

NGU Rapport 2007.003

Program og sammendrag for "Det 16. nasjonale
seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi",
NGU 7.-8. februar 2007

Rapport nr.: 2007.003		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Program og sammendrag for "Det 16. nasjonale seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi", NGU 7.-8. februar 2007.				
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: 76	Pris: kr 200,-	
Feltarbeid utført:		Rapportdato: 31.01 .2007	Prosjektnr.: 2718.00	Ansvarlig:
Sammendrag: <p>Rapporten presenterer program, deltagerliste og sammendrag av foredrag og postere for «Det 16. nasjonale seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi» ved NGU 7.-8. februar 2007.</p> <p>Rapporten inneholder sammendrag fra 26 foredrag og 11 posterpresentasjoner.</p> <p>Foredragene er gruppert i hovedtemaene miljøgeokjemi og hydrogeologi, og i samme rekkefølge som i programmet.</p> <p>Det er påmeldt 90 deltagere til seminaret hvorav 30 er ansatt ved NGU.</p> <p>Seminaret organiseres av NGU. Norsk hydrologiråd (NHR) bidrar med støtte til studenter i form av reisemidler og priser. International Association of Hydrogeologist (IAH) avdeling Norge bidrar i utformingen av programmet.</p>				
Emneord: Hydrogeologi		Hydrogeokjemi		Geokjemi
Grunnvann		Miljøgeokjemi		
				Fagrapport

INNHold

Seminarprogram	6
Deltakerliste	11
Sammendrag av foredrag:	
<i>The Arctic as Sentinel for Environmental Processes and Effects</i>	
Lars-Otto Reiersen, AMAP, mfl.	17
<i>Atmospheric metal deposition in Norway 1977-2005 studied by moss analysis using ICP-MS</i>	
Eiliv Steinnes, NTNU	19
<i>Long-range atmospheric transport (LRT) of heavy metals – Re-examining the case</i>	
Clemens Reimann, NGU	20
<i>As_{out} >> As_{in} ??? Misuse of emission factors in calculating the release of trace metals to the atmosphere from the Ni-Cu industry in Arctic Russia</i>	
Ron Boyd, NGU, mfl.	21
<i>Analysér av PAH i sedimenter fra Barentshavet</i>	
Stepan Boitsov og Jarle Klungsøyr, Havforskningsinstituttet	22
<i>Foreløpige miljøgeokjemiske resultater fra Mareano-toktet på Tromsøflaket og Sørøysundet 2006</i>	
Henning Jensen, NGU, mfl.	23
<i>PAH i daterte sjikt av ferskvanns og marine sediment (kystnære områder)</i>	
Ingvar Eide, Statoil, mfl.	24
<i>Kartlegging av jordforurensning i 700 barnehager i Oslo</i>	
Toril Haugland, NGU	25
<i>Biologisk effekt av kontaminert barnehagejord fra Oslo - et eksponeringsforsøk</i>	
Astrid Kobro Fugleneb, NTNU	26
<i>Måling og vurdering av gassutlekking fra den nedlagte avfallsfyllingen i Fredlydalen, Trondheim</i>	
Yngvil Holt, NTNU	28
<i>Binding og mobilitet av organiske forurensninger i marine sedimenter – konsekvenser for risikovurdering</i>	
Amy M. P. Oen, NGI, mfl.	29
<i>Heavy metal loadings and sedimentation in the Oslofjord</i>	
Aivo Lepland, NGU, mfl.	30
<i>Har miljøforholdene i sedimentene endret seg siden oppryddingen i Indre Oslofjord ble satt i gang sen vinteren 2006?</i>	
Anne Blaasvær, UiO, mfl.	31
<i>Grunnvann og klimaendringer</i>	
Sylvi Haldorsen og Lars Været, UMB	35
 <i>Prognosesystem for grunnvann og markvann basert på daglige simuleringer og</i>	

<i>sanntidsdata</i>	
Hervé Colleuille, NVE, mfl.	37
<i>Winter hydrology and pollution risks at Gardermoen</i>	
Helen French, Bioforsk	39
<i>Infiltrasjon og transport i umettet sone på Oslo lufthavn, Gardermoen</i>	
Jarl Øvstedal, Oslo lufthavn AS (OSL)	41
<i>Hydrogeologiske undersøkelser ved Vullosnjarga – Karasjøk</i>	
Rolf E. Forbord, Asplan Viak AS	43
<i>Manganproblemer ved Ringerike vannverk</i>	
Bernt Olav Hilmo, Asplan Viak AS	46
<i>Nedre Skjerva: Risikovurdering for utlekking fra forurenset grunn, Vefsn kommune</i>	
Arve Misund, COWI AS	48
<i>Transport modeling of tributyltin as a function of salinity</i>	
Nils-Otto Kitterød, Bioforsk, mfl.	50
<i>Påvisning av nye kyst og submarine akviferer i Øst Afrika</i>	
Fridtjov Ruden, NIVA og Apolkarpi P. James, UiO	51
<i>Omfattende grunnvannsovervåking for tunneldriving Lysaker-Sandvika</i>	
Petter Snilsberg, Bioforsk og Johan Mykland, Jernbaneverket	52
<i>Kan man forutsi vanngiverevnen før man borer etter vann? - utvikling av "smarte" kart fra omtrentlige data</i>	
Pål Gundersen og Hans de Beer, NGU	54
<i>Nytt fra NGU</i>	
Klausulering rundt løsmassebrønner, Sylvi Gaut	55
Brønnutforming, Gaute Storrø	55
Grunnvannskjemi i Norge, Bjørn Frengstad	56
Interkalibrering av LGN, Jan Cramer	56
Logging av vannkvalitet - ny borehullssonde ved NGU, Jan Steinar Rønning og Harald Elvebakk	56
<i>Nasjonalt studietilbud innen grunnvann</i>	
Sylvi Haldorsen, UMB, mfl.	58

POSTERPRESENTASJONER

Postersesjon tirsdag 7. februar kl. 1330

<i>Anthropogenic versus geogenic lead in podzolic soils</i> Ola M. Sæther, NGU, mfl.	61
<i>Magnetic properties of terrestrial moss samples (<i>Hylocomium splendens</i>) along a south-north profile crossing the city of Oslo, Norway</i> K. Fabian, NGU, mfl.	62
<i>Remediering av kreosotforurenset grunn ved Hommelvik</i> Kristian M. Ulla, NTNU	63
<i>AMD (Acid Mine Drainage) og vurdering av kjemisk rensing av gruvevann fra Løkken Verk</i> Henriette Indine Kleppe, NTNU	65
<i>Sykdomsfremmende smittestoffer i vann – Sikrere drikkevannsforsyning ved naturlig rensing i løsmasser</i> Hanne M. L. Kvitsand, NTNU, mfl.	67
<i>Bryggen World Heritage Site; A numerical groundwater model to support archaeological preservation strategies</i> Hans de Beer, NGU, mfl.	69
<i>Landsomfattende grunnvannsnnett – LGN. 30 år med grunnvannsovervåkning</i> Bjørn Frengstad, NGU og Hervé Colleuille, NVE	70
<i>Landsomfattende grunnvannsnnett - LGN - trender og tradisjoner</i> Bjørn Frengstad, NGU og Hervé Colleuille, NVE	72
<i>Predicting potential spreading of PAH's from sub-aqueous disposal of dredged sediments in the Oslo harbour</i> Anders Bergsli, UiO	74
<i>Caprock interaction with CO₂: geomechanical/geochemical effects</i> Magnus Soldal og Per Aagaard, UiO	75
<i>Determination of soil moisture in arid regions of eastern Sudan using the time domain reflectometry (TDR), and the ground penetration radar (GPR)</i> Tariq Abdu, UiO	76

**DET 16. NASJONALE SEMINAR OM
HYDROGEOLOGI OG MILJØGEOKJEMI**
Onsdag 7. og torsdag 8. februar 2007
Knut S. Heiers konferansesenter, NGU

PROGRAM

7. februar 2007

- 09:00 - 09:30 Registrering og kaffe
- 09:30 - 09:35 Åpning av seminaret v/adm.dir. Morten Smelror

MILJØGEOKJEMI

Tema: Miljøtilstand i nordområdene

Ordstyrer: Rolf Tore Ottesen

- 09:35 - 10:05 **Keynote: The Arctic as Sentinel for Environmental Processes and Effects**
Lars-Otto Reiersen, AMAP, mfl.
- 10:05 - 10:25 **Atmospheric metal deposition in Norway 1977-2005 studied by moss analysis using ICP-MS**
Eiliv Steinnes, NTNU
- 10:25 - 10:55 **Long-range atmospheric transport (LRT) of heavy metals – Re-examining the case**
Clemens Reimann, NGU
- 10:55 - 11:05 **Spørsmål**
- 11:05 - 11:25 **Pause**
- 11:25 - 11:45 **As_{Out} >> As_{In} ??? Misuse of emission factors in calculating the release of trace metals to the atmosphere from the Ni-Cu industry in Arctic Russia**
Ron Boyd, NGU, mfl.
- 11:45 - 12:05 **Analyser av PAH i sedimenter fra Barentshavet**
Stepan Boitsov og Jarle Klungsøyr, Havforskningsinstituttet

- 12:05 - 12:25 ***Foreløpige miljøgeokjemiske resultater fra Mareano-toktet på Tromsøflaket og Sørøysundet 2006***
Henning Jensen, NGU, mfl.
- 12:25 - 12:35 ***Spørsmål***
- 12:35 - 13:00 ***Kort presentasjon av postere (3 min. hver)***
- 13:00 - 13:30 ***Lunsj***
- 13:30 - 14:00 ***Kaffe med postersesjon***

Tema: Bymiljø/forurensede sedimenter

Ordstyrer: Malin Andersson

- 14:00 - 14:20 ***PAH i daterte sjikt av ferskvanns og marine sediment (kystnære områder)***
Ingvar Eide, Statoil, mfl.
- 14:20 - 14:40 ***Kartlegging av jordforurensning i 700 barnehager i Oslo***
Toril Haugland, NGU
- 14:40 - 15:00 ***Biologisk effekt av kontaminert barnehagejord fra Oslo - et eksponeringsforsøk***
Astrid Kobro Fugleneb, NTNU
- 15:00 - 15:20 ***Måling og vurdering av gassutlekking fra den nedlagte avfallsfyllingen i Fredlydalen, Trondheim***
Yngvil Holt, NTNU
- 15:20 - 15:30 ***Spørsmål***
- 15:30 - 15:50 ***Pause***
- 15:50 - 16:10 ***Binding og mobilitet av organiske forurensninger i marine sedimenter – konsekvenser for risikovurdering***
Amy M. P. Oen, NGI, mfl.
- 16:10 - 16:30 ***Heavy metal loadings and sedimentation in the Oslofjord***
Aivo Lepland, NGU, mfl.
- 16:30 - 16:50 ***Har miljøforholdene i sedimentene endret seg siden oppryddingen i Indre Oslofjord ble satt i gang sen vinteren 2006?***
Anne Blaasvær, UiO, mfl.
- 16:50 - 17:00 ***Spørsmål og diskusjon***
- 19:00 **Seminarmiddag på NGU**

POSTERS

Anthropogenic versus geogenic lead in podzolic soils

Ola M. Sæther, NGU, mfl.

Magnetic properties of terrestrial moss samples (*Hylocomium splendens*) along a south-north profile crossing the city of Oslo, Norway

K. Fabian, NGU, mfl.

Remediering av kreosotforurenset grunn ved Hommelvik

Kristian M. Ulla, NTNU

AMD (Acid Mine Drainage) og vurdering av kjemisk rensing av gruvevann fra Løkken Verk

Henriette Indine Kleppe, NTNU

Sykdomsfremmende smittestoffer i vann – Sikrere drikkevannsforsyning ved naturlig rensing i løsmasser

Hanne M. L. Kvitsand, NTNU, mfl.

Bryggen World Heritage Site; A numerical groundwater model to support archaeological preservation strategies

Hans de Beer, NGU, mfl.

Landsomfattende grunnvannsnnett – LGN. 30 år med grunnvannsovervåkning

Bjørn Frengstad, NGU og Hervé Colleuille, NVE

Landsomfattende grunnvannsnnett - LGN - trender og tradisjoner

Bjørn Frengstad, NGU

Predicting potential spreading of PAH's from sub-aqueous disposal of dredged sediments in the Oslo harbour

Anders Bergsli, UiO

Caprock interaction with CO₂: geomechanical/geochemical effects

Magnus Soldal og Per Aagaard, UiO

Determination of soil moisture in arid regions of eastern Sudan using the time domain reflectometry (TDR), and the ground penetration radar (GPR)

Tariq Abdu, UiO

~0~0~0~0~0~0~0~0~0~0~

8. februar 2007

HYDROGEOLOGI

Tema: Klima i nordområdene

Ordstyrer: Hans de Beer

- 09:00 - 09:40 **Keynote: Grunnvann og klimaendringer**
Sylvi Haldorsen og Lars Været, UMB
- 09:40 - 10:00 **Prognosesystem for grunnvann og markvann basert på daglige simuleringer og sanntidsdata**
Hervé Colleuille, NVE, mfl.
- 10:00 - 10:20 **Winter hydrology and pollution risks at Gardermoen**
Helen French, Bioforsk
- 10:20 - 10:40 **Infiltrasjon og transport i umettet sone på Oslo lufthavn, Gardermoen**
Jarl Øvstedal, Oslo lufthavn AS (OSL)
- 10:40 - 10:50 **Spørsmål**
- 10:50 - 11:10 **Pause**
- 11:10 - 11:30 **Hydrogeologiske undersøkelser ved Vullosnjarga – Karasjok**
Rolf E. Forbord, Asplan Viak AS
- 11:30 - 11:50 **Manganproblemer ved Ringerike vannverk**
Bernt Olav Hilmo, Asplan Viak AS
- 11:50 - 12:10 **Nedre Skjerva: Risikovurdering for utlekking fra forurenset grunn, Vefsn kommune**
Arve Misund, COWI AS
- 12:10 - 12:30 **Transport modeling of tributyltin as a function of salinity**
Nils-Otto Kitterød, Bioforsk, mfl.
- 12:30 - 12:40 **Spørsmål**
- 12:40 - 12:50 **Utdeling av Norsk hydrologiråds pris for beste studentforedrag og -poster**
- 12:50 - 13:40 **Lunsj**

Tema: Fritt/NGU nytt

Ordstyrer: Gaute Storrø

- 13:40 - 14:10 ***Påvisning av nye kyst og submarine akviferer i Øst Afrika***
Fridtjov Ruden, NIVA og Apolkarpi P. James, UiO
- 14:10 - 14:30 ***Omfattende grunnvannsovervåking for tunneldriving Lysaker-Sandvika***
Petter Snilsberg, Bioforsk og Johan Mykland, Jernbaneverket
- 14:30 - 14:40 ***Spørsmål***
- 14:40 - 15:00 ***Pause***
- 15:00 - 15:20 ***Kan man forutsi vanngiverevnen før man borer etter vann? - utvikling av "smarte" kart fra omtrentlige data***
Pål Gundersen og Hans de Beer, NGU
- 15:20 - 15:50 ***Nytt fra NGU***
Klausulering rundt løsmassebrønner, Sylvi Gaut
Brønnutforming, Gaute Storrø
Grunnvannskjemi i Norge, Bjørn Frengstad
Interkalibrering av LGN, Jan Cramer
Logging av vannkvalitet - ny borehullssonde ved NGU, Jan Steinar Rønning og Harald Elvebakk
- 15:50 - 16:10 ***Nasjonalt studietilbud innen grunnvann***
Sylvi Haldorsen, UMB, mfl.
- 16:10 - 16:20 ***Spørsmål og diskusjon***
- 16:20 ***Avslutning***

DELTAKERE

Etternavn	Fornavn	Institutt/bedrift	Adresse	Postnr./-sted	Tlf.	Faks	E-post
Abdu	Tariq	Universitetet i Oslo	Postboks 1047 Blindern	0316 OSLO			tariqab@student.matnat.uio.no
Alve	Elisabeth	Universitetet i Oslo	Postboks 1047 Blindern	0316 OSLO	22857333	22854215	alve@geo.uio.no
Andersson	Malin	NGU		7491 TRONDHEIM	739044321	73921620	malin.andersson@ngu.no
Berg	Tomm	NGU		7491 TRONDHEIM	73904375	73921620	tomm.berg@ngu.no
Bergan	Knut H.	Lillehammer kommune	Serviceboks	2626 LILLEHAMMER	97085880		knut.bergan@lillehammer.kommune.no
Berggren	Nina Hestem	Multiconsult	Stokkamyrveien 13	4313 SANDNES	93445499		nina.hestem.berggren@multiconsult.no
Bergsli	Anders	Universitetet i Oslo	Hesselbergs gt. 3	0555 OSLO	99691155		andebe@student.matnat.uio.no
Bjørnstad	Harald	Forsvarsbygg	Postboks 405, Sentrum	0103 OSLO	95927778		harald.bjornstad@forsvarsbygg.no
Blaasvær	Anne Beate	Universitetet i Oslo	Torshovgata 3a	0476 OSLO	91888387		anne.no@hotmail.com
Boitsov	Stepan	Havforskningsinstituttet	Postboks 1870 Nordnes	5817 BERGEN			stepan.boitsov@imr.no
Boyd	Rognvald	NGU		7491 TRONDHEIM	73904141	73921620	ron.boyd@ngu.no
Brattli	Bjørge	NTNU		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
deBeer	Hans	NGU		7491 TRONDHEIM	73904303	73921620	hans.debeer@ngu.no
Dimakis	Panagiotis	Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Middelthunsgate 29	0301 OSLO	22959196	22959216	pad@nve.no
Eggen	Ola A.	NGU		7491 TRONDHEIM	97078223		ola.anfin.eggen@ngu.no
Eide	Ingvar	Statoil forskningscenter		7005 TRONDHEIM	90997296		ieide@statoil.com
Elvebakk	Harald	NGU		7491 TRONDHEIM	73904463	73921620	harald.elvebakk@ngu.no
Evensen	Lena	Universitetet i Oslo	Biskop Heuchs vei 24A	0871 OSLO	95962305		lenaevens@hotmail.com
Fabian	Karl	NGU		7491 TRONDHEIM	73904203	73921620	karl.fabian@ngu.no
Finne	Tor Erik	NGU		7491 TRONDHEIM	73904319	73921620	tor.finne@ngu.no
Forbord	Rolf E.	Asplan Viak Sør	Postboks 6723	7031 TRONDHEIM	99587882	73949790	rolfe.forbord@asplanviak.no
Fremo	Grethe	NTNU	Nils Uhlin Hansens vei 30	7026 TRONDHEIM	97756421		grethef@stud.ntnu.no
French	Helen K.	Bioforsk Jord og Miljø	Fredrik A Dahls vei 20	1432 ÅS	92823962		helen.french@bioforsk.no
Frengstad	Bjørn	NGU		7491 TRONDHEIM	73904380	73921620	bjorn.frengstad@ngu.no
Fugleneb	Astrid Kobro	NTNU	Herman Krags vei 5-34	7050 TRONDHEIM	41676507		fugleneb@stud.ntnu.no
Gaut	Amund	Sweco Grøner AS	Postboks 400	1327 LYSAKER	67128430	67128212	amund.gaut@sweco.no
Gaut	Sylvi	NGU		7491 TRONDHEIM	73904362	73921620	sylvi.gaut@ngu.no
Greiff	Siri	Multiconsult AS	Sluppenvegen 23	7486 TRONDHEIM	73106212	73106230	siri.greiff@multiconsult.no

Etternavn	Fornavn	Institutt/bedrift	Adresse	Postnr./-sted	Tlf.	Faks	E-post
Gundersen	Pål	NGU		7491 TRONDHEIM	73904312	73921620	pal.gundersen@ngu.no
Haldorsen	Sylvi	Universitetet for miljø og biovitenskap	Postboks 5003	1432 ÅS	64965587		sylvi.haldorsen@umb.no
Hallsteinsen	Gunnar	Ringerike kommune	Serviceboks 24	3504 HØNEFOSS	32117662		gunnar.hallsteinsen@ringerike.kommune.no
Haugland	Toril	NGU		7491 TRONDHEIM	73904300	73921620	toril.haugland@ngu.no
Helgestad	Michael René	Rambøll AS	Postboks 427 Skøyen	0213 OSLO	22518098	22518001	michael.helgestad@ramboll.no
Hilmo	Bernt Olav	Asplan Viak AS	Postboks 6723	7031 TRONDHEIM			berntolav.hilmo@asplanviak.no
Holt	Yngvil	NTNU					yngvil@stud.ntnu.no
Honne	Liv Marit	Rambøll Norge AS	Mellomila 79	7493 TRONDHEIM	73841000	73841110	liv.marit.honne@ramboll.no
Ilestad	Ingrid	NTNU	Kornblomstvn. 12 B	7050 TRONDHEIM	97120707		ilestad@stud.ntnu.no
Jensen	Henning K.B.	NGU		7491 TRONDHEIM	73904305	73921620	henning.jensen@ngu.no
Jia	Yu	Multiconsult AS	Hoffsveien 1	0275 OSLO	22515199	22515001	yu.jia@multiconsult.no
Johansen	Oddvar	Lillehammer kommune	Serviceboks	2626 LILLEHAMMER			oddvar.johansen@lillehammer.kommune.no
Jæger	Øystein	NGU		7491 TRONDHEIM	73904314	73921620	oystein.jager@ngu.no
Kitterød	Nils-Otto	Bioforsk Jord og Miljø	Fredrik A. Dahls vei 20	1432 ÅS	92602551		nils-otto.kitterod@bioforsk.no
Kleppe	Henriette Indine	NTNU/Bergvesenet med bergmesteren for Svalbard	Vilhelm Stromsgt. 2	7012 TRONDHEIM	48212792		henriek@stud.ntnu.no
Knapstad	Hilde	NTNU	Arne Berggårdsvei 8, leil 25	7033 TRONDHEIM	92450822		hildekn@stud.ntnu.no
Kraft	Rune	Bjarne Kr. Kraft & Sønn	Fluavn. 23	1597 MOSS	95025813	69250541	rukraft@broadpark.no
Kvitsand	Hanne	NTNU		7491 TRONDHEIM	73594832		hanne.kvitsand@ntnu.no
Lepland	Aivo	NGU		7491 TRONDHEIM	73904311	73921620	aivo.lepland@ngu.no
Misund	Arve	COWI AS	Strandgaten 32	4400 FLEKKEFJORD	95938969		armi@cowi.no
Moen	Stig	Fylkesmannen i Finnmark	Statens hus	9815 VADSØ	78950364	78950370	smo@fmfi.no
Moen	Berit Forbord	NGU		7491 TRONDHEIM	73904490	73921620	berit.moen@ngu.no
Nag	Silje	NTNU	Stadsingeniør Dahls gt. 15	7015 TRONDHEIM	40895510		siljena@stud.ntnu.no
Nordskog	Aina Marie	Universitetet i Oslo	Martin Borrebekken sv. 39	0584 OSLO	95787397		lan-banan@hotmail.com
Nyhus	Hanne Mari	Lillehammer kommune	Serviceboks	2626 LILLEHAMMER			hanne.mari.nyhus@lillehammer.kommune.no
Oen	Amy M.P.	Norges Geotekniske Institutt	Postboks 3930 Ullevaal Stadion	0806 OSLO			ao@ngi.no
Ottesen	Rolf Tore	NGU		7491 TRONDHEIM	73904302	73921620	rolf.tore.ottesen@ngu.no
Peters	Anna Soleika J.	NTNU	Kirkegata 15a	7014 TRONDHEIM	45883613		annasole@stud.ntnu.no
Rabben	Elisabeth Leirvik	Multiconsult AS		7486 TRONDHEIM	73106203	73106230	elr@multiconsult.no
Reiersen	Lars-Otto	AMAP	Postboks 8100 Dep.	0032 OSLO	23241632	22676706	lars-otto.reiersen@amap.no
Reimann	Clemens	NGU		7491 TRONDHEIM	73904307	73921620	clemens.reimann@ngu.no
Reiten	Solvår	Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvernadv.	Serviceboks 513	4605 KRISTIANSAND S	38176679	38176601	sre@fmva.no

Etternavn	Fornavn	Institutt/bedrift	Adresse	Postnr./-sted	Tlf.	Faks	E-post
Rikardsen	Fritz	Fylkesmannen i Troms, Miljøvernadv.	Postboks 6105	9291 TROMSØ	77642234	77642239	fri@fmtr.no
Ruden	Fridtjov	NIVA	Gaustadalléen 21	0349 OSLO	22185100	22185200	fridtjov.ruden@niva.no
Rønning	Jan Steinar	NGU		7491 TRONDHEIM	73904441	73921620	jan.steinar.ronning@ngu.no
Sivertsvik	Frank	NGU		7491 TRONDHEIM	73904486	73921620	frank.sivertsvik@ngu.no
Sjøholt	Øystein	Ingeniør Øystein Sjøholt	Postboks 682	8001 BODØ	90845524	75544661	osjoholt@online.no
Skarphagen	Helge	NIVA	Gaustadalléen 21	0349 OSLO	22185100	22185200	helge.skarphagen@niva.no
Skog	Kristina	Bergfald & Co as	Kongensgate 3	0153 OSLO	23000596	22415440	kristina@bergfald.no
Smelror	Morten	NGU		7491 TRONDHEIM	73904180	73921620	morten.smelror@ngu.no
Snilsberg	Petter	Bioforsk Jord og Miljø	Fredrik A Dahls vei 20	1432 ÅS	99306676	63009410	Petter.Snilsberg@bioforsk.no
Soldal	Magnus	Universitetet i Oslo	Sars gate 46	0564 OSLO	41129454		magnsol@student.geo.uio.no
Steinnes	Eiliv	NTNU		7491 TRONDHEIM	73596237		eiliv.steinnes@chem.ntnu.no
Stenseth	Ingvill	Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Middelthunsgate 29	0301 OSLO	22959077		ist@nve.no
Storrø	Gaute	NGU		7491 TRONDHEIM	73904315	73921620	gaute.storro@ngu.no
Sæther	Ola Magne	NGU		7491 TRONDHEIM	73904372	73921620	ola.sather@ngu.no
Sørdal	Torbjørn	NGU		7491 TRONDHEIM	73904201	73921620	torbjorn.sordal@ngu.no
Taftø	Siw-Christin	NGU		7491 TRONDHEIM	73904304	73921620	siw-christin.tafto@ngu.no
Thornhill	Maria	NTNU	Sem Sælands vei 1	7033 TRONDHEIM	73594916		maria.thornhill@ntnu.no
Thorsen	Thor A.	Universitetet i Oslo	Boks 1047 Blindern	0316 OSLO	22856654		t.a.thorsen@geo.uio.no
Tveter	Marte Giæver	Det Norske Veritas AS (DNV)	Postboks 408	4002 STAVANGER	51506187	51506080	marte.giaever.tveter@dnv.com
Ulla	Kristian Mejlgard	NTNU	Stadsingeniør Dahls gt 15	7015 TRONDHEIM	98474040		ulla@stud.ntnu.no
Volden	Tore	NGU		7491 TRONDHEIM	73904320	73921620	tore.volden@ngu.no
Været	Lars	Universitetet for miljø og biovitenskap (UMB)	Postboks 5003	1432 ÅS	41508486		lars.veret@umb.no
Øvstedal	Jarl	Oslo lufthavn AS (OSL)	Postboks 100	2060 Gardermoen	64812327	64812000	jarl.ovstedal@osl.no
Aagaard	Per	Universitetet i Oslo	Postboks 1047 Blindern	0316 OSLO	22856644	22854215	per.aagaard@geo.uio.no
Aas	Nina	Statoil ASA	Forskningscenteret, Rotvoll	7005 TRONDHEIM	99165485	73967286	naa@statoil.com

FOREDRAG

7. februar

The Arctic as sentinel for environmental processes and effects

Lars-Otto Reiersen¹, Simon Wilson¹, Jon Øyvind Odland¹, Cynthia de Wit² and Derek Muir³. ¹AMAP Secretariat P.B. 8100, 0032 Oslo, Norway, ²Department of Applied Environmental Science, Stockholm, Stockholm University, SE-10691 Stockholm, Sweden, ³National Water Research Institute, Environment Canada, Ontario, Canada

AMAP was initiated in 1991 by ministers from the eight Arctic countries (Canada, Denmark, Finland, Iceland, Norway, Russia, Sweden and USA) with the task to monitor and assess the pollution of the Arctic, including effects on biota and humans. The initiative for the Arctic Environmental cooperation goes back to Gorbachov's speech in October 1987 where he called for international assistance to handle the pollution of the Northern Russia¹ and to the observations of high levels of PCB in Inuit women in Northern Canada². In 1993 AMAP was asked to include assessment of climate change and UV/ozone. AMAP has established expert groups for each of the key issues of concern, e.g. persistent organic pollutants (POPs), heavy metals, radionuclides, human health and climate/UV. These expert groups are composed by scientists from the eight Arctic countries and non-Arctic countries with research activities in the Arctic. The programmes for monitoring, assessment, QA/QC, data handling, etc. has been developed and are available from www.amap.no.



Figure 1. AMAP's geographical area.

In 1997 the first comprehensive circumpolar AMAP assessment was presented^{3,4} and in 2002 an updated assessment⁵ on the highest priority issues of concern such as POPs, heavy metals, radionuclides and human health and changing pathways of pollution were presented.

The AMAP assessments have mainly focused on the geographical area shown in Fig.1. and have documented that a variety of contaminants such as POPs, heavy metals, including mercury and lead, radionuclides and acidifying components such as sulphur and nitrogen are transported into the Arctic area and deposited in the environment. Some of these contaminants bioaccumulate in the food chain. POPs accumulate mostly in the marine food chain affecting high trophic level predators such as polar bears and killer whales, but also the indigenous populations

living mostly on a marine mammals diet. The same goes for mercury while for radionuclides these have accumulated mostly in the terrestrial food chain and shown to affect mostly those indigenous peoples living of reindeer meat. Effects due to the exposure to POPs and methyl mercury have been documented in Arctic animals, e.g. reduced immune system and survival of cubs of polar bear and glaucous gulls, and on humans⁵. The situation is a paradox – the people living in the Arctic have hardly used any of the products containing these contaminants, but are among the most highly exposed people on the globe. This has been called “the Arctic dilemma”,

because the contaminants are found at high concentrations in those parts of the animals (blubber and meat) that also are important as food (energy and vitamins) for the indigenous peoples. The assessment has also documented that while male mammals accumulate many of these contaminants over their lifespan, the females transfer POP and mercury to their babies during pregnancy and nursing, as illustrated for DDT in Bowhead whales in Fig. 2.

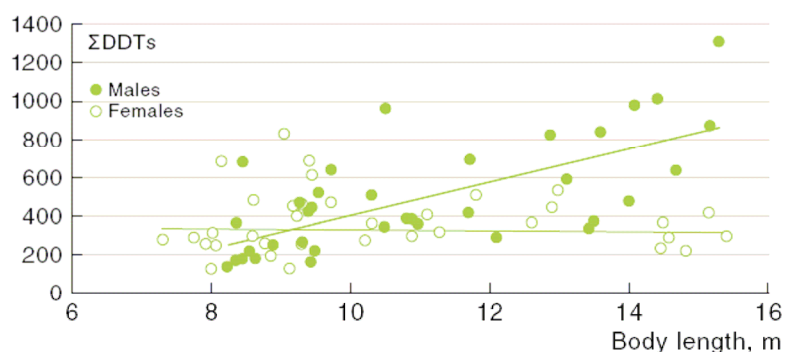


Figure 2. Body length versus OC concentrations in blubber samples from male and female bowhead whales.

At the international level, a main issue for AMAP has been to develop and integrate methodology that is easy to implement globally, standardized due to international QA/QC criteria. It is especially important for the human health activities, to integrate information extracted from research on breast milk and blood on a global basis. Efforts are now coming to develop a common strategy with UNEP and WHO on this issue. An example of correlations between blood and breast milk levels of organic, fat-soluble compounds is visualized in Fig. 3.

At the Arctic Council ministerial meeting in Russia in October 2006, AMAP will present two new assessments, one on Oil and Gas in the Arctic and one on Acidification and Arctic Haze in the Arctic. In 2008 AMAP will present an updated assessment on the exposure of Arctic peoples to contaminants and in the period of 2008 – 2012 several assessments related to the effect of climate change and combined effects with contaminants will be prepared. For further information, please visit: www.amap.no.

References

- ¹ Reiersen et al., 2003. Circumpolar perspectives on persistent organic pollutants: The Arctic Monitoring and Assessment Programme. P 60-86 in Northern Lights against POPs. Combating toxic threats in the Arctic. D.L. Downie and T. Fenge (eds.) McGill-Queen's University Press, Quebec. 347pp.
- ² Dewailly et al., 1989. High levels of PCB in breast milk of Inuit women from Arctic Quebec. *Bulletin of Env. Contam. and Toxicology* 43 no 1, p 641-646.
- ³ AMAP, 1997. Arctic Pollution Issues, Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. xii+188 pp.
- ⁴ AMAP 1998. AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. xii+859pp.
- ⁵ AMAP 2002. Arctic Pollution 2002: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. xii+112pp.

Atmospheric metal deposition in Norway 1977-2005 studied by moss analysis using ICP-MS

Eiliv Steinnes, *Department of Chemistry, Norwegian University of Science and Technology*

Since 1977 atmospheric deposition of a number of toxic metals have been monitored regularly by analysis of samples of terrestrial moss (*Hylocomium splendens*) collected at nearly 500 sites located all over Norway. From 1990 on the analyses have been performed by ICP-MS, and the number of elements has increased from around 15 to over 50. Ten elements (V, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Hg, and Pb) are studied as part of a joint European monitoring network in operation since 1990. Long-range atmospheric transport of pollutants (LRTP) is the dominating source of several of the above elements (V, Zn, As, Cd, Hg, Pb) whereas local point sources provide the main contributions of Cr, Fe, Ni, and Cu. In addition a zinc smelter in southwest Norway contributes substantial amounts of Zn and Cd. Metal pollution associated with LRTP has decreased substantially over the 30-year period, most distinctly for Pb where current deposition rates in southern Norway are less than 10% of those observed in the mid 1970s.

The multi-element approach facilitated by ICP-MS analysis has revealed that an additional number of elements (Mo, Ag, In, Sn, Sb, Tl, Bi) are also associated with LRTP. In the case of Pb the determination of stable isotope ratios has shown that whereas leaded gasoline used in UK and western Europe was the main source of Pb deposition in most of Norway during the 1970s and 1980s, the residual deposition in recent years is probably from source regions in eastern Europe.

Long-range atmospheric transport (LRT) of heavy metals – Re-examining the case

Clemens Reimann, *Geological Survey of Norway*

Moss surveys in the 1970s outlined a pronounced Pb anomaly at the S tip of Norway, with declining Pb-concentrations from south to north. Moss receives its nutrients predominantly from the atmosphere. Thus this pattern was interpreted as proof for trans-boundary long-range atmospheric transport of Pb from British and Central European sources, polluting the clean Norwegian environment. Since that time LRT has been a key topic on the agenda of governments and international organisations.

Later moss surveys show the same regional pattern, though with ever-decreasing Pb values over time. This observation was taken as proof of the effect of environmental policies, decreasing industrial emissions of heavy metals and finally banning the addition of Pb to petrol in Europe in the early 1990s. However, these later surveys, covering larger and larger parts of Europe, also demonstrated that the Pb-anomaly at the S tip of Norway is very special. For example, there is no continuing gradient of ever-increasing Pb concentrations throughout Denmark and/or northern Germany - towards the supposed sources of the Pb. On the contrary, these surveys and many other studies of the environmental impact of smelters and roads worldwide have demonstrated that the anthropogenic contamination signal disappears in the ambient background at a distance of only a few metres from the road along major highways. The environmental impact of major metal smelters, expressed in metal concentrations in surface materials, generally decreases exponentially with distance from the source. Even the impact of some of the worst industrial metal emitters on earth can no longer be differentiated from natural background variation at a distance of 30 – 200 km from source. This observation can be modelled and explained even theoretically via the exponentially increasing area that has to be contaminated with increasing distance from a source.

It is thus high time to re-examine the Pb anomaly at the S tip of Norway. Is it really caused by long-range atmospheric transport of heavy metals from sources that are hundreds if not thousands of km away? Or could it be a natural pattern? Do other elements, not easily explained via LRT, show a similar pattern? Are there other gradients at the S tip of Norway than just distance to postulated emission sources that could cause such a pattern? Are there other processes that might explain a time trend of decreasing metal values? In view of changes in land-use management, climate and environmental policy it is still very important to understand the real nature of the metal anomalies.

As_{Out} >> As_{In} ??? Misuse of emission factors in calculating the release of trace metals to the atmosphere from the Ni-Cu industry in Arctic Russia

Rognvald Boyd¹, Patrice de Caritat², Victor A. Chekushin³, Clemens Reimann and Michael A. Zientek⁴

¹Geological Survey of Norway, Trondheim, Norway; ²Australian Geological Survey Organisation, Canberra, Australia; ³SC «Mineral», St. Petersburg, Russia; ⁴United States Geological Survey, Spokane, Washington, USA

Published estimates for heavy metal emissions from the Cu-Ni industry on the Kola Peninsula in NW Russia are examined in the light of: a) Official Russian emission figures for 1993 and 1994, b) Modelled emissions based on calculated dry and wet deposition estimates based on snow and rain sampling carried out in 1994, c) Chemical data on the composition of the ores being processed. The modelled emissions, official emission figures and chemical data are mutually compatible for Ni, Cu and Co and indicate that figures published up until the late 1990s underestimated the emissions of the major elements, Ni and Cu (by a factor of 4-6).

Consideration of the published estimates in relation to the modelled emissions and to chemical data for trace elements in the ores indicates that previously published figures overestimated the emissions of certain trace metals by up to several orders of magnitude, in some cases (As, Pb, Sb) exceeding the calculated total input of these metals to the plants. These conclusions have implications for estimates of emissions from the Cu-Ni industries in Siberia (Noril'sk-Talnakh) and from the metallurgical industry in the Urals; published estimates of these emissions have neglected the implications of information on the nature of the ores being processed (plants in the Urals) and on the chemistry of the ores (plants in the Urals and at Noril'sk). The basic weaknesses in estimates of trace metal emissions published up to 2002, and based on the use of emission factors, have not prevented their use as part of the basis for international conventions on emissions of heavy metals.

Emission estimates for all mineral-based industries should be re-assessed, considering:

- Basic geological knowledge about the raw materials used in the industries.
- Modern data on the chemistry of the raw materials.
- Application of relevant observational data where available.

Ore geologists and geochemists bear a responsibility for ensuring that society recognizes the importance of their data in all fields, in which they are important.

Analyser av PAH i sedimenter fra Barentshavet

Stepan Boitsov og Jarle Klungsøyr, *Gruppe Marin Miljøkvalitet, Havforskninginstituttet*

Havforskningsinstituttet har gjennomført forskningstokt i Norskehavet og Barentshavet i 2003-2006. Formålet var å samle sediment- og vannprøver for å få ny informasjon om nivåer av antropogene forurensninger som olje (THC) og polyaromatiske hydrokarboner (PAH). Disse forbindelser gir mulighet å få en estimat på nivåene til menneskeskapt forurensning av marint miljø, spesielt i forbindelse med oljeaktiviteter, noe som er særlig viktig for Barentshavet. I dette arbeidet blir resultatene av PAH- og THC-målingene i sedimenter og sjøvann fremstilt. Resultatene for 2003-2005 er ferdig opparbeidet mens resultatene for MAREANO toktet fra 2006 er foreløpige og dekker bare en del av prøver. Forurensningsnivåene er lave og ingen betydelig antropogen virkning på miljøet er oppdaget. De lokale kildene i naturen medfører økte nivåer PAH og THC i sedimenter i Svalbard-område. I mesteparten av andre områdene er PAH-nivåene forklart av forskjellige naturlige prosesser som atmosfærisk og vanntransport, biotisk påvirkning og andre. Tidskurvene viser lite forskjell mellom nåtidsnivåer og nivåene i eldre sedimenter, og enkelte steder er det en klar økning i nivåene i de eldste sedimentene. PAH-mengdene i vannkolonnen er på bakgrunnsnivå og er under kvantifiseringsgrensen og kan ikke måles nøyaktig med dagens analysemetoder.

Foreløpige miljøgeokjemiske resultater fra Mareano-toktet på Tromsøflaket og Sørøysundet 2006

H. K. B. Jensen, T. E. Finne, O. M. Sæther, A. Lepland og J. Knies, *Norges geologiske undersøkelse*

Det første tokt i Mareano-programmet (2006-2010) med deltakelse av Havforskningsinstituttet (HI), Statens kartverk sjøkartverket (SKSK) og NGU ble gjennomført på Tromsøflaket og inne i Sørøysundet 2006. Den miljøgeokjemiske prøvetaking ble først og fremst tilrettelagt slik, at områder med avsetning ble prioritert på det ca. 2000 km² store område på deler av Tromsøflaket. Miljøprøvetaking av overflatesedimenter var en del av et større program for kartlegging av habitater, biologisk mangfold, miljøprøvetaking og bunntypekarakteristikk. Integrasjon av eksisterende data og bunntype kartlegging med forskjellige typer akustisk utstyr ("multibeam"), som SKSK har hatt ansvar for, har ligget til grunn for utvalg av prøvetakingsstasjoner. Marinegeologer ved NGU har laget tolkede kart, som angir forskjellige bunntyper og avsetningsområder. Områder med liten refleksjon, som indikerer myk bunn ble primært valgt ut for miljøprøvetaking, mens områder med høy refleksjon indikerer hard bunn, hvor det i utgangspunktet vil være vanskelig å ta prøve.

Et viktig element i Mareano-programmet er å skaffe data, som gir en oversikt over miljøtilstanden og forurensingsnivåer i det marine miljøet. Til det formål ble valgt ut en rekke prøvetakingsstasjoner hvor det skulle tas sedimentkjerner. For å få uforstyrrede sedimentprøver ble Multicorer-utstyr anvendt, og det ble tatt prøver for tungmetallanalyse, organiske miljøgifter og radioaktive komponenter (Cs¹³⁷). NGU har ansvaret for sedimentkarakteristikk og tungmetallanalyser. HI har ansvaret for organiske miljøgifter og radionuklider. Som et nytt element ble det i høy grad brukt informasjon fra HI videoopptak under toktet for å vurdere muligheten for å ta miljøprøver i forskjellige områder. Dette har vist seg verdifullt for å vurdere muligheten for å ta prøver med multicorer-utstyr i områder med varierende bunnforhold (myk bunn med finnstoff, sandet bunn, steinet bunn). Det vil bli vist eksempler på forskjellige havbunntyper fra videoregistreringene.

Organisk kullstoffkonsentrasjon (TOC) og kornstørrelsesfordeling er to viktige parametere, som blant annet i høy grad binder miljøgifter til sedimentene. Resultatene viser at TOC og andel finnstoff (< 63 µm) korrelerer bra med tungmetallkonsentrasjonene. De foreløpige resultatene av toppsjiktet (0 – 1 cm) viser, at det for tungmetaller generelt er lave nivåer. Tungmetallene kadmium, kobber, krom, kvikksølv og sink faller i SFT tilstandsklasse I (ingen – ubetydelig forurensing) ifølge SFT sin klasseinndeling fra 1997. Det samme gjelder for det giftige grunnstoffet arsen. For bly er det en enkelt prøve i Sørøysundet, som er i klasse II (moderat forurenset). Nikkel har 7 prøver ut av 21 prøver som er i klasse II. Resultatene tyder imidlertid på, at det er bidrag fra naturlige kilder i området som bidrar til litt høyere konsentrasjoner i Sørøysundet. XRF-analyser viser, at prøver fra Tromsøflaket og Sørøysundet er fra forskjellige kilder. Berggrunnen i området rundt Sørøysundet er mafiske bergarter tilhørende Seiland-provinsen. Betydningen av kildebergartene kan illustreres ved å se på de høye konsentrasjoner av arsen i Storfjord-renna sør for Svalbard når man ser på marine sedimenter fra store deler av Barentshavet. Dette er trolig et resultat erosjon av organisk karbonrike kildebergarter med høye arsenkonsentrasjoner i utgangspunktet, som bidrar til sedimentene i Storfjordrenna.

PAH i daterte sjikt av ferskvanns og marine sediment (kystnære områder)

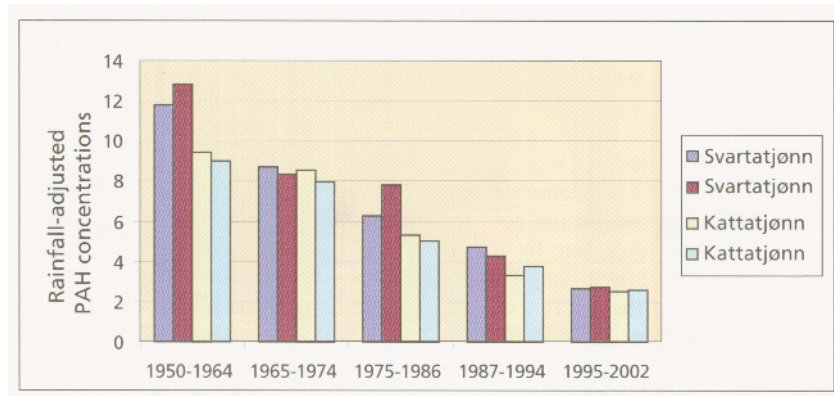
Ingvar Eide¹, Toril Berg¹, Bodil Thorvaldsen¹, Jorunn Larsen², Guttorm Christensen³ og Peter Appleby⁴,

¹Statoils forskningscenter, Trondheim, ²Universitetet i Bergen, ³Akvaplan-NIVA, Tromsø, ⁴University of Liverpool

Det er samlet inn sedimentkjerner fra innsjøer i Hordaland, Nordland, Troms, Finnmark og Svalbard. Alle innsjøene ligger nær kysten. Det er også samlet inn en del marine sediment fra stasjoner som ligger relativt nær innsjøene i Nord-Norge. Sedimentkjernene er sjiktet, og sjiktene er datert og analysert med henblikk på ulike PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner). Undersøkelsene i Hordaland er ferdigstilt, mens det gjenstår noe analysearbeid og databehandling for prøvene fra Nord-Norge.

I Hordaland er PAH nivåene sterkt avtakende siste 50 år og er redusert med en faktor på ca. fire siden 1950-1960-tallet. Korrigert for nedbør, som er viktigste avsetningsmekanisme for sot og PAH fra forbrenning, er nivåene på Sotra og 10 km nordøst for Mongstad svært like. Det antas at PAH i disse innsjøene i hovedsak er langtransportert fra det europeiske kontinent og de britiske øyer.

I Nord-Norge har PAH nivået økt noe de siste 50 år. Nivåene, også i overflatesediment, er imidlertid lavere enn i Sør-Norge.



Figuren viser resultat fra PAH målingene i innsjøsediment fra Sotra (Kattatjønn) og ved Mongstad (Svartatjønn). Det er tatt fire sedimentkjerner fra hver innsjø. Sjikt fra to og to kjerner er slått sammen slik at det er to parallelle PAH verdier for hver innsjø. PAH verdiene er korrigert for nedbør og er oppgitt som sum av 15 ulike PAH. Benevnelsen i figuren er ng $\Sigma 15$ PAH/g tørt sediment/mm nedbør/år.

Kartlegging av jordforurensning i 700 barnehager i Oslo

Toril Haugland, *Norges geologiske undersøkelse*

I tidsrommet 2005-2007 er jorda i 700 barnehager i Oslo undersøkt for innhold av arsen, tungmetaller, PAH og PCB i overflatejorda. Fra hver barnehage er det samlet inn i gjennomsnitt 10 prøver av overflatejord (0-2 cm). I annenhver barnehage er det i tillegg tatt en dublett for kvalitetskontroll. Metallanalysene er utført ved NGUs laboratorium, mens de organiske analysene er utført ved kommersielle laboratorier.

Totalt foreligger det nå et datasett på nesten 7000 prøver av overflatejord. De viktigste resultatene og trendene vil her bli presentert.

Videre diskuteres andre erfaringer fra prosjektet. Blant annet er et stort sett med parallelle prøver analysert for PAH ved to ulike kommersielle laboratorier. Resultatene viser at det kan være store systematiske variasjoner mellom ulike laboratorier.

NGUs arbeid med forurenset barnehagejord i Oslo og andre byer har resultert i at SFT nå iverksetter en nasjonal handlingsplan for å sikre ren jord i barns lekemiljø.

Biologisk effekt av kontaminert barnehagejord fra Oslo - et eksponeringsforsøk

Astrid Kobro Fugleneb, *Masterstudent i Miljøtoksikologi og forurensningskjemi, NTNU*

Et utdrag fra Masteroppgave med tittel "Induksjon av Cytokrom P450 i rottelever-cellelinje (H4IIE) etter eksponering av organisk ekstrakt fra byjord i Oslo"

Hensikt med oppgaven

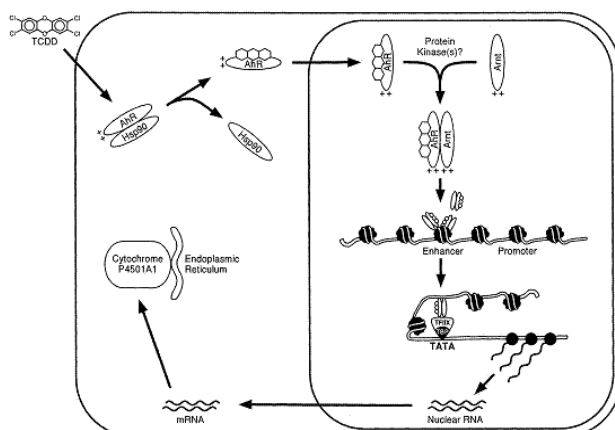
Se på induksjon av CYP1A i en celle-linje fra tre ulike jordtyper tatt i barnehager i Oslo, og se om det finnes korrelasjoner mellom indusert CYP1A og spesifikke PCB- eller PAH-forbindelser.

Bakgrunn

Innen toksikologien er de fleste undersøkelser basert på laboratorietester under optimale forhold med enkle blandinger og relativt høye doser i et kort tidsrom. I naturmiljøet derimot utsettes mennesker og dyr daglig gjennom hele livet for komplekse blandinger bestående av tusenvis av kjemiske, biologiske og fysiske forbindelser, og det ligger en stor utfordring i å predikere en biologisk effekt av en slik kronisk, lavdoseeksponering basert på laboratorietestene fra enkle blandinger.

Kjemisk kvantifisering av enkeltkomponenter vil sjelden si noe om effekten til den totale blandingen. Noen forbindelser vil forekomme under den kjemiske deteksjonsgrensen, og en fullstendig analyse etter alle mulige forbindelser vil være svært kostbart. Det er heller ikke tatt høyde for eventuelle interaksjoner mellom enkeltforbindelsene; noen forbindelser kan opptre antagonistisk i ett doseområde mens de er synergistiske i et annet. Biotilgjengeligheten til forbindelsene kommer heller ikke alltid frem. Et bioassay med den totale blandingen kan ikke identifisere og kvantifisere alle de individuelle komponentene som forårsaker responsen, men kan derimot gi en total aktivitet i materialet.

Et fellestrekk for mange dioksiner, PCB- og PAH-forbindelser er at de induserer et biotransformasjonsenzym, Cytokrom P450 1A, se Figur. CYP1A er derfor en svært god biomarkør for tilstedeværelsen av TCDD, PCB- og PAH-forbindelser.



Figur tatt fra Whitlock, 1999, og viser hvordan CYP1A blir transkribert etter aktivering av 2,3,7,8-TCDD, den mest potente indusoren til enzymet. CYP1A blir også indusert av en rekke PCB- og PAH-forbindelser.

CYP1A er et evolusjonært gammelt enzym med bred substratspesifisitet, og har til hensikt å omdanne lipofile forbindelser til mer hydrofile, som dermed lettere kan skilles ut fra organismen. Dette er ment å være en beskyttende mekanisme, men økt hydrofilisitet kan i enkelte tilfeller føre til saktere eliminasjon, omdanning av forbindelsene til reaktive metabolitter (eksempel Benzo[a]pyren) som kovalent kan bindes til cellulære molekyler og lede til mutasjoner, biotransformasjonsenzymet genererer oksidativt stress og kan forstyrre balansen med andre endogene forbindelser som for eksempel østrogen. Høye nivåer av CYP1A er en potensiell fare for en organisme, og tidligere forsøk har vist at induksjonspotensialet til ulike blandinger har store variasjoner basert på små forskjeller mellom enkeltkomponentenes sammensetning eller doseforholdet mellom enkeltkomponentene.

Metode som benyttes

5 gram av jordprøvene ekstraheres på ultralydbad i diklormetan. Diklormetan-ekstraktet dampes inn til tørrhet i nitrogenatmosfære og løses i DMSO til ønsket eksponeringskonsentrasjon. H4IIE-celler som 24 timer på forhånd er sådd ut i brønner, eksponeres for 1 µl av eksponeringsløsningen, og inkuberes i 48 timer. Proteinene fra cellene isoleres, kvantifiseres, og CYP1A immunodetekteres ved hjelp av elektroforese og western blott. Mengde CYP1A detektert kan leses av mot en standardkurve, og relateres til enkeltkomponenter ved hjelp av statistiske modeller.

Måling og vurdering av gassutlekking fra den nedlagte avfallsfyllingen i Fredlydalen, Trondheim

Yngvil Holt, NTNU

Med tanke på fremtidig arealbruk og planer om ny kommunedelplan for Tempe, Sluppen og Sorgenfri, er det viktig å få kartlagt forekomst og konsekvenser av deponigass fra det gamle kommunale avfallsdeponiet i Fredlydalen. Studenter ved kurset Anvendt Geokjemi, NTNU, har i den forbindelse målt innhold av metan, karbondioksid og oksygen i 121 målepunkter på og like ved det antatte området for deponiet.

Det ble observert setninger over store deler av området, og ved hjelp av infrarød gassanalysator ble det påvist metan i 37 kummer, karbondioksid i 58 kummer og for lite oksygen i 3 kummer. Dette viser at det per i dag skjer en gassproduksjon i avfallsdeponiet, og at det både produseres metan og karbondioksid. Hvor langt avfallsdeponiet er kommet i nedbrytningsprosessen er usikkert og det er vanskelig å anslå hvor lenge produksjonen fortsatt vil foregå. Mye tyder likevel på at gassutlipp vil være et problem i mange år framover. Resultatene tyder også på at problemområdet kan være større en først antatt både pga horisontal gassmigrasjon og/eller at det faktiske deponiområdet er større enn det som er antydnet på kommunens kart.

Den forenklete risikovurderingen viser både eksplosjonsfare og kjemisk helsefare knyttet til lave oksygen- og høye karbondioksidkonsentrasjoner. Sammen med anbefalingene for videre arbeid vil dette gi et godt utgangspunkt for grundigere undersøkelser og tiltak for å begrense mulige effekter. Det bør gjøres undersøkelser som belyser hele omfanget av deponigassproblemet, også i forhold til andre forurensende forbindelser som VOC, og særlig med tanke på gassinntregning i bygg.

Binding og mobilitet av organiske forurensninger i marine sedimenter konsekvenser for risikovurdering

Amy M.P.Oen¹, Gerard Cornelissen^{1,2}, Espen Eek¹ og Gijs D. Breedveld^{1,3}
¹Norges Geotekniske Institutt, ²Stockholm Universitet og ³Universitet i Oslo

Ved vurdering av forurensning i marine sedimenter tar man vanligvis utgangspunkt i analyser av total innhold av prioriterte miljøgifter i sedimentene. For å vurdere forurensningsgraden blir disse verdiene sammenlignet med sediment kvalitets kriterier (SKK). Kvalitetskriterier er i mange tilfeller basert på kunnskap om miljøeffekten av de ulike miljøgifter i vannfasen. For å utlede kvalitetskriterier for sedimentet bruker man fordelingskoeffisienter faststoff-vann (K_d). For mange organiske stoffer er disse fordelingskoeffisienter direkte relatert til mengde organisk stoff i sedimentet og hydrofobisiteten til forbindelsen. Disse antagelser ligger til grunn for mange risikovurderingssystemer blant annet det som brukes Norge.

Nyere studier viser at binding av organiske forbindelser til sedimentet kan være mye sterkere enn teorien tilsier. K_d kan være opptil en faktor 1000 større. Dette er et resultat av den sterke bindingen av organiske forbindelser til organisk karbon fra menneskelig aktivitet, så som sot og kull. Dette fører til en lavere biotilgjengelighet. Som en konsekvens kan risikovurdering av sedimenter være for konservativ og føre til tiltak der dette ikke er hensiktsmessig. Denne konservatismen kan hindres ved å ta i bruk nye analysemetoder som baserer seg på den biotilgjengelige delen av forurensningen. Denne fraksjonen kan bestemmes ved enten å analysere den raskt desorberende fraksjon ved hjelp av ”infinite-sink” ekstraksjonsmetoder eller bestemme den virkelige løste konsentrasjonen i porevannet ved hjelp av passive prøvetakere som kommer i likevekt med forbindelsene i løsning.

Denne nye metodikken har blitt anvendt for å gjøre en vurdering av aktuell risiko forbundet med PAH forurensede sedimenter i Oslo, Drammen, Bergen og Tromsø. Det viste seg at den aktuelle risiko var 100 ganger lavere enn det som ble estimert basert på total innholdet i sedimentene.

Fremtidige metoder for gjennomføring av økologisk risikovurdering bør basere seg på den tilgjengelige fraksjonen av forurensningen. Dette kan oppnås med de nye metoder basert på passive prøvetakere for eksempel polyoxymetylen (POM) eller Tenax ekstraksjon av sedimentene. Disse metoder kan kombineres med toksisitetsstudier og bioakkumuleringsforsøk på utvalgte prøver for å kalibrere de nye analysemetodene. Sammen med feltstudier av biodiversiteten i området kan denne metodikken sikre at beslutningen for å gjennomføre tiltak blir tatt på et godt grunnlag og ressursene blir prioritert i forhold til risiko for miljøet.

Heavy metal loadings and sedimentation in the Oslofjord

Aivo Lepland, Reidulv Bøe, Aave Lepland and Heidi Olsen, *Geological Survey of Norway*

One third of Norway's population lives in the Oslo region hence it is not surprising that the Oslofjord has been exposed to various contaminant discharges and environmental hazards. Over the past decades some areas of the fjord bottom have been rendered largely inhabitable. Complicated seabed morphology, great variability of substrates and alternation of erosion and accumulation areas call for detailed information on bathymetry, bottom types and sedimentary processes to establish sensible monitoring and conservation programs.

The Geological Survey of Norway took an initiative for a full-scale seabed-mapping programme of the inner Oslofjord in 2004. Interferometric sonar (GeoSwath by GeoAcoustics) has been used for collecting bathymetric and backscatter data. Sediment stratigraphy and sediment thicknesses have been determined (simultaneously with GeoSwath profiling) with either TOPAS parametric sub-bottom profiler or GeoPulse boomer.

The bathymetric dataset reveals numerous large and small, natural and man-made sea bottom features such as bedrock ridges, dyke and fault systems, submarine slides, anchor and dredging tracks, dumping areas, shipwrecks etc. The most astonishing finding is the occurrence of hundreds of well-defined pockmarks (ca. 60 m in diameter and up to 5 m deep) that had not been reported from the Oslofjord before. Pockmarks occur typically in sediments above faults in the underlying Palaeozoic bedrock, but it is yet to be proven whether it is gas or groundwater that seeps out and forms pockmarks.

GeoSwath backscatter data integrated with bathymetry, seismic information and sediment sample characteristics allow compilation of sediment maps and interpretation of sedimentary processes (erosion, by-pass, accumulation) at the seabed. This information is used to define the depocentres in the Oslofjord that are the ultimate recipients of fine-grained sediments and associated contaminants. The environmental state of the fjord, both at present and in the past, is most reliably reflected in the bottom sediments in these accumulation basins hence the control upon the depocentres and sediment transport provides an important framework for environmental assessments.

Geochemical analyses of sediment cores from selected depocentres, combined with the results of sediment dating (^{210}Pb method) demonstrate that heavy metal accumulations in the Oslofjord were at the top in the 1950ies and 1960ies. According to the environmental state classification by the Norwegian Pollution Control Authority (SFT), concentrations of environmentally significant elements such as Zn, Cu, Pb, Hg and Cd in sediments from that time interval correspond to classes III to V - marked to very heavy contamination. Geochemical profiles indicate that heavy metal loadings to the fjord bottom have been decreasing throughout the Oslofjord over the last 40 years, and concentrations in the surface sediments do not exceed class III. This decreasing trend of recent heavy metal loadings often correlates with a decline in sediment accumulation rates, particularly in areas near Oslo city. The change in sediment accumulation is primarily controlled by sediment supply into the fjord from land. However, the boat traffic and propeller activity is evidently also influencing sedimentation and removal of fine fractions in areas of shallow water (ca. 20 m) near Oslo city.

Har miljøforholdene i sedimentene endret seg siden oppryddingen i Indre Oslofjord ble satt i gang senvinteren 2006?

Blaasvær, A., Evensen, L. og Nordskog, A., *Institutt for geofag, UiO*

Høye konsentrasjoner av miljøgifter i bunnsedimenter i Oslofjorden representerer et betydelig forurensningsproblem. I 2002 ble det vedtatt å starte en opprydningsprosess i de forurensede bunnsedimentene. Forurensede masser i Bjørvika / Bispevika blir tatt opp og fraktet til et dypvannsdeponi ved Malmøykalven hvor de blir deponert. Det er forventet en viss spredning av miljøgiftene i tiltaksfasen, men på lang sikt forventes det å gi en forbedring av situasjonen.

I denne rapporten er det analysert sedimentkjerner rett utenfor Bjørvika og utenfor den SV terskelen ved deponistedet ved Malmøykalven. Disse kjernene er analysert for tungmetaller, bentiske foraminiferer organisk og uorganisk karbon, samt polare, aromatiske og mettede hydrokarboner. Det er også regnet ut vanninnhold i sedimentkjernene og vi har tatt flere overflateprøver for å få et materiale med større statistisk signifikans. Formålet med prøvene var å finne ut i hvilken grad forurensningen spres under et slikt opprydningsprosjekt.

Det ble i 2004 lagt ut rene masser over de forurensede sedimentene i områdene utenfor Bjørvika. Tallene våre viser en økt forurensning i sedimentlaget over disse massene, og dette kan indikere en viss spredning av miljøgifter i forbindelse med mudringen. Våre resultater fra Malmøykalven indikerer derimot at dette området ikke er berørt av deponerings- prosessen. Opprydningsarbeidet ser følgelig ut til å ha vært vellykket så langt.

FOREDRAG

8. februar

Grunnvann og klimaendringer

Sylvi Haldorsen og Lars Været, *Institutt for plante og miljøvitenskap, Universitetet for miljø- og biovitenskap*

Nydannelse av grunnvann er klimaavhengig. Grunnvann vil derfor, på samme måte som andre vannressurser, bli påvirket av klimaendringer. Med gode bakgrunnsdata for akviferene kan virkningen av en gitt klimaendring i mange tilfelle simuleres brukbart, men hovedproblemet er ofte at estimater for klimaendringen selv er usikre. I mange deler av verden har lokal menneskelig aktivitet større betydning for grunnvannsforhold enn de forandringene som skjer som følge av selve klimaendringen. I noen få områder, der det er lite menneskelig aktivitet, er endringer i nydannelse bestemt av klimaet alene. I dette foredraget vil vi gi eksempler på områder hvor klimaet selv bestemmer endringer i grunnvannet, og vi vil se på områder der vi kan sammenligne virkningen av lokal arealbruk i forhold til endret klima.

Vi har i en årrekke studert grunnvann i Ny-Ålesund. Gruvedriften i 1920-årene og i 1945-1963 gir oss gode data for mengden grunnvann som rant inn i kullgruvene. Det er en klar nedgang i utstrømning av grunnvann fra 1928 fram til 1995, da vi sist målte avrenning fra Ester gruve. Nydannelsen av grunnvann på Svalbard finner hovedsakelig sted langs tempererte soner langs bunnen av breene. Gjennom de siste 70 har breene minket sterkt i volum, og er gjennomgående blitt kaldere langs bunnen. Ved ytterligere global oppvarming vil nydannelsen av grunnvann vil fortsette å avta, inntil klimaet eventuelt endrer seg fra arktisk til temperert.

I områder med sterk urbanisering er det åpenbart at grunnvannsbalansen allerede er drastisk påvirket, og mer enn vi kunne forvente ved selv de mest radikale klimaprognoene til IPCC. Utenfor byområder kan endringer i vegetasjon bety mye for grunnvannsbalansen. Vi vil gi et eksempel fra Greater St Lucia Wetland Park, et kystområde som ble erklært som Sør-Afrikas første verdensarv under UNESCO i 1999. Området består av store og viktige våtmarker omgitt av kystdyner. Våtmarkenes utbredelse og vegetasjon er styrt av grunnvann. Fra 1960 og utover til 1990 ble mye av Eastern Shores beplantet med furu og eukalyptus. Fra 2000 og framover er denne skogen hogd ned for å føre området tilbake til naturlige forhold. Våre simuleringer viser at virkningen av hevet havnivå og endret klima påvirker grunnvannsforholdene langt mindre enn fjerning av eksotisk skog.

Grensen mellom ferskvann og saltvann i kystakviferer forstyrres ved uttak av vann, endring i klima, og ikke minst, endringer i havnivå. Prosessene er langsomme, og det tar det lang tid for å gjenopprette likevekten når den først er blitt forstyrret. Hellas hadde en gradvis nedgang i nedbør fra 1980 til 1990 og har etter dette hatt et tørt klima. Kombinert med et overforbruk av grunnvann er en rekke kystakviferer blitt salte. *Lambrakis and Kallergis (2001)* har modellert den tiden det vil ta for disse å oppnå en likevekt med klimaet. Simuleringene ga et tidsperspektiv på 500 til 5000 år. Denne modelleringen baserer seg på stasjonære forhold, og endring av klima eller havnivå er ikke tatt med. På ferieøya Inhaca utenfor Maputo i Mosambik, holder setter vi akkurat nå opp en modell, der vi bruker havnivåkurve fra siste istids maksimum fram til i dag, for å se hvordan en ferskvannslinse etableres og i hvilken grad den noen sinne er i rimelig likevekt med klimaet.

Kunnskap om klimahistorie bakover i tid nødvendig når man studerer fossilt grunnvann. Edelgassdateringer av grunnvann i den nubiske sandsteinen i Nord-Afrika, ga 1 mill år som eldste datering (Sturchio et al. 2004). Yngste periode med viktig nydannelse av grunnvann var ca

8-10 000 før nåtid (Gasse 2000). Vi vet fra andre studier at dette også var siste periode med våte forhold i Sahara.

Referanser

- Gasse, F. 2000: Hydrological changes in the African tropics since the Last Glacial Maximum
Quaternary Science Reviews 19, 189-211. 22pp
- Lambrakis, N and Kallergis, G 2001: Reaction of subsurface coastal aquifers to climate and land use changes in Greece: modelling of groundwater refreshing patterns under natural conditions. Journal of Hydrology 245, 19-31.
- Sturchio, NC; Du, X; Purtschert, R, Lehmann, BE; Sultan, M; Patterson, LJ; Lu, Z-T; Müller, P; Bigler, T; Bailey, K; O'Connor, TP; Young, L; Lorenzo, R; Becker, R; El Alfy, Z; El Kaliouby, B; Dawood, Y and Abdallah, AMA 2004: One million year old groundwater in the Sahara revealed by krypton-81 and chlorine-36. Geophysical Research Letters 31, LO5503.

Prognosesystem for grunnvann og markvann basert på daglige simuleringer og sanntidsdata

Hervé Colleuille¹, Stein Beldring¹, Zelalem Mengistu¹, Wai Kwok Wong¹ og Lars-Egil Haugen²

¹Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Hydrologisk avdeling, ²Universitetet for Miljø- og Biovitenskap (UMB), Institutt for plante- og miljøvitenskap

Kjennskap om markvann- og grunnvannstilstand er grunnlaget for en god forvaltning av vannressurser. I perioder uten nedbør eller snøsmelting sørger grunnvannstilsig for at vannføringen i elver og tilsiget til kraftmagasiner opprettholdes. I forhold til andre land er grunnvannsmagasinerne i Norge små og tynne, og er derfor svært følsom for klimatiske variasjoner. Utviklingen i løpet av sommeren og høsten 2006 illustrerer dette godt: i løpet av noen uker har situasjonen i deler av Norge endret seg dramatisk. I august-september var grunnvannsnivået ekstremt lavt i store deler av Norge med følgende lite tilsig til kraftmagasinerne og fare for knapphet med vannforsyning utover vinteren. I november-desember var grunnvannsnivået ekstremt høyt med fare for oversvømmelser og ras.

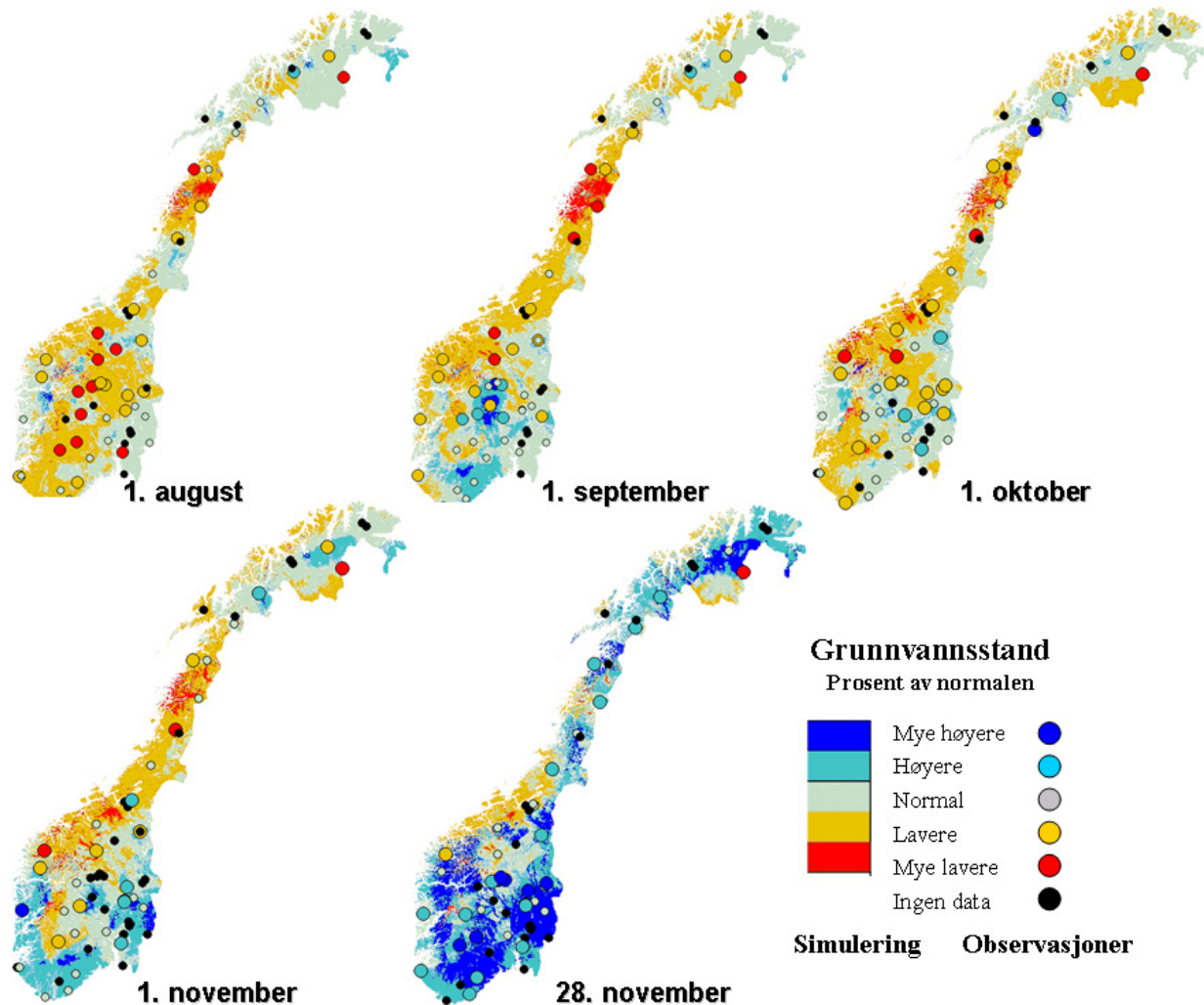
NVE disponerer pr. i dag av et overvåkingsnett for grunnvannsstand bestående av omtrent 64 måleområder hvorav 40 er automatisert. På 55 av disse områdene måles det i tillegg grunnvannstemperatur og på 15 steder markvannstilstand (jordtemperatur, jordfuktighet og teledyp). Disse stasjonene drives i samarbeid med NGU, UMB, Bioforsk og regulerter. Stasjonene er lokalisert i områder som er upåvirket eller lite påvirket av menneskelige aktiviteter. De er ikke influert av overflatevann, og betraktes derfor som referansestasjoner. De fleste grunnvannsstasjoner ble opprettet på 1970- og 1980-tallet, mens første markvannsstasjon ble etablert i begynnelsen av 1990-tallet. Ca. 75 % av stasjoner har over 20 år med observasjoner, og 25 % mer enn 30 år. 12 stasjoner har mindre enn 10 år observasjoner. Pga. spredt grunnvannnett som ikke kan dekke alle nedbørsfelter i Norge, er det nødvendig å anvende hydrologiske modeller til analyse av landsdekkende grunnvannstilstand.

NVE, Hydrologisk avdeling er i ferd å utvikle et operativt system for automatisk oppdatering av status for grunnvann og markvann. Oppdateringen baseres på en kombinasjon av daglige observasjoner og modellsimuleringer. En prototype av systemet ble tatt i bruk i forbindelse med analyse av tørke- og kraftsituasjon i 2006. Simuleringene av markvann og grunnvannstilstand er basert på en distribuert HBV-modell (Beldring et al., 2003) som tar for seg de viktigste hydrologiske prosessene i nordisk terreng med en romlig oppløsning på 1 km². Deler av valideringsarbeid er utført og de første resultatene er publisert (Colleuille et al. 2006, 2007).

En del av dette prosjektet er utnyttelsen av resultater fra en simuleringsmodell for vann- og energi-balansen i jord utviklet i Sverige (COUP: Jansson og Karlberg, 2001). Dette vil kreve oppbyggingen av modell-parametersett for ulike representative områder, ca. 15 steder med forskjeller i jord og klima innen 2008. Modell-simuleringer skal kunne foretas månedlig eller ved behov for å gi en bedre og mer realistisk oversikt over markvannstilstand (Beldring et al., 2005; Colleuille et al., 2006). Dette arbeidet danner også grunnlaget for å foreslå forbedringer i rutiner i den distribuerte HBV-modell, og for klimaforskning.

Året 2006 har vært preget av ekstreme forhold. I store deler av Norge var august og september tørrere enn på mange år. Enkelte steder var det målt det laveste grunnvannsnivået på 20-30 år. Situasjonen forbedret seg i deler av Sør-Norge i løpet av september. På grunn av lite nedbør var

situasjon imidlertid fortsatt kritisk i utgangen av oktober, særlig nord på Vestlandet, i Midt-Norge og i Nordland. Mildt vær og rekordnedbør førte til at tørken var på retur i november. I slutten av november kunne NVE melde at tørken var over. På flere steder i Sør-Norge ble det registrert de høyeste grunnvannsnivåene som noensinne er målt på denne tiden av året. Kartene nedenfor viser utviklingen av tørken fra august til november. Fargene i bakgrunnen er basert på simuleringer med den distribuerte HBV-modellen, mens punktene representerer virkelige observasjoner.



Referanser:

- Beldring S., Colleuille H., Haugen L.E., Roald L.A., Øverlie T., 2005. Climate change impacts on hydrological processes in headwater catchments. HEADWATER CONTROL IAHC konferanse. Bergen, juni 2005.
- Beldring S, Engeland K, Roald LA, Sælthun NR, Voksø A (2003) Estimation of parameters in a distributed precipitation-runoff model for Norway. Hydrology and Earth System Sciences 7:304-316.
- Colleuille H., Beldring S., Mengistu Z., Wong W.K., Haugen L.E., 2006. Groundwater and Soil Water for Norway based on daily simulations and real-time observations. International Symposium, IAHR, Dijon France, 30 mai – 01 juni 2006. Article accepted Symposium Proceeding Publication 2007.
- Jansson PE, Karlberg L (2004) Coupled heat and mass transfer model for soil-plant- atmosphere systems. Royal Institute of Technology, Dept of Civil and Environmental Engineering, Stockholm.

Winter hydrology and pollution risks at Gardermoen

Helen K. French, *Norwegian Institute for Agricultural and Environmental Research (Bioforsk), Soil and Environment Division*

In the northern hemisphere, substantial amounts of de-icing chemicals are used to remove and prevent ice formation on roads, runways and aeroplanes. Road and airport managers are therefore faced with the dual challenge of simultaneously maintaining public safety and meeting demands to protect the environment. De-icing fluids used at airports are commonly based on degradable organic solutes such as ethylene glycol, diethylene glycol or propylene glycol for aeroplanes, while de-icers for runways are based on urea, potassium formate or acetate. Sodium chloride (NaCl) is the most commonly used de-icing chemicals on Norwegian roads. At Oslo airport, Gardermoen, the accumulated amount of de-icers used at the airport is monitored and an upper threshold is defined according to potential degradation capacities and dilution in the unsaturated zone. There is so far, no such upper limit defined for road salting.

Previous modelling and field experiments at Gardermoen have documented:

- degradation rates for propylene glycol, acetate, formate and urea in the unsaturated zone (Swensen and Singh, 1997; Swensen and Bakken, 1998) and indications of bacterial growth caused by repeated applications (French et al., 2001; 2002).
- that de-icing chemicals are mainly transported during the snowmelting period, which generally lasts about 3-4 weeks (French et al., 1999)
- high evapo-transpiration during the summer months which may increase the retention time in the unsaturated zone by 2-3 months, hence it is important that the de-icing chemicals do not reach the groundwater before the summer (French et al., 2001).
- variability of snow melt production below a homogeneous snow cover (French and van der Zee, 1999).
- focused infiltration caused by basal ice on the ground surface and redistribution of melt water. Measurements of changes in electrical resistivities in the ground confirm a variable melt water infiltration pattern which seems to be closely linked to micro-topography (French and Binley, 2004).

The risk of contaminating the groundwater at Gardermoen is determined by several factors, the total consumption of de-icing chemicals, the infiltration conditions at the ground surface and the depth of the unsaturated zone. The monitoring of changes in electrical resistivities in 2000/2001 (French and Binley, 2004) documented a spatially variable infiltration pattern and basal ice played a significant role on melt water redistribution. Negative temperatures were measured in the top-soil throughout the entire winter period. In a similar study in 2005/2006 infiltration was more homogeneous and there was little ponding on the surface during snowmelt. Supporting the hypothesis that ground frost prior to snowfall plays a major role in the formation of basal ice, ponding and focused infiltration.

The objective of the presented work, which is still ongoing (NFR 164946/S30, see: <http://www.bioforsk.no/ViewPPP.aspx?view=project&id=659&ViewLanguage=English>) is to: 1) Determine the use of de-icing chemicals as a result of climatic factors; 2) Model the changes in infiltration capacity as a function of weather and soil physical conditions throughout the winter period, and 3) Quantify the mechanism controlling focused infiltration and meltwater redistribution. Based on previously acquired knowledge on transport and degradation of de-icing chemicals in the unsaturated zone, prevailing boundary conditions and how they are affected by

climatic conditions, a more probabilistic approach will be taken in order to determine the risk of groundwater contamination caused by different scenarios including climate change.

References

- 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., Van der Zee, S.E.A.T.M. and Leijnse, A. (1999) Differences in gravity dominated unsaturated flow during autumn rains and snowmelt, *Hydrological processes* 13, 17: 2783-2800
- French, H.K., Van der Zee, S.E.A.T.M. and Leijnse, A. (2000) Prediction uncertainty of plume characteristics derived from a small number of measuring points, *Hydrogeology Journal* 8, 2: 188-199
- French, H.K., Van der Zee, S.E.A.T.M. and Leijnse, A. (2001) Transport and degradation of propyleneglycol and potassium acetate in the unsaturated zone. *Journal of Contaminant Hydrology*, 49, 23-48
- French, H.K., Bakken L. and van der Zee, S.E.A.T.M.(2002), Natural attenuation of airport pollutants in the unsaturated zone - studies at Gardermoen, Norway , In: Current problems of hydro-geology in urban areas, urban agglomerates and industrial centres, Eds: Ken W.F. Howard and Rauf I. Israfilov, Nato Advanced Research Workshop/ 29.05 – 01.06, 2001/Baku, Azerbaijan, Nato Science Series, IV. Earth and Environmental Sciences, IV/Vol.8/2002, Kluwer Academic Publishers Dordrecht, The Netherlands, ISBN 1-4020-0601-2, p 437-456
- French, H.K. and Binley, A. (2004) Snowmelt Infiltration: Monitoring Temporal and Spatial Variability using Time-Lapse Electrical resistivity. *Journal of Hydrology*, 297, 1-4, 174-186
- Swensen, B., Bakken, L. (1998) Nitrification potential and urease activity in a mineral subsoil. In: *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 30, No. 10/11, 1333-1341.
- Swensen, B. Singh, B.R. (1997) Transport and transformation of urea and its derivatives through a mineral subsoil. In: *Journal of Environmental Quality*. Vol. 26, No. 6.,1516-1523

Infiltrasjon og transport i umettet sone på Oslo lufthavn, Gardermoen

Jarl Øvstedal, Oslo lufthavn AS (OSL)

For å kunne gjennomføre sikker flyavvikling i områder med vinterklima må det brukes avisingskjemikalier. På rullebanene i Norge brukes det organiske salter, nå formiat basert. På Oslo lufthavn brukes det mellom 300 – 700 m³ væske pr vintersesong på banesystemene. Dette tilsvarer 42 – 100 tonn organisk materiale målt som KOF. Alt dette spres til sidearealene langs banesystemene. På fly brukes det Propylenglykol og varmt vann. På Oslo lufthavn gjennomføres avisingen på tre separate avisingsplattformer med oppsamlingssystemer hvor oppsamlet væske sorteres i forskjellige konsentrasjonsintervaller. Ca 80 % av forbrukt glykol samles opp og håndteres på forskjellig måte avhengig av konsentrasjon. Av de resterende spres ca 10 % til arealene langs rullebanen og ca 10 % diffust på veien til andre flyplasser. På Oslo lufthavn brukes det mellom 1000 – 2000 tonn glykol pr vintersesong. Av dette spres da mellom 100 – 200 tonn glykol til arealene langs rullebanen. Dette tilsvarer ca 170 – 350 tonn organisk materiale målt som KOF. Til sammen fra baneavising og flyavising spres det da opp til ca 440 tonn organisk materiale målt som KOF til sidearealene. Resultater fra overvåkning viser at den største mengden organisk stoff spres til arealene fra ca 600 m til 1500 m etter startposisjon på rullebanen. Spredningen skjer i en brede på ca 50 m fra banekanten. Konsentrasjonen i snøen målt som KOF kan bli opp til ca 10.000 mg/l og flatebelastningen kan bli opp til ca 2,5 kg KOF/m² pr sesong. Alle kjemikalier skal brytes ned i umettet sone før de når grunnvannet. Da SFT har gitt strenge vilkår om at grunnvannet ikke skal påvirkes av utslippene, er det store utfordringer mht at nedbrytningen av kjemikalier skal bli fullstendig.

Forsøk viser at nedbrytningen av både Formiat og Glykol i umettet sone følger en førsteordens nedbrytingsfunksjon. Resultatene fra forsøkene viser at nedbrytningen går raskt og at kjemikalienes oppholdstid i umettet sone er en viktig parameter. På Gardermoen kreves det oppholdstid på ca 20 døgn for at nedbrytningen skal bli fullstendig.

Overflateavrenning og infiltrasjon er spesielt studert de siste årene. Bakgrunnen for dette var at det hadde vært flere avvik i vassdragene vest for flyplassen pga at kjemikalier ble transportert med overvann til et overvannssystem og videre til vassdraget, samt at kjemikalier ble spredt til infiltrasjonssystem for rent vann. Videre var det viktig å ha kontroll på oppholdstidene i umettet sone. Både overflate avrenning og infiltrasjon ble overvåket på flere måter. Hovedresultatene viste at mesteparten (>99 %) av kjemikalier infiltreres i grunnen, selv om det er frost. Det er kun mindre andeler som blir transportert til vassdragene og infiltrasjonssystemer for rent vann. Resultatene viste også at både vannmengdene som infiltreres langs banesystemene og infiltrasjonshastighetene kan bli høy. Det er målt infiltrasjonsmengde på 100 mm pr. døgn som ren snøsmelting uten nedbør som regn, og infiltrasjonshastighet opp til ca 4 m pr døgn. Årsaken til disse resultatene er at snøen som smelter er brøytet og inneholder store mengder mørk sand og kjemikalier. I slike smelteperioder blir oppholdstiden til smeltevannet lavere enn det som trengs for å få fullstendig nedbrytning. Dersom avisingskjemikalier blir transportert med samme hastighet som smeltevannet gjennom den umettede sonen, hadde sannsynligvis grunnvannet på Gardermoen vært betydelig forurenset. Dette er heldigvis ikke situasjonen, og skyldes at kjemikalier transporteres seinere og at andre mekanismer også er viktige. Avisingsvæsken som brukes på fly adsorberes til partiklene. Selve adsorberingsprosessen er komplisert og blir kontrollert av flere forhold som type avisingsvæske, konsentrasjoner, saltinnhold etc. Adsorberingen er generelt viktig for å overholde vilkårene i tillatelsen langs banesystemene på Gardermoen, men de virker kompliserende i de situasjonene hvor det skal gjøres tiltak for å

rydde opp forurensende lokaliteter. Det er vanskelig å trekke kjemikaliene inn i brønner ved pumpetiltak.

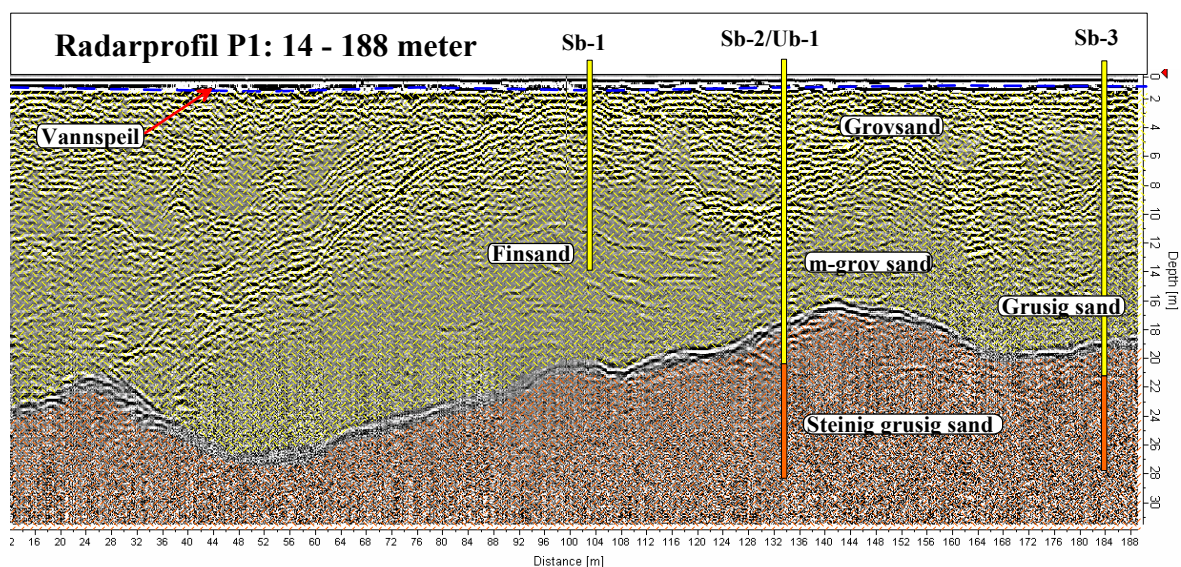
I enkelte perioder kommer det mindre mengder avisingskjemikalier ned i grunnvannet på Gardermoen. Tidligere ble dette oppfattet som svært alvorlig da det ble antatt at grunnvannsonen hadde svært begrenset kapasitet til å bryte ned avisingskjemikalier. Resultater fra prosjekter de siste årene viser imidlertid at grunnvannsonen har kapasitet til å bryte ned avisingskjemikalier, og at nedbrytningshastigheten er relativ høy. Nedbrytningen foregår hovedsakelig anaerobt ved at jern og mangan brukes som elektronakseptor. Etter hendelser hvor det har kommet kjemikalier ned i grunnvannet, er det viktig at det oppnås referansesituasjon ved at det blir aerob tilstand og at jern og mangan oksideres.

Hydrogeologiske undersøkelser ved Vullosnjarga – Karasjok

Rolf E. Forbord, *Asplan Viak AS*

Asplan Viak AS er engasjert av Karasjok kommune å utføre hydrogeologiske undersøkelser av mulige grunnvanns-forekomster som kan benyttes til ny vannkilde for Ravdojohk vannverk. Vannverket forsyner det meste av befolkningen i Karasjok kommune, og dimensjonerende vannmengde av størrelsesorden 120 m³/t (33 l/s). I forbindelse med utarbeidelse av vannressurskart for Karasjok har NGU tidligere utført ca. 15 sonderboringer og profilundersøkelser i hoveddalen langs Karasjohka, uten at det er påvist grunnvannsforekomster av betydning. Boringene viser som forventet hovedsakelig et 0-3 m tykt lag av sand og grus over finsand og silt. Sand- og gruslagene er yngre elveavsetninger, mens de underliggende finsand- og siltmassene er avsatt i en bredemt sjø. Asplan Viak utførte høsten 2004 feltbefaringer og georadarmålinger i 3 sidedaler hvor det har gått smeltevanns-drenering. I tillegg ble ei elveslette ved Vullosnjarga på nordsiden av Karasjohka undersøkt.

Sletta ved Vullosnjarga ble undersøkt på grunn av god områdehygiene og nærhet til sentrum og ledningsnett (hhv 1km og 500m). Med bakgrunn i resultatene fra den tidligere vannressurskartlegging, hadde man i utgangspunktet liten tro på at det i dette området fantes aktuelle grunnvannsforekomster. Georadarmålingene ga imidlertid positive indikasjoner, og detaljundersøkelser med testpumping og uttak av sediment- og vannprøver ble utført i 2006.



Figur 1 Radarprofil-1 med sonderboringer (Sb) inntegnet. Undersøkelsesbrønn-1 (Ub-1) ble satt i boring 2.

Størst penetrasjonsdyp med georadar ble oppnådd i et profil som går langs Karasjohka. Grunnvannsspeilet ligger på ca. 1 meters dyp. Fra dette nivået og ned til dyp varierende fra 16 til 27 meter sees sedimentstrukturer som er typiske for elveavsatte sandmasser (rastrert med gult på figur 1). Reflektorene viser sandfylte erosjonskanaler, med vekslning mellom horisontale og mer skråstilte lag. I deler av profilet forsvinner strukturene i sandpakken, fordi sedimentet er mer

finkornig (finsand) og homogent. Under sandpakken sees en tydelig reflektor som markerer overgangen til en ny sedimentpakke. Denne grenseflaten ble tolket som fjelloverflaten ved undersøkelsene i 2004. Boringene viser imidlertid at dette representerer overgangen til grovere breelvgrus avsatt under isavsmeltingen. Man ser få strukturer i breelvgrusen, noe som skyldes grunnvannets relativt høye ledningsevne i lagpakken. Man har dermed påvist nesten 30 meter med vannmettede, permeable sedimenter, uten at fjell er påtruffet i noen av boringene. I den øvre elveavsatte sandpakken er materialet i hovedsak en godt sortert grovsand, mens den dypereliggende breelvgrusen er en steinig grusig sand. Begge sedimentpakker ga store vannmengder ved testpumping. I sandlaget øker grunnvannets elektriske ledningsevne fra 63 til 145 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ned mot 19 meters dyp. Med sandspissen nede i breelvgrusen øker ledningsevnen nesten momentant til 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dette viser at man har to typer grunnvann i sedimentpakkene, og at den høyere ledningsevnen i breelvgrusen skyldes utløsning fra mineraler i sedimentet eller alternativt et belegg (slam) på mineralkornene. Begge sedimentpakker gir grunnvann som tilfredsstiller Drikkevanns-forskriftens krav, men det dypereliggende grunnvannets innhold av kalsium, magnesium, bikarbonat og sulfat er vesentlig høyere enn i grunnvann fra elvesanden, og vil i naturtilstanden medføre bruksmessige problemer.

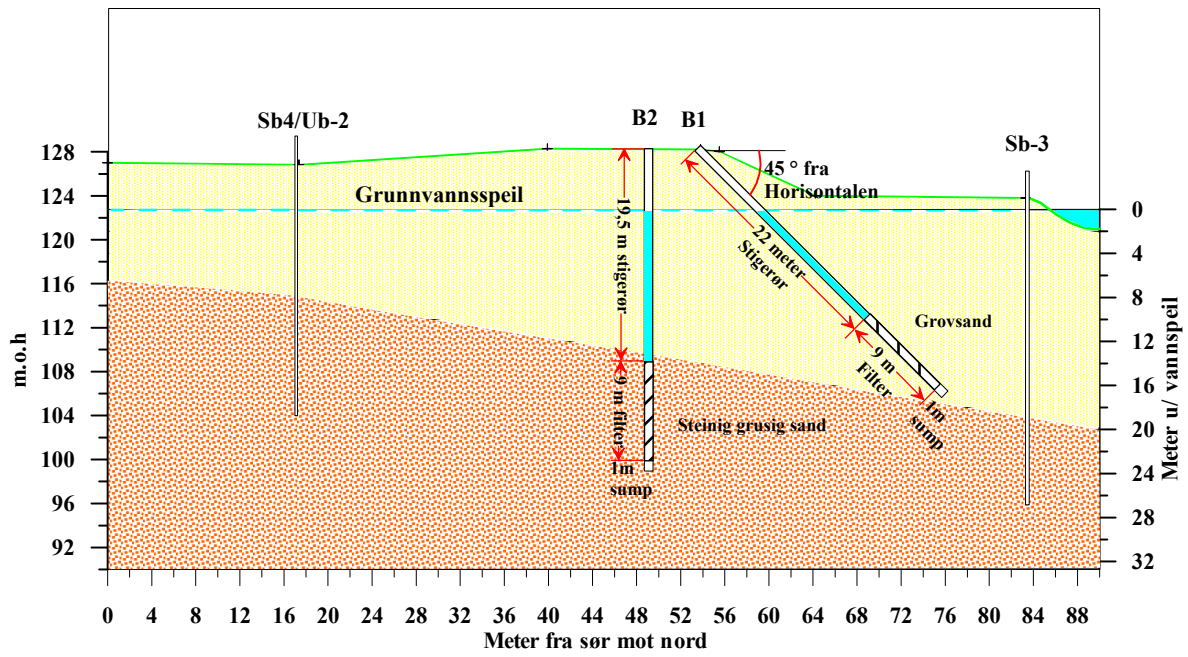
De beskrevne forhold gir 2 alternative nivåer for filtersetting (vannutak) i brønner:

1. Uttak av grunnvann fra de elveavsatte sandmassene ned mot 21 meters dyp.
2. Uttak av grunnvann fra den grovere breelvgrusen dypere enn 21 meter.

Ut fra den naturlige grunnvannskvaliteten er alternativ 1 i utgangspunktet best. Uttak av grunnvann fra sandlaget vil naturlig nok gi et mer overflatenært grunnvann enn uttak fra den dypereliggende grusen, men all erfaring tilsier at filterplassering fra eksempelvis 10-18 meters dyp i sandmassene langs elva vil gi grunnvann av stabil og god kvalitet.

Et filter plassert nede i breelvgrusen på mer enn 20 meters dyp vil gi vann med lengre oppholdstid, stabil temperatur og en særdeles god sikkerhet mht bakteriologisk kvalitet. I tillegg viser både testpumping og hydrauliske beregninger at grusmassene har meget stor hydraulisk kapasitet. Det er mulig at et uttak av størrelsesorden 33 l/s vil endre det dypereliggende grunnvannets sammensetning i positiv retning. Økt gjennomstrømningshastighet og økende andel grunnvann fra sandmassene over (trykkavlastning), kan medføre at dette ionerike grunnvannet fortynnes, slik at innholdet av kalsium, bikarbonat og sulfat går ned. Vi anbefaler derfor at det etableres fullskala prøvebrønner i begge nivåer, som deretter langtidsprøvepumpes separat. Deretter velges det alternativ som gir best resultat.

Resultatene fra undersøkelsene ved Vullosnjarga er et godt eksempel på at man kan finne store grunnvanns-forekomster i områder hvor dette synes lite sannsynlig. Lange/kontinuerlige georadarprofiler kan ved gunstige forhold påvise forekomster som ellers ville krevd et stort boreprogram for å bli påvist.



Figur 2. Vertikalsnitt mellom sonderboring 4 og 3 med brønnløsninger for uttak fra sandlag (B1) og gruslag (B2).

Manganproblemer ved Ringerike vannverk

Bernt Olav Hilmo, *Asplan Viak As*

Bakgrunn

Asplan Viak er engasjert av Ringerike kommune for å vurdere mulige årsaker til økt mangankonsentrasjon i drikkevannet, samt for å gi råd for hvordan vannverket kan redusere manganproblemene.

Ringerike kommunale vannverk etablerte ny vannforsyning basert på grunnvann fra løsmasser i 1987. Grunnvannsuttaget skjer fra tre 42-50 m dype Ø400 mm filterbrønner boret i en stor dødisgrop på Kilemoen. Hver brønn har hatt en kapasitet på over 100 l/s, mens det gjennomsnittlige uttaket i dag ligger på knapt 80 l/s. Eneste vannbehandling er lufting med desinfeksjon i reserve. For å styrke tilstrømningen til brønnene ble det laget et anlegg for kunstig infiltrasjon av overflatevann fra Begna (Tjørputten) ca.500 m fra brønnene. Dette anlegget var i drift i en periode like etter oppstart, men har siden bare vært i sporadisk drift.

Problembeskrivelse

Etter 19 års drift, i mai 2006 ble det oppdaget svarte prikker i vannet ute på nettet, og en næringsmiddelbedrift fikk store problemer med vannkvaliteten. Det ble dokumentert for høye mangankonsentrasjoner i brønn 2 (0,15-0,2 mg/l). Kamerainspeksjon avdekket utfellinger av manganhydroksid og jern/manganbakterier på pumpe, stigerør og brønnfilter, og samtidig ble det observert økt senkning av vannspeilet i denne brønnen. Det var mest utfellinger der pumpa var plassert (ca 1 meter over filteret), samt i øvre del av filteret. I de nederste 9 meterne av filteret (33-42 m) var det ingen tegn til utfellinger. Dette kan forklares med at manganholdig vann siver inn i bunnen av brønnen og felles ut i toppen av brønnfilteret hvor det trekkes inn mer oksygenrikt grunnvann. Brønnen ble rengjort med en kombinasjon av klorvasking, jetspyling og børsting. Filteret ble rent, men vannkvalitet og senkning ble uendret. Denne brønnen ble så tatt ut av produksjon. Utover høsten og vinteren har manganinnholdet i brønn 1 og 3 økt, slik at det nå er kommet opp i hhv. 0,04 og 0,1 mg/l. Manganinnholdet i disse brønnene har økt hurtigere etter at brønn 2 stoppet. Ved videre drift er det en fare for at også disse brønnene vil få såpass mye utfellinger at det vil gi økt filtertap og til slutt redusert kapasitet.

Mulige årsaker til økt manganinnhold

Det er vanskelig å forklare økningen i manganinnhold etter så lang problemfri drift. Økningen kan trolig ikke korreleres med endringer i grunnvannsnivå, uttaksmengder eller pH-forhold. Vannverket kjenner heller ikke til at det har vært endringer i driften av brønnene. Økningen i manganinnhold i brønn 1 og 3 etter at brønn 2 er tatt ut av produksjon er for så vidt forventet, og tyder på at tilstrømmende grunnvann mot brønnområdet har et visst manganinnhold. Dette stemmer med påvist vannkvalitet i nærliggende undersøkelsesbrønner hvor jern og manganinnholdet varierer mye både med brønnplassering og uttaksdyp. Den mest sannsynlige årsaken til økt manganinnhold er dermed at små endringer i redoks-forholdene i akviferen gir økt løselighet av mangan. Ved en videre reduksjon i Eh i grunnvannet vil etter hvert også jerninnholdet øke. Foredraget vil gi en mer inngående vurdering av hvilke prosesser som kan endre redoksforholdene, og dermed løseligheten av jern og mangan.

Alternativer for redusert manganinnhold

Etter å ha gått igjennom alt tilgjengelig bakgrunnsmateriale har vi kommet fram til følgende alternativer for å redusere manganproblemet ved vannverket:

1. Sette i gang infiltrasjonsanlegget ved Tjorputten. Dette kan ha gunstig effekt da det vil styrke tilførselen av oksygenrikt grunnvann inn i akviferen, og dermed redusere løseligheten av jern og mangan.
2. Bore nye brønner i dødisgropa. Det er boret to undersøkelsesbrønner hvor det er tatt masseprøver og vannprøver for hver 4. meter mellom 10 og 50 m. Disse viser enkelte lag med høyere jern og mangankonsentrasjoner, samt en tendens til økende jern- og manganinnhold mot dypet, men ellers er innholdet av mangan mindre enn 0,03 mg/l. Eventuelle nye brønner vil etableres med filter i sonene med groveste masser (høyeste K-verdier) og laveste innhold av jern og mangan. Men er dette tilstrekkelig? Vil ikke brønnene etter hvert trekke på det samme vannet som dagens produksjonsbrønner?
3. Endre driftsrutinene for brønnpumpene. I dag kjøres pumpene på maksimalt uttak i korte tidsintervall.
4. Kjøre reinfiltrasjon av grunnvann (Vyredoks-metoden)
5. Etablere brønner i et annet område, for eksempel ved Tjorputten. Grunnvannsbrønner her vil i tillegg gi vannverket en reservevannkilde.
6. Konvensjonell rensing av mangan og (jern) ved oksidering, pH-heving og filtrering. Dette løser ikke problemene med utfelling i brønnene, og er lite aktuelt i første omgang.

Videre arbeid

Forslag til tiltak vil først og fremst bli utarbeidet på grunnlag av forventede effekter, men også kostnader ved tiltakene og hvor fort de kan gjennomføres vil bli vektlagt.

Infiltrasjonsanlegget ved Tjorputten er allerede satt i drift og vil bli kjørt med en infiltrasjonsmengde på opptil 80 l/s fram til juni, 2007. I tillegg vil det bli vurdert å bore 2-3 nye brønner i dødisgropa ca 40 m fra eksisterende brønner. Disse brønnene vil bli dimensjonert med kortere brønnfilter høyere oppe i profilet for å unngå inntrekking av manganholdig grunnvann mot dypet. Det vil være bedre å fordele grunnvannsuttaket på flere mindre brønner enn å ta ut alt vannet fra 1-2 brønner i og med at dette vil gi mindre fluktuasjoner i grunnvannsnivå og dermed mindre utvasking av utfelte Fe/Mn-hydroksider i toppen av akviferen. Ved et frekvensstyrt og kontinuerlig uttak fra flere brønner unngår man også de raske senkningene i brønnene som lett gir tilgang på luft og dermed økt fare for metallutfellinger.

Behovet for gjennomføring av andre tiltak vil bli vurdert på grunnlag av erfaringene med disse tiltakene.

Nedre Skjerva: Risikovurdering for utlekking fra forurenset grunn, Vefsn kommune

Arve Misund, COWI AS

På oppdrag av Vefsn kommune har COWI gjennomført en risikovurdering for utlekking fra et forurenset område ved Nedre Skjerva. Det aktuelle området omfatter et gammelt deponi og et område med forurenset grunn hvor det tidligere lå en bensinstasjon/verksted. Begge områdene ligger mellom rådhuset og Sjøsidens kjøpesenter.

Det er satt ned syv miljøbrønner for å vurdere grunnvannskvaliteten og avrenning til Skjerva. Det er også tatt prøve av resipienten oppstrøms og nedstrøms det undersøkte området.

Med hensyn til miljømål har Vefsn kommune kommet med følgende uttalelse: Elvestrengen ligger mellom E6 og utbygde bolig/forretningsområder og anses ikke å ha annen verdi enn rekreasjon langs elvebredden og opplevelsesverdi ved å oppholde seg nær vannet og se vannet. Strømningsforhold og forskjell i flo og fjære bidrar til at det ikke tilrettelegges for bading eller annet i vannet.

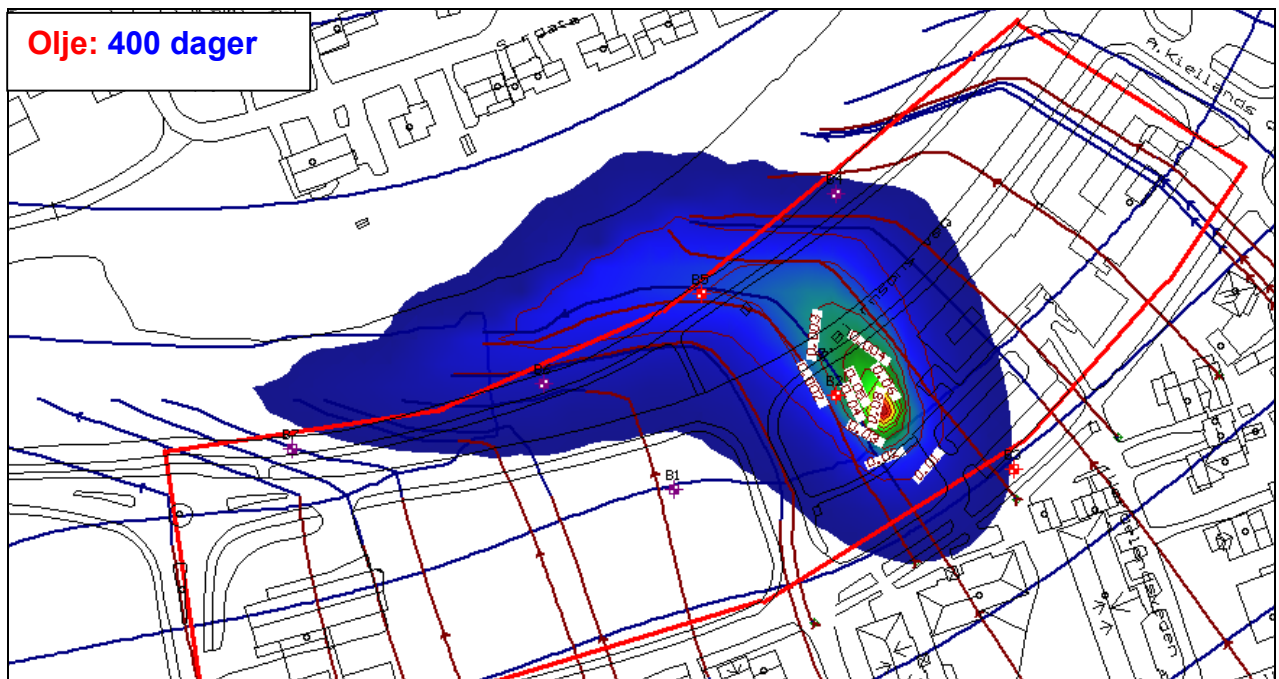
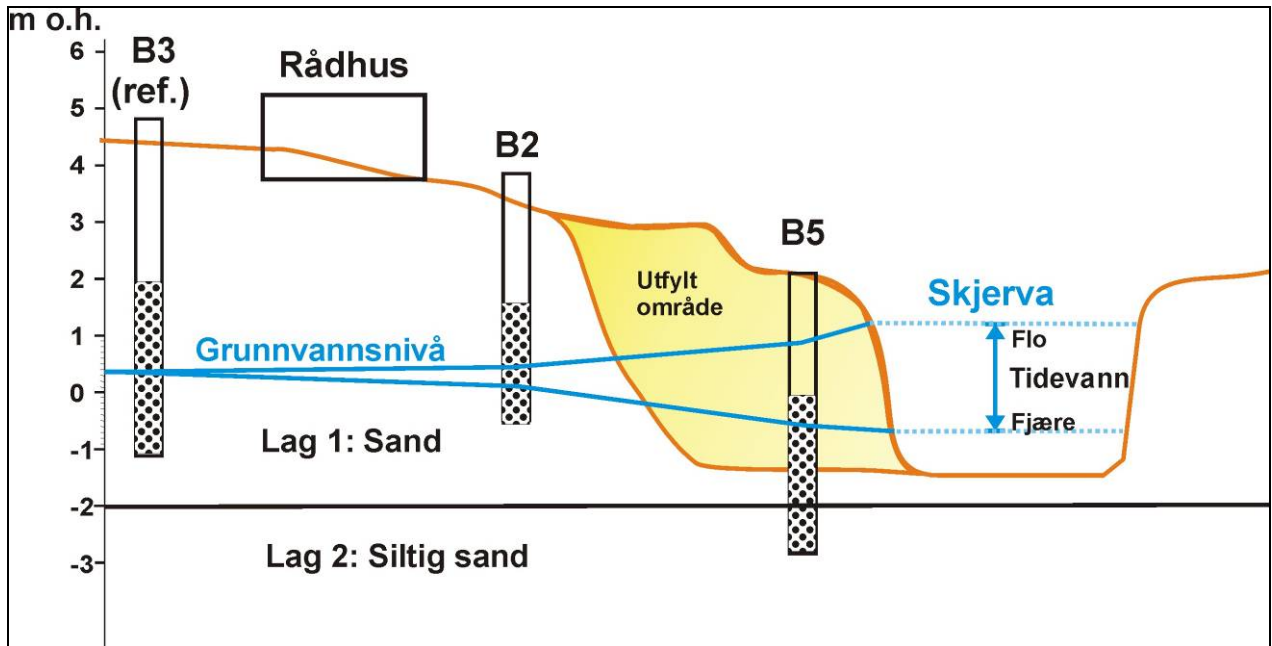
Resultatene av undersøkelsen ved Nedre Skjerva viser at det skjer utlekking av grunnvann med relativt lave konsentrasjoner av tungmetall, olje og PAH til Skjerva. Dette er bekreftet av resultatene fra grunnvannsmodellering.

Undersøkelser viser at den opprinnelige grunnen består av humus, humusrik sand og humusholdig siltig sand. Dette betyr at forurensning i liten grad vil trenge ned i opprinnelig grunn. Organisk forurensning kan binde seg til organisk materiale, dette kan være med å redusere avrenningen til resipienten.

Det er beregnet at midlere avrenning av grunnvann fra det undersøkte området er ca. 0,4 l/s. Anslått midlere vannføring i Skjerva er ca. 5 800 l/sekund. Vi kan derfor beregne en fortynningsfaktor på ca. 14 000 mellom grunnvannet og Skjerva. Beregningene baserer seg på et langtids gjennomsnitt. I en kort tidsskala vil tidevannsforskjellene (normalt ca. 1,8 m) bidra til en tidevannspumping som vasker ut forurensning i strandsonen raskere enn lengre fra elva. Sammenligner en prøver tatt ved fjære og flo sjø er det funnet 4-5 ganger høyere konsentrasjon av BTEX-forbindelser, olje og PAH i prøven tatt ved fjære sjø. Det er likevel snakk om lave konsentrasjoner.

Konklusjon:

- Den store fortynningen i møte med elvevannet fører til at konsentrasjonen av de enkelte parametrene i elvevannet ligger godt under akseptkriteriene og derfor ikke utgjør noen miljømessig trussel for elveresipienten. De samlede utslipp av metaller og organiske forbindelser er beregnet og vurdert som lave.
- Med bakgrunn i de lokale miljømålene og de observerte og simulerte forholdene i det undersøkte området kan det konkluderes med at avrenningen fra området ikke utgjør en betydelig miljørisiko.



Transport modeling of tributyltin as a function of salinity

Nils-Otto Kitterød, Carl Einar Amundsen, Petter Snilsberg og Trine Eggen, *Bioforsk, Norwegian Institute for Agricultural and Environmental Research*

Leakage of tributyltin (TBT) to coastal environment is documented globally and represents environmental hazards because of long half lives in anaerobic environment and accumulation in biota. Concentrations below 1 ng/l influence marine organisms. Hence, pollution control authorities request abatements to mitigate toxic concentration levels. Dredging of contaminated sediments is one abatement strategy, but this approach requires safe landfill repositories. An alternative strategy is to cover contaminated sea bottom areas by cap layers of favorable composition and thereby reduce TBT exposure to the environment. Both abatement strategies require understanding of chemical and physical processes involved at the pore scale and at the field scale. In the present study pore scale processes are investigated by laboratory experiments on dredged sediments from contaminated sea bottom and integrated to field scale by numerical simulations.

The distribution of TBT between solid and water phase is a function of several parameters as texture, composition of clay minerals, content of organic matter, pH, and salinity in the pore water. Here, we study the influences of these parameters on the mobility of TBT in sediments with emphasize on variable salinity flux through the porous media. In our data the mobility of TBT increases as a function of decreasing salinity. Long term leakage of TBT is simulated in a typified near shore landfill with initial marine salt water concentration in the pore water. Initial TBT concentration in pore water is 30 ng/l that corresponds to a chemical equilibrium of 1 mg/kg of TBT in the sediments. Because sorption of TBT vary as a function of salinity, the transport of TBT has to be coupled to concentration of NaCl in the pore water. The pore water flow depends not only on the relation between infiltration of meteoric water and permeability of the sediments, but also on the concentration of NaCl, thus Darcy law has to be coupled to transport of NaCl. In this way transport of TBT require a coupling of three types of physics. First is Darcy pore water flow coupled to concentration of NaCl, and then concentration of NaCl is coupled to desorption of TBT.

Påvisning av nye kyst og submarine akviferer i Øst Afrika

Fridtjov Ruden¹ og Apolkarpi Peter James²

¹NIVA, ²Universitetet i Oslo

De tradisjonelle vannkildene til storbyen Dar es Salaam (3 mill innbyggere) i Tanzania er i ferd med å tørke opp. Totalt sett er det fremdeles vann nok i hovedvannkilden: Elven Ruvu, men grunnet intensivt avskoging og landbruksdrift i elvens nedbørsfelt blir vannføringen i tørketiden for lav til å forsyne Dar es Salaam. Streng vannrasjonering er innført, og trusselen om epidemier henger over byen.

Firmaet Norconsult fikk i 2005 oppdrag å vurdere både eksisterende og mulig nye vannkilder til Dar. Fridtjov Ruden tok på seg oppdraget med å vurdere grunnvann som forsyningskilde. En systematisk gjennomgang av prekambriske akviferer (grunnfjell), paleozoiske kalkstener samt mesozoiske sandstener ga ikke forhåpninger om egnethet i denne sammenheng. Nærmere undersøkelser av Neocene avsetninger (Miocene + Pliocene) i kystområdet ga imidlertid grunn til videre undersøkelser.

En kompilering og gjennomgang av informasjon fra de siste 50 års oljeleting i området, offshore så vel som onshore ga etter hvert omrisset av nye, hittil ukjente og viktigst av alt: Store, mektige og regionale akviferer.

Verdensbanken stilte våren 2006 midler til disposisjon for testing av konseptet ved finansiering av et boreprogram, og firmaene Norconsult, Niva og AGWA finansierte resten. Resultatene er i ferd med å komme fra felt, og konseptet er i ferd med å bli bekreftet. I skrivende stund har man påvist regionale akviferer med en ferskvannshorisont på mer enn 600m mektighet. Det dreier seg her om betydelige akviferer, som dessuten er i ferd med å velte en del gamle oppfatninger av begrepet 'vannknapphet' i regionen.

I forbindelse med prosjektet har man måttet gått opp mange nye stier, og ikke minst har det vært nødvendig å tilpasse gamle og velkjente konsepter fra oljebransjen til en nye virkelighet innen anvendt hydrogeologi. Det vil bli presentert utvalgte eksempler på salinitetsberegninger, strukturer og regionale implikasjoner.

De nye funnene vil bli presentert av Fridtjov Ruden, hydrogeolog ved Niva/AGWA, og Apolkarpi Peter James, hovedfagsstudent UiO.

Omfattende grunnvannsovervåking før tunneldriving Lysaker-Sandvika

Petter Snilsberg¹ og Johan Mykland²

¹Bioforsk, Jord og miljø, ²Jernbaneverket utbygging

Geologien langs tunneler i Oslo området er kjennetegnet av kambrosiluriske fjellrygger orientert nordøst/sørvest, gjennomsett av permiske vulkanganger, alternerende med leirfylte forsengkninger. Tett bebyggelse i de leirfylte dyprennene har stilt store krav til tidligere og nye tunnelprosjekter. Likevel har bygging av tunneler i Oslo området forårsaket betydelige setningsskader på omkringliggende bygninger. Disse tidligere registrerte skadene sammen med et sterkt økende krav om at disse skadene ikke måtte gjenta seg i nye tunnelprosjekter førte til at et miljøoppfølgingsprogram (MOP) ble utviklet for å inkludere hensynet til omgivelsene i planleggingen av nye tunneler.

I det nye tunnelprosjektet mellom Lysaker og Sandvika er det etablert et program for miljøoppfølging i anleggsperioden. Programmet omfatter blant annet tiltak og oppfølging av hensynet til sårbar naturmiljø og setningsutsatte bygninger. Sentralt her er et omfattende nett av målere av grunnvannstand og poretrykk i de leirfylte dyprennene og underliggende berggrunn samt vannstand i sårbare kilder, bekker og dammer, kombinert med kartlegging av sårbar natur.

For å redusere sannsynligheten for setningsskader og uttørring av sårbar natur og samtidig sikre at de berørte grunneiernes interesser blir ivaretatt i dette prosjektet er overvåkingssystemet etablert i god tid før anleggsarbeidene starter med oppfølging av dette systemet før, under og etter anleggsperioden.

Bioforsk startet reetablering av eksisterende poretrykksmålere, fra VEAS-tunnelen og Granfosstunnelen, våren 2005 (18 stk). Utover høsten og vinteren 2005 ble disse supplert med nye løsmassebrønner (40 stk) etter hvert som de løsmassefylte dyprennene ble kartlagt. Når de antatte svakhetssoner var kartlagt ble det etablert målere i de borete kjerneborhullene (5 stk) og supplert med målere i nye slagborete fjellbrønner (5 stk). Ytterligere 5 fjellbrønner ble boret og instrumentert ifm etablering av nye varmpumpebrønner som man antar vil bli ødelagt av tunneldriften. I tillegg pågår det nå etablering av målere i 6 andre eksisterende private brønner, som man antar ikke blir påvirket av tunneldriften.

Bioforsk skal levere kvalitetssikrede vannivådata i alle de nevnte målepunktene til en Internettside, som byggherren har direkte tilgang til. Kvalitetssikrede vannivådata vil etter forespørsel bli levert ut til husieere før under og etter anleggsperioden og vil bli benyttet som grunnlag for evt erstatning sammen med annen relevant dokumentasjon. Den omfattende grunnvannsovervåkingen vil i tillegg til kontroll og dokumentasjon også kunne benyttes aktivt under drivefasen og delvis være styrende for tettingen av tunnelen. Erfaringer fra Jong-Asker viser at dette kan være et godt verktøy for en effektiv tetting.

Overvåkingen av sårbar natur ble etablert våren 2006, med vegetasjonskartlegging på rutenivå i særlig utsatte og botanisk spesielle områder. Overvåking av vannkvalitet i elvene sikres med vannprøvetakere oppstrøms og nedstrøms riggområder.

Etablering av målerne og kvalitetssikringen av vannivådata har vært (og er fremdeles) en stor utfordring. Tett bosetning med mye infrastruktur over og under bakken samt bløt leire har satt brønnborene på en prøve. Eksisterende tunneler, bekker og elver som er lagt i rør samt

omfattende vann-, overvann- og kloakksystem fører til enkelte hopp i dataseriene som ikke er ”naturlige”. Lange tidsserier forut for tunneldrivingen bedrer tolkningen av måledataene.

Referanseliste

Anne Kathrine Kalager, Johan Mykland, "Railway tunnels in urban and environmentally vulnerable areas", Sustainable Underground Concepts, Norwegian Tunneling Society, PUBLICATION NO.15, 2006.

Nytt Dobbeltspor Skøyen-Asker, parsell Lysaker-Sandvika, Program for miljøoppfølging i anleggsperioden (MOP), Rapport, Dokument 186574, 14.6.2006.

Kan man forutsi vanngiverevnen før man borer etter vann? - utvikling av "smarte" kart fra omtrentlige data

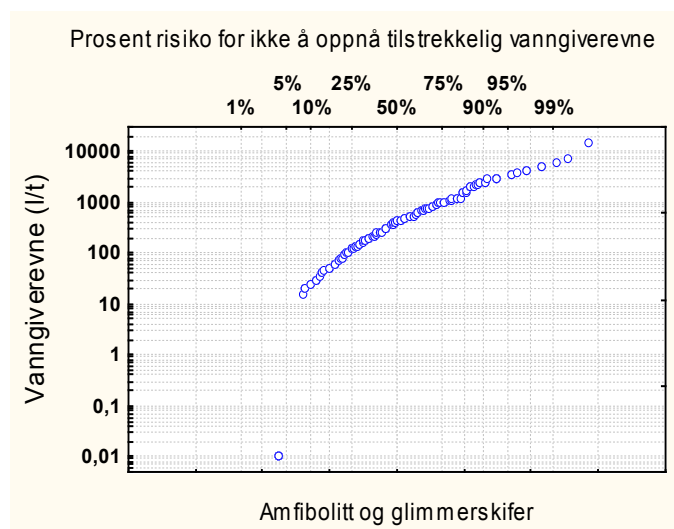
Pål Gundersen og Hans de Beer, *Norges geologiske undersøkelse*

Vi ønsker å presentere og få innspill på brukervennlige verktøy som forutsier risikoen for at en planlagt brønnboring ikke vil gi nok vann i forhold til behovet.

En huseier som planlegger å investere ~70.000 kroner på drikkevannsforsyning vil vite hva han får igjen. Han vil vite hva som kan gå galt og hvor sannsynlig det er. Dessuten vil han vite hvor store de uforutsette kostnadene kan bli og hvem som må betale. Det samme vil selvsagt den som utfører oppdraget for ham.

Men brønnboring etter grunnvann kan, som et av flere alternativer til vannforsyning, medføre risiko. Både vanngiverevne, vannkjemi, radon, mikrobiologisk forurensning med mer kan føre til at boringen blir helt mislykket eller at uforutsette kostnader kommer til.

Vi vil vise hvordan enkle metoder og verktøy kan hjelpe en til å vurdere om en grunnvannsboring er verdt risikoen i forhold til å oppnå tilstrekkelig vannforsyning. Vi vil også skue inn i framtida for å se hvordan verktøyet kan utvides og hvordan en liknende tankegang kan brukes også for grunnvannkjemi og andre problemer knyttet til bruk av grunnvann som drikkevann.



Figur 1 viser vanngiverevne for alle brønner som er boret i en bestemt bergart i Norge. Ved å avmerke ønsket vanngiverevne i y-aksen kan en gå inn i "grafene" og avlese % risiko (øvre x-akse) for ikke å oppnå denne ønskede vanngiverevnen i en ny brønn som skal bores i samme bergart.

Paradoksalt nok er utgangspunktet vårt at det er *umulig* å forutsi kapasiteten til en brønn før man faktisk har boret den. Det finnes for eksempel ingen metoder som kan synliggjøre sprekkesoner 60 meter ned i grunnen og matingen av grunnvann til dem. Men man har gjennom Brønn databasen tilgang til data om ca 35000 fjellbrønner og 3000 løsmassebrønner. Disse brønnene vil vi bruke til å tallgi *risikoen* for å oppnå mindre vann enn det en trenger, for eksempel innenfor den type bergart eiendommen befinner seg på.

Grafer som vist i figur 1 vil man få tak i ved å gå inn på kartlag i NGUs databaser og finne fram til borestedet, eller ved å legge inn kartkoordinater for borestedet. Kartlagene vil også vise hvilke områder i Norge som er gode og mindre gode i forhold til brønners vanngiverevne. Verktøyet vil i fremtiden bli tilgjengelig som eget karttema i Nasjonal Grunnvannsdatabase – GRANADA (www.ngu.no/kart/granada).

Nytt fra NGU

Klausulering rundt løsmassebrønner

Sylvi Gaut

Prosjektets mål er å bedre forståelsen av grunnvannsstrømning, infiltrasjon/nydannelse og grunnvannets faktiske oppholdstid i løsmassene for å kunne fastlegge grensene for områdebeskyttelse. Et viktig delmål er å revidere GiN-veileder nr 7 *Beskyttelse av grunnvannskilder*. For at prosjektet også skal ha mest mulig nytteverdi utenfor NGU er det tatt kontakt med både godkjenningmyndigheter, vannverksbransjen og konsulenter for å høre om de har innspill i forhold til prosjektets innhold. Tilbakemeldingene viser et klart behov for revidering av GiN-veilederen. En revidert veileder må ta for seg hvilke og hvor grundige undersøkelser som bør gjennomføres. Mange har kommentert på hvor vidt dagens 60-døgns grense er fornuftig.

Gjennom et forprosjekt i 2006 er det gått igjennom en del eksisterende litteratur rundt klausulering og sårbarhetskartlegging. Det er også gjort en vurdering av hvor mange grunnvannsverk registrert i vannverksregisteret som har klausulering. Resultater herfra viser at om lag 2/3 av vannverkene basert på borebrønner i løsmasser har klausulering. De fleste har 2-3 soner + brønnsonen, mens noen få har bare markert et areal i kommuneplan/arealplan.

Prosjektets hovedfase vil gå fra 2007-2008. Målet er å kunne si noe mer om hva som er viktig/viktigst i forholdt til beskyttelse av grunnvannsbrønner i løsmasser. Hvilke undersøkelser er nødvendig og hvilken fremgangsmåte bør benyttes ved klausulering? Foreløpig er det valgt ut et område ved Svean i Klæbu, der NGU har arbeidet tidligere og nå settes det opp en konseptuell modell for å se hvilke tilleggsundersøkelser som er nødvendig. I tillegg vil det bli valgt ut ett til to ekstra områder, hvor av ett bør være for et nedbørsinfiltrert grunnvannsmagasin.

Brønnutforming

Gaute Storrø

I NGU-prosjektet "Brønnkvalitet" ble det gjennomført videokontroll av ca 250 fjellbrønner spredt over hele Norge. Det ble funnet vannlekkasjer i underkant av foringsrør i 40 % av brønnene (NGU Rapport 2006.031). Lekkasjevannet har sitt opphav i overvann som trenger ned langs foringsrøret, eller gjennom løsmasser/oppsprukket fjell i rørets umiddelbare omkrets. Lekkasjevannet utgjør en potensiell forurensningskilde for drikkevannsbrønnene.

I 2007 startet NGU et nytt prosjekt på brønnutforming. Gjennom praktisk utprøving av tetteoffer i brønner i felt, har prosjektet som mål å kunne gi faglig begrunnede anbefalinger for hvilke stoffer som kan anvendes og hvilke tekniske løsninger som kan benyttes, for tetting av lekkasjer under foringsrør. Prosjektet ønsker å legge grunnlag for forandrede rutiner ved brønnboring, slik at etablering av en "kunstig" tetting mellom foringsrør og fjell blir en standard prosedyre. Dette vil gi en betydelig bedring i brønnenes beskyttelse mot potensielt forurenset overvann. Prosjektet tar sikte på å finne fram til enkle, kostnadseffektive og tidseffektive prosedyrer for å utføre tettarbeidet, slik at brønneiere og brønnborere ikke skal føle seg "skadelidende" ved pålegg om en ekstra arbeidsinnsats ved boring av brønner.

Grunnvannskjemi i Norge

Bjørn Frengstad

I 2004 ble alle vannverk i Folkehelsas vannverksregister tilskrevet med spørsmål om koordinater og brønnopplysninger samt tilbud om gratis vannanalyser. NGU har nå gått videre og sendt ut brev til 1098 brønneiere på Mattilsynets lister. Dette omfatter brønner som forsyner f.eks. skoler, bedehus og småskala næringsmiddelvirksomhet. I overkant av 300 vannprøver fra ca 260 forsyningssteder er kommet inn. Den uorganiske kjemiske vannkvaliteten tilsvarende i grove trekk den som er kommet fram ved tidligere kartlegginger av grunnvannskjemi på landsbasis.

For råvann fra brønner i fjell overskrider følgende prosentandel normene satt i drikkevannsforskriften: Fluorid (<1.5 mg/l) 15%; arsen (<0.01 mg/l) 0.5%; jern (<0.2 mg/l) 25%; mangan (<0.05 mg/l) 29%; aluminium (<0.2 mg/l) 8%; mens 3% har pH<6.5. Når det gjelder uran, overskrider 11% av brønnene den amerikanske høyeste tillatte verdi (0.03 mg/l) mens 20 % av brønnene overskrider WHO's veiledende verdi (0.015 mg/l). I Norge er det ikke satt noen grenseverdi for uran i drikkevann. Råvann fra brønner i løsmasser har følgende andel med for høye konsentrasjoner i henhold til drikkevannsforskriften: Jern (<0.2 mg/l) 8%; mangan (<0.05 mg/l) 10%; aluminium (<0.2 mg/l) 10%, mens 11% har pH<6.5. Det er ingen overskridelser for fluorid, arsen eller uran.

Interkalibrering av LGN

Jan Cramer

I forbindelse med innføring av EUs vanddirektiv gjennomføres det en evaluering og opprustning av Landsomfattende grunnvannnett (LGN) for overvåking av grunnvann. I henhold til vanddirektivet skal LGN fremskaffe bakgrunnsdata for naturlige referanseforhold for grunnvannets kvantitative og kvalitative tilstand, inkl. i grenseoverskridende vassdrag. I 2006-07 gjennomføres INFORM-prosjektet (Intercalibration of Fennoscandic reference monitoring of groundwater) som et samarbeid mellom SYKE og GTK i Finland, SGU i Sverige og NGU og NVE i Norge. Disse tre landene har til sammen ca 275 aktive statsjoner for referanseovervåking av grunnvann.

Prosjektet omfatter en evaluering av systemer og metoder brukt til referanseovervåking i disse tre landene, samt en interkalibrering av grunnvannskjemi i løsmasseakviferer representert i overvåkingsstasjonene. Evalueringen bidrar til kvalitetssikring av de etablerte overvåkingssystemene og vil omfatte anbefalinger for videre utvikling og effektivisering av drift og samordning. Resultatene fra prosjektet vil også omfatte en felles typologi for akviferer, viktige data for bestemmelse av terskelverdier for utvalgte elementer i henhold til vanddirektivet og en database for videre forskning på grunnvannskjemi.

Logging av vannkvalitet – ny borehullssonde ved NGU

Jan S. Rønning og Harald Elvebakk

Som et ledd i varmestrømsanalyser anskaffet NGU en sonde for nøyaktige temperatur-målinger sommeren 2006. Denne sonden (Water quality probe) har som standard utrustning sensorer for å måle temperatur, trykk og elektrisk ledningsevne i vann. I tillegg valgte NGU å ta med følgende sensorer: pH, redoks, oppløst oksygen og nitrat. Det ble også anskaffet en ny vinsj og en vannprøvetaker, slik at en i dag kan logge nevnte vannparametre samt foreta prøvetaking av vann ned til ca 1070 m dyp. Sonden er i løpet av høsten 2006 benyttet ved mange loggeoppdrag,

bl.a. ved det ustabile fjellpartiet ved Åknes og ved flere borehull ned til 800 m eller mer.
Eksempler på data blir presentert.

Nasjonalt studietilbud innen grunnvann

Sylvi Haldorsen¹, Per Aagaard² og Thor A. Thorsen²

¹Institutt for plante og miljøvitenskap, UMB, ²Institutt for geofag, UiO

Institutt for plante og miljøvitenskap, UMB og Institutt for geofag, UiO ønsker å tilby et nettbasert kurs i grunnvann som kan følges som fjernundervisning av studenter ved ulike universitet i Norge. Som et prosjekt under Norgesuniversitetet har vi utarbeidet nettbaserte undervisningskomponenter i grunnvann. Disse utgjør nå kjernen i nettkurset. Ideen bak arbeidet har vært å bruke norske eksempler knyttet til en internasjonal lærebok i grunnvann. Det er vår erfaring at lærebøkene ofte er lite representative for norske forhold, og at studentene derfor har en ufullstendig forståelse av sammenhengene mellom geologi og strømming av grunnvann. Vi har hittil konsentrert oss om to læringskomponenter for to geografiske områder, som begge er knyttet opp mot forskning over en årrekke:

1. Gardermoen (selvmatende akvifer i glasifluviale sedimenter).
2. Åstadalen (små akviferer i eskere, sandersedimenter og laterale morener, samt grunnvann i morene).

Disse to læringskomponentene er utviklet i programmet Flash. Programmet er velegnet for å lage undervisningsmateriale. Flash gir mulighet for å utvikle animasjoner, og å legge inn fotografier og andre illustrasjoner. Først presenteres geologien i de to feltene. Deretter er det utviklet en rekke oppgaver for hver av dem, som gir studentene kunnskaper om grunnvann knyttet til geologien i feltene, og metoder som kan brukes for å studere dette grunnvannet. Som en helhet gir hver av de to komponentene en forståelse av den hydrogeologien de representerer.

Tanken er at kurset skal kunne bygges ut med flere læringskomponenter. En av de mest aktuelle emnene vil være grunnvann i krystallinske bergarter. Læringskomponentene som hittil er utviklet, kan brukes fritt av hvem som helst. Det bør være et mål at også senere materiale er fritt tilgjengelig. Vi ser for oss muligheten for samarbeid med andre grupper for å utvikle et nettbasert læringsbibliotek i grunnvann, og inviterer til en diskusjon om dette.

POSTER- PRESENTASJONER

Anthropogenic versus geogenic lead in podzolic soils

Sæther, O. M.¹, Finne, T. E.¹, Flem, B.¹, Steinnes, E.² & Åberg, G.³

¹*Geological Survey of Norway (NGU)*, ²*Department of Chemistry, Norwegian University of Science & Technology (NTNU)*, ³*Institute for Energy Research (IFE)*

Lead (Pb) is one of the most heavily utilized metals in human history having been exploited by man over thousands of years for a variety of metallurgical, medicinal, and industrial purposes. The cumulative output of Pb from mining is estimated to be 260 million metric tonnes, and 85% of this has occurred over the last two centuries. Global annual production of Pb from mining is about 3 million tonnes.

Terrestrial ecosystems all over Norway have been contaminated moderately to strongly by lead and other trace elements from atmospheric deposition as a result of long-range atmospheric transport from other parts of Europe. Especially the southernmost part of Norway has been strongly affected. The baseline $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ used for long-range atmospheric transport in the Oslo area is between 1.13-1.15 depending on when it was deposited.

With the aim of developing a method for mapping the accumulated content of anthropogenic Pb and how deep in the soil profile atmospherically deposited lead has penetrated, the concentration of Pb and the ratio between the isotopes ^{206}Pb and ^{207}Pb has been studied in podzolic soils at four locations with different geology, i.e. age and type of bedrock, in the Oslo area, Norway.

Soil profiles were sampled by digging pits down to 50-70 cm depth at four places with different bedrock located 20-30 km from downtown Oslo. Samples of humus were collected from a minimum of five sub-sites around each soil pit for analysis of anthropogenic lead isotope signal as reference.

The ratio $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ is c. 1.12-1.15 in samples of humus and c. 1.17-1.21 in the uppermost centimetres of the soil profile. The ratio $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ increases towards depth and converges towards geogenic background values that are characteristic for the lithology at each site.

Knowledge of the regional geochemical background levels and the isotopic composition of lead in soils and sediments can be used in distinguishing particulate material contributed by anthropogenic activity from chemical stratification of lead as function of soil weathering processes.

Magnetic properties of terrestrial moss samples (*Hylocomium splendens*) along a south-north profile crossing the city of Oslo, Norway

K. Fabian, C. Reimann and S. McEnroe, *Geological Survey of Norway*

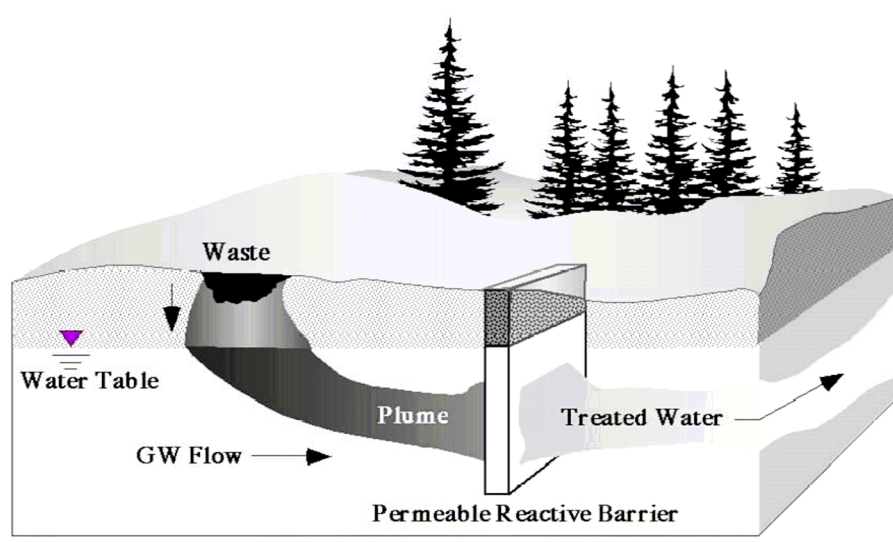
Terrestrial mosses are frequently used to map and monitor airborne heavy metal contamination via geochemical analysis of element concentrations in air-dried moss samples. While this method results in quantitative net values of the elemental composition, it cannot distinguish whether elements are bound in organic or inorganic compounds, or trace further details of their source(s). Here we present results from magnetic measurements on forty terrestrial moss (*Hylocomium splendens*) samples, which were collected along a 120 km long south - north transect running through Norway's largest city, Oslo. Magnetic measurements are very specific, in that they focus on iron minerals. They allow for a more detailed interpretation in terms of intrinsic properties of these minerals. To show this, we measured magnetic susceptibility as a net value comprising concentrations of dia-, (anti)ferro-, ferri-, and paramagnetic minerals. In addition, we determined the isothermal magnetic remanence (IRM) after applying a 700 mT external field, and its alternating field (AF) demagnetization curve. Both concentration dependent measurements, magnetic susceptibility, and IRM(700 mT) closely resemble the elemental Fe distribution and display a clear peak in the urban environment. However, also the concentration independent ratio IRM_{25}/IRM_{60} , where IRM_x denotes the x mT AF demagnetization step of the IRM, displays higher values in the urban environment. This indicates that (1) the iron signal from *Hylocomium splendens* is mostly related to remanence bearing minerals and less to organic iron compounds; (2) the magnetic properties of these minerals change between urban and remote environments. Together these observations strongly support the assumption that the iron signal in mosses is due to adsorbed dust, which then will also contribute to other elemental signals.

Remediering av kreosotforurenset grunn ved Hommelvik

Kristian M. Ulla, NTNU

På Nygården i Hommelvik lå jernbaneverkets impregneringsverk. Da virksomheten ble avviklet i 1975 ble området etterlatt sterkt forurenset med kreosot. Dette er et destillat av steinkulltjære og består for det meste av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), men inneholder også fenoler og heterosykliske nitrogen-, svovel- og oksygenforbindelser. Mange av forbindelsene i kreosot har toksiske effekter, og det er ønskelig at mennesker ikke eksponeres for stoffene. Utlekking av kreosot til fjord og strandsone kan være skadelig for det biologiske mangfoldet i området.

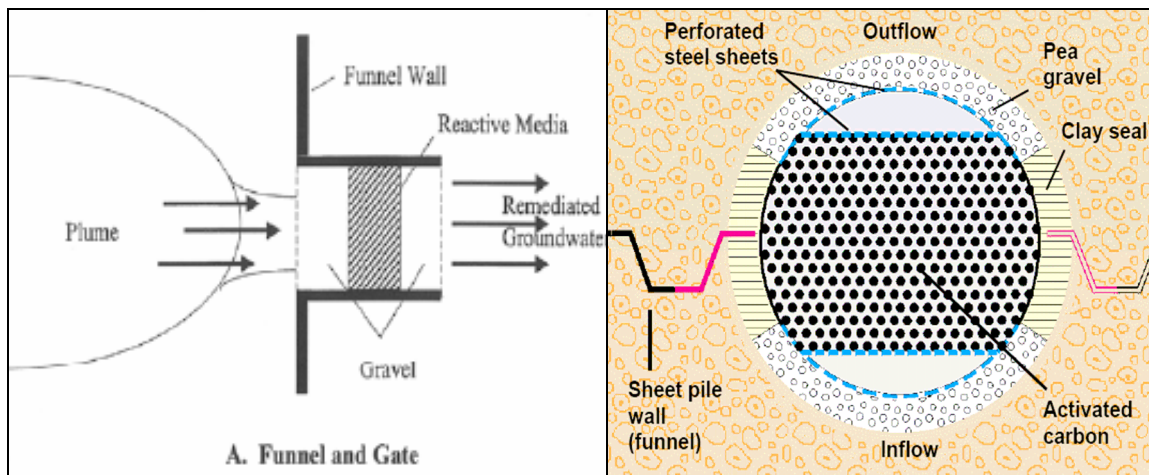
Erfaringer fra andre kreosotforurensinger i Norge viser at det kan være svært kostbart å grave opp og transportere bort forurensete masser. Det er derfor attraktivt å undersøke om det er andre metoder som kan behandle forurensingen med lavere kostnader. Behandlingsvegger er et alternativ som behandler forurensingen in-situ.



Figur 1: Illustrasjon av behandlingsveggprinsippet (PEREBAR 2000)

Behandlingsvegger er en teknologi som har vært lite brukt i Norge. De fungerer ved at en permeabel vegg graves ned på tvers av grunnvannsstrømmen (figur 1). I veggen er det filtermateriale som holder igjen eller fjerner forurensingen fra vannet. Når en behandlingsvegg først er konstruert, er det lite arbeid med drift, overvåking og vedlikehold. Da kan også arealet benyttes samtidig som renseprosessen pågår. En begrensning ved metoden er at den kun kan hindre spredning av forurensingen. Tunge PAH-er som er sterkt sorbert til jorden og andre forbindelser som har lav vannløselighet vil bli igjen.

Det to vanligste typene behandlingsvegger er kontinuerlige behandlingsvegger og ”funnel and gate”-løsninger. I en kontinuerlig løsning er hele veggen fylt med filtermaterialet, og forurensingen kan bli behandlet hvor som helst på veggen. I en ”funnel and gate”-løsning blir grunnvannet ført med impermeable vegger (”funnels”) mot en åpning (”gate”) hvor det er filtermateriale (figur 2).



Figur 2: Det generelle prinsippet for "funnel and gate" og eksempel fra Karlsruhe i Tyskland til høyre.

Blant de vanligste filtermaterialene er biologisk materiale og aktivert karbon best egnet for å behandle kreosotforurenset vann. Biologisk materiale er billigere enn aktivert karbon, og kan i teorien vare evig, dersom de biologiske prosessene fungerer optimalt. I praksis kan det bli problemer med "biofouling", forurensing i fri fase og utfelling av jern. Dette kan føre til at barrieren går tett.

Tidligere har det vært et pilotprosjekt i Hommelvik som undersøkte om behandlingsvegger med biologisk materiale kunne rense kreosotforurenset vann. Den ene barrieren hadde kompost og sand som filtermateriale, og viste en god behandlingseffekt. Det ble også utført forsøk med planter på en barriere. De gode resultatene fra barrieren uten planter, tydet derimot på at beplantning ikke er nødvendig.

Behandlingsvegger har blitt brukt i Tyskland og Østerrike for å behandle kreosotlignende forurensinger. Disse behandlingsveggene bruker "funnel and gate" med aktivert karbon som filtermateriale. Aktivert karbon er dyrt og ved å benytte "funnel and gate" begrenses området som filtermaterialet skal brukes i. Selv om aktivert karbon er dyrere enn biologisk materiale, vil det kunne lønne seg på lang sikt (Rasmussen 2002). Behandlingsveggen som behandler en linoleumsforurensing i Brunn am Gebirge i Østerrike har fungert feilfritt i åtte år. I Karlsruhe har en behandlingsvegg som behandler en forurensing fra et tidligere gassverk, vist svært gode resultater. Dette tyder på at en "funnel and gate"-løsning med aktivert karbon også kan benyttes til å behandle forurensingen på Nygården ved Hommelvik. Metoden må sannsynligvis benyttes i kombinasjon med håndtering av det øverste jordlaget.

Behandlingsvegger blir sett på som et godt alternativ for Hommelvik, siden metoden kan behandle forurensingen med god effekt, økonomisk og til lite sjenanse for omgivelsene.

Kilder:

PEREBAR (2000) *Reactive materials and attenuation processes for permeable reactive barriers*. National Technical University of Athens.

Rasmussen, G. (2002) *Sorption and biodegradation of creosote compounds in permeable barriers*. Doctor Scientiarum tese. Ås. Institutt for kjemi og bioteknologi, Norges Landbrukshøgskole.

AMD (Acid Mine Drainage) og vurdering av kjemisk rensing av gruvevann fra Løkken Verk

Henriette Indine Kleppe, NTNU

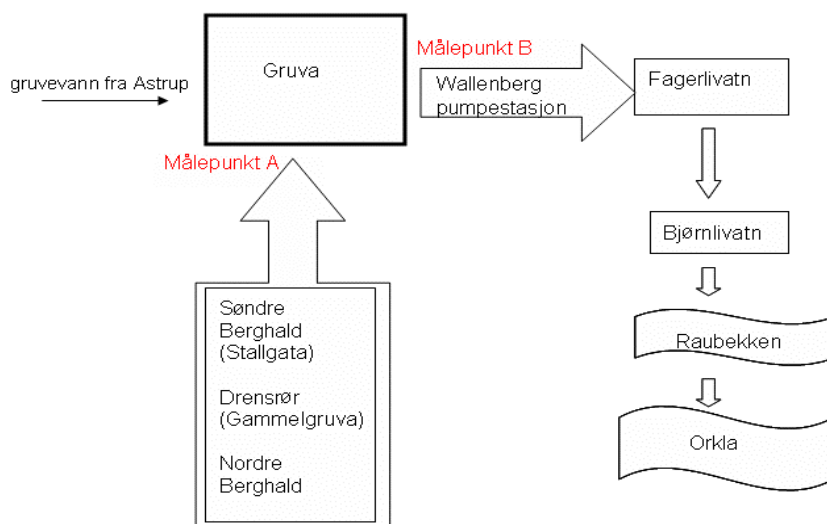
Gruvedrift på metallsulfider har lang tradisjon i Norge. Miljøkonsekvensene fra metallutvinningen har ikke hatt det samme fokus som i dag. Dette har ført til driften av utvinningen har basert seg på størst mulig utvinning uten å ta hensyn til miljøutfordringene gruedriften har ført med seg. Store forurensende masser ligger av den grunn oppe i dagen, eksponert for forvitring som fører til utlekking av tungmetaller og sur avrenning, også kalt Acid Mine Drainage (AMD).

Etter innføringen av Statens forurensningstilsyn (SFT) og Miljøverndepartementet, har reguleringene rundt utvinning av metallsulfider blitt skjerpet, og myndighetene kan sette krav til utslippene fra eksisterende og nedlagte gruver.

Løkken Verk i Meldal kommune er en av disse nedlagte gruverne som fortsatt lekker ut tungmetaller til vassdragene i området. Tiltak for å redusere forurensningen har vært gjennomført, men observasjoner i senere tid tilsier at effekten av tiltakene er i ferd med å avta.

Prosjektet har tatt utgangspunkt i et pålegg fra SFT til Bergvesenet med Bergmesteren for Svalbard om utarbeidelse av en konsekvensutredning, og er et første trinn i vurderingen av kjemisk renseanlegg på Løkken. Resultatene er fra enkle benkeforsøk og gir en første indikasjon på mulig tungmetallreduksjon etter nøytralisering av vannet med kalk. Videre vil også faktorer som forbruk av kalk og produsert slam belyses. Resultatene kan brukes til planlegging og gjennomføring av et pilot-anlegg. Resultatene fra et pilot-anlegg vil gi grunnlag til å bestemme utformingen av det endelige renseanlegget.

Prøver fra to hovedlokaliteter er analysert, sigevann fra de sterkt forurensede bergveltene i Løkkendalen (Gammelgruva), og gruvevann som pumpes opp i Wallenberg sjakt.



Resultatene viser at det er mulig å oppnå en god renseseffekt på det forurensede vannet fra Løkken.

Prøvepunkt A:
Metallreduksjon

Reduksjon i metall innhold				
	A1	A2	A3	A4
Al	99,6	99,9	100,0	99,9
Fe	99,6	99,6	99,6	99,6
Cu	100,0	100,0	100,0	100,0
Zn	99,8	99,8	99,8	99,8
Gjennomsnitt	99,7	99,8	99,9	99,8

Prøvepunkt B:
Metallreduksjon

Reduksjon i metall innhold				
	B1	B2	B3	B4
Al	99,7	98,2	97,4	99,5
Fe	99,5	99,7	99,6	99,6
Cu	99,5	99,6	99,2	99,4
Zn	99,4	99,5	99,4	99,3
Gjennomsnitt	99,5	99,3	98,9	99,5

For vannet fra begge lokalitetene, er kalkforbruket redusert i forsøkene hvor lufting av prøven er anvendt under nøytraliseringen. Tungmetallinnholdet i prøvene er analysert før og etter nøytralisering. Det er spesielt lagt vekt på reduksjonen i jernkobber- og sinkkonsentrasjonen. Med unntak av jern, gir prøvene fra Gammelgruva den største metallreduksjonen.

Sykdomsfremmende smittestoffer i vann – Sikrere drikkevannsforsyning ved naturlig rensing i løsmasser

Hanne M. L. Kvitsand¹, Bjørge Brattli¹ og Bernt Olav Hilmo²

¹Institutt for geologi og bergteknikk, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU),

²Asplan Viak AS

Oppblomstring av sykdomsfremmende smittestoffer (patogener) i norske vannkilder og drikkevann er et stadig økende problem. I løpet av det siste tiåret er det i tillegg registrert økt forekomst av smittestoffer som tidligere ikke har vært vanlige i Norge, dels på grunn av bedre analysemetoder men også som følge av et høyere innhold av nye (i norsk sammenheng) patogener. Et eksempel på dette er parasitten Giardia, som i Bergen høsten 2004 førte til mage-/tarmsykdom hos over 1050 personer. Konvensjonell vannbehandling, eller mangel på sådan, tar ikke alltid knekken på smittestoffene, og det er dokumentert en klar sammenheng mellom patogennivå i råvannet og nivået hos konsument.

Epidemier forårsaket av vannbåren smitte er ofte svært alvorlige både når det gjelder omfang og sykdomsgrad. Hvert år dør mer enn 3,5 millioner mennesker av vannrelaterte sykdommer på verdensbasis, hvorav 2,2 millioner dødsfall er direkte relatert til dårlig drikkevann, sanitære forhold og dårlig hygiene. Barn og personer med svekket immunforsvar er spesielt utsatt. Norske tall er beskjedne i så henseende, men alvorlig nok for de som rammes. Over 10 000 nordmenn ble syke som følge av vannbåren smitte i perioden 1988 – 2002.

Omtrent 90 % av vannforsyningen i Norge er basert på innsjøer, elver og til dels bekker. Overflatevannet er ofte dårligere beskyttet mot forurensninger sammenlignet med grunnvann, som i større grad gjennomgår en ”naturlig vannbehandling” i jordsmonn og løsmasser. I land med stort press på overflatevannkildene, som Nederland, Tyskland og Frankrike, er det utviklet teknologi og metoder for utnyttelse av løsmassenes egenskaper som rensemedium for forurenset vann. Det meste av vannforsyningen i disse landene er basert på grunnvann eller kunstig infiltrasjon av overflatevann. Metoden er i begrenset grad utforsket med tanke på norsk klima og naturgrunnlag, og det er utført lite forskning med hensyn på kvalitative effekter ved interaksjoner mellom grunnvann og overflatevann i Norge.

Et PhD-studium er derfor initiert ved Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU, i samarbeid med Asplan Viak AS. Prosjektets overordnede mål er å undersøke levetid og nedbrytning av patogener i norsk grunnvann i løsmasser, med hovedfokus på hvordan endringer i vannets kvalitet ved infiltrasjon av overflatevann påvirker innholdet av mikrobiologiske smittestoffer.

Referanser:

Droste, R. L., 1997: *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. John Wiley & Sons, Inc. ISBN 0-471-12444-3. USA.

Kvitsand, H. M. L., 2003: *Jordarter som resipient og rensemedium for forurenset vann*. Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU.

Engblom, K., Lundh, M., 2006: *Mikrobiologisk barriärverkan vid konstgjord grundvattenbildning – en litteraturstudie om påverkande faktorer*. VA-Forsk rapport Nr. 2006-10. Sweden.

Einan, B., Myrstad, L., Nordheim, C. F., 2004: *Rapport fra vannverksregisteret. Drikkevann 2003*. Vannrapport 109. Rapport 2004:2, Folkehelseinstituttet 2004.

- Ødegaard, H., 2007: Kursdagene v/NTNU 2007: *Utfordringer innen VA-sektoren*. Institutt for vann- og miljøteknikk, NTNU.
- Ødegaard, H., 2005: Forelesning: *Behandling av drikkevann. Vannverksituasjonen i Norge. Behovet for vannbehandling*. Institutt for vann- og miljøteknikk, NTNU.

Bryggen World Heritage Site; A numerical groundwater model to support archaeological preservation strategies

Hans de Beer¹, Jann Atle Jensen², Henning Matthiesen³ og Ann Christensson⁴,
¹*Norges geologiske undersøkelse*, ²*MultiConsult*, ³*National Museum of Denmark*,
⁴*Directorate for Cultural Heritage Norway*

At Bryggen low groundwater levels and increased flux of oxygen into the subsurface lead to decomposition of organic material and settling, which severely threatens the historic buildings at the site^{1,2,3}.

An integral approach combining traditional restoration techniques, new constructions and active groundwater management is necessary to save the historic buildings and the archaeological unique foundations. The Geological Survey of Norway carries out a groundwater modeling study⁴ to evaluate the dynamic groundwater situation and to assess measures to reduce further damage.

To preserve the archaeological remains *in situ* requires detailed knowledge of the physical make-up of the ground and its contained processes. A range of factors such as precipitation, geology, tides, drainage, vegetation, buildings, pavements, cables, sheet piles, cellars, tunnels and others influence the local groundwater level. Groundwater monitoring shows that groundwater levels are lowest near a former excavation site (1955-1979), which now contains a hotel with parking lot.

The numerical model (FEFLOW[®]) simulates geology and cultural layers with their hydrologic properties. Drains and sheet piles are modelled explicitly. Currently, the model gives good insight in the average groundwater conditions and factors influencing the groundwater level. However, a dynamic calibration is still necessary to obtain better understanding of the hydrological dynamics at the site. The model study suggests that groundwater flows primarily through open joints and permeable zones within the bedrock from the mountainous area northeast of Bryggen towards the cultural layers under Bryggen, and subsequently to the harbour. The low groundwater levels are probably caused by leakage through- and under sheet piles, with flow towards a drainage system under the hotel's car park.

The construction of a hotel at the former excavation site has changed the original hydrogeological setting. The new situation puts new constraints on the groundwater level that do not coincide with the 'natural' conditions required to preserve the remaining archaeological structures and historic buildings. This model study shows the need for remedial action. It is expected that geotechnical measures will be required to raise the groundwater level to its 'natural' state. Groundwater monitoring and possibly artificial manipulation will be essential for the preservation of the historical site and archaeological remains. Active monitoring of the groundwater situation is necessary during at least the coming decades.

¹ Christensson, A. 2004: Safeguarding historic waterfront sites. Bryggen as a case-study. Publication from EC-programme "culture 2000".

² Jensen, J.A. 2005: Vurderinger og tolkninger av setningsmålinger fram til og med 2005. Multiconsult, Bergen.

³ Matthiesen, H. 2006: Monitoring of preservation conditions at WHS Bryggen in Bergen, Norway. Poster PARIS III, National Museum of Denmark.

⁴ De Beer, J. 2005: Hydrogeologisk modellering Bryggen, Bergen. Midlertidig rapport. *Norges Geologiske Undersøkelse (in Norwegian)*.

Landsomfattende grunnvannsnett - LGN. 30 år med grunnvannsovervåkning

Bjørn Frengstad¹ og Hervé Colleuille²

¹Norges geologiske undersøkelse, ²Norges vassdrags- og energidirektorat

Landsomfattende grunnvannsnett (LGN) ble etablert i 1977 for å fremskaffe data om den naturlige variasjonen i grunnvannets nivå, temperatur og kjemiske kvalitet i ulike områder av landet. Overvåkningsområdene er valgt med tanke på minimal menneskeskapt påvirkning og minimal påvirkning fra vassdrag/overflatevann.

LGN er et samarbeid mellom Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Norges geologiske undersøkelse (NGU) hvor NVE har ansvar for innsamling, registrering og formidling av nivå og temperaturdata, og NGU har ansvar for prøvetaking, analyse og formidling av data om grunnvannskjemien.

De krav som EUs vanddirektiv stiller til overvåkning av grunnvannets tilstand har fornyet LGN's aktualitet. Det er foreslått (Barikmo m.fl. 2005) at en helhetlig overvåking av grunnvann i Norge skal omfatte

- basisovervåkning
- tiltaksorientert overvåkning

LGN skal bidra med referansedata om bakgrunnsverdier og trender for grunnvannets naturlige tilstand, som en del av basisovervåkning med hensyn på både mengde og kvalitet. I de senere årene er det arbeidet for å oppgradere og utvide overvåkningsnettet og denne prosessen fortsetter.

NGU overvåker grunnvannskjemi i 45 områder som fra og med 2007 vil bli prøvetatt to ganger per år. Analyseprogrammet er fra 2006 blitt utvidet med ICP-MS¹ analyse og gir nå langt lavere deteksjonsgrenser av til sammen 46 sporelementer, i tillegg til hovedelementer, pH, alkalitet, farge og turbiditet. Alle jernrør er blitt erstattet med PEH-rør og tolv av prøvetakingspunktene er nå kilder (Frengstad m.fl. 2006). Tre stasjoner har vist seg sårbare for forurensning og vil bli erstattet. (Jæger m.fl. *in prep*). Det planlegges også å utvide overvåkingen til 50 områder, blant annet med et prøvetakingspunkt på Svalbard. Tidsserier for alle brønner der det er prøvetatt for kjemi er tilgjengelige på Nasjonal grunnvannsdatabase (Granada) www.ngu.no/kart/granada (velg kart-tema LGN). Det arbeides med å få lagt inn kilder i databasen slik at også kjemidata fra kilder kan leses/lastes ned fra Internett. Høsten 2006 ble det i samarbeid med SGU, GTK og SYKE gjort en felles prøvetaking i Sverige, Finland og Norge med analyser på samme laboratorier (INFORM - intercalibration of Fennoscandian reference monitoring of groundwater). Dette gir muligheter for å se innflytelsen av klima, geologi og geografi i en større sammenheng samt å interkalibrere og evaluere de nasjonale systemene og programmene.

NVE står for overvåkingen av grunnvannsstand (81 målepunkter fordelt på 64 overvåkningsområder) og grunnvannstemperatur (55 måleområder). I tillegg måles det jordtemperatur, markfuktighet og teledyp i 15 av overvåkningsområdene (Nasjonalt observasjonsnett for markvann). 40 stasjoner er automatisert med loggere og sensorer, og 31 stasjoner er fullt automatisert med fjernoverføring i sanntid. Alle stasjoner blir automatisert i løpet av 2007/08, og skal utgjøre grunnlaget for et overvåkningssystem i sanntid av grunnvannsressurser som blant annet brukes for å prognosere, varsle og følge opp ekstreme situasjoner (tørke, flom/ras) og analysere kraftsituasjonen. Dette blir presentert i et eget foredrag (Colleuille m.fl. 2007).

Dataene kontrolleres månedlig og presenteres på NVEs hydrologisk månedsoversikt. Denne informasjonen, samt en beskrivelse av måleparameter og måleprosedyrer finnes på www.nve.no. En rapport som presenterer status for drift av dette overvåkingsnettet publiseres hvert år siden 2005 (se f. eks. Colleuille og Stenseth, 2007; Vestersager og Colleuille, 2006). Rapporten inkluderer en oversikt over aktive målestasjoner, målte parameter, ressursbruk og over alle utførte faglige oppgaver (feltarbeid, informasjonsformidling og databruk i FoU-prosjekter).

Referanser

- Barikmo, J. m.fl. (2005) Overvåkningskravene i vanddirektivet, dagens overvåkning og utviklingsbehov. Delrapport 1: Utarbeidet av overvåkningsgruppa jf EUs vanddirektiv, november 2005. Direktoratet for naturforvaltning. TE 1127, 52 s + vedlegg.
- Colleuille, H., Beldring S., Mengistu, Z., Wong, W.K. og Haugen L.-E. (2007) Prognosesystem for grunnvann og markvann basert på daglige simuleringer og sanntidsdata. 16. seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi, NGU 7.-8. februar. NGU Rapport 2007.003.
- Colleuille, H. og Stenseth I. (2007). Nasjonalt overvåkingsnett for grunnvann og markvann (Fysiske parameter). Driftrapport 2006. Status pr. februar 2007. NVE rapport XX-2007.
- Frengstad, B., Jæger Ø. og Magombedze, L. (2006) Landsomfattende grunnvannsnett – årsrapport 2005. NGU Rapport 2006.053, 16 s. + vedlegg.
- Jæger, Ø., Frengstad, B. og Sjørdal, T. (*in prep.*) Landsomfattende grunnvannsnett – årsrapport 2006. NGU Rapport 2007.xxx.
- Vestersager T. og Colleuille, H. (2006). Nasjonalt overvåkingsnett for grunnvann og markvann (Fysiske parameter). Driftrapport 2005. Status pr. mars 2006. NVE rapport 3-2006, 28 s + vedlegg.

¹ ICP-MS står for ionisk-koblet plasma massespektroskopi. Metoden har mulighet til å detektere de fleste grunnstoff i det periodiske system med svært lave grenser, typisk <0.01 µg/l.

Landsomfattende grunnvannsnett - LGN - trender og tradisjoner

Bjørn Frengstad, *Norges geologiske undersøkelse*

Landsomfattende grunnvannsnett ble opprettet i 1977, og grunnvann ble da prøvetatt for kjemisk analyse i to av observasjonsområdene i nettet. I løpet av de 6 første driftsårene ble det etablert prøvetaking i 32 områder, men etter 1986 sank antallet prøvetakingssteder langsomt til et bunn-nivå på 14-17 områder i årene rundt tusenårsskiftet. Fra 2003 er prøvetakingen gradvis gjenopptatt i mange observasjonsområder og det er kommet til en rekke nye med vekt på kilder og grunnvann i fjell. I 2006 ble det prøvetatt i 45 observasjonsområder derav 11 i fjell (7 borhull og 4 kilder) 34 i løsmasser (22 brønnrør og 12 kilder/gravde brønner). Målet er å ha 50 operative prøvetakingspunkter.

Det arbeides med å få et enhetlig, kvalitetssikret sett av felt- og laboratoriedata fra 1977 og fram til i dag. Dette har vist seg å være mer tidkrevende enn først antatt, og det gjenstår endel arbeid før en kan gå i gang med full tolkning av dataene. En vil i utgangspunktet anta at endringer i grunnvannskjemien utover årstidsvariasjoner vil være meget små og langsomme. Ikke desto mindre kan noen trender identifiseres ved enkelte observasjonsområder. En tolkning av disse trendene krever kunnskap om hvilke andre endringer som har vært i området i det samme tidsrommet.

Prøvetakingsfrekvensen har variert; for det meste mellom en og to ganger per år, med hyppigst frekvens på Østlandet og Sørlandet. På kort sikt er denne frekvensen for lav til å skille trender fra årstidsvariasjoner, men over en tredveårsperiode vil eventuelle trender kunne fanges opp. Derfor er det viktig å forsøke å opprettholde de samme prøvetakings-punktene. Dessverre måtte prøvetakingen for vannkjemi avsluttes i åtte observasjonsområder på grunn av gjenbygging, drenering eller lokal forurensning. (Magnor (1977-92), Kvinnherad (1978-81), Tune (1983-86), Lindesnes (1980-90), Bø (1979-2006), Fana (1980-2006), Fura (1979-2006) og Overhalla (1979-2006)). Det arbeides for å erstatte de fleste av disse.

Grunnvannets kjemi er, i tillegg til nedbørskjemien, sterkt avhengig av jordsmonnsprosesser og forvittringsprosesser som igjen er kontrollert av geologi (mineralsammensetning, permeabilitet, Holocen historie) og klima (nedbørsmengde, nedbørshyppighet, temperatur). I tillegg kommer endringer i arealbruk (opphør av beite, drenering, skogbruksyklus med planting, vekst og trefelling). Henriksen og Kirkhusmo (2000) viste at flatehogst i LGN-området Langvassli ga forhøyede konsentrasjoner av nitrat og kalium i grunnvannet i en årrekke. Dersom klimaet i Norge fortsetter å endre seg, vil dette over tid også påvirke grunnvannskjemien. Resultatet kan imidlertid bli veldig forskjellig fra område til område.

En usikkerhet ved lange prøvetakingsserier er endringer i lab-teknikker, varierende deteksjonsgrenser samt feil ved digital og manuell overføring av data. Vannprøvene fra LGN ble analysert på NIVA's laboratorium fra 1977 til og med 1990 da NGU lab overtok. Slik dataene forelå var ionebalansen utilfredsstillende fram til og med 1982, men var jevnt over akseptabel fra 1983. Flere områder i nettet har ionefattig vann med flere hovedioner nær eller under deteksjonsgrensen, og får en tilsvarende usikker ionebalanse. Den dårlige ionebalansen de første årene ser imidlertid ut til å skyldes at alkaliteten var omregnet feil.

Fra starten av LGN ble grunnvannsprøvene pumpet fra sandspisser i galvanisert jern og det var derfor bare analyseresultatene på hovedioner og pH som kunne brukes. Noen rør ble erstattet

med filterbrønner i syrefast rustfritt stål i 1991 og på slutten av 90-tallet. Jæger m.fl. (2006) gjorde en utlutningstest i laboratoriet som viste at sandspissene ga fra seg en lang rekke metaller (Sn, Zn, Pb, Sb, Cd, Fe, Cu, Mn og Al) som kunne kontaminere grunnvannsprøven betydelig avhengig av pH, brønnens kapasitet og kontakttiden mellom sandspissen og grunnvannet. I 2004 og 2005 ble alle resterende sandspisser i galvanisert jern erstattet med filterrør i PEH-plast. Sammen med økt bruk av kilder gir dette sterkt redusert fare for kontaminasjon av prøvene med hensyn på en rekke metaller. ICP-MS-analyse av metaller og sporstoffer er derfor inkludert i analyseprogrammet fra og med 2006.

Grunnvann i fjellbrønner er blitt prøvetatt siden 2003 og omfatter nå syv prøvetakingssteder. Erfaringene med fjellbrønner så langt er at det er vanskelig å oppnå representative prøver som er sammenliknbare fra gang til gang. Store dyp og store volum i brønnene gjør det vanskelig og tidkrevende å tømme brønnen fullstendig slik at friskt, ikke-stagnant grunnvann kan prøvetas. Kontinuerlig måling av ledningsevne under pumping i fjellbrønnen på Kise (Nes i Hedmark) viste store variasjoner som tyder på at grunnvann fra ulike sprekker på ulikt dyp har ulik kjemisk signatur. Det er videre uheldig å senke grunnvannsspeilet i fjellbrønner der også grunnvannsstanden overvåkes. I enkelte tilfeller har det tatt opptil åtte uker før grunnvannsspeilet var tilbake til det opprinnelige kurveforløpet. For fremtiden bør en derfor prøveta fjellbrønner som er i kontinuerlig bruk.

Det var en viss bekymring for at kilder skulle representere grunnvann med kort oppholdstid og dermed lite utviklet grunnvannskjemi. Når en raskt sammenlikner alle prøver fra henholdsvis kilder og brønner i løsmasser, er det imidlertid få signifikante forskjeller i den generelle vannkjemien som skyldes ulik modenhet. For løsmasseakviferer er medianverdiene for alkalitet og elektrisk ledningsevne omtrent den samme i kilder og i brønner, mens medianverdien for pH er signifikant høyere for grunnvann fra kilder, sannsynligvis på grunn av større anledning for utlufting av oppløst karbondioksidgass.

For fjellakviferer er medianverdiene for både pH, alkalitet og elektrisk ledningsevne praktisk talt de samme i brønner og kilder. Imidlertid er flertallet av kildene lokalisert i kalkrike bergarter, noe som gjenspeiles i en signifikant høyere medianverdi for kalsium-konsentrasjoner. Alkaliteten i kildene skyldes altså vesentlig karbonatforvitring, mens alkaliteten i brønnene kan ha sin årsak i silikatforvitring og/eller sulfatreduksjon. Turbiditeten er signifikant høyere i brønner enn i kilder for både fjell og løsmasser og viser at det er en fordel at vannet er kontinuerlig strømmende.

LGN er et verktøy for referanseovervåkning av grunnvann i Norge. Det er viktig å holde tradisjonene i hevd fordi verdien av gode og sammenliknbare data øker for hvert år som går. Samtidig må opplegget videreutvikles og kunne følge nye trender i forskning og forvaltning.

Referanser

- Henriksen, A. & Kirkhusmo, L.A. (2000) Effects of clear-cutting of forest on the chemistry of a shallow groundwater aquifer in southern Norway. *Hydrology and Earth System Sciences* 4(2), 321-331.
- Jæger, Ø., Grimstvedt, A., Frengstad, B. & Reimann, C. (2006) Groundwater contamination from well points – An experience from the Norwegian groundwater monitoring network. *Science of the Total Environment* 367, 437-440.

Predicting potential spreading of PAH's from sub-aqueous disposal of dredged sediments in the Oslo harbour

Anders Bergsli, *Department of Geosciences, University of Oslo*

In the Oslo harbour remediation project an amount of 600.000 m³ of sediments is dredged from the harbour area and deposited in Malmøykalven disposal site located in the inner Oslofjord. To the dredged sediments 50% seawater is added before the masses are laid down to the disposal site at 70 m depth in a tube. An assumption is made that during the first 24 hours after the sediments are laid down at the disposal site, an amount equal to the added seawater will leach out. Further we assume that PAHs in the sediments attain equilibrium concentrations with the surrounding water. The release of Phenantrene, Pyrene and Benzo(a)Pyrene in dissolved form, is calculated using either 1) theoretical distribution coefficients (Kd) or 2) observed Kd from laboratory studies with the same sediments (Oen et.al., 2006). The results show that the pore water concentration will be more than 40.000 times overestimated (phenantrene) using the theoretical values. When values based on Kd_{observed} are used, concentrations are found that are in accordance with measured values at the disposal site (Pettersen and Cornelissen , 2006).

Our results show that in real life, the behaviour of PAHs may be a lot more complicated than theory indicates. Factors like sediment fractions, oxygen content, sorption and binding to sediments most likely have a complex influence on solubility. Several factors indicate that use of theoretical distribution coefficients will overestimate potential environmental consequences.

References:

Oen, A.M.P., Schaanning, M., Ruus, A., Källqvist, T., Cornelissen, G. and Breedveld, G.D. (2006). Predicting Low Biota to Sediment Accumulation Factors of PAHs by using Infinite-Sink and Equilibrium Extraction Methods as well as BC-inclusive modelling. *Chemosphere*, 64, p1412-1420

Pettersen A., Cornelissen G. (2006). Passive prøvetakere rundt dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. NGI.
http://www.renoslofjord.no/data/f/0/32/09/1_2401_0/PassiveProvetakere2.pdf

Caprock interaction with CO₂: geomechanical/geochemical effects

Magnus Soldal and Per Aagaard, *Department of Geosciences, University of Oslo*

The global need for a reduction in CO₂ emissions has been emphasized by international agreements such as the Kyoto protocol and expert evaluations like IPCC. Based on this, IPCC presented a report in 2006 highlighting present gaps in knowledge which need to be addressed concerning CO₂ storage technologies. In this report the development of reliable geochemical-geomechanical simulation models is classified as important. The same is valid for improved fracture detection and characterization of leakage potential.

The interaction between acidic CO₂-rich fluids and shale/mudstone may cause dissolution of the cap rock and thereby pose a leakage risk. At the same time, the interaction provides metals necessary for trapping CO₂ in carbonates. The changes in the water chemistry can reveal information about the reactions taking place at the gas-cap rock interface. The effects of dissolution of minerals from the cap rock will be addressed in this thesis. How will the geomechanical properties of the cap rock be affected by the geochemical interaction with CO₂ or CO₂ saturated water? Studies have shown that the porosity can be affected, which could lead to either an increase or a decrease in the stability of the cap rock. This is mainly a consequence associated with the formation of secondary minerals. A different effect may arise from the dissolution of minerals from the cap rock. The upward pressure present in the “gas-zone” may be able to counteract the potential effects of this.

In the case of cap rocks containing fractures, one would expect flow along the fractures. The geochemical effects of the interaction between CO₂ and CO₂-rich water in the fractures can be investigated with a scanning electron microscope (SEM). In addition to the chemical reactions themselves, the location of the dissolution/precipitation will be examined.

This thesis will be based on both geomechanical testing and geochemical analysis. The behaviour of fractures initiated in cap rocks will be investigated using a shear test apparatus. As already mentioned, changes in microstructure along the fractures will be analysed by a scanning electron microscope.

Determination of soil moisture in arid regions of eastern Sudan using the time domain reflectometry (TDR), and the ground penetration radar (GPR)

Tarig Abdu, *University of Oslo*

In arid regions, the potential evapotranspiration exceeds the received precipitation resulting in limiting the waters available for bioactivities in the arid ecosystem. The amount of water present in the soil is considered the main factor controlling the plant growth and vegetation cover in arid regions. Several methods are used to determine the soil water content among them the time domain reflectometry (TDR) and ground penetration radar (GPR). TDR is a relatively new method for measuring water content. It is based on the relationship between the dielectric constant and the soil water content. The electrical response in soils depends mainly on the soil's texture, structure, soluble salts, water content, temperature, density, and frequency of measurement (Topp et al, 1980). At frequencies between 1 MHz and 1 GHz the dielectric constant is weakly dependent on frequency and soil type & density, while it appears to show a high sensitivity to soil volumetric water content (Topp et al, 1980). The dielectric constant is found by launching an electromagnetic pulse into the porous medium, and then measure the transit time of the launched pulse along a pair of metallic parallel rods of known length inserted into the medium (Jensen, 2001). The soil water content can then be obtained using the dielectric- water content numerical equations (Topp et al, 1980). GPR system consists of a signal (radiowave) generator, transmitting and receiving antennae, and a receiver. The transmitter antenna generates a wave train of radio waves which propagate away into the medium. The receiving antenna will receive the reflected portion of the radiowaves. The propagation of the radiowaves is related to the electromagnetic properties of materials which are controlled by the composition and water content. The dielectric constant of the porous medium is related to the water content, and it can be found from propagation & attenuation of the radiowaves through the medium (Reynolds, 1997). The TDR & GPR methods will be combined in an attempt to determine the soil water content in the area of study (eastern of Sudan). Results are expected to be satisfactory as the TDR measure in a point scale, and GPR can cover a relatively large area.

References:

- Jensen Karsten Høgh, 2001. *Soil Physical Processes*. ISVA, Technical University of Denmark.
- Reynolds John M., 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. John Wiley & Sons Ltd, England.
- Topp G. C., J. L. Davis, A. P. Annan, 1980. *Electromagnetic Determination of Soil Water Content: Measurements in Coaxial Transmission Lines*. Water resour. Res. 16, 574-582.