

NGU Rapport 97.049

Grunnvannsundersøkelser ved Storodan,  
Hemne kommune.

Rapport nr.: 97.049		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Grunnvannsundersøkelser ved Storodan, Hemne kommune			
Forfatter: Bjørn Frengstad		Oppdragsgiver: Hemne kommune	
Fylke: Sør Trøndelag		Kommune: Hemne	
Kartblad (M=1:250.000) Trondheim		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1421 I, Hemne	
Forekomstens navn og koordinater: Storodan GPS 0507320 7027407 32 V		Sidetall: 24	Pris: 45
Feltarbeid utført: Okt. 1996 - Feb. 1997		Rapportdato: 7. juni 1997	Prosjektnr.: 2713.16
		Ansvarlig: <i>Tor Erik Finne</i>	
<p>Sammendrag:</p> <p>NGU har videreført tidligere grunnvannsundersøkelser ved Storodan, Hemne kommune. På bakgrunn av sonderboringer og enkle testpumper med vann- og masseprøvetaking, ble det satt ned en 2" prøvebrønn for langtidsprøvepumping. Det ble brukt en tørroppstilt sugepumpe. Uttak av 3 l/s, ga større senkning enn pumpas sugehøgde. Vannprøvene i en 3 måneders periode viste god bakteriologisk kvalitet og tilfredsstillende alle krav til fysikalsk-kjemiske parametre med unntak av pH og alkalitet som er for lavt.</p> <p>Det anbefales å sette ned en Ø 168 mm rørbrønn med plass til senkpumpe. Beregninger tyder på at 2-3 l/s på døgnbasis kan tas ut dersom grunnvannsspeilet kan senkes til 8 m under markoverflaten. Tallene er såpass usikre at det bør planlegges for uttak i 2 brønner for å dekke dagens og framtidig behov.</p>			
Emneord:	Grunnvannsforsyning	Sonderboring	
Løsmasse	Grunnvannskvalitet	Prøvepumping	
	Hydrogeologi	Fagrapport	

## **INNHold**

<b>1. INNLEDNING</b> .....	<b>4</b>
<b>2. TIDLIGERE UNDERSØKELSER</b> .....	<b>4</b>
<b>3. INNLEDENDE BORINGER</b> .....	<b>4</b>
<b>4. PRØVEPUMPING</b> .....	<b>5</b>
<b>5. VANNKVALITET</b> .....	<b>5</b>
<b>6. SUPPLERENDE UNDERSØKELSER</b> .....	<b>5</b>
<b>7. ANBEFALING</b> .....	<b>6</b>
<b>8. REFERANSER</b> .....	<b>7</b>

## **TEKSTBILAG**

Tekstbilag 1: Hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder.

## **KARTBILAG**

Kartbilag 1: Detaljkart som viser plassering av borpunktene ved Storodan

## **DATABILAG**

Databilag 1.1-5: Borprofiler  
Databilag 2.1-2: Analyseresultater av fysikalsk-kjemiske parametre  
Databilag 2.3: Analyseresultater av mikrobiologiske parametre utført ved Næringsmiddeltilsynet i Orkdalsregionen.  
Databilag 3: Kornfordelingskurver

## **1. INNLEDNING**

Norges geologiske undersøkelse (NGU) har på oppdrag av Hemne kommune utført grunnvannsundersøkelser ved Storodan høsten og vinteren 1996-97. Feltarbeidet ble utført 9-11. oktober 1996 og 25. februar 1997. Langtidsprøvepumping ble igangsatt 1. november 1996 og pågikk fram til 25. februar 1997.

Forsker Bjørn Frengstad har vært ansvarlig for arbeidet. Andre involverte har vært:  
Hovedprosjektleder Bernt Olav Hilmo (Befaring, rådgiver)  
Ingeniør Bjørn Iversen (Løsmasseboring)  
Ingeniør Eilif Danielsen (Løsmasseboring)

Teknisk sjef Oddbjørn Berg og avdelingsingeniør Olav Aa har vært kontaktpersoner i kommunen, og kommunen har bidratt med framlegging av strøm til prøvepumping, vannprøvetaking og peiling av grunnvannsstanden.

## **2. TIDLIGERE UNDERSØKELSER**

I 1994 utførte NGU grunnvannsundersøkelser ved Storodan, Hemne kommune som en oppfølging av GiN-prosjektet i Sør-Trøndelag fylke (Segar og Muring, 1994). Det ble utført 3 georadarprofiler og 4 sonderboringer med rørdriking og testpumping i Sæterbekkens elvevifte. Det ble påvist 15 - 25 m sand og grus i ytre del av vifta og 3 av boringene indikerte muligheter for grunnvannsutttak tilsvarende det oppgitte vannbehovet (1,0 l/s). Analyse av vannprøver tatt under testpumping viste god kjemisk kvalitet med unntak av lav pH-verdi og noe høyt jern og aluminiumsinnhold. En Ø51 mm sandspiss med filter fra 11-14 m dyp ble satt ned og langtidsprøvepumpet med uttak av 3,7 l/s.

Grunnvannets kvalitet under prøvepumpingen var vekslende og tilfredsstilte ikke drikkevannsforskriftenes krav til fargetall og mikrobiologisk kvalitet i flere perioder. Dette skyldes antakelig for kort oppholdstid på infiltrert elvevann.

## **3. INNLEDENDE BORINGER**

Det ble sonderboret i et gammelt elveløp (bh 8, databilag 1.1, kartbilag 1). De øverste 10 m besto av sand og grusig sand. Boringen ble avsluttet på 10,5 m i moreneaktig materiale. Testpumping i nivå 4,5-5,5 m og 6,5-7,5 m ga begge 20 l/min grunnvann med lukt av hydrogenulfid. Oppspylte masseprøver viste stort innhold av bark og trerester i sedimentene. Lokaliteteten er uaktuell for grunnvannsutttak.

Sonderboring nordøst for Oddbugen (bh 9, kartbilag 1) viste 18 m sand og grusig sand med enkelte hardere og tettere lag innimellom (databilag 1,2). Boringen ble avsluttet på 18,8 m i meget hardt og tett finkornig materiale. Testpumping i 4 nivåer mellom 4,5 og 11,5 m ga hhv. 1 l/s, 1,3 l/s, 1,3 l/s og 0,7 l/s. Grunnvannsstanden påvirkes sterkt av store nedbørsmengder og steg fra 2,10 m til 1,57 m under bakkenivå i løpet av et døgn før pumpingen startet.

#### **4. PRØVEPUMPING**

På bakgrunn av resultatet fra de innledende boringene og enkle feltmålinger av vannkvalitet, ble det besluttet å sette ned en prøvebrønn (pb 10) for langtidsprøvepumping like ved bh 9. Det ble 2 ganger forsøkt å sette ned en Ø60 mm prøvebrønn i rustfritt stål med Con slot filter, men begge gangene knakk røret ved passering av et steinlag på 5,5 m dyp. I stedet ble det satt ned et Ø60 mm damprør med slisseåpninger i nivå 7,7 til 9,6 m. Rørene i bh 9 ble trukket opp til 9,5 m og ble satt igjen for å kunne peile endringer i grunnvannsnivået ved prøvebrønnen.

Langtidsprøvepumping ble igangsatt 01.11.96 med en tørroppstilt sugepumpe og et grunnvannsutttak på 3 l/s. Grunnvannstanden i peilerøret var først 1,72 m under markoverflaten og sank nærmest momentant til 4,27 m ved pumpestart. Etter 3 døgn var senkningen blitt 5,55 m under markoverflaten (m u.m.) og uttaket ble redusert til 2 l/s. Grunnvannstanden steg til 5,02 m u.m., men fortsatte deretter å synke til den nådde 5,65 m u.m. etter 7 døgn. Uttaket ble redusert til 1 l/s og grunnvannstanden var etter 2 døgn blitt 4,33 m u.m.. Det kom nå en periode med mye nedbør, og grunnvannstanden økte hurtig til 2,51 m u.m. for så å synke til 3,31 m u.m.

#### **5. VANNKVALITET**

Vannprøver har vært tatt hver 14. dag og blitt analysert for fysikalsk-kjemiske parametre ved NGU's laboratorium (databilag 2.1) og for mikrobiologiske parametre ved Næringsmiddeltilsynet i Orkdalsregionen (databilag 2.3). Prøvene viser god kvalitet med unntak av pH og alkalitet som gjennomgående har for lave verdier i hele området. Jerninnhold og fargetall som ellers har vært et problem i området, er lavt. Det har overhode ikke blitt påvist bakterier i vannet i prøvepumpingsperioden.

#### **6. SUPPLERENDE UNDERSØKELSER**

Nyere anslag for vannbehovet i området er imidlertid økt fra 1 l/s til 2,6 l/s på døgnbasis med ønske om et reservepotensiale for en eventuell videre utbygging av fiskeslakteriet på stedet. Et grunnvannsutttak må derfor enten baseres på en dypere brønn med dykkpumpe som tillater større senkning av grunnvannsspeilet eller på flere brønner. NGU videreførte derfor

større senkning av grunnvannsspeilet eller på flere brønner. NGU videreførte derfor undersøkelsene ved Oddbugen med ytterligere sonderboringer og testpumping med prøvetaking av vann og løsmasser.

Ved de første undersøkelsene ved Oddbugen ble løsmassemektingen i bh 9 bestemt til 18,8 m. Borekrona brakk imidlertid av under boringen, og de nye undersøkelsene viser at også 2 m av borestrengen må ha gått tapt, for dyp til fjell ble nå med sikkerhet bestemt til 16,4 m. Det ble også gjort 2 sonderboringer sør og vest for prøvebrønnen (bh 11 og bh 12, se kartbilag 1 og databilag 1.4 og 1.5). I bh 11 var det mye stein ned til 3,7 m, deretter vesentlig grusig sand ned til fjell på 14,8 m dyp. I bh 12 var det grusig sand og sand over fjell på 9,6 m dyp.

Ø31 mm rør i bh 9 ble drevet ned og testpumpet i nivå 10,5-11,5 m og 12,5-13,5 m for å få opp vann- og masseprøver. Vanngiverevnen var henholdsvis 0,7 l/s og 0,15 l/s. Ytelsen kunne nok ha vært høyere i nivå 12,5-13,5 m med et godt dimensjonert filter for det ble hele tiden pumpet opp finsand.

Vannprøvene fra nivå 10,5-11,5 m og særlig fra 12,5-13,5 m (se databilag 2.2) viser jerninnhold høyere enn tillatt verdi og i tillegg er innholdet av mangan, aluminium og sink høyere enn veiledende verdi (Sosial- og helsedepartementet, 1995). I dette nivået inneholdt løsmassene små biter av organisk materiale. Oksygenet i grunnvannet forbrukes når det organiske materialet råtner, og under oksygenfattige forhold løses jern i langt større grad ut i grunnvannet fra jernholdige mineraler. Ved et permanent uttak vil trolig oksygenrikt elvevann trekkes mot brønnen og problemer med høyt jerninnhold vil unngås. En eventuell produksjonsbrønn bør likevel ikke ta inn grunnvannet fra større dyp enn 10 m.

## 7. ANBEFALING

Vi anbefaler at det i første omgang settes ned en større rørbrønn med plass til en 6" senkpumpe. Vi har følgende forslag til brønnutforming:

Materiale:	Rustfritt stål
Dimensjon:	Ø 168 mm
Total dybde:	14 m
Filterplassering:	8-11 m
Filtertype:	Con slot
Filteråpning:	1,0 mm
Pumpeplassering:	11-13 m
Antatt max. kap:	4 l/s

Målene er angitt fra markoverflaten.

Senkumpå plasseres i sumprør under grunnvannsinntaket for å ha mulighet til å senke grunnvannsspeilet ned til 8 m og ytterligere 2 m i perioder med ekstra høyt vannbehov. Disse periodene vil være av kortere varighet i forbindelse med aktivitets-topper ved fiskeslakteriet, slik at grunnvannsnivået kan stabilisere seg over filterrøret igjen i perioder med normal aktivitet. Vi anbefaler at det monteres et skjørt på pumpe for å sikre at vannet strømmet forbi pumpas motor og derved hindrer overoppheting.

Beregninger gjort på grunnlag av masseprøver, målte senkninger i prøvepumpingsperioden og antakelser om grunnvannsspeilets helning i området, indikerer at vannuttak ved 8 m senkning kan være 2-3 l/s med topper på 4 l/s i ekstraordinære tilfeller. Det knytter seg imidlertid såpass stor usikkerhet til disse tallene at en må planlegge for at det kan bli nødvendig å sette ned en tilsvarende brønn i tillegg ved pkt 13 (se kartbilag 1).

## **8. REFERANSER**

Segar, D. & Muring, E., 1995: Grunnvannsundersøkelser i Hemne kommune: Oppfølging av GiN-prosjektet i Sør-Trøndelag fylke. NGU Rapport 94.069.

Sosial- og helsedepartementet, 1995: Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m. Nr. 68, I-9/95.

## 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 (pionær 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 løsmassetyper 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 dampør 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 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 pumpingen. I tillegg blir det gjort en bedømming av vanngjennomgangen ut fra hvor raskt nedspylt vann synker i testbrønnen. Ved en undersøkelse av en grunnvannsføremkomst er det vanlig med 2-10 undersøkelsesbrønner som prøvetas og testpumpes i 2-5 forskjellige nivå.

### c) Tolkning

De forskjellige nivåenes vanngiverevne, vanngjennomgangen i massene og senkningen av grunnvannsstanden under 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 prøvekaret. Ved undersøkelser som stiller strengere krav til representative og mer uforstyrrende prøver blir det benyttet spesielle prøvetakere.

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

## **4 BORINGER AV FJELLBRØNNER**

### a) Metodikk

Fjellbrønner blir boret med Nemec borerigg og Ø140 mm borkrone med luftspyling. Det blir benyttet foringsrør ned til fast fjell. Boreriggen kan bore skråbrønner, opptil 45° fra loddlinjen. Vanligvis blir det boret til 60-150 m dyp, men boringen kan bli avsluttet før på grunn av fare for innrasing i hullet (løst fjell) eller på grunn av klare indikasjoner på tilstrekkelige vannmengder på mindre dyp.

### b) Dataregistrering

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

### c) Tolkning

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

## 5 TESTPUMPIINGER AV FJELLBRØNNER

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

## 6 FULLSKALA, LANGTIDS PRØVEPUMPING

### a) Metodikk

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

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

Brønntype	Pumpetype	Pumperate	Grunnvannsstand under pumping	Produksjonsbrønn
Ø50-100 mm damprør med oppslisset filter	El. Sugepumpe (tørroppstilt)	1-20 l/s pr. brønn	Mindre enn ca. 6 m under overflaten	Nei
Ø50-76 mm brønn i rustfritt stål og med f.eks. Con Slot filter	El. Sugepumpe (tørroppstilt)	1-10 l/s pr. brønn	Mindre enn ca. 6 m under overflaten	Ja
Ø 150-500 mm rørbrønn.	El. Senkpumpe	1-50 l/s pr. brønn	Ingen begrensning	Ja

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

### b) Dataregistrering

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

### c) Tolkning

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

#### d) Langtids prøvepumping av fjellbrønner

Langtids prøvepumping av fjellbrønner skjer stort sett etter de samme prinsipper som prøvepumping av løsmassebrønner. Pumpeperioden bør være minst tre måneder. Pumpa bør dimensjoneres ut fra kapasiteten funnet ved testpumpingen og maksimal løftehøyde (i en driftsfase). Som oftest har man ingen eller svært få peilebrønner rundt pumpebrønnen. Dette gjør det vanskelig å beregne hydrauliske parametere og størrelsen på klausuleringssoner. Kapasiteten måles sikrest ved bruk av automatisk vannmåler på utløpsledningen fra pumpa etter at pumperaten er regulert slik at vannstanden i borehullet innstiller seg i et konstant nivå like over pumpa. Det er da likevekt mellom uttatt vannmengde og det maksimale tilsiget av grunnvann til brønnen. Utløpsledningen føres såpass langt bort fra brønnen at det ikke kan skje reinfiltrasjon av opp-pumpet vann langs brønnrøret eller i nærliggende fjellsprekker som står i hydraulisk kontakt med grunnvannsmagasinet.

Under pumpeperioden tas det vannprøver til både fysikalsk-kjemiske og bakteriologiske analyser minimum en gang pr. måned.

## **7 VANNPRØVETAKING**

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

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

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

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

## **8 FELTANALYSER**

Feltanalyser blir gjort for å få en foreløpig vurdering av grunnvannskvaliteten, og av parametre som må/bør analyseres i felt. Aktuelle kationer og anioner (Fe, Mn, NO<sub>3</sub>), CO<sub>2</sub>-innhold og O<sub>2</sub> -innhold blir bestemt ved bruk av fargespektrometri, mens til feltmålinger av pH, Eh og ledningsevne brukes sensoriske metoder.

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

## 9 LABORATORIEUNDERSØKELSER

I forbindelse med grunnvannsundersøkelser blir det ved NGU's laboratorium utført kornfordelingsanalyser av masseprøver og fysikalsk-kjemiske analyser av grunnvannsprøver. Kornfordelingen er bestemt ved tørrsiktning av materiale større enn 0.063 mm med bruk av følgende siktesats: 0.0625 mm, 0.125 mm, 0.25 mm, 0.5 mm, 1.0 mm, 2.0 mm, 4.0 mm, 8.0 mm og 16 mm. Hvis mer enn 10 % av prøven er mindre enn 0.0625 mm blir det kjørt sedigrafanalyse på oppslemmet materiale av denne prøvedelen.

Som standard analyseres følgende fysikalsk-kjemiske parametre på vannprøver:

- ledningsevne
- pH
- alkalitet
- fargetall
- turbiditet
- 30 kationer
- 7 anioner

Bestemmelse av ledningsevne blir gjort etter Norsk Standard (NS) 4721 og måleinstrumentet er et Radiometer CDM 83 Conductivity meter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.004 mS/m og en målenøyaktighet på  $\pm 2\%$  for verdier over 0.2 mS/m,  $\pm 0.004$  mS/m i måleområdet 0.004-0.2 mS/m og  $\pm 0.003$  mS/m i måleområdet  $< 0.004$  mS/m.

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

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

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

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

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

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

**Tabell 2: Nedre bestemmelsesgrense og analyseusikkerhet for analyserte kationer.**

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

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

**Tabell 3: Nedre bestemmelsesgrense for analyserte anioner**

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

Analyseusikkerheten er 10 % rel. for alle ionene.

Kvaliteten av analysene er kontrollert ved beregning av ionebalansen ( $\Sigma$ kationer =  $\Sigma$ 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:

$\Sigma$ Anioner + $\Sigma$ 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

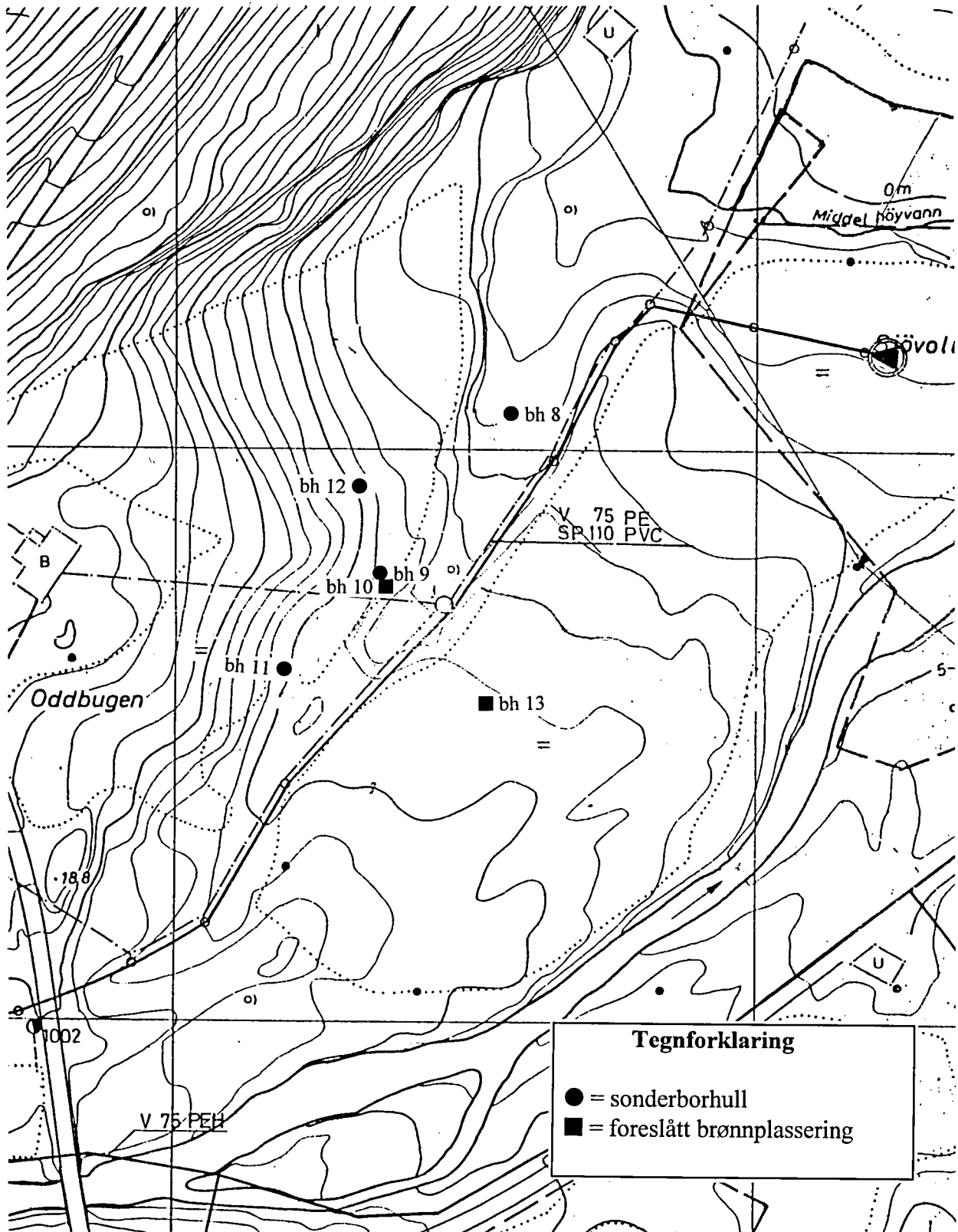
Sosial- og helsedepartementet, 1995: Forskrifter om vannforsyning og drikkevann m.m.

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*.



<p>Detaljkart som viser plassering av borpunktene ved Storodan. Utsnitt fra økonomisk kartverk.</p>	<p>Målestokk: 1 : 1 000</p>	<p>Målt Tegn Trac KFR</p>	<p>BjF</p>
<p>Norges geologiske undersøkelse Trondheim</p>	<p>Tegning nr.</p>	<p>Kartblad nr.</p>	

**GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER**

**STED:** Storodan, Hemne

**UTFØRT DATO:** 09.10.96

**BORPUNKT NR:** bh 8

**BORUTSTYR:** Borros borerigg

**SONDERBORING:** 57 mm      **UNDERSØKELSESBRØNN:**

**UTM-KOORDINATER:**                      **SONE:** 32V                      **Ø-V:** 0507252   **N-S:** 7027471  
**KARTBLAD (M711):**                      1421 I

**OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:** 4 m

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

**GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:**

**MERKNAD:**

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [ °C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	Stein, grus, sand		DS	-	Borte				
	Stein, grus, sand	0,45	DS	-	Brunt				
3,5	Grusig sand	0,30	-	-	Brunt				
	Grusig sand	0,20	-	-	Borte				
5,5	Grusig sand	0,35	-	-	Borte	7,2		0,3	L = 63,2 Barkbiter, H <sub>2</sub> S-lukt
	Sand	0,20	-	-	Borte				
7,5	Sand	0,30	-	-	Borte	6,1		0,3	L = 87,8 Barkbiter, H <sub>2</sub> S-lukt
	Sand, grusig, steinig	1,10	DS	-	Borte				
9,5	Sand, grusig, steinig	1,40	S	-	Borte	5,4			
	Moreneaktig	0,50	S	0-15	Grått				
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: Storodan, Hemne

UTFØRT DATO: 09.10.96

BORPUNKT NR: bh 9

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: 57 mm      UNDERSØKELSESBRØNN:

UTM-KOORDINATER:                      SONE: 32V                      Ø-V: 0507320 N-S: 7027407  
KARTBLAD (M711):                      1421 I

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 9 m

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

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 2,30 - 1,57 m (varierer med trykkehøgden i elva)

MERKNAD: Mistet borekrona som står igjen i hullet

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				
	Stein, grus, sand	0,50	DS	-	Brunt				
3,5	Sand	0,20	-	-	Brunt				
	Sand, noe grusig	0,30	DS	-	Borte				
5,5	Sand, grusig	0,40	DS	-	Borte	7,2		1,0	MP + VP, L = 63,2
	Sand, grusig	0,45	DS	-	Borte				
7,5	Sand, grusig	0,45	DS	-	Borte	6,1		1,33	MP + VP
	Sand, grusig	0,50	DS	-	Borte				
9,5	Sand, grusig	0,50	DS	-	Borte	5,4		1,33	MP + VP
	Sand, grusig	0,50	DS	-	Borte				
11,5	Sand, grusig	1,00	DS	-	Borte	6,2		0,67	Hardere lag i mellom
	Sand, grusig	0,45	DS	-	Borte				
13,5	Moreneaktig siste 20 cm	1,10	DS	-	Borte				Tette, harde masser
	Sand, noe hardt	1,00	DS	-	Borte				
15,5	Sand, noe hardt	1,10	DS	-	Borte				Vekslende lag
	Sand, noe hardt	1,00	S	-	Borte				Vekslende lag
17,5	Sand, noe hardt	0,45	DS	-	Borte				Vekslende lag
	Finsand, siltig	4,10	S	5	Borte				Meget hardt og tett
19,5									
21,5									Mistet borekrona som står igjen i hullet.
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:** Storodan, Hemne

**UTFØRT DATO:** 25.02.97

**BORPUNKT NR:** bh 9, (2. runde.)

**BORUTSTYR:** Hafo borerigg

**SONDERBORING:** 57 mm      **UNDERSØKELSESBRØNN:**

**UTM-KOORDINATER:**                      **SONE:** 32V                      **Ø-V:** 0507340    **N-S:** 7027375  
**KARTBLAD (M711):**                      1421 I

**OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:** 9 m

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

**GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:** Ikke målt

**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
1,7	Grusig sand								
	Grusig sand								
3,7	Grus								
	Grus								
5,7	Grus								
	Grus								
7,7	Grus med sandlag								
	Grus med sandlag								
9,7	Grus med sandlag								
	Sand med gruskorn								
11,7	Sand med gruskorn					5,0		0,67	MP + VP, L = 70,8
	Grus								
13,7	Sand med gruskorn					7,9	20	0,15	MP + VP, L = 71,6. Finsand.
	Sand								
15,7	Sand								
	Fjell fra 16,4 m								
17,7	Fjell								
19,7									
21,7									
23,7									
25,7									
27,7									
29,7									

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:** Storodan, Hemne

**UTFØRT DATO:** 25.02.97

**BORPUNKT NR:** bh 11

**BORUTSTYR:** Hafo borerigg

**SONDERBORING:** 57 mm      **UNDERSØKELSESBRØNN:**

**UTM-KOORDINATER:**                      **SONE:** 32V                      **Ø-V:** 0507342    **N-S:** 7027370  
**KARTBLAD (M711):**                      1421 I

**OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:** 10 m

**BRØNN-/FILTERTYPE:** Ikke satt

**GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:** Ikke målt

**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
0,5	0,5 m sand, deretter stein								
1,7	Stein, grus								
3,7	Stein, grus								
5,7	Stein, grus								
5,7	Grus med sandlag								
5,7	Grus med sandlag								
7,7	Grusig sand								
7,7	Grusig sand								
9,7	Grusig sand								
9,7	Grus								
11,7	Sand med gruslag								
11,7	Sand med gruslag								
13,7	Grus								
13,7	Sand med gruskorn								
15,7	Sand								
15,7	Fjell fra 14,8 m								
17,7									
19,7									
21,7									
23,7									
25,7									
27,7									
29,7									

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:** Storodan, Hemne

**UTFØRT DATO:** 25.02.97

**BORPUNKT NR:** bh 12

**BORUTSTYR:** Hafo borerigg

**SONDERBORING:** 57 mm      **UNDERSØKELSESBRØNN:**

**UTM-KOORDINATER:**                      **SONE:** 32V                      **Ø-V:** 0507346   **N-S:** 7027513  
**KARTBLAD (M711):**                      1421 I

**OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:** 9,5 m

**BRØNN-/FILTERTYPE:** Ikke satt

**GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:** Ikke målt

**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
0,5	0,5 m sand, deretter grus								
1,7	Grus								
3,7	Grusig sand								
5,7	Grusig sand								
7,7	Sand med gruslag								
9,7	Grus								
11,7	Sand								
13,7	Sand								
15,7	Sand med gruskorn								
17,7	Sand med gruskorn								
19,7	Fjell fra 9,6 m								
21,7									
23,7									
25,7									
27,7									
29,7									

S: Slag                      DS: Delvis slag                      B: Brunt                      G: Grått                      S: Svart                      R: Rødt  
MP: Materialprøve                      VP: Vannprøve                      L: Ledningsevne [µS/cm]

## VANNANALYSER

FYLKE: Sør-Trøndelag

KART (M711): 1421 I

KOMMUNE: Hemne

PRØVESTED: Storodan

OPPDRAKSNUMMER: 1996.0256/1997.0025

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	bh 9 Storodan	bh 9 Storodan	bh 10 Storodan	bh 10 Storodan	bh 10 Storodan	bh 10 Storodan	Veiledende verdi	Største tillatte konsentrasjon		
Dato	09.10.96	09.10.96	18.11.96	02.12.96	16.12.96	06.01.97				
Brønntype	løsmasse	løsmasse	løsmasse	løsmasse	løsmasse	løsmasse				
Prøvedyp	m	4,5-5,5	8,5-9,5	7,7-9,6	7,7-9,6	7,7-9,6				
Brønndimensjon	mm	32	32	51	51	51				
X-koordinat	Sone: 32	0507320	0507320	0507320	0507320	0507320				
Y-koordinat	Sone: 32	7027407	7027407	7027407	7027407	7027407				
<b>Fysisk/kjemisk</b>										
Surhetsgrad, felt/lab	pH	5,56	5,4	5,61	5,68	5,98	6,20	6,15	7,5-8,5	6,5-8,5 <sup>2</sup>
Ledningsevne, felt/lab	µS/cm	63,4	59	66,1	62	65	70	64	< 400	
Temperatur	°C	7,2	5,9						< 12	25
Alkalitet	mmol/l	0,07	0,07	0,07	0,11	0,06	0,06		0,6-1,0 <sup>2</sup>	
Fargetall	mg Pt/l	2,0	2,8	10,6	4,0	4,0	7,6		< 1	20
Turbiditet	F.T.U	3,9	3,5	0,08	0,12	0,09	0,11		< 0,4	4
Oppløst oksygen	mg O <sub>2</sub> /l								> ca 9	
Fritt karbondioksid	mg CO <sub>2</sub> /l								< 5 <sup>2</sup>	
Redoks.potensial, E <sub>h</sub>	mV									
<b>Anioner</b>										
Fluorid	mg F/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			1,5
Klorid	mg Cl/l	8,69	8,73	9,09	9,28	8,87	8,67		< 25	
Nitritt	mg NO <sub>2</sub> /l	<0,05	<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	<0,1			
Nitrat	mg NO <sub>3</sub> /l	5,33	5,57	5,98	7,10	6,21	5,69			44
Fosfat	mg PO <sub>4</sub> /l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2			
Sulfat	mg SO <sub>4</sub> /l	4,23	4,66	4,79	4,80	4,89	5,35		< 25	100
Sum anioner+alkalitet	meq/l									
<b>Kationer</b>										
Silisium	mg Si/l	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9			
Aluminium	mg Al/l	0,096	0,102	0,113	0,040	0,043	0,110		< 0,05	0,2
Jern	mg Fe/l	0,118	0,063	0,018	<0,01	<0,01	<0,01		< 0,05	0,2
Magnesium	mg Mg/l	0,862	0,878	1,0	1,0	1,0	1,0			20
Kalsium	mg Ca/l	2,7	2,5	2,7	2,9	2,9	2,9		15-25 <sup>2</sup>	
Natrium	mg Na/l	5,1	5,3	5,6	5,8	5,7	5,6		< 20	150
Kalium	mg K/l	2,4	2,7	2,7	2,4	2,2	2,2		< 10	12
Mangan	mg Mn/l	0,0140	0,0158	0,0158	0,0158	0,0158	0,0157		< 0,02	0,05
Kobber	mg Cu/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		< 0,1	0,3
Sink	mg Zn/l	0,0068	0,0041	0,0045	0,0038	0,0020	0,0023		< 0,1	0,3
Bly	mg Pb/l	<0,05	<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	<0,02			0,05
Kadmium	mg Cd/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			0,005
Krom	mg Cr/l	<0,01	<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			0,01
Sum kationer <sup>3</sup>	meq/l									
Ionebalanseavvik <sup>4</sup>	%									

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



## ANALYSERESULTAT MIKROBIOLOGISKE PARAMETRE utført ved Næringsmiddeltilsynet i Orkdalsregionen

Prøvedato	Kimtall 22°C, 3 døgn /ml	Koliforme bakt. /100 ml	Termost koliforme bakterier /100 ml	pH	Ledningsevne mS/m	Turbiditet F.T.U.	Fargetall mgPt/l
23.12.96	1	0	0	5,6	6,8	0,11	0
13.01.96	4	0	0	5,6	6,8	0,05	2
27.01.97	1	0	0	5,8	6,5	0,06	2

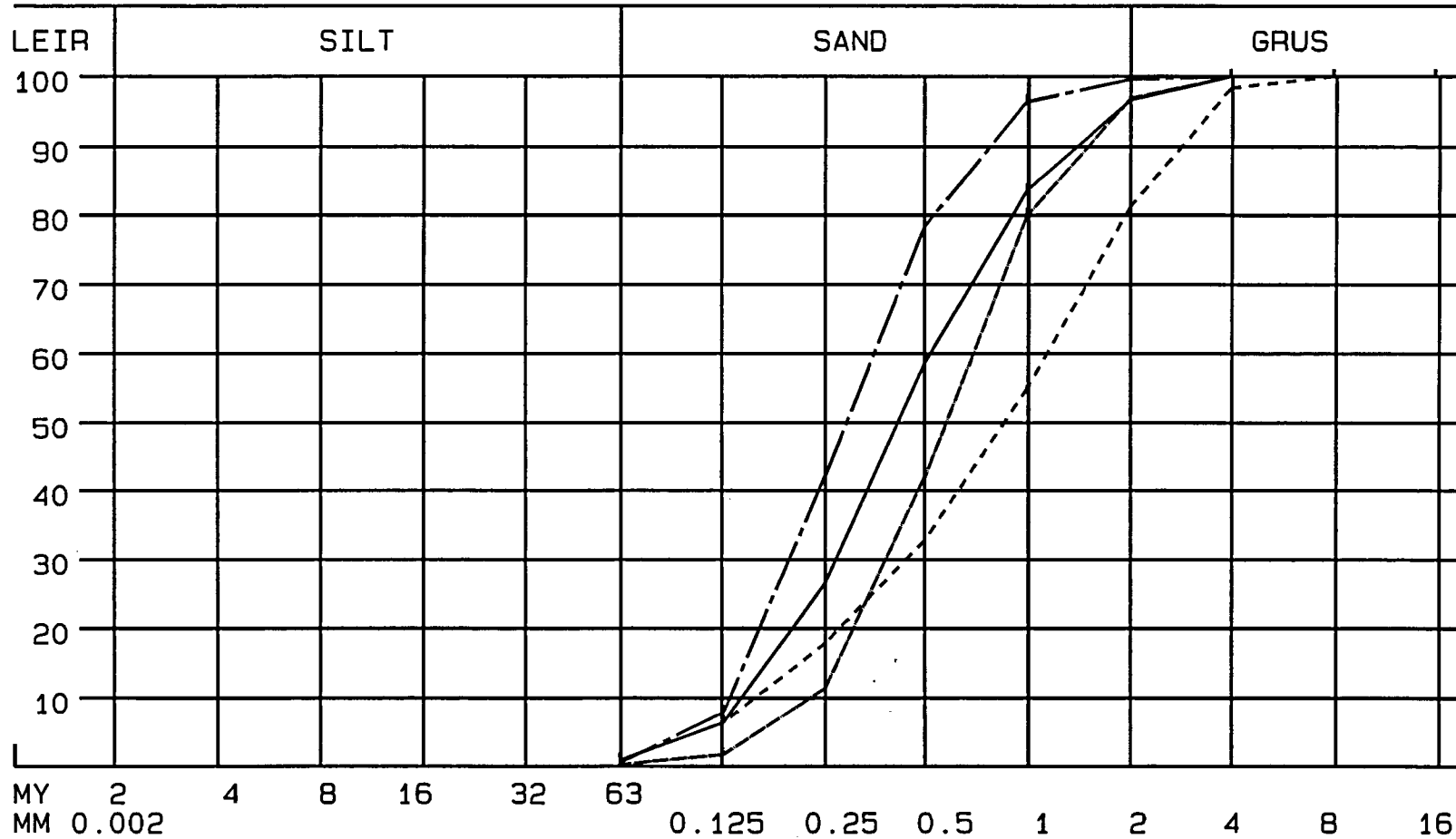
Krav*	Kimtall 22°C, 3 døgn /ml	Koliforme bakt. /100 ml	Termost koliforme bakterier /100 ml
Veiledende verdi	100		
Største tillatte konsentrasjon		0	0

\*Krav til mikrobiologiske parametre i Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m.

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDELINGSKURVE

XXX XXX



MY 2 4 8 16 32 63  
 MM 0.002  
 KORNSTØRRELSE

	Sted	Dyp (m)	$M_d$ (mm)	$d_{10}$ (mm)	$d_{60}$ (mm)	$C_u$ ( $d_{60}/d_{10}$ )	$E(C_u)$	$k$ (m/s)	
—————	960492	Storodan	4,5-5,5	0,41	0,1416	0,52	3,67	15,5	3,11E-04
-----	960493	Storodan	6,5-7,5	0,85	0,156	1,2	7,69	11,0	2,68E-04
-----	960494	Storodan	8,5-9,5	0,58	0,2251	0,65	2,89	16,5	8,36E-04
-----	960495	Storodan	10,5-11,5	0,29	0,1307	0,3	2,30	16,8	2,87E-04

$M_d$  er midlere kornstørrelse.  $k$  er hydraulisk ledningsevne utledet av  $d_{10}$  og  $C_u$

KORNFORDELINGSKURVER