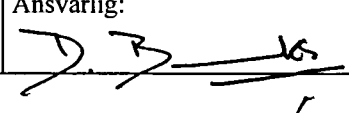


NGU Rapport 97.121

Grunnvannsundersøkelser i Undredal, Aurland
kommune

Rapport nr.: 97.121		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Grunnvannsundersøkelser i Undredal, Aurland kommune				
Forfatter: Bjørn Frengstad		Oppdragsgiver: Aurland kommune og NGU		
Fylke: Sogn og Fjordane		Kommune: Aurland		
Kartblad (M=1:250.000) Årdal		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1416 IV Aurland		
Forekomstens navn og koordinater: Undredal GPS 0397007 6758500 32 V		Sidetall: 21	Pris: 50,-	
Feltarbeid utført: 15.-17. Juli 1997		Rapportdato: 1. oktober 1997	Prosjektnr.: 2713.14	Ansvarlig: 
Sammendrag:				
<p>I samarbeid med Aurland kommune har NGU undersøkt mulighetene for grunnvannsuttak til vannforsyning i Undredal som har et beregnet dimensjonerende forbruk på 1,15 l/s.</p> <p>Det er utført 4 sonderboringer sørvest for skolen på motsatt side av elva for dagens elveinntak. 3 testbrønner ble satt ned for uttak av vann og masseprøver. I de øverste 5,5 m er det grus, stein og blokk som dominerer. Under dette består løsmassene vesentlig av hardt sammenpakket sand og finsand. Det øverste laget har god vanngjennomgang og kapasiteten var 2 l/s i nivå 3,5-4,5 m i borhull 2, men beskyttelsen mot forurensning anses som utilstrekkelig ved vanninntak på så lite dyp.</p> <p>I borhull 4 ble det tatt ut 0,3-0,5 l/s vann pr m slissefilter fra 4,5 til 9,5 m. Det er sannsynlig at en rørbrønn ved borhull 4 med slissefilter fra 6,5 - 10,5 m dyp, vil ha en kapasitet på 2 l/s. Dette er tilstrekkelig for å forsyne Undredal, og et forslag til brønnutforming er gitt.</p> <p>Grunnvannsprøvene i borhull 4 tilfredsstillir drikkevannsforskriftens krav til fysikalsk-kjemiske parametre med unntak av pH og alkalitet. Ioneinnholdet i grunnvannet tyder på liten direktekommunikasjon med ellevannet og dermed god beskyttelse mot tilfeldig forurensning.</p> <p>Det anbefales på grunnlag av testpumpingen og vannanalysene å sette ned en rørbrønn ved borhull 4 for en langtids prøvepumping.</p>				
Emneord: Hydrogeologi	Løsmasse		Grunnvannsforsyning	
Sonderboring	Grunnvannskvalitet			
			Fagrapport	

INNHOLD

1. INNLEDNING	4
2. BORING OG TESTPUMPING	4
2.1 Metodebeskrivelse.....	4
2.2 Resultater.....	4
3 VANNKVALITET	5
3.1 Metodebeskrivelse.....	5
3.2 Resultater.....	5
4 ANBEFALINGER	6
5. REFERANSER	7

TEKSTBILAG

Tekstbilag 1: Hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder.

KARTBILAG

Kartbilag 1: Detaljkart som viser plassering av borpunktene ved Undredal

DATABILAG

Databilag 1.1-4 Borprofiler
Databilag 2. Analyseresultater av fysikalsk-kjemiske parametre
Databilag 3.1-2: Kornfordelingskurver

1. INNLEDNING

Norges geologiske undersøkelse (NGU) har på oppdrag fra Aurland kommune utført grunnvannsundersøkelser i Undredal. Undredal vannverk forsyner idag ca 80 personer og henter vannet direkte fra Undredalselva uten noen form for vannbehandling. Vannverket skal overtas av kommunen og forsyningsområdet skal utvides. Dimensjonerende forbruk er beregnet til 100 m³/d (1,15 l/s) utfra 200 p.e.

Under GiN-kartleggingen (Grunnvann i Norge) (Jæger og Henriksen, 1991) ble vannforsyning basert på uttak av grunnvann vurdert som mulig. Urheim AS (1996) har utarbeidet en tilstandsrapport for Undredal vannverk der bl.a. 3 alternative områder for grunnvannsuttak i løsmasser er foreslått.

Denne grunnvannsundersøkelsen har tatt utgangspunkt i rapporten fra Urheim AS. Feltarbeidet ble utført 15-17. juli 1997. Forsker Bjørn Frengstad har vært ansvarlig. Andre involverte har vært:

Ingeniør Bjørn Iversen
Student Ingar Fossan (NTNU).

Avdelingsingeniør Steve Elgåen har vært kontaktperson i kommunen, og kommunen har bidratt med utlån av sugepumpe.

2. BORING OG TESTPUMPING

2.1 Metodebeskrivelse

Undersøkelingsboringene er utført med en Borros beltegående borerigg. Der sonderboringer indikerte egnede løsmasser for grunnvannsuttak, ble det satt ned en Ø32 mm testbrønn påmontert en meter slissefilter som ble pumpet i forskjellige nivå for kapasitetsvurderinger og prøvetaking av grunnvann og løsmasser.

Tekstbilag 1 gir en mer detaljert beskrivelse av hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder.

2.2 Resultater

Område I ligger sørvest for skolen på motsatt side av elva for dagens elveinntak Vi har utført grunnvannsundersøkelser i den delen av område I som eies av gårds/bruksnummer 51/60 (kartbilag 97.121-01). I resten av område I ga ikke grunneier tillatelse til de foreslåtte undersøkelsene. Område II på nordsiden av Undredalselvas utløp var uaktuelt pga eksisterende arealbruk, mens grunneier ikke ga tillatelse til boringer i område III på sørsiden av Undredalselvas utløp.

Det ble utført 4 Ø57 mm sonderboringer i område I. Løsmassene inneholder endel blokk og stein i de øverste 4-5 m som vanskeliggjorde boringen. Resultatene fra boringene er vist i databilag 1.1-4.

Borhull 1 ble avsluttet på 3,8 m dyp pga blokk. Sonderboring i borhull 2 viste stein og grus ned til 4,5 m dyp der massene ble hardere sammenpakket og mer finkornige. Boringen ble avsluttet på 8,5 m dyp uten at fjell ble nådd. Vanngjennomgangen i massene var relativt god ned til 5,5 m. Grunnvannsspeilet lå 3,20 m under markoverflaten og ca 0,2 m under elvenivået. Pumping av Ø32 mm testbrønn med 3-5 mm slissefilter over 1 m lengde ga vannmengden 2 l/s i nivå 3,5 - 4,5 m. Under dette nivået ble massene finere og tettere og vannmengden ved testpumping i nivå 4,5 - 5,5 m og 5,5-6,5 var 0,25 l/s. Kornfordelingskurvene i databilag 3 viser også at masseprøvene har minkende andel grus og økende andel finsand og silt mot dypet.

Borhull 3 er plassert 11,7 m rett øst i forhold til borhull 2. Sonderboringen indikerte brukbare forhold ned til 5,5 m, men vannmengdene ved testpumping i nivåene 4,5-5,5 m og 5,5-6,5 var svært små. Grunnvannsspeilet lå her på nivå 4,10 m.

Borhull 4 står 17 m nordøst for borhull 2. Her er boret helt ned til antatt fjell på 17,0 m. Også her er det grus og stein i de øverste 5,5 m og deretter hardere sammenpakket sand og finsand mot dypet. Testpumping i 4 nivåer mellom 4,5 og 9,5 m ga vannmengder mellom 0,3 og 0,5 l/s pr m slissefilter.

3 VANNKVALITET

3.1 Metodebeskrivelse

500 ml ufiltrerte prøver ble tatt for analyse av pH, ledningsevne, alkalitet, fargetall og turbiditet. 100 ml-prøver ble filtrert på 0,45 µm filter for analyse av anioner ved ionekromatografi. 100 ml-prøver ble filtrert på 0,45 µm filter og umiddelbart surgjort med salpetersyre for bestemmelse av kationkonsentrasjoner ved ICP-AES analyser. Tekstbilag 1 gir en mer detaljert beskrivelse av hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder.

3.2 Resultater

Det ble tatt vannprøver for fysikalsk-kjemiske analyser i nivå 3,5-4,5 og 4,5-5,5 m i borhull 2 og i nivå 6,5-7,5 og 8,5-9,5 m i borhull 4. I tillegg ble det tatt prøver av vannet i Undredalselva for sammenlikning. Resultatene er vist i databilag 2.

Vannprøvene fra borehull 2 har høyt fargetall, og samtlige grunnvannsprøver har høy turbiditet. Dette skyldes sannsynligvis slam i sedimentene og verdiene forventes å gå ned etter en tids pumping. De høye jern- og aluminiumverdiene i nivå 4,5-5,5 i borhull 2 skyldes også sannsynligvis partikler som er blitt med i prøven. pH og alkalitet ligger under veiledende verdier, noe som er typisk for gneisområdene i fylket. Forøvrig tilfredsstillende vannet drikkevannsforskriftenes krav til fysikalsk-kjemiske parametre.

4 ANBEFALINGER

Det bør settes ned en rørbrønn med plass til en 4" senkpumpe ved borhull 4.

Vi har følgende forslag til brønnutføring:

Materiale:	Rustfritt stål
Dimensjon:	Ø 150 mm
Total dybde:	13,5 m
Filterplassering:	6,5-10,5 m
Filtertype:	Con slot
Filteråpning:	0,7 mm
Pumpeplassering:	10,5-12,5 m
Antatt max. kap:	2 l/s

Målene er angitt fra markoverflaten.

På grunn av stor andel finsand og sterk kompaktering av sedimentene, må en regne med lang tid for filtertiltekkning.

Ut fra vannanalysene for kortids testpumping anbefales lufting, pH-heving og alkalisering av vannet før det leveres forbruker. I dette tilfellet hvor grunnvannet i utgangspunktet har så lavt innhold av kalsium, kan et kalksteinsfilter med fordel benyttes til alkalisering og pH-heving.

Sammenlikning mellom ione-innholdet i grunnvannet i borhull 4 og elvevannet tyder på liten direktekommunikasjon mellom elva og grunnvannet på litt dyp. Dette kan imidlertid endre seg etter en tids pumping som følge av utvasking av finstoff og kanaldannelse. Vannverket bør derfor ha anlegg for desinfisering i reserve med tanke på akutt forurensning eller forurensning av forekomsten over tid.

Det bør gjennomføres en langtidsprøvepumping med jevnlig kontroll av grunnvannsstand, uttaksmengde og vannkvalitet både med hensyn til fysikalsk-kjemiske og mikrobiologiske parametre. Perioden bør vare minst 3 måneder og helst et helt år, slik at eventuelle årstidsvariasjoner kan kontrolleres.

5. REFERANSER

Jæger, Ø. & Henriksen, H., 1991: Grunnvann i Aurland kommune. NGU-rapport 91.070.

Urheim AS, 1996: Rapport 06.12.96. Undredal Vassverk. Aurland kommune. 17 s

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

c) Tolkning

De forskjellige nivåenes vanngiverevne, vanngjennomgangen i massene og senkningen av grunnvannsstanden under testpumping blir brukt til en helhetlig vurdering av grunnvannsmagasinet'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 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 skrånbrønner, opptil 45° fra loddlinjen. Vanligvis blir det boret til 60-150 m dyp, men boringen kan bli avsluttet før på grunn av fare for innrasing i hullet (løst fjell) eller på grunn av klare indikasjoner på tilstrekkelige vannmengder på mindre dyp.

b) Dataregistrering

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

c) Tolkning

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

5 TESTPUMPINGER AV FJELLBRØNNER

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

6 FULLSKALA, LANGTIDS PRØVEPUMPING

a) Metodikk

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

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

Brønntype	Pumpetype	Pumperate	Grunnvannsstand under pumping	Produksjonsbrønn
Ø50-100 mm damprør med opplisset 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 opplisset rør. Det er viktig at disse brønnene blir satt ned i samme nivå som filteret på prøvebrønnen eller i et nivå med god hydraulisk kommunikasjon til prøvebrønnen. Opp-pumpet grunnvann blir ledet bort fra brønnens influensområde eller til et vassdrag med mye større vannføring enn pumperaten for å unngå reinfiltrasjon og tilbakestrømning til pumpebrønnen.

b) Dataregistrering

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

c) Tolkning

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

d) Langtids prøvepumping av fjellbrønner

Langtids prøvepumping av fjellbrønner skjer stort sett etter de samme prinsipper som prøvepumping av løsmassebrønner. Pumpeperioden bør være minst tre måneder. Pumpa bør dimensjoneres ut fra kapasiteten funnet ved testpumping 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 tilslaget av grunnvann til brønnen. Utløpsledningen føres såpass langt bort fra brønnen at det ikke kan skje reinfiltrasjon av opp-pumpet vann langs brønnrøret eller i nærliggende fjellsprekker som står i hydraulisk kontakt med grunnvannsmagasinet. Under pumpeperioden tas det vannprøver til både fysikalsk-kjemiske og bakteriologiske analyser minimum en gang pr. måned.

7 VANNPRØVETAKING

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

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

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

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

8 FELTANALYSER

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

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

9 LABORATORIEUNDERSØKELSER

I forbindelse med grunnvannsundersøkelser blir det ved NGU's laboratorium utført kornfordelingsanalyser av masseprøver og fysikalsk-kjemiske analyser av grunnvannsprøver. Kornfordelingen er bestemt ved tørrsikting 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, ± 0.004 mS/m i måleområdet 0.004-0.2 mS/m og ± 0.003 mS/m i måleområdet < 0.004 mS/m.

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

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

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

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

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

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

Tabell 2: Nedre bestemmelsesgrense og analyseusikkerhet for analyserte kationer.

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

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

Tabell 3: Nedre bestemmelsesgrense for analyserte anioner

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

Analyseusikkerheten er 10 % rel. for alle ionene.

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

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

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

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

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

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

LITTERATUR

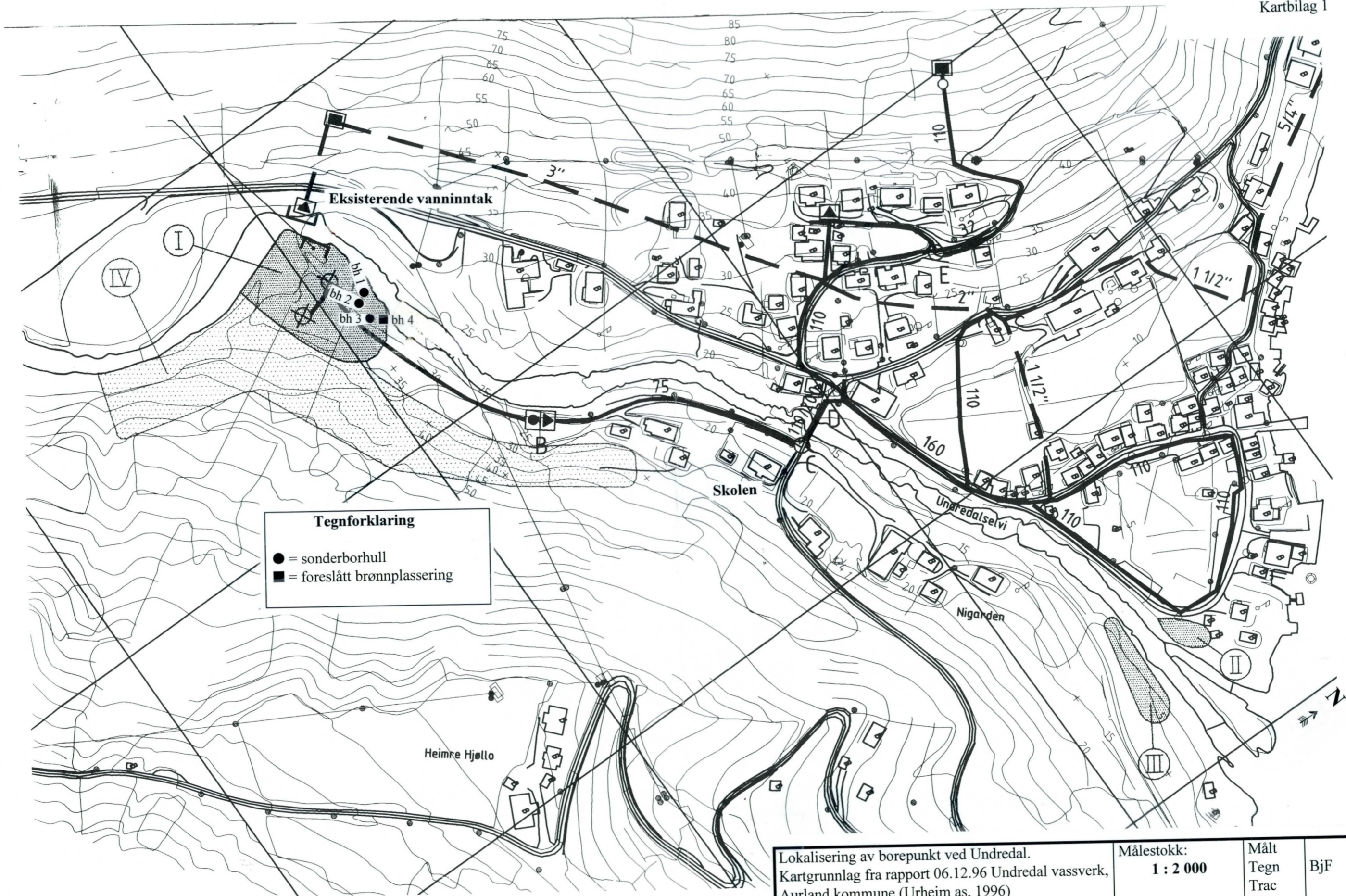
Sosial- og helsedepartementet, 1995: Forskrifter om vannforsyning og drikkevann m.m.

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

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

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

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



Tegnforklaring

- = sonderborhull
- = foreslått brønnplassering

Lokalisering av borepunkt ved Undredal. Kartgrunnlag fra rapport 06.12.96 Undredal vassverk, Aurland kommune (Urheim as, 1996)	Målestokk: 1 : 2 000	Målt Tegn Trac KFR	BjF
	Norges geologiske undersøkelse Trondheim	Tegning nr. 97.121-01	Kartblad nr.

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Undredal, Aurland kommune

UTFØRT DATO: 15.07.97

BORPUNKT NR: 1

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: 57 mm **UNDERSØKELSEBRØNN:** -

UTM-KOORDINATER: 969 586 **SONE:** 32V **Ø-V:** 0397007 **N-S:** 6758500

KARTBLAD (M711): 1416 IV

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 28 m

BRØNN-/FILTERTYPE:

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD:

Dyp	Materialtype	Borsynk	Slag	Vann-trykk	Boreslam	Temp.	P.tid for prøve taking	Vann-føring	Merknad
[m]		[min/m]		[kg]		[°C]	[min]	[l/s]	
1,5	Grus, stein		DS	-	Borte				
	Grus, stein	2,00	S	-	Borte				
3,5	Grus, stein	3,10	S	-	Borte				
	Blokk/Fjell? Fra 3,80								
5,5									
7,5									
9,5									
11,5									
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [μ S/cm]

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Undredal, Aurland kommune

UTFØRT DATO: 15.07.97

BORPUNKT NR: 2

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: 57 mm **UNDERSØKELSESRØNN:** X

UTM-KOORDINATER: 969 586 **SONE:** 32V **Ø-V:** 0397007 **N-S:** 6758500

KARTBLAD (M711): 1416 IV

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 28 m

BRØNN-/FILTERTYPE:

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 3,20, Noe lavere enn elvenivået

MERKNAD: 3 m sør for borhull 1..

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		DS	-	Borte				
	Stein, grus	1,45	S	-	Borte				
3,5	Stein, grus	2,40	S	-	Borte				
	Stein, grus	1,30	S		Borte	6,1		2	MP + VP, L = 14,0
5,5	Stein, grus, sand	2,30	S		Borte	9,2		0,16	MP + VP, L = 19,8
	Moreneaktig	3,30	S	5-15	Borte	9,0		0,25	L = 24,0
7,5	Moreneaktig	6,15	S	10-15	Borte				
	Tette fine masser	7,00		5	Borte				
9,5	Avsluttet uten fjell								
11,5									
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [µS/cm]

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Undredal, Aurland kommune

UTFØRT DATO: 15.07.97

BORPUNKT NR: 3

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: 57 mm UNDERSØKELSESRØNN: X

UTM-KOORDINATER: 969 586 SONE: 32V Ø-V: 0397007 N-S: 6758500

KARTBLAD (M711): 1416 IV

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 30 m

BRØNN-/FILTERTYPE:

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 4,10

MERKNAD: 11,65 m rett øst for borhull 2

Dyp	Materialtype	Borsynk	Slag	Vanntrykk	Boreslam	Temp.	P.tid før prøve taking	Vannføring	Merknad
[m]		[min/m]		[kg]		[°C]	[min]	[l/s]	
1,5	Sand, grus, stein		DS	-	Borte				
	Sand, stein, grus	1,40	DS	-	Borte				
3,5	Grus, stein, sand	1,35	DS	-	Borte				
	Grus, sand, stein	3,05	S		Borte				
5,5	Blokk, stein	5,55	S		Borte			0	Moderat vanngj. Lavt GV-speil.
	Hardpakket sand	3,40	S	5-10	Borte			0,16	L = 17
7,5	Hardpakket sand	4,45	S	15-20	Borte				
	Avsluttet uten fjell								
9,5									
11,5									Blokk fra 4,4 til 4,8 m. Flyttet 1 m og boret opp på ny
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

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

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Undredal, Aurland kommune

UTFØRT DATO: 16.07.97

BORPUNKT NR: 4

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: 57 mm **UNDERSØKELSESRØNN:** X

UTM-KOORDINATER: 969 586 **SONE:** 32V **Ø-V:** 0397007 **N-S:** 6758500

KARTBLAD (M711): 1416 IV

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 28 m

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

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 3,62

MERKNAD: 17 m NØ for borhull 1

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		DS	-	Borte				
3,5	Stein, grus, sand	2,00	DS	-	Borte				
	Grus, sand, stein	1,35	DS	-	Borte				
5,5	Grus, sand, stein	2,55	S	0-5	Borte				
	Grus, sand, stein	2,20	S	0-5	Borte	7,3		0,3	MP, L = 32,6
7,5	Tettere masser	2,50	S	5-10	Borte				
	Sand, finsand	2,55	S	3-8	Borte	6,4	20	0,3	MP + VP, L = 39,6
9,5	Grus, stein, sand	1,40	S	0-8	Borte	6,9		0,4	MP, L = 38
	Sand, finsand, hardt	5,00	S	5-10	Borte	6,7		0,5	MP + VP, L = 40,7
11,5	Sand, finsand, hardt	3,30	S	0-5	Borte				
	Sand, finsand, hardt	3,40	S	0-5	Borte			0,05	
13,5	Sand, noe grovere	2,10	S	-	Borte				
	Sand, finsand	3,55	S	-	Borte			0	Testpumpet. Tette masser.
15,5	Sand, finsand	3,25	S	-	Borte				
	Sand, finsand	5,00	S	-	Borte				Mer finsand
17,5	Fjell fra 17,0	2,40	S		Borte				
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [µS/cm]

VANNANALYSER

FYLKE: Sogn og Fjordane

KART (M711): 1416 IV

KOMMUNE: Aurland

PRØVESTED: Undredal

OPPDRAKSNUMMER: 1997.0185

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	Borhull 2	Borhull 2	Elv	Borhull 4	Borhull 4							Veiledende verdi	Største tillatte konsentrasjon
Dato	15.07.97	15.07.97	16.07.97	16.07.97	17.07.97								
Brønntype	Løsmasse	Løsmasse		Løsmasse	Løsmasse								
Prøvedyp m	3,5-4,5	4,5-5,5		6,5-7,5	8,5-9,5								
Brønndimensjon mm	32	32		32	32								
X-koordinat Sone:	0397007	0397007		0397007	0397007								
Y-koordinat Sone:	6758500	6758500		6758500	6758500								
Fysisk/kjemisk													
Surhetsgrad, felt/lab pH		6,28		6,69		6,28		6,44		6,61		7,5-8,5	6,5-8,5 ²
Ledningsevne, felt/lab $\mu\text{S}/\text{cm}$	14,0	13,3	19,8	20,6	6,7	6,6	39,6	37,8	40,7	38,5		< 400	
Temperatur $^{\circ}\text{C}$		6,1		9,2		6,9		6,4		6,7		< 12	25
Alkalitet mmol/l		0,05		0,09		<0,04		0,10		0,11		0,6-1,0 ²	
Fargetall mg Pt/l		15,3		34,4		6,4		3,3		2		< 1	20
Turbiditet F.T.U		6,8		120		0,12		8,4		2,6		< 0,4	4
Oppløst oksygen mg O ₂ /l												> ca 9	
Fritt karbondioksid mg CO ₂ /l												< 5 ²	
Redoks.potensial, E _h mV													
Anioner													
Fluorid mg F/l		<0,05		<0,05		<0,05		<0,05		<0,05			1,5
Klorid mg Cl/l		0,721		0,996		0,558		2,56		2,60		< 25	
Nitritt mg NO ₂ /l		<0,05		<0,05		<0,05		<0,05		<0,05			0,16
Brom mg Br/l		<0,1		<0,1		<0,1		<0,1		<0,1			
Nitrat mg NO ₃ /l		0,662		0,953		0,301		4,69		5,17			44
Fosfat mg PO ₄ /l		<0,2		<0,2		<0,2		<0,2		<0,2			
Sulfat mg SO ₄ /l		1,41		2,05		0,912		3,28		2,79		< 25	100
Sum anioner+alkalitet meq/l		0,11		0,19		0,09		0,33		0,34			
Kationer													
Silisium mg Si/l		1,0		1,9		0,296		3,1		3,2			
Aluminium mg Al/l		0,122		0,281		0,026		0,029		<0,020		< 0,05	0,2
Jern mg Fe/l		0,070		0,229		<0,010		0,032		0,023		< 0,05	0,2
Magnesium mg Mg/l		0,232		0,385		0,085		0,743		0,728			20
Kalsium mg Ca/l		0,935		1,1		0,429		3,0		3,2		15-25 ²	
Natrium mg Na/l		0,839		1,4		0,478		1,9		2,0		< 20	150
Kalium mg K/l		0,742		1,4		<0,5		1,1		1,1		< 10	12
Mangan mg Mn/l		0,002		0,014		<0,001		0,005		0,012		< 0,02	0,05
Kobber mg Cu/l		<0,005		<0,005		<0,005		<0,005		<0,005		< 0,1	0,3
Sink mg Zn/l		0,005		0,003		<0,002		0,002		0,007		< 0,1	0,3
Bly mg Pb/l		<0,05		<0,05		<0,05		<0,05		<0,05			0,02
Nikkel mg Ni/l		<0,02		<0,02		<0,02		<0,02		<0,02			0,05
Kadmium mg Cd/l		<0,005		<0,005		<0,005		<0,005		<0,005			0,005
Krom mg Cr/l		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01			0,05
Sølv mg Ag/l		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01			0,01
Sum kationer ³ meq/l		0,12		0,18		0,06		0,32		0,34			
Ionebalanseavvik ⁴ %		4		- 3		- 20		- 2		0			

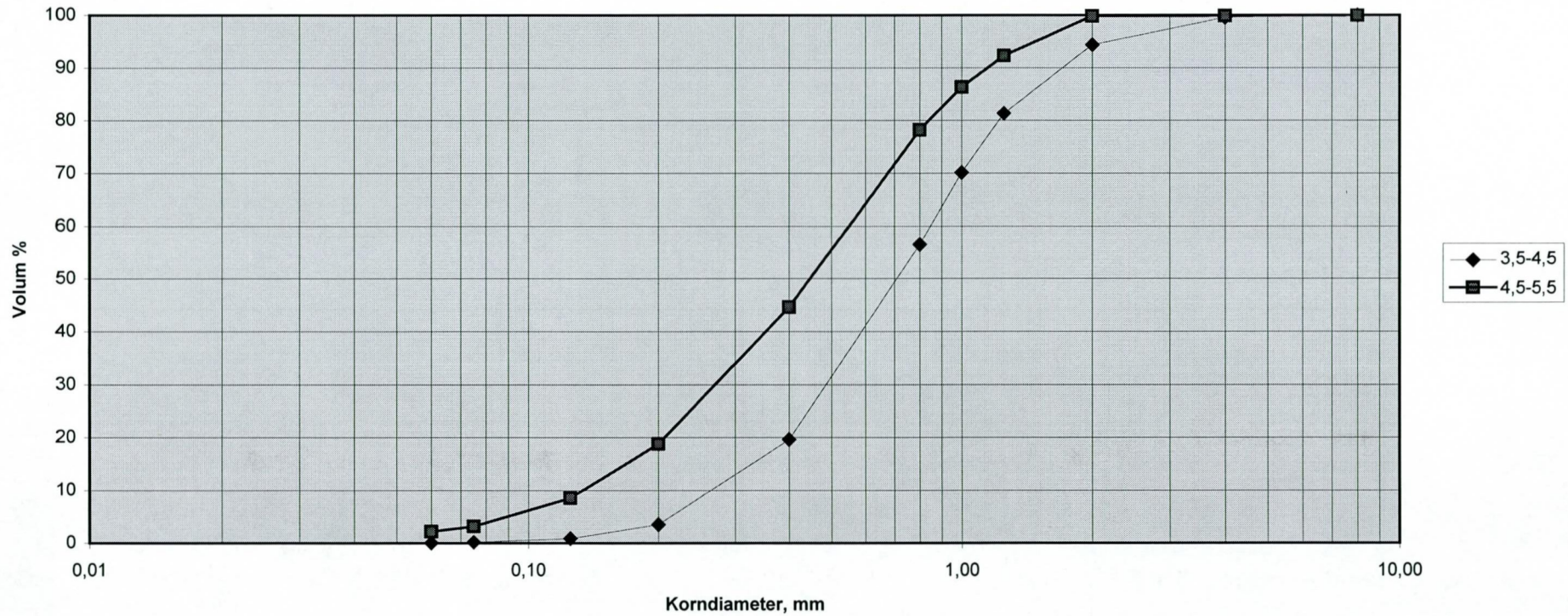
1. Det Kgl. Sosial- og helsedepartement: Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m (1995).

2. Vannet bør ikke være aggressivt.

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

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

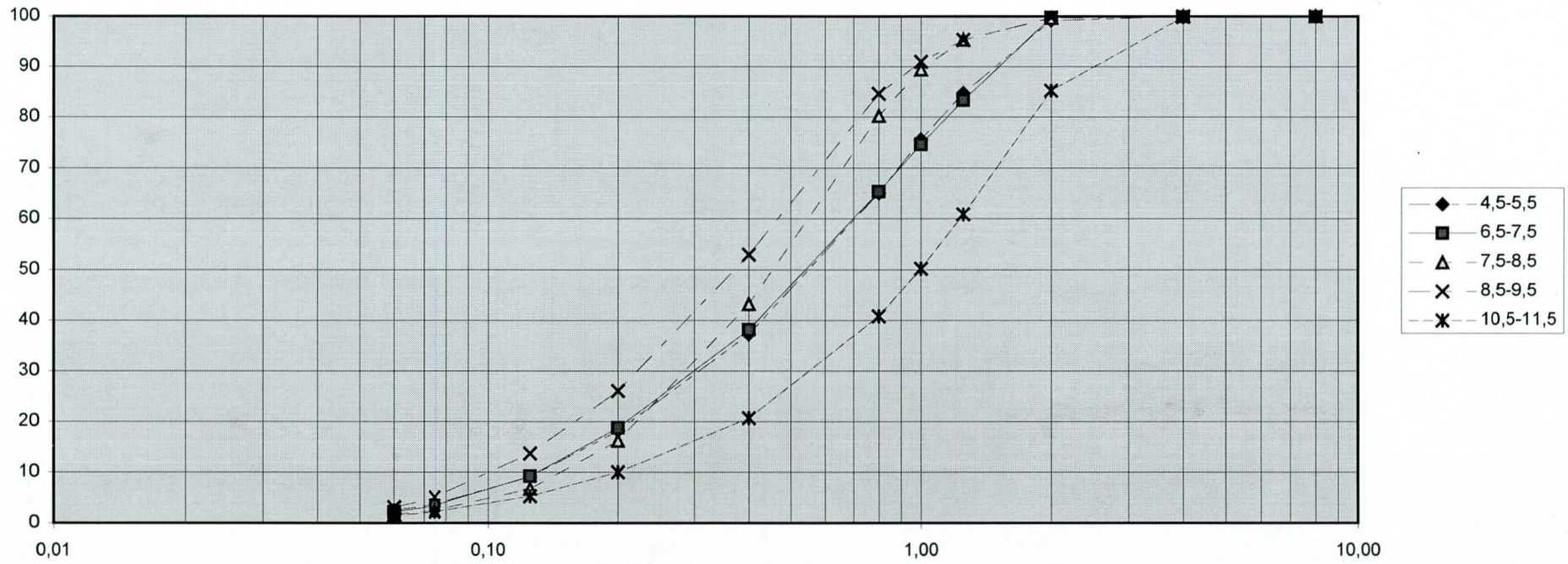
Borhull 2



Sted	Borhull	Dyp (m)	M _d (mm)	d ₁₀ (mm)	d ₆₀ (mm)	C _u (d ₆₀ /d ₁₀)	E(C _u)	k (m/s)
Undredal	2	3,5-4,5	0,56	0,25	0,83	3,32	16,0	1,00E-03
Undredal	2	4,5-5,5	0,9	0,13	0,44	3,38	15,8	2,67E-04

M_d er midlere kornstørrelse. k er hydraulisk ledningsevne utledet av d₁₀ og C_u

Borhull 4



Sted	Borhull	Dyp (m)	M _d (mm)	d ₁₀ (mm)	d ₆₀ (mm)	C _u (d ₆₀ /d ₁₀)	E(C _u)	k (m/s)
Undredal	4	4,5-5,5	0,69	0,11	0,70	6,36	12,8	1,55E-04
Undredal	4	6,5-7,5	0,69	0,11	0,70	6,36	12,8	1,55E-04
Undredal	4	7,5-8,5	0,54	0,12	0,53	4,42	15,1	2,17E-04
Undredal	4	8,5-9,5	0,47	0,10	0,44	4,40	15,1	1,51E-04
Undredal	4	10,5-11,5	1,18	0,20	1,01	5,05	14,0	5,60E-04