

NGU Rapport 97.150

Det 7. seminar om hydrogeologi og  
miljøgeokjemi 1997

Rapport nr.: 97.150		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Det 7. seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi 1997				
Forfatter: Bjørn Frengstad og Åse Minde (Red)		Oppdragsgiver: NGU		
Fylke:		Kommune:		
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 41	Pris: 60,-	
		Kartbilag:		
Feltarbeid utført:	Rapportdato: 03.11.97	Prosjektnr.: 2718.00	Ansvarlig: 	
<p>Sammendrag:</p> <p>3. og 4. november 1997 arrangerte faggruppe for geokjemi og hydrogeologi sitt 7. seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi på Knut S. Heiers konferansesenter ved NGU i Trondheim. 118 deltakere var påmeldt totalt med ca 90 deltakere hver av dagene.</p> <p>På seminarets første dag ønsket vi på tradisjonelt vis å ta pulsen på prosjekter som er igang eller nylig er avsluttet innenfor miljøgeokjemi og hydrogeologi i Norge. Bidragene omfattet bl.a. modellering, Gardermobanens problemer, bruk av grunnvarme, istidens innflytelse på ytelsen i borebrønner, og geokjemisk kartlegging henholdsvis kontinentalt, i Trondheim og i borebrønner.</p> <p>Den andre dagen var temaet «naturlig mineralvann». Norge har åpenbart gode muligheter for eksport av drikkevann som sådan, men ikke alle synes å ha et like edruelig forhold til temaet dersom vi skal tolke den senere tids avisoppslag. Programmet omfattet geologi/kjemi, lovverket og case studies. De inviterte foredragsholderne representerte flere aktører i markedet og innen forvaltning og forskning, og dagen ble avsluttet med en debatt over temaet: «Potensialet for norsk produksjon av naturlig mineralvann - betinget av geologi, helse eller markedsføring?».</p> <p>Program for seminaret er gjengitt fremst i rapporten, og sammendrag av foredragene er deretter presentert kronologisk i henhold til programmet. Bakerst finnes en oversikt over seminardeltakerne med adresser.</p>				
Emneord: Hydrogeologi		Miljøgeologi		Geokjemi
Regional kartlegging		Grunnvann		Geokjemiske undersøkelser
				Fagrapport

## INNHOOLD

<b>Dype løsmassebrønner på Jæren .....</b>	<b>7</b>
Gaute Storrø	
<b>Dype løsmassebrønner i Danmark.....</b>	<b>8</b>
Jens Stockmarr	
<b>Hydrogeologisk database. Istiden og ytelsen i borebrønner.....</b>	<b>9</b>
Geir Morland	
<b>Lineamenter, sprekkefordeling og grunnvann i krystalline bergarter i Sunnfjord.....</b>	<b>11</b>
Braathen, A., Gabrielsen, R.H. and Henriksen, H.	
<b>Grunnvarme og varmepumper.....</b>	<b>13</b>
Helge Skarphagen	
<b>Gardermobanen - Nordre Puttjerns bane! .....</b>	<b>14</b>
Øystein Aars	
<b>Grunnvannsenkning .....</b>	<b>15</b>
Petter Snilsberg og Jens Kværner	
<b>Bruk av DNA-tracer i hydrogeologi.....</b>	<b>16</b>
<b>Sporstofforsøk i Nordre Puttjern/ Romeriksporten</b>	
Tor Simon Pedersen, Peter Alestrøm og Jacob Torgersen	
<b>Simulering av foretrukne strømningsveier i umettet sone.....</b>	<b>17</b>
Nils-Otto Kitterød	
<b>Bruk av prosess-basert sedimentologisk simulering og geostatistikk til estimering av hydraulisk ledningsevne i 3-D .....</b>	<b>18</b>
Kevin J. Tuttle, Johannes Wendebourg og Per Aagaard	
<b>Modeling weathering of a glaciofluvial Quaternary deposit dominated by pyrite oxidation and calcite dissolution, Gardermoen, Norway.....</b>	<b>19</b>
Leif Basberg, Atle Dagestad	
<b>Urban geokjemi i Trondheim: Kartlegging .....</b>	<b>21</b>
Rolf Tore Ottesen og Marianne Langedal	
<b>Urban geokjemi i Trondheim: praktiske konsekvenser.....</b>	<b>22</b>
Rolf Tore Ottesen og Marianne Langedal	
<b>Kontinental geokjemisk kartlegging .....</b>	<b>23</b>
Bjørn Bølviken og Nils Gustavsson	
<b>Forurensningsundersøkelser ved tidligere sovjetiske militærbaser i Latvia og Litauen .</b>	<b>24</b>
Arve Misund	
<b>Eksempel på bruk av radioaktive sporstoffer i vann: Studium av opptak av forurensninger i sedimentlevende dyr.....</b>	<b>25</b>
Dag Øistein Eriksen	

<b>Metodeutvikling for miljørisikoanalyse og valg av saneringsmetode ved akutt forurensning .....</b>	<b>26</b>
Kevin J. Tuttle, Øivind Tryland og Anne Danielsberg	
<b>Grunnvannskjemi - hver vannkilde et unikt fingeravtrykk.....</b>	<b>27</b>
David Banks	
<b>Klausulering. Har norske kilder stabil kvalitet/tilstrekkelig oppholdstid? .....</b>	<b>28</b>
Knut Ellingsen	
<b>Naturlig mineralvann i Åfjord - utredning av kilde .....</b>	<b>29</b>
Bernt Olav Hilmo	
<b>Hva er spesielt med naturlig mineralvann? Fra et kildevannkjølerfirmas perspektiv ....</b>	<b>30</b>
Dagfinn Paust, Karl Sandøy	
<b>Det norske næringsmiddelregelverket som berører naturlig mineralvann. ....</b>	<b>31</b>
Birger Willumsen	
<b>Helsefarlige vurderinger knyttet opp til godkjenning av naturlig mineralvann.....</b>	<b>32</b>
Truls Krogh	
<b>Tittel .....</b>	<b>33</b>
Brynjulf Melhus	
<b>Danske grundvandsressourcer og grundvandets kvalitet.....</b>	<b>34</b>
Jens Stockmarr	
<b>Kilder og vannuttak ved Ringnes Farris.....</b>	<b>35</b>
Øyvind Grimslund	
<b>Naturlig mineralvann - Mikrobiologisk kvalitet .....</b>	<b>36</b>
Gunn Midtøy	
<b>Fra 0 til 100 med Vannkilden Iveland.....</b>	<b>37</b>
Olav Berg Thomassen	

## PROGRAM MANDAG 3. NOVEMBER

09.00-09.25 Registrering og kaffe

09.30 Åpning.  
*v/Adm. dir. Arne Bjørlykke, NGU.*

### SESJON HYDROGEOLOGI

09.40 Dype løsmassebrønner på Jæren  
*v/Gaute Storrø, NGU*

10.00 Dype løsmassebrønner i Danmark  
*v/Jens Stockmarr, GEUS*

10.20 Istiden og ytelsen i borebrønner.  
Hydrogeologisk database  
*v/Geir Morland, NGU*

10.50 Lineamenter, sprekkefordeling og grunnvann i krystalline bergarter i Sunnfjord.  
*v/Alvar Braathen, NGU*

11.10 - 11.20 Kaffepause

11.20 Landsomfattende kartlegging av kjemisk kvalitet i borebrønner.  
*v/Aase Midtgård, NGU*

11.40 Grunnvarme og varmepumper.  
*v/Helge Skarphagen, NGU*

12.00 Gardermobanen - Nordre Puttjerns bane  
*v/Øystein Aars, NVE*

12.20 Påvirkning av grunnvann og vegetasjon etter tunnelbygging, Gardermobanen.  
*v/Petter Snilsberg og Jens Kværner, Jordforsk*

12.40 DNA-tracer i hydrogeologisk sammenheng. Gardermobanen.  
*v/Tor Simon Pedersen, NVE*

13.00-14.00 Lunsj

14.00 Simulering av foretrukne strømningsveier i umettet sone.  
*V/Nils Otto Kitterød, NVE*

14.20 Bruk av prosessbasert sedimentologisk simulering av geostatistikk til estimering av hydraulisk ledningsevne i 3-D.  
*v/Kevin J. Tuttle, Berdal Strømme*

14.40 Modellering av naturlig forvittringsprosesser med PHREEQC, Gardermoen-akviferen.  
*v/Leif Basberg, NTNU*

### SESJON MILJØGEOKJEMI

15.00 Urban geokjemi, Trondheim: Kartlegging og praktiske konsekvenser  
*v/Rolf Tore Ottesen og Marianne Langedal, Miljøavdelingen Trondheim Kommune*

15.35 - 15.50 Kaffepause

15.50 Kontinental geokjemisk kartlegging  
*v/Bjørn Bølviken, NGU.*

16.10 Forurensningsundersøkelser ved tidligere sovjetiske militærbaser, Latvia og Litauen.  
*v/Arve Misund, NGU*

16.30 Bruk av radioaktive sporstoffer i vann: Opptak av forurensninger i sedimentlevende dyr.  
*v/Dag Øystein Eriksen, IFE*

16.50 Metodeutvikling for miljørisikoanalyse og valg av saneringsmetode ved akutt forurensning  
*v/Kevin J. Tuttle, Berdal Strømme*

17.10 Avslutning

20.00 Seminarmiddag på Grand Olav Hotel

## PROGRAM TIRSDAG 4. NOVEMBER

09.30-09.55 Registrering og kaffe/mineralvann

- 10.00 Introduksjon  
v/Bjørnar Eikebrokk,  
Norsk Vannforening

### GEOLOGI/KJEMI

- 10.10 Grunnvannskjemi - hver vannkilde et unikt fingeravtrykk  
v/Fagsjef David Banks, NGU
- 10.30 Klausulering. Har norske kilder stabil kvalitet/tilstrekkelig oppholdstid?  
v/Forsker Knut Ellingsen, NGU
- 10.50 Naturlig mineralvann i Åfjord - utredning av kilde.  
v/Forsker Bernt Olav Hilmo, NGU
- 11.10 "Danske grundvandsressourcer og grundvandets kvalitet."  
v/Seniorrådgiver Jens Stockmarr, GEUS

11.30 - 11.40 Kaffe/mineralvannpause

### LOVVERKET

- 11.40 Hva er spesielt med naturlig mineralvann?  
v/Karl Sandøy, Osa Mineral Water, Dagfinn Paust, Aqua Service.
- 12.00 Det norske næringsmiddelregelverket som berører naturlig mineralvann.  
v/Birger Willumsen, Statens Næringsmiddeltilsyn

- 12.20 Helsefaglige vurderinger knyttet opp til godkjenning av naturlig mineralvann.

v/Seksjonssjef Truls Krogh,  
Folkehelsa

- 12.40 Tittel kommer senere

v/Brynjulf Melhus, EFTAs  
overvåkningsorgan

13.00 - 14.00 Lunsj

### CASE STUDIES

- 14.00 Kilde og vannuttak ved Ringnes, Farris.  
v/Kvalitetsleder Øyvind Grimslund, Ringnes Farris.
- 14.20 Naturlig mineralvann - Mikrobiologisk kvalitet.  
v/QC Manager Gunn Midtøy, Telemark Springwater.
- 14.40 Fra 0 til 100 med Vannkilden Iveland.  
v/Olav Berg Thomassen, Vannkilden Iveland.

15.00 - 15.15 Kaffe/mineralvannpause

### 15.15 DEBATT:

«Potensialet for norsk produksjon av naturlig mineralvann - betinget av geologi, helse eller markedsføring?»  
Debattleder David Banks, NGU

Innledninger v/Karl Sandøy,  
Truls Krogh, Otto Foss og  
Arve Misund

- 16.30 Avslutning

## **Dype løsmassebrønner på Jæren**

**Gaute Storrø**

*Norges geologiske undersøkelse, Postboks 3006 Lade, 7002 Trondheim*

## **Dype løsmassebrønner i Danmark**

**Jens Stockmarr**

*GEUS, Thoravej 8, DK-2400 København, Danmark*



## **Hydrogeologisk database. Istiden og ytelsen i borebrønner.**

**Geir Morland**

*Norges geologiske undersøkelse, Postboks 5348 Majorstua, 0304 Oslo*

Grunnvann har vært en del av NGUs ansvarsområde i en mannsalder og siden 1951 har NGU samlet inn opplysninger til en brønnboringsdatabase. Brønnboringsarkivets første sjef, Statsgeolog Per Holmsen, kom i en liten rapport, en såkalt "meddelelse fra vannboringsarkivet" med et lite hjertesukk:

"Det samlede antall boringer pr. 1. januar 1953 overstiger sannsynligvis 1300. Antall boringer pr. år øker meget fort, og det haster med å få innsamlet det meget verdifulle materiale før det går tapt."

Ved utgangen av 1972 var det registrert i alt 9323 borebrønner i brønnboringsarkivet. Siden den gang har imidlertid brønnboringsarkivet kommet i skyggen av andre mer prioriterte arbeidsoppgaver, og kontakten med brønnborene og den frivillige innrapporteringen ble etterhvert mer eller mindre borte. Per i dag har vi snaut 20 000 borebrønner registrert.

Siden 1992 har NGU arbeidet for å videreutvikle brønnboringsdatabasen for å tilfredsstille de behov ulike brukere har. Ved forrige årsskifte ble det fortgang i prosessen og som et resultat av denne videreutviklingen har NGU i dag et hydrogeologisk databasesystem som skal ivareta opplysninger om alle typer boringer etter vann som kommer inn under oppgaveplikten. Dette gjelder f.eks. også analyseresultater og prøvepumpingsdata. I arbeidet med utviklingen av databasesystemet er det lagt vekt på å gjøre oppbygningen så generell som mulig slik at endringer og videre utvikling i konstruktivt samarbeid med brønnborene, hydrogeologiske konsulenter og andre som arbeider innenfor hydrogeologi kan skje så enkelt som mulig.

Alle hydrogeologiske data er enten knyttet til et punkt, en linje eller en flate. En brønn i fjell blir f.eks. representert ved et punkt, et geofysisk profil over en grunnvannsføremst med en linje og selve grunnvannsføremsten i f.eks. en løsmasseavsetning med et areal.

Hydrogeologisk databasesystem er tilgjengelig for alle via Internett. Adressen er <http://hydro.ngu.no>. Her kan man søke i mer enn 20 000 brønner i fjell og løsmasser og få nærmere opplysninger om de brønnene som ligger inntil 5 000 meter fra et gitt punkt. Det er mao. lagt opp til at alle skal kunne få informasjon om eventuelle brønner i nærheten av borestedet for en ny brønn eller for å få informasjon om boredyp og ytelser til brønner innenfor et område. Hvis man ønsker ytterligere opplysninger om enkelte brønner, kan dette bestilles direkte fra NGU via Internett.

Vi vil også legge opp til at alle som kommer inn under oppgaveplikten og som leverer opplysninger til NGU både skal kunne legge inn sine egne opplysninger direkte via Internett og få tilgang til alle opplysninger i hydrogeologisk database. Dette vil være interessant i og med at hydrogeologisk database da vil fungere som hver enkelt brønnborens "private" database for de boringer han utfører samtidig som han har mulighet for å på lik linje med alle andre å få tilgang til opplysninger om boringer som også andre har utført.

I tillegg til å tilrettelegge brønnboringsdatabasen for våre kunder, ser vi en stor utfordring i å gjøre ulike typer informasjon basert på opplysninger i databasen spesielt tilgjengelig. Dette gjelder f.eks. sammenstillinger om forventet vanngiverevne i ulike bergarter, hvilken vannkvalitet som kan forventes i ulike områder, om det er lokalisert brønner i nærheten av nye brønnlokaliseringer osv.

Når det gjelder vanngiverevne og bergarter har jeg gjennom en doktorgrads-avhandling bl.a. sett på mulige sammenhenger mellom ytelsen til borebrønner i fjell og andre geologiske fenomener for om mulig å få en dypere forståelse av den variasjon i ytelse fra borebrønner i fjell som vi ser i vårt langstrakte land. Etter en ide opprinnelig lansert av min kollega Erik Rohr-Torp har jeg bl.a. sett nærmere på en eventuell sammenheng mellom ytelser av borebrønner i fjell og dagens landhevning. Det viser seg at det er en meget klar sammenheng mellom hvor mye vann som kan tas ut av en borebrønn i fjell per boret meter og hvilken landhevning det er i området. At en slik sammenheng eksisterer indikerer at det ikke bare er bergartstypen som kan ha innflytelse på ytelsen til grunnvannsbrønner i fjell men at også andre faktorer kan påvirke ytelsen både regionalt og lokalt.

Det er en stor utfordring å arbeide videre med den informasjonen som eksisterer i den hydrogeologiske databasen for å tilrettelegge ny kunnskap på en slik måte at f.eks. brønnborere og deres kunder kan få et så godt og rimelig produkt som mulig samtidig som kunnskapen, spesielt om grunnvann i fjell, øker i forskningsmiljøene.

## Lineamenter, sprekkefordeling og grunnvann i krystalline bergarter i Sunnfjord.

Braathen, A.<sup>1</sup>, Gabrielsen, R.H.<sup>2</sup> and Henriksen, H.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Norges geologiske undersøkelse, Postboks 3006 Lade, 7002 Trondheim

<sup>2</sup>Universitetet i Bergen, Geologisk Institutt, 5007 Bergen

<sup>3</sup>Høgskulen i Sogn og Fjordane, Postboks 39, 5801 Sogndal

Norges krystalline berggrunn er gjennomgått av lineamenter som varierer i lengde fra hundre kilometer til noen hundre meter. Mange av lineamentene er antatt å representere svakhetssoner i berggrunnen karakterisert ved en økt hyppighet av sprekker. I bergarter uten primær porøsitet kan en slik opphopning av sprekker peke mot en økning i potensialet for grunnvann i berggrunnen.

Et prosjekt i regi av NGU, HSF, NTNU og UiB fokuserer på sprekker/bruddstrukturer i tilknytning til lineamenter. Studiene er utført i Sunnfjord, hvor den dominerende orienteringen av lineamenter er N-S og Ø-V, underordnet NØ-SV og NV-SØ. Dette er også den gjennomgående orienteringen av steiltstående sprekker i området.

Systematisk registrering av hyppighet/frekvens og orientering av sprekker i profiler inn mot en rekke lineamenter gir et klart bilde av lineamentenes oppbygning. I en avstand fra lineamentene som overstiger 250 meter påvirkes ikke berggrunnen av disse, og vanlig bruddfrekvens er 0-2 sprekker/meter (sp/m). I lineamentenes *ytre sone*, dvs. i en avstand mellom 50 og 250 meter fra lineamentet, er bruddfrekvensen vanligvis 1-3 sp/m. Sprekkene har varierende orientering, i mange tilfeller med en dominerende 20-40° vinkel til lineamentet. Den *marginale sonen*, som varierer i bredde fra 10 til 50 meter, har typiske frekvensverdier på 3-6 sp/m. Denne sonen har en dominans av sprekker som er subparallele til lineamentet. Den *sentrale sonen* har gjennomgående en bredde på 5 til 20 (maks. 30) meter. Den er karakterisert ved en sverm av sprekker subparallele med lineamentene med en frekvens på 6-12 sp/m. I tillegg forekommer ofte breksjer med varierende bredde og utholdenhet. I sentralsonen er sprekkefeltene ofte fylt med leirmineraler som kan bidra til en vesentlig permeabilitets-reduksjon. Denne reduksjonen kan imidlertid til en viss grad være motvirket av senere reaktivering(er) av lineamentene.

Den beskrevne, systematiske lineament oppbygning ser ut til å være et generelt trekk i Norges krystalline berggrunn. Dette underbygges av tilsvarende studier i Lofoten, Øygarden og på Lista.

Med basis i ny forståelse av sprekkefordelingen langs lineamenter er prosjektet i ferd med å teste to hydrogeologiske modeller: (1) I den ytre sonen vil vannstrøm hovedsakelig foregå langs sprekker som er parallele med den største bergspenningen. (2) Marginalsonen, med høy bruddfrekvens og mindre leirmineral-innfylling/omvandling, har det største grunnvannspotensialet langs lineamenter.

## Landsomfattende kartlegging av kjemisk kvalitet av grunnvann i fast fjell

Aa.K. Midtgård<sup>1</sup>, D. Banks<sup>1</sup>, B. Frengstad<sup>1</sup>, J.R. Krog<sup>1</sup>, G. Morland<sup>1</sup>, T. Strand<sup>2</sup>, B. Lind<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Norges geologiske undersøkelse, Postboks 3006 Lade, 7002 Trondheim

<sup>2</sup> Statens strålevern

"Landsomfattende kartlegging av kjemisk kvalitet av grunnvann i fast fjell" er et samarbeid mellom Statens strålevern (NRPA) og Norges geologiske undersøkelse (NGU). Sommeren 1996 gikk Statens strålevern ut offentlig med et tilbud om radonanalyser. Tilbudet ble tatt opp av landets næringsmiddeltilsyn og enkelte kommuner og privatpersoner. På dette tidspunktet ble NGU koblet inn i prosjektet og det ble sendt ut flasker til vanlig vann-prøvetaking og -analyse, samtidig med radonprøvetaking. Der prøvetakingsskjemaet har inneholdt tilstrekkelige opplysninger, er de prøvetatte brønnene koordinatfestet i databasen og deretter koplet til digitalt berggrunnskart i målestokk 1:3 millioner (Sigmond, E.M.O. 1992).

Statens strålevern har analysert vannprøver fra mer enn 3000 borebrønner for radoninnhold og av disse er 1924 vannprøver analysert for en rekke fysikalsk- kjemiske parametre ved NGUs laboratorium. Innsamlede prøver fra løsmassebrønner, overflatevann og brønner med vannbehandling er utelatt i den videre statistiske behandlingen (tilsammen 320 prøver).

Av 1601 prøver er det 14 % som overskrider tiltaksgrensen for Radon i drikkevann på 500 Bq/l. Utfra vannprøvene i undersøkelsen har brønner i bergartsgruppe 92 (prekambriske granitter) den høyeste mediankonsentrasjonen på 698 Bq/l. De laveste median-konsentrasjonene forekommer i bergartsgruppe 88 (prekambrisk gabbro, dioritt etc.), her er medianen 20,5 Bq/l. Høyeste registrerte radon-innhold i grunnvann i fjell er fra Iddefjordgranitten (bergartsgruppe 92) i Råde kommune (19900 Bq/l). Den samme brønnen er prøvetatt på nytt og viste da 31925 Bq/l. Dette er det høyeste registrerte radoninnhold i drikkevann i Norge.

Helse- og sosialdepartementet har fastsatt en høyeste tillatte konsentrasjon av fluorid i drikkevann på 1,5 mg/l. 16 % av de 1604 prøvene som er analysert på NGU har et fluorid-innhold som overskrider denne grensen. Utfra vannprøvene i undersøkelsen har brønner i bergartsgruppe 72 (gabbro og dioritt i kaledonidene) den høyeste mediankonsentrasjonen på 1,9 mg/l. De laveste mediankonsentrasjonene forekommer i bergartsgruppe 76 (kambrosiluriske grønnsteiner etc.), her er medianen 0,06 mg/l. Høyeste registrerte fluorid-innhold i grunnvann i fjell er fra bergartsgruppe 72 i Bergen kommune (8,3 mg/l).

Tidligere undersøkelser i Østfold fylke (Banks et. al 1995) har vist at grunnvann i Iddefjordgranitten ofte inneholder bl.a. mye radon og fluor, dette bekreftes i denne kartleggingen. Av de 174 prøvene som ble samlet inn fra Østfold var det 36 % som oversteg tiltaksgrensen for radon og 32 % som oversteg drikkevannsgrensen for fluorid.

Sigmond, E.M.O. 1992: Berggrunnskart, Norge med havområder. Målestokk 1:3 millioner, Norges geologiske undersøkelse.

Banks, D., Røyset, O., Strand, T. & Skarphagen, H. 1995. Radioelement (U, Th, Rn) concentrations in Norwegian bedrock groundwaters. *Environmental Geology* 25, 165-180.

## **Grunnvarme og varmepumper**

### **Helge Skarphagen**

*Norges geologiske undersøkelse, Postboks 5348 Majorstua, 0304 Oslo*

Energi utvunnet fra grunnen kan nyttes til oppvarming, henholdsvis avkjøling av bygninger. Dette er fornybar energi med ingen eller svært liten belastning på miljøet. Etterspørselen etter grunnvarme er tiltakende i vårt samfunn. Gryende oppmerksomhet omkring alternativ energi sannsynliggjør at energi fra undergrunnen i økende grad også vil bli politisk verdsatt.

### **Hva kan eventuelt NGU bidra med?**

Større anlegg som benytter opp-pumpet grunnvann, må normalt basere seg på varmeveksling av grunnvann fra løsmasser. Det store flertall av anlegg til enkelthus og middels store brukere, benytter lukkede kollektorer (plastrør med helsemessig harmløs frostveske som henger ned i en borebrønn i fjell) i varmeopptaket.

Dimensjoneringen av anlegg for grunnvarme vil avhenge av undergrunnens energipotensiale.

Det vil variere bl.a. med:

- Løsmassers beskaffenhet og grunnvannsforhold. Det er særlig uttak pr. brønn, grunnvannstemperatur og grunnvannskvalitet (innhold av jern og mangan, korrosjonsfare, karbonatutfellinger m.v.) som er av interesse.
- Berggrunnens egenskaper, særlig kvartsinnhold (kvarts er den dominerende varmeleder i bergartene) og bevegelig grunnvann som bidrar til varmetransporten i grunnen.

Det vil derfor bli en økende etterspørsel etter kunnskap om disse faktorene, der NGU har mye å bidra med. Videre er det et stort behov for informasjon og opplæring innen feltet generelt og innen våre georelaterte felt spesielt. Endelig er det mange uløste spørsmål innen utvinningen av grunnvarme som dels holder kostnadene oppe og dels virker forsinkende på veksten innen feltet. For å bistå utviklingen bør følgende aktiviteter vurderes:

1. Lage oversikter over grunnvarmepotensialet
  - tabeller over bergarters varmeledningsevne
  - digitale kart over grunnvarmepotensialet
2. Informasjon og opplæring
3. Bidra til utvikling av kostnadsbesparende metoder for utvinning av grunnvarme (FoU).

Behovet for grunnvarme er størst i bebygde områder. Kartene vil i stor grad kunne avledes av allerede innsamlede data.

Bruk av anlegg basert på grunnvarme gir normalt miljømessige og økonomiske besparelser. Erfaringer vi gjør oss i Norge vil kunne ha overføringsverdi til utviklingsland, og dermed bedre deres muligheter for å anvende energieffektive løsninger.

## **Gardermobanen - Nordre Puttjerns bane!**

**Øystein Aars**

*NVE, Postboks 5091 Majorstua, 0301 Oslo*

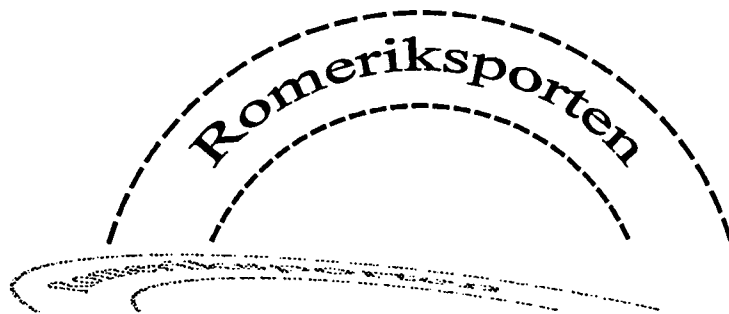
En stund etter årsskiftet 1996/97 oppdaget turgjengere at vannstanden i det idylliske lille skogstjernet Nordre Puttjern i Østmarka ved Oslo plutselig hadde sunket dramatisk. Det var snakk om flere meter. Etter kort tid, allerede midt i februar, påtok NSB-Gardermobanen seg all skyld. Nærmere 200 m under tjernet hadde anleggsarbeidene med tunnelen for høyhastighetstoget til Gardermoen nye flyplass skåret seg gjennom svakhetssoner i fjellet, og det hadde oppstått såvidt store lekkasjer at tjernet ble drenert. Tettingsarbeider ble igangsatt, men lekkasjene fortsatte, og vannstanden sank stadig. Dette medførte dramatiske konsekvenser for terrenget rundt tjernet. Under vårløsningen i mai skled breddene rundt tjernet ut i det som var igjen av dette, og medførte en forbigående stigning av vannstanden. Fra slutten av mai fortsatte uttappingen. Store sprekker utviklet seg i terrenget, og trær stupte overende.

NVE ble tidlig engasjert til å overvåke vannstanden i tjernet, og også i nabetjernet Søndre Puttjern. Oppdraget er senere utvidet til andre tjern i området, og Jordforsk er engasjert til å utrede myr- og grunnforhold rundt og mellom tjernene.

De store utglidningene av masse medførte praktiske vanskeligheter for overvåkingen av vannstandsforholdene.

I dag er tjernet bare en liten dam midt i et torv- og slamlandskap. Søndre Puttjern, 300 m lenger syd hadde omlag samme høyde som Nordre. Nå er forskjellen ca 7 meter, og dette har ført til drenering gjennom grunnen fra Søndre til Nordre Puttjern. Konsekvensen er at NSB-Gardermobanen har fått tillatelse til pumping av vann fra Kroktjern, ennå lenger syd, og til Søndre Puttjern, for at ikke også dette skal bli ødelagt.

Det vil bli gjort rede for hva som har hendt, og så langt det er kjent også hvorfor, samt om de hydrologiske forhold. I et annet foredrag vil Tor Simon Pedersen, NVE, gjøre rede for praktiske undersøkelser med det formål å stedsbestemme lekkasjene.



## Grunnvannsenkning

Petter Snilsberg og Jens Kværner

*Jordforsk, 1432 Ås*

Romeriksporten er en 16 km lang tunnel som starter i kambro-siluren i Oslo sentrum, krysser forkastningen til gneisen og fortsetter i kanten av Oslofeltet til Lillestrøm. Fjelloverdekningen varierer fra 20 til 180 meter. I øst og vest er det raskt vekslende mektighet med marine leirer, mens under deler av Østmarka er det områder som ligger over MG, blant annet Puttjerndalen.

Bergartene i gneisområdet har raskt vekslende litologi og en markert foliasjon i tilnærmet nordsør retning. Gneisene varierer fra granittiske til amfibolittiske og skjæres av pegmatitter og ulike permiske gangbergarter. I følge Gardermobanen A/S har det vært spesielt mye leire på sprekkene som har gjort det vanskelig å forutsi og å gjennomføre tetningsarbeidet.

Effekten av de store vannlekkasjene inn i tunnelen (ca 4200 l/min) ble først synlig i N-Puttjern og senere i myrene mellom de to Puttjernene. Grunnvannsrør i torva og i underliggende sand/grusmasser viste en betydelig grunnvannsgradient nordover fra S-Puttjern. En fjellterskel hindret sannsynligvis en raskere drenering av tjernet.

Alle myrene over tunneltraseen ble oversiktsmessig kartlagt basert på synlige skader på myrene mellom Puttjernene; tørr myroverflate, tydelig senkning av terrenget, torva slipper inn mot fjell, skjæve trær, uttørket mose, tørre myrhull, ikke vann innunder store steiner/fjellvegg.

Synlige skader er observert i Puttjerndalen ca 1 km sør og 1 km nord for tunneltraseen. Ut fra topografi og løsmassefordeling tyder det på flere uavhengige dremskanaler fra terrengoverflaten og ned til tunnelen. Vest for Lutvann er det observert skader på myrene som tilsier grunnvannsenkning også her inntil 1 km sør for traseen. Grunnvannsenkningen ser imidlertid ut til å være begrenset til relativt smale belter, med tilsynelatende intakte grunnvannsforhold utenfor beltene. Dette tyder på svært inhomogene hydrauliske forhold i området, hvor enten bergartsvariasjonen i seg selv eller leirfylte sprekker parallelt denne, danner en effektiv sperre for øst-vest gående grunnvannstrøm. Innen hvert gneisbelte tyder imidlertid observasjonene på svært gode dremskanaler i nord-syd retning.

Flere nye observasjonsbrønner i torv, løsmasser og fjell vil forhåpentligvis stadfeste dagens influensområde og gjøre det mulig å følge effekten av tetningstiltakene og eventuelle overføringer av fjernvann inn i området.

## **Bruk av DNA-tracer i hydrogeologi. Sporstofforsøk i Nordre Puttjern/ Romeriksporten**

**Tor Simon Pedersen,<sup>1</sup> Peter Alestrøm<sup>2</sup> og Jacob Torgersen<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>NVE, Postboks 5091 Majorstua, 0301 Oslo

<sup>2</sup>Norsk Veterinærinstitutt

Hydrologisk avdeling ved NVE fikk i slutten av august i oppdrag å utføre et sporstofforsøk for om mulig å avdekke den hydrauliske kommunikasjon mellom Nordre Puttjern og Romeriksporten. For dette formålet ble det valgt å bruke ionetracere, bromid og klorid, og en såkalt DNA-tracer. Preparering og analyse av DNA ble gjort ved Norsk Veterinærinstitutt.

DNA har mange fordeler som tracer sammenlignet med radioaktive isotoper og andre uorganiske forbindelser:

- 1) DNA er et naturlig organisk molekyl og er ikke toksisk.
- 2) DNA er forholdsvis kjemisk stabil forbindelse, men er likevel en biopolymer som nedbrytes i naturen.
- 3) DNA kan kodes til å bære spesifikk alfa-numerisk informasjon.
- 4) DNA-molekyler som benyttes til tracer er kjemisk syntetiske naturidentiske ca 50-100 basepar lange enkeltrådige oligonukleotider som ikke bærer tradisjonell genetisk informasjon, dvs ikke inneholder gener. Eventuelt opptak av DNA-tracer av jordbakterier kan mao. ikke føre til spredning av egenskaper som f.eks. antibiotikaresistens.
- 5) DNA kan påvises i meget lav konsentrasjon (teoretisk 1 molekyl pr analyse) vha "polymerase chain reaction" (PCR), hvilket innebærer at man benytter minimal tracer-konsentrasjon.
- 6) Den innkodede informasjon kan "leses" vha. PCR-metoden og DNA-sekvensering, etter oversettelse til definert alfanumerisk budskap. Utslipp av en spesifikk tracer kan påvises og identifiseres også i en blanding av to eller flere DNA-tracere.

Sporstoffene som er tilsatt i Puttjern er injisert via injeksjonsrør under et gytjelag som dekker den faste bunnen av tjernet. Dette er gjort for å minske sannsynligheten for tilbakeholdelse og nedbrytning av sporstoffene samt for å eliminere transporttiden gjennom dette gytjelaget. Det ble tilsatt sporstoff ved seks ulike punkter og det ble ved hvert punkt anvendt klorid, bromid og DNA tracer med seks ulike identiteter.

Det er med sikkerhet påvist DNA-tracer i tunnelen etter 32 timer. Mer usikre observasjoner fåes allerede etter ca. fem timer, hvilket overensstemmer bra med registreringer av klorid. DNA-tracere med tre distinkte identiteter fra tjernet er funnet og kan indikere at utlekkasjen er av diffus karakter. Innlekkasjen i tunnel gjør seg gjeldende oppstrøms det som i utgangspunktet ble betraktet som "Puttjernsonen", og i et område som ikke var etterinjisert ved utførelsen av dette forsøket.



## Simulering av foretrukne strømningsveier i umettet sone

Nils-Otto Kitterød

NVE, Postboks 5091 Majorstua, 0301 Oslo

Foretrukne strømningsveier i liten skala (makroporer, fingring) har vært kjent i lengere tid. Det er også utviklet fysiologiske simuleringsmetoder (invasjonsperkolasjon) som reproducerer slike fenomen. En rekke observasjoner tyder imidlertid på at det også er foretrukne strømningsveier på en større skala. I litteraturen blir dette ofte kalt *traktstrømning* (på engelsk *funneling*). Slik traktstrømning kan gi meget rask transport av forurensning, og kan være noe av årsaken til at man finner f.eks. pesticider i grunnvannet. Numerisk simulering av slik traktstrømning er imidlertid svært krevende. Dels fordi heterogenitetene som gir opphav til traktstrømningen, må beskrives med stor oppløsning i rommet. I tillegg er de matematiske ligningene som beskriver strømning i umettet sone, svært ikke-lineære.

I dette prosjektet er det foreslått en forenkling av beregningsprosedyren som gjør at det er mulig å simulere strømmingen i et stort antall punkter (>20 000) med svært lite forbruk av datamaskinens regneressurser. Utgangspunktet for disse simuleringene er tredimensjonale bilder av jordfuktigheten. En målsetning for fremtiden er å avlede jordfuktigheten direkte fra georadarmålinger. Disse dataene kan i neste omgang bli brukt for å beregne kontinuerlige tredimensjonale bilder av jordfuktigheten. Med den foreslåtte simuleringsmetoden, kan man antyde hvordan strømningsfeltet er i det øyeblikket man foretok georadarmålingene.

## Bruk av prosess-basert sedimentologisk simulering og geostatistikk til estimering av hydraulisk ledningsevne i 3-D

Kevin J. Tuttle<sup>1\*</sup>, Johannes Wendebourg<sup>2</sup> og Per Aagaard<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Inst. for geologi, Universitetet i Oslo, Pb. 1047, Blindern, 0316 Oslo

<sup>2</sup> Institut Français du Pétrole, 1&4 Ave de Bois Préau, F-92506 Rueil-Malmaison, Frankrike

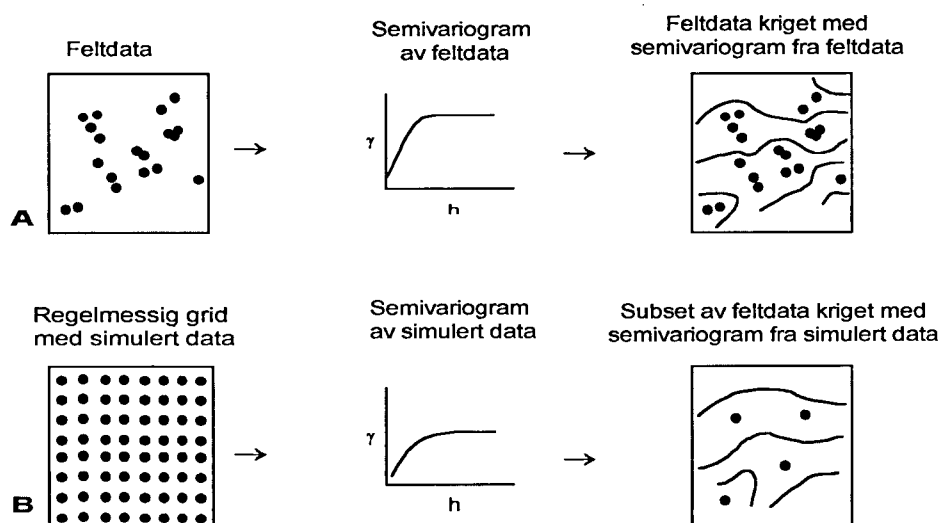
\* nå ved: Berdal Strømme AS, Vestfjordgate 4, 1300 Sandvika

### Sammendrag

Prosessbasert sedimentologisk simulering modellerer hovedprosessene ved en sedimentologisk avsetning direkte, og genererer geometrien, volumet og den sedimentologiske arkitekturen av avsetningen, på en forenklet måte. Inngangsparametrene er felldata som beskriver avsetningsmiljøet. Kornfordelingen i den grovkornede, åpne akviferen i Gardermoendeltaet er simulert ved hjelp av SEDSIM, et numerisk program som simulerer overflatevannføring og erosjon, transport og avsetning av klastiske sedimenter. En romlig fordeling av hydraulisk ledningsevne er etablert ved en transformasjon basert på empiriske forhold fra kornfordelingen (Gustafsons metode).

Geostatistiske analyser (semivarians) viser at den romlige kontinuiteten og anisotropi mellom felt og simulert hydraulisk ledningsevne er forholdsvis like. Det ble deretter forsøkt å estimere ved kriging hydraulisk ledningsevne med et fåtall feltdatapunkter (felt-subset) sammen med beskrivelsen av den simulerte sedimentologiske strukturen (semivariogrammet). Subset-estimatene ble sammenlignet med estimatene der alle feltdatapunktene ble benyttet med et feltdata-semivariogram.

Forskjellen mellom de to scenarioene er stort sett innenfor  $\pm 0.5$  log hydraulisk ledningsevne (m/s). Resultatene indikerer at prosessbasert sedimentologisk simulering kan benyttes til estimering av kornstørrelser og hydraulisk ledningsevne der det er få feltdatapunkter dersom avsetningsmiljøet kan bli beskrevet kvantitativt.



## **Modeling weathering of a glaciofluvial Quaternary deposit dominated by pyrite oxidation and calcite dissolution, Gardermoen, Norway.**

**Leif Basberg, Atle Dagestad**

*Faculty of applied Earth Sciences, Division of Geology and Mineral Resources Engineering, NTNU, 7034 Trondheim.*

The PHREEQC geochemical model has been utilized to reproduce the weathering horizons observed in the saturated zone at the Gardermoen glaciofluvial delta deposit. Groundwater in the aquifer has a major shift in chemical composition/signature 3 meters below the groundwater table indicating calcite dissolution and pyrite oxidation are the dominating weathering processes. The depth of weathering horizons has successfully been reproduced on a geological time scale in a simplified PHREEQC model, including a selection of the most reactive minerals in the soil matrix. The major changes in dissolved species due to calcite dissolution and pyrite oxidation have also been successfully reproduced.

The modeling results have been compared to water samples collected from multi level samplers with microscreens located one meter apart from the groundwater table and 5 meter below. Nevertheless, the resolution of the sampling scheme was not detailed enough to resolve the exact location of the weathering horizons. From the model it can be seen that the calcite dissolution front are located slightly below the pyrite oxidation front. This causes a significant drop in predicted pH in the oxidation zone in which silicate weathering may become more active.. Calcite and pyrite content in the sediments are of such a concentration that their respective dissolution front move at approximately equal rates in the aquifer.

The most pronounced weathering of silicate minerals occur in the upper part of the soil horizon and clear changes in the chemical composition of the infiltrating water are observed.. As the water percolates further down in the unsaturated zone and across the water table no major changes/shift in chemical composition are noted until the pyrite and calcite weathering horizon are encountered. However, no attempt to model this weathering, other than studies to determine the source minerals and weathering products, have been performed. Possibilities of forward modeling of silicate weathering in the saturated zone are surveyed using the PHRQKIN.

The main purpose of this geochemical model is to form the basis for a coupled geochemical and solute transport model that can reproduce both the natural geochemical processes as well as the fate of a reduced leachate that enters the aquifer.

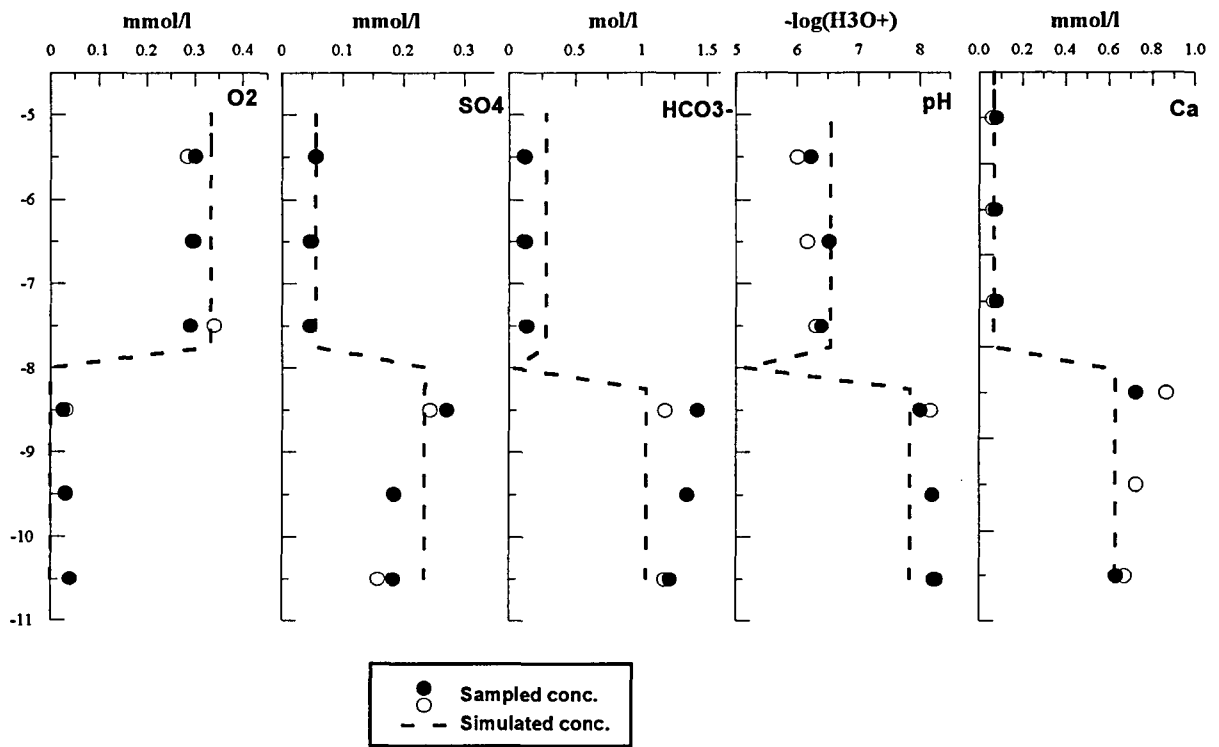


Figure 1: Dissolved concentration versus depth for selected species

## **Urban geokjemi i Trondheim: Kartlegging**

**Rolf Tore Ottesen og Marianne Langedal**

*Miljøavdelingen, Trondheim kommune, 7005 Trondheim*

For å få oversikt over forurenings-situasjonen i byen, har Miljøavdelingen i Trondheim kommune kartlagt innholdet av tungmetaller og utvalgte organiske miljøgifter i overflatejord. Den kjemiske sammensetningen av overflatejord reflekterer både jordens naturlige innhold av grunnstoffer og bidrag fra menneskelig aktivitet, f.eks. direkte søl på bakken, nedgravd avfall, og avsatt og akkumulert luftbåren forurensning. Det ble samlet inn 314 prøver av det øverste jordlaget (0-2 cm), fra hager, parker og enger, jevnt fordelt over de befolkede delene av byen.

Alle prøvene er analysert for syreløselig innhold av 32 grunnstoffer. Metallkonsentrasjonene i overflatejorden ble sammenlignet med konsentrasjonen i pre-industrielle flomsedimenter langs Nidelva, for å skille mellom natur og forurensning. Samvariasjoner mellom de forskjellige grunnstoffene ble også brukt for å vurdere dette. De fleste av de undersøkte grunnstoffene hadde hovedsakelig et naturlig, geologisk opphav (bla tungmetallene kobber, krom og nikkel). Overflatejorden i de eldste bydelene var klart forurenset av bly, sink og delvis kadmium. Diffuse utslipp fra trafikk og annen menneskelig aktivitet er sannsynlige forureningskilder i disse områdene. Området ved forbrenningsovnen på Regionsykehuset i Trøndelag og Tilfredshet krematorium er klart anrikt på kvikksølv. Deler av Lade er anrikt på arsen, sannsynligvis fra bedrifter som forbrenner stor mengde kull.

## **Urban geokjemi i Trondheim: praktiske konsekvenser**

**Rolf Tore Ottesen og Marianne Langedal**

*Miljøavdelingen, Trondheim kommune, 7005 Trondheim*

Den geokjemiske kartleggingen av Trondheim (forrige foredrag) har gitt svar på hvilke områder som er forurenset, og reist nye spørsmål om hva kan gjøres for å forhindre ytterligere forurensning, samt hva forurensningene betyr for befolkningens helse.

Områdene rundt avfallsforbrenningsanlegget på Heimdal var et av de minst forurensete i undersøkelsen. Forbrenningsanlegget har siden 1989 investert i renseteknologi for å overholde utslippskravene fra Statens forurensningstilsyn (SFT). Det er et uttalt ønske om å beholde rene områder rene, og dette har fått stor betydning for avfallshåndteringen i Trondheim. Det er identifisert en avfallsfraksjon med et høyt metallinnhold, som kalles miljøskadelig avfall. Denne består av metaller, trykkimpregnert trevirke, lær, gummi, el-kabler, batterier, lyskilder, elektrisk og elektronisk utstyr og noen typer plast. Når den nye avfallsplanen for Trondheim blir satt i verk vil denne fraksjonen bli kildesortert og disponert på andre måter enn ved forbrenning.

Et eget risikovurderingsprosjekt for de forurensete områdene ble satt i gang for å bestemme virkningene på befolkningens helse. Det ble pekt på hvilke faktorer som må vurderes for å bestemme risikoen ved høye metallkonsentrasjoner i et bymiljø. Prosjektet var rettet mot barn og et nytt sett med blandprøver av overflatejord fra byens 153 barnehager ble innhentet og analysert som beskrevet over. Undersøkelsen viste et generelt høyere arsennivå i barnehagejord enn i prøvene fra hager og parker. Blykonsentrasjonene var omtrent som forventet, men med noen høye enkeltprøver utenfor bykjernen.

På bakgrunn av en risikovurdering for human helse, ble det bestemt at barnehager med over 20 mg/kg arsen eller 150 mg/kg bly i blandprøvene skulle undersøkes videre. I alt gjaldt dette 10 barnehager som ble fulgt opp med systematisk prøvetaking med 10 meters mellomrom, samt dybdeprofil og lengdeprofil ved trykkimpregnert trevirke. Det viser seg at utstrakt bruk av trykkimpregnert trevirke i barnehagejord er sannsynlig årsak til arseninnholdet i barnehagejord. Arsenkonsentrasjonene avtok mot et bakgrunnsnivå ca 30 cm under trykkimpregnert trevirke. I hellende terreng avtok arsenkonsentrasjonene til under 20 mg/kg ca 1 meter nedstrøms trykkimpregnert trevirke. For de høyeste blykonsentrasjonene er kilden noe mer usikker. Den kan stamme både fra avskrapet gammel maling og fra tidligere industriell aktivitet og krigsetterlatenskaper

For å være føre var vil det bli gjort tiltak på områder som inneholder mer enn 20 mg/kg arsen eller 150 mg/kg bly i de 10 barnehagene. Alle barnehager blir i tillegg oppfordret til å olje trykkimpregnert trevirke med jevne mellomrom og til å samle opp malingsflak ved oppussing, for å forhindre ytterligere metallforurensning av barnehagejord.

## Kontinental geokjemisk kartlegging

Bjørn Bølviken<sup>1</sup> og Nils Gustavsson<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Norges geologiske undersøkelse, Boks 3006 Lade, 7002 TRONDHEIM

<sup>2</sup> Geologiska forskningscentralen, FIN-02150 ESBO, Finland

Shacklette and Boerngen (1984) samlet inn jordprøver fra 1.318 prøvepunkter spredt over USA og analyserte prøvene på innholdet av 7 hovedelementer og 39 sporelementer. Geokjemiske kart i svart/hvit over disse data ble publisert i USGS serien, men kartene vakte liten oppsikt. Denne mangelen på interesse skyldtes nok først og fremst en utbredt skepsis til å bruke et så lavt antall prøver fra et så stort område. Men det spilte nok også en rolle at den karttegnings-teknikk som Shacklette og Boerngen benyttet, ikke var særlig illustrerende.

Sammen med kolleger fra USGS har vi fremstilt nye kart for noen av de samme data (7 hovedbestandeler og 15 sporelementer). Vi har nå brukt moderne metoder for løpende glatting av data og laget kartene i farver. På våre kart kommer det frem flere tydelige geokjemiske mønstre. Disse faller dels sammen med kjente geologiske eller klimatiske trekk, dels indikerer de også tidligere ukjente strukturer. Vi har sammenlignet vårt kalium-kart med et tilsvarende kart over K fremstilt på grunnlag av flybårne radiometriske målinger i 2 millioner målepunkter (Duval 1990). Det er mange likhetstrekk i fordelings-mønstrene på de to kart og signifikant korrelasjon mellom måleverdiene i de 1318 felles målepunkter i de to sett med data. Det indikeres altså at for så store områder som USA, (7.840.000 km<sup>2</sup>) kan det oppnås meningsfylte geokjemiske kart ved så lav prøvetetthet som 1 prøve pr. 8.000 km<sup>2</sup>. Data fra geokjemisk kartlegging med lave prøvetettheter i China (1 prøve pr. 1.800 km<sup>2</sup>) (Xie et al. 1993) og Norden (1 prøve pr. 23.000 km<sup>2</sup>) (Eden og Bjørklund 1994) tyder på det samme. I første omgang synes det vanskelig å forestille seg at kjemisk sammensetning av en enkelt jordprøve skulle kunne representere et areal på flere tusen km<sup>2</sup>. Kunnskaper om fraktal geometri (Bølviken et al. 1992) kan kanskje hjelpe på forståelsen. Dersom elementinnholdet i naturlig materiale er fraktal-fordelt, vil signifikante geokjemiske mønstre eksistere i alle målestokker. Dette indikerer at ved geokjemisk kartlegging er prøveantallet innenfor et undersøkelsesområde mer kritisk enn prøvetettheten, dersom man ønsker å avdekke hovedtrekkene i de eksisterende naturlige dispersjons-mønstre.

- Bølviken, B., Stokke, P.R., Feder, J. and Jøssang, T. 1992: The fractal nature of geochemical landscapes. *Journal of Geochemical Exploration* 43, 91-109.
- Duval, J.S., 1990: Modern aerial gamma-ray spectrometry and regional potassium map of the conterminous United States. *Journal of Geochemical Exploration* 39, 249-253.
- Eden, P. and Bjørklund, A., 1994: Ultra-low density sampling of overbank sediment in Fennoscandia. *Journal of Geochemical Exploration* 51, 265-289.
- Shacklette, H.T., and Boerngen, J.G., 1984: Element concentrations in soils and other surficial materials of the conterminous United States. *U.S. Geological Survey Professional Paper 1270*, 105p.
- Xie Xuejing and Ren Tianxiang, 1993: National geochemical mapping and environmental geochemistry- progress in China. In P.H. Davenport (Ed.): *Geochemical Mapping. Journal of Geochemical Exploration*, 49, 15-34.

## **Forurensningsundersøkelser ved tidligere sovjetiske militærbaser i Latvia og Litauen**

**Arve Misund**

*Norges geologiske undersøkelse, Postboks 3006 Lade, N7002 Trondheim*

Norges geologiske undersøkelser (NGU) har siden 1992 hatt samarbeid med miljømyndigheter og de geologiske undersøkelser i Litauen og Latvia. Våren 1994 fikk vi i samarbeid med Forsvarets forskningsinstitutt, det kanadiske Forsvarsdepartementet og den geologiske undersøkelsen i Litauen innvilget stipend fra NATO for å gjennomføre prosjektet «Undersøkelser av jord og grunnvannsforurensning ved tidligere militærleirer i Litauen.

Formålet med prosjektet var tredelt: 1) samle all informasjon om grunnforurensning i forbindelse med militærleirer i databasen WASTE utviklet ved NGU, 2) demonstrere 'state of the art' metode med hensyn til miljøtekniske grunnundersøkelser, og 3) beregne regional påvirkning av forurensning fra de kartlagte militærleirene. Flybasen Pajuoste ble valgt til demonstrasjonsområde og det ble satt ned 5 brønner, og samlet inn 38 vannprøver og 59 jordprøver. En viktig del av prosjektet var å sammenligne resultater fra de forskjellige lands laboratorier, og prøvene ble derfor analysert i både Litauen, Canada og Norge. På Pajuoste er ca. 30 000 m<sup>2</sup> forurenset jord ved to oljelagre. I tillegg ble følgende stoffer funnet med forhøyede konsentrasjoner: krom, kadmium, kvikksølv, nikke, sink og fenol. Gjennom de regionale studiene ble det beregnet at ca. 11,8 tonn olje årlig lekker ut militærleirene. Ved en flyplass i Siauliai ble det målt over 0,5 m fri oljefase oppå grunnvannet. Ved denne flyplassen er det satt i gang tiltak for fjerning av forurensningen.

Finansiert av norsk UD startet vi et prosjekt i Latvia i 1996 i samarbeid med Forsvarets forskningsinstitutt, den geologiske undersøkelsen i Latvia og det Latviske Miljøverndepartementet. Formålet med arbeidet i Latvia har vært tilsvarende som for engasjementet i Litauen. I Latvia var det ingen nasjonal oversikt over forurensning fra militærleirer og det ble derfor gjennomført en omfattende registrering, hvor resultatene er lagt inn i databasen WASTE. For detaljundersøkelser ble det valgt ut to områder, et tidligere oljelager (Viestura) og et tidligere reparasjonsverksted for stridsvogner med antatt tungmetallforurenset grunn (Valmieras). Det er satt ned henholdsvis 15 og 5 brønner og det er gjort omfattende geofysiske undersøkelser samt gjennomført to prøvetakingsrunder for jord og vann. Ved Viestura tankanlegg er det påvist ca. 1 m fri fase med oljeprodukter oppå grunnvannet. Forurensningen finnes typisk ved losseplass fra jernbane og rundt lagertankene. I tillegg utarbeides det i samarbeid med Dames & Moore dokumenter for risikoanalyse, som vil bli demonstrert på de to undersøkte lokalitetene. Rapporten fra dette arbeidet forventes ferdig første halvdel 1998.



## Eksempel på bruk av radioaktive sporstoffer i vann: Studium av opptak av forurensninger i sedimentlevende dyr.

Dag Øistein Eriksen

*Institutt for energiteknikk, Postboks 40, 2007 Kjeller*

Mange norske fjordarmer og kiler har lite tilsig av organiske næringsstoffer. Vannet kan også være nokså stillestående og derfor inneholde lite oksygen. Dersom en slik fjordarm i tillegg er forurenset kan en tenke seg at de dårlige vekstvilkårene også influerer på opptak av forurensningene i dyr.

For å kunne studere opptak av forurensninger i sedimentlevende dyr under varierende livsbetingelser ble det utført et SFT-støttet prosjekt ved Marin Forskningstasjon Solbergstrand under ledelse av NIVA. Andre deltakende institusjoner var KMF (Göteborgs universitet) og IFE. Følgende forurensninger ble tilsatt i øvre lag i sedimentet:  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$  og benzo(a)pyrene som eksempel på en type PAH. Opptak under fire forskjellige livsbetingelser ble studert: høyt organisk innhold i sedimentet ble testet mot både lavt og vanlig oksygeninnhold, og det samme ble lavt organisk innhold i sedimentet. De studerte bunndyr var børstemark (*Nereis diversicolor*), musling (*Abra alba*), slangestjerne (*Amphiura filiformis*) og blåskjell (*Mytilus edulis*) som var plassert i avrenningen fra akvariene. Slangestjernene fikk kuttet av en arm før forsøket startet. Det at armen vokste ut igjen var en god indikator på at forholdene var levelige for organismene under forsøkene.

For å kunne analysere innholdet i sediment, porevann og bunndyr raskt, effektivt og billig ble forurensningene dopet med radioaktive sporstoffer:  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{203}\text{Hg}$  og  $^{14}\text{C}$ -merket PAH. Ved hjelp av forskjellige deteksjonsmetoder for  $\beta$ - og  $\gamma$ -stråling kunne store prøveserier analyseres og forurensningene følges selv i små konsentrasjoner, slik at opptak kunne følges også kjemisk.

$^{109}\text{Cd}$  og  $^{203}\text{Hg}$  har begge  $\gamma$ -stråling som ble detektert med HPGE-lavbakgrunnsdetektor. De kan også detekteres med væske-scintillasjonsteller, men da fortrinnsvis på grunn av de elektroner de sender ut:  $^{109}\text{Cd}$  sender ut konversjonselektroner som gir et markant energispektrum, mens  $^{203}\text{Hg}$  sender ut  $\beta$ -partikler som gir et spektrum vesentlig forskjellig fra  $^{109}\text{Cd}$  og  $^{14}\text{C}$ . IFEs lavbakgrunns  $\beta$ -spektrometer, Quantulus, som er en type væske-scintillasjonsteller ble benyttet. Således kunne innholdet av Cd og Hg i dyra bestemmes først non-destruktivt for senere også bestemmes i lipofase og rest.

Innholdet av Cd og Hg i sediment ble i løpet av forsøket fordelt nedover i sedimentet uavhengig av oksygen/organisk-behandlingen av akvariet. Innholdet i porevanns-prøvene samsvarte med innholdet i sedimentene. Benzo(a)pyrene, B(a)P, ble ikke påvist i porevannet, men fordelte seg omtrent som Cd og Hg i sedimentet.

Opptaket i dyra viste store forskjeller dyrene i mellom og fortrinnsvis mellom akvarier med organisk innhold og uten. Oksygeninnholdet i vannet var mindre vesentlig.

## Metodeutvikling for miljørisikoanalyse og valg av saneringsmetode ved akutt forurensning

Kevin J. Tuttle, Øivind Tryland og Anne Danielsberg

Berdal Strømme AS, Vestfjordgate 4, 1300 SANDVIKA

Tidligere metoder og beskrivelser for sårbarhet, miljørisiko, grenseverdier, saneringsmetoder, osv. har stort sett fokusert på et eller et fåtall av disse temaene, og har ikke blitt organisert inn under et system. Vi vil presentere en metode som kombinerer en miljørisikoanalyse som omfatter sårbarhet, følsomhet, miljøfarlighet og verdi med en beslutningsmodell for valg av saneringsmetode. Vurderingssystemet er praktisk rettet og er utviklet for skadestedsledere under saneringsfasen av akutte forurensninger. Systemet for risikoanalysen består av tabeller som oppgir rangeringspoeng som deretter plottes inn i diagrammer. Diagrammene antyder grad av sannsynlighet og konsekvens, og i siste omgang, risiko. Beslutningsmodellen for valg av saneringsmetode inkluderer et flytdiagram for det aktuelle overflateforholdet (f.eks. jord, fjell, fast dekke, osv.). Resultatet blir et fåtall forslag til saneringsmetode. Det endelige valget omfatter en kobling mellom miljørisiko-analysen og saneringsmetodenes forskjellige kostnader og krav til mobiliserings- og installasjonstid. Vurderingen omfatter også *netto miljøgevinst* ved den valgte saneringsmetoden og alternativet *ingen sanering*. Beslutningsmetoden, med basis i miljørisikoanalysen og vurderinger av økonomiske og miljømessige konsekvenser ved forskjellige saneringsmetoder, vil bidra til å velge en velegnet saneringsmetode innenfor kort tid, samt sikter på å oppnå en *optimal risiko* og *kost-nytte* effekt (se Fig. 1). Utviklingen av metoden er gjort i Berdal Strømme i samarbeid med SFT. Prosjektet er finansiert av SFT.

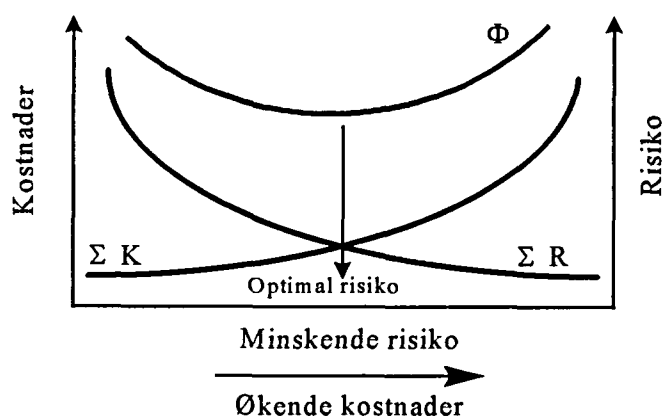


Fig. 1 Konsept for optimal risiko.  $\Sigma K$  = total kostnad,  $\Sigma R$  = total risiko,  $\Phi$  = uønsket effekt (Modifisert etter Freeze et al., 1990)

## Grunnvannskjemi - hver vannkilde et unikt fingeravtrykk

David Banks

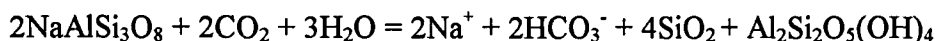
*Norges geologiske undersøkelse, Postboks 3006-Lade, N-7002 Trondheim.*

Hver grunnvannsprøve fra hver brønn har en unik hydrokjemisk sammensetningen. Kjemia varierer også med tid. Grunnvannets karakteristiske kjemi kommer fra et samspill mellom ulike faktorer (dette gjelder både "vanlig" grunnvann og "mineralvann"):

1. Nedbørens kjemi. Denne gjenspeiler både geografiske variasjoner (forhøyede konsentrasjoner av  $\text{Na}^+$  og  $\text{Cl}^-$  i kystnære områder) og regionale forurensningsmønstre (høye sulfatkonsentrasjoner i sør-Norge).
2. Evapotranspirasjon. Grunnvannets innhold av klorid er ofte mye høyere enn i nedbør på grunn av at evapotranspirasjon har konsentrert saltinnholdet.
3. Biokjemiske prosesser i jordsmonnet. Planter fjerner nitrat, kalium og andre næringsstoffer fra markvannet. Respirerende mikro-organismer avgir  $\text{CO}_2$  til vannet.  $\text{CO}_2$  er en syre og virker aggressivt (oppløsende) på mange mineraler.
4. Forurensning. Dette kan være fra diffuse kilder (nitrogen fra jordbruk), punktkilder (lekkasje fra utedo, oljetanker osv.) eller linjekilder (veisalt, pesticider langs jernbanetraséer).
5. (Bio-)kjemiske reaksjoner mellom det aggressive ( $\text{CO}_2$ -ladede) vannet og mineraler. For eksempel, forvitring av kalsitt:



eller natrium feldspat:



Disse er eksempler på syre-base reaksjoner, men det kan også forekomme (ii) reduksjon/oksydasjon (redoks)-reaksjoner, (iii) ionebytte reaksjoner og (iv) oppløsnings-/utfellingsreaksjoner.

6. Blanding med andre vanntyper. For eksempel: (i) blanding med overflatevann, hvis brønnen ligger nær en elv og trekker på elvevann, (ii) inntrenging av saltvann fra havet, (iii) blanding med dyptliggende fossilt sjøvann fra siste istid, eller "sigevann" fra marine leirer, (iv) blanding med dyptliggende, stagnant formasjonsvann.

Mineralvann er ikke noe mystisk. Det er vanligvis bare grunnvann hvis kjemiske evolusjon har kommet videre enn "normalt" på grunn av (i) lang oppholdstid, (ii) spesielt reaktive bergarter/mineraler, eller (iii) forhøyede temperaturer.

Albu, M., Banks, D. og Nash, H. (1997). *Mineral and thermal groundwater resources*. Chapman & Hall, 447 pp.

Kellaway, G.A. (1991). *Hot springs of Bath. Investigations of the thermal waters of the Avon Valley*. Bath City Council, 288 pp.

Sæther, O.M. & de Caritat, P. (1997). *Geochemical processes, weathering and groundwater recharge in catchments*. Balkema, 400 pp.

## **Klausulering. Har norske kilder stabil kvalitet/tilstrekkelig oppholdstid?**

**Knut Ellingsen**

*Norges geologiske undersøkelse, Postboks 5348 Majorstua, 0304 Oslo*

Normalt har kilde for produksjon av naturlig mineralvann i Norge sitt tilsigsområde i øde mark. Ved enkelte godkjente kilder er det gjort detaljert kartlegging av infiltrasjonsområdet samt etablering av strenge restriksjoner på arealbruken der. I tillegg kan et større område inklusive antatt influensområde for kilden, være regulert til LNF-område eller være belagt med servitutter mot virksomhet og etableringer som kan tenkes å bevirke forurensning. Ved andre kilder er dette ikke gjennomført. Tiltakene begrenses der ofte til beskyttelse av selve kildepunktet samt eventuell inngjerding av antatt ømfindtlig nærområde. Vi har liten erfaring med virkningen av slik beskyttelse med hensyn til om den er tilstrekkelig. Det kan synes som om praksis varierer fra godkjenning til godkjenning. Hittil kan vi imidlertid vise til at ingen godkjente kilder har dokumentert negative effekter av manglende beskyttelse, så situasjonen må trolig anses å være betryggende.

I godkjente kilder overvåkes vannkvaliteten nitid med hensyn til mikrobiologisk kvalitet fordi det er stilt krav til den i forskriften. Det sier seg selv at den mikrobiologiske kvaliteten ikke varierer nevneverdig, særlig for parametre av helsemessig relevans. I så fall ville driften vært innstilt. Den fysisk-kjemiske kvaliteten er også ofte dokumentert ved en omfattende analyse eller to, men løpende tidsserier mangler. Tidsvariasjonen er derfor ofte ikke dokumentert for slike parametre. Imidlertid indikerer den mikrobiologiske kvaliteten altså at oppholdstiden er tilstrekkelig for de kildene som er i drift, til at kvaliteten tilfredsstiller kravene i forskriften.

Noen eksempler vil bli gjennomgått, og tidsserier for vannkvalitet presentert for gode kilder som er undersøkt med tanke på mulig framtidig produksjon.

## Naturlig mineralvann i Åfjord - utredning av kilde

**Bernt Olav Hilmo**

*Norges geologiske undersøkelse, Postboks 3006 Lade, 7002 Trondheim*

På oppdrag fra Åfjord kommune har Norges geologiske undersøkelse foretatt utredning av mulige grunnvannsføremønstre i nærheten av Åfjord sentrum for produksjon av mineralvann. Ut fra beliggenhet og geologiske, geofysiske og hydrogeologiske forundersøkelser, ble en grunnvannsføremønstre i en løsmasseavsetning ved Melan, ca. 500 m øst for sentrum valgt ut for detaljundersøkelser. Avsetningen som ligger på sørsida av Stordalselva, er kartlagt som et gammelt elvedelta med underliggende morene og breelavsetninger. Selve akviferen ligger i en breelavsetning, 5-10 m under elvenivået. Detaljundersøkelsene har omfattet prøvepumping med spesiell vekt på dokumentasjon av kapasitet og vannkvalitet og vurderinger av grunnvannets nydannelse og oppholdstid.

På grunnlag av forundersøkelsene ble det satt ned to Ø 200 mm produksjonsbrønner i terrasseskråningen ca. 6 m over elvenivået. Brønnene ble prøvepumpet i tidsrommet november 1994 - februar 1996. Kapasiteten varierte mellom 2.5 og 5 l/s. Den lave kapasiteten i forhold til brønndimensjon og pumpekapasitet skyldes relativt høyt finsandinnhold i løsmassene og dårlig hydraulisk kommunikasjon med elva. Den positive effekten av dette er at akviferen er godt beskyttet mot forurenset overflatevann og at grunnvannet får lang oppholdstid.

Vannkvaliteten var god og stabil i hele pumpeperioden. Det ble ikke påvist sykdomsfremkallende bakterier eller andre bakterier som kan indikere forurensning. Grunnvannets lange oppholdstid gjør at grunnvannskvaliteten ikke påvirkes av overflatevannskilder og det er heller ikke påvist sesongmessige variasjoner. Geokjemiske og mineralogiske undersøkelser av løsmassene i akviferen indikerer en sammenheng mellom grunnvannets og det geologiske materialets kjemiske sammensetning. Oppløsning av karbonatmineraler gir et svakt basisk grunnvann dominert av kalsium og bikarbonat. Sammenlignet med Farris og mange utenlandske mineralvannføremønstre er dette grunnvannet relativt mineralfattig, mens det i norsk målestokk må kunne karakteriseres som relativt rikt på oppløste mineraler. Grunnvannsføremønstret som oppfyller alle krav til mineralvann, er nå godkjent for produksjon. Alle analyserte parametere tilfredsstiller også kravene til drikkevannsforsyning, slik at grunnvannet kan markedsføres både som mineralvann og vanlig drikkevann.

Et kompliserende forhold er at Åfjord kommune også ønsker å vurdere Grunnvannsføremønstret til vannforsyning. Det er mulig å ta ut grunnvann i et område øst for dagens brønner, men dette kan påvirke både kapasitet og kvalitet på eksisterende grunnvannsuttak. Flere brønner oppstrøms kan gi lavere kapasitet på dagens uttak, mens kvaliteten kan påvirkes gjennom endrede tilstrømningsforhold og oppholdstid. Det er derfor nødvendig med en omfattende hydrogeologisk vurdering før det settes igang utbygging av vannforsyning fra samme område. Et permanent uttak av grunnvann vil medføre restriksjoner på arealet rundt brønnstedet, men det er ikke nødvendig med særlige forandringer i forhold til dagens arealbruk.

## Hva er spesielt med naturlig mineralvann? Fra et kildevannkjølerfirmas perspektiv.

Dagfinn Paust<sup>1</sup>, Karl Sandøy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aqua Service A/S, Postboks 11 Haugenstua, 0915 OSLO

<sup>2</sup>OSA, Mineral Water

Formålet med denne orienteringen er kort å beskrive hva naturlig mineralvann er og de aktuelle problemstillinger som gjelder fortolkninger av forskriften som regulerer slikt vann, sett fra mitt ståsted. Forskrift om utvinning, frambud mv. av naturlig mineralvann av 21.12.93 er basert på EU's direktiv 80/777/EØF om dette. Av dette fremgår at Naturlig Mineralvann er "Vann av god mikro-biologisk kvalitet med opphav i et grunnvannreservoar og som uttas fra en kilde ved ett eller flere naturlige utspring, og kjennetegnes ved sin naturlige beskaffenhet, m. mineraler, sporelementer, mv og sin opprinnelige tilstand". Forskriften krever at vannet er 100% rent og fritt for farlige bakterier. Det er ikke lov å foreta noen behandling av vannet, dvs. f.eks. sterilisering m. kjemikalier, bestråling eller gass, eller å tilsette noen ting til vannet. Dette står i skarp kontrast til vanlig offentlig drikkevann, hvor man faktisk er pålagt å behandle vannet. Dette innebærer to viktige ting: (1) Naturlig Mineralvann og offentlig drikkevann vil alltid ha forskjellig mikrobiologisk sammensetning i og med at alt liv i kranvannet skal være "drept" på vannverket, (2) Man kan ikke sammenligne Naturlig Mineralvann og offentlig drikkevann siden de er underlagt forskjellig regelverk.

For sk. heterotrofe bakterier (kimtall) som forekommer naturlig i vannet og som ikke er skadelig i seg selv, settes det krav om at det ikke skal finnes mer enn 20, hhv. 100 kim pr milliliter ved prøve tatt innen 12 timer etter tapping. For måling av antallet kimbakterier, finnes det ingen fastsatt øvre grense for slike bakterier senere, dvs. etter 12 timer, 12 uker eller 12 måneder etter tapping. Det står bare at "tallet ved frambud skal utelukkende stamme fra en normal økning av det kiminnholdet vannet hadde ved utspringet". I Danmark har Fødevarerdirektoratet den 9.9.97 derfor slått fast at ingen andre da selv kan fastsette noen øvre grense for vann analysert f.eks. 1-2 måneder etter tapping. De sier også at oppblomstring til over 150.000 kim pr ml anses som naturlig. Dette er også vitenskapelig bevist.

De aller fleste kjente vannmerker på flaske i Norge er godkjent som Naturlig Mineralvann.

Kildevannskjølerbransjen i verden er sterkt opptatt av kvalitet, også i Norden, hvor vi har etablert Nordic Water Cooler Association. Hovedformålet er å sikre kontinuerlig forbedring og økt kunnskap om kvalitet innen bransjen på både produkt og tjenester, inklusive hygieneservice (dvs. den kvartals-vise sterilisering av kjølerne). Foreningen vil stille krav til medlemmene om sertifisering av både tapperier og distributører m.

serviceorganisasjon og har knyttet til seg National Sanitation Foundation (NSF) som også er sertifiseringsorgan for vannutstyr for WHO, Verdens Helseorganisasjon. Dette selv om man ikke har funnet noen sykdomstilfeller i hele verden som skyldtes bakterier i kildevannskjølere eller flasker. Fra tid til annen har folk (kunder, "eksperter" mv.) på eget initiativ tatt prøver av naturlig mineralvann på kildevannskjølere og i butikker.

Prøvene har man fått analysert ved det lokale nærings-middeltilsyn eller andre laboratorier

med varierende kompetanse på vann, ikke minst hva gjelder analyser av emballert vann foretatt flere uker etter tapping, i motsetning til kunnskap om offentlig drikkevann som reguleres av andre forskrifter. Dette har forårsaket mange misforståelser, særlig mht det sk. kimtallnivået. Som nevnt finnes det ingen etablerte normer for måling av dette senere enn 12 timer etter tappetidspunktet og man må påregne en betydelig oppblomstring. Studier fra USA og Frankrike viser at de kimbakterier som trives og opptrer naturlig i vann ikke vil kunne overleve i menneskekroppen og at de ikke har noen effekt på holdbarheten på vannet. Som følge av dette har Food and Drug Administration (FDA) og Environmental Protection Agency (EPA) vedtatt å fjerne den øvre grense for kimtall på både offentlig drikkevann og vann på flaske. Kildevannsbransjen har ikke som målsetning å gå vannverkene i næringen. Vi tilbyr rent, kaldt og lett tilgjengelig vann på arbeids-plassen. Vannverkene i storbyene holder vanligvis bra nivå i h.t. Folkehelsen, og ledningsnettene bør bevilges de midler som er nødvendige for å oppruste dette. Alt som bidrar til at folk drikker mer vann er bra for oss og for vannverkene. Vi har sammenfallende interesser dvs. å sikre høy kvalitet og publikums positive holdning til vann. Forsøk i utlandet fra vannverkens side på å svarte kildevannsbransjen har derfor falt på sin egen urimelighet, som partsinnlegg. Kundene bør få velge fritt!

Konklusjon: Kildevannsbransjen i Norge tar hygiene på alvor og er i ferd med å profesjonaliseres. Det er viktig at man ikke måler vann opp mot feil kriterier og sammenligner naturlig mineralvann mot offentlig drikkevann som må steriliseres. Husk kimbakteriene er ufarlige og vil gjennomgå naturlige blomstringssykluser, slik at 12-timers regelen er viktig å ta hensyn til.

## **Det norske næringsmiddelregelverket som berører naturlig mineralvann.**

**Birger Willumsen**

*Statens Næringsmiddeltilsyn, Postboks 8187 Dep, 0034 Oslo*

Utgangspunktet er Forskrift av 21 des. 1993 nr. 1387 om utvinning og frambud mv av naturlig mineralvann, som er hjemlet i Lov av 19 mai 1933 nr. 3 om tilsyn med næringsmidler mv. Nødvendige endringer er gjort for å tilfredsstille EØS-avtalens krav om tilpasning til EU's regelverk.

I tillegg berøres naturlig mineralvann som næringsmiddel av bl.a. følgende forskrifter:

- Generell forskrift 8 juli 1983 nr. 1252 for produksjon og frambud mv av næringsmidler.
- Hygieneforskrift 8 juli 1983 nr. 1253 for produksjon og frambud mv av næringsmidler.
- Forskrift 21 des. 1993 nr. 1381 om materialer og gjenstander i kontakt med næringsmidler.

Naturlig mineralvann er pr. forskriftsdefinisjon vann av god mikrobiologisk kvalitet med opphav i et grunnvannsreservoar og som uttas fra en kilde ved ett eller flere naturlige eller kunstige utspring.

Statens næringsmiddeltilsyn fører tilsyn med import og virksomheter av regional, landsdekkende eller eksportrettet karakter.

Det kommunale / interkommunale næringsmiddeltilsynet fører tilsyn med øvrige.

Angjeldende tilsynsmyndighet er også godkjenningsmyndighet.

I prinsippet gjelder samme krav til godkjenning og produksjon av naturlig mineralvann som til annen næringsmiddelproduksjon.

Spesielle forhold / krav for naturlig mineralvann:

- Ikke lov å bruke annen emballasje enn den som er bestemt til frambud til forbruker.
- Behandling kun i form av filtrering, dekantering, oksygenering, fjerning / tilsetning av karbondioksyd.
- Ingen desinfeksjon.
- Spesielle mikrobiologiske krav (heterotroft kim skal kun stamme fra kilden).
- Merking m.h.p. kildenavn, innhold, egenskaper.
- Bruk av betegnelser.

## **Helsefarlige vurderinger knyttet opp til godkjenning av naturlig mineralvann**

**Truls Krogh**

*Folkehelse, Postboks 4404 Torshov, 0403 Oslo*



## **Tittel**

**Brynjulf Melhus**

*EFTAs overvåkningsorgan, Brussel*

## **Danske grundvandsressourcer og grundvandets kvalitet**

**Jens Stockmarr**

*GEUS, Thoravej 8, DK-2400 København, Danmark*

## **Kilder og vannuttak ved Ringnes Farris**

**Øyvind Grimsland**

*Ringnes Farris, Postboks 2082, 3255 Larvik*

Farriskildene har gjennom århundrer hatt sitt naturlige utspring ved foten av Bødkerfjellet i Larvik. Deres geologiske grunnlag ble dannet mot slutten av siste istid, under avsetning av den undersjøiske endemorenen som i dag utgjør Raet i Vestfold. Ved isens tilbaketrekning, og havets påvirkning under landhevingen, ble formasjonene slik vi kjenner dem i dag utformet.

I disse filtreres vann fra moreneområdet ned i dyptliggende gruslag, som leder frem til kildeområdet. Gruslagene er overdekket av mektige leirholdige avsetninger, som sikrer en god beskyttelse av grunnvannsforekomsten. Vannet har en gjennomløpstid på ca. 15 år, i denne perioden løses de mineraler og sporstoffer som særpreger Farris.

Byens befolkning har trolig kjent, og benyttet, den spesielle vannforekomsten i uminnelige tider. Kommersiell utnyttelse startet på 1840-tallet, da Karen Linnae anla en mindre badeanstalt ved det man kalte "Linnaebrønnen" (senere Dronning Mauds Kilde). Noen år senere etablerte Dr. I.C. Holm Larvik Bad på tomten, basert på en kilde han døpte "Josefinekilden" (senere Kong Håkons Kilde) etter sin hustru. I 1907 ble vannet fra denne kilden for første gang tappet og markedsført som mineralvann.

De første innfatninger av kildene var meget enkle. Dr. Holm banket ned et alminnelig jernrør 12 - 15 fot ned i grunnen der kilden sprang frem i leirlaget og hentet vann direkte i røret. Enkle forbedringer ble gjennomført tidlig på 1900-tallet, men av større interesse er den sveitsiske ingeniør Arnold Scherrers arbeider i 1926 - 1927. Han foretok en ny og komplett innfatning av Kong Håkons Kilde, arbeidet omfattet bl.a. utgraving og sikring ved selve kildeutspringet, samt nytt rør- og silopplegg. Kilden har et dyp på ca. 6 m, og var grunnlaget for Farris-produksjonen frem til 1988.

Fra 1988 ble all produksjon overført til Kong Olavs Kilde. Vannet hentes i den samme akvifer som gir grunnlag for Kong Håkons Kilde, men fra et dypere og mektigere gruslag avsatt over fjell. Kilden ble konstruert ved nedsetting av et 6" syrefast rør til fjell, påmontert filter i det nevnte gruslag. Farriskildene er artesiske ved eksisterende utforminger.

## **Naturlig mineralvann - Mikrobiologisk kvalitet**

**Gunn Midtøy**

*Telemark Springwater, Molandsmoen Ind.omr.3870 Fyresdal*

## **Fra 0 til 100 med Vannkilden Iveland**

**Olav Berg Thomassen**

*Vannkilden Iveland, 4730 Vatnestrøm*

Det 7. seminar om hydrogeologi og miljøgeologi, 1997

NAVN	INSTITUSJON	ADRESSE	POSTNR	POSTSTED	E-post	fax.nr.
Alterskjær; Arnold	Næringsmiddeltilsynet for Nord-Helgeland	Nordal Griegs gt. 6	8600	MO		75 15 50 90
Anda; Steinar	Folkehelsa	Postboks 4404 Torshov	0403	OSLO		22 04 26 86
Andersen; Peter	Hygoform A/S	Postboks 384	0513	OSLO		22 79 79 80
Arnevik; Odd	Afjord Sparebank		7170	AFJORD		72 53 17 50
Arntzen; Kjell Ove	NewTech	Reina 8	7042	TRONDHEIM		73 50 20 75
Axelsson; Paul	Næringsmiddelkontrollen i Namdal	Axel Sellågs vei 3	7800	NAMSOS		74 22 61 24
Banks; David	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	david.banks@ngu.no	73 92 16 20
Banks; Sheila	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	sheila.banks@ngu.no	73 92 16 20
Beltesbrekke; Hans	VA-Miljøteknikk Numedal A/S		3632	UVDAL		32 74 31 14
Bjørlykke; Arne	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	arne.bjorlykke@ngu.no	73 92 16 20
Brattli; Bjørge	Inst. geologi og bergteknikk, NTNU		7034	TRONDHEIM		73 59 48 14
Brobakke; Anne-Lin	Geologisk Institutt, UiB		5007	BERGEN	anne-lin.brobakke@geol.uib.no	55 58 94 17
Braathen; Alvar	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	alvar.braathen@ngu.no	73 92 16 20
Bølviken; Bjørn	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	bjorn.bolviken@ngu.no	73 92 16 20
Bøyum; Åsmund	Inst. for vassbygging, NTNU		7034	TRONDHEIM		73 59 12 98
Båsum; Trond	Båsum Boring A/S		3535	KRØDEREN		32 14 79 70
Cramer; Torill	NGU	Postboks 5348 Majorstua	0304	OSLO	torill.cramer@ngu.no	22 95 98 01
Dagestad; Atle	Inst. geologi og bergteknikk, NTNU		7034	TRONDHEIM	atle.dagestad@geo.ntnu.no	73 59 48 14
Edvardsen; Ole	Arcus Produkter A/S	Postboks 6764 Rodeløkka	0503	OSLO		22 65 74 07
Eikebrokk; Bjørnar	SINTEF bygg og miljøteknikk	Klæbuveien 153	7034	TRONDHEIM	bjornar.eikebrokk@civil.sintef.no	73 59 23 76
Ellingsen; Knut	NGU	Postboks 5348 Majorstua	0304	OSLO	knut.ellingsen@ngu.no	22 95 98 01
Elvebakk; Harald	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	harald.elvebakk@ngu.no	73 92 16 20
Eriksen; Dag Øistein	IFE	Postboks 40	2007	KJELLER	dag.eriksen@ife.no	63 81 09 20
Fiksdal; Liv	Inst. for vassbygging, NTNU		7030	TRONDHEIM	liv.fiksdal@bygg.ntnu.no	73 59 12 98
Finne; Tor Erik	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	tor.erik.finne@ngu.no	73 92 16 20
Fjerdingsby; Irene	Universal Brønnboring A/S	Knud Brynsvei 10	0581	OSLO		22 72 44 24
Fjerdingsby; Jens K.	Universal Brønnboring A/S	Knud Brynsvei 10	0581	OSLO		22 72 44 24
Forren; Roar	Båsum Boring Trøndelag A/S	Postboks 115	7353	BØRSA		
Foss; Otto	Otto R. Foss A/S					22 49 11 48
Frengstad; Bjørn	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	bjorn.frengstad@ngu.no	73 92 16 20
Frøyslid; Kjell	Arcus A/S	Postboks 6764 Rodeløkka	0503	OSLO		22 65 74 07
Furuberg; Tone	SINTEF Bygg og miljøteknikk		7034	TRONDHEIM	tone.furuberg@civil.sintef.no	73 59 53 40

Det 7. seminar om hydrogeologi og miljøgeologi, 1997

Gaut; Amund	Jordforsk	Postboks 9	1432	AS		64 94 81 10
Gaut; Sylvi	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	sylvi.gaut@ngu.no	73 92 16 20
Gellein; Jomar	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	jomar.gellein@ngu.no	73 92 16 20
Gjesdal; Ane Moe	Bergen kommune, VA-seksjonen	Postboks 805	5002	BERGEN	ane.gjesdal@ktu.bergen-kommune.telemax.no	55 56 69 20
Godtland; Klemet	SINTEF Bygg og miljøteknikk	Kløbuveien 153	7034	TRONDHEIM	klemet.godtland@civil.sintef.no	
Grimsland; Øyvind	Ringnes Farris	Postboks 2082	3255	LARVIK		33 18 15 90
Gundersen; Pål	Kjemisk institutt, NTNU		7034	TRONDHEIM	pal.gundersen@chembio.ntnu.no	73 59 69 40
Gvein; Øyvind	Prospektering A/S	Postboks 83	1321	STABEKK		67 53 98 57
Hagrup; Finn	Miljøvann A/S	Maridalsvn. 139 B	0461	OSLO		22 35 50 12
Hansen; Hans Jørund	SFT	Postboks 8100 Dep.	0032	OSLO	hans.jorund.hansen@sftospost.md.dep.telemax.no	22 67 67 06
Havnen; Ingrid	NOTEBY A/S	Postboks 1139 Sverresborg	7002	TRONDHEIM	ih@noteby.no	72 55 26 61
Heuch; Halvor	Arcus Produkter A/S	Postboks 6764 Rodeløkka	0503	OSLO		22 65 74 07
Hilmo; Bernt Olav	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	bernt.olav.hilmo@ngu.no	73 92 16 20
Hjelmen; Bjørg-Solveig			3560	HEMSEDAL		32 06 04 33
Hjelmen; Knut			3560	HEMSEDAL		32 06 04 33
Høvding; Øyvind	Geologisk Institutt, UIB		5007	BERGEN	oyvind.hovding@geol.uib.no	55 58 94 17
Høysæter; Tone	Oslo kommune, Miljø og næringsmiddelstaten	Vestbyen 13	0976	OSLO		22 82 13 50
Håkonsen; Tor	Alfisen og Gunderson A/S	Postboks 6052 Etterstad	0601	OSLO	toh@ag.oslo.no	22 57 19 56
Iden; Kjersti	IFE	Postboks 40	2007	KJELLER	iki@ife.no	63 81 55 53
Iversen; Inger Elise	A/S Hansa Bryggeri	Postboks 24	5061	KOKSTAD		55 99 04 30
Jensen; Henning	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	henning.jensen@ngu.no	73 92 16 20
Jensen; Robin	Svenn H. Wiik, revisjonsfirma		8501	NARVIK		
Johnsen; Arnt	FFI	Postboks 25	2007	KJELLER	arnt.johnsen@ffi.no	63 80 78 11
Jæger; Øystein	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	oystein.jager@ngu.no	73 92 16 20
Karlsen; Hanne	Institutt for næringsmiddelfag, HiST	Høgskolen i ST	7005	TRONDHEIM	hanne.karlsen@inf.hist.no	73 55 97 11
Kirkhusmo; Lars	NGU	Postboks 5348 Majorstua	0304	OSLO	lars.kirkhusmo@ngu.no	22 95 98 01
Kitterød; Nils-Otto	NVE	Postboks 5091 Majorstua	0301	OSLO	nils.kitteroed@nve.no	22 95 92 16
Krog; Jan Reidar	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	jan.reidar.krog@ngu.no	73 92 16 20
Krog; Truls	Folkehelsa	Postboks 4404 Torshov	0403	OSLO		22 04 26 86
Lauritsen; Torleif	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	torleif.lauritsen@ngu.no	73 92 16 20
Liljebakk; Roar	Glasskiosken	Tårnv. 26A	8501	NARVIK		76 94 65 62
Løken; Tor	Norges geotekniske institutt	Postboks 3930 Ullevål Hageby	0806	OSLO	tl@ngi.no	22 23 04 48
Mauring; Eirik	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	eirik.mauring@ngu.no	73 92 16 20

Det 7. seminar om hydrogeologi og miljøgeologi, 1997

Melhus; Brynjuif	EFTA			BRUSSEL		3222861800
Midtgård; Aase	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	aase.midtgard@ngu.no	73 92 16 20
Midtøy; Gunn	Telemark Springwater	Molandsmoen Ind.omr.	3870	FYRESDAL		35 04 14 60
Minde Åse	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	ase.minde@ngu.no	73 92 16 20
Misund; Arve	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	arve.misund@ngu.no	73 92 16 20
Moen; Stig	NOTEBY A/S	Postboks 2710 St.Hanshaugen	0131	OSLO	sm@noteby.no	22 20 14 89
Monstad; Alf Morten	Norwegian Springs Ltd. A/S		7170	ÅFJORD	alfmormo@eunet.no	
Morland; Geir	NGU	Postboks 5348 Majorstua	0304	OSLO	geir.morland@ngu.no	22 95 98 01
Morseth; Ole Henrik	Toppgeo	Oppsaltoppen 17c	0687	OSLO		
Myhre; Hans Th.	Brødrene Myhre A/S	Postboks 1106, Flattum	3501	HØNEFOSS		32 13 23 95
Myhre; Kjell	Brødrene Myhre A/S	Postboks 1106, Flattum	3501	HØNEFOSS		32 13 23 95
Måsøval; Greta	NewTech	Reina 8	7042	TRONDHEIM		73 50 20 75
Nenseter; Bjarne	Høgskolen i Telemark, NV-inst.	Hallvard Eikas plass	3800	BØ	bjarne.nenseter@hit.no	35 95 27 03
Nilssen; Ole	Aqua-Pro A/S	Postboks 10 Heimdal	7071	TRONDHEIM		72 88 83 39
Njåstad; Oddvar	SFT	Postboks 8100 Dep.	0032	OSLO		22 67 67 06
Nyen; Kjell	Nordenfjeldske Brønn- og Spesialboringer A/S	Postboks 159	7601	LEVANGER		62 95 46 37
Næss; Per	Norsk kommunalteknisk forening	Postboks 1905 Vika	0124	OSLO		
Olstad; Gunnar	NOTEBY A/S	Postboks 2710 St.Hanshaugen	0131	OSLO	go@noteby.no	22 20 14 89
Ottesen; Rolf Tore	Trondheim kommune, Miljøavdelingen	Postboks 2904	7001	TRONDHEIM		
Paust; Dagfinn	Aqua Service A/S	Postboks 11 Haugenstua	0915	OSLO		22 71 47 61
Pedersen; Tor S.	NVE	Postboks 5091 Majorstua	0301	OSLO	tsp@nve.no	22 95 92 16
Pettersen; Birger D.	Miljøvann A/S avd. Trondheim	Flatåstoppen 71	7079	FLATASEN		72 58 28 33
Provan; Donald	A/S Norske Shell	Postboks 40	4056	TANANGER	d.provan@shell.no	51 69 37 90
Rohr-Torp; Erik	NGU	Postboks 5348 Majorstua	0304	OSLO	erik.rohr-torp@ngu.no	22 95 98 01
Rye; Noralf	Geologisk Institutt, UiB		5007	BERGEN	noralf.rye@geol.uib.no	55 58 94 16
Rønning; Jan Steinar	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	jan.steinar.ronning@ngu.no	73 92 16 20
Sandvik; Bjørn	Levanger kommune	Håkon den godes gt. 30	7600	LEVANGER		74 08 48 43
Sandøy; Karl H.	Osa Mineral Water A/S		5730	ULVIK		56 52 60 91
Skarphagen; Helge	NGU	Postboks 5348 Majorstua	0304	OSLO	helge.skarphagen@ngu.no	22 95 98 01
Snilsberg; Petter	Jordforsk		1432	ÅS	sjmps@nh.10nh.no	64 94 81 10
Solevåg; Øystein	Statens helsetilsyn	Postboks 8128 Dep.	0032	OSLO	oystein.solevaag@helsetilsynet.dep.telemex.no	22 24 95 91
Staib; Hans Kristian	Ringnes, Rent a Cooler	Strømsveien 34b	1081	OSLO		22 90 72 60
Stavn; Arne	Næringsmiddeltilsynet for Hallingdal		3550	GOL		32 07 52 63



Det 7. seminar om hydrogeologi og miljøgeologi, 1997

Stockmarr, Jens	GEUS	Thoravej 8	DK-2400	KØBENHAVN - NV	sto@geus.dk	4531196868
Storrø; Gaute	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	gaute.storro@ngu.no	73 92 16 20
Storrø; Hanne M.	Institutt for næringsmiddelfag, HiST	Høgskolen i ST	7005	TRONDHEIM		73 55 97 11
Sæland; Steinar	Statskog miljø og anlegg A/S	Akersgt. 8	0158	OSLO	saeland@online.no	23 10 89 71
Sæterstøl; Helge	Vestnorsk Brunnboring A/S		5160	EIKANGERVAG		56 35 34 40
Sæther; Ola Magne	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	ola.magne.sather@ngu.no	73 92 16 20
Sørgaard; Knut	Molde kommune		6401	MOLDE		71 25 52 99
Thomassen; Olav Berg	Vannkilden Iveland A/S		4730	VATNESTRØM	olav.berg@online.no	22 75 51 54
Tollan; Arne	NVE	Postboks 5091 Majorstua	0301	OSLO	tol@nve.no	22 95 92 01
Torstensen; Ola	Nordland Fylkeskommune	Fylkeshuset	8000	BODØ		75 53 13 20
Tuttle; Kevin	Berdal Strømme A/S	Postboks 2253 Løkkemyra	6501	KRISTIANSUND-N	tuttle@online.no	71 56 52 20
Tvedten; Sissel	Asplan Viak A/S	Storgt. 8	3600	KONGSVINGER		32 73 42 70
Tønnesen; Jan Fr.	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	jan.fredrik.tonnesen@ngu.no	73 92 16 20
Varskog; Per	IFE	Postboks 40	2007	KJELLER	per.varskog@ife.no	63 81 25 61
Veslegard; Geir	Hallingdal Bergboring		3570	AL		32 08 59 01
Volden; Tore	NGU	Postboks 3006 Lade	7002	TRONDHEIM	tore.volden@ngu.no	73 92 16 20
Westby; Tone	Jordforsk		1432	ÅS	tone.westby@jordforsk.nlh.no	64 94 81 10
Westerlund; Geir J.	SINTEF Bygg og miljøteknikk		7034	TRONDHEIM	geir.westerlund@civil.sintef.no	73 59 53 40
Willumsen; Birger	SNT	Postboks 8187 Dep.	0034	OSLO		22 24 66 99
Ytterås; Erling K.	NOTEBY A/S	Postboks 1139 Sverresborg	7002	TRONDHEIM		72 55 26 61
Østhassel; Einar	Maskinentreprenørenes forbund	Postboks 2270	3103	TØNSBERG		33 35 90 59
Øvden; Knut H.	Norsk Brevatn A/S	Industriv. 18	6900	FLORØ		57 74 21 10
Aars; Øystein	NVE	Postboks 5091 Majorstua	0301	OSLO	oeaa@nve.no	22 95 92 16
Aartun; Arne	NewTech	Reina 8	7042	TRONDHEIM		73 50 20 75
Aase; Marianne	ENCO A/S	Løkketangen 20 A	1300	SANDVIKA	enco@online.no	67 54 28 40
Aasland; Trygve	Asplan Viak A/S	Storgt. 8	3600	KONGSBERG		32 73 42 70