

Rapport nr.: 2004.011		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Program for "Det 13. seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi", NGU 4.-5. februar 2004.				
Forfatter: Tove Aune (red.)		Oppdragsgiver: NGU		
Fylke:		Kommune:		
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 73	Pris: kr 95,-	
Feltarbeid utført:		Rapportdato: 30.01.2004	Prosjektnr.: 2718.00	Ansvarlig:
<p>Sammendrag:</p> <p>Rapporten presenterer program, deltagerliste og sammendrag av foredrag for «Det 13. Seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi» ved NGU 4.-5. februar 2004.</p> <p>Rapporten inneholder sammendrag fra 26 foredrag og 10 plakatpresentasjoner.</p> <p>Foredragene er gruppert i følgende hovedtemaer;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Hydrogeologi</li> <li>➤ Miljøgeokjemi</li> </ul> <p>Det er påmeldt 84 deltagere til seminaret hvorav 29 er ansatt ved NGU.</p>				
Emneord: Hydrogeologi		Hydrogeokjemi		Geokjemi
		Miljøgeokjemi		
				Fagrapport

## INNHold

Seminarprogram .....	6
Deltakerliste .....	11
Sammendrag:	
<b><i>Grundvatten och ramdirektivet för vatten i Sverige</i></b>	
Mats Aastrup, SGU.....	15
<b><i>Implementering av EUs Vanddirektiv i Norge – status og plan</i></b>	
Tor Simon Pedersen, NVE.....	17
<b><i>Initiell karakterisering av grunnvann i Norge - tilrettelegging av data</i></b>	
Jan Cramer, NGU .....	18
<b><i>Initiell karakterisering av grunnvann i Norge – En oppsummering av erfaringer fra den praktiske gjennomføringen</i></b>	
Sissel Tvedten, Asplan Viak & Amund Gaut, Sweco Grøner AS .....	19
<b><i>Glomma og grunnvannet. Hva forteller vannanalyser om interaksjonen ved Rena?</i></b>	
Bjørn Frengstad, NGU & Hervé Colleuille, NVE .....	21
<b><i>Glomma og grunnvannet. Hva forteller modellering om interaksjon mellom elven og grunnvannsmagasinet ved Rena?</i></b>	
Hervé Colleuille, Wai Kwok Wong & Panagiotis Dimakis, NVE .....	25
<b><i>Groundwater and springs at the foot of Mt Kilimanjaro – Investigations of recharge mechanisms and water balance</i></b>	
Ånund Killingtveit, NTNU & Paul Christen Røhr, NVE .....	29
<b><i>Bruk av geofysiske målemetoder for å karakterisere infiltrasjon under snøsmelting</i></b>	
Helen K. French, Jordforsk & Andrew Binley, Lancaster University .....	32
<b><i>Grønli-Setergrottesystemet, Mo i Rana. Hulenes beliggenhet og morfologi relatert til bruddgeometri, stratigrafi og paleohydrogeologi</i></b>	
Sara Skutlaberg, NGI, R. Øvrevik, H. Hestangen & S.E. Lauritzen .....	33
<b><i>Esmarkmorenen som grunnvannsgiver</i></b>	
Einar Eckholdt, Miljøgeologi as .....	35
<b><i>Grunnvann som supplerende vannkilde til Stjørdal kommunale vannverk</i></b>	
Bernt Olav Hilmo, Asplan Viak Sør .....	37
<b><i>Grunnvannsbrønner i fjell – et ”lykketreff” eller beregning?</i></b>	
Guri Venvik & Øystein Jæger, NGU .....	39
<b><i>Hva er grunnvannstanden i en smultring og hvorfor er det interessant å vite det?</i></b>	
Nils-Otto Kitterød, Universitetet i Oslo .....	40
<b><i>The new EU-soil directive</i></b>	
Clemens Reimann, NGU .....	42
<b><i>Geokjemisk atlas for Europa – hvor mange ganger må vi lære?</i></b>	
Rolf Tore Ottesen, NGU .....	43

<b><i>Diffuse kilder til PCB og effektstudier i torsk og blåskjell ved Haakonssvern orlogsstasjon</i></b>	
Arnt Johnsen, Helle K. Rosslund, Edgar Sjøbye & Kjetil Longva, Forsvarets forskningsinstitutt .....	44
<b><i>Urban risk – tanker om miljøgiftenes vandring fra land til havnebasseng</i></b>	
Morten Jartun, NGU .....	45
<b><i>Grenseverdier for forskjellig arealbruk – nødvendig for risikokommunikasjon og smidig saksgang?</i></b>	
Marianne Langedal, Trondheim kommune .....	46
<b><i>Nedlagte deponier og arealbruk: Stoffer i gass og dampfase, og utfordringer for helse og miljø</i></b>	
Henning K.B. Jensen, NGU .....	47
<b><i>Måling av deponigasser – Eksempler fra undersøkelser i Trøndelag</i></b>	
Hågen Hatling, Norsas .....	48
<b><i>Forekomst av og tiltak mot luktstoffer fra avfallsdeponier i Norge</i></b>	
Ketil Haarstad & Ove Bergersen, Jordforsk .....	51
<b><i>Arsen i jord, overflatevann og grunnvann i Etne</i></b>	
Peder Eide Helgason, NTNU .....	53
<b><i>Forurenset grunn og utlekking til havnebassenget</i></b>	
Lars Berg Blomstrand, NTNU .....	54
<b><i>Sources and sinks of metal contaminants in fjords of Nordmøre, western Norway</i></b>	
Aivo Lepland & Terje Thorsnes, NGU .....	55
<b><i>Dårlig luftkvalitet i Trondheim; faktum eller bare jalla?</i></b>	
Bjørn Ove Berthelsen, Trondheim kommune .....	56
<b><i>Future challenges in environmental geochemistry and geoanalysis</i></b>	
Clemens Reimann, NGU .....	57

## **PLAKATPRESENTASJONER**

*Postersesjon onsdag 4. februar kl. 15:30-17:00*

### ***Utviklinger i Brønndatabasen***

Atle Dagestad & Jan Cramer, NGU ..... 60

### ***UFHUF, Rekruttering av hydrologer***

Even Gillebo, Nils-Otto Kitterød & Anne-Lise Haraldseth, NHR ..... 61

### ***Arsenic contamination in Norwegian playgrounds***

Morten Jartun, NGU ..... 62

### ***Økosystem, jordkjemi og statistiske metoder***

Henning Jensen, NGU m.fl. .... 63

### ***Tailings deposit geochemistry – Initial characterisation studies***

R.A. Kleiv, NTNU m.fl. .... 64

### ***Utlekking av PAH og tungmetaller fra byjordsmasser i Tiller Grustak***

Hanne M.L. Kvitsand, NTNU ..... 65

### ***Transboundary environmental monitoring - Groundwater quality monitoring in the Pasvik area***

Liliosa M. Magombedze & Øystein Jæger, NGU ..... 67

### ***Continuous and On-line Remote Monitoring of Heavy Metals***

Øyvind Mikkelsen, Silje Marie Skogvold & Knut H. Schrøder, NTNU ..... 68

### ***Karakterisering av svakhetssoner i fjell ved bruk av 2D-resistivitet***

Jan Steinar Rønning, Einar Dalsegg, Harald Elvebakk & Gaute Storrø, NGU ..... 70

### ***Hydrogeologi i Eastern Shores, St. Lucia, Sør-Afrika - Kjemi og grunnvannstrømning***

Bente Wejden & Marianne Simonsen Bjørkenes ..... 71

# DET 13. SEMINAR OM HYDROGEOLOGI OG MILJØGEOKJEMI

Onsdag 4. og torsdag 5. februar 2004  
Knut S. Heiers konferansesenter, NGU  
Leiv Eirikssons vei 39, Lade, Trondheim

## ***PROGRAM***

### ***Onsdag 4. februar***

09:00 – 09:30 Registrering

09:30 – 09:40 Åpning av seminaret v/adm.dir. Arne Bjørlykke

### ***Hydrogeologi***

*Ordstyrer Jan Steinar Rønning*

09:40 – 10:10 ***Grundvatten och ramdirektivet för vatten i Sverige***  
Mats Aastrup, SGU

10:10 – 10:30 ***Implementering av EUs Vanndirektiv i Norge – status og plan***  
Tor Simon Pedersen, NVE

10:30 – 10:50 ***Initiell karakterisering av grunnvann i Norge - tilrettelegging av data***  
Jan Cramer, NGU

10:50 – 11:10 ***Pause***

11:10 – 11:30 ***Initiell karakterisering av grunnvann i Norge – En oppsummering av erfaringer fra den praktiske gjennomføringen***  
Sissel Tvedten, Asplan Viak & Amund Gaut, Sweco Grøner AS

11:30 – 11:50 ***Glomma og grunnvannet. Hva forteller vannanalyser om interaksjonen ved Rena?***  
Bjørn Frengstad, NGU & Hervé Colleuille, NVE

11:50 – 12:10 ***Glomma og grunnvannet. Hva forteller modellering om interaksjon mellom elven og grunnvannsmagasinet ved Rena?***  
Hervé Colleuille, NVE m.fl.

12:10 – 12:30 ***Groundwater and springs at the foot of Mt Kilimanjaro – Investigations of recharge mechanisms and water balance***  
Ånund Killingtveit, NTNU

12:30 – 13:30 ***Lunsj***

*Ordstyrer Atle Dagestad*

13:30 – 13:50 ***Bruk av geofysiske målemetoder for å karakterisere infiltrasjon under snøsmelting***  
Helen French, Jordforsk & Andrew Binley, Lancaster University

13:50 – 14:10 ***Grønli-Setergrottesystemet, Mo i Rana. Hulenens beliggenhet og morfologi relatert til bruddgeometri, stratigrafi og paleohydrogeologi***  
Sara Skutlaberg, NGI m.fl.

14:10 – 14:30 ***Esmarkmorenen som grunnvannsgiver***  
Einar Eckholdt, NTNU

14:30 – 14:50 ***Grunnvann som supplerende vannkilde til Stjørdal kommunale vannverk***  
Bernt Olav Hilmo, Asplan Viak Sør

14:50 – 15:10 ***Grunnvannsbrønner i fjell – et ”lykketreff” eller beregning?***  
Guri Venvik & Øystein Jæger, NGU

15:10 – 15:30 ***Hva er grunnvannstanden i en smultring og hvorfor er det interessant å vite det?***  
Nils-Otto Kitterød, Univ. i Oslo

15:30 – 17:00 ***Postersesjon m/forfriskning og snacks***

19:00 ***Seminarmiddag – Rica Nidelven Hotel, Havnegt. 1***

-----o-----

## **Torsdag 5. februar**

### ***Miljøgeokjemi***

*Ordstyrer Malin Andersson*

- 09:00 – 09:30 ***The new EU-soil directive***  
Clemens Reimann, NGU
- 09:30 – 09:45 ***Geokjemisk atlas for Europa – hvor mange ganger må vi lære?***  
Rolf Tore Ottesen, NGU
- 09:45 – 10:15 ***Diffuse kilder til PCB og effektstudier i torsk og blåskjell ved Haakonssvern orlogsstasjon***  
Arnt Johnsen, Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI)
- 10:15 – 10:30 ***Urban risk – tanker om miljøgiftenes vandring fra land til havnebasseng***  
Morten Jartun, NGU
- 10:30 – 10:50 ***Pause***
- 10:50 – 11:10 ***Grenseverdier for forskjellig arealbruk – nødvendig for risikokommunikasjon og smidig saksgang?***  
Marianne Langedal, Trondheim kommune
- 11:10 – 11:30 ***Nedlagte deponier og arealbruk: Stoffer i gass og dampfase, og utfordringer for helse og miljø***  
Henning Jensen, NGU
- 11:30 – 11:50 ***Måling av deponigasser – eksempler fra undersøkelser i Trøndelag***  
Hågen Hatling, Interconsult/Norsas
- 11:50 – 12:10 ***Forekomst av og tiltak mot luktstoffer fra avfallsdeponier i Norge***  
Ketil Haarstad & Ove Bergersen, Jordforsk
- 12:10 – 12:30 ***Arsen i jord, overflatevann og grunnvann i Etne***  
Peder Eide Helgason, NTNU
- 12:30 – 13:30 ***Lunsj***

*Ordstyrer Tor Erik Finne*

- 13:30 – 13:50 ***Forurensset grunn og utlekking til havnebassenget***  
Lars Berg Blomstrand, NTNU
- 13:50 – 14:10 ***Sources and sinks of metal contaminants in fjords of Nordmøre, western Norway***  
Aivo Lepland & Terje Thorsnes, NGU
- 14:10 – 14:30 ***Dårlig luftkvalitet i Trondheim; faktum eller bare jalla?***  
Bjørn Ove Berthelsen, Trondheim kommune
- 14:30 – 14:40 ***Støvprosjektet i Trondheim – hva vil NGU gjøre?***  
Eyolf Erichsen, NGU
- 14:40 – 15:20 ***Future challenges in environmental geochemistry and geoanalysis***  
Clemens Reimann, NGU
- 15:20 – 15:30 ***Diskusjon og avslutning med utdeling av NHR-pris***

-----o-----



## **PLAKATPRESENTASJONER**

### ***Utviklinger i Brønn databasen***

Atle Dagestad & Jan Cramer, NGU

### ***UFHUF, Rekruttering av hydrologer***

Even Gillebo, Nils-Otto Kitterød & Anne-Lise Haraldseth, UiO

### ***Arsenic contamination in Norwegian playgrounds***

Morten Jartun, NGU

### ***Økosystem, jordkjemi og statistiske metoder***

Henning Jensen, NGU m.fl.

### ***Tailings deposit geochemistry – Initial characterisation studies***

R.A.Kleiv, NTNU m.fl.

### ***Utlekking av PAH og tungmetaller fra byjordsmasser i Tiller Grustak***

Hanne Kvitsand, NTNU

### ***Transboundary environmental monitoring - Groundwater quality monitoring in the Pasvik area***

Liliosa Magomedze & Øystein Jæger, NGU

### ***Continuous and On-line Remote Monitoring of Heavy Metals***

Øyvind Mikkelsen, Silje Marie Skogvold & Knut H. Schrøder, NTNU

### ***Karakterisering av svakhetssoner i fjell ved bruk av 2D-resistivitet***

Jan Steinar Rønning, Einar Dalsegg, Harald Elvebakk & Gaute Storrø, NGU

### ***Hydrogeologi i Eastern Shores, St. Lucia, Sør-Afrika - kjemi og grunnvannstrømning***

Bente Wejden & Marianne Simonsen Bjørkenes

## DELTAKERE

Etternavn	Fornavn	Institusjon/bedrift	Adresse	Postnr./-sted	Tlf.	Fax	E-post
Andersen	Kirsti L.	Geolab Nor AS	Postboks 5740	7437 TRONDHEIM	73964000	73965974	kian@geolabnor.no
Andersson	Malin	NGU		7491 TRONDHEIM	73904321	73921620	malin.andersson@ngu.no
Aastrup	Mats	SGU	Box 670	SE-75128 UPPSALA	+46 18179168	+46 18179304	mats.aastrup@sgu.se
Berg	Tomm	NGU		7491 TRONDHEIM	73904375	73921620	tomm.berg@ngu.no
Berthelsen	Bjørn Ove	Trondheim kommune		7004 TRONDHEIM	72547000		bjorn-ove.berthelsen@trondheim.kommune.no
Bjørkenes	Marianne S.		Sandakerveien 67 g	0477 OSLO	95933004		marianne_s_b@hotmail.com
Blomstrand	Lars Berg	NTNU		7491 TRONDHEIM			
Bolstad	Magne	Forsvarsbygg	Postboks 405 Sentrum	0103 OSLO	23095427	23093447	magne.bolstad@forsvarsbygg.no
Brattli	Bjørge	NTNU, Institutt for geologi og bergteknikk		7491 TRONDHEIM	73594821		bjorge.brattli@geo.ntnu.no
Colleuille	Hervé	Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Postboks 5091 Majorstua	0301 OSLO	22959439	22959216	hec@nve.no
Cramer	Jan	NGU		7491 TRONDHEIM	73904310	73921620	jan.cramer@ngu.no
Cramer	Torill	NGU	Svingen 8	2010 STRØMMEN	63843727		torill.cramer@ngu.no
Dagestad	Atle	NGU		7491 TRONDHEIM	73904360	73921620	atle.dagestad@ngu.no
Dalsegg	Einar	NGU		7491 TRONDHEIM	73904465	73921620	einar.dalsegg@ngu.no
Eckholdt	Einar	Miljøgeologi AS	Kleverveien 3	1540 VESTBY	64985152	64985153	ee@miljogeologi.no
Elvebakk	Harald	NGU		7491 TRONDHEIM	73904274	73921620	harald.elvebakk@ngu.no
Eriksen	Dag Øistein	IFE	Postboks 40	2027 KJELLER	63806312	63815553	dag.eriksen@ife.no
Finne	Tor Erik	NGU		7491 TRONDHEIM	73904319	73921620	tor.finne@ngu.no
French	Helen K.	Jordforsk	Frederik A. Dahlsv. 20	1432 ÅS	64948103	64948110	helen.french@jordforsk.no
Frengstad	Bjørn	NGU		7491 TRONDHEIM	73904380	73921620	bjorn.frengstad@ngu.no
Ganerød	Morgan	Privat	Bjørn Stallares gate 3	7042 TRONDHEIM	97168012		morgang@boradpark.no
Gaut	Amund	Sweco Grøner AS	Postboks 400	1327 LYSAKER	67128430	67128030	amund.gaut@sweco.no
Gaut	Sylvi	NGU		7491 TRONDHEIM	73904362	73921620	sylvi.gaut@ngu.no
Gilde	Trond	Rambøll	Ilsvikveien 22	7493 TRONDHEIM	73841000	73841110	trond.gilde@scc.no
Gillebo	Even	Utvalget for hydrologisk utdanning og formidling (UFHUF)	NHRs sekretariat, NVE v/Anne Haugum, Postboks 5091 Majorstua	0301 OSLO	97091333		even_gillebo@yahoo.co.uk
Gorseth	May Brit M.	Fylkesmannen i Nord-Trøndelag	Statens Hus	7734 STEINKJER	74168057		mbg@fm-nt.stat.no
Greiff	Siri	Multiconsult AS, avd. Noteby	Postboks 1139 Nyborg	7420 TRONDHEIM			sg@noteby.no
Grevskott	Kirsten	Asplan Viak Bergen	Postboks 2304 Solheimsviken	5824 BERGEN	55596700	55596750	kirsten.grevskott@asplanviak.no
Haraldseth	Anne-Lise	Utvalget for hydrologisk utdanning og formidling (UFHUF)	Ullsmågåsen 46	5224 NESTTUN	55102101		lise@bgnett.no

Etternavn	Fornavn	Institusjon/bedrift	Adresse	Postnr./-sted	Tlf.	Fax	E-post
Hatling	Hågen	Norsas	Bassengbakken 1	7414 TRONDHEIM	73895850	73896001	hagen.hatling@norsas.no
Haugland	Toril	NGU		7491 TRONDHEIM	73904300	73921620	toril.haugland@ngu.no
Haugum	Anne	NVE	Postboks 5091 Majorstua	0301 OSLO			ann@nve.no
Helgason	Peder Eide	NTNU		7091 TRONDHEIM	92606253		pederhe@stud.ntnu.no
Hilmo	Bernt Olav	Asplan Viak Sør	Postboks 6723	7031 TRONDHEIM	73984405	73949790	BerntOlav.Hilmo@asplanviak.no
Haarstad	Ketil	Jordforsk, Senter for jordfaglig miljøforskning	Frederik A. Dahlsv. 20	1432 ÅS	64948100	64948110	ketil.haarstad@jordforsk.no
Jartun	Morten	NGU		7491 TRONDHEIM	73904309	73921620	morten.jartun@ngu.no
Jensen	Henning K.B.	NGU		7491 TRONDHEIM	73904305	73921620	Henning.jensen@ngu.no
Johansen	Karl Erik	Envirocon	Sauda næringspark	4200 SAUDA	52785344	52785044	firmapost@envirocon.no
Johnsen	Arnt	Forsvarets forskningsinstitutt	Postboks 25	2027 KJELLER	63807833		arnt.johnsen@ffi.no
Joranger	Tore	Oslo kommune, Helse- og velferdsetaten	Postboks 30	0101 OSLO	23483125	23483099	tore.joranger@hve.oslo.kommune.no
Jæger	Øystein	NGU		7491 TRONDHEIM	73904314	73921620	oystein.jager@ngu.no
Killingtveit	Ånund	NTNU, Institutt for vann- og miljøteknikk		7491 TRONDHEIM	73594751	73591298	aanund.killingtveit@bygg.ntnu.no
Kirkhusmo	Lars A.	NGU	Atriumv. 2D	1400 SKI	64889094		lars.kirkhusmo@ngu.no
Kitterød	Nils-Otto	Universitetet i Oslo, Institutt for geofag	Postboks 1047	0315 OSLO	22855825		nilsotto@geo.uio.no
Krog	Jan Reidar	NGU		7491 TRONDHEIM	73904312	73921620	reidar.krog@ngu.no
Kvitsand	Hanne M.L.	NTNU, Institutt for geologi og bergteknikk		7491 TRONDHEIM	92423909		kvitsand@stud.ntnu.no
Langedal	Marianne	Trondheim kommune, Miljø- og landbruksenheten	Holtermannsveien 1	7004 TRONDHEIM	72546427	72547011	marianne.langedal@trondheim.kommune.no
Lepland	Aivo	NGU		7491 TRONDHEIM	73904311	73921620	aivo.lepland@ngu.no
Lillebø	Trym Eirik	Multiconsult AS, avd. Noteby	Postboks 1139 Nyborg	7420 TRONDHEIM	73106212	73106230	teli@multiconsult.no
Løvdal	Øystein	Fredrikstad kommune	Postboks 1405	1602 FREDRIKSTAD	69305646	69305664	oysl@fredrikstad.kommune.no
Magombedze	Liliosa Masenga	NGU		7491 TRONDHEIM	73904304	73921620	liliosa.magombedze@ngu.no
Mathisen	Runar	SFT	Postboks 8100 Dep.	0032 OSLO	22573522	22676706	runar.mathisen@sft.no
Mikkelsen	Øyvind	NTNU, Institutt for kjemi	Realfagbygget	7491 TRONDHEIM			oyvind.mikkelsen@chem.ntnu.no
Misund	Arve	Interconsult ASA	Strandgaten 32	4400 FLEKKEFJORD	38327650	38327651	armi@interconsult.com
Ness	Monica	Fylkesmannen i Nord-Trøndelag	Statens Hus	7734 STEINKJER			mne@fm-nt.stat.no
Ottesen	Rolf Tore	NGU		7491 TRONDHEIM	73904302	73921620	rolf.ottesen@ngu.no
Paulsen	Leif Inge	Fylkesmannen i Nord-Trøndelag	Statens Hus	7734 STEINKJER			lip@fm-nt.stat.no
Pedersen	Tor Simon	NVE	Postboks 5091 Majorstua	0301 OSLO	22959205		tsp@nve.no
Pettersen	Jens Erik	Nasjonalt folkehelseinstitutt	Postboks 4404 Nydalen	0403 OSLO	22042244		jepe@fhi.no
Reimann	Clemens	NGU		7491 TRONDHEIM	73904307	73921620	clemens.reimann@ngu.no

Etternavn	Fornavn	Institusjon/bedrift	Adresse	Postnr./-sted	Tlf.	Fax	E-post
Repp	Kjell	NVE	Postboks 5091 Majorstua	0301 OSLO	22959238	22959201	kre@nve.no
Rohr-Torp	Erik	NGU	Holevn. 112	3538 SOLIHØGDA	32157530		erik.rohr-torp@ngu.no
Russenes	Bjørn Falck	Sogn og Fjordane fylkeskommune	Askedalen	6861 LEIKANGER	57656253	57656107	bjorn.falck.russenes@sf-f.kommune.no
Rønning	Jan Steinar	NGU		7491 TRONDHEIM	73904441	73921620	jan.ronning@ngu.no
Røstum	Geir Arne	Fylkesmannen i Sør-Trøndelag	Statens Hus	7468 TRONDHEIM	73199219	73199230	geir-arne.rostum@fm-st.stat.no
Schrøder	Knut	NTNU, Institutt for kjemi	Realfagbygget	7491 TRONDHEIM	73596205	72556337	knut.schroder@chem.ntnu.no
Sivertsvik	Frank	NGU		7491 TRONDHEIM	73904486	73921620	frank.sivertsvik@ngu.no
Skogvold	Silje Marie	NTNU, Institutt for kjemi	Realfagbygget	7491 TRONDHEIM			silje.skogvold@chem.ntnu.no
Skutlaberg	Sara	NGI	Sognsveien 72	0806 OSLO	22023093	22230448	sara.skutlaberg@ngi.no
Smelror	Morten	NGU		7491 TRONDHEIM	73904180	73921620	morten.smelror@ngu.no
Soldal	Oddmund	Interconsult ASA	Solheimsgaten 13	5892 BERGEN	53018649	53018601	ods@interconsult.com
Storrø	Gaute	NGU		7491 TRONDHEIM	73904315	73921620	gaute.storro@ngu.no
Sørdal	Torbjørn	NGU		7491 TRONDHEIM	73904201	73921620	torbjorn.sordal@ngu.no
Tallaksen	Lena	Universitetet i Oslo, Institutt for geofag	Postboks 1047	0316 OSLO	22857214	22854215	lena.tallaksen@geo.uio.no
Thornhill	Maria	NTNU, Institutt for geologi og bergteknikk		7491 TRONDHEIM	73594916		maria.thornhill@geo.ntnu.no
Tvedten	Sissel	Asplan Viak AS	Dyrmyrgt. 35	3611 KONGSBERG	32772000	32772039	sissel.tvedten@asplanviak.no
Tøfte	Lena S.	SINTEF Energiforskning		7465 TRONDHEIM	73550552	73597250	Lena.S.Toft@sindef.no
Uriansrud	Frode	NIVA	Brekkeveien 19	0411 OSLO	22185163	22185200	frode.uriansrud@niva.no
Venvik	Guri	NGU		7491 TRONDHEIM	73904313	73921620	guri.venvik@ngu.no
Viken	Geir	NGU		7491 TRONDHEIM	73904487	73921620	geir.viken@ngu.no
Volden	Tore	NGU		7491 TRONDHEIM	73904320	73921620	tore.volden@ngu.no
Wejden	Bente		Nordre Skuterudvei 16	1430 ÅS	95102438		bente.wejden@student.nlh.no
Østhassel	Einar	Maskinentr. Forbund, avd. brønn- og spes.boring	Fred Olsens gt. 3	0152 OSLO	33468845	33468846	einar.osthassel@mef.no
Aarefjord	Hilde	SFT	Postboks 8100 Dep.	0032 OSLO			hia@sft.no

# **FOREDRAG**

## **4. februar**

# Grundvatten och ramdirektivet för vatten i Sverige

**Mats Aastrup, Sveriges geologiska undersökning**

Regeringen har idag, 2004-01-22, lagt sin proposition "Förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön", som anger hur landet ska delas in i vattendistrikt, hur vattendistrikt ska förvaltas, var vattenmyndigheterna ska ha sina säten och vilka ändringar i lagstiftningen som föranleds av EG:s ramdirektiv för vatten. Eftersom jag ännu inte har tillgång till propositionen vet jag inte om dunklet skingras kring de centrala myndigheternas, däribland SGUs, roll vid genomförandet av ramdirektivet.

Propositionen har föregåtts av ett antal utredningar och uppdrag som behandlat hur genomförandet ska organiseras, hur direktivet ska genomföras i svensk lagstiftning och vilket teknisk-naturvetenskapliga underlag som vattenmyndigheterna behöver för sitt arbete. Arbetet pågår för att ta fram en webbaserad handbok för genomförandet av ramdirektivet samt revidering av Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för grundvatten.

Naturvårdsverket har regeringens uppdrag att genomföra dessa uppdrag, men SGU bidrar med de grundvattenspecifika delarna. I övrigt är SGU en relativt tung remissinstans i ärenden som rör ramdirektivet i och med att SGU är sektorsmyndighet för naturresursen grundvatten och ansvarig för det nationella miljökvalitetsmålet Grundvatten av god kvalitet.

Grundvattenförhållandena i Sverige är lika dem i Norge. Topografin är dock mer utslätad. Många till ytutbredningen relativt små grus- och sandavlagringar är de viktigaste grundvattenförekomsterna tillsammans med Skånes och Gotlands förekomster i sedimentära bergartsakviferer. Moränen, som dominerar utrymmet mellan grus- och sandavlagringarna, är avseende uttagsmöjligheter av grundvatten mycket inhomogen. Uttagen kan här och där vara så stora att vi blir tvingade att definiera dem som grundvattenförekomster. Brunnar i den underlagrande berggrundens sprickakviferer har en mediankapacitet som ligger i storleksordningen  $10 \text{ m}^3$  per dygn. Många allmänna vattentäkter utnyttjar berggrundvatten.

De mest påtagliga dokumenterade problemen i Sveriges grundvatten är överuttag i kustområden med saltvatteninträngning, höga nitrathalter från jordbruk och dåliga avlopp och försurningen.

Genomförandet av ramdirektivet för vatten är det viktigaste verktyget för att vi skall kunna nå våra nationella vattenrelaterade miljökvalitetsmål.

Miljödepartementet har av praktiska skäl föreslagit att SGU skulle få i uppdrag att avgränsa grundvattenförekomster med tillrinningsområden. Det är ett arbete som påbörjats inom ramen för miljömålsarbetet. Fortsättningen av arbetet är beroende på finansieringen. Arbetet

kommer att utföras stegvis. Först avgränsas förekomster i sand- och grusavlagringar som har uttag för allmän vattenförsörjning och sådana som bedömts vara viktiga för vattenförsörjningen i ett nationellt perspektiv utan att idag nyttjas. I nästa steg identifieras förekomster med enskilda uttag över 10 m<sup>3</sup> per dygn i sand och grusavlagringar och sedimentär berggrund. Görs så stora uttag ur morän och prekambriskt berg görs grupperingar på geologiska och topografiska grunder. För riskbedömningar avgränsas influensområdet till uttagpunkterna med enkla metoder.

Arbetet med avgränsningar är beroende av datafångsten avseende information om vattentäkter till databasen för grundvattenförekomster och vattentäkter (DGV).

Avgränsningarna bygger på befintligt information om:

- Topografi
- Hydrogeologiska kartor i skalorna 1: 250 000 och 1: 50 000
- Jordartskartor

Till stöd för riskbedömningarna kommer befintliga kemiska data insamlade inom ramen för SGUs arbete med miljöövervakning, hydrogeologisk kartering, brunnsarkiv och DGV.

# Implementering av EUs Vanddirektiv i Norge - status og plan

Tor Simon Pedersen, NVE

Implementeringen av EUs rammedirektiv har nå gått inn i karakteriseringsfasen. I følge *foreløpige* planer skal karakteriseringen være avsluttet og rapportert til ESA i oktober 2005. I 2003 ble 8 vassdrag karakterisert, i regi av Direktorsgruppen, ved hjelp av konsulenter som utførende aktører. Karakteriseringen ble gjort i nær kontakt med ulike nasjonale, regionale og lokale myndigheter og fagmiljø i henhold til eksisterende veiledermaterieell. Resultatene fra karakteriseringen foreligger på blant annet NVEs hjemmesider.

Fokus framover blir på tilrettelegging av informasjon for de regionale myndigheter som skal ta over karakteriseringen når disse er på plass, forhåpentligvis over sommeren i år.

Dette vil blant annet innebære en utpeking av vannforekomster som åpenbart har god status, kandidater til sterkt modifiserte vannforekomster (SMVF) og grunnvannforekomster med en første tilhørende statusangivelse.

For å få til dette må kriteriene for inndeling av vannforekomster og statusangivelse være på plass. Dette er planlagt ferdigstilt i løpet av februar. Videre må veiledere kompletteres for å få til en ens og samordnet rapportering, og disse skal stå klar i slutten av april.

Utpekingen av vannforekomster skal gjøres av direktoratene sammen med andre fagmiljø og konsulenter er å se på som *forslag til inndeling og status* for vannforekomster og skal være klar når regional myndighet er operativ.

Regionale myndigheter vil deretter, høsten 2004 fram til juni 2005, gjøre en grundigere gjennomgang av disse forslagene og eventuelt korrigere resultatene fra den første utpekingen på bakgrunn av lokalkunnskap om naturforhold, belastning og hensiktsmessig forvaltningspraksis. Dette vil i ettertid framstå som den initielle karakteriseringen og ligge til grunn for monitoreringsprogram og tiltaksplaner.



# Initiell karakterisering av grunnvann i Norge - tilrettelegging av data

Jan Cramer, *NGU*

Implementering av EUs Rammedirektiv for vann (EU-WFD) i Norge medfører at alle vannressurser i landet må i første omgang bli inventarisert og karakterisert innen 2005. For grunnvann betyr dette en systematisk landsomfattende sammensetning av eksisterende data og informasjon om denne ressursen, fra alle relevante datakilder og databaser. Denne sammensetning blir deretter grunnlaget for en helhetlig og integrert regional forvaltning av grunnvann sammen med overflatevann og kystnært marintvann. Dermed blir det viktig at både tilretteleggingen av data for den initielle karakteriseringen av grunnvann og resultatene fra dette arbeidet blir organisert i én sentral nasjonal database for grunnvann.

Grunnvann er en naturressurs som faller under NGUs mandat med ansvar for forvaltning av kunnskap og data om landets geologiske naturressurser. I den forbindelse er det utført flere omfattende kartleggingsprosjekter på grunnvann siden 1960-tallet, mange av disse prosjekter i regi av NGU. Dette førte også i 1997 til en forskrift i henhold til norsk lov som regulerer forvaltning av vannressurser, jfr. *Forskrift om oppgaveplikt ved brønnboring og grunnvannsundersøkelser*, som i dag er hjemlet i Vannressursloven, 2001, §46. NGU har fått ansvar for innsamling og forvaltning av data iht denne forskriften, og en nasjonal Brønndatabase ble etablert i 1997. Siden EU-WFD trådte i kraft i desember 2000 har NGU videre arbeidet med systematisering av alle data og informasjon om grunnvann som er arkivert ved NGU.

I 2002 startet NGU med utvikling av den nye nasjonal database for grunnvann (GRANADA – for GRunnvAnn NASjonal DATabase), for en helhetlig forvaltning av data, kunnskap og annen relevant informasjon om grunnvann. Denne database omfatter NGUs Brønndatabasen, samler alle relevante ressursdata (både kvantitative og kvalitative), og er modellert på en GIS platform. I tillegg er databasen en webportal som gir brukere direkte adgang over Internett til annen relevant informasjon som ligger i databaser hos andre institusjoner. GRANADA utvikles dermed som en faglig database for et bredt kundespektrum, samtidig som den er også spesielt tilrettelagt for implementering av vanndirektivet, dvs etter de behov som kommer fra karakterisering, overvåking og forvaltning. En pilotversjon av databasen ble testet ut i høsten 2003 i karakteriseringsarbeidet på grunnvann i 7 vassdrag under regi av Direktoratgruppen, som har ansvar for forarbeidet med implementering av vanndirektivet i Norge.

# ***Initiell karakterisering av grunnvann i Norge – En oppsummering av erfaringer fra den praktiske gjennomføringen***

**Sissel Tvedten, Asplan Viak & Amund Gaut, SWECO Grøner AS**

- I grunnvannssammenheng er det aller viktigste å vite om det finnes, eller ikke finnes, en forekomst. Derfor bør registreringer av den fysiske avgrensning av grunnvannsforekomstene prioriteres. Dette bør gjøres til tross for at det i mange - og kanskje de fleste - områder er for liten kunnskap om grunnvannet til å gjøre noen god avgrensning av de enkelte forekomster. Den fysiske avgrensningen er et nødvendig grunnlag for senere å kunne beskytte eller rehabilitere en forekomst.
- Når store områder slås sammen til én forekomst, eller beskrives som én forekomst, blir beskrivelsen av forekomsten meget forenklet, og er i beste fall egnet for oversiktsplanlegging på regionalt nivå. Slik polygonene fremstår har de oftest liten eller ingen betydning for praktisk grunnvannsutnyttelse eller -beskyttelse. Det vil alltid være behov for mer detaljerte undersøkelser. Det bemerkes for eksempel at begrensede selvmatende forekomster i utgangspunktet ikke kommer med, selv om de lokalt kan være av stor viktighet.
- For å få praktisk nytte av registreringsarbeidet innenfor tilgjengelige økonomiske rammer, må registreringen utføres med bistand fra hydrogeologer som innehar lokalkunnskap. Man bør gjennomføre registreringen ved at man i hvert fall sørger for at kjente forekomster, eller kjente deler av forekomster, blir beskrevet.
- For inntegning av grunnvannspolygoner er kvartærgeologiske kart det eneste aktuelle grunnlaget som forekommer på digitalt format, og det er derfor benyttet som utgangspunkt for arbeidet. Erfaringen tilsier imidlertid at dette i de fleste tilfelle ikke gir noe godt utgangspunkt for videre arbeid. Kanskje vil det være bedre å benytte serien "Grunnvann i løsavsetninger" 1:50.000 der disse finnes (ca. 40 kartblad), og kanskje også grunnvannskartene i målestokk 1:250.000 (dekker Sør- og Midt-Norge) som utgangspunkt, og så justere grensene på grunnlag av ny kunnskap og kvartærgeologiske kart. En digitalisering av disse kartene ville lette arbeidet betydelig.
- NGUs GRANADA-database et godt verktøy, som kan bli meget nyttig om dataene som legges inn er av akseptabel kvalitet. Vi har valgt å la feltene stå åpne der det kun foreligger usikre data. Angivelse av gjennomsnittlig mektighet eller gjennomsnittlig dyp til grunnvann har ingen aktualitet når f.eks. alle elveavsetninger mellom Kongsberg og Rødberg beskrives som én forekomst. Det antas at databasen vil videreutvikles i takt med økt datatilfangst og at linker til andre databaser automatiseres fortløpende. Det er videre viktig at verktøyet er "lett" i den forstand at det er raskt å laste ned kart, data etc. Dette har fungert bra så langt, under forutsetning av at man kan benytte oppdaterte datalinjer og nettlesere. Det er foreløpig et lite problem at man ikke kan skrive ut kart i annet enn A4-

format, spesielt når man arbeider med oversiktskartlegging og justering av polygongrenser.

**Konklusjon:**

Foreliggende IKT-løsning med grunnvannspolygoner og en velfungerende brønndatabase synes å være et godt utgangspunkt for videre forvaltning av norske grunnvannsforekomster. Det er imidlertid behov for ytterligere ressurskartlegging. En mulighet er å modifisere og gå videre på kartlegging av grunnvannsressurser i målestokk 1:50.000.

Initiell kartlegging av Årdalsvassdraget presenteres via internett.

## **Glomma og grunnvannet. Hva forteller vannanalyser om interaksjonen ved Rena?**

**Bjørn Frengstad, NGU & Hervé Colleuille, NVE**

I forbindelse med NVEs prosjekt "Miljøbasert vannføring" ble 30 vannprøver analysert ved NGU-lab for pH, ledningsevne, alkalitet, farge, turbiditet, 7 anioner og 30 kationer. Prøvene representerer tidsserier fra Glomma, Prestsjøen og det nye grunnvannsverket på Almemoen (månedlig fra februar til september 2002) samt enkeltprøver fra to bekker som renner inn i Prestsjøen og ulike undersøkelsesbrønner sør for Rena sentrum.

Prøvene fra Glomma har som ventet det laveste ione-innholdet mens grunnvann fra de ulike undersøkelsesbrønnene generelt har de høyeste konsentrasjonen. Vannet i bekkene, og dermed også i Prestsjøen, ser ut til i stor grad å være matet av grunnvann. Det nye grunnvannsverket på Almemoen har konsentrasjoner av hovedioner som ikke skiller seg særlig mye fra vannkjemien i Glomma. Dette kan enten tyde på at vannverket i stor grad trekker på vann fra Glomma eller at mineralogien i Almemoens grunnvannsmagasin i liten grad bidrar med ioner til grunnvannet.

pH og elektrisk ledningsevne følger samme mønster som hovedionene. Fargetall derimot skiller klart mellom prøver fra hhv overflatevann og grunnvann. Dette viser undergrunnens evne til å filtrere bort humus og andre kolloider og er spesielt godt illustrert dersom en sammenlikner fargetall for prøvene fra Almemoen og fra Glomma som kjemisk sett ikke er så ulike.

Mange av grunnvannsprøvene har høyere nitratverdier enn en naturlig skulle forvente. Dette kan skyldes påvirkning fra gjødsel eller avløp, selv om grenseverdiene for drikkevann ikke er overskredet. En annen mulig kilde er nedbrytning av organiske bunnsedimenter i Prestsjøen med etterfølgende infiltrasjon til grunnvannet. Manglende korrelasjon med kalium og fosfat peker heller mot kunstgjødsel som opprinnelse enn mot kloakk.

I enkelte av grunnvannsprøvene, også fra Almemoen grunnvannsverk, forekommer forhøyede kloridverdier. Disse er ikke fulgt av natrium som i vanlig havsalt, men er derimot perfekt korrelert med kaliumverdier, noe som tyder på forurensning fra veisalt (kaliumklorid). Veisalt er, i moderate konsentrasjoner, i seg selv ikke noen alvorlig forurensning, men gir en kraftig indikasjon på at drikkevannsuttakets infiltrasjonsområde ikke er godt nok beskyttet.

Alle grunnvannsprøver har jernkonsentrasjoner under nedre deteksjonsgrense og har tildels mye bunnfall som følge av utfelling av jernhydroksid ved overgang fra reduserende til oksiderende forhold. Dette viser at det generelt er tendenser til reduserende forhold i

grunnvannsmagasinet på elveslettene ved Rena. For overflatevannprøver er det rimelig god sammenheng mellom fargetall og jernkonsentrasjoner, noe som tyder på at jernet her er knyttet til kolloidalt materiale.

Tidsseriene viser at vannprøver fra Glomma og grunnvannsverket på Almemoen har en relativt parallell utvikling i pH. Det betyr ikke nødvendigvis at vannverket trekker vann direkte fra Glomma, men kan gjenspeile at pH generelt senkes utover våren som følge av snøsmelting og derved større andel av vann med kort oppholdstid i grunnen.

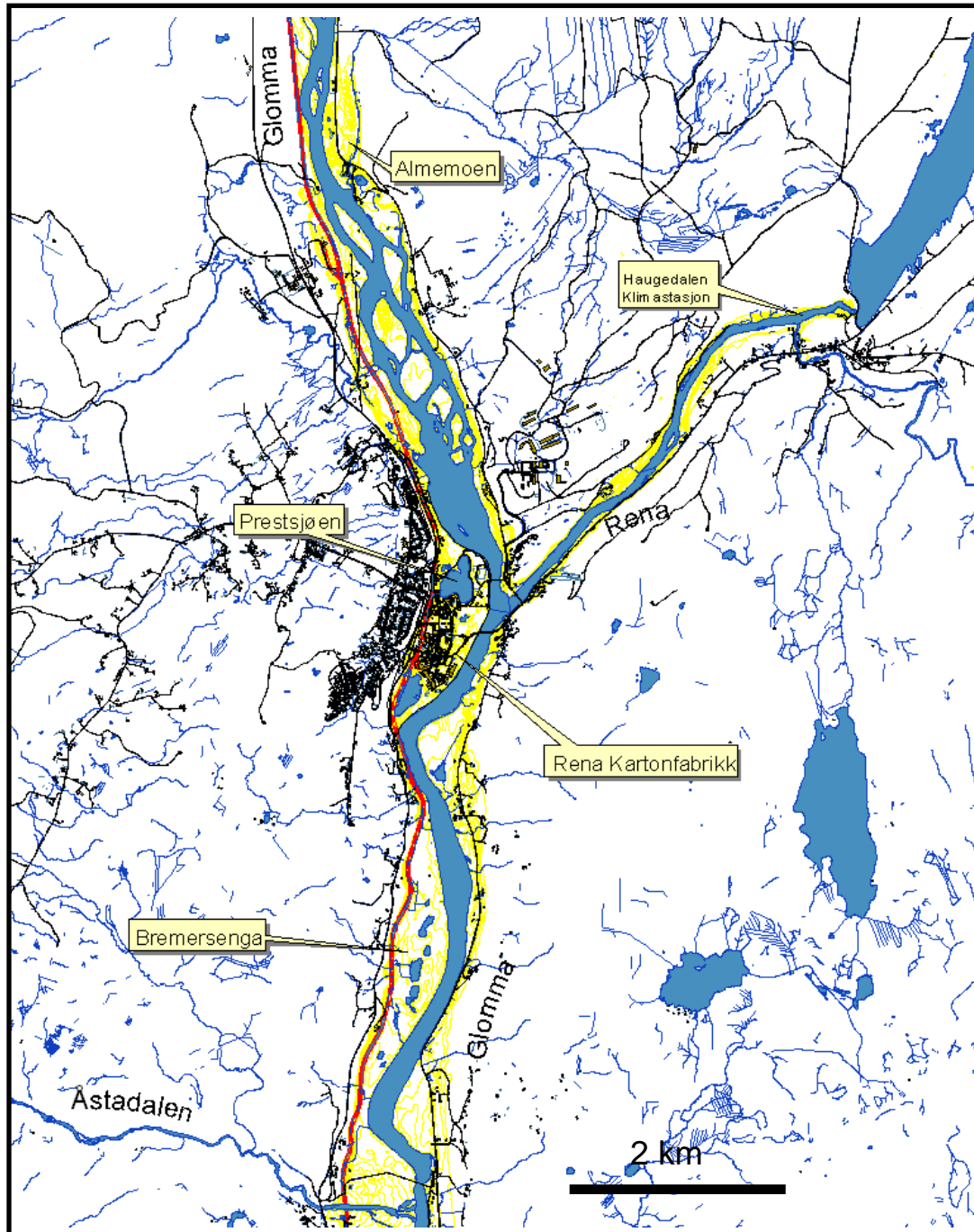
NVE har også utført automatiske målinger av ledningsevne i grunnvannet på Almemoen, i grunnvannet på 3 meters dyp direkte under Glomma samt i elvevann i Glomma. For de to sistnevnte er det også målt temperatur. Sammen med målinger av vannføringen i Glomma gir disse målingene svært verdifull informasjon om samspillet mellom elvevann og grunnvann. Ved lav vannstand i Glomma, varierer elektrisk ledningsevne på Almemoen uavhengig av Glommas vannføring. Ved flomtoppene i henholdsvis slutten av april, i mai og i midten av juli stiger vannstanden i Glomma, og elektrisk ledningsevne i grunnvannet faller relativt simultant. Dette indikerer at Glomma påvirker grunnvannskvaliteten ved Almemoen direkte i flomperioder og det er grunn til å undersøke nærmere om grunnvannets oppholdstid ved Almemoen er tilstrekkelig.

Kontinuerlige målinger på 3 meters dyp under Glommas bunn viser at elektrisk ledningsevne i grunnvannet under elva faller og stiger i takt med flomtoppene i elva, men ved normalvannføring varierer grunnvannets ledningsevne uavhengig av vannføringen. I grunnvannet på elvesletta er ledningsevnen upåvirket av variasjonene i elva. Ved normal vannføring i Glomma ligger grunnvannstemperaturen under elva omkring 6°C (ca 1°C høyere enn gjennomsnitts grunnvannstemperatur for området). Når første flomtopp kommer i Glomma, er elvevannet kaldere enn grunnvannet, og grunnvannstemperaturen synker først som følge av infiltrasjon av overflatevann, for deretter å stige etter hvert som elvevannets temperatur øker. Under flomtoppen i midten av juli er elvevannets temperatur ca 14°C, og grunnvannstemperaturen stiger raskt til 10°C, for deretter å falle med vannføringen til et nivå omkring 8°C. I grunnvannsbrønner på elvesletta er grunnvannstemperaturen upåvirket av temperaturen i Glomma, men endrer seg lite og langsomt i forhold til årstidene.

Fargetallet varierer mye i Prestsjøen og ikke minst i Glomma. For Glommas vedkommende kan én tolkning av forløpet være at lavt fargetall i februar og mars representerer stort bidrag fra grunnvann i vannføringen, mens overflatevann som følge av snøsmelting dominerer i april til juni. Vannprøven i juli representerer en nedbørsindusert flomtopp og det høye fargetallet skyldes trolig utvasking av humus. I september ser det igjen ut til å være grunnvannsandelen som dominerer vannføringen.

Parametre som pH, alkalitet og ledningsevne gir en viss indikasjon på grunnvannets oppholdstid, men siden disse parametrene også er avhengige av hvor reaktive mineralene i grunnen er, vil en bare få relative mål. Bruk av miljøindikatorer som vanntemperatur og elektrisk ledningsevne har vist seg å være nyttig for å øke forståelsen for vannutveksling mellom grunnvannsmagasinet og ellevann, men også som viktig input for å kalibrere grunnvannsmodellen som brukes for å kvantifisere utvekslingsmengdene mellom grunnvannsmagasinet og Glomma. En utredning av kjemien for utvalgte vannprøver er derimot absolutt interessant for sårbarhetsvurdering av grunnvannverk ved at en får påvist hvilke parametre som er problematiske og derved lettere kan spore kilden(e) for forurensningen.

Undersøkelsene tyder på at under normale forhold er grunnvannskvaliteten i kort avstand fra elva upåvirket av ellevannets kvalitet uavhengig av vannstanden i Glomma, samt at vannføringen i Glomma i perioder domineres av grunnvannsavrenning. Ved større grunnvannsuttak derimot, som ved Almemoen, vil senkningen av grunnvannspeilet omkring pumpebrønnen kunne medføre infiltrasjon av ellevann, spesielt i flomperioder.



Oversiktskart over undersøkelsesområdet.

# **Glomma og grunnvannet. Hva forteller modellering om interaksjon mellom elven og grunnvannsmagasinet ved Rena?**

**Hervé Colleuille, Wai Kwok Wong & Panagiotis Dimakis, NVE**

FoU-programmet Miljøbasert vannføring har som mål å forbedre kunnskapsgrunnlaget for å kunne fastsette vannføring etter inngrep som reduserer den naturlige vannføringen (Brittain, 2003). Programmet finansieres av Olje- og energidepartement og forankres i Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). En av problemstillingene er å avklare betydningen av samspillet mellom grunnvann og elvevann for økosystemet. NVE er ansvarlig for et prosjekt som setter fokus på forståelse av de fysiske forholdene som styrer interaksjon mellom grunnvann og elvevann. Hovedformålet er å utvikle analyseverktøy for å kunne kvantifisere og forutsi effekt av redusert vannføring på grunnvann og samtidig effekt av grunnvannsuttak på vannføring. Prosjektet har derfor en dobbel og direkte interesse for forvaltningen: ved konsesjonsbehandling av grunnvannsuttak og vassdragsregulering inkludert fastsettelse av redusert vannføring. Det er i prosjektet valgt å analysere to ulike typer vassdrag: et stort vassdrag med stor sedimentering på Østlandet (Glomma), og et lite regulert vassdrag på Vestlandet (Osa). Resultatene av undersøkelsene utført på det første tilfellestudiet, en elveslette langs Glomma på Rena i Hedmark, er publisert, i begynnelsen av 2004, i en rapportserie som består av tre rapporter:

Den første rapporten "Formål og metoder" gir en oversikt over bakgrunnen og formålet med dette prosjektet, samt en kort beskrivelse av alle metoder som er anvendt på Rena for anskaffelse, systematisering og analysering av dataene (Colleuille et al. 2004a). Den andre rapporten "Materiale og feltmålinger" er en dokumentasjon av alle forhold og data (arealutnytting, geologi, hydrologi, klimatologi, vassdragsinngrep, grunnvannsuttak, hydrokjemi) som er av interesse for analyse av grunnvannsbevegelser i det aktuelle grunnvannsmagasinet og dets interaksjon med Glomma. Rapporten viser hvordan man ut fra de tilgjengelige dataene og feltmålingene utført på Rena kan karakterisere grunnvannsmagasinet og dets interaksjon med Glomma (Colleuille et al. 2004b). Den tredje rapporten "Grunnvannmodellering" beskriver hvordan grunnvannsmodellen på Rena er bygd opp, kalibrert, validert og anvendt som analyseverktøy. Betydningen av vassdragsinngrep (reduert vannføring og endringer i egenskaper til elvas bunnsedimenter) på grunnvannsressurser og dets interaksjon med elvevann er analysert. Innvirkning av grunnvannsfornyelse og grunnvannsuttak på elvevannets kvalitet og kvantitet er også evaluert (Colleuille et al. 2004c).

Grunnvannsmodellen er kalibrert med transiente simuleringer for en periode på 216 dager i 2002. Perioden representerer godt et normalt år med snøsmelting, vårflo, samt sommer og vinterforhold med lavvannføring. Kalibrering er utført delvis automatisk med Pest ved bruk



av 6 justerbare parametere (hydraulisk ledningsevne, magasinkoeffisient og spesifikke ytelser) for de to lagene som utgjør akviferen. Grunnvannstilsigsmengde fra overliggende plataet er justert i modellen slik at vannutvekslingsmønsteret er i tråd med målinger av miljøindikator (vanntemperatur og elektrisk ledningsevne) målt under bunnsedimentene til Glomma. Resultatene av både kalibrering og verifisering ansees som tilfredsstillende for å utføre analyser av vannutvekslingsmengder mellom grunnvannsmagasinet og Glomma.

Resultatene fra modellarbeidet viser at grunnvannsnivåene varierer kraftig i takt med elvevannstanden, men at strømningsbildet er relativt konstant over hele året. Det registreres ikke noen spesielle endringer mellom normal vannføring og lavvannføring (vinterforhold). Det er kun ved raske endringer av elvevannstand (flom) at strømningsbildet endrer seg kraftig. Utstrømning av grunnvannet kan i Rena betraktes som permanent, mens innstrømning av elvevann kun er temporært (noen få dager pr. år). Vannbalansen for hele simuleringsperioden (februar-september 2002) er positiv for grunnvannstilsig. Det er et tilskudd av grunnvannstilsig på ca. 5340 m<sup>3</sup>/dag eller 20 mm/dag. Det er kun få dager i løpet av året hvor elvevann infiltreres direkte i grunnvannsmagasinet. Det er ikke vannstanden som kontrollerer vannutvekslingen. Det finnes ikke noen faste grenser for når grunnvannet yter tilskudd til elva eller for når grunnvannsmagasinet mates av elva. Det er ikke vannivåene som er bestemmende, men raske fluktuasjoner av elvevannet. Ved flom stoppes opp tilskudd av grunnvann til elva først, deretter lagres temporært elvevann inn i grunnvannsmagasinet. Dette vannvolumet frigjøres igjen ved fallende vannføring etter flomkulminasjon. Elvesletta på Rena bidrar f. eks. i flommen som fant sted i juli 2002 til en reduksjon av vannføringen med 38 000 m<sup>3</sup>/dag (tilsvarende ca. 150 mm/dag).

Geologien, klimaet og menneskelig aktivitet har stor betydning for grunnvannstilsig fra overliggende plataet. Videre har dette betydelig effekt på utvekslingsmengder mellom Glomma og grunnvannsmagasinet. En endring i grunnvannsdannelse på f. eks. 200 % (4 ganger større enn referanse) fører til at utstrømningsmengder av grunnvannet blir over 800 % og 400 % av referansemengder i de to nordligste sonene av elvesletta. Økning av grunnvannsdannelse fører til lavere vannoppholdstid og høyere vannhastighet i grunnvannsmagasinet. Grunnvannsuttak har betydelig effekt på utvekslingsmengder mellom Glomma og grunnvannsmagasinet. Dette har betydning for vannets oppholdstid inni grunnvannsmagasinet som blir kortere. Dette har også betydning for vannets opphav fordi grunnvannsutaket forårsaker infiltrasjon av elvevann. Et grunnvannsuttak på ca. 29 l/s i pumpebrønnen (Reservekilden) i Rena består i gjennomsnitt av ca. 89 % grunnvann og 11 % induert elvevann. Et uttak på 58 og 116 l/s består henholdsvis av 23 og 44 % direkte induert elvevann. Grunnvannsuttak bidrar til lavere vannføring i Glomma gjennom to komponenter: reduksjon av grunnvannstilsig og induert infiltrasjon av elvevann i grunnvannsmagasinet. Dette kan ha stor betydning for vanntemperatur og vannkvalitet både i elva og grunnvannsmagasinet. Renseeffekten til elvas bunnsediment er vesentlig for vannkvaliteten i brønnen. Endring i grunnvannkvalitet kan være en konsekvens av direkte infiltrasjon av

elvevann med dårlig kvalitet, men også av geokjemiske reaksjoner (oksidasjon/reduksjon) som følge av endring i grunnvannstand og strømningsforhold.

Massetransport og erosjonsprosesser kontrollerer mektigheten og sammensetningen til bunnsedimenter og dermed infiltrasjonsgraden. Dybden og bredden til elveløpet bestemmer infiltrasjonsarealet, samt den hydrauliske belastningen, og er derfor to viktige parametre som til en viss grad kontrollerer vannets infiltrasjon. Endringer i egenskapene til bunnsedimenter (mektighet og permeabilitet) har også vist seg å ha stor betydning for utvekslingsmengder mellom Glomma og grunnvannsmagasinet. En 10 ganger lavere mektighet, eller 10 ganger større permeabilitet, fører til at utstrømning av grunnvannet blir over 200 og 500 % av referansemengder i de to nordligste sonene av elvesletta. Lavere mektighet eller høyere permeabilitet av bunnsedimenter fører til høyere vannbevegelser i grunnvannsmagasinet, og dermed lavere vannoppholdstid.

Endringer av vannstand i Glomma har derimot lite effekt på utvekslingsmengder, på strømningsforhold og vannoppholdstid.

Beskrivelsen som vi får fra Rena-modellen er i utgangspunktet steds spesifikk. Rena-modellen er derfor i utgangspunktet et verktøy for å evaluere fungeringen av en begrenset strekning av elva. Ved å identifisere faktorene og prosessene som definerer og kontrollerer vannutvekslingsmengder og – mønster, vil en slik modell imidlertid kunne benyttes for å øke forståelsen av interaksjonen mellom elva og grunnvannsmagasinet på en regional skala. Modellen som vi bygde på Rena er stort sett gyldig for større vassdrag med klimatiske og geomorfologiske trekk av Østlandet. I samarbeid med Interconsult ASA er det derfor valgt å utføre samme type arbeid med et lite regulert vassdrag på Vestlandet (Osa) med skarp topografi, en annen type geologi og klima.

Modellresultater viser at endringer i grunnvannsdannelse, permeabilitet eller mektigheten av bunnsedimenter, har store konsekvenser for utvekslingsmengder og grunnvannets oppholdstid. Dette har sannsynligvis stor betydning for kvaliteten på grunnvannet inni grunnvannsmagasinet og deretter for vannet som strømmer ut i Glomma. Blanding av grunnvann inn i elvevann kan ha en stor effekt på det akvatiske miljøet hvis faktorene som surhetsgrad, temperatur og oksygeninnhold er forandret. På denne måten kan endringer i den naturlige interaksjonen mellom grunnvann og elvevann som skyldes menneskelig aktivitet (grunnvannsutttak, regulering..) ha en potensiell betydelig effekt på det akvatiske miljøet.

## Referanser

- Brittain J.E, 2002. Miljøbasert vannføring – et nytt FoU-program. NVEs Hydrologisk månedsoversikt, mai 2002.
- Colleuille H., Pedersen T.S., og Dimakis P., 2004a. Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma i Rena, Hedmark (002.Z). **Rapport 1.** Formål og metoder. NVEs rapport Miljøbasert vannføring 1-2004.
- Colleuille H., Pedersen T.S., Dimakis P., og Frengstad B., 2004b. Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma i Rena, Hedmark (002.Z). **Rapport 2.** Materiale og feltmålinger. NVEs rapport Miljøbasert vannføring 2-2004.
- Colleuille H., Wong W-K., og Dimakis P., 2004c. Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma i Rena, Hedmark (002.Z). **Rapport 3.** Grunnvannsmodellering. NVEs rapport Miljøbasert vannføring 3-2004.

# Groundwater and springs at the foot of Mt Kilimanjaro – Investigations of recharge mechanisms and water balance

Ånund Killingtveit, *Institutt for vann- og miljøteknikk, NTNU* & Paul Christen Røhr, *NVE*

The research project *Water Management in Pangani River, Tanzania* ("The Pangani project") is a multi-disciplinary research project, organized as a collaboration between researchers with varying professional background at University of Dar es Salaam (UDSM) and Norwegian University of Science and Technology (NTNU). The work was initiated in 1997, the first phase finished in 2001 and a second (ongoing) phase started in 2002. The project has been funded by Norwegian Agency for Development Cooperation (NORAD) and by the two universities.

The objectives of the Pangani-project are 1) To contribute to further development of research capacity and competence in water management at UDSM by bringing together appropriate and complementary academic competence at UDSM and NTNU. 2) To meet the extensive needs of knowledge expressed by Tanzanian authorities and administrative bodies involved in the development of Pangani Water Basin. (Ngana, 2002)

The major sources of water for Pangani river are the Mt Kilimanjaro and Mt Meru in the upper part of the catchment, and the Pare and Ushambara mountains in the middle and lower part of the catchment. Most of the flow in Pangani river is generated from rainfall at these mountains, where the precipitation is higher and evaporation lower than at the lowland plains. The largest and most important rivers are those who start at the southern slopes and in the foot-hills of Mt Kilimanjaro: Sanya, Kware, Kikafu, Weruweru, Karanga river all join to form the Kikuletwa river flowing into the reservoir Nyamba ya Mungu from northwest. From the south-eastern slopes the Rau, Mue and Himo river join the Ruvu river which originates in Lake Jipe east of North Pare mountains. Ruvu is the second largest inflow to Nyamba ya Mungu. The annual average inflow to Nyamba ya Mungu is  $35 \text{ m}^3/\text{s}$ , about  $23 \text{ m}^3/\text{s}$  from Kikuletwa and about  $12 \text{ m}^3/\text{s}$  from Ruvu (Kigadye, 2000).

During the dry season most of the river flow in the two tributaries Kikuletwa and Ruvu comes from springs. There are a number of large springs with an average discharge of ca.  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ , i.e. more than 50% of the average annual runoff. The two largest springs are Chemka spring at Rundungai in the Kikuletwa catchment and at Mwaleni springs in the Rau river catchment. The total flow from several springs at Rundungai have been estimated to ca  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  with very small variations throughout the year. (Røhr, Ngana & Killingtveit, 2002). Water level varies slightly through the year, but the flow is nearly constant. The water temperature was measured during a 7 months period in 2000-2001 and showed a nearly constant level of 28.4 degrees C. The salinity is high, 1150-1450  $\mu\text{S}$  in a few measurements in 1999. The springs at

Mwaleni also have a nearly constant flow of 3-4 m<sup>3</sup>/s through the year. In addition to these large springs, a number of smaller springs are found, adding up to a total flow of nearly 20 m<sup>3</sup>/s.

It has long been assumed that most of the recharge of the springs occurs at Mt Kilimanjaro and Mt Meru, but the recharge area and the mechanisms are not well known. There are also frequent speculations about the importance of the snow cover seen at Mt Kilimanjaro, and a common belief is that the snow and ice on the mountain is of vital importance for feeding the rivers that comes from the mountain. During the Pangani project it was therefore decided to try understand the hydrological processes in the area better, to make a water balance for the area, including both recharge and discharge areas and to establish hydrological models for predicting effects of changes in land use and water use. In such a project, the role of the springs and their contribution to the river flow downstream is of vital importance.

Several new gauging stations were established to supplement previous measurements, especially for river flow, precipitation and air temperature. It was especially important to measure flow high up in the mountain-sides, in the region where the precipitation is high and most of the groundwater recharge (probably occur). Since it is not possible to determine the groundwater recharge directly, it was necessary to measure precipitation, evaporation and river flow and determine infiltration and groundwater recharge as the rest term in the water balance. Such measurements are complicated because all the hydrological processes varies strongly with elevation. Precipitation, for example, increases from less than 1000 mm/year in the low lying plains where the springs are located, up to more than 2200 mm in the zone of maximum precipitation at 2000-2500 m.a.s.l and then decreases down to probably 200 mm near the summit at 6000 m. Evaporation decreases with elevation, from > 1100 mm/year on the plains below 1000 m and down to <200 mm/year at the summit (Røhr, 2003).

Measurements and water balance modelling showed that river runoff only occur from the forested zone with high precipitation, up to a level of 2750 m.a.s.l. Above this elevation, all precipitation either evaporates or infiltrates and recharges groundwater. Maximum groundwater recharge was found around 2000 m.a.s.l, where more than 1000 mm/year is infiltrating and recharging the regional groundwater storage. For comparison, groundwater recharge is negligible above 5000 m, and it is also insignificant below 1100 m. Most of the groundwater recharge seems to occur between 1500 and 3000 m.a.s.l. The contribution from “The Snow on the Kilimanjaro” is absolutely insignificant, the snowcap is of small areal extent (and was so also before) and the amount of precipitation falling here is so small that most of it evaporates. (Røhr, 2003)

Using the data for precipitation, evaporation and runoff distribution, a model for the recharge to the entire Kikuletwa river was set up, using data from the gauging station 1DD1. The computed average groundwater recharge for the upstream area was found to be 22.2 m<sup>3</sup>/s. This compares well to an average observed flow in Kikuletwa of 23.7 m<sup>3</sup>/s (Røhr, 2003). During the next phase the study of water balance and groundwater recharge/discharge will be extended to Lake Jipe and Lake Chala, east of Kilimanjaro. Here, the effect of land use

changes will be studied, and also the groundwater discharge to the Lake Chala and Lake Jipe, and the large wet-land area in between. In this stage water levels in the two lakes will be measured, and compared to investigate timing of lake inflow and possible flow of groundwater between the two lakes.

### **References**

- Ngana, J.O., 2002: Water Resources Management, The case of the Pangani River Basin. Issues and Approaches. Institute of Resources Assessment, University of Dar es Salaam.
- Røhr, P.C., 2003: A hydrological study concerning the southern slopes of Mt Kilimanjaro, Tanzania. Dr.ing.-thesis 2003:39, Faculty of Engineering Science and Technology, Department of Hydraulic and Environmental Engineering, NTNU.
- Røhr, P.C., Ngana, J. & Killingtveit, Å., 2002: Investigations of Chemka Spring, Kilimanjaro Region, Tanzania. Chapter 22 in (Ngana, 2002).
- Kigadye, P., 2000: Hydropower projects in Pangani River, Tanzania. MSc Thesis submitted to Department of Hydraulic and Environmental Engineering, NTNU (D1-2000-4).

# Bruk av geofysiske målemetoder for å karakterisere infiltrasjon under snøsmelting

Helen K. French, *Jordforsk* & Andrew Binley, *Lancaster University, UK*

Tidligere forsøk i den umettede sonen på Gardermoen (French and van der Zee, 1999) ga sterke indikasjoner på en svært variabel infiltrasjon. For å få et mer kontinuerlig bilde av hvordan denne infiltrasjonen faktisk skjer ble geofysiske metoder benyttet. Måling av elektrisk resistivitet, enten som overflate målinger eller i vertikale borehull ble utført under snøsmeltingen (april) i 2001. Den elektriske ledningsevnen i jorda er en funksjon av fysisk sammensetning av mediet (leire vil ha høyere ledningsevne enn sand), vanninnhold, ioneinnhold i vannet og temperatur. For å se på endringer i vanninnhold, måles resistiviteten ved ulike tidspunkt og normaliseres på det første datasettet, på den måten kompenserer man for heterogeniteter i mediets fysiske egenskaper. Områder der ledningsevnen øker (i dette tilfellet som følge av økt vanninnhold) vil få en normalisert resistivitets verdi som er mindre enn 1, mens områder der ledningsevnen blir lavere får en verdi større enn 1. Metoden har også blitt benyttet på Gardermoen for å karakterisere stofftransport (French et al., 2002). Før snøfall høsten 2000, ble 96 elektroder plassert på 20 cm dyp, med 25 cm mellomrom i et nettverk på totalt  $3.75 \times 1.25 \text{ m}^2$ . For å karakterisere den vertikale fordelingen av vann, ble det i tillegg satt ned 4 vertikale rør (2.4 m dype) med 16 elektroder på hver. Avstanden mellom elektrodene var 16 cm. Målinger med de overflatenære elektrodene dokumenterte at infiltrasjonen var ujevnt fordelt over arealet og at det så ut til å være en sammenheng mellom forsøknings i terrenget og områder med mye infiltrasjon. Målinger i de vertikale borehullene viste at infiltrasjonen skjedde svært rask i disse områdene. Den raske vanntransporten gjennom den umettede sonen ble også bekreftet av den raske responsen i grunnvannsstand. Fremtidige undersøkelser vil bli utført for å bestemme hvilke vannmengder som faktisk infiltrerer og hvilken betydning dette har for faren for grunnvannsforurensning.

## Referanser

- French, H.K. and Van der Zee (1999) Field scale observations of small scale spatial variability of snowmelt drainage and infiltration, *Nordic Hydrology*, 30: 166-176.
- French, H.K., Hardbattle, C., Binley, A., Winship, P., Jakobsen, L., (2002) Monitoring snowmelt induced unsaturated flow and transport using electrical resistivity tomography *Journal of Hydrology*, 267, 273-284.

# Grønli-Setergrottesystemet, Mo i Rana. Hulenes beliggenhet og morfologi relatert til bruddgeometri, stratigrafi og paleohydrogeologi

S. Skutlaberg, *NGI*, R. Øvrevik, H. Hestangen & S.E. Lauritzen

*Oppgaven er gjort ved Universitetet i Bergen*

*Karst* er en unik type landform som dannes der hvor kjemisk eller fysisk oppløsning dominerer blant de geomorfologiske prosessene. Underjordisk drenering gjennom huler er et karakteristisk trekk. Hulepassasjene dannes ved kjemisk korrosjon av kalkbergarter (eller andre lett oppløselige bergarter) langs eksisterende sprekker, forkastninger og foliasjonsplan. Denne prosessen kalles *speleogenese*. Siden korrosjonen foregår langs eksisterende svakhetssoner er hulenes beliggenhet og morfologi relatert til litologiske variasjoner i bergartspakken, bruddorienteringer samt hydrauliske gradienter til grunnvannet under dannelsesprosessen.

*Grønli-Setergrottesystemet* er karsthuler i Dunderlandsformasjonen, som er en foldet marmorsekvens med overliggende granatglimmerskifer. Grottene er kartlagt på nytt i tre dimensjoner. Den nye lengden er 7,5 km (Øvrevik, Skutlaberg, Hestangen & Lauritzen, 2002) og volumet er 50.000 m<sup>3</sup>. Grottesystemet består dels av tørrlagte, dels av helt vannfylte passasjer. I tillegg renner det en bekk gjennom hulesystemet. Grottekartleggingen dekker hovedsakelig de tørrlagte passasjene samt bekken, men det er også kartlagt ca. 200 m av de vannfylte passasjene.

Det forekommer mange bruddsett i feltområdet. Bruddplan som er utvidet til hulepassasjer kalles for *ledespalter*. I mange hulesystemer utgjøres ledespaltene bare av et fåtall av de eksisterende bruddsettene. For å undersøke om noen bruddsett har vært viktigere enn andre under dannelsen av Grønli-Setergrottesystemet er orienteringene til overflatebrudd sammenlignet med ledespalter inne i hulene. Det viser seg at de fleste ledespaltene er utviklet langs noen få bruddsett, samtidig som det dette varierer lokalt i forskjellige deler av hulene. Enkelte steder er kun en eller to bruddretninger utvidet til grottepassasjer mens det andre steder er utviklet passasjer langs alle bruddretningene.

Selv om hele Dunderlandsformasjonen hovedsakelig består av marmor finnes de aller fleste hulepassasjene kun i de øverste meterne, like under kontakten mellom marmor og den overliggende granatglimmerskiferen. Dette kan ha en litologisk forklaring. Grottens stratigrafiske beliggenhet er derfor også studert i relasjon til bergartspakkens kjemiske sammensetning. En viss sammenheng er påvist, men intensivert korrosjon ved overgangen mellom Dunderlandsformasjonen og den overliggende glimmerskiferen har sannsynligvis også hatt stor betydning for hulenes stratigrafiske posisjon.



Ved vannstrømning gjennom de utvidede hulepassasjene er det dannet asymmetriske *strømskåler* på veggene. Formen og størrelsen til disse avhenger av strømningsretning og hastighet til grunnvannet ved dannelsesstidspunktet. For å undersøke grottenes hydrogeologiske historie er det gjort systematiske registreringer av strømskålene i løpet av kartleggingen. Det viser seg at grunnvannstrømmen siste gang hulene var aktive (dvs. helt vannfylt) gikk oppover i hulesystemet. En forklaring på dette kan være at grunnvannet ble dirigert av en isbre. Den hydrauliske gradienten under en isbre er styrt av breoverflatens helning (Lauritzen mfl., 1990). Den totale gjennomstrømningen i hulene under den siste aktive perioden er beregnet til mellom 6 og 8,5 m<sup>3</sup>/s.

# Esmarkmorenen som grunnvannsgiver

Einar Eckholdt, *Miljøgeologi as*

Jens Esmark var en av de første som lanserte nedisningsteorien. På grunnlag av observasjoner i Forsand, Lom og i Danmark, kom han frem til at "flomteorien" måtte feil og Skandinavia måtte ha vært dekket av en mektig isbre.

Jens Esmark besøkte Forsand i 1823 og la da merke til at Haukalivatnet var demmet opp av "Gletscher Vold som hadde overspendt en hel dal". Han målte moreneryggens lengde til 785 meter og fant ut at vannspeilet lå 5 meter høyere sletta syd for ryggen.

Haukalivatnet dreneres nordover til Lysefjorden, men innsjøen lekker vann gjennom løsmassene i syd. Dette vannet mater en grunnvannstrøm som renner syddover til Fossanána.

Forsand kommune har lenge utnyttet grunnvann fra løsmasser – først i det utdrevne grustaket nær kommunesenteret og senere ved skole/kulturhuset. Godkjente planer om sanduttak tett inntil dagens brønner, medførte at kommunen på nytt ønsket å flytte brønnønsket – fortrinnsvis til et område med liten konflikt i forhold til utnyttbare grusressurser, landbruket og fremtidige utbyggingsområder. Området oppe ved Haukalivatnet pekte seg ut som et interessant brønnområde.

Hvorfor prøvebore i moreneryggen?

- grei adkomst, strømforsyning etc.
- små konflikter med andre brukerinteresser
- det fantes ingen data fra tidligere boringer
- fantes det smeltevannssedimenter under morene?.
- grunnvannet ville være godt beskyttet mot forurensning.

Grunnboringer viste at de øverste 10-13 metre består av dels silt/finsand/dels flytemorene og m/stor stein og blokk. Deretter fulgte fast lagret smeltevannsmateriale i vekslning med siltig morene. Smeltevannsmaterialet hadde gode vanngivende egenskaper og gav raskt klart vann ved blåsing..

En prøvebrønn med filter fra 18-24 m.u.terreng ble satt ned for å testing kapasitet og vannkvalitetsutvikling over tid. Grunnvannsspeilet sank gjennom hele prøvepumpingsperioden på 12 mnd. før tilnærmet likevekt ble nådd. Vannuttak: 20 l/s.

Det indikerer at grunnvannslekkasjen fra Haukalivatnet er mindre enn anslått(50 l/s) og nedbørsinfiltrasjon på sanduren betyr mindre enn ventet på grunn av velutviklet aurhelle.

Grunnvannsmagasinet under Esmarkmorenen har lukket til semilukket karakter og har relativt stor transmissivitet( $T= 700-800 \text{ m}^2/\text{d}$ ).

Prøvepumpingen bekrefter at grunnvannsmagasinet har kapasitet til å levere ønsket vannmengde - 15 l/s. Vannanalysene fra prøvepumpingsperioden bekrefter at grunnvannet er godt beskyttet mot påvirkning fra landbruket(dyrket mark og utmarksbeite).

# Grunnvann som supplerende vannkilde til Stjørdal kommunale vannverk

**Bernt Olav Hilmo, *Asplan Viak Sør***

For å øke sikkerheten i vannforsyningen og for å styrke vannforsyningen i en beredskapssituasjon har Stjørdal kommune engasjert Asplan Viak til å utrede grunnvann som supplerende vannkilde. Aktuelle grunnvannsforekomster må ha en kapasitet på minst 60 l/s, og ligge i nærheten av eksisterende ledningsnett.

På grunnlag av eksisterende geologisk kartlegging og tidligere grunnvannsundersøkelser av NGU, ble følgende områder pekt ut for hydrogeologiske undersøkelser; breelvavsetning ved Elvran, elvesletter øst for Værnes og breelvavsetning ved Hegra. Disse områdene er i samarbeid med NGU og Brødrene Myhre AS blitt undersøkt ved bruk av georadarmålinger og undersøkelsesboringer med testpumper for kapasitetsvurdering og prøvetaking. Det ble påvist betydelige grunnvannsressurser i alle områdene, men ut fra grunnvannskvalitet, uttakspotensialet pr. brønn og mulige forurensningskilder ble det besluttet å etablere en brønn i Hegra for langtids prøvepumping.

Brønnen som er plassert ca 10 m fra Stjørdalselva, er 24 m dyp og har 2 x 6 m langt filter med 4 m blindrør imellom. Uttaket fra brønnen har vært ca. 35 l/s i hele pumpeperioden. På grunnlag av en trinnvis pumpetest er brønnens maksimale kapasitet beregnet til min. 80 l/s, altså mer enn vannverkets vannbehov. Så langt har analyser av grunnvann under prøvepumping vist følgende:

- God bakteriologisk kvalitet.
- Grunnvannet er hardt og rikt på løste mineraler.
- Konsentrasjonen av klorid og natrium har økt, særlig i perioder med lav elvevannføring. Dette skyldes påvirkning fra utluting av nærliggende marine leirer.
- Økt konsentrasjonen av mangan, trolig som en følge av økt inntrekking av dypereliggende grunnvann med lavere oksygeninnhold.

Det er kun manganinnholdet som ikke tilfredsstiller kravene til drikkevann, men vannet vil ha bruksmessige ulemper i form av hardt vann.

For å utrede filterplasseringens betydning for grunnvannskvaliteten vil det bli utført en prøvepumping av kun øvre del av brønnfilteret.

Brønnen ligger i et belastet område med vei, jernbane, massetak, dyrket mark og bebyggelse i nærheten, men grunnvannsforekomsten har en relativt god naturlig beskyttelse i det den delvis er overdekt av marine sedimenter.

En utbygging av grunnvannsforekomsten vil avhenge av økonomiske vurderinger opp mot kostnadene til alternative løsninger basert på overflatevann. Det er særlig kostnader til ny vannledning for tilkobling til eksisterende nett, nødvendig vannbehandling og sikring av brønnområdet som vil være avgjørende for om grunnvannsforekomsten blir utbygd.

# Grunnvannsbrønner i fjell – et "lykketreff" eller beregning?

Guri Venvik & Øystein Jæger, *NGU*

Vannytelsen i fjellbrønner kan variere fra "tørt" til "rikelig", men er plasseringen av de vellykkede brønnene basert på flaks eller beregning? Metoden for plassering av fjellbrønner er ikke entydig og de fleste som jobber med fjellbrønner har utviklet sin egen metode, trolig mest basert på erfaring. Er det ikke derav mulig å lære av tidligere feil og utarbeide en bedre metode som kan anvendes av flere?

Her vil det fokuseres på de geologiske egenskapene som er gunstige for vannytelse og hvordan en kan kartlegge dem i forstudier og felt. Egenskaper som bruddorientering og bruddfrekvens gir indikasjoner på sammenkoblingen av bruddene, og vannføring i fjell er avhengig av at perkolasjonsterskelen er nådd. Brudd- og forkastningssoner har høyere vannføring enn vertesberget grunnet bedre sammenkobling av bruddene. Unntaket er gjerne forkastningsskjernen med forkastningsbergarter som breksje og gouge, som kan være impermeable. Kartlegging av bruddsoner og egnede forkastningssoner kan være et godt utgangspunkt for plassering av et borehull. Feltbefaring er nødvendig for å avgrense gunstige områder og angi konkrete borepunkt, samt vurdere tilgjengelighet. Eksempler på plassering av fjellbrønner i Lødingen og Sortland kommune, Nordland fylke, vil bli presentert.

Oppfordringen er å utarbeide (i fellesskap) en metode for plassering av grunnvannsbrønner i fjell med større sikkerhet for vannytelse en det som eksisterer i dag.

Andre viktige spørsmål som bør diskuteres er:

- Brønndyp?
- Plassering av brønn?
- Orientering av bruddsett i forhold til vinkling av borehull?
- Boretekniske utfordringer?

## **Hva er grunnvannstanden i en smultring og hvorfor er det interessant å vite det?**

**Nils-Otto Kitterød, *Universitetet i Oslo***

Jeg vil presentere analytiske løsninger for stasjonær strømning i åpne og lukkede akvifer som på en eller annen måte kan forenkles til sirkulære strukturer. Løsningen jeg foreslår, anvender to Dirichlet grensebetingelser (constant head). I tillegg lar jeg hydraulisk ledningsevne eller tykkelsen på akviferen variere som en linear funksjon av radius. Tidligere analytiske løsninger er basert på en Dirichlet betingelse som blir lagt til (superponert) en løsning hvor det er en Neuman betingelse (flux grense) i sentrum av strukturen. Denne (primitive) løsningen er vanskelig å anvende i praksis fordi den representerer en overforenkling av virkeligheten. Et eksempel er prograderende deltaformasjoner – såkalte Gilbert type deltaer. Den analytiske løsningen forutsetter at den vertikale strømningskomponenten er så liten i forhold til den horisontale at den kan neglisjeres. For å kvantifisere denne feilen har jeg sammenlignet den analytiske løsningen med numeriske beregninger. Til slutt viser jeg noen observasjoner fra den største smultringen på fastlands Norge, nemlig Gardermoen.

# **FOREDRAG**

**5. februar**



## **The new EU-soil directive**

**Clemens Reimann, *Geological Survey of Norway***

EU-directives on air and water quality and protection exist. Quite recently it was realised that soil is another non-renewable (in a human time frame) common good that needs protection. Several international working groups were established in 2003 to develop a proposal for the new EU soil directive until the spring of 2004. Prior to establishing these working groups of 30-59 experts (one from each EU-country + representatives of different international stakeholders) each, the EC communication "Soil Protection for Sustainable Development" had identified a number of threats to European soils. At present eight threats are named:

- erosion
- contamination
- salinisation
- compaction
- loss of organic matter
- loss of biodiversity
- floods and landslides
- soil sealing

In order to assess the growing damage occurring in the EU-soil in a more strategic manner, the working groups shall identify indicators to monitor the impact of the soil degradation and threats identified on the sustainable use of soil and sustainable development, namely on economy, employment, social welfare, environment and human health.

Working groups on erosion, contamination, organic C and research create input to a working group on monitoring, which is supposed to prepare a draft of the future EU soil directive until march 2004. The author is the EuroGeoSurveys representative in the soil monitoring group. The talk discusses some of the suggested approaches and the many problems encountered with finding a common understanding for future monitoring of soil in the EU. One of the major problems is actually the scale. The landmass of the European Union covers more than 5 million km<sup>2</sup> and thus several climatic and vegetation zones exist, giving rise to more than 300 soil types and more than 30 different land-use types. Almost none of the experts has ever worked on such a scale. Some threads will be valid for all soils, other threats only for some soils, and, maybe, even only in a small part of the whole EU. At the same time the EU has clearly indicated that there will be no extra money for soil monitoring. It is thus very difficult to reach agreement on what the suggested soil monitoring directive shall consist of.

## **Geokjemisk atlas for Europa – hvor mange ganger må vi lære?**

**Rolf Tore Ottesen, *NGU***

26 europeiske geologiske undersøkelser har siden 1997 samarbeidet om å utarbeide et geokjemisk atlas for Europa. Fra ca 800 lokaliteter er det samlet inn prøver av overflatevann, humus, jord og sedimenter. Det er bestemt innholdet av ca 50 grunnstoffer i prøvene. Atlaset blir utgitt i 2004.

I et stort og omfattende prosjekt som dette, oppstår mange situasjoner som kan resultere i fatale feil. I foredraget vil eksempler på slike feil bli vist og kommentert. Her er mye å lære for fremtidige prosjekter.

# Diffuse kilder til PCB og effektstudier i torsk og blåskjell ved Haakonsvern orlogsstasjon

Arnt Johnsen, Helle K. Rossland, Edgar Søybye & Kjetil Longva, *Forsvarets forskningsinstitutt*

I forbindelse med at Forsvaret gjennom Forsvarsbygg har gjennomført en storstilt opprydding i de forurensede sedimentene ved Haakonsvern orlogsstasjon (HOS), har FFI gjort undersøkelser både for å prøve og kvantifisere mulige diffuse kilder til PCB ved HOS og for å studere om det kan observeres noen effekter i biota som følge av gjennomføringen av tiltaket. Effektstudiene har i stor grad vært gjennomført av UNIFOB, Stiftelsen Universitetsforskning Bergen og Molekylærbiologisk og Zoologisk institutt ved Universitet i Bergen.

Undersøkelsene viser at det er et vist bidrag av PCB fra diffuse kilder ved HOS. Undersøkelsene viser at det er flere områder ved HOS, der det er kilder av PCB på land som gjennom avrenning av overvann, sannsynligvis tilfører det marine miljø PCB. Det er vanskelig å kvantifisere bidraget, men det er mulig at rundt 10 g PCB<sub>7</sub>/år kan tilføres marint miljø. Nivået av PCB i materiale samlet i sedimentfeller ved HOS er høyt og indikerer at det vil kunne legge seg forurenset materiale over de rensede sedimentene. Det er imidlertid ikke observert at dette har vært tilfelle i småbåthavna som ble ryddet allerede i 1998. Data fra sedimentfellene kan det tyde på at sedimentene ved HOS får en total tilførsel tilsvarende rundt 100 g PCB<sub>7</sub>/år. Det ser ut til tilførsel med nedbør, fra tilstøtende vannmasser, fra kaier og fartøyer er av mindre betydning. Undersøkelsene viser at det under innfylling av forurensede sedimenter i tidevannspåvirkede sjøkantdeponier kan forekomme en viss transport av PCB ut fra deponiet, men at dette vil være ubetydelig etter avslutning av deponiarbeider.

Både før, under og etter at tiltaket med opprydding i sedimentene ved HOS ble avsluttet har det vært gjort akkumuleringsstudier både i blåskjell og semipermeable membraner (SPMD). Dette ble gjort for om mulig å kunne si noe om forbedringspotensialet i biota relativt raskt. Akkumuleringen i utsatte blåskjell viser liten endring som følge av gjennomført opprydding. Nivået av akkumulert mengde i SPMD er noe redusert som følge av gjennomført opprydding, noe som indikerer at konsentrasjonen av løst PCB er blitt redusert i vannmassene. Prøver tatt av viltvoksende blåskjell viser også at nivået av PCB er blitt redusert som følge av oppryddingen i sedimentene. Det ble ikke observert akkumulering av PCB i utsatte torsk, noe som viser at torsk i hovedsak har et opptak av PCB gjennom føde.

## **Urban risk – tanker om miljøgiftenes vandring fra land til havnebasseng**

**Morten Jartun, *NGU***

Det er påvist høye konsentrasjoner av bl.a. PCB og andre miljøgifter som TBT, PAH, dioksiner og tungmetaller i sedimenter i flere norske havneområder. Stortingsmelding nr. 12 ”Rent og rikt hav” (2001/2002) viser en oversikt over omfang og utbredelse av forurensede sedimenter, samt eventuelle tiltak som må til for å forbedre tilstanden. PCB ligger også til grunn for kostholdsrestriksjoner flere steder langs kysten. Erfaringer fra bl.a. Haakonsværn og Sandefjord viser at konsentrasjonen av ulike miljøgifter fortsetter å stige i sedimentene selv etter kostbare opprydninger. Dette tyder på at ukjente, aktive kilder på land stadig forsyner havneområdene med miljøgifter, som for eksempel PCB. Det er også eksempler på kjente kilder som forurenser havnesedimentene. Utenfor Tyssedal, ikke langt fra Odda ved Sørfjorden i Hardanger, er det påvist en klar sammenheng mellom PCB i torsk og PCB i rester av murpuss og maling fra rehabilitering av kraftstasjonen i Tyssedal. NGU og NTNU ønsker i et planlagt doktorgradsprosjekt å se nærmere på slike aktive kilder, og prøve å skissere mulige spredningsmåter og eventuelle miljøkonsekvenser av dette i forkant av kommende opprydningsaksjoner. En av byene som planlegger opprydning i havnebassenget er Bergen, hvor NGU tidligere har påvist til dels svært høye konsentrasjoner av PCB i jord og yttervegger på bygninger.

## **Grenseverdier for forskjellig arealbruk – nødvendig for risikokommunikasjon og smidig saksgang?**

**Marianne Langedal, Trondheim kommune**

Bystyret i Trondheim kommune har vedtatt ”Plan for forurenset grunn og sedimenter i Trondheim”, der to av vedtakene går ut på at kommunen forsøksvis skal overta forurensningsmyndigheten for grunnforurensning i forbindelse med bygge- og reguleringsaker, samt arbeide for å etablere mottak for forurenset masse. Hensikten er å få en mer forutsigbar og effektiv saksbehandling og håndtering.

Dagens praksis med stedsspesifikk risikovurdering etter SFTs veiledning kan synes fornuftig for å få et beslutningsgrunnlag som er relevant for den enkelte lokalitet. Kommunens erfaring er likevel at risikoveilederen gir for stort rom for skjønnsutøvelse, og at dette kan gi problemer med troverdighet ved risikokommunikasjon med dem som utsettes for grunnforurensningen. En annen hemske i dagens praksis er mangelen på rimelige og tilgjengelige disponeringsløsninger som er miljømessig forsvarlige.

Som løsning på de skisserte problemene har kommunen foreslått å dele inn jord i fem klasser etter kjemisk sammensetning: 1 ren jord, 2 byjord med lekearealer, 3 byjord, 4 moderat forurenset og 5 sterkt forurenset jord. Klasseinndelingen tar hensyn til mulig arealbruk og (nesten) tilgjengelige disponeringsløsninger i Trondheim. Klasseinndelingen bygger på tre faktorer: 1) ekspertvurderinger av helserisiko (utført av Jan Alexander ved Folkehelseinstituttet); 2) bakgrunnsverdier for Trondheim og vanlig forurensningsgrad i byen; 3) risikoveilederens beregningsverktøy for spredning ved de planlagte mottakene samt data for økotositet.

Det vil fremdeles være behov for stedsspesifikke spredningsvurderinger og stedsspesifikk vurdering av økotositet på lokaliteter med sterkere forurensningsgrad enn vanlig byjord.

# Nedlagte deponier og arealbruk: Stoffer i gass og dampfase, og utfordringer for helse og miljø

Henning K.B. Jensen, *NGU*

Deponering av organisk materiale, flyktige organiske løsningsmidler (VOC) og bensin/oljeprodukter gir deponigass og avdamping av helseskadelige organiske stoffer. Slik deponering har funnet sted mange steder i Norge, spesielt i byene. Deponigass (primært metan og kulldioksid, samt en rekke sporgasser og flyktige stoffer) er helseskadelige. Dampe fra organiske løsningsmidler er ofte meget giftige, og for mange av stoffene kreftfremkallende. I tillegg er deponigass i blanding med luft eksplosivt og kan gi skader på vegetasjon. Deponigass er en av de viktigste kildene for klimagass med mer enn 7 % av det totale norske bidrag 2000 (Kilde: Statistisk Sentralbyrå). Her er metangassen langt den viktigste bidragsyter med mer enn 180.000 tonn utslipp.

Mange av deponiene er nå nedlagt. Arealene er tatt i bruk til andre formål, enten boliger, kontorer, næringsvirksomhet eller fritidsarealer. Plassering av bygg på slike arealer gir helse- og miljømessige utfordringer, fordi gasser og dampe kan trenge inn i bygg, og dermed være en helserisiko gjennom eksponering via inneluft. I tillegg er det mangelfullt kjennskap til hva som ble deponert i en del deponier.

Eksempelvis vil organisk materiale kunne avgi deponigass gjennom nedbryting i flere årtier etter deponering. Avdamping av løsningsmidler vil under spesielle omstendigheter kunne finne sted i mange år etter deponering. Ifølge danske undersøkelser kan generering av gass fortsette inntil 50 år etter deponering. For organisk avfall dreier det seg om flere millioner tonn avfall i Norge. Når det gjelder organiske løsningsmidler er det trolig flere tusen tonn som finnes i grunnen forskjellige steder. Tallene for organiske løsningsmidler er beheftet med noe usikkerhet.

I noen tilfeller er problemer vedr. deponigass ikke vurdert under utbyggingen, når de grunntekniske undersøkelsene er gjennomført. I andre tilfeller har man ikke noe detaljert kjennskap til hvor mye organisk avfall og hvor det er deponert.

## Internasjonalt

I USA er det gjennomført studier, som identifiserer inneluft som et felt hvor det er høy reell helserisiko. Det er imidlertid fra miljømyndighetene lite fokus på inneluft. Situasjonen i Norge er trolig ikke vesentlig forskjellig. Man har forholdsvis lite fokus på deponigass og dampe.

Kilder for informasjon om avfall: SFT og Statistisk Sentralbyrå.

# Måling av deponigass - Eksempler fra undersøkelser i Trøndelag

Hågen Hatling, *Norsas*

## Tema som gjennomgås er:

- Metoder for måling av gassemisjoner fra fyllingsoverflaten
- Metode for bestemming av oksidasjon av metangass i fyllingsoverflaten
- Metode for beregning av gassproduksjon
- Eksempler på behandlingstilpasninger

## Bakgrunn

Vi deler avfallet inn i to hovedgrupper, en organisk og en uorganisk hvorav det er den organiske delen som blir omtalt her og som gir grunnlag for gassproduksjon. Når vi snakker om gassproduksjon så er det produksjon av metangass som er den uønskede effekten av å deponere organisk avfall siden dette er en klimagass som har 21 ganger større drivhuspotensiale enn karbondioksid. Det er imidlertid en rekke andre forhold og prosesser i og rundt deponiet som er uønskede og interessante, men vi omtaler her kun forhold som vedrører metangass og gassproduksjon.

Når avfallet blir deponert så er det i utgangspunktet aerobe forhold i og rundt avfallet og nedbrytningen starter med god tilgang til oksygen. Etter hvert som avfallet blir tildekket av nytt avfall og overdekningsmasser så vil fyllingen bli lukket og tilførselen av ny oksygen blir forhindret. Etter hvert som nedbrytningsprosessen forbruker oksygenet og det ikke blir tilført nytt, så får man aerobe forhold og i stedet for at prosessen produserer karbondioksid så produseres metangass. Dette kan ta fra timer til uker.

Ved normale atmosfæriske forhold inneholder luften 78% nitrogen og 21% oksygen. Ved stabile anaerobe forhold i deponiet så gir dette en fordeling på ca 60% metan og 40% oksygen. Dette er kunnskaper som vi drar nytte av når vi måler hvilken grad det skjer en oksidasjon av metangassen i overdekningen av deponiet. Det kan være vesentlig forskjell på gassproduksjon nede i deponiet og emisjon til omgivelsene. Kommer tilbake til dette noe senere.

Det er imidlertid en rekke forhold som påvirker gassproduksjonen og hvor mye metan som utvikles. Mektige deponier med mye avfall og god komprimeringsgrad tilrettelegger for anaerobe forhold i forhold til et deponi som grunt, blir tilført relativt små mengder avfall og er dårlig komprimerte. Mengden av lett nedbrytlig avfall har stor betydning for hvor raskt nedbrytningsprosessen kommer i gang og hvor lenge den vil vedvare. Erfaringsvis så tar det 50-100 år før alt organisk materiale er nedbrutt, bl.a avhengig av tilgangen på fuktighet og valg av toppdekke.

## Metoder

Ved måling av gassemisjoner så bruker vi en slags ”sniffer” som heter Portafid. Dette er en flammeionisasjonsdetektor som suger gassen opp i ei klokke med en hastighet på 60 l/time. Denne måler på hydrokarboner, dvs metan i tilfelle deponigass. Det tas målinger med 2 – 5 meters mellomrom jevnt over hele deponiet og emisjonen blir beregnet ut fra middelerdi av målingene og arealet av deponiet.

Ved beregning av oksidasjon brukes en gassanalysator basert på målinger i det infrarøde området, som heter GA 94A. Instrumentet måler metan, karbondioksid og oksygen. Differansen mellom disse parametrene opp til 100% er hovedsakelig nitrogen. Vi borer hull i deponioverflaten, noen like under overflaten og noen gjennom overdekningen og ned i selve deponiet. Perforerte plastrør blir ført nede i hullene og det blir stukket en sonde ned i disse for å måle konsentrasjonen. Dyp prøve angir gassproduksjonen og i hvilken fase nedbrytningen har kommet. Registreres lite metan og mye karbondioksid, så indikerer dette en tidlig fase av nedbrytningen og at det enda skjer en forråtnelse under aerobe forhold. Vi vet at stabile anaerobe forhold gir 60% metan og 40% karbondioksid. Oksidasjonen nede i deponiet er sterkere jo lavere forholdet er.

I grunn prøve så ser vi på forholdet mellom oksygen og nitrogen i overflaten. Jo lavere forholdet er jo sterkere er oksidasjonen. Dette gjenseiles også i forholdet metan / karbondioksid.

Ser vi at det er stor gassproduksjon nede i deponiet og små utslipp gjennom deponioverflaten så tyder dette også på sterk oksidasjon gjennom toppdekket. Erfaringer fra målinger foretatt på mindre deponier bl.a her i Trøndelag tilsier at det kan foregå en relativt beskjeden gassproduksjon nede i deponiet og at det i tillegg foregår en oksidasjon i toppdekket, slik at emisjonen av metan er lav.

Deponiforskriften sier at alle deponier som tar i mot biologisk nedbrytbart avfall skal ha anlegg for oppsamling av gass og behandle denne evt ved avfakling. Målinger vi har foretatt ved enkelte deponier tilsier at det genereres så lite gass i enkelte deponier og emisjonene er så små at det ikke er hensiktsmessig å etablere gassoppsamling. Enkelte deponier vil måtte bruke støttebrensel for å få avfaklet metangassen siden denne har en så lav konsentrasjon.

I tillegg til disse målingene utfører vi en teoretisk beregning av gassproduksjonen i deponiet ut fra mengde, alder og sammensetning av avfallet. Vi bruker da en egenutviklet beregningsmodell. Erfaringsmessig så oppnår man i realiteten kun å ta ut ca 50 % av den beregnede mengde metangass.

De beskrevne målinger og beregninger gir et grunnlag for å kunne beregne utslipp av klimagasser fra deponiet, bestemme behovet for et gassanlegg samt evt dimensjonering av dette.



### **Behandlingsløsninger**

Av behandlingsløsninger for metangass så er det anlegg for oppsamling med forskjellige måter for utnyttelse av energien som benyttes og som tilfredsstillter deponiforskriften. I tillegg så bør det ved noen deponier kunne vurderes å tilrettelegge for økt oksidasjon i overdekningslaget og få aksept for dette som en alternativ behandlingsløsning.

Anlegges det for oppsamling av metangass, så finnes det flere alternative måter å nyttiggjøre seg energien på. Eksempel på dette er fjernvarmenett og elektrisitet. Det mest vanlige er imidlertid å avfakle gassen og i alle tilfeller får en omdannet metan til karbondioksid, slik at man får redusert utslippet av klimagasser.

I Norge har vi 63 anlegg for oppsamling av deponigass. Disse samler opp metangass tilsvarende 350 GWh per år, hvorav 63 GWh går til elproduksjon og 76 GWh går til fjernvarme. Resten blir avfaklet uten energiutnyttning.

# Forekomst av og tiltak mot luktstoffer fra avfallsdeponier i Norge

Ketil Haarstad & Ove Bergersen, *Jordforsk*

Jordforsk har i samarbeid med Norsk renholdsforening (NRF) og en rekke avfallsselskap gjennomført et prosjekt for å kartlegge lukt fra avfallsdeponier samt undersøke tiltak mot lukt. Formålet var foruten kartlegging av lukt generelt å undersøke spesifikt hvor mye luktstoffer som kan måles fra avfall i felt og lab-undersøkelser, å tilsette gips til avfallet og undersøke ulike filtermaterialers evne til å filtrere bort lukt.

Et spørreskjema ble sendt til alle 102 avfallsselskap som i følge Toll- og avgiftsdirektoratet betaler sluttbehandlingsavgift pr. 2003. Sammenhengen mellom anmerkninger om luktproblemer og en rekke faktorer, som avfallsmengde (tonn pr. år og tonn totalt, type avfall, avstand til naboer, kompakteringsarbeid og gassuttak ble testet statistisk. Luktstoffer varierer avhengig av kilden, og at konsentrasjonene også forventes å variere mye. Også oppgitte luktgrenser for de ulike stoffene varierer og viser at grensen må forventes å variere utfra testpanel og andre forhold. Enkelte stoffer har svært lave luktgrenser, feks. H<sub>2</sub>S (0.0005-0.02 ppm), merkaptaner og indol/skatol (0.0001-0.0005 ppm).

Det var til sammen 23 deponier som returnerte spørreskjemaet, hvorav 74 % svarte at de hadde luktproblemer. Det må antas at en overvekt av de som har luktproblemer har svart på undersøkelsen og at resultatene dermed ikke representerer gjennomsnitt for alle deponier med kommunalt avfall.

Total årlig gassproduksjon fra anleggene er oppgitt til vel 38 millioner m<sup>3</sup>, noe som tilsvarer en energiproduksjon på nesten 100 GWh. Antall gassbrønner var 31 i gjennomsnitt, maksimum var 180. Total gassproduksjon var 49 m<sup>3</sup> per tonn avfall, denne varierte fra 1 til 158 m<sup>3</sup>. Total potensiell gassproduksjon i kommunalt avfall varierer med avfallens sammensetning, men oppgis ofte til 200 til 300 m<sup>3</sup>/tonn avfall (Haarstad, 1995). Forventet metanproduksjon fra komplett nedbrytning av cellulose er 400 m<sup>3</sup> per tonn tørrvekt, eller 280 m<sup>3</sup> per tonn tørrstoff med 70 % nedbrytning, som kan forventes oppnådd i et deponi. Vanlig utnyttelse i deponigassanlegg ligger mellom 30 til 60 m<sup>3</sup>/t avfall i deponier uten tett toppdekke, og det dobbelte av dette med toppdekke.

Anmerking om luktproblemer viste statistisk sammenheng kun med andel bygge- og riveavfall. Det er viktig å være klar over at tallgrunnlaget er grovt og begrenset slik at dette ikke indikerer at det kun er bygge- og rivingsavfall som avgjør om luktproblemer oppstår på et deponi, men at det ofte vil være en meget viktig faktor.

Det ble også undersøkt om anmerkning om luktproblemer viste noen statistisk sammenheng med sigevannet; gjennomsnittsverdier av sigevannsmengde, KOF, BOF, TOC, pH, Totalnitrogen og Cl viste ingen sammenheng med forekomst av lukt. Sulfat viste negativ

sammenheng med anmerking om lukt ( $p=0.03$ ). Utvalget var imidlertid begrenset til 9 deponier, hvorav kun 2 hadde anmerket at de ikke hadde luktproblemer.

Basert på innsamlet informasjon ble det utført laboratorie- og feltforsøk med målsetting å fastslå utslipp av luktstoffer som H<sub>2</sub>S, og muligheter for å fjerne disse med ulike filtermaterialer enten brukt som toppdekke eller blandet i avfall.

Noen konklusjoner fra prosjektet:

- Anleggene i undersøkelsen deponerer ca. 600000 tonn pr. år, eller omlag 43 % av den totale avfallsmengden som ble deponert i Norge i 2001
- Total oppgitt gassproduksjon i anleggene var ca. 38 millioner m<sup>3</sup> deponigass, eller omlag 73 % av den totale produserte deponigassmengde for hele landet i 2001 (18 800 tonn metan)
- Målte H<sub>2</sub>S-konsentrasjoner i deponigass varierte fra 0 til over 5000 ppm
- Innholdet av bygge- og rivingsavfall var eneste faktor som viste statistisk sammenheng med forekomst av luktproblemer

Fra laboratorieforsøk:

- H<sub>2</sub>S-produksjonen fra avfallsprøvene var mellom 15 til 38 ppm
- H<sub>2</sub>S-produksjonen økte til 800-1100 ppm når gips ble tilført i vannmettet tilstand og til 100 ppm i fuktig tilstand
- pH har avgjørende betydning for luktproblemer knyttet til H<sub>2</sub>S, basiske forhold gir lite luktproblemer pga. denne gassen
- En av labkontainerne produserte ikke H<sub>2</sub>S, noe som indikerer en effektiv metallbinding, noe som viste seg som lave Fe-konsentrasjon i sigevannet fra reaktoren
- Den biologiske aktiviteten i reaktorene som produserte lite H<sub>2</sub>S var lav sammenlignet med de som produserte mye H<sub>2</sub>S
- Binding av H<sub>2</sub>S var høy i mineralske filterlag og lav i filterlag med organisk stoff
- En innblanding av 0.1 % av jernoksid eller en blanding av jernoksid og bunnaske fra avfallsforbrenning vil teoretisk binde all produsert H<sub>2</sub>S fra avfall med sammensetning som anvendt i forsøkene
- For filtermaterialene er sulfidbindingen til jern anslått til kunne forklare bindingen: 100 % for jernoksyd, 94 % for blanding av jernoksyd og bunnaske, 74 % for bunnaske, og 45 til 70 % for bark og treavfall

## Arsen i jord, overflatevann og grunnvann i Etne

Peder Eide Helgason, *NTNU*

I geokjemisk atlas for Norge (Ottesen et al. 2000) fremkommer det at flomsedimenter i området Sunnhordaland og Nord-Rogaland er arsenrikt i norsk målestokk. I 1999 ble det av Ottesen et al. også påvist et høyt innhold av arsen i sand fra sandtak i Etne. På bakgrunn av dette var det interessant å undersøke arseninnholdet i hele Etne for å danne seg et bilde av innholdet av arsen i dalen.

Det ble til sammen samlet inn 23 sedimentprøver og 12 vannprøver. Arseninnholdet i sedimentprøvene fra Etne viser en høy gjennomsnittsverdi (15.5 mg/kg) og en variasjon fra 5 mg/kg til 48 mg/kg. Disse verdiene er langt over gjennomsnittlig arseninnhold i sedimenter i Norge. Målte arsenverdier i sedimentprøver fra hele Norge viser et gjennomsnitt på 2 mg/kg, og alle prøvene i Etne overskrider denne verdien. Samtlige sedimentprøver fra Etne inneholder mer arsen enn normverdien fra Statens Forurensingstilsyn (2 mg/kg), og omtrent 25 prosent av prøvene har mer arsen enn tiltaksgrensen fra Folkehelseinstituttet (20 mg/kg).

Vannprøvene fra Etne viser et arseninnhold som varierer fra 0.05 µg/l til 3.32 µg/l. Dette gir en høy gjennomsnittsverdi, men de fleste prøvene har arseninnhold under 0.5 µg/l. Gjennomsnittlig arseninnhold i vannprøver hentet fra hele Norge er omtrent bare en femtedel av gjennomsnittet i Etne, og medianverdien i Etne er 2.5 ganger så høy som medianverdien på landsbasis. Prøvene fra små bekker i krattskog og i nær kontakt med jordbruksland representerer de høyeste verdiene, mens grunnvannsprøvene inneholder minst arsen. Ingen av vannprøvene fra Etne inneholder mer arsen enn største tillatte konsentrasjon i Norge (10 µg/l).

Totalt innhold av organisk materiale i jorden ble også målt, og dette viste seg å være lavt (gjennomsnitt 1.37 %). Det er derfor rimelig å anta at oksiderende forhold eksisterer i akviferene. Sammen med de svakt sure pH-verdiene som ble målt, gir dette lav løselighet av arsen i grunnvannet.

Arsen i sedimenter og vann kan stamme fra antropogen forurensing, men i Etne er arseninnholdet av naturlig opphav. Den omkringliggende geologien inneholder flere store malmforekomster med mindre mengder arsen, og disse representerer trolig kilden til arsenet i sedimentene. I hvor stor grad dette arsenet mobiliseres avhenger av lokale variasjoner i kjemisk miljø. Variasjonene i arseninnhold i vannprøvene fra Etne kan tyde på at varierende redoksforhold i tillegg til påvirkning fra jordbruksaktivitet har innvirkning på mobilisering av arsen.

## **Forurenset grunn og utlekking til havnebassenget**

**Lars Berg Blomstrand, NTNU, Ola Anfin Eggen, Geir Hanssen, Cecilie Larsen, Ann Jeanett Manstad, Anne Orderdalen Steen & Marte Giæver Tvetter**

I et areal på ca 7 dekar i Bynesveien 30 i Trondheim, er grunnen undersøkt for innholdet av arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel og sink. Resultatene av kjemiske analyser av 75 prøver viser at:

- Grunnen er sterkt forurenset med kobber, arsen og bly samt moderat forurenset med sink.
- Enkeltpunkter har høyt innhold av kadmium.
- Kvikksølvforurensningen er ubetydelig.
- Krom og nikkel innholdet i prøvene er lavt og i samsvar med det naturlige nivå for jord i Trondheim.
- Det øverste jordlaget har høyest innhold av miljøgifter.

Det er samlet inn 13 vannprøver fra tomten. Resultatene fra de kjemiske analysen indikerer:

- En betydelig spredning av sink, kobber, bly og kadmium fra den forurensete grunnen til havnesedimentene.
- At det er en årlig utlekking på 14000 kg sink, 2600 kg kobber, 36 kg kadmium og 29 kg bly fra de forurensete sedimentene og til havnebassenget.
- Disse anslagene er imidlertid svært usikre, pga få prøver og at det er uklart hvordan veggrøftene påvirker vannets bane, og om vannet vi har målt/analysert fra tomte i virkeligheten avspeiler vannmengdene fra det skisserte nedbørsfeltet.

# Sources and sinks of metal contaminants in fjords of Nordmøre, western Norway

Aivo Lepland & Terje Thorsnes, *Geological Survey of Norway*

The study of recent sediments from Langfjorden, Tingvollfjorden-Sunndalsfjorden and Halsafjorden in Nordmøre, western Norway was undertaken with the aim to characterise the geographical variability of sediment types and sea bottom conditions, and to evaluate the environmental state of the seabed. Geochemical, mineralogical and sedimentological methods have been used to assess the supply of environmentally significant heavy metals from both natural and anthropogenic pollution sources into fjords. The consequences of these natural and anthropogenic loadings are equally important determining the bioavailability of metals and ultimately the healthiness and habitability of the seabed and the marine basin in general.

The extent of recent environmental change has been characterised by comparing the abundances of metal contaminants such as As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, and Zn in the surface samples with deeper, pre-industrial sediment intervals. However, a trustworthy contamination assessment relies on the correct understanding of the dynamics in the sedimentary environment. The geochemical variations are therefore evaluated in the context of textural and mineralogical variability. Variations of the abundance of organic matter appear also to be of significance controlling the distribution of some metal contaminants, above all Hg. Besides the primary depositional controls influencing the geochemical signatures of sediments, secondary processes including diagenetic re-cycling of Mn- and Fe-oxyhydroxides and precipitation of sulphides are also considered.

Of all the heavy metals treated in this study, Pb has the most dramatic enrichments in the surface sediments. This highly toxic heavy metal is particularly concentrated (up to 700 ppm) in the very loose, organic-rich fluffy layer at the sediment surface, which thickness varies from some millimetres to couple of centimetres. Pb concentrations abruptly decrease to near background values (ca. 20-40 ppm) immediately beneath the fluffy layer. The phase and concentration mechanism of Pb in the fluffy layer and the fate of the fluff itself at the sediment surface appear to be of significant environmental importance and remain to be studied.

## **Dårlig luftkvalitet i Trondheim; faktum eller bare jalla?**

**Bjørn Ove Berthelsen, *Trondheim kommune***

I løpet av 90-tallet ble Trondheim plassert på "versting-lista" over byer med dårlig luftkvalitet; den lite ærefulle rangen skyldtes periodevis svært høye konsentrasjoner av svevepartikler med diameter mindre enn 10 mikrometer (PM10).

Hvordan er bildet i dag? Har vi andre utfordringer på luftkvalitetssiden enn svevestøv? Utgjør nivåene av og eksponeringen for luftforurensninger et helseproblem i Trondheim, og i så fall for hvem?

Det forvaltningsmessige ansvaret for lokal luftkvalitet er nå lagt på andre skuldre, nytt regelverk er kommet og det jobbes på litt andre måter enn før. Hvordan ser DETTE bildet ut?

# Future challenges in environmental geochemistry and geoanalysis

Clemens Reimann, *Geological Survey of Norway*

Some of today's most frequently asked questions in Environmental Geochemistry are:

- (1) What is the background?
- (2) What methods do we have to separate anthropogenic from geogenic element sources and are they reliable?
- (3) Is it possible to calculate critical loads for trace metals?
- (4) What health effects do large-scale differences in the distribution of chemical elements in the surface environment have?
- (5) What are the reasons for and driving forces behind the element partitioning between different ecosystem compartments?

Some of the emerging possibilities with new techniques becoming routinely available are:

- (1) With ICP-MS as a widely available routine technique, high quality multi-element datasets will be increasingly available for the study of inter-element-dependencies. It will also be possible to study ecosystems as a whole through integrating a whole multitude of different sample materials from rocks to soils, water, plants and the atmosphere.
- (2) The use of multi-collector ICP-MS allows testing of new isotope systems (e.g., Cu, Ni, Hg, I) to better understand element partitioning
- (3) Weak extractions are increasingly used, especially in mineral exploration to detect subtle expressions of blind mineralisations. Such techniques may also prove useful to distinguish between anthropogenic and geogenic element sources.
- (4) Element speciation will remain an important topic, although analytical methods are still plagued by many uncertainties. We may see the introduction of biosensors allowing measurement of element species under natural conditions in the field.
- (5) Gold and platinum group elements can now be analysed with sufficiently low detection limits to produce consistent data sets from large areas. In environmental studies PGEs from car emissions will become increasingly important given the toxicity of Pt.

The analytical quality of environmental data still is a serious problem. Data sets generated in different laboratories or even at different times in the same laboratory are often not comparable. Lower detection limits are needed for many elements in order to obtain consistent and useable data sets.

International cooperation and cross-border surveys, using absolutely comparable methods of sample collection and analysis, and carried out in only one laboratory, will be needed to detect and understand large-scale geochemical processes.



The steps following geo-analysis, data processing and the analysis of large, multi-element, multi-medium geochemical surveys remain a challenge.

One of the major challenges, however, is in how far scientists will manage to cross the boundaries between different disciplines. Advances in environmental geochemistry and geo-analysis lie here. Today's university system, however, favours the highly specialised scientist. Another challenge is the strong political tendency to support a scientific approach that quickly delivers the “right answers”.

# **PLAKAT- PRESENTASJONER**

## Utviklinger i Brønndatabasen

Atle Dagestad & Jan Cramer, NGU

NGU er landets sentrale institusjon for forvaltning og formidling av kunnskap om landets geologi; berggrunn, mineralressurser, løsmasser og grunnvann. NGU er også myndighetenes faginstans i geofaglige spørsmål. Dette innebærer at NGUs data og informasjon om grunnvann skal være tilgjengelig for myndigheter, næringsliv og allmennhet. NGU har i sine strategiplaner for 2001-2005 definert utvikling av databaser innen ulike geofaglige disipliner som en av de viktigste oppgaver ([NGU@digital](#)). Hovedmotivasjonen for dette er å gjøre geologisk informasjon som NGU besitter lett tilgjengelig for brukere utenfor institusjonen. En forutsetning for etableringen og utviklingen av de ulike geofaglige databasene er at informasjon som ligger i disse blir gjort tilgjengelig over Internett kostnadsfritt og døgnet-rundt for eksterne brukere.

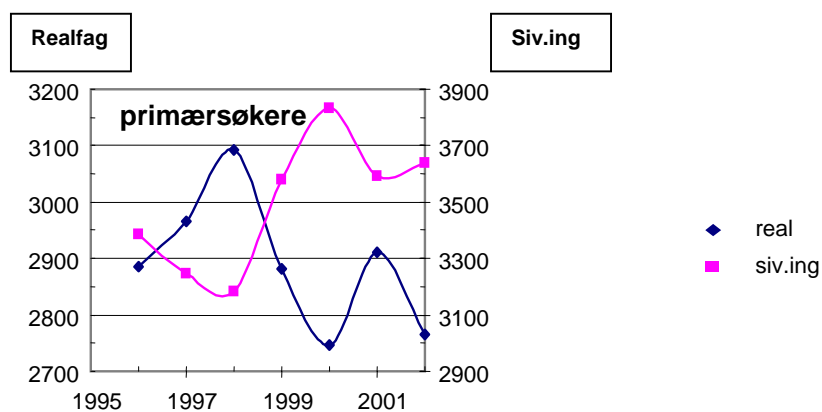
Brønndatabasen ved NGU er en viktig del av dette arbeidet innen fagfeltet hydrogeologi. Denne databasen ble utviklet for å systematisere og gjøre tilgjengelig informasjon om grunnvannsbrønner som ble innrapportert til NGU etter innføringen av *Forskrift om oppgaveplikt ved brønnboring og grunnvannsundersøkelser* i 1997 (jfr. Vannressursloven 2001, §46). Det finnes per i dag geologiske og tekniske opplysninger fra ca. 22.000 fjellbrønner og ca. 3.400 løsmassebrønner/undersøkelsesbrønner i denne databasen. Det er også mulig å hente informasjon fra målestasjoner i LGN-nettet (Landsomfattende grunnvannnett) og de 38 brønnboringsfirma som finnes i Norge. Det har i det siste året også blitt arbeidet med å kople grunnvannsbrønner registrert i databasen med aktuelle hydrogeologiske rapporter og grunnvannskjemi der dette foreligger.

Det er registrert en økning i den eksterne bruken av Brønndatabasen og informasjon i databasen blir i betydelig grad benyttet i implementeringen av EUs Vanddirektiv og det pågående karakteriseringsarbeidet som også omfatter grunnvann. Antall innrapporteringer til Brønndatabasen er også økende og NGU mottok i 2003 over 2.200 nye registreringer. Til tross for denne positive utviklingen er det fortsatt en betydelig underreportering av oppgavepliktige grunnvannsbrønner og grunnvannsundersøkelser. NGU vil intensivere arbeidet med å øke innrapporteringen i tiden som kommer og vil sette fokus på konsulentbransjen og brønnborernes interesseorganisasjoner. Som et ledd i arbeidet med å øke innrapporteringen til Brønndatabasen vil en ny Internettapplikasjon for registrering av oppgavepliktige boringer og rapporter samt nytt brønnskjema bli lansert 1. kvartal 2004.

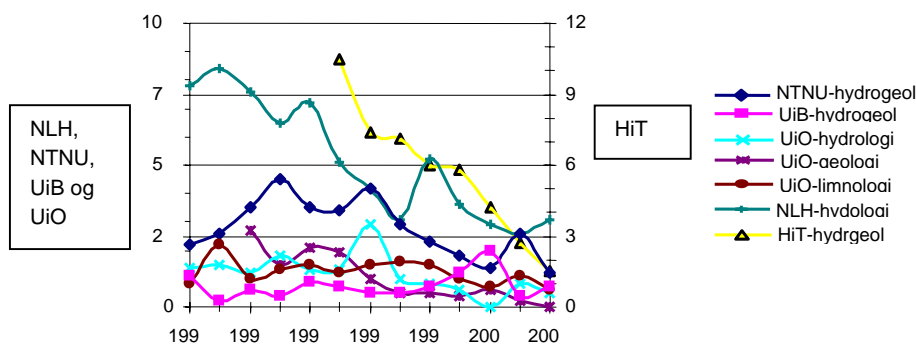
# UFHUF, Rekruttering av hydrologer

Even Gillebo, Nils-Otto Kitterød & Anne Lise Haraldseth, NHR

Det har de siste årene vært økende bekymring over den sviktende rekrutteringen til realfag. Dette går i sin tur særlig hardt ut over de mindre fagene (blant annet hydrologi).



Figuren viser endringen i antall primær søkere til realfag og for Siv. ing fra 1998 (max) til år 2000 (ca. 10%). (Kitterød 2004)



Antall studenter som var oppmeldt på introduksjonskurs hvor hydrologi var en sentral del av pensum (Kitterød 2004)

Som et ledd i arbeidet med å bedre rekrutteringen til vann og miljøfagene har Utvalget for hydrologisk utdanning og formidling (UFHUF) blitt stiftet av Norsk Hydrologiråd (NHR). Mandat er som følger: Bidra til å styrke kompetansen og rekrutteringen innen hydrologi gjennom tiltak på ulike nivåer i undervisningssektoren, samt bidra til en kreativ og samordnet formidling av hydrologisk kunnskap til ulike målgrupper. Promotering av Juniorvannprisen er i disse tider UFHUFs prioriterte prosjekt. I tillegg arbeider vi med å få til et tettere samarbeide mellom bedrifter med hydrologirelatert virksomhet og skoler på ungdoms og videregående trinn. Denne plakaten er en presentasjon av vår virksomhet og de prosjektene vi arbeider på.

*Kitterød 2004, Nils-Otto Kitterød, presentasjon/foredrag, "Hva skjer med hydrologiutdannelsen etter kvalitetsreformen?" Institutt for geofag, UiO 2004*

## **Arsenic contamination in Norwegian playgrounds**

**Morten Jartun, *Geological Survey of Norway***

Kindergartens, elementary schools and public playgrounds in 4 Norwegian cities have been mapped for their content of 30 different metals, with emphasis on arsenic (*As*). The soil and delivered sand in 85 playfields in the latest study from Tromsø contain low concentrations of heavy metals, but we found that the soil in a majority of playfields have high to extreme high concentrations of poisonous and highly bioavailable *As*. *As* was also found on the hands of playing children. *As* is found in our daily food and water in low concentrations, but these children are exposed to *As* to an unnecessary degree by direct ingestion of contaminated soil and by breathing dust particles. The National Institute of Public Health in Norway has set a safe level of *As* in soil at 20 mg/kg. This is a concentration that is considered safe with a daily intake of 200 mg soil. Studies have shown that 10 % of the children may have an intake of 200 mg soil, and the results from Tromsø showed concentrations of *As* up to 1800 mg/kg. The source of *As* in the playfield soil is wood that has been impregnated with a mixture called CCA- copper, chromium and arsenic. CCA-impregnated wood is used to make playground equipment, and this product has now been banned in Norway. This material will still continue to contaminate playground soil and sand, because they normally last for 20-30 years.

## Økosystem, jordkjemi og statistiske metoder

**Jensen, Henning, NGU, Bakkestuen, Vegar, NINA, Finne, Tor Erik, NGU, Nikonov, Vyacheslav, Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola Science Centre, Russland and Academy of Sciences & Lukina, Natalia, Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola Science Centre, Russland and Academy of Sciences**

Luft transportert forurensing fra smelteverket i Nikel, Nordvest-Russland og oppredningsverket i Zapoljarnyj har forårsaket alvorlige skader på miljøet i store områder rundt disse anleggene. I et tverrfaglig samarbeid mellom plantebiologer, jordforskere og geologer gjennomførte et samarbeidsprosjekt hvor det ble gjennomført feltundersøkelser på 31 stasjoner med 5 felter på hver stasjon. Undersøkelsene omfattet prøvetaking av jordhorisontene, blad fra vegetasjonen (blåbær og bjørk), registrering av planter (mose, lav, vaskulære planter). Registrering av sammensetningen av vegetasjonen ble gjennomført i 155 1 m × 1 m felter. Det er innhentet kjemiske data fra jordsmonnet (A-horisonten), kjemiske data fra blåbær blad, bjørkeblad og registrering av vegetasjonen (arter innenfor moser, lav, vaskulære planter) fra disse 155 feltene. Til sammen gir det en mulighet for å vurdere hvilke faktorer som påvirker vegetasjonen i området.

### **Et sammensatt datasett**

Datasettet omfatter planteregistreringer og kjemiske data fra humussjiktet i jordsmonnet.

#### Planter

Det er et omfattende datasett, som er generert fra feltarbeid og analyser.

Det er registrert 123 plantearter, fordelt på forskjellige familier omfattende trer, lyngplanter, urter, gresser, moser, lav og bryofytter.

#### Jordsmonn

Jordsmonnet er analysert for innholdet av næringsstoffer (Ca, Mg, Na, K og P) og metaller (Cu, Ni, Co, Cd, Cr, Pb, S, Al, Fe). I tillegg er pH, glødetap, tykkelse for humussjiktet registrert. Disse data finnes for samtlige 155 felter.

#### Landskapet

Registrerte parametere omfatter høyde over havet, terrengheldning og orientering i forhold til vindretning og sol.

### **Metoder for å dokumentere de viktigste faktorene for vegetasjonen**

Det er brukt statistiske metoder for å vurdere hvilke faktorer, som har størst betydning for variasjonen i sammensetningen av vegetasjonen på de 155 feltene.

## **Tailings deposit geochemistry - Initial characterisation studies**

**R.A. Kleiv, M. Thornhill, K.L. Sandvik, NTNU, B. Bjerkeng, E.R. Iversen, NIVA & Y.T. Tanybayeva, *East Kazakhstan State Technical University***

The project 'Development of a modelling tool for pollution transport from subaqueous sulphide tailings deposits' is financed through the Norwegian Research Council's PROFO programme and is conducted as a partnership between the Department of Geology and Mineral Resources Engineering at NTNU and the Norwegian Institute of Water Research (NIVA). The principal objective of the project is to develop a model for prediction of water quality and pollution transport from subaqueous sulphide tailings deposits, thus facilitating cost effective monitoring of existing deposits as well as the optimal implementation of any new measures. Based on an existing model developed by NIVA, an improved modelling tool is sought.

The existing NIVA model has previously predicted water quality from tailings deposits at the Løkken, Hjerkin and Grong mines with the correct order of magnitude. However, the model must be improved in order to produce more accurate results. This will require further model development by NIVA as well as extensive characterisation of the tailings. The bulk of the characterisation will be conducted by NTNU. The primary aim of the characterisation programme is to provide information on the geochemical and physical processes in the Bjønndalsdammen tailings deposit through field and laboratory work. In addition, a protocol for characterisation of tailings will be produced.



# Utlekking av PAH og tungmetaller fra byjordsmasser i Tiller Grustak

Hanne M.L. Kvitsand, NTNU

Statkraft Grøner AS har på vegne av Trondheim Bydrift utarbeidet en søknad til Fylkesmannen om å benytte svakt forurensede byjordsmasser til innfylling av avfallsdeponiet i Tiller Grustak sør i Trondheim kommune. Det er pt. gitt midlertidig tillatelse for deponering av omtrent 20 000 m<sup>3</sup> byjordsmasser. Grustaket er regulert til kirkegård fra 2013, og det er i følge området reguleringsplan kun inerte masser som kan fylles inn.

Byjordsmassene er svakt forurenset av bla. PAH og tungmetaller, slik at de ikke automatisk kan kategoriseres som inerte. Det er tidligere utført analyser på jord samt sigevann fra en deponibekk med avrenning i Nidelva for å kartlegge en eventuell utvasking av forurensende stoffer fra massene. Disse analysene førte ikke frem til noen endelig konklusjon vedrørende massenes inerthet. For å oppnå et bredere beslutningsgrunnlag ble det høsten 2003 satt i gang et studentprosjekt. Det ble i den forbindelse utført ytterligere utlekkings tester på testporsjoner fra de deponerte byjordsmassene, samt analyse av sigevann fra flere prøvepunkter i forhold til første analyserunde.

Sigevannet ble analysert for innhold av PAH og tungmetaller. Jordprøvene ble ekstrahert ved autoklavekstraksjon for bestemmelse av massenes totale innhold av arsen, kadmium, kvikksølv og bly. Utlekkingstestene som ble utført på testmaterialet er ristetest og tilgjengelighetstest. Ristetesten er en samsvarstest anbefalt brukt av EU-kommisjonen. Testen benyttes for å vurdere komponentutvasking ved gitte betingelser opp mot referanseverdier fastsatt av EU. Utlekkingen ved tilgjengelighetstesten ble vurdert mot massenes totale komponentinnhold. Dette gir en indikasjon på den potensielle utvaskingen av forurensende komponenter.

Analyseresultatene viste at sigevannet generelt sett er svakt forurenset, med verdier godt under grensen i Drikkevannsforskriften. Konsentrasjonen av enkelte forurensningsstoffer medførte riktignok at sigevannet kommer under kategorien "Meget sterkt forurenset" i SFTs veileder for Klassifisering av miljøkvalitet av ferskvann. Denne veilederen er kun benyttet som "indikator" for forurensningsnivå, ettersom den er utviklet for sedimenter i tilknytning til ferskvann og følgelig er for streng for de aktuelle forholdene ved prosjektet. Uttyningen av sigevannet i Nidelva anses videre å være så stor at stoffkonsentrasjonene i seg selv sannsynligvis ikke vil føre til særlige endringer av Nea-vassdragets kvalitet. Byjordsmassene overskrider SFTs normverdier for mest følsomt arealbruk for flere av komponentene. Utlekkingen ved tilgjengelighetstesten viste imidlertid at komponentene befinner seg i en lite mobil tilstand, og sannsynligheten for stoffutvasking fra deponiet ble derfor vurdert som

meget lav. Samsvarsprøving av resultatene fra ristetesten tilsier at massene kan defineres som inerte, i henhold til EUs Kommissjonsvedtak om fastsettelse av kriterier og prosedyrer for mottak av avfall på deponier.

## **Transboundary environmental monitoring - Groundwater quality monitoring in the Pasvik area**

**Liliosa M. Magomedze & Øystein Jæger, *Geological Survey of Norway***

Copper-nickel ore smelting at Nickel and Zapolyarniy in the Kola Peninsula of Northwest Russia is the main source of environmental pollution in the border area between Norway, Russia and Finland. Various projects focusing on the geochemical composition of Quaternary deposits, soils, air and groundwater have been carried out in the Finnmark area, North-west Russia and Northern Finland in order to map the impacts of the emissions on the environment in the area. According to Caritat, et al., (1998) and Reimann, et al., (2000), there are indications of contribution of snow-bound nickel in groundwater in the Skjellbekken wells after snowmelt period. Nickel in this area could be from either dissolution of natural mineralisations or emissions from the smelters. The possibility that airborne pollution from Russia may contaminate groundwater has previously not been given much attention. Focus has been put on soil, air, surface water and vegetation, all of which have proven to be affected by the emissions. The pollution from these media may subsequently leach to the groundwater zone.

It is in this light that the Geological Survey of Norway (NGU) proposed a Norwegian – Finnish collaborative project to monitor groundwater quality in this vulnerable area. On the Norwegian side, 3 monitoring stations were established in Quaternary deposits in the Skjellbekken, Svanvik and Karpdalen areas at the end of September 2003. The stations are approximately 30 km southwest, 7 km west and 25 km NNE of Nickel, respectively. Groundwater samples and field measurements were collected monthly up to the end of 2003 and will be collected every 5 weeks during 2004. Analytical results will be compared with background data for groundwater quality from the Nellim station in northeast Finland and other monitoring stations if needed. The Lapland Regional environmental centre (LREC) will contribute to the project with natural background data for groundwater in this area.

Airborne pollution rarely does not respect national borders or, rarely, hydrogeological boundaries. Therefore collaboration of the respective countries and other interested organisations is encouraged for better understanding of sources of pollution that may affect groundwater quality and the environment in this border area.

# Continuous and On-line Remote Monitoring of Heavy Metals

Øyvind Mikkelsen, Silje Skogvold & Knut H. Schrøder, *Norwegian University of Science and Technology*

For measuring heavy metal at trace levels several laboratory methods are available, most frequently used are Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) and Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS). These methods are accurate and sensitive and easy to use. Electroanalytical methods are also available; voltammetry with liquid mercury drop electrodes being sufficiently sensitive for its purpose, and the drop can be renewed to ensure long-term use.

Very few, if any, analytical methods are suitable to be used outside the laboratories. This is a great limitation for environmental monitoring, as a high number of samples have frequently to be brought from the field, not only a being a question about the costs, but also to obtain reliable results sufficiently fast for immediate action due to environmental accidents or by other reasons. The reason for the methods to be unsuitable for off-laboratory measurements is too low sensitivity or insufficient simplicity and robustness to be applied in the field. Of particular importance is that personal presence is not frequently needed. For that reasons, with very few exceptions, the present off-laboratory methods for remote use are restricted to measurement of temperature, conductivity, pH and some physical properties.

Voltammetry is a sensitive group of methods applicable for off-laboratory use, but this would require the use of liquid mercury electrodes, being unacceptable for environmental reasons. Internationally, several attempts have been performed to find alternative electrode materials for liquid mercury without very much success of finding a material with sufficient long-term operational stability for the actual purpose. But our research group have now succeeded to find such materials; dental amalgams, and also alloys of two or more metals, one being silver, gold or another noble metal and the second one being a small amount of mercury, bismuth etc. giving the alloy the required stability in use and the overpotential needed to avoid the interfering formation of hydrogen gas. This works very well not only at laboratory conditions, but also for remote measurements.

It is a great difference between methods that work under controlled laboratory conditions and methods to be used for actual monitoring. In addition to some industrial applications, several monitoring stations are now established. One station is analysing heavy metals in the river mouth of Nidelven, in Trondheim, Norway, consisting partially of river water and brackish

water. Here, the content of Zn, Cd, Pb and Cu are measured using a solid dental amalgam sensor. Furthermore the scrubbing wastewater at Heimdal Waste Incineration Plant in Norway are monitored for Zn, Cd, Pb and Hg using a double sensor system using a solid dental amalgam sensor and a solid gold-bismuth alloy sensor. Both systems have been active in several months without any personal presence except from polishing the electrodes in 30 seconds twice a week at the Incineration Plant and once a month at the river station.

Very recently we have established a remote measuring system for heavy metals in seawater at Trondheim Biological Station, and at Raubekken, Løkken Verk south of Trondheim, continuously measuring the amount of metals leaking from the previous copper mines in that area.

Finally it is important to point out that the presented methods will not make the use of AAS, ICP-MS and other laboratory techniques redundant, these being even more important for the continuous quality insurance.

### **Literature**

- Mikkelsen, Ø., Schrøder, K. H. Dental Amalgam in Voltammetry - Some Preliminary Results. *Analytical Letters* (2000) 33, 3253-3269.
- Mikkelsen, Ø., Schrøder, K. H. Alloy electrodes with high hydrogen overvoltage for analytical use in voltammetry. Some preliminary results. *The Analyst*. (2000) 125, 2163-2165.
- Mikkelsen, Ø., Schrøder, K. H., Aarhaug, T. A. Dental Amalgam, an Alternative Electrode Material for Voltammetric Analyses of Pollutants. *Collection of Czechoslovak Chemical Communications*. (2001) 66, 465-472.
- Mikkelsen, Ø., Schrøder, K. H. Amalgam Electrodes for Electroanalysis. *Electroanalysis*. (2003) 15, 679-687.
- Mikkelsen, Ø., Schrøder, K. H. Voltammetric Monitoring of Bivalent Iron in Waters and Effluents, using a Dental Amalgam Sensor Electrode. Some Preliminary Results. *Electroanalysis*. (2004) In press.
- Mikkelsen, Ø., Skogvold, S. M., Schrøder, K. H., Gjerde, M. I., Aarhaug, T. A. Voltammetric Online Monitoring of Heavy Metals in Samples from Metallurgical Nickel Industry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. (2003) 377, 322-326.

# Karakterisering av svakhetssoner i fjell ved bruk av 2D-resistivitet

**Jan S. Rønning, Einar Dalsegg, Harald Elvebakk & Gaute Storrø, NGU**

Prosjektet "Miljø- og samfunnstjenlige tunneler" ble avsluttet ved årsskiftet 2003-04. Innenfor prosjektets delprosjekt A: Forundersøkelser, er flere nyere teknikker uttestet for å se om de kan bidra til bedre påvisning og karakterisering av svakhetssoner i fjell. Resistivitetmålinger i 2 dimensjoner på bakken, optisk inspeksjon av borebrønner og prøvepumping sammen med strømningsmåling i borebrønner har vært sentrale tema under dette arbeidet.

Ved Lunnertunnelen langs riksveg 35 mellom Hadeland og Gardermoen har 2D-resistivitet klart påvist flere svakhetssoner. Bergrunnen i området består av kambrosilurisk hornfels i vest og Oslofeltets intrusiver (syenitter, vulkanitter) men også sandsteiner og konglomerat i øst. Generelt ligger resistiviteten innenfor Oslofeltet over 10 000 ohmm. I enkelte soner kan måleverdiene reduseres ned mot 1000 ohmm. Inspeksjon med Optisk Televiewer i borebrønn viser at en i dette tilfellet finner soner med sprekker og at disse ser ut til å være åpne og vannførende. Prøvepumping av denne brønnen indikerer store vannmengder. Det ble pumpet 7100 l/time uten at dette gav særlig senkning av vannstand. Brønnens kapasitet ble estimert til ca 15000 l/time. Strømningsmålingene viser at vanninnslagene er knyttet til åpne sprekker påvist ved optisk inspeksjon (televiewer).

Enkelte soner viser resistivetsverdier ned mot 300 ohmm. Det ble boret mot de to mest markerte sonene av denne typen. Resistivitetmålinger i brønnene bekrefter måleverdiene fra bakkemålingene, men det viste seg at i 3 brønner hvor resistiviteten gikk ned under 500 ohmm fikk en ras og tetting av hullet. Optisk inspeksjon i disse brønnene viser en udefinerbar masse som bærer preg av nedknusing og egentlig ikke så klare sprekker. Prøvepumping av disse 3 brønnene viste delvis store vannmengder i 2 og mer moderat kapasitet i en (1000 l/time).

Under de gitte geologiske betingelsene ser det ut til at en ut fra resistivitetmålinger på bakken kan karakterisere svakhetssoner. Kartlagt resistivitet over 10000 ohmm indikerer massivt lite oppsprukket fjell. Resistivitet ned mot 1000 ohmm er knyttet til åpne vannførende sprekkesoner. I soner med påvist resistivitet lavere enn 500 ohmm er det påvist delvis mye vann og ustabile masser. Det må undersøkes nærmere om dette er gjennomgående for svakhetssoner i tilsvarende geologiske og geofysiske miljø.

## Referanse

Rønning, J.S.: Miljø- og samfunnstjenlige tunneler. Delprosjekt A, Sluttrapport. Statens vegvesen, Publikasjon nr. 102 (NGU Rapport 2003.077).

# ***Grunnvannet avverger økologisk katastrofe i Afrikas største lagune***

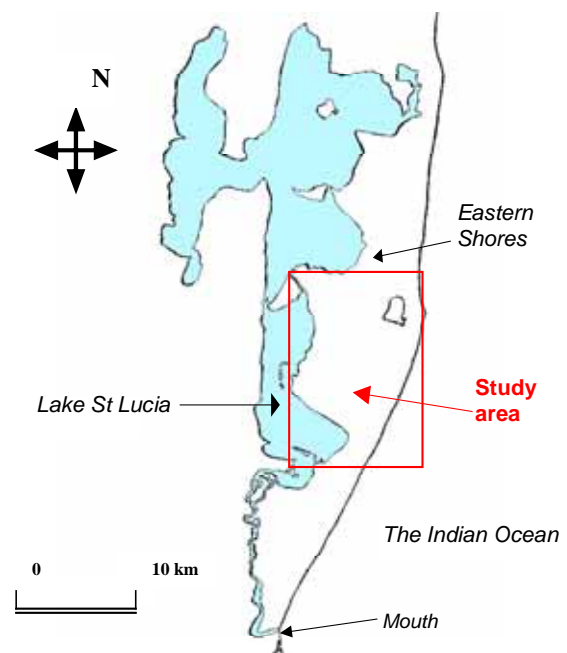
## **Hydrogeologi i Eastern Shores, St Lucia, Sør Afrika – Kjemi og grunnvannstrømning**

**Bente Wejden & Marianne Simonsen Bjørkenes**

Ved Sør-Afrikas østkyst ligger Afrikas største lagune, St Lucia-systemet. Mellom Lake St Lucia og det Indiske Hav ligger sletter og sanddyner som danner Eastern Shores (fig. 1). Området består hovedsaklig av eolisk sand. Akviferen i dette området har blitt studert med fokus på modellering av grunnvannstrømning og vannkjemi. Utgangspunktet er to hovedfagsoppgaver fullført sommeren 2003 ved Norges Landbrukshøgskole.

Langs kysten av Eastern Shores er det høye sanddyner (høyeste punkt innen det studerte området er 159 m.o.h.) som også strekker seg videre nordover og sørover. I den vestlige delen er det et mindre høydedrag (Embombveni Ridge) med høyeste punkt 69 m.o.h.. Mellom disse ligger Mfabeni Swamp, en forsenkning med et stort våtmarksområde. Som et resultat er det to hovedgrunnvannsskinner i sentrale Eastern Shores. Det ene er under kystdynene i øst, hvorfra vannet strømmer østover ut i det Indiske Hav og vestover mot Mfabeni Swamp. Det andre hovedgrunnvannsskillet er under Embombveni Ridge i vest. Herfra strømmer vannet vestover mot Lake St Lucia og østover til Mfabeni Swamp.

Lake St Lucia er en lagune, og når munningen er åpen mottar den vann fra havet ved flo sjø. Innsjøen mottar også vann fra fem elver. Fordampning fører til et betydelig tap av vann. Overflatearealet (350 km<sup>2</sup>) er stort i forhold til gjennomsnittlig dybde (90 cm), og innsjøen er derfor svært følsom for perioder der fordampningen er større enn ferskvannstilførselen (hovedsakelig fra elver og nedbør). I slike tørker vil innsjøens saltholdighet øke gradvis, og i ekstrem tørke kan saltkonsentrasjonen i Lake St Lucia bli opptil tre ganger så høy som i havet. Disse saltvariasjonene er en av grunnene til det mangfoldige plante- og dyrelivet i dette området. "Greater St Lucia Wetland Park" ble av UNESCO i 1999 erklært å være en del av "World Heritage Site".



**Figur 1:** Kart over Lake St Lucia og Eastern Shores. Det studerte området er rammet inn.

I perioder med høyt saltinnhold i Lake St Lucia, har organismer med lav salttoleranse behov for fersk- eller brakkvannsrefugier for å overleve. Utstrømningssoner for grunnvann er antatt å danne slike refugier, og grunnvann har derfor stor økologisk betydning i tørre perioder.

### Grunnvannstrømning

Grunnvannsutstrømning fra akviferen Eastern Shores til Lake St Lucia er simulert for å estimere hvor lenge refugiene kan opprettholdes i tørkeperioder. Strømningsligninger for grunnvann ble løst ved hjelp av numeriske beregningsmetoder i Groundwater Vistas, en applikasjon til Modflow. Grunnvannsutstrømning ble ved hjelp av modellering studert i tre forskjellige soner i de sentrale delene av Eastern Shores.

Nydannelsen brukt i modellen ble basert på nedbørsmålinger fra værstasjoner i området. Simuleringene ble kjørt med "real-time" nedbør for perioden jan. 1996 til jan. 2003. Dette ble etterfulgt av en konstruert tørke, der en seksårsperiode (1977-1983) med målt lav nedbør ble brukt som utgangspunkt for nydannelsen. Simulert utstrømning av grunnvann fra akviferen til Lake St Lucia viste tydelige forskjeller i grunnvannsutstrømning for de undersøkte sonene. Resultatene indikerer at det i to av sonene kan dannes refugier som opprettholdes godt og svært godt i tørre perioder, mens i den siste studerte sonen er sjansen liten for at varige refugier dannes. Med normale klimasykler er det realistisk å anta at kommende tørkeperioder ikke vil bli mer alvorlige enn de som er simulert her, og de utførte simuleringene viser derfor en ekstrem situasjon. Gjennom grunnvannmodellering er det dermed vist at utstrømning av grunnvann fra Eastern Shores i to av tre studerte soner opprettholdes i tørkeperioder, og danner fersk- og brakkvannsrefugier der saltsensitive arter kan overleve.

### Grunnvannskjemi

Grunnvannskjemien i Eastern Shores er undersøkt på grunnlag av vannprøver fra 16 brønner i området. Brønnene ble prøvetatt og analysert for en rekke kjemiske parametere ved fire anledninger fra februar 2002 til januar 2003.

Grunnvann i Eastern Shores er generelt ionefattig. Det kan deles inn i to regionale typer, basert på kjemisk sammensetning. Disse to delene faller sammen med de to grunnvannskillene. Det er mulig at disse to vannotypene også påvirker økologien i utstrømningsområdene og refugiene.

- A. De østligste delene av kystdynene inneholder kalkarenitt ( $\text{CaCO}_3$ ). Kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) og bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) dominerer grunnvannet. Konsentrasjonene overstiger metning ved noen observasjonspunkt, og kalsitt ( $\text{CaCO}_3$ ) blir muligens felt ut i akviferen. Utfellingen fører til redusert hydraulisk ledningsevne i brønnene.
- B. I de vestlige områdene dominerer natrium ( $\text{Na}^+$ ) og klorid ( $\text{Cl}^-$ ). Dette skyldes høyt innhold av disse ionene i nedbøren, og mangel på lett oppløselige mineraler (som  $\text{CaCO}_3$ ) i sedimentet, som domineres av kvartssand.

Det pågår for tiden hogst av furuplantaser i området. Dette har ført til økt nydanning av grunnvann og økt innhold av plantenæringsstoffer, særlig nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) men også kalium ( $\text{K}^+$ ) og