøkelsebrønner ved Melan viser at forholdene for grunnvannsuttak er minst like gode andre steder i avsetningen i forhold til plasseringen av brønnene til mineralvannproduksjon. De kan dermed konkluderes med at det er mulig å forsyne Åfjord kommunale vannverk med grunnvann. På grunn av en forventet kapasitet pr. brønn i størrelsesorden 3-6 l/s, må grunnvannsuttaket fordeles på flere brønner. Det anbefales to brønner ved Elvemo og to brønner ved Melan. Ut fra en forholdsvis liten tykkelse på vannførende sone, anbefales det å bore skråbrønner som gir anledning til å bruke lenger brønnfilter pr. brønn.</p> <p>Vannkvaliteten ved Melan er god, idet alle målte parametere tilfredsstillende kravene til drikkevann. Grunnvannet ved Elvemo har lignende kvalitet, bortsett fra høyere innhold av jern og mangan. En langtids prøvepumping av de anbefalte produksjonsbrønnene vil gi svar på kapasitet og kvalitet for hver brønn, samlet kapasitet på alle brønnene og hvordan et permanent grunnvannsuttak bør fordeles mellom brønnene for å oppnå tilstrekkelig kapasitet og optimal kvalitet. Resultatene fra prøvepumpingene vil også gi grunnlag for bestemmelse av sikkerhetssoner rundt brønnene.</p> <p>Ved Melan er det allerede etablert to produksjonsbrønner for produksjon av mineralvann. Et grunnvannsuttak like ovenfor disse brønnene kan innvirke på kapasitet og kvalitet på dette grunnvannsuttaket, men en sikker vurdering av dette krever en parallell prøvepumping av med kapasitetsmåling og prøvetaking av både eksisterende brønner og nye produksjonsbrønner.</p>			
Emneord: Hydrogeologi	Grunnvannsforsyning		Sonderboring
Løsmasse	Borebrønn		Prøvetaking
Grunnvannskvalitet	Geofysikk		Fagrapport

INNHALDSFORTEGNELSE

KONKLUSJON	5
1 INNLEDNING	6
1.1 Formål.....	6
1.2 Bakgrunn	6
2 FELT- OG ANALYSEMETODER.....	6
2.1 Georadarmålinger.....	6
2.2 Undersøkelseboringer	7
3 PRØVEPUMPINGER VED ELVEMO.....	7
3.1 Oppsummering av tidligere undersøkelser.....	7
3.2 Forslag på plassering, utforming og dimensjonering av brønner	8
4 GRUNNVANNSUTTAK VED MELAN.....	8
4.1 Tidligere undersøkelser ved Melan	8
4.2 Tilleggsundersøkelser	9
4.3 Vurdering av resultatene sammenlignet med tidligere undersøkelser.....	10
4.4 Forslag til utbygging.....	11
4.5 Innvirkning på eksisterende brønner.....	11
5 FORSLAG TIL VIDERE ARBEID.....	11
REFERANSER.....	13

KARTBILAG

- 1 Utskrift av georadarprofil samt detaljkart i M 1: 2000 som viser plasseringen av georadarprofil, sonderboringer, undersøkelsesbrønner, prøvepumpingsbrønner, eksisterende produksjonsbrønner og forslag på nye produksjonsbrønner ved Melan og Elvemo.

TEKSTBILAG

- 1 Georadar - metodebeskrivelse
- 2 Hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder.

DATABILAG

- 1 Skjema for tolkning av georadarprofil
- 2.1-2.3 Brønnskjema for borehull 1-3 (97) ved Melan. Utskrift fra hydrogeologisk database.
- 3 Fysikalsk-kjemiske analyseresultater fra nye undersøkelsesbrønner
- 4.1-4.2 Kornfordelingskurver til løsmasseprøver fra Melan
- 5.1 Skisse av produksjonsbrønner ved Elvemo
- 5.2 Skisse av nye produksjonsbrønner ved Melan

KONKLUSJON

Tidligere grunnvannsundersøkelser ved Elvemo og Melan og tilleggsundersøkelser ved Melan viser at det er mulig å forsyne Åfjord kommunale vannverk med grunnvann. Vannverket har et vannbehov på min. 12 l/s. På grunn av relativt lav kapasitet pr. brønn (3-6 l/s), må grunnvannsuttaket fordeles på flere brønner. Det anbefales to brønner ved Elvemo og to brønner ved Melan. Ut fra en forholdsvis liten tykkelse på vannførende sone, anbefales det å bore skråbrønner som gir anledning til å bruke lenger brønnfilter pr. brønn.

Vannkvaliteten ved Melan er god, idet alle målte parametere tilfredsstillende til kravene til drikkevann. Grunnvannet ved Elvemo har lignende kvalitet, men innholdet av jern og mangan ligger tidvis over kravet i Drikkevannsforskriften.

En langtids prøvepumping av de anbefalte produksjonsbrønnene vil gi svar på kapasitet og kvalitet for hver brønn, samlet kapasitet på alle brønnene og hvordan et permanent grunnvannsuttak bør fordeles mellom brønnene for å oppnå tilstrekkelig kapasitet og optimal kvalitet. Resultatene fra prøvepumpingene vil også gi grunnlag for bestemmelse av sikkerhetssoner rundt brønnene.

Ved Melan er det allerede etablert to produksjonsbrønner for produksjon av mineralvann. Et grunnvannsuttak like ovenfor disse brønnene kan innvirke på kapasitet og kvalitet på dette grunnvannsuttaket, men en sikker vurdering av dette krever en parallell prøvepumping av med kapasitetsmåling og prøvetaking av både eksisterende brønner og nye produksjonsbrønner.

1 INNLEDNING

1.1 Formål

Formålet med denne rapporten er å vurdere grunnvannsforekomstene langs Stordalselva, ved Melan og ved Elvemo med tanke på vannforsyning til Åfjord kommune. Rapporten gir forslag på plassering, utforming og dimensjonering på produksjonsbrønner.

1.2 Bakgrunn

Det er tidligere gjort omfattende geofysiske og hydrogeologiske undersøkelser i området. Følgende rapporter er tidligere utgitt:

NGU Rapport 92.297 Geofysiske grunnvannsundersøkelser i Åfjord kommune.

NGU Rapport 93.074 Hydrogeologiske undersøkelser i Åfjord kommune.

NGU Rapport 94.018 Oppfølgende hydrogeologiske undersøkelser i Åfjord kommune.

NGU Rapport 96.035 Grunnvann for produksjon av mineralvann, Åfjord kommune.

De geofysiske undersøkelsene har omfattet refraksjonsseismikk og georadarmålinger på begge sider av Stordalselva, mens grunnvannsundersøkelsene har omfattet sonderboringer med enkle testpumper og langtids prøvepumper, både ved Elvemo og Melan.

Forsker Bernt Olav Hilmo har vært ansvarlig for arbeidet. Andre involverte fra NGU har vært:

Harald Elvebakk (georadarmålinger)

Øystein Jæger (undersøkelsesboringer)

Are Gjerde (undersøkelsesboringer)

Avd. ing. Sverre Fjellheim har vært kontaktperson for oppdragsgiver. Åfjord kommune har sørget for innhenting av boretillatelser fra grunneiere.

2 FELT- OG ANALYSEMETODER

Når det gjelder felt- og analysemetoder for tidligere undersøkelser henvises det til tidligere rapport. Tilleggsundersøkelsene ved Melan omfattet georadarmålinger og undersøkelsesboringer.

2.1 Georadarmålinger

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av løsmassenes lagdeling og strukturer, samt grunnvannsnivåets beliggenhet. En mer detaljert beskrivelse er vedlagt i tekstbilag 3.

Målingene ble utført med georadar av typen pulseEKKO IV (Sensors & Software Inc., Canada). Det ble brukt 50 MHz-antennar og 1000V sender. Ved målingene ble det benyttet en antenneavstand på 1 m og flyttavstand på 0,5 m. På grunn av unøyaktig flytting vil posisjonene som er angitt øverst på opptakene, ikke alltid stemme nøyaktig med reelle avstander. For enkelte profiler er det i kartbilagene markert for hver 100 profilmeter. Kommentarer under opptakene

kan bidra til at en lettere kan plassere posisjoner riktig i forhold til kartet. Det ble satt ut stikker for hver 50. meter. Disse er markert under opptakene som kommentar. Ved beskrivelsen av opptakene refereres det til posisjoner angitt over opptakene. Samplingsintervall var 1,6 ns og det ble foretatt 32 summerte registreringer (stacks) i hvert punkt. Opptakstid var 1000 ns. Det ble målt 2 profiler på til sammen ca 300m.

Opptakene er terrengkorrigert der det er benyttet kart i målestokk 1:5000 (ekvidistanse 5 m) som grunnlag for høydeavlesning. Ved utskrift av opptakene er det benyttet 5-punkts gjennomsnitt langs traser for å redusere høyfrekvent støy. Det ble benyttet egendefinert forsterkning. Ved dybdekonvertering er det benyttet en EM-bølgehastighet på 0,08 m/ns (vanntettet grus).

2.2 Undersøkelseboringer

På grunn av vanskelig tilgjengelighet ble boringene utført med pionær håndholdt bormaskin. Sonderboringene ble gjort med 40 mmfirkantspiss hvor tolkningen av massetype ble gjort på grunnlag av borsynk og dreining av spissen for hver meter. Nedborede undersøkelsesbrønner består av Ø32 mm damprør med en meter slisset filter. Testpumper og prøvetaking ble utført i etter prosedyrer beskrevet i tekstbilag 2 som er en generell beskrivelse av hydrogeologiske felt- og laboratoriemetoder.

Masseprøvene er analysert på kornfordeling,

Vannprøvene er analysert på fysikalsk-kjemiske parametere som beskrevet i tekstbilag 2.

3 PRØVEPUMPINGER VED ELVEMO

3.1 Oppsummering av tidligere undersøkelser

På nordsiden av elva, ved Elvemo ble det i tidsrommet 1993-1994 utført to prøvepumpingsperioder. Ved den første pumpeperioden som pågikk fra mars til august 1993, ble det pumpet fra to og senere en Ø76 mm brønn(er) med filter på 5-10 m dyp. Kapasiteten gikk ned fra over 6 l/s i starten til den stabiliserte seg på ca. 3,2 l/s etter ca to døgn pumping.

Grunnvannet hadde relativt høye konsentrasjoner av jern og mangan i starten av pumpeperioden (0,85 mgFe/l og 0,36 mgMn/l), men innholdet gikk ned til 0,1 mgFe/l og 0,07 mgMn/l ved slutten av pumpeperioden. Ved slutten av pumpeperioden var det bare innholdet av mangan som ikke tilfredsstillt kravene til drikkevann.

For å få et best mulig mål på hele magasinet kapasitet og for å undersøke om manganinnholdet var lavere i andre deler av avsetningen, ble det satt ned ytterligere tre Ø54 mm brønner. Disse ble koblet sammen med den ene Ø76 mm brønnen og en ny prøvepumping fra alle fire brønnene ble igangsatt i mai 1994 og pågikk til august i 1994. Kapasiteten under denne pumpeperioden var ca. 8 l/s.

Vannkvaliteten under denne pumpeperioden var også god bortsett fra noe høye konsentrasjoner av jern og mangan (databilag 4.1). For de fleste vannprøvene ligger imidlertid konsentrasjonene under eller like over kravene i Drikkevannsforskriften.

3.2 Forslag på plassering, utforming og dimensjonering av brønner

På grunnlag av de utførte undersøkelser foreslås nedsetting av to stk Ø170 mm rørbrønner. Ut fra en relativt liten tykkelse på grunnvannsmagasinet og for å oppnå lengst mulig brønnfilter, anbefales det skråbrønner. Brønnene A og B plasseres ca 5 m V for prøvepumpingsbrønn 1. Brønn A rettes med 27° fall mot brønn 4 (motØSØ), mens brønn B rettes med 27° fall mot SV (mot brønn 2). Brønnfilterene bør plasseres fra 7 til 11,5 m under overflaten. Med en vinkel på ca. 27° gir dette et 10 m langt brønnfilter. Kartbilag 1 og databilag 4.1 viser plassering, retning og dimensjonering av produksjonsbrønnene.

Kapasiteten på brønnene under prøvepumpingsperiodene var 0,64 og 0,53 l/s pr. meter filterlengde. De to produksjonsbrønnene vil få en samlet filterlengde på 20 m. Med en antatt vanngiverevne på 0,5 l/s pr. m filter, gir dette en total kapasitet på 10 l/s. På grunn av innbyrdes påvirkning kan den samlede kapasiteten bli noe mindre.

4 GRUNNVANNSUTTAK VED MELAN

4.1 Tidligere undersøkelser ved Melan

I forbindelse med vurdering av mulighetene for uttak av grunnvann til produksjon av mineralvann, ble det gjort en detaljert geologisk og hydrogeologisk kartlegging av området med beskrivelse av grunnvannsmagasinet, grunnvannsdannelse og grunnvannskvalitet (Hilmo, 1996). Det ble satt ned to Ø208 mm produksjonsbrønner med filter fra 11-16 m under overflaten, eller ca. 5-10 m under elvenivået. Kapasiteten under prøvepumpingen varierte mellom 2.5 og 5 l/s, og med ca. 3.8 l/s i gjennomsnitt. Kapasiteten var litt høyere ved prøvepumping av begge brønnene samtidig (4,2 mot 3,5 l/s i gjennomsnitt). Årsaken til den forholdsvis lave kapasiteten er at massene er relativt tette noe som gir stor strømningsmotstand og følgelig en bratt senkningstrakt inn mot brønnene.

Vannkvaliteten var god og stabil i hele pumpeperioden. Det ble ikke påvist sykdomsfremkallende bakterier eller andre bakterier som kan indikere forurensning. På grunn av grunnvannets lange oppholdstid er grunnvannskvaliteten ikke påvirket av overflatevannskilder og det er heller ikke påvist sesongmessige variasjoner. Geokjemiske og mineralogiske undersøkelser av løsmassene i akviferen indikerer en sammenheng mellom grunnvannets og det geologiske materialets kjemiske sammensetning. Grunnvannsførekosten oppfylder dermed de krav som stilles til mineralvann. Alle analyserte parametere tilfredsstillende også kravene til vanlig drikkevann, slik at grunnvannet kan markedsføres både som mineralvann og vanlig drikkevann.

4.2 Tilleggsundersøkelser

Georadarmålinger

Kartbilag -01 viser georadaropptak og plassering av profiler. Ved tolkning av georadaropptakene er det benyttet et skjema som knytter hendelser i opptak til sedimenters sammensetning og lagdeling. Dette skjemaet er vist i databilag 1 (etter Beres & Haeni, 1991). Ved undersøkelse av muligheter for uttak av grunnvann kan resultater fra georadarmålinger ofte gi informasjon om løsmassenes beskaffenhet (grovkornig/finkornig), grunnvannsspeilets beliggenhet og sedimenttykkelse (dyp til fjell).

Det ble målt to nye georadarprofil i området. Profil 1 ble målt langs veien ned til de eksisterende brønnene. Opptaket viser en penetrasjon på ca 25 m fra start oppe ved skogsbilveien fram til ca posisjon 30. Derfra avtar penetrasjonen til 12-14 m på plataet ved produksjonsbrønnene. Refleksjonsmønsteret er skrått/bølget og tyder på lagdelt sand/grus. Mindre penetrasjonen på siste halvdel av profilet kan tyde på finere masser mot dypet. Profil 2 som ble målt fra like nedenfor borhull 6 (93) og 235 m oppover langs Stordalselva. På dette profilet varierer penetrasjonen mellom 10 og 15 m. Refleksjonsmønsteret er hauget og tyder på lagdelt sand/grus. Fra posisjon 70 til 190 sees en tydelig reflektor på 12-15 m dyp, som trolig er fjell. Årsaken til at fjellreflektoren ikke vises fra posisjon 0 til 70 er trolig finkornige masser som ligger under grusen som vil dempe EM-bølgene. Fjellet er grunnest lengst oppe langs elva, ca 10 m ved posisjon 230. Fra posisjon 155 til 200 og fra 205 ser en traufomer. Her er reflektiviteten noe dårligere og kan bety innslag av finkornige masser. Ut fra profilet er det gunstigste området for grunnvannsuttak mellom posisjon 80 og 190, mens området fra 0 til 25 m også muligens kan være egnet.

Det er ikke mulig å observere grunnvannsspeilet. Profilet er målt helt nede ved elvebredden og grunnvannsspeilet ligger trolig for grunt til at det kan observeres da refleksjonene faller sammen med den direkte bølgen (her indikert på ca 1 m dyp).

Undersøkelsesboringer

For å utrede mulighetene for økt grunnvannsuttak fra flere brønner sørsida av elva, ble det høsten 1997 gjort ytterligere tre undersøkelsesboringer. Plasseringen av disse framgår av kartbilag 1, mens databilag 2.1-2.3 viser borprofilene. I borhull 1 som ble plassert lengst mot øst, ble det påtruffet hovedsakelig siltig sand, stedvis med noe stein. Fra 8,5 - 9,5 m ble det registrert et grovere lag av sand. Fjell ble nådd på 12,7 m. På grunn av for tette masser ble det ikke satt ned undersøkelsesbrønn for testpumping og prøvetaking. Borhull 2 ble plassert ved elva, ca. 20 m vest for borhull 1. Her ble det registrert ca. 2 m med siltig sand med stein over sand og grus til ca. 7,5 m. Fra 7,5 m og til fjell/blokk på 8,9 m ble det påtruffet hardere og mer steinrike masser (morene). Testpumper på 3-4 m, 5-6 m og 6,3-7,3 m ga hhv. 1,2, 0,2 og 0,75 l/s. I borhull 3 som ble plassert ved elva, ca. 20 m vest for borhull 2, ble det registrert ca. 4 m siltig sand med noe stein over sand og grusig sand til 11 m hvor massene gikk over til hardere og mer morenelignende masser. Testpumper på 3-4 m, 5-6 m, 7-8 m, 9-10 m og 10,5-11,5 m ga hhv. < 0,1, 1,5, 0,3, 1,7 og 0,4 l/s.

De fysikalsk-kjemiske analysene av grunnvannsprøver fra borhull 2 og 3 er meget bra i det alle analyserte parametere, unntatt jerninnholdet i prøven fra 7-8 m i borhull 3, tilfredsstillende kravene til drikkevann (databilag 3). Det relativt høye jerninnholdet i den ene prøven fra borhull 3 kan

skyldes partikulær forurensing. Dette bekreftes av den høye turbiditeten på denne prøven. I forhold til de eksisterende produksjonsbrønnene har grunnvannet i undersøkelsesbrønnene høyere alkalitet og et noe høyere innhold av kalsium. Under et permanent uttak vil trolig kvaliteten bli mer lik den som er i produksjonsbrønnene.

Georadarprofil 1 og undersøkesboringene med de tilhørende testpumper viser at området mellom borhull 5 (93) og borhull 2 (97) er best egnet for grunnvannsuttak.

4.3 Vurdering av resultatene sammenlignet med tidligere undersøkelser

Tabellen nedenfor viser en sammenligning mellom hydraulisk ledningsevne (k-verdi) beregnet ut fra kornfordelingskurver til masseprøver. Den hydrauliske ledningsevnen er høyere for prøvene fra Melan, borhull 2 (97) og 3 (97) enn for prøvene fra Elvemo og Melan borhull 1 (93).

Tabell 1: Hydraulisk ledningsevne beregnet ut fra kornfordelingsanalyser

Prøvested	borhull nr.	dyp (m)	d ₁₀ (mm)	d ₆₀ (mm)	k-verdi
Elvemo	P2	6-7	0,085	0,21	1,2 x 10 ⁻⁴
Melan	borh. 1 (93)	9-10	0,092	0,22	1,4 x 10 ⁻⁴
Melan	borh. 2 (97)	3-4	0,104	0,447	1,6 x 10 ⁻⁴
Melan	borh. 2 (97)	5-6	0,158	0,681	3,7 x 10 ⁻⁴
Melan	borh. 3 (97)	3-4	0,112	0,474	1,8 x 10 ⁻⁴
Melan	borh. 3 (97)	5-6	0,103	0,313	1,7 x 10 ⁻⁴
Melan	borh. 3 (97)	7-8	0,166	0,615	4,2 x 10 ⁻⁴
Melan	borh. 3 (97)	9-10	0,144	0,614	3,1 x 10 ⁻⁴

Neste tabell viser en sammenligning mellom hydrauliske parametere beregnet ut fra pumpeforsøk ved Elvemo og Melan.

Tabell 2: Sammenligning mellom hydrauliske parametere beregnet ut fra pumpeforsøk ved Elvemo og Melan. (Hilmo 1996, og Hilmo,1994)

Sted	Pumpebrønn	Peilebrønn	T (m ² /s)	m (m)	k-verdi (m/s)
Elvemo	B1	P1	3,4 x 10 ⁻⁴	5	0,7 x 10 ⁻⁴
Melan	II	P1	6,0 x 10 ⁻⁴	6	1,0 x 10 ⁻⁴
Melan	II	P2	4,5 x 10 ⁻⁴	6	0,8 x 10 ⁻⁴
Melan	II	P3	5,7 x 10 ⁻⁴	6	1,0 x 10 ⁻⁴

$k = T/m$, der T er transmissivitet, m er tykkelse av vannførende sone og k er hydraulisk ledningsevne.

Den hydrauliske ledningsevnen beregnet ut fra pumpeforsøkene er litt lavere enn den beregnet ut fra kornfordelingsanalysene. Pumpeforsøkene ved Elvemo og Melan gir liten forskjell i hydraulisk ledningsevne. Kapasiteten under disse pumpeforsøkene var ca 3 l/s.

Gjennomsnittsverdien for den hydrauliske ledningsevnen for prøvene tatt fra mellom 5 og 10 m i borhull 3 (97) er 3,0 x 10⁻⁴ m/s mens den er hhv. 1,2 x 10⁻⁴ og 1,4 x 10⁻⁴ m/s beregnet ut fra kornfordelingskurver for masseprøver fra P2 ved Elvemo og borhull 1 (93) ved Melan.

Hvis vi antar et uttak med samme senkningsforløp ved en ny brønn ved borhull 3 blir kapasiteten på dette uttaket $(3,0/1,3) \times 3 \text{ l/s} = 6,9 \text{ l/s}$. På grunn av meget inhomogene masser og mulige forskjeller i prøvetakingsmetodikk er dette selvsagt meget usikre beregninger. Likevel gir de en indikasjon på at man kan forvente noe høyere kapasitet på brønner ved borhull 3 (97) enn i de eksisterende produksjonsbrønnene.

4.4 Forslag til utbygging

På grunnlag av de utførte undersøkelser foreslås nedsetting av to stk. Ø170 mm skråbrønner (C og D). Brønnene plasseres på et utgravid platå, ca. 5 m høyere enn normal elvevannstand (kartbilag 1). Brønn C plasseres 12 m SV for borhull 3 (97) og rettes med 35° fall mot V-SV (mot borhull 5, 93), mens brønn D plasseres 7 m SV for borhull 3 (97) og rettes med 35° fall mot N-NØ (mot borhull 3, 97). Brønnfilteret bør stå på nivå 5,5-10 m under elvevannstanden. Dette gir en filterlengde på ca. 8 m pr.brønn. Databilag 5.2 viser en prinsippskisse av de to brønnene.

Verdier på hydraulisk ledningsevne og resultater fra tidligere prøvepumping gir et kapasitetsanslag på ca. 7 l/s pr. brønn. Ved den foreslåtte plassering og retning på brønnene vil bunnen av filtrene stå med 35-50 m mellomrom. Kapasiteten i brønnene vil derfor trolig påvirkes av hverandre, slik at den samlede kapasiteten på et permanent uttak blir noe lavere enn $2 \times 7 \text{ l/s}$, anslagsvis 8-12 l/s. Disse kapasitetsanslagene er meget usikre. **Det er derfor nødvendig med en prøvepumping av nedsatte produksjonsbrønner for å kunne gi sikre vurderinger av kapasiteter.**

4.5 Innvirkning på eksisterende brønner

Brønnfilterene til de planlagte brønnene C og D vil ligge henholdsvis ca. 50 og ca. 80 m nordøst for brønnene til mineralvannproduksjon. Ved et permanent uttak i brønn C og D kan kapasiteten i brønnene til mineralvannproduksjon reduseres ved at det noe av grunnvannet som trekkes mot de eksisterende brønnene vil gå mot de nye brønnene.

Den hygieniske kvaliteten i brønnene til mineralvannproduksjon forventes ikke å påvirkes i og med at grunnvannets oppholdstid fortsatt vil være tilstrekkelig til god rensing av infiltrert elvevann, men den kjemiske sammensetningen kan påvirkes noe gjennom endrede strømningsveier til grunnvannet som følge av et uttak oppstrøms brønnene.

Det må bemerkes at en sikker vurdering av hvordan kapasitet og kvalitet i eksisterende brønner påvirkes av et nytt grunnvannsuttak 50-80 m unna, må gjøres på grunnlag av en parallell prøvepumping av eksisterende brønner og de planlagte brønnene C og D.

5 FORSLAG TIL VIDERE ARBEID

Nedenfor følger et forslag på videre arbeid med utvikling av grunnvannsanlegg for drikkevann til Åfjord komm. vannverk.

- 1) Tilrettelegging for brønnboring ved Melan. Dette inkluderer planering av et ca 30 m langt plataå ca. 5 m over normal elvevannsstand fra borhull 3 (97) og mot sørvest, bygging av adkomstvei for borerigg og fremføring av strøm for prøvepumping.
- 2) Brønnboring ved Melan. Brønnene bores som beskrevet i kap. 4.4
- 3) Testpumping av nye brønner ved Melan. Dette gjøres for få vurdert kapasiteten på brønnene som igjen vil være avgjørende for om det er nødvendig med en eller to brønner ved Elvemo. Det er også viktig å måle kapasiteten på disse brønnene separat for å kunne dokumentere hvordan de andre brønnene i området vil innvirke.
- 4) Brønnboring ved Elvemo. Brønnene bores som beskrevet i kap. 3.2.
- 5) Testpumping av brønnene ved Elvemo (kan gjøres i forbindelse med pkt. 6).
- 6) Langtids prøvepumping av alle brønnene i området. Prøvepumping skal generelt pågå over en periode på ett år, men i dette tilfelle hvor det allerede er utført flere prøvepumperinger kan perioden reduseres til 3-6 måneder. Det er imidlertid viktig å få med en periode med flom og en periode med lav elvevannsstand i pumpeperioden. Formålet med prøvepumpingen er:
 - Vurdere samlet kapasitet og kapasiteten i hvert brønnområde.
 - Vurdere kvaliteten i hvert brønnområde.
 - Finne gunstigste fordeling på grunnvannsuttak for å oppnå tilstrekkelig kapasitet og tilfredsstillende kvalitet.
 - Skaffe bakgrunnsdata for beregning av klausuleringssoner.
 - Vurdere hvordan de nye brønnene innvirker på kapasiteten og kvaliteten i de eksisterende brønner (mineralvannbrønner).
- 7) Videre utbygging.

REFERANSER

- Anderson, A. C., Anderson, O. og Gustafson, G., 1984: *Brunnar. Undersøkning - Dimensjonering - Borrning - Drift*. Statens råd for bygnadsforskning, Stockholm, Sverige.
- Freeze, R. A. and Cherry, J. A., 1979: *Groundwater*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Hilmo, B. O., 1994: *Oppfølgende hydrogeologiske undersøkelser i Åfjord kommune*. NGU Rapport 94.018.
- Hilmo, B. O., 1996: *Grunnvann for produksjon av mineralvann, Åfjord*. NGU Rapport 96.035.
- Klemetsrud, T., 1993: *Hydrogeologiske undersøkelser i Åfjord kommune*. NGU rapport 93.074.
- Koziel, J., Tønnesen, J. F. og Hilmo, B. O., 1992: *Geofysiske grunnvannsundersøkelser i Åfjord kommune*. NGU Rapport 92.297.
- Sosial- og helsedepartementet, 1993: *Forskrift om utvinning og frambud m. v. av naturlig mineralvann*.
- Sosial- og helsedepartementet, 1995: *Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m.*
- Thorsnes, T. og Reite, A., 1991: *Geologisk kart over Åfjord kommune - M. 1: 80 000*. Norges geologiske undersøkelse.

TEKSTBILAG

- 1 Georadar - Metodebeskrivelse.
- 2 Hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder.

GEORADAR - METODEBESKRIVELSE

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av lagdeling og strukturer i grunnen. Med en spesiell antenne sendes elektromagnetiske bølgepulser ned i jorda. En del av bølgeenergien blir reflektert tilbake til overflaten når bølgepulsen treffer en grense som representerer en endring i mediets dielektriske egenskaper. Resten av energien vil fortsette nedover og det kan fås reflekterte signaler fra en rekke grenseflater. Refleksjonene kan registreres med en mottakerantenne på overflaten. De mottatte signaler overføres til en kontrollenhet for forsterkning (og digitalisering ved digital georadar). Signalene sendes derfra til skriver (ved analog georadar) eller PD (digital georadar). Fra en utskrift av et georadar-opptak kan toveis gangtid (t_{2v}) til de forskjellige reflektorene avleses. For å bestemme virkelig dyp til en reflektor må bølgehastigheten (v) i overliggende medium være kjent eller kunne bestemmes.

Bølgehastigheten kan bestemmes ved CDP-målinger ('common depth-point'). Slike målinger utføres ved å flytte sender- og mottakerantenne skrittvis og like langt ut til hver side fra et fast midtpunkt og registrere for hver ny posisjon. Refleksjoner vil da ideelt sett komme fra samme punkt på en reflektor som er planparallel 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 dielektrisitetstallet. 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>
Luft	1	0.3	0
Ferskvann	81	0.033	0.1
Sjøvann	81	0.033	1000
Leire	5-40	0.05-0.13	1-300
Tørr sand	5-10	0.09-0.14	0.01
Vannmettet sand	15-20	0.07-0.08	0.03-0.3
Silt	5-30	0.05-0.13	1-100
Fjell	5-8	0.10-0.13	0.01-1

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

HYDROGEOLOGISKE UNDERSØKELSESMETODER I LØSMASSER VED NGU

1 SONDERBORINGER

a) Metodikk

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

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

b) Dataregistreringer

Under boring med Borros/Hafo 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 dreieing 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 dreieing av sonderspissen.

2 TESTPUMPINGER

a) Metodikk

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

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

b) Dataregistreringer

Før pumping 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 pumping. I tillegg blir det gjort en bedømming av vanngjennomgangen ut fra hvor raskt nedspylt vann synker i testbrønnen. Ved en undersøkelse av en grunnvannsføremst er det vanlig med 2-10 undersøkelsesbrønner som prøvetas og testpumpes i 2-5 forskjellige nivå. Alle sonderboringer og undersøkelsesbrønner blir lagt inn i NGU's hydrogeologiske database.

c) Tolkning

De forskjellige nivåenes vanngiverevne, vanngjennomgangen i massene og senkningen av grunnvannsstanden under testpumping 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 testpumping. Disse sedimentprøvene er ikke helt representative for jordarten idet man mister korn større enn filteråpningen og de minste korna som ikke sedimenterer i prøvekarer. Ved undersøkelser som stiller strengere krav til representative og mer uforstyrrende prøver blir det benyttet gjennomstrømningsprøvetaker. Ut fra sedimentprøvenes kornfordeling kan man gjøre overslag av massenes hydrauliske ledningsevne og anbefale filteråpning på eventuelle produksjonsbrønner.

4 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 og vannbehov.

Det vanligste er å sette ned fullskala brønner som senere kan benyttes til produksjonsbrønner, men ved usikre forhold brukes det ofte enklere prøvebrønner til prøvepumping.

For å kunne måle grunnvannsnivået rundt prøvebrønnen før og under pumpeperioden blir det satt ut observasjonsbrønner av Ø32 mm dampør med filter bestående av oppslisset rør. Det er viktig at disse brønnene blir satt ned i samme nivå som filteret på prøvebrønnen eller i et nivå med god hydraulisk kommunikasjon til prøvebrønnen. Opp-pumpet grunnvann blir ledet bort fra brønnens influensområde eller til et vassdrag med mye større vannføring enn pumperaten for å unngå reinfiltrasjon og tilbakestrømning til pumpebrønnen.

b) Dataregistrering

Før og under prøvepumpingen blir grunnvannsstanden i observasjonsbrønnene målt ved hjelp av et spesiallaget målebånd. Målingene blir gjort med korte tidsintervall i starten og stadig lengre intervall etter hvert. I tillegg blir pumperaten målt, enten manuelt med målekar og stoppeklokke eller ved hjelp av automatisk vannmåler. Det prøvepumpes i min. 3 måneder, men for større vannverk bør det prøvepumpes ett år slik at man får med eventuelle sesongvariasjoner 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).

5 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.

6 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 feltnålinger av pH, Eh og ledningsevne brukes sensoriske metoder.

Den største fordelene 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.

7 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, ± 0.004 mmol/l i måleområdet 0.2-2 mmol/l og ± 0.03 mmol/l i måleområdet 0.03-0.2 mmol/l.

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

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

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

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

Tabell 1: 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 %
Å	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 2: 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*.

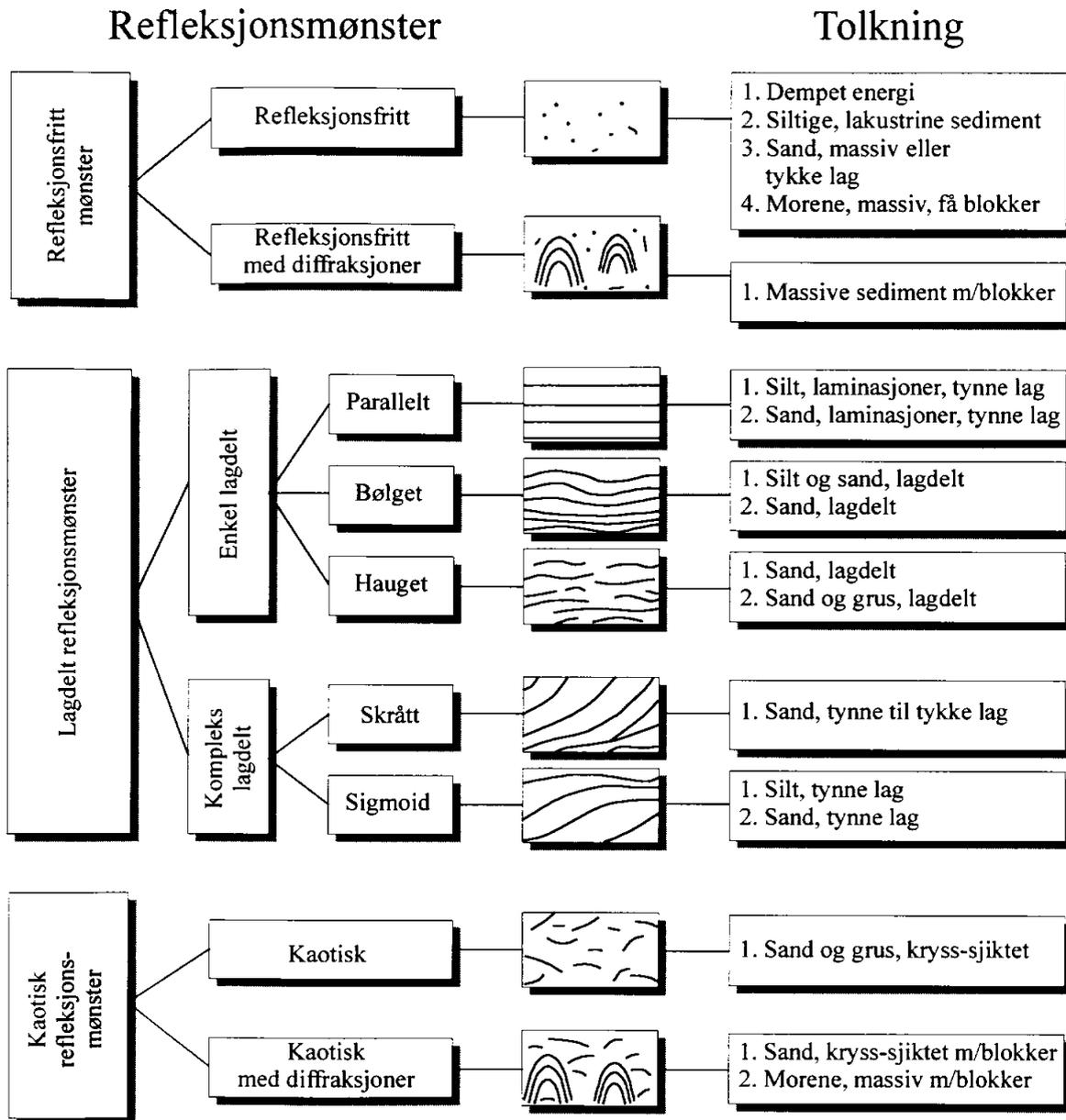
GiN-veileder nr. 3, 1990: Grunnvannsundersøkelser i løsmasser. *Norges geologiske undersøkelse, Miljøverndepartementet*.

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*.

DATABILAG

- 1 Skjema for tolkning av georadaropptak
- 2.1-2.3 Brønnskjema for borehull 1-3 (97) ved Melan. Utskrift fra hydrogeologisk database.
- 3 Fysikalsk-kjemiske analyseresultater fra nye undersøkelsesbrønner
- 4.1-4.2 Kornfordelingskurver til løsmasseprøver fra Melan
- 5.1 Skisse av produksjonsbrønner ved Elvemo
- 5.2 Skisse av nye produksjonsbrønner ved Melan



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

Hilmo, Bernt Olav

Norges geologiske undersøkelse

Brønn-ID: 32 **Type brønn:** Sondering **Fylke:** Sør-Trøndelag **Kommune:** Åfjord (1630) **Borhull 1 (97)**

UTM Sone: 32 **ØV-kordinater:** 560430.00 **NS-kordinater:** 7093340.00 **Høyde over havet:** 8 meter

Oppdragsgivers navn: Åfjord kommune

Borefirma: Norges geologiske undersøkelse

Boredato: 21.10.1997 **Borerens navn:** Ø. Jæger

Boredyp (målt fra overflaten): 12.70 m **Dyp til fjell (målt fra overflaten):** 12.70 m **Høyde av rørtopp (over havnivå):** m **Høyde av rørtopp (over bakkenivå):** m

Ved prøvepumping, angi prøvepumpingsmetode:

Brønnermateriale:

Vannstand ved endt boring (målt fra overflaten): m **Vannstand ved endt boring (målt fra overflaten):** m **Målt dato:**

Fra (m)	Til (m)	Løsmasseprofil	Vanntrykk	Boreslamfarge	Vannuttak (l/s)	Temperatur (°C)	Pumpeid (min)	Vannprøve?	Jordprøve?	Prøvetakingsmetode	Merknader
0.00	1.00	Sand									stein
1.00	8.50	Siltig sand									Stein fra 1-2 m og fra 5-6 m
8.50	9.00	Sand									
9.00	12.70	Siltig sand									Stein fra 9-10 m.

Merknad:
Andre

opplysninger: Boringen ble utført med pioner slagbormaskin, Borhull 1(97)

Utfyllingsdato: 11.12.1997 **Ansvarlig signatur:** Bernt Olav Hilmo

Brønnskjema sonderinger, undersøkelses- og observasjonsbrønner

NGU Rapport 98.017
Databilag 2.2

Hilmo, Bernt Olav

Norges geologiske undersøkelse

Brønn-ID: 21 **Type brønn:** Undersøkelsesbrønn **Fylke:** Sør-Trøndelag **Kommune:** Åfjord (1630) **Borhull 2 (97)**
UTM Sone: 32 **ØV-kordinater:** 560390.00 **NS-kordinater:** 7093320.00 **Høyde over havet:** 7 meter

Oppdragsgivers navn: Åfjord kommune

Borefirma: Norges geologiske undersøkelse **Boredato:** 21.10.1997 **Borerens navn:** Ø. Jæger

Boredyp (målt fra overflaten): 12.20 m **Dyp til fjell (målt fra overflaten):** 12.20 m **Høyde av rørtopp (over havnivå):** m **Høyde av rørtopp (over bakkenivå):** m

Ved prøvepumping, angi prøvepumpingsmetode: **Pumpe** **Brønnrørmateriale:** Damprør

Vannstand ved endt boring (målt fra rørtopp): 1.90 m **Vannstand ved endt boring (målt fra overflaten):** m **Målt dato:** 21.10.1997

Fra (m)	TH (m)	Løsmasseprofil	Vanntrykk	Boreslamfarge	Vannuttak (l/s)	Temperatur (°C)	Pumpeid (min)	Vannprøve?	Jordprøve?	Prøvetakingsmetode	Merknader
0.00	1.00	Sand									
1.00	2.00	Grusig sand									
2.00	4.00	Siltig sand							Ja	Spyting (S)	
4.00	5.00	Sand									
5.00	6.00	Sand			1.50	6.3	15	Ja	Ja	Pumping (P)	
6.00	7.00	Sand									
7.00	8.00	Grusig sand			0.30	6.8		Ja	Ja	Pumping (P)	
8.00	9.00	Sand									
9.00	10.00	Grusig sand			1.70	5.7	15	Ja	Ja	Pumping (P)	
10.00	10.50	Grusig sand									
10.50	11.50	Grusig sand			0.40	6.4	15	Ja			
11.50	12.20	Morene									Antatt fjell på 12.2 m

Merknad:

Andre

opplysninger: Boret med pioner slagbormaskin, merket borhull 3(97)

Utfyllingsdato: 11.12.1997 **Ansvarlig signatur:** Bernt Olav Hilmo

Hilmo, Bernt Olav

Norges geologiske undersøkelse

Brønn-ID: 22 **Type brønn:** Undersøkelsesbrønn **Fylke:** Sør-Trøndelag **Kommune:** Åfjord (1630) **Borhull 3 (97)**
UTM Sone: 32 **ØV-kordinater:** 560410.00 **NS-kordinater:** 7093330.00 **Høyde over havet:** 7 meter

Oppdragsgivers navn: Åfjord kommune

Borefirma: Norges geologiske undersøkelse

Boredato: 22.10.1997 **Borerens navn:** Ø. Jæger

Boredyp (målt fra overflaten): 8.90 m **Dyp til fjell (målt fra overflaten):** 8.90 m **Høyde av rørtopp (over havnivå):** m **Høyde av rørtopp (over bakkenivå):** m

Ved prøvepumping, angi prøvepumpingsmetode:

Brønnrørmateriale: Dampør

Vannstand ved endt boring (målt fra rørtopp): m **Vannstand ved endt boring (målt fra overflaten):** m **Målt dato:**

Fra (m)	Til (m)	Løsmasseprofil	Vanntrykk	Boreslamfarge	Vannuttak (l/s)	Temperatur (°C)	Pumpetid (min)	Vannprøve?	Jordprøve?	Prøvetakingsmetode	Merknader
0.00	1.00	Siltig sand									stein
1.00	2.00	Grusig sand									
2.00	3.00	Sand									
3.00	4.00	Grusig sand			1.20	7.9	15	Ja	Ja	Pumping (P)	
4.00	5.00	Grusig sand									
5.00	6.00	Sand			0.20	8.2			Ja	Spyling (S)	Mye finsand, dårlig vanngjennomgang
6.00	6.30	Sand									
6.30	7.30	Sand			0.75	6.8					
7.30	8.90	Sand									noe stein, fjell/blokk på 8,9 m

Merknad:

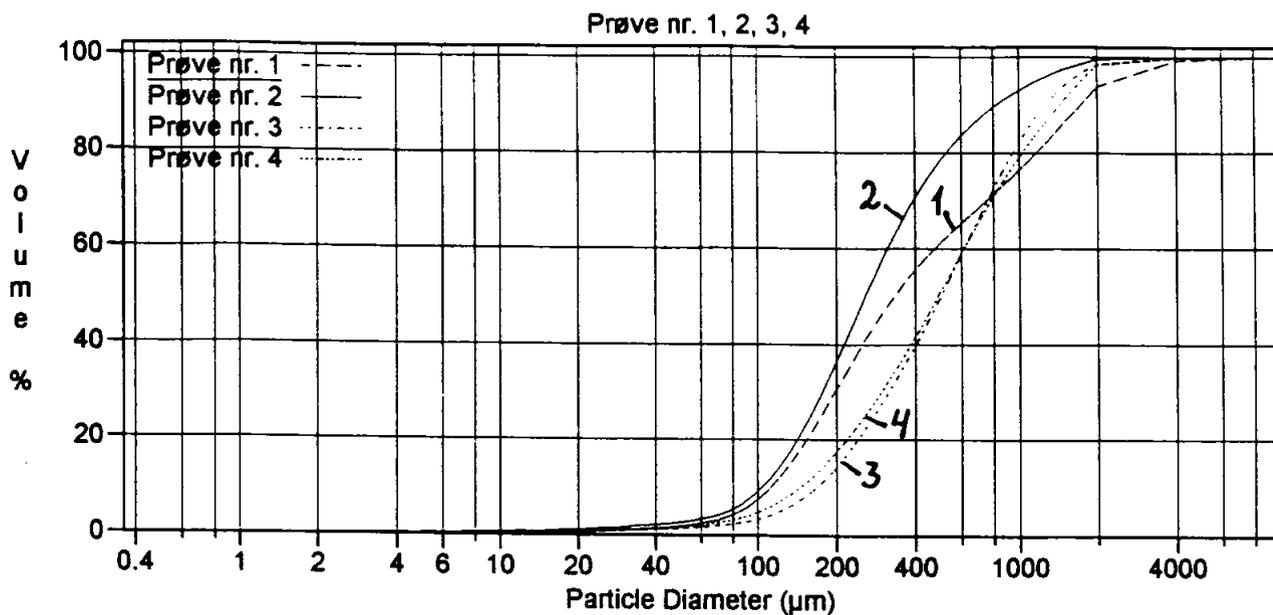
Andre

opplysninger: Boringen ble utført med pioner slagboormaskin, Merket borhull 2 (97)

Utfyllingsdato: 11.12.1997 **Ansvarlig signatur:** Bernt Olav Hilmo

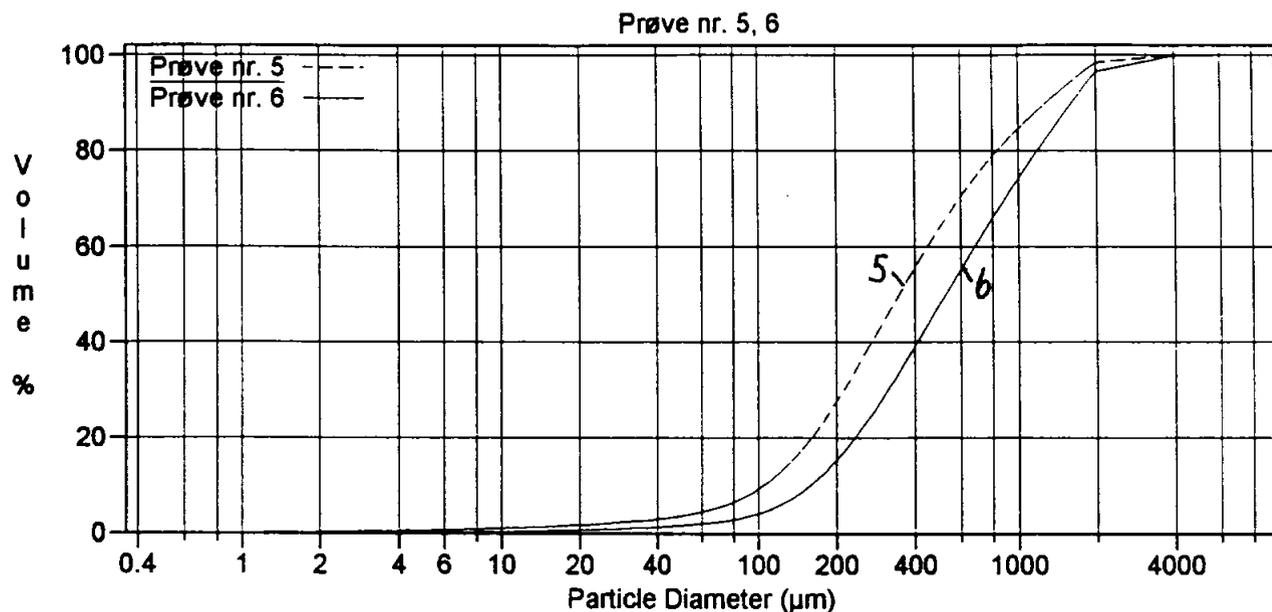


COULTER® LS Particle Size Analyzer



Volume %	1#a.\$02 Particle Diameter µm	2a.\$02 Particle Diameter µm	3a.\$02 Particle Diameter µm	4#a.\$02 Particle Diameter µm
1.000	27.27	17.79	32.35	33.03
2.000	53.45	37.55	70.93	59.60
5.000	84.97	76.07	121.0	101.8
10.00	111.6	103.4	166.3	144.1
15.00	132.9	123.3	203.9	180.7
20.00	153.2	141.1	239.8	217.2
25.00	173.9	158.4	276.2	254.7
40.00	250.3	212.8	400.5	383.2
50.00	330.0	256.5	499.5	486.6
60.00	474.2	313.1	614.7	613.8
70.00	749.5	394.1	756.2	781.3
75.00	940.2	450.1	842.6	892.1
80.00	1163	527.3	945.1	1028
90.00	1725	814.6	1262	1435

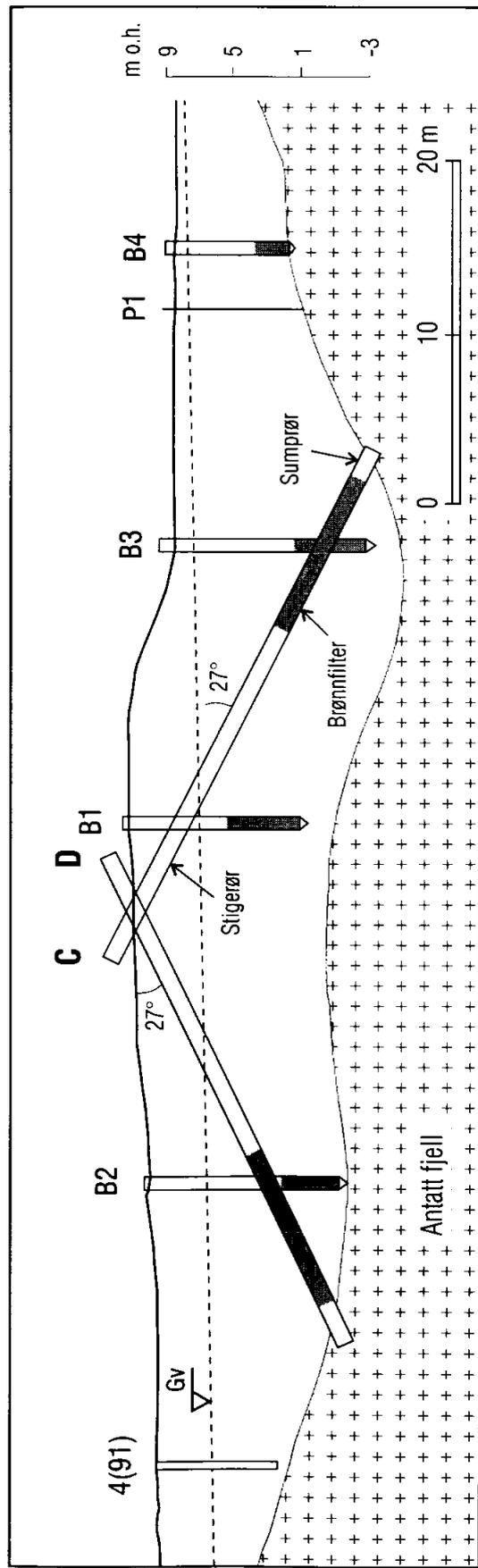
Prøve nr.	Borehull nr	Dyp
1	3	3- 4 m
2	3	5- 6 m
3	3	7- 8 m
4	3	9-10 m



Volume %	5a.\$01 Particle Diameter µm	6a.\$02 Particle Diameter µm
1.000	9.197	29.03
2.000	24.30	59.64
5.000	65.38	110.7
10.00	104.5	157.9
15.00	133.3	196.6
20.00	159.5	234.0
25.00	185.3	272.4
40.00	272.2	407.6
50.00	346.8	526.1
60.00	446.8	680.7
70.00	592.6	890.7
75.00	696.8	1025
80.00	834.4	1188
90.00	1286	1616

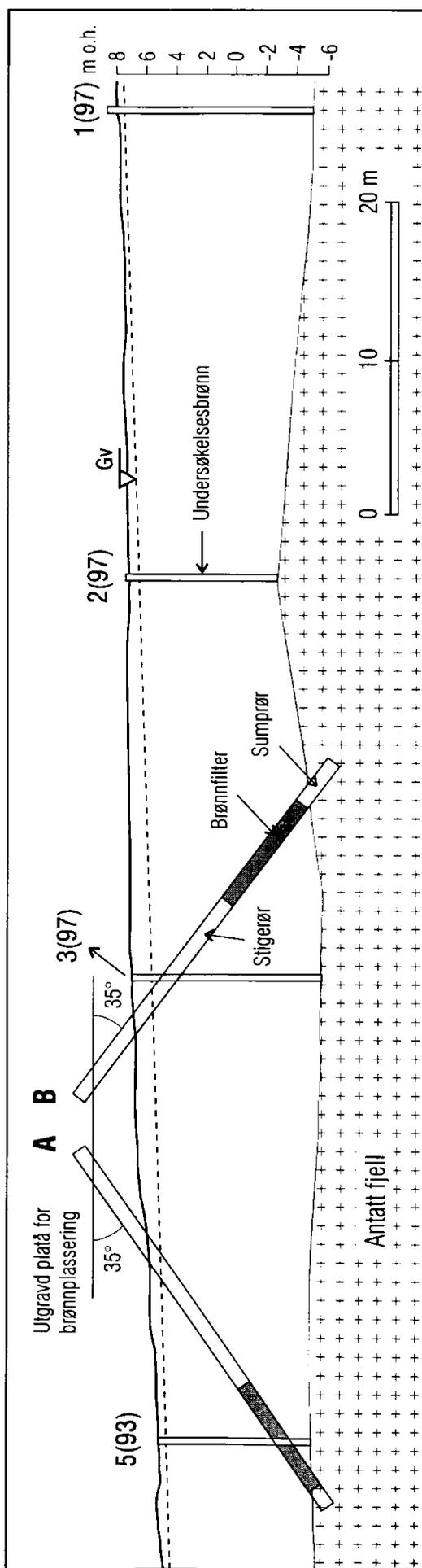
Prøve nr.	Borehull	Dyp
5	2	3- 4 m
6	2	5- 6 m

Forslag på plassering og dimensjonering av produksjonsbrønner C og D ved Elvemo, Åfjord



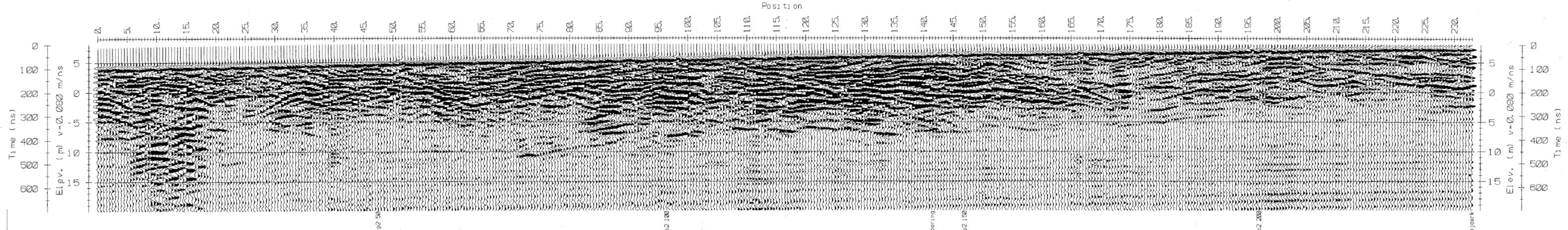
Brønnespesifikasjoner	Brønn C	Brønn D
Filterdimensjon	170 mm	170 mm
Filteråpning	1 mm	1 mm
Filterlengde	10 m	10 m
Stigerør	ca. 20 m	ca. 20 m
Sumprør	2 m	2 m
Total brønnlengde	ca. 32 m	ca. 32 m
Boreretning	27° fall mot ØSØ	27° fall mot SV

Forslag på plassering og dimensjonering av produksjonsbrønner A og B ved Melan, Åfjord

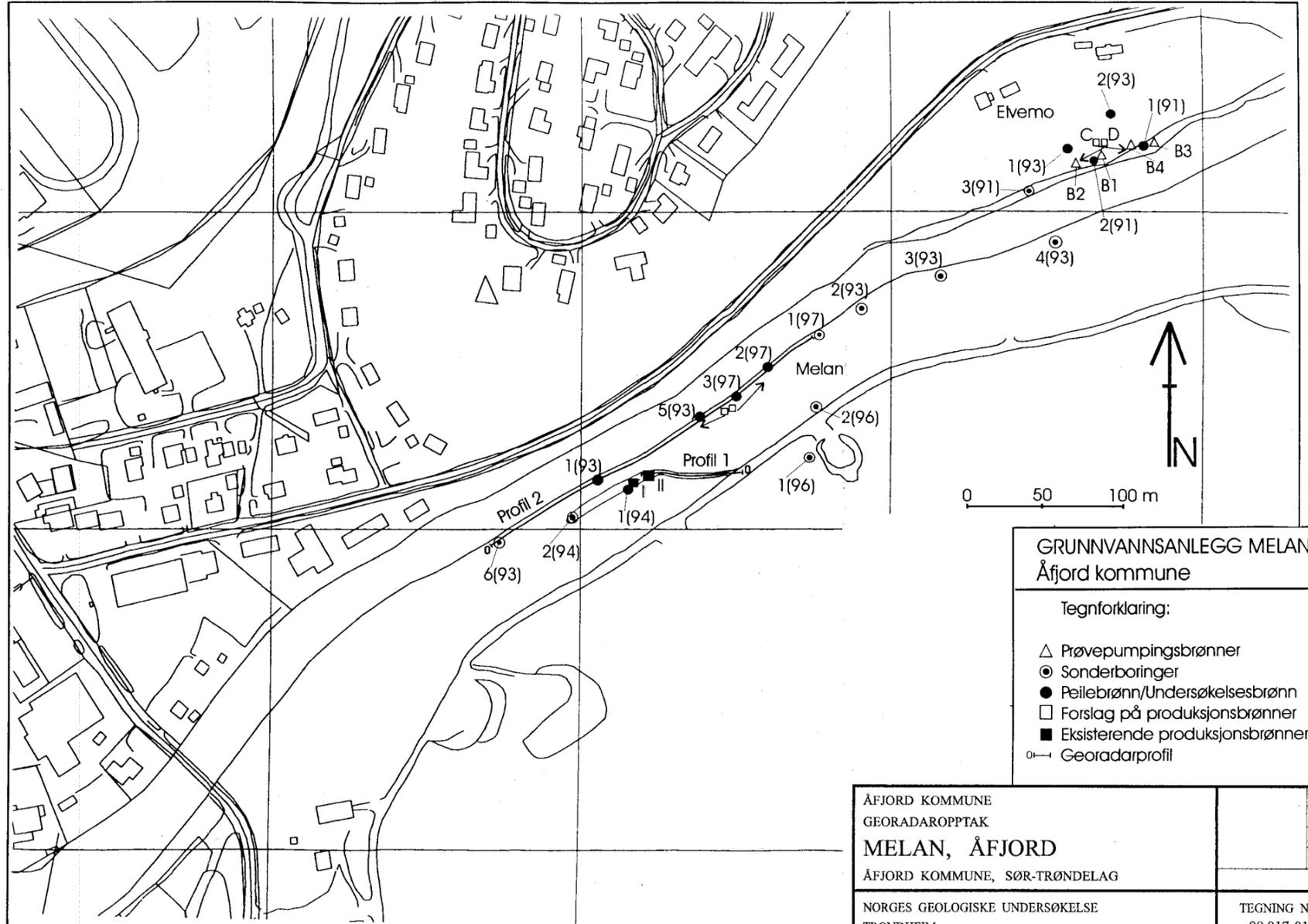
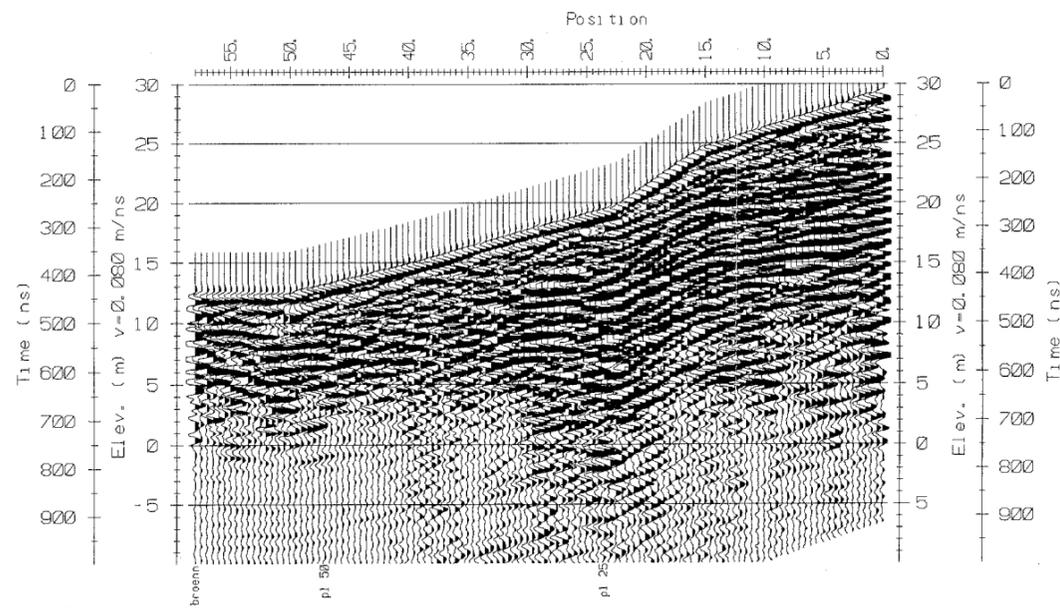


Brønnsesifikasjoner	Brønn A	Brønn B
Filterdimensjon	170 mm	170 mm
Filteråpning	1 mm	1 mm
Filterlengde	8 m	8 m
Stigerør	ca. 18 m	ca. 17 m
Sumprør	2 m	2 m
Total brønnlengde	ca 28 m	ca. 27 m
Boreretning	35° fall mot VSV	27° fall mot NØ

Profil 2



Profil 1



GRUNNVANNSANLEGG MELAN
Åfjord kommune

- Tegnforklaring:
- △ Prøvepumpingsbrønner
 - Sonderboringer
 - Peilebrønn/Undersøksbrønn
 - Forslag på produksjonsbrønner
 - Eksisterende produksjonsbrønner
 - Georadarprofil

Målestokk
(1:2000)

ÅFJORD KOMMUNE
GEORADAROPPTAK
MELAN, ÅFJORD
ÅFJORD KOMMUNE, SØR-TRØNDELAG

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLT HESF	Okt. -97
TEGN HE	Feb. -98
TRAC	
KFR KONF	
TEGNING NR 98.017-01	KARTBLAD NR 1622 IV