

NGU Rapport 96.009

Oppfølgende grunnvannsundersøkelser i
Gudå, Meråker kommune

Rapport nr. 96.009		ISSN 0800-3416	Gradering: åpen	
Tittel: Oppfølgende grunnvannsundersøkelser i Gudå, Meråker kommune.				
Forfatter: Bernt Olav Hilmo		Oppdragsgiver: Meråker kommune og NGU		
Fylke: Nord-Trøndelag		Kommune: Meråker		
Kartbladnavn (M=1:250.000) Trondheim		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1721-IV Flornes		
Forekomstens navn og koordinater: Gudå		Sidetall: 32	Pris: 50	
Feltarbeid utført: nov. 94-okt. 95		Rapportdato: 30.01.1996	Prosjektnr.: 63.2509.60	Ansvarlig: GALTE STORVÆP
<p>Sammendrag:</p> <p>Rapporten gir en oppsummering av resultatene fra grunnvannsundersøkelser i Gudå i perioden 1994-1995. Ved en tidligere prøvepumping fikk grunnvannet alt for høye konsentrasjoner av jern og mangan. Formålet med disse undersøkelsene var derfor å finne en brønnplassering der grunnvannet har lavere innhold av jern og mangan. Det ble innledningsvis foretatt fire sonderboringer med enkle testpumper for kapasitetsvurderinger og vannprøvetaking. Tre av disse viste gode muligheter for grunnvannsuttak, men alle vannprøvene unntatt en hadde for høye konsentrasjoner av jern og/eller mangan.</p> <p>På grunnlag av de innledende undersøkene ble det satt ned en Ø50 mm brønn med filter fra 5.0-6.75 m under overflaten. Brønnen ble prøvepumpet i ca. 4 mnd. med en kapasitet på 2 l/s som tilsvarer vannbehovet til Gudå v.v. På grunnlag av svært liten senkning av grunnvannsnivået under prøvepumpingen og resultatet fra tidligere prøvepumping kan det antas at magasinets potensiale for grunnvannsuttak er min. 30 l/sek.</p> <p>Alle analyserte bakteriologiske, fysiske og kjemiske parametere, unntatt mangan tilfredsstiller kravene til drikkevann. Ved utbygging av denne grunnvannsforekomsten vil det derfor være nødvendig med et rensetrinn for manganfjerning.</p> <p>Et permanent grunnvannsuttak vil ikke medføre arealrestriksjoner som gir vesentlige endringer i forhold til dagens arealbruk av området.</p>				
Emneord: Hydrogeologi		Grunnvannsforsyning	Sonderboring	
Prøvepumping		Grunnvannskvalitet	Ressurskartlegging	
Løsmasse			Fagrapport	

INNHALDSFORTEGNELSE

KONKLUSJON.....	4
1 INNLEDNING.....	5
2 METODEBESKRIVELSE.....	5
3 INNLEDENDE UNDERSØKELSER.....	6
4 PRØVEPUMPING.....	7
4.1 Hydrauliske parametere og kapasitet.....	7
4.2 Grunnvannskvalitet.....	8
4.3 Forurensningstrusler og forslag på klausulering.....	11
REFERANSER	12
KARTBILAG.....	12
TEKSTBILAG.....	12
DATABILAG.....	12

KONKLUSJON

Grunnvannsundersøkelser i en brelvavsetning ved Kastet i Gudå i 1992 og 1995 har avdekket en stor grunnvannsressurs. Det er registrert sand og grus med god vanngjennomgang ned til mer enn 20 m dyp. I perioden 21.06 til 20.10 1995 er det pumpet ca. 2 l/s fra en Ø50 mm brønn med filter i nivå 5.0 til 6.75 m under overflaten. Denne vannmengden tilsvarer omtrent områdetets vannbehov. Prøvepumpingen resulterte i svært liten senkning av grunnvannsspeilet, slik at det er mulig å ta ut langt større vannmengder (min. 30 l/s).

Grunnvannet har god hygienisk og fysisk kvalitet. Den kjemiske kvaliteten er preget av for høyt innhold av mangan (0.2-0.5 mg/l) i forhold til kravene i Drikkevannsforskriften (0,05 mg/l). Ellers er også den kjemiske vannkvaliteten god. Eneste nødvendige vannbehandling foruten lufting, blir dermed manganfjerning.

Ved en eventuell utbygging må området rundt brønnen klausuleres, men det vil ikke medføre vesentlige endringer i forhold til dagens arealbruk av området.

1 INNLEDNING

Meråker kommune har ønsket en vurdering av mulighetene for grunnvannsuttak i Gudå (kartbilag 1). Vannbehovet for Gudå v.v. er ca. 2 l/s. En ny vannkilde i Gudå kan også være aktuell som reservevannkilde for Meråker v.v., og da blir vannbehovet 10-15 l/s.

En løsmasseavsetning ved Kastet er tidligere undersøkt av Buan (1984) og Norges geologiske undersøkelse (NGU). NGU gjennomførte i 1992-93 fem sonderboringer med enkle testpumper og en langtids prøvepumping av en Ø76 mm prøvebrønn (kartbilag 2.1) Disse undersøkelsene viste at grunnvannsmagasinet totale kapasitet er mye større enn 15 l/s som var pumperaten under prøvepumping (min. 30 l/s). Det opp-pumpede grunnvannet hadde alt for høyt innhold av jern og mangan, men ellers var vannkvaliteten god (Hilmo, 1994).

På grunn av grunnvannets høye konsentrasjoner av jern og mangan vedtok kommunen etter anbefaling fra NGU å gjennomføre flere undersøkelsesboringer. Hensikten var å finne en gunstigere brønnplassering med hensyn på innhold av jern og mangan.

Fire sonderboringer med enkle testpumper for kapasitetsvurdering og prøvetaking ble gjort i november 1994 og mai 1995. På grunnlag av disse resultatene ble det utført en langtids prøvepumping i tidsrommet juni-oktober 1995. Forsker Bernt Olav Hilmo har vært ansvarlig for arbeidet. Andre involverte var:

Bjørn Iversen (løsmasseboringer)
Eilif Danielsen (løsmasseboringer)
Arne Reite (feltbefaring)
Helge Hugdahl (igangsetting av prøvepumping)

Avd. ing. Sturla Jackobsen har vært kommunens kontaktperson. Kommunen har sørget for framlegging av strøm til prøvepumping, innhentet boretillatelse fra grunneiere og hatt ansvaret for overvåkning og prøvetaking under prøvepumpingsperioden.

2 METODEBESKRIVELSE

Borpunktene ble plassert ut fra resultatene av tidligere undersøkelser og en ny feltbefaring foretatt sammen med kvartærgeolog A. Reite NGU og avd. ing. S. Jackobsen, Meråker kommune.

I hvert sonderhull ble det satt ned Ø32 mm testbrønner med en meter filter som ble pumpet i forskjellige nivå. Metoden står beskrevet i tekstbilag 1. Ut fra resultatene fra de innledende undersøkelsene og i samråd med kommunen, ble det besluttet å gjennomføre en langtids prøvepumping ved avkjørselen til hoppbakken, mellom Kastet og elva (kartbilag 2.1). Det ble satt ned en Ø50 mm sandspiss i rustfritt stål med filter fra 5.0-6.75 m under bakkenivå og med 1 mm filteråpning. Borhull 3 (P1) og borhull 2 fra 1992 (P3) ble brukt som peilebrønner. I tillegg ble det boret ned to nye peilebrønner (P2 og P4), se kartbilag 2.3.

Prøvepumpingen, prøvetakingen og laboratorieundersøkelsene er gjennomført slik som beskrevet i tekstbilag 1.

3 INNLEDENDE UNDERSØKELSER

Den påviste grunnvannsressursen ved Kastet ligger i en breeløvsetning. Avsetningen er kartlagt som en delvis neddykket esker (grusrygg) som kan følges via sonderboring 4 (92), sonderboring (84) til sonderboring 2 (95). Eskeren munner ut i en randås (ved sonderboring 1 og 3), se kartbilag 2.1.

Inntrekking av humusholdig vann fra Kastet ble framsatt som en mulig forklaring på det høye innholdet av jern og mangan under prøvepumpingen i 1992. Derfor ble de nye borpunktene plassert i større avstand fra Kastet enn de tidligere borpunktene (kartbilag 2.1).

Sonderboring 1 viste ca. 2 m med sand og grus over et ca. 12 m tykt lag av finsand/silt (databilag 1.1). Fra ca. 14 m til ca. 25 m ble det påtruffet grusig sand med god vanngjennomgang, mens fra 25 m ble massene mer hardpakket. En masseprøve fra 16.5 -17.5 m består vesentlig av grov sand (databilag 2). Testpumping av en undersøkelsesbrønn ga 1.2-2.0 l/s i tre nivå mellom 16.5 og 23.5 m. Grunnvannet var av god kjemisk kvalitet bortsett fra for høye konsentrasjoner av mangan som varierte mellom 0.11 og 0.16 mg/l. Grunnvannet hadde i tillegg en intens lukt forårsaket av hydrogensulfid (H₂S).

Sonderboring 2 viste ca. 1.5 m med sand og grus over et ca. 11 m tykt lag av silt/leire (databilag 1.2). Fra ca. 12.5 m til ca. 21.5 m viste boringen grusig sand med relativt god vanngjennomgang, mens fra 21.5 m ble massene mer hardpakket. En masseprøve fra 14.5 -15.5 m består av middelskornig sand (databilag 2). Testpumping av en undersøkelsesbrønn ga 0.25-1.4 l/s i seks nivå mellom 12.5 og 23.5 m. To grunnvannsprøver fra 15 og 19 m dyp er av god kjemisk kvalitet bortsett fra for høye konsentrasjoner av mangan (0.22 og 0.32 mg/l).

Ved sonderboring 3 ble det påtruffet ca. 22 m med grus og sand med god vanngjennomgang over mer hardpakke masse (databilag 1.3). En masseprøve fra 14.4-15.5 m består av grusig sand og er betydelig grovere enn masseprøvene fra borhull 1 og 2 (databilag 2). Også her ble det satt ned en undersøkelsesbrønn som ble testpumpet i fem forskjellige nivå mellom 6.5 og 21.5 m. Kapasiteten varierte mellom 1.1 og 3.6 l/s. Det ble tatt vannprøver fra alle nivåene. Fysikalsk-kjemiske analyser av disse viser at grunnvannsprøven tatt i nivå 6.5-7.5 m var av meget god kvalitet idet alle målte parametere tilfredsstillt kravene til drikkevann (Sosial og helsedepartementet, 1995). I de dypere prøvene er det for høyt innhold av mangan og jern. I prøvene fra 10.5-11.5 m og 14.5-15.5 m øker manganinnholdet til 0.69 og 0.94 mg/l, for så å gå ned til 0.63 og 0.43 mg/l i prøvene fra 18.5-19.5 m og 20.5-21.5 m. De to dypeste prøvene har i tillegg høyt jerninnholdet, henholdsvis 0.15 og 0.57 mg/l.

Sonderboring 4 som ble foretatt ved Gudåa, ca. 150 m sør for Gudåmoen (kartbilag 2.2), viste vekslende lag av sand, finsand/silt og leire ned til 15.5 m. Testpumping på henholdsvis 5.5 m og 7.5 m dyp ga mindre enn 0.1 l/s med leir/siltblandet vann. Borhullet er derfor ikke egnet til større grunnvannsuttak.

4 PRØVEPUMPING

4.1 Hydrauliske parametere og kapasitet

Prøvepumpingen av en Ø50 mm brønn ved borhull 3 ble satt igang 21.06.95 og pågikk til 20.10.95. Det ble tatt ut ca. 2.0 l/s i hele pumpeperioden.

Under prøvepumpingen ble grunnvannsnivået målt i fire peilebrønner, P1, P2, P3 og P4 (kartbilag 2.3). Figur 1 viser grunnvannsstanden i observasjonsbrønnene plottet mot pumpeperioden. Bakgrunnsdataene er vist i databilag 1.

I løpet av de 9 første dagene etter pumpestart sank grunnvannsnivået i alle observasjonsbrønnene. Etter den tid (30.06.95) skyldes svingningene i grunnvannsstanden variasjoner i elvevannstanden.

Nydannelsen av grunnvann skjer ved infiltrasjon fra elva/Kastet, fra mindre bekker i dalsidene og direkte fra nedbør.

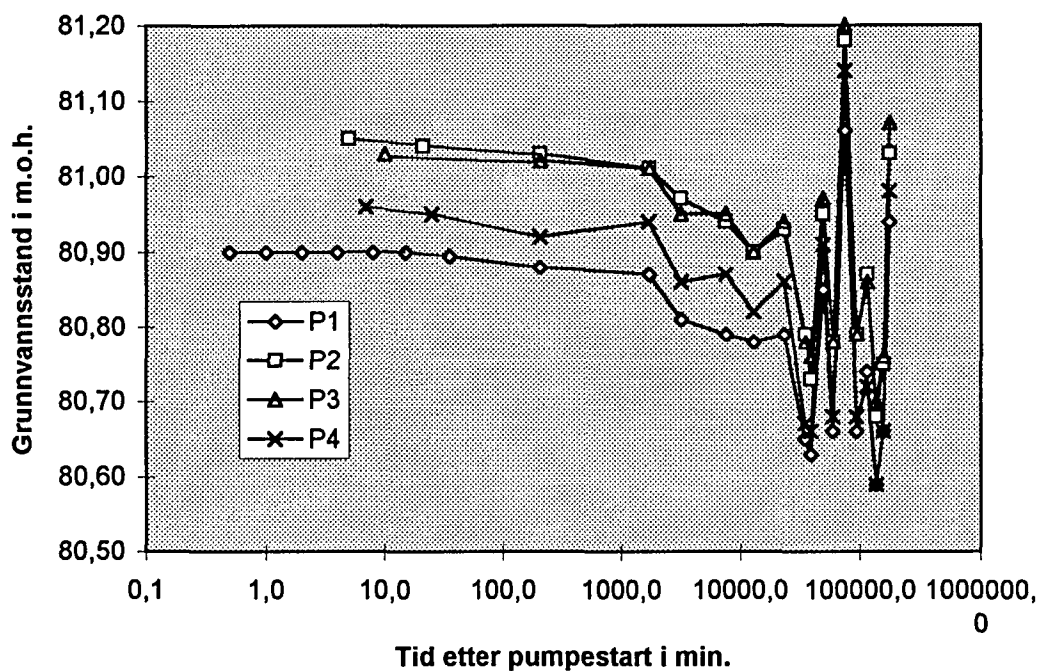


Fig. 1 Grunnvannsnivå i observasjonsbrønner under prøvepumping, Gudå

Ut fra senkningsforløpet avsatt som en funksjon av tiden for P1, P2, P3 og P4 (fig. 1) kan de hydrauliske parametere; transmissivitet T , hydraulisk ledningsevne k , og vannets netto hastighet v_n beregnes.

$$T = \frac{Q \ln 10}{4 \pi \Delta s} = 2,16 * 10^{-2} m^2 / s$$

Q er uttatt vannmengde i $m^3/s = 2.0 * 10^{-3} m^3/s$.

$\Delta s = 0.017 m$ er gjennomsnittlig senkning for P1 i løpet av en ln-enhets tid (se fig. 1).

Med de små senkninger av grunnvannsspeilet under pumping blir utregningen av Δs svært usikker, men i alle fire peilebrønner er det registrert noenlunde samme senkningsforløp, slik at transmissiviteten bli av samme størrelsesorden for alle peilebrønnene.

Et uttak på 10 l/s ville gitt en Δs -verdi på 0,085 m, det vil si en senkning av grunnvannsspeilet på ca. 0,5 m i løpet av en uke. Dette indikerer at magasinet har et stort potensiale for grunnvannsuttak. Ut fra disse vurderingene, samt resultatet av undersøkelsesboringene og tidligere prøvepumping kan det antas at magasinets totale kapasitet er min. 30 l/s. Dette er mye mer enn vannbehovet til hele Meråker.

Den hydrauliske ledningsevnen kan beregnes ut fra følgende formel:

$$k = \frac{T}{m} = 1.1 * 10^{-3} \frac{m}{s}$$

der m er mektigheten av vannførende sone som i dette tilfellet er ca. 20 m.

Vannets strømningshastighet kan beregnes etter følgende formel:

$$v_n = \frac{v}{n_e} = k * \frac{i}{n_e} = 0,073 \text{ mm/s} = 0,63 \text{ m/døgn}$$

hvor v_n er netto hastighet
 n_e er effektiv porøsitet, anslått til 15 %.
 k er $1.1 * 10^{-3}$ m/s
 i er hydraulisk gradient = $H/L = 0.001$ (anslått)

Denne beregningen er meget usikker da det ikke er toretatt nøyaktig nivålement av peilebrønnene. Dette gjør at gradienten i under pumping er vanskelig å beregne. Den er anslått ut fra forskjellen i senkning mellom P1 og de andre peilebrønnene.

4.2 Grunnvannskvalitet

Grunnvannskvaliteten på den første vannprøven som ble tatt 1 døgn etter pumpestart var av meget god fysikalsk-kjemisk kvalitet i det alle målte parametere tilfredsstiler kravene til drikkevann. Etter fem døgns pumping har manganinnholdet økt til 0,13 mg/l, og det fortsatte å øke til 0,49 mg/l etter ca. 50 døgns pumping. Etter den tid har Mn-konsentrasjonen variert mellom 0,26 og 0,44 mg/l (fig. 2).

Grunnvannets pH-verdi har vært i nærheten av 8 under hele pumpeperioden, og dette regnes som gunstig for å unngå korrosjon på ledningsnett. Ellers økte innholdet av Mg, SO₄ og særlig Na og Cl i løpet av de første to månedene for så å stabilisere seg (fig. 3 og 4). Dette er hovedionene i sjøvann, men det er lite sannsynlig at de kommer fra nedbør eller andre overflatevannskilder. Årsaken er trolig utluting av salt fra marine leirer avsatt i den tid havnivået lå høyere enn avsetningen. Ca-innholdet har variert mellom 27 og 31 mg/l under hele pumpeperioden. Dette er litt mer enn den veiledende verdien i forskriftene (15-25 mg/l), men neppe såpass høy at det vil medføre problemer med dårlig såpeskumming og avsetninger på kjeler, tanker o.l.

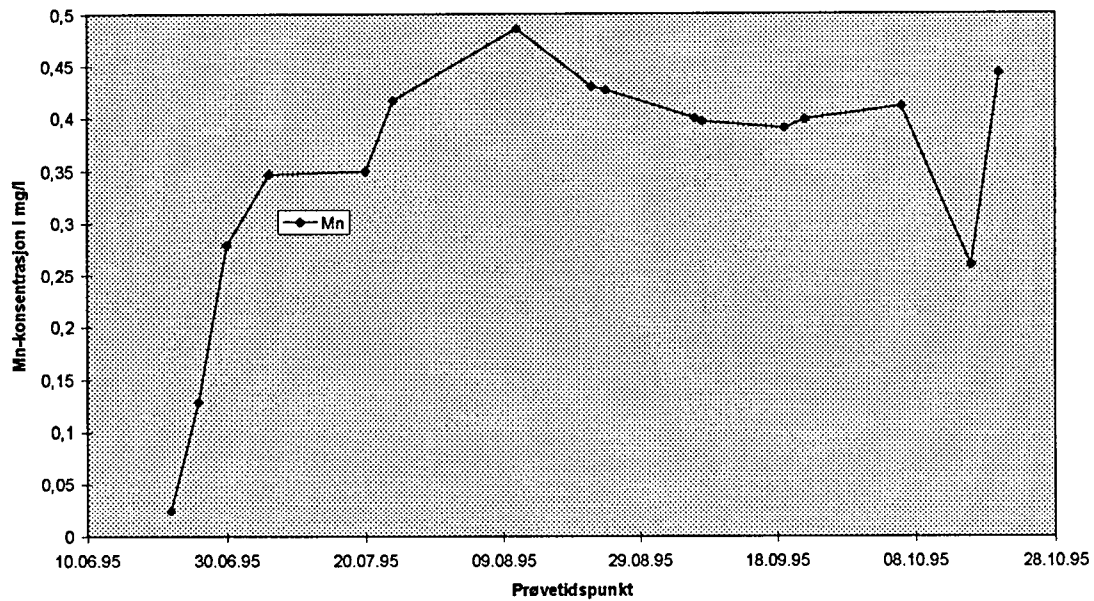


Fig. 2 Konsentrasjonen av mangan (Mn) under prøvepumping i Gudå.

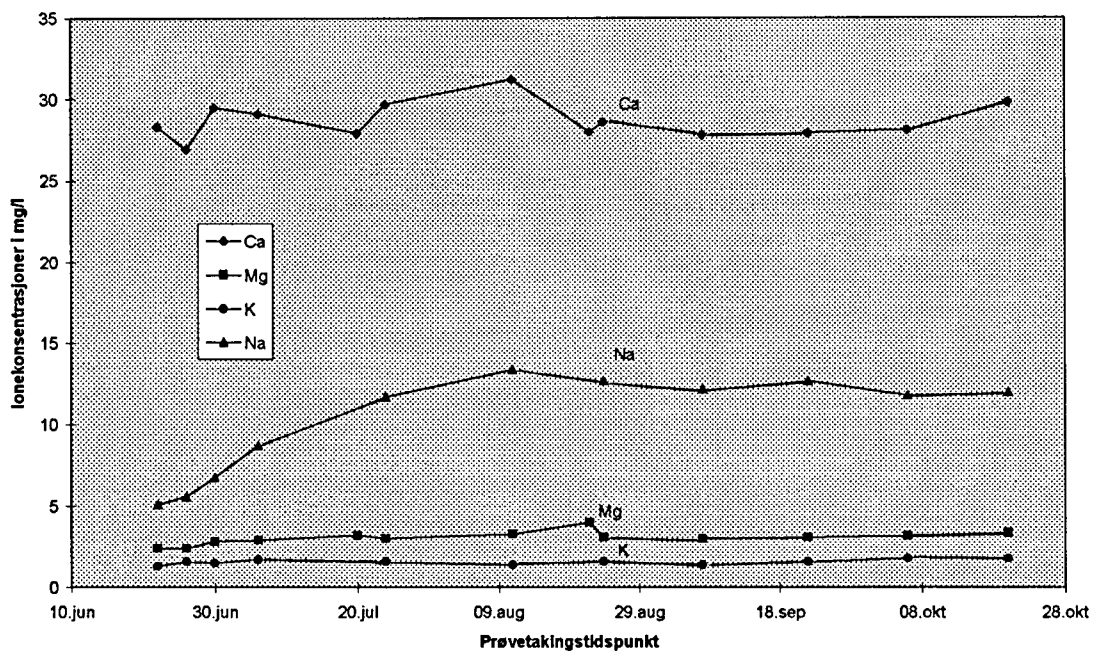


Fig. 3 Konsentrasjonen av kalsium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na) og kalium (K) under prøvepumping i Gudå.

Innholdet av de andre elementene oppgitt i databilag 4 (f.eks jern, aluminium, nitrat og fluor) ligger klart under kravene i drikkevannsforskriften. I tillegg til de parametere oppgitt i tabellen i databilag 4, er vannprøvene også analysert på en rekke andre ioner. Konsentrasjonen av disse ligger enten klart under kravene i Drikkevannsforskriften eller under deteksjonsgrensen for den benyttede analysemetoden (se tekstbilag 1).

Fargetall varierer mellom 3 og 10. Dette er noe høyt til grunnvann å være, men det skyldes helst utfellinger av jern og mangan på prøveflaskene før analyse.

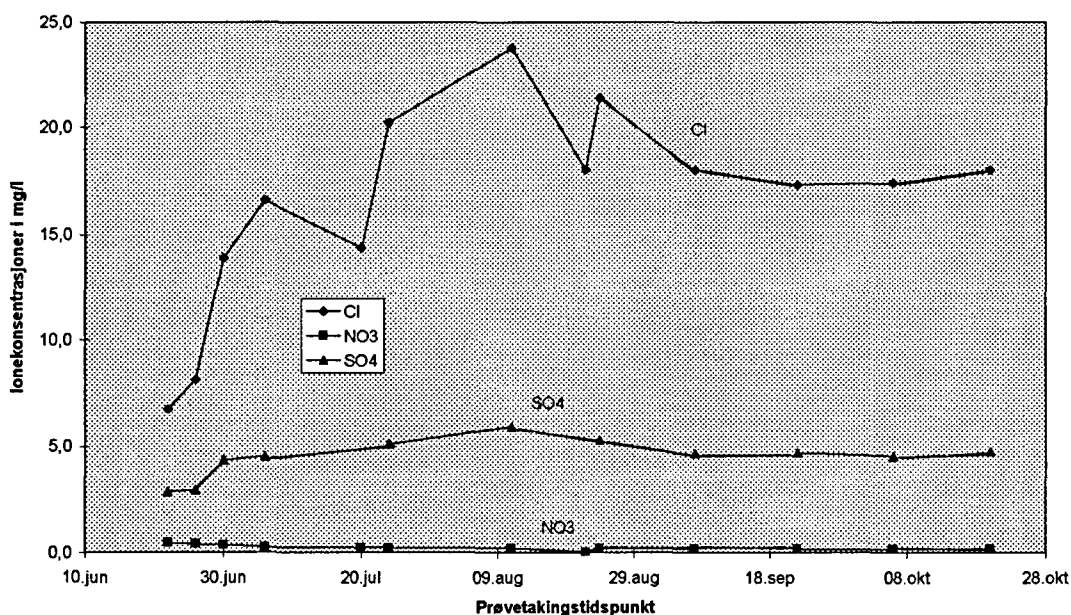


Fig. 4 Konsentrasjonen av sulfat (SO_4^{2-}), nitrat (NO_3^-) og klorid (Cl) under prøvepumping i Gudå.

Den mikrobiologiske kvaliteten er god (tabell 1). Det er ikke registrert koliforme bakterier i løpet av prøvepumpingsperioden.

Tabell 1: Bakterietall under prøvepumping ved Gudå.

Parameter	Prøvetakingsdato				krav
	20.07.95	22.08.95	18.09.95	16.10.95	
Kimtall 20 °C	3	24	48	18	100 (veiledende verdi)
Kolif. bakt. 37 °C	0	0	0	0	0
Term. kolif. bakt.	0	0	0	0	0

4.3 Forurensningstrusler og forslag på klausulering

Vannets oppholdstid i umettet og mettet sone har stor betydning for både grunnvannets kjemiske og hygieniske kvalitet. Folkehelse anbefaler at grunnvann som skal brukes til drikkevann bør ha en oppholdstid i grunnen på minst 60 døgn for å oppnå tilfredsstillende bakteriologisk rensing.

For å beskytte grunnvannskilden brukes en soneinndeling, basert på grunnvannets oppholdstid. For sonene er det satt opp restriksjoner som avtar i styrke med økende avstand fra uttaksstedet (GiN-veileder nr. 7).

- Sone 0: Brønnområdet
- Sone 1: Det nære tilsigsområdet. Grense for 60 døgns oppholdstid ved et uttak tilsvarende dimensjonerende vannforbruk.
- Sone 2: Det fjerne tilsigsområde. Hele infiltrasjonsområdet.
- Sone 3: Det ytre verneområde. Omfatter arealer som vil kunne influere på grunnvannets kvalitet.

Sone 0, det vil si brønnområdet skal inngjerdes og skjermes for all annen aktivitet enn det som er nødvendig for drift av anlegget. Størrelsen på det denne sonen bør være min. 15 x 15 m. Utbredelsen av 60 døgns grensen kan enten finnes ved å bruke den beregnede strømningshastigheten for vannet eller ved bruk av «sylindermetoden», det vil si man beregner radius på en sylinder der vannet bruker mindre enn 60 døgn på å nå fram til brønnen. I kap. 4.2 ble vannets strømningshastighet beregnet til ca. 0.63 m pr. dag, d.v.s. ca. **38 m** på 60 døgn med et uttak på 2 l/s.

Vannvolumet til en sylinder der vannet bruker mindre enn 60 døgn blir $2 \text{ l/s} \times 86400 \text{ s/døgn} \times 60 \text{ døgn} = 10368 \text{ kbm}$. Med en magasintykkelse på 20 m og en anslått effektiv porøsitet på 15%, tilsvarer dette en sylinder med radius på 33 m, dvs. at vannet nærmere brønnen enn **33 m** har kortere oppholdstid enn 60 døgn.

På grunn av metodenes usikkerhet med hensyn til homogene forhold og valgt effektiv porøsitet, anbefaler vi en 60-døgns grense på 50 m fra brønnen (kartbilag 2.3).

Hvis uttaket blir større enn 2 l/s, må også utbredelsen av sone 1 økes. F.eks. vill et uttak på 10 l/s gi en grense for 60 døgns oppholdstid på 75 m ved bruk av «sylindermetoden».

Sone 2 (det fjerne tilsigsområdet) inkluderer hele elvesletta ved Kastet.

Ved bestemmelse av soneinndelingen er det også tatt hensyn til løsmassetyper, topografi og elvas forløp. I forhold til dagens arealbruk er eneste nødvendige endring restriksjoner på bruk av sprøytemidler og naturgjødning på dyrkamarka som ligger i sone 1. Samtidig anbefales det en begrensning i bruken av kunstgjødning

REFERANSER

- Buan J.E., 1984: Hydrogeologiske undersøkelser i Meråker kommune.
- GiN veileder nr. 7, Eckholdt E. og Snilsberg, P. 1992: Grunnvann. Beskyttelse av drikkevannskilder. *Norges geologiske undersøkelse*.
- Gjestad, K.A. og Sølberg, B.J. 1993: Drikkevann for emballering. *Hovedoppgave ved Statens Næringsmiddeltekniske Høgskole*.
- Hilmo, B.O. 1994: Grunnvannsundersøkelser ved Gudå, Meråker kommune. *NGU Rapport 94.015*.
- Reinertsen, A.R. 1991: Meråker kommune, Hovedplan Vannforsyning.
- Sosial- og helsedepartementet, 1995: Forskrifter om vannforsyning og drikkevann m.m.
- Sveian, H. : Digitalt kvartærgeologisk fylkeskart Nord-Trøndelag (under arbeid).

KARTBILAG

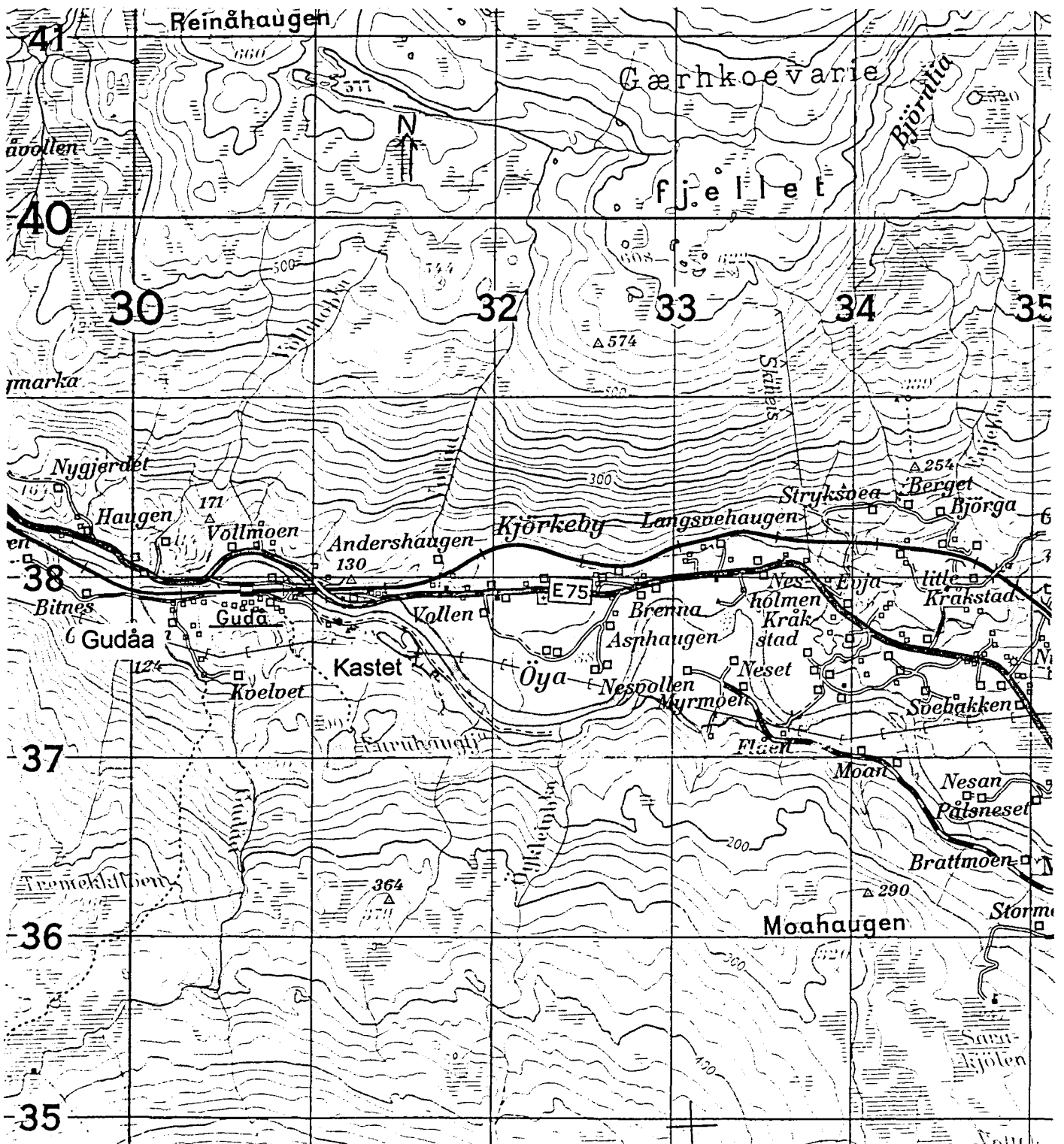
- 1 Oversiktskart over Gudåområdet. M 1: 31 000.
- 2.1 Detaljkart, M 1: 5000, Sonderboringer og pumpebrønner ved Kastet, Gudå.
- 2.2 Detaljkart, M 1: 5 000, Sonderboring ved Gudåa i Gudå.
- 2.3 Detaljkart, M 1:5 000, Pumpebrønn, peilebrønner og forslag på klausuleringssoner rundt brønnstedet ved Kastet, Gudå.

TEKSTBILAG

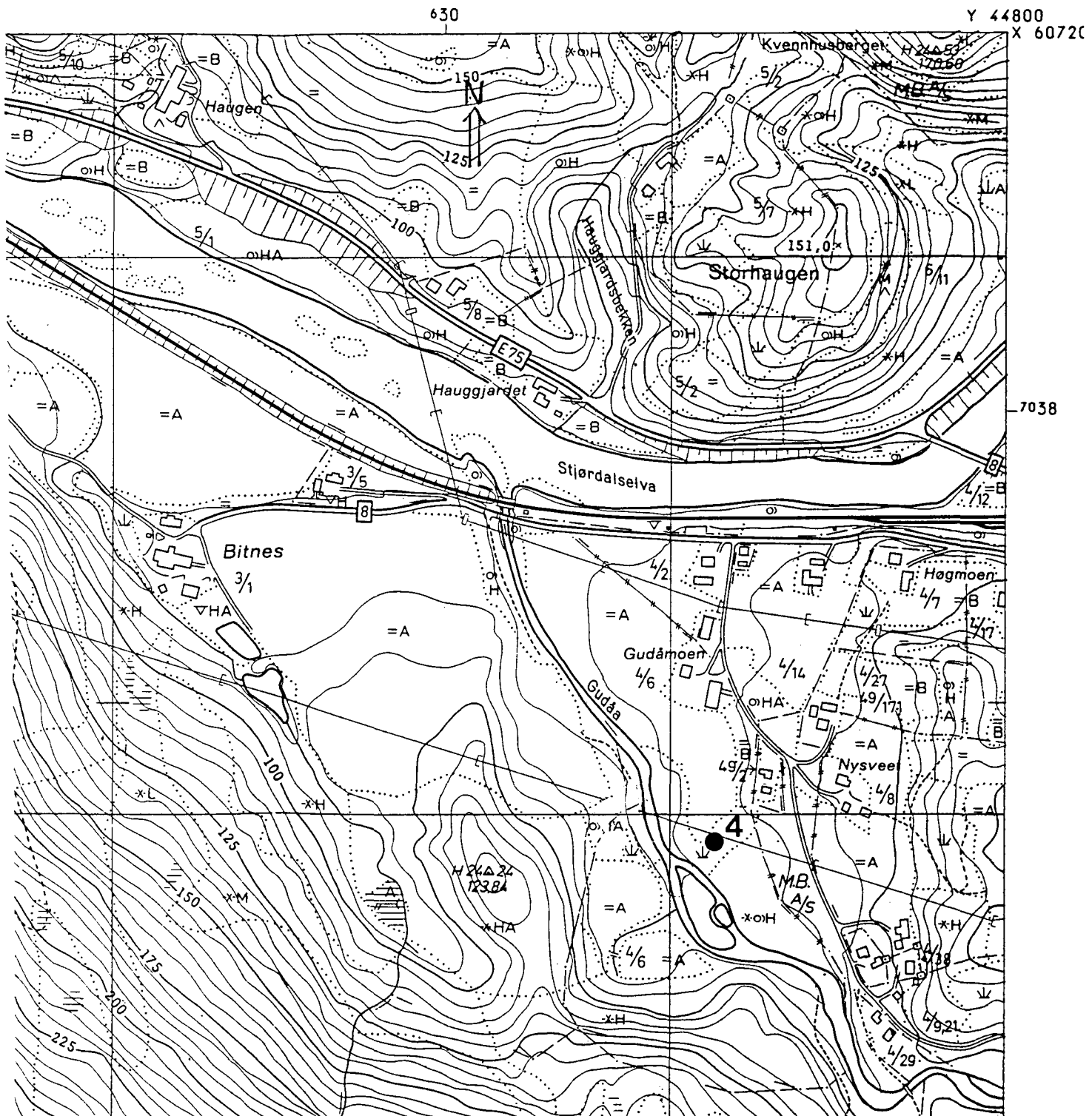
- 1 Metodebeskrivelse av hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder

DATABILAG

- 1.1-1.4 Undersøkelsesboringer ved Gudå, borprofiler
- 2 Kornfordelingskurver av masseprøver fra undersøkelsesbrønner
- 3.1-3.2 Fysikalsk-kjemiske analyser fra undersøkelsesboringer
- 4 Fysikalsk-kjemiske analyser fra prøvepumping
- 5 Grunnvannsnivå i observasjonsbrønner under prøvepumping.

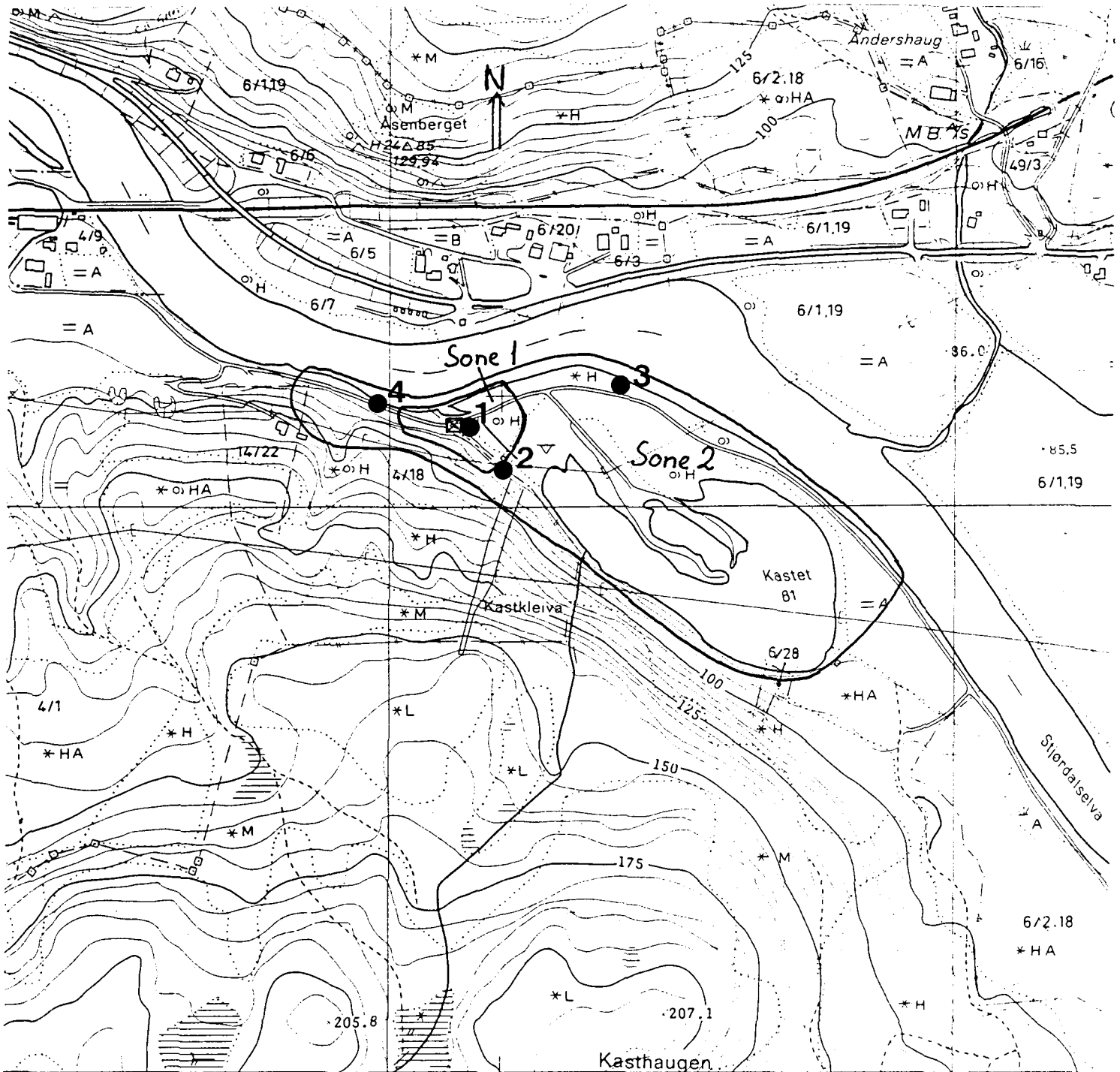


Kartbilag 1: Oversiktskart i M 1:31 000 som viser området for grunnvannsundersøkelser ved Gudå. Forstørret utsnitt fra M 711, blad 1721 IV Flornes.



Tegnforklaring
● Sonderboring m/testpumping

Kartbilag 2.2: Detaljkart i M 1:5 000 som viser plasseringen av sonderboring ved Gudåa i Gudå.



Tegnforklaring

- ☒ Pumpebrønn
- Peilebrønner
- Klausuleringssoner

Kartbilag 2.3: Detaljkart i M 1:5 000 som viser pumpebrønn, peilebrønner og forslag på klausuleringssoner rundt brønnstedet ved Kastet, Gudå.

HYDROGEOLOGISKE OG HYDROKJEMISKE FELT- OG LABORATORIEMETODER

1 SONDERBORINGER

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 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 testpumpingen blir brukt til en helhetlig vurdering av grunnvannsmagasinet's hydrauliske egenskaper og til å bestemme lokalisering og filterplassering til eventuelle fullskala pumpebrønner.

3 SEDIMENTPRØVETAKING

Sedimentprøver kan tas av oppspylte/oppumpede masser i hvert nivå hvor det blir testpumpet. Vanligvis tas det oppumpede prøver, men i tilfeller med lav grunnvannsstand eller for liten prøvemengde ved pumping, tas det oppspylte prøver. Oppspylte prøver tas etter at brønnen er spylt ren for masser som er trengt inn under boring, mens oppumpede prøver tas like etter oppstart av testpumpingen. Disse sedimentprøvene er ikke helt representative for jordarten idet man mister korn større enn filteråpningen og de minste korna som ikke sedimenterer i prøvekarret. Ved undersøkelser som stiller strengere krav til representative og mer uforstyrrende prøver blir det benyttet spesielle prøvetakere.

Ut fra sedimentprøvenes kornfordeling kan man gjøre overslag av massenes hydrauliske ledningsevne og anbefale filteråpning på eventuelle produksjonsbrønner.

4 BORINGER AV FJELLBRØNNER

a) Metodikk

Fjellbrønner blir boret med Nemecc borerigg og Ø140 mm borkrone med luftspyling. Det blir benyttet foringsrør ned til fast fjell. Boreriggen kan bore skråbrønner, opptil 45° fra loddlinjen. Vanligvis blir det boret til 60-150 m dyp, men boringen kan bli avsluttet før på grunn av fare for igjenrasing av 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 TESTPUMPIINGER AV FJELLBRØNNER

Til testpumping av fjellbrønner benyttes en Ø95 mm elektrisk senkpumpe 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 hullet (til pumpa suger luft) og så måle utpumpet vannmengde over minimum 2 timer. Hvis brønnens kapasitet er så stor at pumpa ikke greier å lense hullet, kan kapasiteten anslås ut fra senkningen av grunnvannspeilet og pumperaten. Hvis brønnens kapasitet er såpass lav at det tar uforholdsmessig lang tid å måle et bestemt vannvolum, kan kapasiteten beregnes ut fra grunnvannsnivåets stigningshastighet i borhullet etter lensing.

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 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. Oppumpet 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, størrelsen på den delen av grunnvannsmagasinet som påvirkes av prøvepumpingen (influensområde) og størrelsen på klausulerinssonene og da spesielt sone 1 som representerer grensen for 60 døgns oppholdstid.

7 VANNPRØVETAKING

Under grunnvannsundersøkelser er det aktuelt å ta vannprøver 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:

- | | |
|----------------|---------------|
| - 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 og 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 $\pm 7.5\%$.

Bestemmelse av turbiditet blir gjort etter NS 4723 og 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, ± 0.4 FTU i måleområde 1.0-10, ± 4 FTU i område 10-100 og ± 40 FTU i område 100-1000 FTU.

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

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

Tabell 2: Nedre bestemmelsesgrense og analyseusikkerhet for analyserte kationer.

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

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

Tabell 3: Nedre bestemmelsesgrense for analyserte anioner

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

Analyseusikkerheten er 10 % rel. for alle ionene.

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

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

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

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER
STED: Gudå, Meråker

UTFØRT DATO: 28.11.94

BORPUNKT NR: 1

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X **UNDERSØKELSESBRØNN:** X

UTM-KOORDINATER:
KARTBLAD (M711):
SONE: 32

Ø-V: 6312

N-S: 70377

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 83 m

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

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: ca. 2 m

MERKNAD: Torrsonderte fra 20 m. 18 m 32 mm rør står igjen.

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid for prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	grus		S	1	borte				
	sand	0.15		2	-				
3,5	finsand	1.10	DS	2	-				
	finsand	1.10		3	-				
5,5	finsand	1.10		3	-				
	finsand	1.00		4	-				
7,5	finsand	1.20	DS	4	-				
	finsand	1.00	DS	3	-				
9,5	finsand	1.00	S	3	-				
	silt/finsand	1.15		3	-				
11,5	silt/finsand	1.20		3	-				
	silt/finsand	1.20		5	-				
13,5	silt/finsand	1.20	DS	5	-				
	grus	1.00		2	-				
15,5	grusig sand	1.10	DS	2-5	-			0	Siltblandet
	grusig sand	1.05		2	-				
17,5	grusig sand	1.10	DS	2	-		15	1.2	MP + VP
	grusig sand	1.00	S	4	-				
19,5	grusig sand	1.00	S	4	-				
	grusig sand	0.50			-				
21,5	grusig sand	0.50			-		15	1.4	MP + VP
	grusig sand	1.20	DS		-				
23,5	grusig sand	1.15	DS		-		15	2.0	MP + VP
	grusig sand	1.10			-				
25,5	grusig, hardt pakket	2.00	S		-				
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: Gudå, Meråker

UTFØRT DATO: 29.11.94

BORPUNKT NR: 2

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSESRØNN: X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711):

SONE: 32

Ø-V: 6317

N-S: 70375

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 85 m

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

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: ca. 3 m

MERKNAD: Tørrsonderte fra 14 m. 14 m 32 mm rør står igjen.

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid for prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	sand			2	borte				
	silt og gruslag	0.30		2	-				
3,5	silt	0.30		5	-				
	silt/leire	0.25		7	-				
5,5	silt/leire	0.20		7	-				
	silt/leire	0.10		7	-				
7,5	silt/leire	0.10		7	-				
	silt/leire	0.20		5	-				
9,5	silt/leire	0.20		5	-				
	silt/leire	0.10		7	-				
11,5	silt/leire	0.10		7	-				
	silt/leire	0.10		7	-				
13,5	grus	1.15	DS	5	-			0.25	
	grus	1.00	S		-				
15,5	grusig sand	1.00	S		-	5.2	15	1.0	MP+ VP
	grusig sand	1.05	S		-				
17,5	grusig sand	1.00	S		-			1.2	
	sand	1.00	S		-				
19,5	grusig sand	1.00	S		-			1.4	
	grus	1.00	S		-				
21,5	grusig sand	1.00	S		-	5.3	15	1.1	MP + VP
	grusig sand, hardt	1.00	S		-				
23,5	grusig sand, hardt	2.00	S		-			0.3	MP
					-				
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: Gudå, Meråker

UTFØRT DATO: 29.11.94

BORPUNKT NR: 3

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSEBRØNN: X

UTM-KOORDINATER:
KARTBLAD (M711):
SONE: 32

Ø-V: 6314

N-S: 70377

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 83 m

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

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: ca. 1m

MERKNAD: 16 m 32 mm rør står igjen.

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	sand			2	borte				
	grusig sand	0.40		2	-				
3,5	grusig sand	1.35		4	-				
	grus	2.10		4	-				
5,5	grus	2.00		3	-				
	grus	1.00		3	-				
7,5	grus	0.55		3	-	5.5	15	2.0	MP + VP
	grus	0.55		3	-				
9,5	grus	0.50		4	-				
	grusig sand	0.40		4	-				
11,5	grusig sand	0.45		4	-	5.4	15	3.2	MP + VP
	grusig sand	0.40		4	-				
13,5	grusig sand	0.40	DS	4	-				
	grusig sand	0.40	S	4	-				
15,5	grusig sand	0.40	S	4	-	5.6	15	3.6	MP+ VP
	grusig sand	0.35	S	4	-				
17,5	grusig sand	0.45	S	4	-				
	grusig sand	0.30	S	4	-				
19,5	grusig sand	0.20	S	4	-	5.7	15	3.3	MP + VP
	grusig sand	0.20	S	4	-				
21,5	grusig sand	0.50	S	5-6	-	5.9	15	1.1	MP + VP, slamholdig vann
	grusig sand, hardt	1.00	S	6	-				
23,5	grusig sand, hardt	1.20	S	6	-				
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: Gudå, Meråker

UTFØRT DATO: 03.05.95

BORPUNKT NR: 4

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSESRØNN: X

UTM-KOORDINATER:
KARTBLAD (M711):
SONE: 32

Ø-V: 6303

N-S: 70375

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 84 m

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

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: ca. 1m

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		S	-	borte				
	grusig sand	0.25	DS	-	-				
3,5	sand	0.22	-	-	-				
	finsand/leire ?	0.10	-	2	-				
5,5	finsand/leire ?	0.15	-	2-3	-			<0.1	Grått ved spyling, tett
	grusig sand	0.45	DS	1	-				
7,5	grusig sand	0.25	-	1	-			<0.1	Tette masser
	sand	0.35	DS	1	-				
9,5	sand, hardt	1.05	DS	2	G				
	finsand	0.45	DS	1	G				
11,5	sand/finsand	1.40	DS	2	G				
	sand/finsand	0.40	DS	2	G				
13,5	finsand	0.55	S	2	G				
	finsand	1.10	S	2	G				
15,5	sand/finsand	1.25	S	2	G				
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

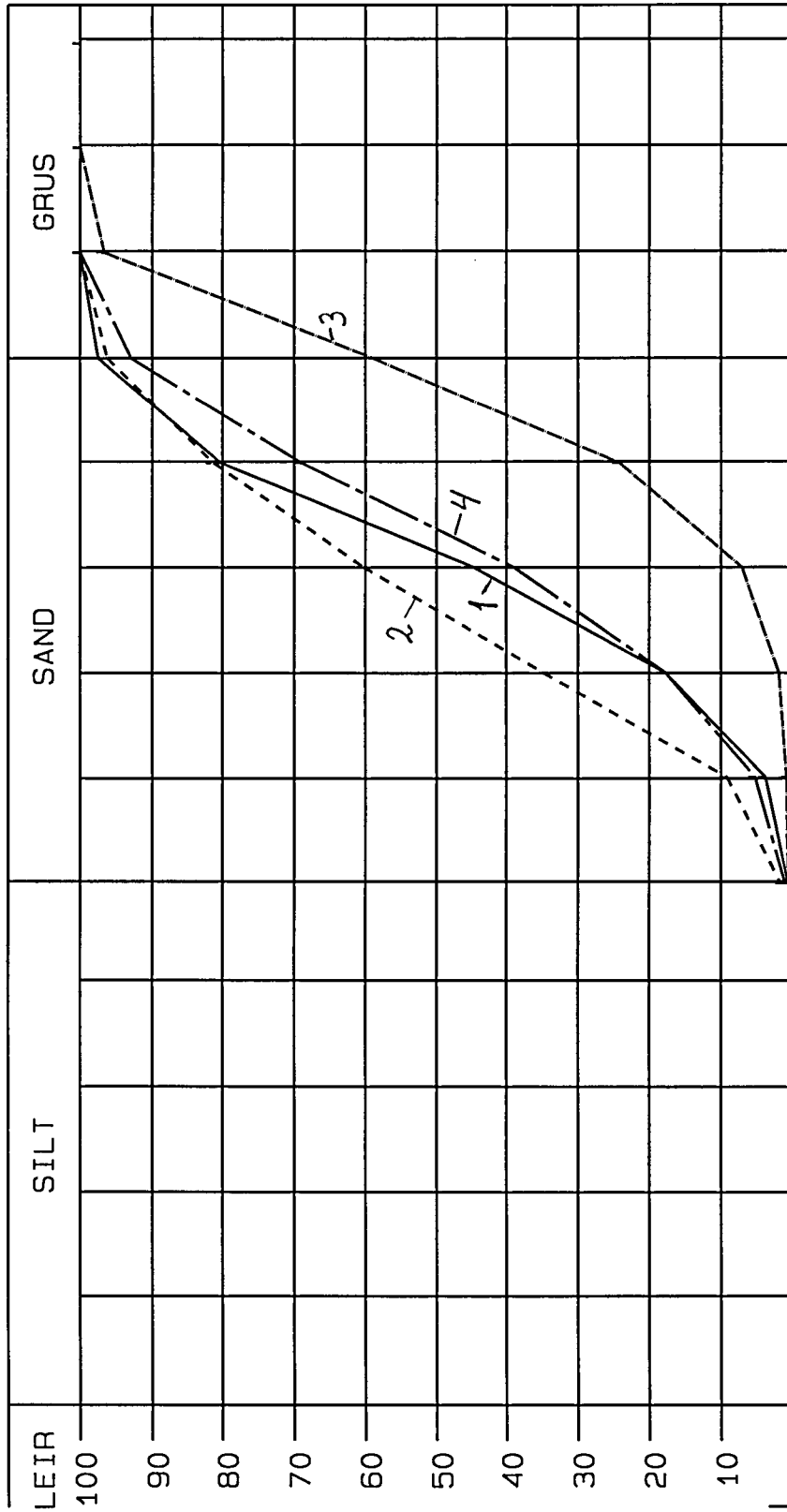
VP: Vannprøve

 L: Ledningsevne [μ S/cm]

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDELINGSKURVE

XXXX XXXX



MY 2 4 8 16 32 63
 MM 0.002
 KORNSTØRRELSE

UTM X	UTM Y	Sted	Borhull	Dyp
6312	7037	Guda	1	16.5-17.5 m
6317	7035	Guda	2	14.5-15.5 m
6314	7037	Guda	3	14.5-15.5 m
6058	7038	Hegra	2	8.5-9.5 m

- 1 ————— 950201
- 2 - - - - - 950202
- 3 - - - - - 950203
- 4 - - - - - 950204

VANNANALYSER

FYLKE: Nord-Trøndelag

KART (M711): 1721-IV

KOMMUNE: Meråker

PRØVESTED: Gudå

OPPDRAKSNUMMER: 268/94

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	1	1	1	2	2															
Dato	28.11.94	28.11.94	28.11.94	29.11.94	29.11.94															
Brønntype	U.B.	U.B.	U.B.	U.B.	U.B.															
Provedyp m	17.5	21.5	23.5	15.5	19.5															
Brønndimensjon mm	32	32	32	32	32															
X-kordinat Sone: 32	6312	6312	6312	6317	6317															
Y-kordinat Sone: 32	70377	70377	70377	70375	70375															
Fysisk/kjemisk												Veiledende verdi	Største tillatte konsentrasjon							
Surhetsgrad, felt/lab pH	8,13	8,11	8,11	8,04	7,91													7,5-8,5	6,5-8,5 ²	
Ledningsevne, felt/lab µS/cm	190	196	294	263	259	283	281												< 400	
Temperatur °C				5,2	5,3														< 12	25
Alkalitet mmol/l	1,49	1,37	1,52	1,76	1,82														0,6-1,0 ²	
Fargetall mg Pt/l	11,9	8,8	8,8	12,7	6,0														< 1	20
Turbiditet F.T.U	19	7,2	11	22	17														< 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	5,5	5,5	34,2	16,8	23,3														< 25	
Nitritt mg NO ₂ /l	< 0,05	< 0,05	< 1,0	< 0,5	< 0,5															0,16
Brom mg Br/l	< 0,1	< 0,1	0,12	< 0,1	< 0,1															
Nitrat mg NO ₃ /l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05															44
Fosfat mg PO ₄ /l	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2															
Sulfat mg SO ₄ /l	11,4	20,8	19,1	18,1	16,7														< 25	100
Sum anioner+alkalitet meq/l	1,89	1,97	2,91	2,63	2,85															
Kationer																				
Silisium mg Si/l	3,3	3,6	3,5	3,9	3,8															
Aluminium mg Al/l	0,120	0,043	0,032	0,024	< 0,02														< 0,05	0,2
Jern mg Fe/l	0,121	0,071	0,054	0,031	< 0,01														< 0,05	0,2
Magnesium mg Mg/l	2,5	3,0	5,3	3,8	3,8															20
Kalsium mg Ca/l	31,1	30,2	28,5	39,8	38,8														15-25 ²	
Natrium mg Na/l	3,2	4,5	21,9	7,0	12,5														< 20	150
Kalium mg K/l	1,7	2,6	2,1	1,7	1,8														< 10	12
Mangan mg Mn/l	0,131	0,159	0,113	0,223	0,324														< 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	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002														< 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	1,94	2,02	2,87	2,65	2,84															
Ionebalanseavvik ⁴ %	1	1	- 1	0	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 = $\frac{\sum \text{kationer} - \sum \text{anioner}}{(\sum \text{kationer} + \sum \text{anioner})} \cdot 100\%$

VANNANALYSER

FYLKE: Nord-Trøndelag

KART (M711): 1721-IV

KOMMUNE: Meråker

PRØVESTED: Gudå

OPPDRAKSNUMMER: 268/94

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	3	3	3	3	3									
Dato	29.11.94	29.11.94	29.11.94	29.11.94	29.11.94									
Brønntype	U.B.	U.B.	U.B.	U.B.	U.B.									
Prøvedyp m	7,5	11,5	15,5	19,5	21,5									
Brønn dimensjon mm	32	32	32	32	32									
X-koordinat Sone: 32	6314	6314	6314	6314	6314									
Y-koordinat Sone: 32	70377	70377	70377	70377	70377									
Fysisk/kjemisk							Velledende verdi	Største tillatte konsentrasjon						
Surhetsgrad, felt/lab pH		8,10		8,10		8,28		8,26		8,26			7,5-8,5	6,5-8,5 ²
Ledningsevne, felt/lab $\mu\text{S/cm}$	160	168	190	189	190	189	170	178	180	178			< 400	
Temperatur $^{\circ}\text{C}$	5,4		5,5		5,6		5,7		5,9				< 12	25
Alkalitet mmol/l	1,42		1,69		1,71		1,47		1,36				0,6-1,0 ²	
Fargetall mg Pt/l	7,2		6,4		5,2		6,5		13,3				< 1	20
Turbiditet F.T.U	0,3		3,6		1,6		5,8		23				< 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		0,054		0,068		0,071					1,5
Klorid mg Cl/l	4,3		5,6		5,7		9,3		15,9				< 25	
Nitrit mg NO ₂ /l	< 0,05		< 0,05		< 0,05		< 0,25		< 0,5					0,16
Brom mg Br/l	< 0,1		< 0,1		< 0,1		< 0,1		< 0,1					
Nitrat mg NO ₃ /l	2,64		< 0,05		< 0,05		< 0,05		< 0,05					44
Fosfat mg PO ₄ /l	< 0,2		< 0,2		< 0,2		< 0,2		< 0,2					
Sulfat mg SO ₄ /l	3,6		2,5		2,4		2,5		3,1				< 25	100
Sum anioner+alkalitet meq/l	1,67		1,91		1,93		1,80		1,90					
Kationer														
Silisium mg Si/l	3,0		3,3		3,3		3,6		4,5					
Aluminium mg Al/l	< 0,02		0,042		< 0,02		0,152		0,610				< 0,05	0,2
Jern mg Fe/l	0,032		0,071		0,048		0,149		0,569				< 0,05	0,2
Magnesium mg Mg/l	2,1		3,1		3,7		3,5		3,8					20
Kalsium mg Ca/l	27,4		28,1		22,9		22,2		22,2				15-25 ²	
Natrium mg Na/l	3,9		6,2		11,0		9,0		8,5				< 20	150
Kalium mg K/l	1,3		1,4		1,7		1,9		1,8				< 10	12
Mangan mg Mn/l	0,006		0,688		0,941		0,633		0,426				< 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	< 0,002		< 0,002		< 0,002		< 0,002		< 0,002				< 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	1,75		1,97		1,97		1,84		1,84					
Ionebalanseavvik ⁴ %	2		2		1		1		- 2					

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

Dato	Kapasitet l/sek	pH-verdi	Ledn.evne mS/m	Alkalitet mmol/l	Turbiditet F.T.U.	Farge tall	SI mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l	Na mg/l	NH4 mg/l	Cl mg/l	F mg/l	NO3 mg/l	SO4 mg/l	TC mgCl/l	TOC mgCl/l
22.06.95	2,0	8,02	18,1	1,53	0,11	3,20	2,7	<0,02	<0,01	0,025	28,3	2,4	1,3	5,1		6,74	0,06	0,46	2,85		
26.06.95	2,0	8,06	18,0	1,48	0,08	4,40	2,8	<0,02	<0,01	0,129	26,9	2,4	1,6	5,6		8,16	0,06	0,41	2,94		
30.06.95	2,0	8,11	20,6	1,53	0,10	5,60	2,9	<0,02	<0,01	0,279	29,5	2,8	1,5	6,8		13,90	0,07	0,36	4,34		
06.07.95	2,0	8,10	21,6	1,56	0,10	9,60	2,9	<0,02	<0,01	0,347	29,1	2,9	1,7	8,7		16,60	0,06	0,27	4,53		
20.07.95	2,0	8,10	21,9		0,15	7,00		0,04	<0,01	0,350	27,9	3,2			0,02	14,40		0,25		11,30	2,30
24.07.95	2,0	8,13	22,9	1,60	0,12	3,20	3,0	<0,02	<0,01	0,417	29,7	3,0	1,6	11,7		20,20	0,08	0,25	5,11		
11.08.95	2,0	8,05	24,5	1,67	0,12	3,20	3,1	<0,02	<0,01	0,486	31,2	3,3	1,4	13,4		23,80	0,07	0,23	5,92		
22.08.95	2,0	8,00	21,2		0,24	5,00		0,01	<0,04	0,430	28,0	4,0			0,06	18,00		0,03		21,70	2,20
24.08.95	2,0	8,09	22,9	1,59	0,11	4,80	3,1	<0,02	<0,01	0,427	28,6	3,1	1,6	12,7		21,40	0,07	0,22	5,31		
06.09.95	2,0	7,70	19,3		0,19	4,00			<0,04	0,400											
07.09.95	2,0	8,04	22,0	1,59	0,11	4,50	3,1	<0,02	<0,01	0,397	27,8	3,0	1,4	12,2		18,00	0,07	0,18	4,66		
19.09.95	2,0	8,00	19,4		0,21	6,00			0,025	0,390											
22.09.95	2,0	8,08	22,1	1,55	0,09	5,20	3,2	<0,02	<0,01	0,399	27,9	3,1	1,6	12,7		17,30	<0,05	0,19	4,70		
06.10.95	2,0	8,10	22,3	1,63	0,09	6,40	3,2	<0,02	<0,01	0,411	28,1	3,2	1,8	11,8		17,40	<0,05	0,17	4,54		
16.10.95	2,0	8,00	20,3		0,22	7,00			0,005	0,260											
20.10.95	2,0	8,04	23,0	1,67	0,12	5,60	3,3	<0,02	<0,01	0,443	29,8	3,4	1,8	12,0		18,00	0,06	0,16	4,76		
Veil.verdi		7,5-8,5	40	0,6-1	0,4	1		0,05	0,05	0,02	15-25			20	0,06	25		11	25		
Største tillatte kons.		6,5-8,5			4	20		0,2	0,2	0,05		20	12	150	0,6		1,5	44	100		5

Konsentrasjonen av andre ioner ligger enten under deteksjonsgrensen eller klart innenfor kravene i drikkevannsforskriften
 Prøver tatt 20.07, 22.08, 06.09, 19.09 og 16.10 er analysert ved Næringsmiddelkontroll og analysevesen i Sør-Innherred.
 Resten er analysert ved NGU-Lab.

Dato	Tid (min)	Kapasitet	P1	P2	P3	P4
21.06.95	0,0	2,00	81,00	81,05	81,04	80,96
21.06.95	0,5	2,00	80,90			
21.06.95	1,0	2,00	80,90			
21.06.95	2,0	2,00	80,90			
21.06.95	4,0	2,00	80,90			
21.06.95	5,0	2,00		81,05		
21.06.95	7,0	2,00				80,96
21.06.95	8,0	2,00	80,90			
21.06.95	10,0	2,00			81,03	
21.06.95	15,0	2,00	80,90			
21.06.95	21,0	2,00		81,04		
21.06.95	25,0	2,00				80,95
21.06.95	35,0	2,00	80,90			
21.06.95	205,0	2,00	80,88	81,03	81,02	80,92
22.06.95	1720,0	2,00	80,87	81,01	81,01	80,94
23.06.95	3190,0	2,00	80,81	80,97	80,95	80,86
26.06.95	7510,0	2,00	80,79	80,94	80,95	80,87
30.06.95	12790,0	2,00	80,78	80,90	80,90	80,82
06.07.95	23290,0	2,00	80,79	80,93	80,94	80,86
14.07.95	34810,0	2,00	80,65	80,79	80,78	80,67
17.07.95	39130,0	2,00	80,63	80,73	80,76	80,66
24.07.95	49210,0	2,00	80,85	80,95	80,97	80,91
31.07.95	59290,0	2,00	80,66	80,78	80,78	80,68
11.08.85	75130,0	2,00	81,06	81,18	81,20	81,14
24.08.95	93850,0	2,00	80,66	80,79	80,79	80,68
07.09.95	114010,0	2,00	80,74	80,87	80,86	80,72
22.09.95	135610,0	2,00	80,59	80,68	80,70	80,59
06.10.95	155770,0	2,00	80,66	80,75	80,76	80,66
20.10.95	175930,0	2,00	80,94	81,03	81,07	80,98