


Kontroll og vedlikehold av  
norske grunnvannsbrønner

Program for grunnvann og miljøkjemi

Rapport nr. 92.259		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Kontroll og vedlikehold av norske grunnvannsbrønner				
Forfatter: David Banks		Oppdragsgiver: NGU		
Fylke:		Kommune:		
Kartbladnavn (M=1:250.00)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 29	Pris: 50,-	
		Kartbilag:		
Feltarbeid utført:	Rapportdato: 21.7.92	Prosjektnr.: 63.2559.00	Seksjonssjef: 	
<p><b>Sammendrag:</b></p> <p>En spørreundersøkelse har blitt utført blant omlag 60 av landets kommuner, derav 38 returnerte brukbare skjemaer. Disse gjelder minst 55 anlegg og ca. 134 brønner. Initiale prøvepumpingsresultater er tilgjengelige ved kun 65 % av anleggene. 15 % av anleggene har rapportert problemer med nedgang i kapasitet, 20 % har rapportert et rødbrunt belegg (mulig "biofouling"), og 13 % har rapportert problemer med korrosjon. Betrakter man den dårlige grad av overvåking må dette ansees som toppen av isfjellet. Kun 4 anlegg driver regelmessig vedlikehold av brønnene.</p> <p>Det konkluderes at det er plass for en radikal økning i bevissthet blant Norges brukere av grunnvann om: behovet for overvåking; problemene som kan oppstå i forbindelse med kapasitetsnedgang og korrosjon; og mulige løsninger.</p> <p><i>A questionnaire has been circulated among c.60 of Norway's municipalities, of whom 38 returned a usable reply describing conditions at at least 55 waterworks (134 wells). It appears that 65% of the waterworks possess results from initial testpumping. 15% have experienced problems with a reduction in yield, 20% have reported red-brown incrustations (possible biofouling) and 13% have reported corrosion problems. Considering the poor level of monitoring undertaken at most waterworks, this is probably only the top of the iceberg. Only 4 waterworks carry out regular maintainence work. A radical raising of awareness is required amongst Norway's users of groundwater concerning: need for monitoring, problems of reduced yield and corrosion and possible solutions.</i></p>				
Emneord: Hydrogeologi		Borebrønn	Grunnvannsbrønn	
Grunnvannsforsyning		Mikrobiologi	Fagrapport	

# Innholdsfortegnelse

1. INNLEDNING	2
1.1 Innkapsling og nedgang i ytelse	2
1.2 Korrosjon i borebrønner	4
2. MÅL FOR UNDERSØKELSEN	7
2.1 Mål og response	7
3. RESULTATER	8
3.1 Prøvepumping	8
3.2 Regelmessig overvåking av vannstand og kapasitet	9
3.3 Rødbrunt belegg (dvs. mulig biofilm)	10
3.4 Nedgang i kapasitet	10
3.5 Korrosjon	12
3.6 Rehabilitering og vedlikehold	12
4. KONKLUSJONER	13
5. FORSLAG TIL MULIGE KONTROLL- OG VEDLIKEHOLDSRUTINER	15
6. REFERANSER OG ANDRE LITTERATUR OM INNKAPSLING / KORROSJON	16
VEDLEGG 1 - Det anvendte spørreskjemaet	18
VEDLEGG 2 - Oversikt over resultatene	21
VEDLEGG 3 - Siste utviklinger	26

# 1. Innledning

En brønn er ikke bare et hull i grunnen. Den er et redskap for å ta ut vann fra et grunnvannsmagasin. Akkurat som de fleste typer utstyr - TV'er, biler, gressklippere - trenger en brønn en viss grad av overvåkning og vedlikehold, ellers kan brønnens effektivitet minke, driftskostnader stige, og i akutte tilfeller kan hele brønnen bli ødelagt.

## 1.1 Innkapsling og nedgang i ytelse

Lokalisering og boring av en grunnvannsbrønn, og installasjon av pumpe og elektrisk utstyr, koster ofte mange titusen kroner. Men etter dette blir brønnen ofte glemt. Oftest blir det ikke foretatt logging av vannivået eller brønnens ytelse, og driftskostnadene for brønnen blir heller ikke vurdert. Man glemmer ofte at brønnens kapasitet sjelden vil holde seg på et konstant nivå gjennom tid. Årsaken til reduksjon i ytelsen kan være:

- i) Stadig senkning av grunnvannsspeil i akviferen pga. overpumping.
- ii) Tilstopping av aquiferens porerom på grunn av finkornede partiker.
- iii) Kjemisk utfelling i akviferen, grusfilter, på filterrør, eller på pumpen (f.eks. kalk, jernhydroksider).
- iv) Bakteriebelegg (bifouling) i akviferen, grusfilter, på filterrør eller på pumpen.
- v) Korrosjon, hvor oppløst jern fra korrosjon av filterrøret felles ut igjen på filteråpningene som oksyder.

iii) og iv) (og v) kan ofte betraktes under ett. I den senere tid har man oppdaget at "jern-hydroksid"-innkapsling i brønner sjelden er et kjemisk problem alene, men også har biologiske årsaker. Bakteriebelegg er ikke noe uvanlig problem og det opptrer i svært mange hydrogeologiske miljø og akviferer.

Akviferer og brønner blir ofte betraktet som sterile miljø. Når det gjelder f.eks. koliforme eller patogene bakterier er grunnvann vanligvis langt renere enn overflatevann. Men det finnes endel andre, fastsittende, bakterier som kan trives ganske godt i brønner. Det er imidlertid uklart om de kan overleve i akviferen selv og kan stimuleres ved inntregning av næringsstoffer eller oksygen under pumping av en brønn, eller om de eventuelt kan smitte akviferen / brønnen under boring og skifting av pumpe osv. (Howsam, 1988).

Bakteriene utvikler en **biofilm** som er sammensatt av levende og døde bakterier, polysakkarid-slim, sediment, og utfelte metallforbindelser (hydroksider/ oksyhydroksider). Utfelt jernhydroksid gir vanligvis filmen en rød-brun farge. I begynnelsen er den også slimaktig, men etter en tid kan den bli ganske hard og "sementert" (Tyrrel & Howsam, 1990). Det finnes ofte flere typer bakterier i biofilmen, men såkalte metall-oksiderende- og slim-dannende-bakterier er de mest fremtredende. Biofilmer kan tette akviferens eller grusfilterets porerom eller selve filterrøret. Bakteriene er stort sett fastsittende og påvises sjelden i standard vannprøver (Howsam 1988).

Under biofilmen kan det ofte finnes anaerobe forhold, med utvikling av f.eks. sulfat-reducerende bakterier (Howsam 1990). Disse kan føre til korrosjon av filterrør, pumper, stigerør osv. Dette gjør det mulig å finne både innkapsling og korrosive forhold i ett og samme borehull.

Forenklet kan vi si at de fleste biofilmer trenger følgende for å utvikles: vann; noe oksygen; organisk karbon og næringsstoffer; og muligens noe jern/andre tungmetaller, men det siste er sjelden en kontrollfaktor. Det er mulig at brønner med beliggenhet nær elver er spesielt sårbare mht. bakteriebelegg. Dette fordi inntrengningen av elvevann tilfører næringsstoffene som bakteriene trenger. Diskontinuerlig pumping eller overpumping kan føre til inntrengning av oksygen til brønnen, og dermed mer optimale forhold for bakterievekst. Konstant pumping av brønner på en lavere fart kan hindre vekst av biofilmer (Howsam 1990; Van Beek, 1989).

Til tross for at biofilmer ser ut til å finnes i de fleste brønner i mange land, er det sjelden rapportert om slike i norske brønner. Årsaken til dette er trolig at man stort sett ikke har gjenkjent dem, og fordi det svært sjelden foretas overvåkning av spesifikk kapasitet i Norge.

Clark (1990) har sammenlignet brønner med biler når det gjelder behov for overvåkning og vedlikehold. En brønn er et utstyr for å ta ut grunnvann fra en akvifer. I likhet med biler, trenger en brønn rutinemessig overvåkning, sjekk og vedlikehold, dersom man ikke skal få ubehagelige overraskelser.



## 1.2 Korrosjon i borebrønner

Korrosjon i en brønn kan føre til flere typer problem:

Korrosjon på	Problem
Foringsrør	Inntrengning av grunt grunnvann, kanskje av dårlig kvalitet
Filterrør	Inntrengning av sand, og derfor skade på pumper osv.
Pumpe	Ueffektiv drift. Ødeleggelse av deler.
Stigerør og ledningsnett	Lekkasjer. Utløsning av metaller inn i vannet.

### a) Mekanisk

Mekanisk korrosjon er bedre nevnt abrasjon. Dette oppstår enten fordi brønnen er dårlig utformet, eller dårlig drevet.

En grusfilter eller filterrør som er for grovt vil tillate fine sedimentpartikler å komme inn i en løsmassebrønn. Disse partiklene, med høy hastighet i det inntregnede grunnvann, vil slite filterøret enda mer, forstørre filteråpningene og la mer finstoff transporteres inn. Andre hull i forings- eller filterøret, forårsaket av dårlig sveising eller kjemisk korrosjon vil kunne føre til en lik effekt.

Pumping av et hull på en for høy fart kan også trekke inn fine partikler på en stor hastighet, og så fremme abrasjon.

## b) Kjemisk

Muligheter for kjemisk korrosjon avhenger av to faktorer:

- metallens elektrokjemisk sårbarhet
- vannets kjemisk sammensetning

Nikkel, kobber, og blandinger slik som "Monel" (70% Ni, 30% Cu), "Everdur" (96% Cu, 3% Si, 1% Mn), bronse (Cu + Sn), messing (Cu + Zn) er ganske lite sårbar mht. korrosjon og derfor brukes til noen dyre pumpedeler.

Vanlig jern og stål er blant de mest sårbare metalltypene når det gjelder korrosjonssårbarhet. Derfor modifiseres de for å minke deres sårbarheten. For eksempel, tilsettes det krom eller nikel for å få spesielle rustfrie ståltyper, som danner en beskyttende oksid film i kontakt med oksygenholdig vann. (I reduserende vann kan slikt rustfritt stål bli ganske sårbart).

Korrosjon foregår spesielt fort ved uregelmessigheter i metallens overflate, f.eks. ved koblinger, eller sveising. Bruk av to forskjellige metaller i brønnrøret vil også føre til økt korrosjon av den mest sårbare metallen, spesielt i nærheten av koblingen, og denne praksisen bør unngås.

To-metallsprinsippet brukes likevel i galvanisert stål, der stålet dekkes av et offrende lag av sink. Sinken er mer sårbar enn stålet, og så korroderes, mens stålet blir beskyttet. Stålet kan også dekkes med et beskyttende lag av bitumen. Disse er billigere enn rustfritt stål, men er mindre tilfredstillende mht korrosjon. En brønn laget av rustfritt stål koster ca. dobbelt så mye som en brønn av galvanisert stål.



Konstruksjon i plast løser selvfølgelig korrosjonsproblemet, men er ikke egnet til alle forhold.

Flere vannkjemisk parametre også har betydning for korrosjonssårbarhet. Vann med de følgende kjemiske egenskapene må regnes spesielt korrosivt - pH < 5, lavt oksygen-innhold (med rustfritt stål), hydrogen sulfid, høy salthet (>1000 mg/l), klorid > 300 mg/l, lav alkalitet, høy sulfat-innhold, høy temperatur, høy vannstrømningshastighet.

### c) Biologisk

Sulfat-reduserende bakterier katalyserer korrosjonreaksjonen. Man trenger ikke å ha reduserende vann i brønnen for å finne sulfat reduserende bakterier. De kan ofte finnes i oksygenfrie mikromiljøer, for eksempel i rust-blemmer under et beskyttende lag av utfelt jern-oksid eller i små lommer bak en biofilm som vokser på metalloverflaten. Derfor, tar man vekk en biofilm, finner man ofte korrodert metall nedenfor.

## 2. Mål for undersøkelsen

### 2.1 Mål og response

For å

- vurdere kommunenes bevissthet om innkapslings- og korrosjonsproblemer,
- vurdere grad av kontroll og vedlikehold som foretas,
- identifisere problembørner som kan danne grunnlaget for videre undersøkelser

er det utsendt et kort spørreskjema (Vedlegg 1) til kommuner og andre større brukere av grunnvann. De utvalgte kommunene var i hovedsak de som er nevnt av Ellingsen (1987) som brukere av grunnvann til vannforsyning. I tillegg ble spørreskjema tilsendt andre kommuner som senere har tatt i bruk grunnvann, eller hvor det foreligger andre opplysninger om bruk av grunnvann, samt et lite antall bedrifter som benytter grunnvann. Spørrerunden dekket hele land, fra Østfold og Agder til Finnmark.

I alt ble omlag 60 kommuner / andre institusjoner kontaktet. Eventuelt ble det mottatt svar fra 42 av disse, derav 38 ga brukbart utfylte spørreskjemaer. Svarprosenten må anees som veldig bra, og kan indikere en betydelig interesse for temaet.

De 38 kommuner/institusjoner sendte tilsammen 55 spørreskjemaer (som regel en for hvert anlegg/vassverk), som representerer omlag ca. 134 brønner. 48 av skjemaene gjaldte hull i løsmasser, 9 gjaldte hull i fjell.

## **3. Resultater**

### **3.1 Prøvepumping**

Alle grunnvannsbrønner bør prøvepumpes før de tas i drift. Det anbefales også at hullene prøvepumpes hvert annet år for å kvantifisere eventuelt nedgang i kapasitetet.

De fleste anlegg (36 stk. = 65 %) oppga at de initiale prøvepumpingsresultatene var tilgjengelige. Sammenlignet med det ønskete 100 % nivået, var dette likevel skuffende. Det indikerer at noen kommuner ikke har prøvepumpet hullene deres, eller at de har mistet resultatene.

Kun 14 anlegg (25 %) hadde blitt prøvepumpet siden de kom i drift, og i 3 av disse var dette den første foretatte prøvepumpingen (dvs. ingen initiale resultater å sammenligne med)

### **3.2 Regelmessig overvåking av vannstand og kapasitet**

Overvåking av kapasiteten ble foretatt i 7 (13 %) av anleggene. Metoder for kapasitets-/ytelsesmåling varierte fra vannmeters med timetelling til elektronisk overvåking.

Overvåking av vannnivået i brønnen under pumping ble foretatt ved 10 (18 %) av anleggene. Målemetoden varierte fra manuelle målinger ved målebånd til transdusere/elektronisk datainnsamling, på intervaller fra 2 ganger pr. år til fortløpende.

Det bemerkes at i noen tilfeller syntes det at driftsansvarlig var ikke klar over konseptet av spesifikk kapasitet (dvs. marginal ytelse per senkningsenhet), heller ikke at dette gir en måte for å vurdere hullets effektivitet. Det er også å mistenke at for noen kommuner var brønnen bare et svart hull i grunnen, og at det var lite kunnskap til relasjoner mellom pumping og senkning av grunnvannsstand. En kommune kommenterte at brønnen gikk tom, men ved pumpe-skifte gikk alt bra igjen, dvs. at hvis det ikke kommer vann ut av hullet, er hullet tomt for vann !

### 3.3 Rødbrunt belegg (dvs. mulig biofilm)

I alt har 11 anlegg (20 %) rapportert tilstedeværelsen av et rødbrunt belegg (mulig biofouling eller jernhydroksidutfelling) på pumpen, rørene eller i brønnen. (I et av anleggene var problemet forbundet med trekking av rødbrunt stoff (antakelig stykker av biofilm eller jernhydroksid flocc) i vannet.) Av disse har to anlegg opplevd problemer med nedgang i kapasitet (se nedenfor).

I fem av anleggene har det blitt rapportert korrosjonsproblemer i tillegg til et rødbrunt belegg. Dette indikere det mulige sammenheng mellom biofilmer og anærob korrosjon nedenfor dem.

### 3.4 Nedgang i kapasitet

Ved 7 (13 %) anlegg, ble det rapportert at det er lagt merke til en nedgang i kapasitet, eller i grunnvannsnivået under pumping. Ved 5 anlegg (9 %) har en slik nedgang ført til at en brønn måtte slutte å produsere. Merkelig nok var det et anlegg (Nordkapp) som besvarte "ja" til spørsmål 7b, men "nei" til 4. Dette gjør ialt 8 anlegg som har opplevd problemer med kapasitetsnedgang (15 %).

Dette må ansees som en ganske stor andel som har opplevd problemer med nedgang i kapasitet. Betrakter man den dårlige grad av overvåking hos de fleste kommunene, er det virkelige antallet trolig atskillig større. I mange tilfeller er det ikke kjent hva årsaken til nedgangen har

vært. I noen tilfeller kan det mistenkes rene klimatiske årsaker (f.eks. Nordkapp), men med andre anlegg er det muligens innkapslingsproblemer i brønnen. Tar man de 8 anlegg en for en:

Lom / Grov, Fossbergrom	Filteret tett, trolig pga "finstoff"
Nord-Fron / Kvam	"Tyder på at massene rundt filterrøret blir tette"
Nordkapp	"Vannmangel" - mulig nedbørsmangel ??
Røros / Langholmen	Antatt tilslamming av filteret
Skjåk / Bismo	Ingen opplysninger
Ullensaker / Trandum	Nedsatt kapasitet antatt pga. tetting med finstoff
Vennesla / Drivenesøya	Ingen opplysninger
Årdal / Årdalstangen	Nedsatt kapasitet antatt pga. tetting med finstoff

Det er vanlig å skylde tilstopping eller tilslamming som årsaken til kapasitetsnedgang, uten noen veldig klar grunn. Tilstopping av grusfiltere eller akvifer med finstoff er én mulig årsak, men det er høyst sannsynlig at kjemisk/biologisk innkapsling av filterrøret er involvert i noen tilfeller.

Alle de påvirkede brønnene er i løsmasser. Av disse har to (Trandum og Drivenesøya) rapportert et rødbrunt belegg (dvs. mulig biofilm).

### 3.5 Korrosjon

I 7 av anleggene (13 %) er det observert korrosjon av betydning på pumpen, rørene, eller i brønnen. I kun et tilfelle (Kvinesdal) har dette (antakelig) ført til brudd på stigerøret. Betrakter man den dårlige grad av overvåking og vedlikehold hos de fleste kommunene, er de potensielle problemene for fremtiden trolig atskillig større.

I 5 av disse 7 anleggene er det også observert rødt-brunt belegg. Dette kan skyldes at de kommunene som har blitt flinke til å legge merke til korrosjon også har vært flinke til å observere belegget. Det kan imidlertid indikere det mulige sammenheng mellom biofilmer og anærob korrosjon nedenfor dem.

### 3.6 Rehabilitering og vedlikehold

7 anlegg (13 %) oppgir at de har prøvd å rehabilitere en brønn med problemer med nedgang i kapasitet. Av disse har to anlegg ikke oppgitt problemer med nedgang i kapasitet under spørsmål 4 eller 7b, og har trolig misforstått spørsmålet. De 5 øvrige anlegg er:

Lom (Grov, Fossbergom)	Rehabiliteret etter 8 års drift ved tilsetning av lufttrykk Tilfredsstillende resultat
Nord-Fron (Kvam)	Rehabiliteret ved tilsetning av lufttrykk Tilfredsstillende resultat
Røros (Langholmen)	Rehabiliteret ved tilsetning av lufttrykk Tilfredsstillende resultat men må gjentas.



Ullensaker (Trandum)	Rehabilert ved tilsetting av lufttrykk Etter kort tid gikk kapasitet ned igjen
Årdal (Årdalstangen)	Rehabilert ved tilsetting av vanntrykk + luft. Vellykket resultat, gjentas hvert år.

Det ser ut til at de fleste rehabiliteringer foretas ved bruk av "brute force" ! Andre mekaniske metoder, som jetting, og kjemiske metoder har ikke blitt rapportert.

4 (7 %) anlegg rapporterer at de driver regelmessig vedlikehold. Dette inkluderer Årdal (se ovenfor), Åmot (årlig kontroll/rengjøring i forbindelse med inntregning av sand) og de to anlegg på Elverum (pumpene tas opp årlig for kontroll).

## 4. Konklusjoner

Responen til spørreundersøkelsen var omlag 70%, som ansees som svært bra. Den indikerer en interesse blant Norges brukere av grunnvann for bedre informasjon om innkapslings- og korrosjonsproblemer.

Likevel har informasjonen som er innsamlet under undersøkelsen indikert en veldig dårlig grad av overvåkning av hullene. Av ca. 55 anlegg, er det kun tilgjengelig initiale prøvepumpingsresultater fra 65 %. I de andre 35 % må man enten anta at prøvepumping ikke har blitt utført, eller at resultatene er mistet. Dette er alvorlig siden initiale prøvepumpingen danne basisen for sammenligning med senere prøvepumper som kan indikere nedgang i effektivitet. Kun 14 anlegg hadde utført noen prøvepumping siden anlegget kom i drift.

Betrakter man den dårlige grad av overvåkning, må andelen som har rapportert problemer med nedgang i kapasitet (15 %), rødbrunt belegg (mulig biofouling - 20 %) og korrosjon (13 %) ansees som toppen av isberget. Det er grunn til å tro at problemets virkelige omfanget kan være betydelig større.

Bevissthet om årsakene til nedgang i kapasitet er lav. Det antas ofte å skyldes "tilslamming" eller "tilstopping" av filteret eller massene med finstoff. Det er kun én mulig forklaring; kjemiske og biologiske årsaker har ikke blitt betraktet. Dette gjenspeiles ved de få tilfeller hvor rehabilitering er forsøkt - dvs. at fysiske metoder (blåsing) blir anvendt. Slike metoder kan være brukbare, men kombinert bruk av kjemiske og mekaniske metoder skal være enda mer effektiv. For å velge en fornuftig rehabiliteringsmetode, må årsaken til problemet først være kjent.

Kun 4 anlegg rapporterer at de driver regelmessig vedlikehold av brønnene, og i 2 av disse omfatter kun årlig inspeksjon av pumpene.

Det er plass for radikal økning i bevissthet blant Norges brukere av grunnvann om behov for overvåking, problemene som kan oppstå i forbindelse med kapasitetsnedgang og korrosjon, og mulige løsninger. Det er å håpe at den planlagte veileder nr. 13 (Banks, 1992) kan være hjelpsom i denne sammenheng.

## 5. Forslag til mulige kontroll og vedlikeholdsrutiner

For å hindre problemer med innkapsling eller biofilmer anbefales det at man ved kommunale grunnvannsverk gjør følgende:

- i) logger spesifikk kapasitet (dvs. vannstand i brønn under pumping, og den tilsvarende ytelsen) minst en gang hver annen måned.
- ii) utfører en kortvarig-kapasitetstest (en dags varighet) som måler vannstands-senkning for fire ulike ytelser, minst en gang hvert annet år.

### Takk

til alle kommuner som bidro med response til spørre rundene, og til sekretærene på NGU's Løsmasse avdeling, som la ned et betydelig arbeid ved å få dem tilsendt.

## 6. Referanser og andre litteratur om innkapsling/korrosjon

- Banks, D. (1990). "A case study of screen failure and borehole rehabilitation in the Lower Greensand aquifer of southern England". Fra Howsam (1990a) - red.
- Banks, D. (1991). "Innkapsling og korrosjon i borebrønner - et forsømt biologisk problem". Vann, Nr. 2, 1991
- Banks, D. (1992). "Grunnvannsbrønner. Kontroll, vedlikehold, og rehabilitering". GiN Veileder nr. 13. Norges. geol. unders. Skrifter. Planlagt utgitt i 1992.
- Clark, L. (1988). "The field guide to water wells and boreholes". Geological Society of London, Professional Handbook Series, Open University Press, Milton Keynes, U.K. ss.128-136.
- Clark, L. (1990). "Boreholes & wells: their monitoring, maintenance and rehabilitation." Fra Howsam (1990a) - red.
- Cullimore D.R. & McCann A.E. (1977). "The identification, cultivation and control of iron bacteria in ground water". Fra "Aquatic Microbiology" av Skinner F.A. og Shewan J.M. (Red.), Academic Press, New York, 1977.
- Driscoll, F.G. (1986) "Groundwater & Wells", 2.utgave, Johnson Filtration Systems, St.Paul, Minnesota, U.S.A., ss.630-665.
- Grundfos (1988). "Vandforsyning", Grundfos International A/S, Bjerringbro, Danmark, ss.156-167.
- Howsam P. (1988). "Biofouling in wells and aqiufers", Journal of the Institution of Water & Environmental Management, Vol.2, Nr.2, ss.209-215, April 1988.
- Howsam (1990). "Well performance deterioration: an introduction to cause processes". Fra Howsam (1990a) - red.

- Howsam P. -Red. (1990a). "Water wells; monitoring, maintenance and rehabilitation". E. & F.N.Spon, Cambridge, U.K., 1990.
- Howsam P. -Red. (1990b). "Microbiology in civil engineering", FEMS symposium nr.59. E. & F.N.Spon, Cambridge, U.K., 1990.
- Hutchinson, M. & Ridgeway, J.W. (1977). "Microbial aspects of drinking water supplies". ra "Aquatic Microbiology" av Skinner F.A. og Shewan J.M. (Red.), Academic Press, New York, 1977.
- Klemetsrud, T. & Rohr-Torp, E. (1992). "Grunnvannsforsyning Skjærhallen, Hvaler kommune". NGU rapport 92.235, 7ss.
- Lewis, R.F. (1965). "Control of sulphate reducing bacteria". J.Am.Water Works Association, 57, ss.1011-1025.
- Tyrell S.F. & Howsam P. (1990). "Monitoring and prevention of iron biofouling in groundwater abstraction systems". Fra Howsam (1990a) - red.
- Van Beek C.G.E.M. (1989). "Rehabilitation of clogged discharge wells in the Netherlands." Quarterly Journal of Engineering Geology, Vol.22, 1989, ss.75-80.

## **Vedlegg 1**

**Det anvendte spørreskjemaet**



Kommune: \_\_\_\_\_

Anleggsnavn: \_\_\_\_\_ 19

Antall borhull: \_\_\_\_\_

Løsmasse:

Fjell:

1) Har De resultater fra kapasitetstest utført før brønnen(e) kom i drift?

Ja

Nei

2) Har De utført noen kapasitetstest siden brønnen(e) kom i drift?

Ja

Nei

3) Måler De regelmessig kapasiteten og vann-nivået i brønnen(e)?

a) Kapasiteten: Ja

Nei

Hvor ofte.....

Hvordan.....

b) Grunnvannsnivået i brønnen under pumping?

Ja

Nei

Hvor ofte.....

Hvordan.....

4) Har De lagt merke til at kapasiteten, eller grunnvannsnivået under pumping, har blitt stadig lavere gjennom tid (det menes her en flere-års målestokk, ikke senkning av grunnvannspeilet etter at pumpen er slått på)?

Ja

Nei

Hvis ja, vennligst beskriv videre:

.....

.....

.....

.....

5) Har De merket innkapsling av betydning på pumpen, på eller inne i pumperøret, på stige/filterrøret eller på veggene i brønnen (f.eks. et rød-brunt "jern"-belegg)?

Ja

Nei

- 6) Har De merket korrosjon av betydning på stige/filtorrøret, pumpen eller pumperøret? 20  
Ja  Nei
- 7) Har De noen gang måttet slutte å produsere fra en brønn på grunn av:  
brudd på stigerør/filtorrør Ja  Nei   
eller  
nedgang i kapasitet Ja  Nei
- 8) Har De noen gang prøvd å rehabilitere/rengjøre en brønn med problem forbundet med  
innkapsling/nedgang i kapasitet?  
Ja  Nei
- 9) Har De regelmessig program for å vedlikeholde brønnen(e), f.eks. for å rengjøre filtorrør/-  
sprekker og for å hindre/fjerne vekst av innkapslingslag?  
Ja  Nei
- 10) Merknader (spesielt hvis svar til sp. 5 - 9 har vært "Ja"):

-----  
Skjemaet utfyllt av:

Navn: \_\_\_\_\_ Stilling: \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_ Tlf.: \_\_\_\_\_

Vennligst returner til: David Banks,  
Norges geologiske undersøkelse  
Postboks 3006 - Lade,  
7002 TRONDHEIM  
Tlf. (07) 90 40 11 eller (07) 90 41 39 (direkte linje)

## **Vedlegg 2**

### **Oversikt over resultatene**

## Spørsmål Nr

Kommune	Anlegg	Borchull	Løsmasse	Fjell	1	2	3a	Hvor ofte	Hvordan	3b	Hvor ofte	Hvordan	4	5	6	7a	7b	8	9	Kommentarer
Alta	Flere	15	1	1	1	0	0			0			0	0	0	0	0	0	0	1
Dovre	Dovre	2	1	0	1	0	0			0			0	1	0	0	0	0	0	0
Eidskog	Krolvsjøen	2	1	0	0	0	1		Vannmåler ved pumpene	1		Måler vannspeilet	0	0	0	0	0	0	0	0
Eidskog	Vestmarka	1	0	1	1	0	0			0			0	0	0	0	0	0	0	0
Eidskog	Åbøgen	1	1	0	1	0	0			0			0	0	0	0	0	0	0	0
Elverum	Elverum	4	1	0	1	1	0			1	2 pr. år	Lyslokk	1	1	1	0	0	0	1	1
Elverum	Kirkebrosten/Sørskogbygda	3	0	1	0	0	0			0			0	0	0	0	0	0	1	1
Eye og Hjøernes	Reyrdalen	2	1	0	1	0	0			0			0	0	0	0	0	0	0	1
Fjaler	Dale	1	1	0	1	0	0			0			0	0	0	0	0	0	0	1
Fyresdal	Haugstred/Haukrull	4	0	1	1	1	0			0			0	0	0	0	0	0	0	0
Hjartdal	Gvammen	1	1	0	1	0	0			1	Hver måned	Peilebrønn	0	0	0	0	0	0	0	0
Hjartdal	Sauland	1	1	0	1	0	0			1	Hver måned	Peilebrønn	0	0	0	0	0	0	0	0
Hvaler	Åreviden	2	1	0	1	1	1	Daglig	Sonde	1	Daglig	Sonde	0	0	0	0	0	0	0	1
Hvaler	Østrebrøten	1	1	0	1	0	0			1				0	0				0	1
Høylandet	Midtre Høylandet	3	0	1	1	0	0			0			0	0	0	0	0	0	0	1
Kautozino	Kautozino		1	0	1	0	0			0			0	0	0	0	0	0	0	0
Kautozino	Maze	2	1	0	1	0	0			0			0	0	0	0	0	0	0	0
Kongsvinger	Austrmarka	2	1	0	0	0	0			0			0	0	0	0	0	0	0	0
Kongsvinger	Gravli	3	1	0	1	0	0			1	Hver uke	Peiling	0	1	0	0	0	0	0	1
Kvinesdal	Kommunale	10	1	1	1	1	1	Hver uke	Pumpede mengder	0			0	1	1	1	1	0	0	1
Lillehammer	Jørstadmoen	2	1	0	0	1	0						0	0	0	0	0	0	0	0

1 = Ja, 0 = nei

Lilkehammer	Korgen	4	1	0	1	0	1	0	1	Hver dag	Vannmøler	1	kontinuerlig med sonde	nivåmåler i pumpebrønn + peilener	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Lom	Garmo	2	1	0	1	0	0	0	0			0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lom	Grov/ Fosbergom	2	1	0	1	0	0	0	0			0			1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
Målselv	Fleis anlegg	5	1	1	0	0	0	0	0			0			0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nes	Nesbyen	2	1	0	1	0	0	0	0			0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Nes	Nesbyen (nytt)	1	1	0	1	0	0	0	0			0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nord-Fron	Kvam	2	1	0	1	1	0	0	0			0			1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
Nord-Fron	Vinstra	4	1	0	1	0	0	0	0			0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nordlapp	Nordlapp- hallen	1	1	0	0	0	0	0	0			0			0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Nærøy	Damli	1	0	1	1	1	0	0	0			0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nærøy	Kjella	1	1	0	0	1	0	0	0			0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oddå	Roldal	2	1	0	1	1	1	1	1	14.dag	Vannmøler + tilmøteller på pumpe	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Os	Dalsbygda	3	1	0	1	0	0	0	0			0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ringebu	Frya	2	1	0	0	0	0	0	0			0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ringebu	Tromnes- sløgen	1	1	0	0	0	0	0	0			0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ringebu	Vålebru	3	1	0	0	0	0	0	0			0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ringebu	Venabygd	1	1	0	0	0	0	0	0			0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ringerte		3	1	0	1	1	1	1	1	Fortløpende	Overvåking via data	1	Fortløpende	Overvåking via data	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Rollag	Rollag	1				0	0	0	0			0			0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Roros	Langholmen	2	1	0	1	0	0	0	0			0			1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1
Salangen	Sjøvegan	2	1	0	0	0	0	0	0			0			0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stjølk	Bismo	2	1	0	0	0	0	0	0			0			1	0										1
Sør-Fron	Harpesfos	2	1	0	0	0	0	0	0			0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sør-Fron	Hundorp	2	1	0	0	0	0	0	0			0			0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1 = Ja, 0 = nei

Tana	Skipagurra	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Time	Serigstad I & II	2	1	0	1	0	1	0											1
Tregstad	Sandstangen I	1	1	0	1	0	0												1
Tregstad	Sandstangen II	1	1	0	1	0	0												1
Ullensaker	Trandum leir	3	1	0	0	1	0												0
Unjærgga/ Nesseby	Borsnes	2	0	1	0	0	0												0
Vemsla	Drivnesøya	2	1	0	1	1	0												0
Voss	Vossevangen	5	1	0	1	0	0												1
Åmot	Rena	2	1	0	1	1	0												1
Årdal	Årdalstangen	1	1	0	0	1													1
Sum 38	55	134	48	9	36	14	7												26
Fet																			
Namsos	Vilken Akvavet																		
Stryn																			
Tustna		5	0																

1 = Ja, 0 = nei

Kommentarer:

Alta Provpumpingsresultater foreligger for noen av borehullene.

Elverum / Elverum "Våre første pumper ble sterk korrodert. Alle ble så skiftet ut til Grundfosspumper i rustfritt, med mekanisk planetting. Dette ble gjort i 1990. Ingen problemer etter dette."

Elverum / Kirkebrøsten Pumpen "as opp årlig for kontroll"

Evje og Hjørnes / Røyrtålen "Enne brommen gikk tom, men etter pumpearbeid fungerer brommen tilfredsstillende igjen." Anas å være et problem med pumpen, og ikke brommen.

Fjaler / Dale "Brommen vart teken i bruk i 1984, og har vore driven som eit 'permanent provisorium'. Drifta har vore på enklaste vis. Frå og med medisin-91 vil den 'permanente utbygging' vere avslutta. Då vil vi systematisk registrere alle relevante data. Vi vil då truleg kunne vere til betre hjelp ved neste korsveg."

Hvaler / Øretroken "Brommen brukes bare som elstrafo forsyning sammen med brommer i Arekilden. Brommen ligger i strandsonen mot sjø, og vil ved stor belastning få inn sjøvann. Brommen brukes bare ved toppbelastning i samarbeid med brommer i Arekile, d.v.s. reservebromm."



Høylandet / Midtre Høylandet	"Brommen ble tatt i bruk fra 1/1/90"
Kongsvinger / Grauni	"Første brom begynte å trekle jern for flere år siden. Demø er satt ut av drift"
Kvinesdal / kommunale bromer	"7 bromer i lømsase, 3 i fjell. Den ene bromen med 160 mm galvanisert stigerør måtte vi afsifte stigerør etter 14 år i drift, og mangde ca. 40 l/a. Det ble brudd på stigerøret ved en flens. Vi har nå montert rustfritt stålrør. På det gamle galv. røret var det brutt belegg på røret, og litt rustkopper på utsiden av røret (brom nr. 1, Kvilla)"
Lillehammer / Korveng	"Litt flyktig rødbrunt kommer somme tider i prøveledning som går fra bromene"
Lørn / Grov, Fosbergom	"Filteret i den ene rørbromen var gått tett pga finstoff. Bromene ble rehabilitert etter ca. 8 års drift."
Nes / Nesbyen	"Når det er minstevassføring i Hallingdalselva er tilsiget til bromhall mindre"
Nord-Fron / Kvam	"Kapasiteten blir gradvis redusert; det tyder på at massene rundt filteret blir for tette. Når kapasiteten i bromen blir mindre enn pumpekapasitet (60 m <sup>3</sup> /d) må vi foreta blåsning av filterrøret. Dette har vi gjort 2 ganger (ca. 2.hvert år) ved en av bromene (1988 & 1990) og en gang ved brom nr. 2 (1990). Løsmassene rundt bromen er finkornet og svært erstatet"
Nordrepp / Nordreppshallen	"Har måttet slutte å pumpe pga vannmangel. Har dereiter koplet over til annen vannkilde/tjern som vi taper av i sønnermidnedens"
Odda / Røldal	"Har kun vært i drift siden des. 1989"
Ringerike	"Anlegget ble satt i drift høsten 1987. Grunnvannstanden varierer etter nedbørsmengde og stormvannstand i Begna elv"
Rollag / Rollag	"Ved bytte av grunnvannspumpe, så har det vært endel rust i pumpe . Fra grunnvannspumpen går vannet til et fordelingsbasseng. På silens til inntak for drikkevannspumpe kommer det et rødbrunt belegg"
Roros / Langholmen	"I løpet av 10 års drift har den ene pumpen 2 ganger sugd luft slik at sjøledninger har flytt opp. Vi har antatt at kapasitetsembningen skyldes tilslamning av silen. Reparasjon utført ved å tette bromrøret i toppen og sette på lufttrykk. Beleggtypen er ikke undersøkt"
Skjåk/ Bismo	"Et hull får inn luft"
Time	"Grunnvannanlegget som nå er overført av IVAR ble tatt ut av vannforsyningen ca. 1981. Anlegget blir imidlertid holdt inakt og prøvekjøres periodevis. Det vil sannsynligvis nå inngå som viktig del i beredskapen for vannforsyningen."
Trogstad / Sandstangen I	"Står som reserve i fall et eller annet skjer med brom 2"
Trogstad / Sandstangen II	"I forhold til bromens kapasitet på ca. 200 l/s, bruker vi kun ca. 35 l/s."
Voss / Vossevangen	"I dei fyrste filterøyra var dei ikkje brukt rustfritt materiale. Bitumbelegget lønsa og spallene rusta ut. Filterøyene vart kosta innvendig med ein stålkost (Feiarfost). Pga ovanstående er disse bromene sett ut av produksjon."
Åmot / Rena	"Vi har rehabilitert en av borebromen på bakgrunn av at filterrør har vært for grovmasket slik at det har oppstått sandtransport. Vi foretok rehabilitering og vedlikehold av borebromer i 1990 og lagt opp til å foreta årlig vedlikehold/rengjøring og kontroll med borebromene."
Årdal / Årdalstangen	"Brommen blir blåst kvart år pga. lågare nivå på vannstand i brom under pumping"

## **Vedlegg 3**

### **Siste utviklinger**

Siden spørreundersøkingen ble utført har det blitt samlet inn flere opplysninger om vannverk som har utført rehabiliteringsarbeid; dette gjelder også vannverk som var med i spørreundersøkingen. Her følger en beskrivelse av problemene som har oppstått ved disse vannverkene, og kontaktpersoner for videre informasjon.

Kommune / Vannverk	Løsmasse /fjell	Problemtype	Kontaktperson
Hvaler/ Arekilden	Løsmasse	1	Avd.Ing. Reidar Bergseth, kommunen Erik Rohr-Torp, NGU
Kongsberg / Kongsberg	Løsmasse	2	Trygve Åsland (Ing. C.H.KNUDSEN), 03-826040
Lom / Grov	Løsmasse	3	Terje Hoel, kommunen, 062-11000
Nes i Romerike / Blaker & Asktjern	Fjell	4	Petter Snilsberg / Per Kraft (JORDFORSK), 09-948140
Nord Fron / Kvam	Løsmasse	5	Johan Brandvol, kommunen 062-90000
Ringsaker / Gaupen	Fjell	6	Einar Melheim, kommunen, 065-41955
Røros / Langholmen	Løsmasse	7	Ingvar Estenstad, kommunen, 074-11555
Ski / Siggerud	Fjell	8	Petter Snilsberg / Per Kraft (JORDFORSK), 09-948140
Ullensaker / Trandum	Løsmasse	9	Leif Kristoffersen, Forsvaret, 06-978010
Årdal / Årdalstangen	Løsmasse	10	Jan Roy Dalheim, kommunen, 056-65121
Åmot / Rena	Løsmasse	11	Avd.Ing. Aurland, kommunen, 064-40200

#### Problemtypene:

1. Selv om det under spørreundersøkingen ikke ble rapportert om problemer, ble NGU kontaktet av Hvaler kommune i 1992 på grunn av lav kapasitet i den gravde brønnen ved Arekilden. Under befaring ble det observert en svært lav vannstand i

brønnen i forhold til vannstanden i akviferen utenfor, samt rødbrun utfelling i brønnen. Det ble gravd en ny brønn, men trolig vil en også forsøke syrebehandling av massene ved den opprinnelige brønnen for å løse opp jernutfellingene (se Klemetsrud & Rohr-Torp 1992).

2: De opprinnelige brønnene, som ble boret i 1984, ga turbiditetsproblemer, med inntrenging av leir/ silt/ finstoff. Dette kan skyldes flere faktorer:

- (i) overbelastning av brønnenes kapasitet med 50 - 100 %
- (ii) for grovt dimensjonert filterrør (3-4 mm slisser)
- (iii) hyppig start/stopp av pumping
- (iv) mulig korrosjon (lav alkalitet, pH og kalsium i vannet)

Problemet ble løst ved å bore nye brønner i 1991. Brønnen var

- (i) flere, derfor mindre belastning per brønn
- (ii) mindre slissåpning (0,4 - 1,2 mm)

3: Brønnen ble boret i 1983 med vertikalt slisset filterrør, men uten kunstig grusfilter. Nedsatt kapasitet, trolig på grunn av finstoff, men det er også mistanke om jernutfelling i hullet. Til tross for at det ikke finnes noe særlig høyt innhold av jern i vannet, pumpes det leilighetsvis opp partikler av jern i vannet. Vannets pH ligger omkring 6,8. Rehabilitering i juni 1991 av Gudbrandsdal Brønnboring ved tilsetting av trykkluft, trinnsvis opp i hullet. Ser ut til å ha vært vellykket.

4: Boret i ca. 1985 i prekambrisk granitisk gneiss. Nedsatt kapasitet, trolig på grunn av at sprekker er tettet med jern/mangan utfellinger eller biofilm (men det ble ikke analysert for bakterier). Rehabilitering av Jordforsk i 1989 ved tilsetting av klor og saltsyre. Rehabiliteringen ser ut til å ha vært vellykket.

5. To brønner i løsmasse (finkornet og svært ensgradert), boret ca. 1986, ingen grusfilter, vertikalslisset filterrør. Kapasiteten synes å bli gradvis redusert på grunn av tetting av massene rundt brønnen. Ikke høye verdier av Fe eller Mn i grunnvannet. Når kapasiteten blir mindre enn 60.000 l/t foretas rehabilitering ved tilsetting av trykkluft ved toppen av brønnen, for å blåse rent filterrøret. Dette har blitt gjort hvert annet år (1988 & 1990) ved den ene brønnen og kun en gang (1990) ved den andre. Ingen problemer siden 1990. Antas å være på grunn av tilsetning med finkornige masser.

6. Tre borehull i fast fjell (Ringerike kvartsitt). Etter at et hull fikk svikt i kapasitet i 1985/86, ble det boret hull nr.3, men i 1988/89 ble det også nedsatt kapasitet i dette hullet. Dette synes å skyldes utfelling av brun jern (evt. mangan) hydroksyd i sprekker/hullene. Lignende utfellingsproblemer også i ledningsnettet. Borehullene ble forsøkt behandlet med sjokk-klorering og tilsetting av sitronsyre, og ved tilsetting av sulfaminsyre. Dette økte kapasiteten betydelig men etter en kort stund (5 - 6 måneder) ble brønnene tettet til igjen.

7. To brønner i løsmasser. Ingen grusfilter, vertikalslisset filterrør. I løpet av 10 års drift har den ene brønnen fått nedsatt kapasitet slik at den trekker luft. Årsaken til den nedsatte kapasiteten er ikke undersøkt, men det antas å være pga. tilslamming av filteret. Rehabilitering ved å tilsette trykkluft på toppen av brønnen. Tilfredstillende resultat, men må gjentas. Ikke noe rødbrunt belegg observert i brønnen, heller ikke mye jern i vannet (ca. 0.013 mg/l). Leilighetsvis høyt kintall.

8. Boret i ca. 1975 i prekambrisk øyegneiss. Nedsatt kapasitet, trolig på grunn av at sprekker er tettet med jern/mangan utfellinger eller biofilm (men det ble ikke analysert for bakterier). Rehabilitering av Jordforsk i 1990 ved tilsetting av klor og saltsyre. Residuum-vannet etter behandling hadde veldig høyt innhold med Fe og Mn. Rehabiliteringen ser ut til å ha vært vellykket, men siden høsten 1991 er brønnen tatt ut av drift av andre årsaker.

9. Den første brønnen på Trandum gikk tett, antatt på grunn av finstoff. Rehabilitering forsøkt på 1960-tallet ved tilsetting av trykkluft i brønnen. Ga en forbedret kapasitet, men den gikk snart ned igjen. Brønnen er satt ut av drift. Den nest eldste brønnen (boret i slutten av 1960-tallet) viser også tegn

på reduksjon i kapasiteten. Lite Fe / Mn i vannet. Leilighetsvis kan det være et lavt kimtall, men det er stort sett null. Ikke noe kunstig grusfilter.

10. En brønn i løsmasser. Ikke noe kunstig grusfilter. Nedgang i kapasitet, som antas å skyldes tetting med finstoff. Rehabiliteres hvert år ved tilsetting av vanntrykk og luft fra et stempel mellom to pakninger. Rehabiliteringen synes vellykket, kapasiteten blir enda bedre hver gang arbeidet utføres!

11. Brønn 1 ble boret 1983; brønn 2 i 1984. I den første var trolig filteret for grovt, og det ble stadig inntrenging av finstoff. Problemet ble løst i 1990, ved å sette ned et internt filter, med mindre filteråpninger (1½mm), innenfor det opprinnelige. Dette har ikke ført til merkbar nedgang i kapasitet. I brønn 2 ble det opprinnelig brukt 1½ mm filteråpninger, og der har det aldri vært problemer.

Ved Åmot er det i tillegg lagt merke til et rødbrunt belegg på pumpen, som siden 1983 synes å ha ført til en mindre alvorlig nedgang i pumpens kapasitet på 3 l/s. Vannet inneholder 0,031 mg/l Mn og 0,115 mg/l Fe, som fører til utfelling av Mn i ledningsnett. Ledningsnett spyles hvert år.