

NGU Rapport 98.167

Grunnvannsundersøkelser ved
Semselva, Steinkjer kommune

Rapport nr.: 98.167		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Grunnvannsundersøkelser ved Semselva, Steinkjer kommune				
Forfatter: Bernt Olav Hilmo		Oppdragsgiver: RG Prosjekt A/S		
Fylke: Nord-Trøndelag		Kommune: Steinkjer		
Kartblad (M=1:250.000) Grong		Kartbladnr. Og -navn (M=1:50.000) 1723 III Steinkjer		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 24	Pris: 45,-	
Feltarbeid utført: oktober 1998		Rapportdato: 17.12.1998	Prosjektnr.: 271217	Ansvarlig: <i>Arve Absent</i>
Sammendrag: <p>Norges geologiske undersøkelse (NGU) har undersøkt forholdene for grunnvannsuttak ved Semselva i Steinkjer kommune med tanke på vannforsyning i Føllingområdet. NGU har tidligere påvist muligheter for grunnvannsuttak i området (NGU Rapport 93.040). Formålet med de oppfølgende undersøkelsene var å finne gunstigste brønnplassering og å sette ut et nett av peilebrønner for måling av grunnvannsnivået under prøvepumping. Undersøkelsene omfattet tre undersøkelsesboringer i løsmasser, samt nedsetting av en observasjonsbrønn i plast for vannprøvetaking i en gammel avfallsfylling. Alle de tre undersøkelsesboringene indikerte gode forhold for grunnvannsuttak. Grunnvannet i undersøkelsesbrønnene, samt i to prøvetatte kilder er rikt på løste mineraler (relativt hardt vann), men det tilfredsstillende kravene til drikkevann. Ut fra en samlet vurdering av beliggenhet i forhold til gammel avfallsfylling og dyrket mark, naturlig beskyttelse, grunnvannets kvalitet og mulige uttaksmengder, anbefales det etablering av en produksjonsbrønn ved undersøkelsesbrønn 2. Brønnen bør prøvepumpes i minst 3 måneder for å dokumentere kapasitet og kvalitet over tid.</p>				
Emneord: Hydrogeologi				Sonderboring
Løsmasse		Grunnvannskvalitet		Grunnvannsforsyning
				Fagrapport

INNHOLDSFORTEGNELSE

1. INNLEDNING	4
1.1 Bakgrunn	4
1.2 Muligheter for grunnvannsutttak	4
1.3 Gjennomføring av undersøkelser	5
2. RESULTATER	5
2.1 Undersøkelserboringer	5
2.2 Grunnvannskvalitet	6
2.3 Vurdering av forurensningskilder	6
3. VIDERE ARBEID	7
4. REFERANSER	7

KARTBILAG

- 1 Detaljkart i M 1 : 5000 som viser plasseringen av tidligere boringer, nye undersøkelsesbrønner og prøvetatte kilder ved Semselva.
- 2 Detaljkart i M 1 : 5000 som viser plasseringen av peilebrønner og forslag på produksjonsbrønn ved Semselva.

TEKSTBILAG

- 1 Hydrogeologiske undersøkelsesmetoder i løsmasser ved NGU

DATABILAG

- 1.1-1.3 Borprofiler, utskrift fra NGU's hydrogeologiske database.
- 2 Fysikalsk-kjemiske analyser av grunnvannsprøver
- 3.1-3.2 Kornfordelingsanalyser av masseprøver
- 4 Dimensjonering av rørbrønn

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Eksisterende vannforsyning i Føllingområdet, Steinkjer kommune dekkes av et lite kommunalt vannverk (Følling vannverk), flere små private vannverk og enkeltanlegg. Det kommunale vannverket benytter en fjellbrønn ved Vanderås. Kapasiteten på denne er for liten til å dekke områdets vannbehov på ca. 1 l/s (maks. døgnbehov). De øvrige anlegg forsynes fra grunnvannskilder/brønner i fjell og løsmasser, samt overflatevannskilder. Kvalitet og kapasitet er ukjent for mange av anleggene.

Det er nå aktuelt å bygge et nytt grunnvannsanlegg i området og i den forbindelse ønsket kommunens konsulent en nærmere utredning av en tidligere påvist grunnvannsføremkomst ved Semselva. I samråd med oppdragsgiver ble grunnvannsundersøkelsene planlagt gjennomført i to faser, der man i fase 1 skulle avklare brønnplassering og brønn dimensjonering ut fra tidligere undersøkelser og supplerende undersøkelsesboringer. I fase 2 skal det gjennomføres en langtids prøvepumping der formålet er å gi sikker dokumentasjon av grunnvannets kvalitet og kapasitet over tid, vurdere påvirkning fra potensielle forurensningskilder og gi forslag på sikringstiltak og klausuleringssoner rundt brønnen. Denne rapporten summerer opp resultatene fra fase 1.

1.2 Muligheter for grunnvannsutttak

I 1991 og 1992 undersøkte NGU mulighetene for grunnvannsforsyning i området på bakgrunn av vurderinger av grunnvannsutttak fra fjellbrønner ved Vandrås og undersøkelsesboringer i løsmasser langs Semselva. Disse arbeidene er presentert i NGU Rapport 92.201, NGU Rapport 93.040 og i hovedoppgave i VAR-teknikk, *Bruk av grunnvann som alternativ vannforsyningskilde for kretser i Steinkjer kommune*. (Skullerud, 1992) Ut fra disse undersøkelsene ble det konkludert med at det beste alternativet for grunnvannsforsyning var uttak fra løsmassebrønner på nordsiden av Semselva nord for Sem gård. Her ble det påvist en grunnvannsføremkomst som ligger under et lag med marin leire. Grunnvannsmagasinet ligger derfor godt beskyttet mot eventuelle forurensninger fra overflaten. Grunnvannet er artesisk, i og med at trykkflaten ligger ca. 3 m over markoverflaten. Kapasiteten på undersøkelsesbrønnen var 0,8 og 0,5 l/s på hhv. 6,5-7,5 og 10,5-11,5 m dyp. Fysikalsk-kjemiske analyser viser at grunnvannet er rikt på løste mineraler, særlig kalsium, men alle analyserte parametere tilfredsstillende de nye kravene til drikkevann.

1.3 Gjennomføring av undersøkelsene

Feltarbeidet ble utført i oktober 1998. Bernt Olav Hilmo har vært ansvarlig for arbeidet. Andre involverte har vært Eilif Danielsen (løsmasseboring) og Bjørn Iversen (løsmasseboring). Undersøkelsesboringene ble gjort med HAFO beltegående borerigg. Der hvor sonderboringen indikerte egnede løsmasser for grunnvannsuttak, ble det satt ned en Ø32 mm testbrønn med en meter filter som ble pumpet i forskjellige nivå for kapasitetsvurderinger og prøvetaking av grunnvann og løsmasser. Tekstbilag 1 gir en mer detaljert beskrivelse av grunnvannsundersøkelser i løsmasser.

2. RESULTATER

Kartbilag 1 viser lokaliseringen av tidligere sonderboringer, utførte undersøkelsesboringer prøvetatte kilder og avfallsfylling med nedsatt observasjonsbrønn. Databilag 1.1-1.3 viser borprofilene til undersøkelsesbrønnene i form av utskrifter fra NGU's hydrogeologiske database. Databilag 2 viser resultatet av fysikalsk-kjemiske analyser av grunnvannsprøver og databilag 3 viser kornfordelingskurver av opp-pumpede sedimentprøver.

2.1 Undersøkelsesboringer

Borhull 1 ligger på nordsida av Semselva, ca 50 m øst for tidligere borhull 2 (92). Boringen viste min. 18 m med vekslende grus, sand og finsand. Testpumping på 4,7-5,7 m, 6,7-7,7, 8,7-9,7 m og 10,7 -11,7 m dyp ga vannmengder på henholdsvis 1,4 l/s, 1,0 l/s, 0,1 l/s og 0,2 l/s. Forholdene for grunnvannsuttak er dermed best i nivå 4,7-7,7 m. Grunnvannet er artesisk i det trykkehøyden står mer enn 2 m over bakkenivået. På grunn av mye finsand i massene greide vi bare å få tatt en klar vannprøve fra nivå 4,7-5,7 m.

Borhull 2 som også ligger på nordsida av Semselva, ca. 40 m øst for borhull 1, viste sand og leire ned til 4 m dyp. Fra 4 m og til min.15,7 m ble det påvist grus og sand som stedvis var moreneaktig. Testpumping på 4,7-5,7 m, 8,7-9,7 m,10,7-11,7 m og 12,7-13,7 m dyp ga vannmengder på henholdsvis 0,4 l/s, 0,25 l/s, 1,8 l/s og 0,25 l/s. Forholdene for grunnvannsuttak er best i nivå 10,5-12,5 m. Det ble ikke påvist artesiske forhold i denne undersøkelsesbrønnen.

Borhull 3 ble plassert i nærheten av flere markerte oppkommer på sørsida av Semselva og ca. 80 m NØ for borhull 2. Denne boringen viste silt og leire til ca. 6 m dyp. Videre ned til 17,7 m dyp hvor boringen ble avsluttet, ble det påvist sand og grus som stedvis var hardt pakket. Testpumping på 6,7-7,7 m, 8,7-9,7 m, 10,7-11,7 m, 12,7-13,7 m og 14,7-15,7 m dyp ga vannmengder på henholdsvis 0,25 l/s, 0,8 l/s, 0,2 l/s, 0,7 l/s og 0,8 l/s. Forholdene for grunnvannsuttak er best i nivå 8-10 m og i nivå 12-16 m. Brønnspissen står igjen på 15,7 m dyp og ca. 0,3 l/s renner over uten pumping (artesiske forhold).

2.2 Grunnvannskvalitet

I tillegg til vannprøver tatt ved testpumping av undersøkelsesbrønnene, ble det også tatt prøver av to kilder (kartbilag 1). De fysikalsk-kjemiske analysene viser at alle grunnvannsprøvene er rike på løste mineraler med pH-verdi rundt 8, forholdsvis høy alkalitet og relativt høye konsentrasjoner av kalsium, magnesium og sulfat. Brønn 2 har lavest alkalitet og kalsiuminnhold. I tillegg har vannprøvene fra undersøkelsesbrønn 2 og 3 et noe forhøyet innhold av natrium, mens brønn 3 i tillegg har et høyere kloridinnhold enn resten. Fluorinnholdet i alle grunnvannsprøvene ligger mellom 0,5 og 1,3 mg/l. Dette er gunstig for tannhelsen, men det er såpass høyt at behovet for andre fluortilskudd bør vurderes. Den høye turbiditeten i grunnvannet fra undersøkelsesbrønnene skyldes at det var vanskelig å få tatt klare vannprøver ved testpumpingen. Bortsett fra turbiditeten tilfredsstiller alle målte parametere kravene i Drikkevannsforskriften, slik at grunnvannskvaliteten må betegnes som meget god. Det må dog bemerkes at grunnvannet er såpass hardt at det kan gi bruksmessige ulemper i form av dårlig såpeskumming og avleiringer i kjeler, varmtvannsberedere etc. På bakgrunn av vannanalysene skulle det ikke være nødvendig med behandling av grunnvannet utover lufting, men en endelig vurdering av dette må basere seg på vannkvalitetsdataene fra prøvepumpingsperioden.

2.3 Vurdering av forurensningskilder

I NGU Rapport 93.040 blir det påpekt flere mulige forurensningskilder. I området er det mye dyrket mark, slik at gjødsling og sprøyting kan utgjøre en forurensningstrussel. Aktivitet i forbindelse med massetaket ved Sem gård er en annen mulig forurensningskilde, likeså en fylling med hovedsakelig grovavfall mellom massetaket og elva. Selv om grunnvannsførekosten ligger under et flere meter tykt leirlag og dermed er godt beskyttet, bør mulige forurensninger fra de nevnte kildene vurderes

nøye bl. a. på bakgrunn av resultatene fra langtidspumpingen. Vi har i den sammenheng satt ned en observasjonsbrønn for vannprøvetaking i avfallsfyllinga.

3. VIDERE ARBEID

I NGU Rapport 93.040 ble det foreslått å sette ned to Ø54 mm sandpisser og ta ut grunnvann ved hjelp av tørroppstilt sugepumpe. Dette gir noe mindre brønnekostnader sammenlignet med bruk av rørbrønn og dykkpumpe. På grunn av større driftssikkerhet vil vi likevel anbefale etablering av en rørbrønn for grunnvannsutttak ved peilebrønn 1 (se kartbilag 2) som er identisk med borhull 2 (98). Forslag til brønnutforming er gitt i databilag 4. Brønnen bør prøvepumpes i ett år, men hvis kapasitet og kvalitet er god og stabil kan prøvepumpingen avsluttes etter tre måneder. For å kunne vurdere grunnvannets strømming inn mot brønnen skal grunnvannsnivået i de nedsatte peilebrønnene måles jevnlig under pumpeperioden. Dette vil danne grunnlag for å beregne størrelsen på klausuleringssonene rundt brønnen. I tillegg skal kapasiteten i produksjonsbrønnen måles og det skal tas vannprøver til både bakteriologiske og fysikalsk-kjemiske analyser. Vann fra observasjonsbrønnen i avfallsfyllinga skal analyseres på organiske miljøgifter for å kunne vurdere forurensningsfaren fra denne.

4. REFERANSER

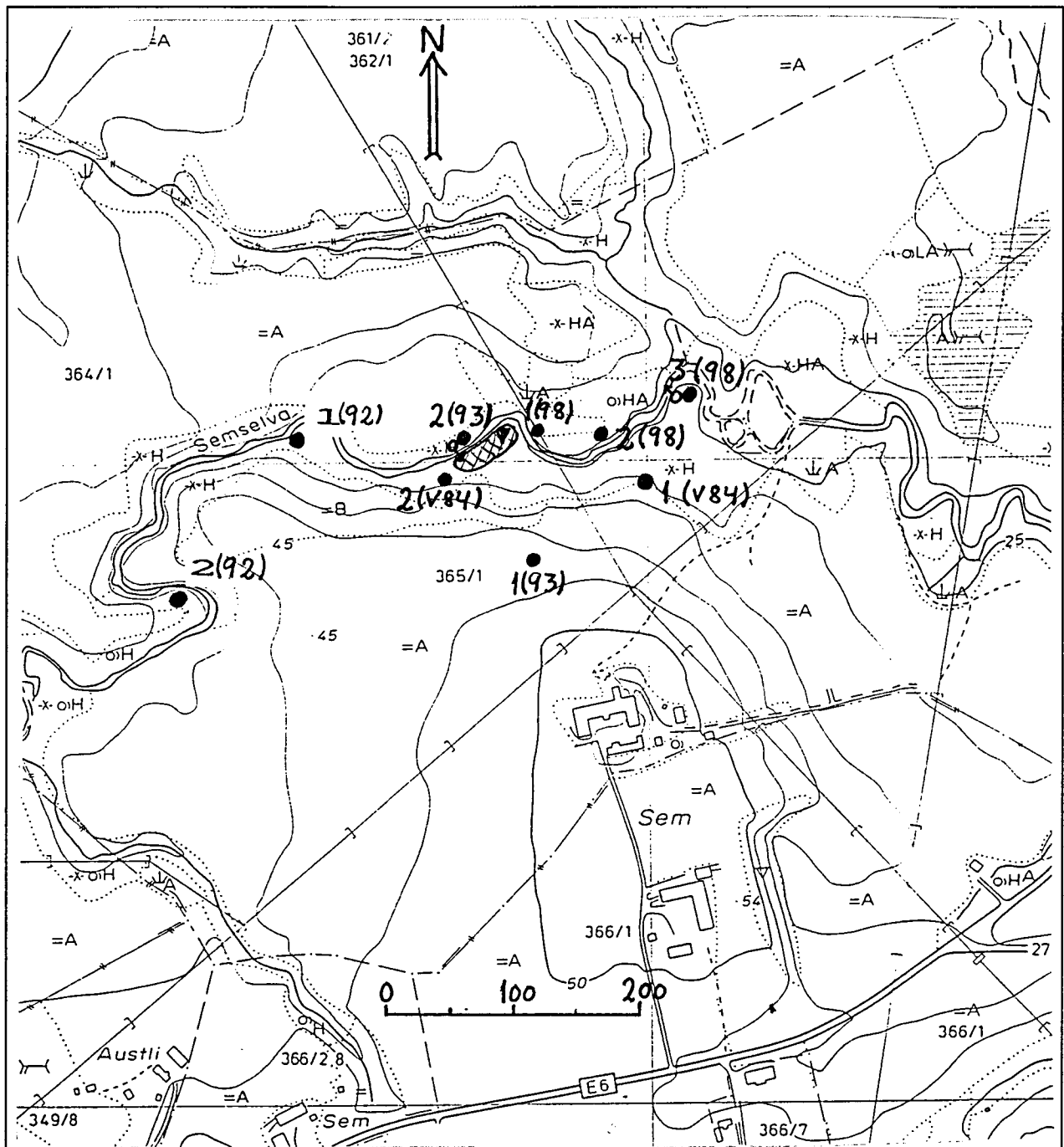
Hilmo, B. O. 1992: Grunnvann i Steinkjer kommune, NGU Rapport 92.201. Norges geologiske undersøkelse.

Skullerud, E. og Jæger, Ø. 1993: Grunnvannsundersøkelser i Steinkjer kommune. Oppfølging av GiN-prosjektet i Nord-Trøndelag, NGU Rapport 93.40. Norges geologiske undersøkelse.

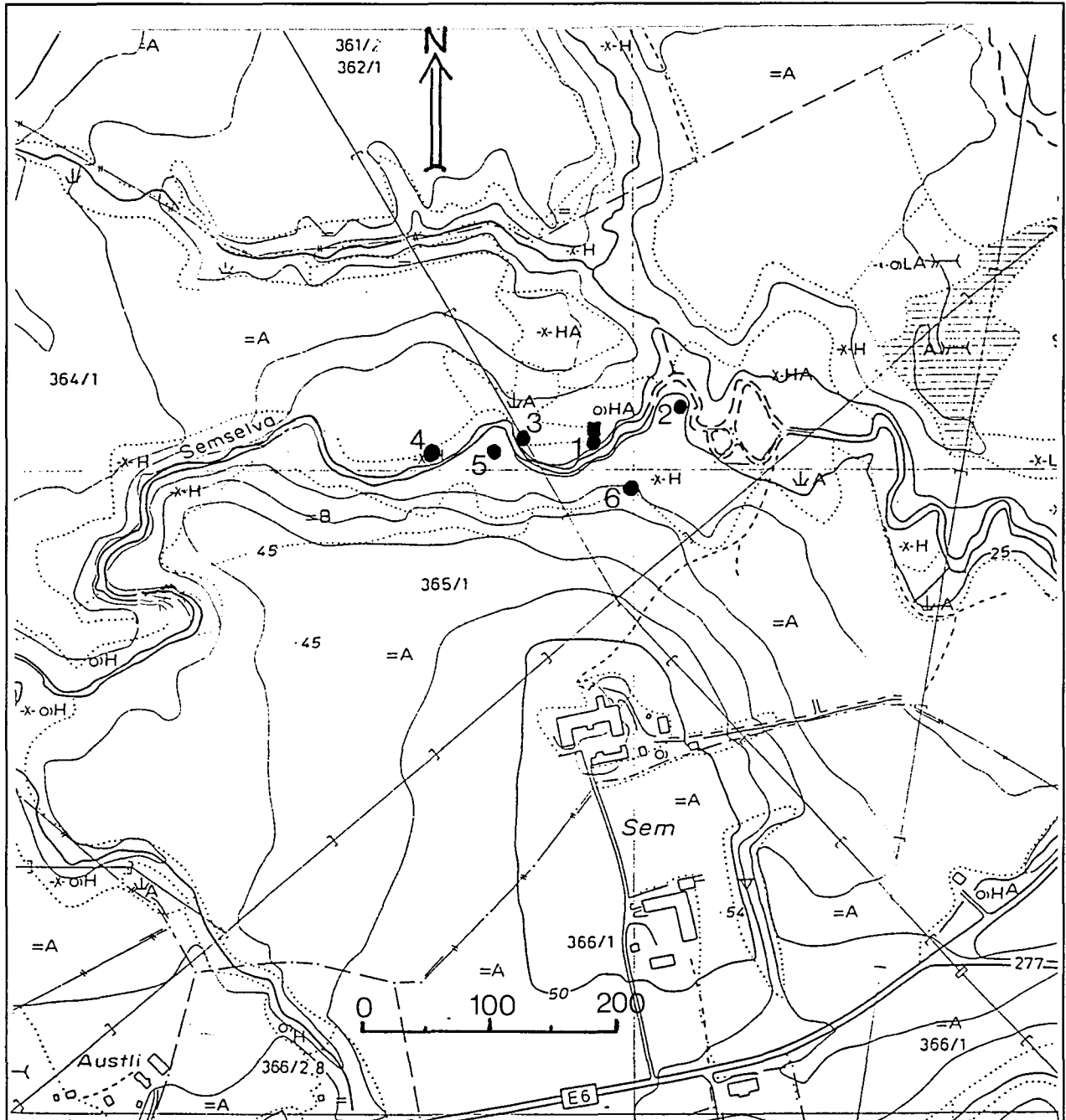
Skullerud, E. 1992: Bruk av grunnvann som alternativ vannforsyningskilde for kretser i Steinkjer kommune, hovedoppgave i VAR-teknikk, Norges tekniske høgskole.

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

Viak 1984: Fremtidig vannforsyning i Steinkjer kommune. Redegjørelse for hydrogeologiske undersøkelser. Sollefteå 1984.



<p>Detaljkart M 1: 5000</p> <p>Tidligere sonderboringer, nye undersøkelsesbrønner og prøvetatte kilder ved Semselva, Steinkjer kommune.</p>	<p>Tegnforklaring</p> <p>(84-93) ● Tidligere boringer</p> <p>(98) ● Nye undersøkelsesbrønner</p> <p>▼ Observasjonsbrønn</p> <p>⊙ Prøvetatte kilder</p>
--	---



Detaljkart M 1: 5000

Plassering av peilebrønner
og forslag på plassering av produksjons-
brønn ved Semselva, Steinkjer kommune

Tegnforklaring

- Peilebrønner
- Forslag på plassering av produksjonsbrønn

HYDROGEOLOGISKE UNDERSØKELSESMETODER I LØSMASSER VED NGU

1 SONDERBORINGER

a) Metodikk

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

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

b) Dataregistreringer

Under boring med Borros/Hafo borerigg registreres borsynk (sekund/m), vanntrykk (kg), om det brukes slag under boring og karakterisering av boreslammet (farge og kornstørrelse). Ved sonderboring med håndholdt borutstyr registreres borsynk og friksjonslyden ved 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 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 grunnvannsføremst er det vanlig med 2-10 undersøkelsesbrønner som prøvetas og testpumpes i 2-5 forskjellige nivå. Alle sonderboringer og undersøkelsesbrønner blir lagt inn i NGU's hydrogeologiske database.

c) Tolkning

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

3 SEDIMENTPRØVETAKING

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

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

4 FULLSKALA, LANGTIDS PRØVEPUMPING

a) Metodikk

Fullskala, langtids prøvepumping av løsmassebrønner kan skje ved bruk av forskjellige brønntyper og pumper avhengig av forventet grunnvannsnivå under pumping og vannbehov.

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

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

b) Dataregistrering

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

c) Tolkning

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

5 VANNPRØVETAKING

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

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

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

Hver vannprøve omfatter en 500 ml ufiltrert prøve til analyse av pH, elektrisk ledningsevne, alkalitet, turbiditet og fargetall, en filtrert (0.45 µm papirfilter) 100 ml prøve til anionanalyser og en 100 ml filtrert og surgjort prøve (tilsatt 0.5 ml ultraren 65 % salpetersyre) til

kationanalyser. Vannprøvene blir lagret i kjølerom/kjøleskap før analyse på NGU's laboratorium.

6 FELTANALYSER

Feltanalyser blir gjort for å få en foreløpig vurdering av grunnvannskvaliteten, og av parametre som må/bør analyseres i felt. Aktuelle kationer og anioner (Fe, Mn, NO₃), CO₂-innhold og O₂-innhold blir bestemt ved bruk av fargespektrometri, mens til 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 borer/lokalteter og grunnlag for lokalisering og filterplasseringen av testbrønner. Forundersøkelser og nedsetting av testbrønner kan dermed gjøres i samme tidsrom.

7 LABORATORIEUNDERSØKELSER

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

Som standard analyseres følgende fysikalsk-kjemiske parametre på vannprøver:

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

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

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

Bestemmelse av alkalitet blir gjort etter NS 4754. Måleinstrumentet er et Radiometer PHM 84 Research pH-meter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.03 mmol/l og en målenøyaktighet på $\pm 2.5\%$ for verdier over 2.0 mmol/l, ± 0.04 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 ± 7.5 %.

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

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

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

Tabell 1: Nedre bestemmelsesgrense og analyseusikkerhet for analyserte kationer.

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

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

Tabell 2: Nedre bestemmelsesgrense for analyserte anioner

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

Analyseusikkerheten er 10 % rel. for alle ionene.

Kvaliteten av analysene er kontrollert ved beregning av ionebalansen ($\Sigma\text{kationer} = \Sigma\text{anioner}$)
Ionebalanseavviket er beregnet etter formelen:

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

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

$\Sigma\text{Anioner} + \Sigma\text{kationer}$ [mekv/l]	20	7	0.9
Ionebalanseavvik [%]	2	3	12

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

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

LITTERATUR

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

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

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

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

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

Midtgård, Aase

Norges geologiske undersøkelse

Brønn-ID: 266 Type brønn: Observasjonsbrønn (98) Fylke: Nord-Trøndelag Kommune: Steinkjer (1702)
 UTM Sone: 32 ØV-koordinater: 624570.00 NS-koordinater: 7111805.00 Høyde over havet: 26 meter
 Oppdragsgivers navn: Steinkjer kom. og N.G.U.

Borefirma: Norges geologiske undersøkelse Boredato: 21.10.1998 Borerens navn: E. Danielsen

Boredyp (målt fra overflaten): 17.70 m Dyp til fjell (målt fra overflaten): m Høyde av rørtopp (over havnivå): m Høyde av rørtopp (over bakkenivå): m

Fra (m)	Til (m)	Filterdiameter (mm)	Lysåpning (mm)	Filtertype	Filtermateriale	Merknad
10.70	11.70	32			Stål	

Ved prøvepumping, angi prøvepumpingsmetode: Pumpetest Brønnrørmateriale: Dampør

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

Fra (m)	Til (m)	Løsmasseprofil	Vanntrykk	Boreslamfarge	Vannuttak (l/s)	Temperatur (°C)	Pumpetid (min)	Vannprøve?	Jordprøve?	Prøvetakingsmetode	Merknader
0.00	1.70	Grus og sand	0	Grått							
1.70	2.70	Siltig sand	1	Grått							
2.70	3.70	Siltig sand	1	Borte							Siltig sand. Blokk
3.70	4.70	Grus og sand	1	Grått							Fra 3,7m. er borhulle artesisk.
4.70	5.70	Grus	0	Grått	1.30	7.0	15	Ja	Ja	Pumping (P)	Vanne ble ikke klårt ved pumping.
5.70	6.70	Grus	1	Grått							Grus med sandlag.
6.70	7.70	Grus	1	Grått	1.00	7.1	15				Grus med sandlag. Vanne ble ikke klårt ved pumping.
7.70	8.70	Grus	1	Grått							Grus med sandlag.
8.70	9.70	Grus	1	Grått							Grus med sandlag. Mindre vann renner over. (artesisk)
9.70	10.70	Sand	5-7	Grått							
10.70	11.70	Grusig sand	5-7	Grått	0.16						Meget lite renner over. (artesisk) Greide ikke å slå 5/4" røra videre.

Fra (m)	Til (m)	Løsmasseprofil	Vanntrykk	Boreslamfarge	Vannuttak (l/s)	Temperatur (°C)	Pumpetid (min)	Vannprøve?	Jordprøve?	Prøvetakingsmetode	Merknader
11.70	13.70	Grusig sand	4	Grått							
13.70	17.70	Sand	4	Borte							Sand med gruslag

Merknad:

Andre

opplysninger: Brønnen er artesisk. Greide ikke å slå 5/4" røra lengre en til 11,7m.

Utfyllingsdato: 10.12.1998 **Ansvarlig signatur:** Eilif Danielsen

Midtgård, Aase

Norges geologiske undersøkelse

Brønn-ID: 267 **Type brønn:** Observasjonsbrønn ²⁽⁹⁸⁾ **Fylke:** Nord-Trøndelag **Kommune:** Steinkjer (1702)
UTM Sone: 32 **ØV-koordinater:** 624610.00 **NS-koordinater:** 7111800.00 **Høyde over havet:** 26 meter
Oppdragsgivers navn: Steinkjer kom. og N.G.U.

Borefirma: Norges geologiske undersøkelse **Boredato:** 20.10.1998 **Borerens navn:** E. Danielsen

Boredyp (målt fra overflaten): 15.70 m **Dyp til fjell (målt fra overflaten):** m **Høyde av rørtopp (over havnivå):** m **Høyde av rørtopp (over bakkenivå):** m

Fra (m)	Til (m)	Filterdiameter (mm)	Lysåpning (mm)	Filtertype	Filtermateriale	Merknad
10.00	11.00	32			Stål	

Ved prøvepumping, angi prøvepumpingsmetode: Pumpetest **Brønnrørmateriale:** Dampør

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

Fra (m)	Til (m)	Løsmasseprofil	Vanntrykk	Boreslamfarge	Vannuttak (l/s)	Temperatur (°C)	Pumptid (min)	Vannprøve?	Jordprøve?	Prøvetakingsmetode	Merknader
0.00	1.70	Grusig sand	0	Brunt							
1.70	3.70	Leire	1	Grått							
3.70	4.70	Grov grus	1	Grått							
4.70	5.70	Grov grus	1	Grått	0.40						Lite vann renner over røre (artesisisk)
5.70	6.70	Grus	2	Grått							Grus moreneaktig.
6.70	7.70	Grus	1	Grått							Grus moreneaktig. Lite vann renner over røre.
7.70	8.70	Grus	1-5	Grått							Grus moreneaktig.
8.70	9.70	Grus	1-8	Grått	0.25						Grus moreneaktig. Nesten ikke noe vann renner over røret.
9.70	10.70	Grus	3	Grått							
10.70	11.70	Grus	3	Grått	1.80	6.0	15	Ja	Ja	Pumping (P)	
11.70	12.70	Sand	3	Grått							

Fra (m)	Til (m)	Løsmasseprofil	Vanntrykk	Boreslamfarge	Vannuttak (l/s)	Temperatur (°C)	Pumpetid (min)	Vannprøve?	Jordprøve?	Prøvetakingsmetode	Merknader
12.70	13.70	Grusig sand	3	Grått	0.25	7.0					
13.70	15.70	Grusig sand	3	Grått							

Merknad:

Andre opplysninger:

Utfyllingsdato: 10.12.1998 Ansvarlig signatur: Eilif Danielsen

Midtgård, Aase

Norges geologiske undersøkelse

Brønn-ID: 268 **Type brønn:** Observasjonsbrønn **3198** **Fylke:** Nord-Trøndelag **Kommune:** Steinkjer (1702)
UTM Sone: 32 **ØV-koordinater:** 6247720.00 **NS-koordinater:** 7111750.00 **Høyde over havet:** 26 meter
Oppdragsgivers navn: Steinkjer kom. og N.G.U.

Borefirma: Norges geologiske undersøkelse **Boredato:** 22.10.1998 **Borerens navn:** E. Danielsen

Boredyp (målt fra overflaten): 17.70 m **Dyp til fjell (målt fra overflaten):** m **Høyde av rørtopp (over havnivå):** m **Høyde av rørtopp (over bakkenivå):** m

Fra (m)	Til (m)	Filterdiameter (mm)	Lysåpning (mm)	Filtertype	Filtermateriale	Merknad
14.00	15.00	32			Stål	

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

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

Fra (m)	Til (m)	Løsmasseprofil	Vanntrykk	Boreslamfarge	Vannuttak (l/s)	Temperatur (°C)	Pumpetid (min)	Vannprøve?	Jordprøve?	Prøvetakingsmetode	Merknader
0.00	5.70	Leirig silt	0	Grått							
5.70	6.70	Grusig sand	1	Grått							
6.70	7.70	Grusig sand	1	Grått	0.25		15		Ja	Pumping (P)	
7.70	8.70	Grusig sand	1	Grått							
8.70	9.70	Grusig sand	1	Grått	0.80	6.3	15	Ja	Ja	Pumping (P)	
9.70	10.70	Grusig sand	1-6	Grått							
10.70	11.70	Sand og grus	1-6	Grått	0.16						
11.70	12.70	Grus	1-6	Grått							
12.70	13.70	Grusig sand	1-6	Grått	0.70	7.5	15	Ja		Pumping (P)	
13.70	14.70	Grusig sand	1-6	Grått							Hardpakket
14.70	15.70	Grusig sand	3	Grått	0.80	7.1					Hardpakket

Fra (m)	Til (m)	Løsmasseprofil	Vanntrykk	Boreslamfarge	Vannuttak (l/s)	Temperatur (°C)	Pumpetid (min)	Vannprøve?	Jordprøve?	Prøvetakingsmetode	Merknader
15.70	16.70	Grus	3	Grått							
16.00	17.70	Sand	3	Grått							Hardpakket

Merknad:

Andre

opplysninger: Brønnen er artesisk, 20l/m renner over, når røret står som peilerør.

Utfyllingsdato: 10.12.1998 **Ansvarlig signatur:** Eilif Danielsen

VANNANALYSER

FYLKE: Nord-Trøndelag

KART (M711): 1723-III Steinkjer

KOMMUNE: Steinkjer

PRØVESTED: Semselva, Følling

OPPDRAGSNUMMER: 254/98

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	1(98)	2 (98)	3 (98)	3 (98)	Kilde ved P2(93)	Kilde ved 3 (98)		
Dato	21.10.98	21.10.98	22.10.98	22.10.98	22.10.98	22.10.98		
Brønntype	u.brønn	u.brønn	u.brønn	u.brønn	kilde	kilde		
Kapasitet l/s	1,4	1,8	0,8	0,7	0,8	ca.2		
Dyp m	5,7	11,7	9,7	13,7	0	0		
X-koordinat Sone: 32	624590	624650	624720	624720	624540	624725		
Y-koordinat Sone: 32	7111750	7111750	7111690	7111690	7111750	7111700		
Fysisk/kjemisk							Veiledende verdi	Største tillatte konsentrasjon
Surhetsgrad, felt/lab pH	8,10	8,16	8,15	8,04	8,13	8,11	7,5-8,5	6,5-8,5 ²
Ledningsevne, felt/lab mS/m	41,5	43,9	60,5	59,9	58,3	49,0	< 40	
Temperatur °C	7,0	6,0	6,3	7,5			< 12	25
Alkalitet mmol/l	5,05	3,41	4,89	5,55	5,37	4,06	0,6-1,0 ²	
Fargetall mg Pt/l	13,2	9,6	1,6	2,8	6,7	1,7	< 1	20
Turbiditet F.T.U	335	28	18	195	0,37	6,3	< 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	0,93	1,32	0,69	0,63	0,56	0,90		1,5
Klorid mg Cl/l	15,2	19,7	41,2	43,6	16,5	12,8	< 25	
Nitritt mg NO ₂ /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 ₃ /l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	1,50	< 0,05		50
Fosfat mg PO ₄ /l	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2		
Sulfat mg SO ₄ /l	41,0	38,5	29,4	27,7	37,0	48,8		100
Sum anioner+alkalitet meq/l	6,38	4,84	6,70	7,39	6,66	5,49		
Kationer								
Silisium mg Si/l	4,66	5,11	5,19	5,04	3,83	3,93		
Aluminium mg Al/l	0,029	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,05	0,2
Jern mg Fe/l	0,023	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	0,2
Magnesium mg Mg/l	9,05	11,0	13,3	12,9	9,22	9,48		20
Kalsium mg Ca/l	58,6	43,3	75,9	71,5	105	78,9	15-25 ²	
Natrium mg Na/l	13,9	31,5	31,4	34,2	6,29	9,10	< 20	150
Kalium mg K/l	4,47	5,58	5,59	7,21	5,34	5,81	< 10	12
Mangan mg Mn/l	0,022	0,016	0,041	0,048	0,004	0,045	< 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	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,0023	< 0,002	< 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	< 0,005	< 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	< 0,01		0,05
Sølv mg Ag/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01		0,01
Sum kationer ³ meq/l	4,39	4,58	6,40	6,31	6,42	5,27		
Ionebalanseavvik ⁴ %	-18	-3	-2	-8	-2	-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.

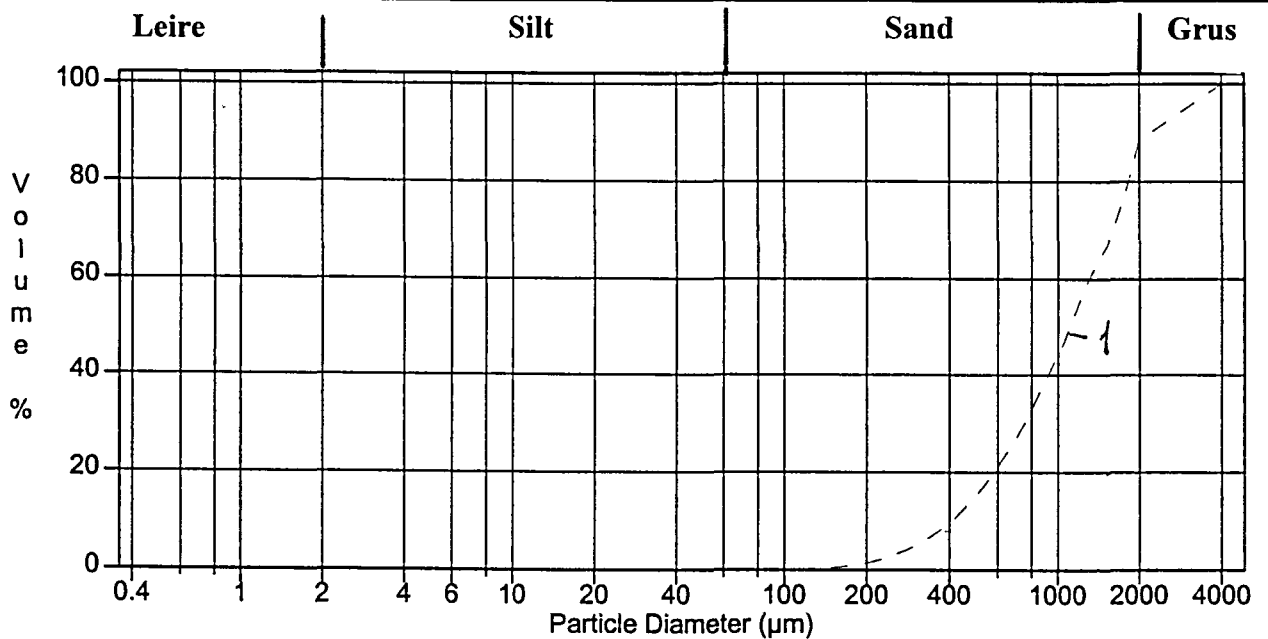
4. Ionebalanseavvik = $\Sigma \text{kationer} - \Sigma \text{anioner} / (\Sigma \text{kationer} + \Sigma \text{anioner}) \cdot 100\%$

Kornfordelingskurver av masseprøver

Prøve nr.	Borhull nr	Dyp (m)	d10	d60	d60/d10	k * 10 ⁻⁴ (m/s)
1	1	4,7-5,7	0,41	1,31	3,2	26,9
2	2	10,7-11,7	0,21	0,65	3,1	7,1
3	2	12,7-13,7	0,12	0,34	2,8	2,4
4	3	6,7-7,7	0,14	0,41	2,9	3,2
5	3	8,7-9,7	0,24	0,63	2,6	9,6



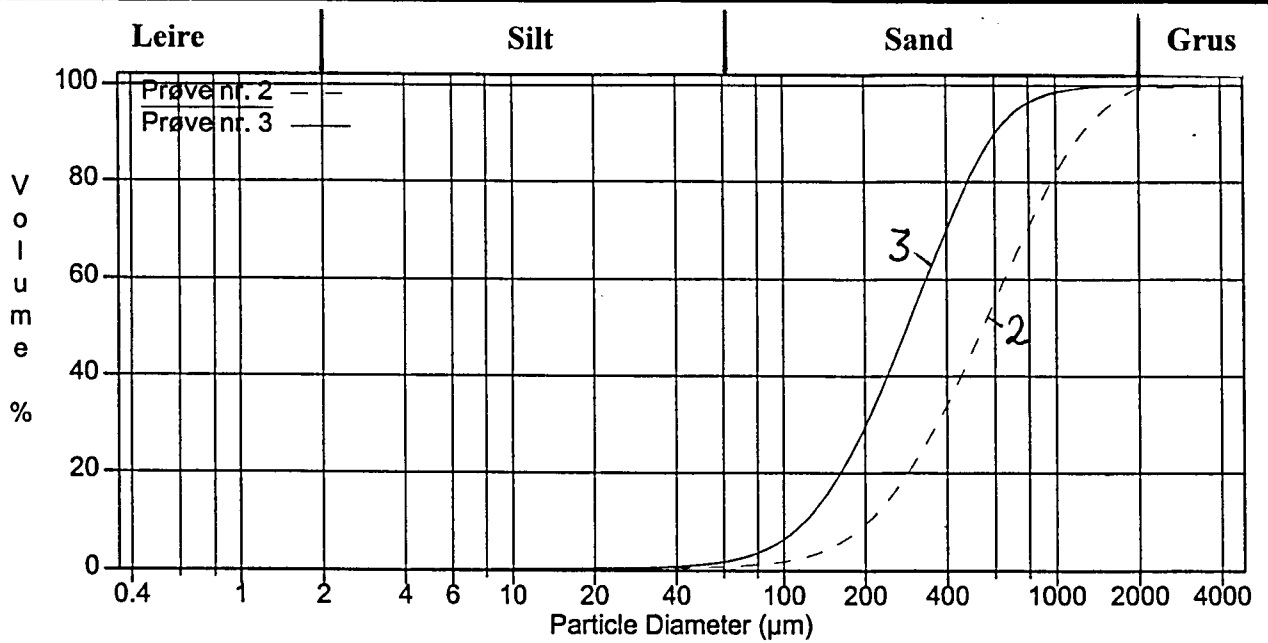
COULTER® LS Particle Size Analyzer



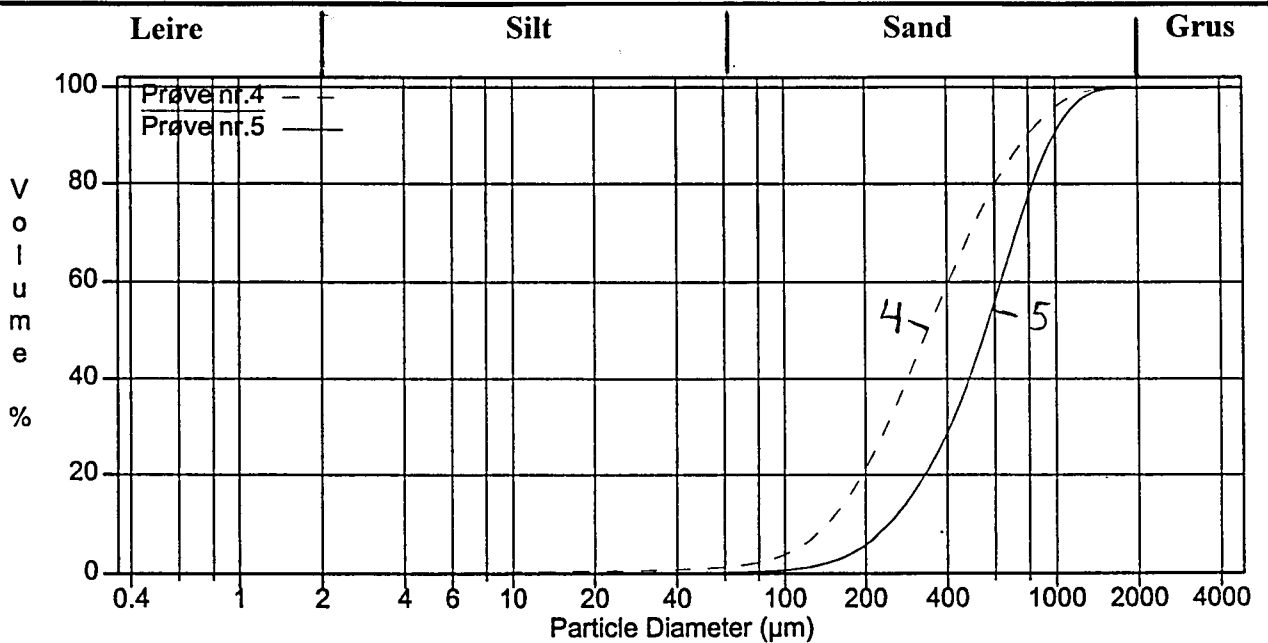
Kornfordelingskurver av masseprøver forts.



COULTER® LS Particle Size Analyzer



COULTER® LS Particle Size Analyzer



Dimensjonering av rørbrønn

