

Rapport nr.: 2005.007		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
<p>Tittel:</p> <p>Program og sammendrag for "Det 14. seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi", NGU 8.-9. februar 2005.</p>				
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: 64	Pris: kr 85,-	
Feltarbeid utført:		Rapportdato: 02.02 .2005	Prosjektnr.: 2718.00	Ansvarlig:
<p>Sammendrag:</p> <p>Rapporten presenterer program, deltagerliste og sammendrag av foredrag for «Det 14. Seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi» ved NGU 8.-9. februar 2005.</p> <p>Rapporten inneholder sammendrag fra 27 foredrag og 7 plakatpresentasjoner.</p> <p>Foredragene er gruppert i hovedtemaene miljøgeokjemi og hydrogeologi, og i samme rekkefølge som i programmet.</p> <p>Det er påmeldt 83 deltagere til seminaret hvorav 32 er ansatt ved NGU.</p>				
Emneord: Hydrogeologi		Hydrogeokjemi		Geokjemi
		Miljøgeokjemi		
				Fagrapport

INNHold

Seminarprogram	6
Deltakerliste	11
Sammendrag:	
<i>Kan faktorer i naturmiljøet være medvirkende årsak til multippel sklerose?</i>	
Bjørn Bølviken, NGU & Terje Strand, Statens strålevern.....	15
<i>A multidisciplinary approach to radon hazard evaluation in the Oslo region</i>	
Mark Smethurst, NGU, Terje Strand, Statens strålevern, Tor Erik Finne & John F. Dehls, NGU	16
<i>Hydrogeologiske undersøkelser og miljørisikovurdering ved RIRs deponi i Årødalen</i>	
Rolf E. Forbord & Bernt Olav Hilmo, Asplan Viak Sør	18
<i>Sorpsjon og nedbrytning av legemidler, kosmetikkstoffer og hormonforstyrrende stoffer i et anaerobt miljø – kolonneforsøk med vann fra en kommunal fylling</i>	
Anne Kristine Søvnik, T. Eggen, P. Snilsberg, Jordforsk, M. Möder, UFZ, H.R. Norli, Jordforsk, J. Haltbakk, NTNU, G. Åsli, Jordforsk & A. Stuanes, UMB	20
<i>Distribution and chemical fractionation of heavy metals in natural soils near the zinc smelter in Odda</i>	
Monica I. Lian, NTNU/Høgskolen i Østfold, Eiliv Steinnes, NTNU & Hans Blom, Høgskolen i Østfold	22
<i>Distribution of 32 trace metals in natural organic surface soils: Contributions from natural and anthropogenic sources</i>	
Tord Nygård, Eiliv Steinnes, NTNU & Oddvar Røyset, NILU	23
<i>Geokjemisk kartlegging av avgangsdeponiet på Storz</i>	
Kleiv, R.A., Maria Thornhill, Ellefmo, S.L., Ludvigsen, E. & Sandøy, R., NTNU	24
<i>Geokjemiske reaksjoner i reservoarer etter CO₂ injeksjon – Reaktivitet til glaukonitt og dawsonitt</i>	
Per Aagaard, UiO, Helge Hellevang, UiB, Eric H. Oelkers, Laboratoire des Mécanismes et Transferts en Géologie & Bjørn Kvamme, UiB	26
<i>Mineralogisk og geokjemisk kartlegging av gruvesandmagasiner: "case study" fra sydvest USA</i>	
Ingar Walder & Patrizia Walder, Kjeøy Research and Education Center	27
NGU-NYTT	
<i>Pb-isotoper – en metode for å beregne andel antropogent bly i naturlig jord,</i>	
Ola M. Sæther, Tor Erik Finne & Belinda Flem	28
<i>Miljøtilstanden ved opplagsplasser for småbåter,</i> Morten Jartun & Tore Volden	29
<i>Sporing av PCB i sjøenære fyllmasser til marine resipienter – eksempel fra Trondheim,</i>	
Henning Jensen, NGU & Bjørn Munro Jensen, NTNU	30
<i>Urban risk: PCB i sandfang rundt havnebasenget i Bergen,</i> Morten Jartun, Rolf Tore Ottesen & Tore Volden	31
<i>Dioksiner og furaner i Trondheim,</i> Malin Andersson	32

<i>Permeable Reactive Barrier as a tool for remediation of contaminated groundwater, Katedan, India</i>	
Kim Rudolph-Lund & Jan Erik Sørli, NGI	34
<i>Reduction and closure of groundwater extraction in coastal areas, the Netherlands</i>	
Hans de Beer, Wareco Amsterdam bv, the Netherlands	35
<i>Grunnvann og lavvann – en nyttig sammenheng</i>	
Wai Kwok Wong & Hervé Colleuille, NVE	37
<i>Distribuert modellering av vannbalanse</i>	
Stein Beldring, NVE	39
<i>Fysikalsk-kjemisk drikkevannskvalitet i godkjenningspliktige grunnvannservk i Norge</i>	
Peder Eide Helgason, Norconsult AS & Bjørn Frengstad, NGU	41
<i>Brønnkvalitet – videoinspeksjon av borebrønner i fjell</i>	
Gaute Storrø & Frank Sivertsvik, NGU	43
<i>Analyse of regional and local groundwater flow at Hovemoen and Korgen waterworks in Lillehammer – Water chemistry as a rapid tool to estimate the bank infiltration part in groundwater extraction</i>	
Michael René Helgestad, Per Aagaard, UiO & Kevin Tuttle, Norconsult AS	44
<i>Finnes det hydrogeologer i Norge i framtiden?</i>	
Jan Cramer, NGU & Per Aagaard, UiO	46
<i>Dypforvitring og grunnvann i Osloregionen</i>	
Odleiv Olesen, NGU	47
<i>Bruk av 2D resistivitet til kartlegging av svakhetssoner i fjell</i>	
Guri Venvik, Einar Dalsegg, Jan Steinar Rønning & Harald Elvebakk, NGU	49
<i>Assessment of Tunnel Leakage in a Fractured Aquifer: From Data Sampling to Numerical Modeling</i>	
Bekkeheien, R.L., UiO, Cuisiat, F.D.E., NGI, Tuttle, K.J., Norconsult AS, Andresen, A., & Aagaard, P., UiO	50
<i>Grunnvannsbaserte grunnvarmeanlegg – erfaringer fra mer enn 20 års drift</i>	
Kirsti Midttømme & Randi Kalskin Ramstad, NGU	51
<i>Grunnvarme fra fast fjell – god lønnsomhet ved bruk av grunnvann</i>	
Randi Kalskin Ramstad, NGU/NTNU, Bernt Olav Hilmo, Asplan Viak AS & Bjørge Brattli, NTNU	52

PLAKATPRESENTASJONER

Postersesjon tirsdag 8. februar kl. 1600

<i>The New Rijksmuseum - Hydrogeologic measures to protect the wooden pile foundation</i>	
Hans de Beer, Wareco Amsterdam bv, the Netherlands	54
<i>Spatial variation of groundwater recharge in a semi-arid environment – Serowe, Botswana</i>	
L.M. Magombedze, B. Frengstad, NGU & M.W. Lubczynski, International Institute of Geoinformation Science and Earth Observation	56
<i>Grunnvatn på Ihla da Inhaca, Mosambik: trua av turisme og overforbruk av grunnvatn</i>	
Camilla Oddenes, Hanne-Kristine Risdal & Bjørg Lirhus, Universitetet for miljø- og biovitenskap	57
<i>2D resistivitet - nye muligheter for geofysisk kartlegging i områder med marine sedimenter</i>	
Atle Dagestad & Einar Dalsegg, NGU	59
<i>Forurensing av det marine miljøet i indre farvann – kilder på land og typer forurensing</i>	
Henning K.B. Jensen, Morten Jartun & Tore Volden, NGU	60
<i>Undersøkingar av tre nye borebrønnar på NLH sitt område</i>	
Ingvar Åberge, Universitetet for miljø- og biovitenskap	62
<i>Lead isotopes in river sediments and soils next to a highway in Trondheim, Norway</i>	
T. Gjeldokk, NTNU, <u>O.M. Sæther</u> , NGU, B. Brattli, NTNU & S. Lierhagen, NINA	63

DET 14. SEMINAR OM HYDROGEOLOGI OG
MILJØGEOKJEMI

Tirsdag 8. og onsdag 9. februar 2005
Knut S. Heiers konferansesenter, NGU
Leiv Eirikssons vei 39, Lade, Trondheim

PROGRAM

Tirsdag 8. februar

0900 – 0930 Registrering

0930 – 0940 Åpning av seminaret v/adm.dir. Arne Bjørlykke

Miljøgeokjemi

Ordstyrer Eiliv Steinnes

0940 – 1010 ***Innledende foredrag om koblingen mellom miljø og helse***
Jan Alexander, Nasjonalt Folkehelseinstitutt

1010 – 1030 ***Kan faktorer i naturmiljøet være medvirkende årsak til multippel sklerose?***
Bjørn Bølviken, NGU & Terje Strand, Statens strålevern

1030 – 1050 ***A multidisciplinary approach to radon hazard evaluation in the Oslo region***
Mark Smethurst, NGU, Terje Strand, Statens strålevern, Tor Erik Finne & John F. Dehls, NGU

1050 – 1110 ***DISKUSJON/SPØRSMÅL – Innledning v/Eiliv Steinnes***

1110 – 1130 ***Kaffe***

Ordstyrer Tor Erik Finne

1130 – 1150 ***Hydrogeologiske undersøkelser og miljørisikovurdering ved RIRs deponi i Årødalen***
Rolf E. Forbord & Bernt Olav Hilmo, Asplan Viak Sør

- 1150 – 1210 *Sorpsjon og nedbrytning av legemidler, kosmetikkstoffer og hormonforstyrrende stoffer i et anaerobt miljø – kolonneforsøk med vann fra en kommunal fylling*
Anne Kristine Søvik, T. Eggen, P. Snilsberg, Jordforsk, M. Möder, UFZ, H.R. Norli, Jordforsk, J. Haltbakk, NTNU, G. Åsli, Jordforsk & A. Stuanes, UMB
- 1210 – 1230 *Biobrensel i et miljøperspektiv*
Morten Fossum, Trondheim Energiverk
- 1230 – 1330 *Lunsj*
- Ordstyrer Berit Forbord Moen*
- 1330 – 1350 *Distribution and chemical fractionation of heavy metals in natural soils near the zinc smelter in Odda*
Monica I. Lian, NTNU/Høgskolen i Østfold, Eiliv Steinnes, NTNU & Hans Blom, Høgskolen i Østfold
- 1350 – 1410 *Distribution of 32 trace metals in natural organic surface soils: Contributions from natural and anthropogenic sources*
Tord Nygård, Eiliv Steinnes, NTNU & Oddvar Røyset, NILU
- 1410 – 1430 *Geokjemisk kartlegging av avgangsdeponiet på Storz*
Kleiv, R.A., Maria Thornhill, Ellefmo, S.L., Ludvigsen, E. & Sandøy, R., NTNU
- 1430 – 1440 *Kaffe*
- 1440 – 1500 *Geokjemiske reaksjoner i reservoarer etter CO₂injeksjon – Reaktivitet til glaukonitt og dawsonitt*
Per Aagaard, UiO, Helge Hellevang, UiB, Eric H. Oelkers, Laboratoire des Mécanismes et Transferts en Géologie & Bjørn Kvamme, UiB
- 1500 – 1520 *Mineralogisk og geokjemisk kartlegging av gruvesandmagasiner: "case study" fra sydvest USA*
Ingar Walder & Patrizia Walder, Kjeøy Research and Education Center
- 1520 – 1600 **NGU-NYTT**
Miljøgeokjemilaget ved NGU presenterer noen av sine prosjekter:
- *Pb-isotoper – en metode for å beregne andel antropogent bly i naturlig jord*,
Ola M. Sæther, Tor Erik Finne & Belinda Flem

- *Miljøtilstanden ved opplagsplasser for småbåter*, Morten Jartun & Tore Volden
- *Sporing av PCB i sjønære fyllmasser til marine resipienter – eksempel fra Trondheim*, Henning Jensen, NGU & Bjørn Munro Jenssen, NTNU
- *PCB i sandfang rundt havnebassenget i Bergen*, Morten Jartun, Rolf Tore Ottesen & Tore Volden
- *Dioksiner og furaner i Trondheim*, Malin Andersson

1600 – *Postersesjon med forfriskninger*

1900 *Seminarmiddag på Lian Herregård*

-----O-----

Onsdag 9. februar

Hydrogeologi

Ordstyrer Atle Dagestad

0900 – 0930 *Permeable Reactive Barrier as a tool for remediation of contaminated groundwater, Katedan, India*

Kim Rudolph-Lund & Jan Erik Sørli, NGI

0930 – 0950 *Reduction and closure of groundwater extraction in coastal areas, the Netherlands*

Hans de Beer, Wareco Amsterdam bv, the Netherlands

0950 – 1010 *Grunnvann og lavvann – en nyttig sammenheng*

Wai Kwok Wong & Hervé Colleuille, NVE

1010 – 1030 *Distribuert modellering av vannbalanse*

Stein Beldring, NVE

1030 – 1050 *Kaffe*

1050 – 1110 *Fysikalsk-kjemisk drikkevannskvalitet i godkjenningspliktige grunnvannsverk i Norge*

Peder Eide Helgason, Norconsult AS & Bjørn Frengstad, NGU

1110 – 1130 *Brønnkvalitet – videoinspeksjon av borebrønner i fjell*

Gaute Storrø & Frank Sivertsvik, NGU

1130 – 1150 ***Analyse of regional and local groundwater flow at Hovemoen and Korgen waterworks in Lillehammer – Water chemistry as a rapid tool to estimate the bank infiltration part in groundwater extraction***

Michael René Helgestad, Per Aagaard, UiO & Kevin Tuttle, Norconsult AS

1150 – 1210 ***Finnes det hydrogeologer i Norge i framtiden?***

Jan Cramer, NGU & Per Aagaard, UiO

1210 – 1230 ***DISKUSJON/SPØRSMÅL – Innledning v/Atle Dagestad***

1230 – 1330 ***Lunsj***

Ordstyrer Jan Cramer

1330 – 1350 ***Dypforvitring og grunnvann i Osloregionen***

Odleiv Olesen, NGU

1350 – 1410 ***Bruk av 2D resistivitet til kartlegging av svakhetssoner i fjell***

Guri Venvik, Einar Dalsegg, Jan Steinar Rønning & Harald Elvebakk, NGU

1410 – 1430 ***Assessment of Tunnel Leakage in a Fractured Aquifer: From Data Sampling to Numerical Modeling***

Bekkeheien, R.L., UiO, Cuisiat, F.D.E., NGI, Tuttle, K.J., Norconsult AS, Andresen, A., & Aagaard, P., UiO

1430 – 1440 ***Kaffe***

1440 – 1500 ***Grunnvannsbaserte grunnvarmeanlegg – erfaringer fra mer enn 20 års drift***

Kirsti Midttømme & Randi Kalskin Ramstad, NGU

1500 – 1520 ***Grunnvarme fra fast fjell – god lønnsomhet ved bruk av grunnvann***

Randi Kalskin Ramstad, NGU/NTNU, Bernt Olav Hilmo, Asplan Viak AS & Bjørge Brattli, NTNU

1520 – 1600 ***Diskusjon og avslutning med utdeling av NHR-pris***

PLAKATPRESENTASJONER

The New Rijksmuseum - Hydrogeologic measures to protect the wooden pile foundation

Hans de Beer, Wareco Amsterdam bv, the Netherlands

Spatial variation of groundwater recharge in a semi-arid environment – Serowe, Botswana

L.M. Magomedze, B. Frengstad, NGU & M.W. Lubczynski, International Institute of Geoinformation Science and Earth Observation

Grunnvatn på Ihla da Inhaca, Mosambik: trua av turisme og overforbruk av grunnvatn

Camilla Oddenes, Hanne-Kristine Risdal & Bjørg Lirhus, Universitetet for miljø- og biovitenskap

2D resistivitet - nye muligheter for geofysisk kartlegging i områder med marine sedimenter

Atle Dagestad & Einar Dalsegg, NGU

Forurensing av det marine miljøet i indre farvann – kilder på land og typer forurensing

Henning K.B. Jensen, Morten Jartun & Tore Volden, NGU

Undersøkingar av tre nye borebrønnar på NLH sitt område

Ingvar Åberge, Universitetet for miljø- og biovitenskap

Lead isotopes in river sediments and soils next to a highway in Trondheim, Norway

T. Gjeldokk, NTNU, O.M. Sæther, NGU, B. Brattli, NTNU & S. Lierhagen, NINA

DELTAKERE

Etternavn	Fornavn	Institusjon/bedrift	Adresse	Postnr./-sted	Tlf.	Fax	E-post
Alexander	Jan	Nasjonalt Folkehelseinstitutt					jan.alexander@fhi.no
Andersen	Kirsti	Geolab Nor AS	Hornebergveien 5	7038 TRONDHEIM	73964000	73965974	kian@geolabnor.no
Andersson	Malin	NGU		7491 TRONDHEIM	73904321	73921620	malin.andersson@ngu.no
Bekkeheien	Raymond Lie	Universitetet i Oslo, Institutt for geofag	Postboks 1047 Blindern	0316 OSLO	90882154		r.l.bekkeheien@geo.uio.no
Beldring	Stein	Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Postboks 5091 Majorstua	0301 OSLO	22959030	22959216	stein.beldring@nve.no
Berg	Tomm	NGU		7491 TRONDHEIM	73904375	73921620	tomm.berg@ngu.no
Bliksås	Marianne	Norsk Geologisk Forening	c/o NGU	7491 TRONDHEIM	73904468		marianne@geologi.no
Bølviken	Bjørn		Rute 512	2848 SKREIA			bjorn.bolviken@ngu.no
Båsum	Trond	Båsum Boring AS		3535 KRØDEREN	32147820	32147970	trond@basum.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
Dalby	Rune	AnalyCen AS	Postboks 3124	1506 MOSS	69279822/ 91339812		rune.dalby@analycen.no
Dagestad	Atle	NGU		7491 TRONDHEIM	73904360	73921620	atle.dagestad@ngu.no
de Beer	Hans		Ola Setroms veg 25B	7024 TRONDHEIM	72568294		hdebeer@online.no
Finne	Tor Erik	NGU		7491 TRONDHEIM	73904319	73921620	tor.finne@ngu.no
Finnesand	Torstein	Statens forurensningstilsyn (SFT)	Postboks 8100 Dep.	0032 OSLO	22573400	22676706	torstein.finnnesand@sft.no
Flem	Belinda	NGU		7491 TRONDHEIM	73904342	73921620	belinda.flem@ngu.no
Forbord	Rolf E.	Asplan Viak Sør	Postboks 6723	7031 TRONDHEIM	73984415	73949790	rolfe.forbord@asplanviak.no
Forren	Roar	Båsum Boring Trøndelag A/S	Postboks 115	7358 BØRSA	72867550	72867551	roar@basum.no
Fossum	Morten	Trondheim Energiverk					morten.fossum@tev.no
Fredriksen	Louise	Oslo kommune, Plan- og bygningsetaten	Postboks 364 Sentrum	0102 OSLO	23491218		louise.fredriksen@pbe.oslo.kommune.no
Frengstad	Bjørn	NGU		7491 TRONDHEIM	73904380	73921620	bjorn.frengstad@ngu.no
Gaut	Amund	Sweco Grøner	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	73106200	73106230	siri.greiff@multiconsult.no
Grimstvedt	Andreas	NGU		7491 TRONDHEIM	73904366	73921620	andreas.grimstvedt@ngu.no
Gundersen	Pål	NGU		7491 TRONDHEIM	73904312	73921620	pal.gundersen@ngu.no
Etternavn	Fornavn	Institusjon/bedrift	Adresse	Postnr./-sted	Tlf.	Fax	E-post

Haugland	Torill	NGU		7491 TRONDHEIM	73904300	73921620	toril.haugland@ngu.no
Helgason	Peder Eide	Norconsult	Smørblomstvn. 27	9100 KVALØYSLETTA	92606253		pederhe@yahoo.com
Helgestad	Michael René	Universitetet i Oslo	Postboks 1047	0316 OSLO	97011026		michaerh@student.matnat.uio.no
Henriksen	Helge	Høgskulen i Sogn og Fjordane, avd. for ingeniør- og naturfag	Postboks 133	6851 SOGDAL	57676231	57676201	helge.henriksen@hisf.no
Hilmo	Bernt Olav	Asplan Viak	Postboks 6723	7031 TRONDHEIM	73984414	73949790	berntolav.hilmo@asplanviak.no
Holmøy	Kristin H.	NTNU		7491 TRONDHEIM	91857995		kriholm@imap.ansatt.ntnu.no
Holthe	Mari Kristina	NTNU		7491 TRONDHEIM	93210976		holthe@stud.ntnu.no
Jartun	Morten	NGU		7491 TRONDHEIM	73904309	73921620	morten.jartun@ngu.no
Jensen	Henning K.B.	NGU		7491 TRONDHEIM	73904305	73921620	henning.jensen@ngu.no
Jæger	Øystein	NGU		7491 TRONDHEIM	73904314	73921620	oystein.jager@ngu.no
Kirkhusmo	Lars A.	NGU	Atriumv. 2D	1406 SKI	64889094		lars.kirkhusmo@ngu.no
Knutsen	Kjell Einar	Opticonsult AS	Storetveitveien 98	5073 BERGEN	55275000	55275001	kjell.einar.knutsen@opticonsult.com
Kvitsand	Hanne Margrethe Lund	Rambøll Norse AS	Ilsvikvn. 32	7493 TRONDHEIM	73841133/ 92423909	73841110	hanne.kvitsand@ramboll.no
Lian	Monica Ihlebæk	Høgskolen i Østfold/NTNU	Valaskjold	1705 SARPSBORG	97537587		monica.i.lian@hiof.no
Lie	Rickard	Østfold brønnboring AS	Postboks 86	1621 GRESSVIK	69329403	69329406	
Lirhus	Björg	Universitetet for miljø- og biovitenskap	Postboks 506	1432 ÅS	99704687		blirhu@student.umb.no
Løvdal	Øystein	Fredrikstad kommune, Avd. miljørettet helsevern	Postboks 1405	1602 FREDRIKSTAD	69305646		oysl@fredrikstad.kommune.no
Magombedze	Liliosa Masenga	NGU		7491 TRONDHEIM	73904336	73921620	liliosa.magombedze@ngu.no
Midttømme	Kirsti	NGU		7491 TRONDHEIM	73904316	73921620	kirsti.midttomme@ngu.no
Misund	Arve	COWI AS	Strandgaten 32	4400 FLEKKEFJORD	38327650	38327651	armi@cowi.no
Moen	Berit Forbord	NGU		7491 TRONDHEIM	73904490	73921620	berit.moen@ngu.no
Morgan	Elin K.	Opticonsult AS	Storetveitveien 98	5073 BERGEN	55275000	55275001	elin.k.morgan@opticonsult.com
Oddenes	Camilla	Universitetet for miljø- og biovitenskap	Postboks 506	1432 ÅS	99572044		codden@student.umb.no
Olesen	Odleiv	NGU		7491 TRONDHEIM	73904456	73921620	odleiv.olesen@ngu.no
Olsen	Berit Brehme	Geolab Nor AS	Hornebergveien 5	7038 TRONDHEIM	73964000	73965974	beol@geolabnor.no
Ottesen	Rolf Tore	NGU		7491 TRONDHEIM	73904302	73921620	rolf.tore.ottesen@ngu.no
Pedersen	Tor Simon	Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Postboks 5091 Majorstua	0301 OSLO	22959205/ 97706154	22959232	tsp@nve.no
Ramstad	Randi Kalskin	NGU		7491 TRONDHEIM	73904304	73921620	randi.kalskin.ramstad@ngu.no
Etternavn	Fornavn	Institusjon/bedrift	Adresse	Postnr./-sted	Tlf.	Fax	E-post

Risdal	Hanne-Kristine	Universitetet for miljø- og biovitenskap	Postboks 506	1432 ÅS	48214304		hkrisd@student.umb.no
Rohr-Torp	Erik	NGU	Holevn. 112	3538 SOLLIHØGDA	32157530		erik.rohr-torp@ngu.no
Rudolph-Lund	Kim	NGI	Sognsvn. 72	0855 OSLO	22023087	22230448	krl@ngi.no
Rønning	Jan Steinar	NGU		7491 TRONDHEIM	73904441	73921620	jan.steinar.ronning@ngu.no
Schiellerup	Henrik	NGU		7491 TRONDHEIM	73904220	73921620	henrik.schiellerup@ngu.no
Sivertsvik	Frank	NGU		7491 TRONDHEIM	73904486	73921620	frank.sivertsvik@ngu.no
Skarphagen	Helge	Båsum Boring A/S		3535 KRØDEREN	32147820	32147970	helge@basum.no
Solevåg	Øystein	Bergfald & Co as	Solavågsvegen 90	6037 EIDSNES	70194016	70194017	oystein@bergfald.no
Steinnes	Eiliv	NTNU, Institutt for kjemi		7491 TRONDHEIM	73596237		eiliv.steinnes@chem.ntnu.no
Storrø	Gaute	NGU		7491 TRONDHEIM	73904315	73921620	gaute.storro@ngu.no
Strand	Terje	Statens strålevern	Postboks 55	1332 ØSTERÅS	67162500/ 4731456	67147407	terje.strand@nrpa.no
Sæther	Ola Magne	NGU		7491 TRONDHEIM	73904372	73921620	ola.sather@ngu.no
Støver	Lise	Geolab Nor AS	Hornebergveien 5	7038 TRONDHEIM	73964000	73965974	lise@geolabnor.no
Sørdal	Torbjørn	NGU		7491 TRONDHEIM	73904201	73921620	torbjorn.sordal@ngu.no
Søvik	Anne Kristine	Jordforsk	Frederik A. Dahls vei 20	1432 ÅS	64948126	64948110	anne-kristine.sovik@jordforsk.no
Thornhill	Maria	NTNU, Institutt for geologi og bergteknikk		7491 TRONDHEIM	73594916	73594814	maria.thornhill@geo.ntnu.no
Tvedten	Sissel	Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Postboks 5091 Majorstua	0301 OSLO		22959216	
Venvik	Guri	NGU		7491 TRONDHEIM	73904313	73921620	guri.venvik@ngu.no
Valde	Sverre	Oslo kommune, Plan- og bygningsetaten	Postboks 364 Sentrum	0102 OSLO	23491216		sverre.valde@pbe.oslo.kommune.no
Volden	Tore	NGU		7491 TRONDHEIM	73904320	73921620	tore.volden@ngu.no
Walder	Ingar	Kjeøy Research and Education Center	Kjeøy	8581 VESTBYGD	76931751	76931188	ifwalder@kjeoy.no
Wong	Wai Kwok	Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Postboks 5091 Majorstua	0301 OSLO	22959388	22959216	wkw@nve.no
Østhassel	Einar	Maskinentr. forbund, avd. brønn- og spesialboring	Fred Olsens gt. 3	0152 OSLO	22402900/ 90866303	33468846	einar.osthassel@mef.no
Aa	Kari	Statens forurensningstilsyn (SFT)	Postboks 8100 Dep.	0032 OSLO	22573526	22676706	kari.aa@sft.no
Åberge	Ingvar		Postboks 534	1432 ÅS	99382548		ingvar.aberge@student.nlh.no
Aagaard	Per	Universitetet i Oslo	Postboks 1047 Blindern	0316 OSLO	22856644	22854215	per.aagaard@geo.uio.no
Aavik	Gunnar	Oslo kommune, Plan- og bygningsetaten	Postboks 364 Sentrum	0102 OSLO	23491215	23491462	gunnar.aavik@pbe.oslo.kommune.no

FOREDRAG

8. februar

Kan faktorer i naturmiljøet være medvirkende årsak til multippel sklerose?

Bjørn Bølviken¹ & Terje Strand²

¹ *Norges geologiske undersøkelse*, ² *Statens strålevern*

Multippel sklerose (MS) er en alvorlig nervesykdom, som er relativt vanlig i vårt land i forhold til lengre syd i Europa. Årsaken til MS er ufullstendig kjent, men forskerne er enige om at både arv og miljø spiller en rolle. I Syd-Norge fordeler forekomsten av MS seg med lave rater langs kysten og høye rater i innlandet. Ved NGU har vi undersøkt om det kan være noen samvariasjon mellom denne fordeling og geografiske fordelinger av kjemiske og andre typer naturparametre. Den slags sammenhenger er kjent flere steder i verden for visse endemiske sykdommer. Her i landet har forholdene fluor/tannråte og jod/struma vært mest i søkelyset. I samarbeid med Statens strålevern har vi funnet at for rurale kommuner i Syd-Norge øker forekomsten av MS med innholdet av radon i boligluft, mens den minker med innholdet av sjøsalter i nedbør. Begge disse korrelasjoner er statistisk signifikante. På grunnlag av slike resultater har vi fremmet en hypotese om at radon kanskje kan være en av risikofaktorene bak utvikling av MS. Denne hypotesen undersøkes nå nærmere ved radonmålinger i hus der MS-pasienter bor eller har bodd.

A multidisciplinary approach to radon hazard evaluation in the Oslo region

M.A. Smethurst¹, T. Strand², T.E. Finne¹ & J.F. Dehls¹

¹ Geological Survey of Norway, ² Norwegian Radiation Protection Authority

Norway has one of the highest concentrations of radon-222 in indoor air in the world. This is due to the geology, climate and building construction methods. It is estimated that there are 150,000 residential buildings in Norway with radon concentrations over the intervention threshold of 200 Bq/m³. Prolonged inhalation of radon daughters significantly increases the probability of developing lung cancer.

The present initiative differs from earlier studies in the Oslo region through the use of airborne gamma ray spectrometry (AGRS) to generate a high-resolution radium-226 map of the entire Oslo region. The data set is a compilation of 11 AGRS surveys covering 75 km x 140 km of the area around Oslo. (Line spacing 100, 200 and 250 m; elevation 60 and 80 m; speed 100 and 200 km/h; NaI detector volume 16 and 32 l; total flown profiles 50,000 km).

The map, verified by ground follow-up, is a measure of radon availability in the upper 30 cm of the ground. A multidisciplinary approach is required to (a) explain the highly variable spatial distribution of radon in the ground, and to (b) establish key relationships between radon in the ground outdoors and hazardous levels of radon indoors.

We have examined the relationships between equivalent radon availability (from AGRS), bedrock geology, overburden, surface conditions, groundwater, topography and the physical infrastructure of urban areas. The primary radon pattern clearly stems from large granite and mangerite bodies as well as the alum shale, and is in places strongly modified by fractures and faults, overburden, wetlands, and the fabric of the cities. Examples of these relationships will be shown.

The key question in this investigation is to what extent the quickly and cheaply obtained region-wide radon availability map can be used to determine the likelihood of indoor radon levels exceeding some threshold value in any given geographic area.

The relationship between equivalent radon levels measured using AGRS and indoor radon levels is complicated by seasonal temperature and pressure differences between buildings and the ground, by choice of heating and ventilation methods, and by construction factors such as foundation type and use of membranes. Nevertheless, we have found a clear relationship between outdoor and indoor radon levels that can be applied on a large scale to predict the likelihood of indoor radon levels exceeding the Norwegian intervention level of 200 Bq/m³.

We compared known radon levels for dwellings in the Oslo region with average (equivalent) radon levels within 200 m of those dwellings from AGRS mapping. We found a clear linear relationship between outdoor levels and the percentage of dwellings with radon levels over the intervention level. (The linear relationship holds between 0% and 70% and has a regression coefficient of 0.96.)

Applying this relationship, we have transformed the equivalent radon availability map from AGRS mapping into a simplified risk map, expressing estimated risk in terms of the probability of dwellings having radon levels in excess of the Norwegian intervention level. After further testing of the underlying the relationship for different categories of dwelling we hope that reliable risk maps may be produced that will be used to identify geographic areas with elevated risk and target them for closer investigation, and to aid in the planning and construction of new residential districts.

Hydrogeologiske undersøkelser og miljørisikovurdering ved RIRs deponi i Årødalen

Rolf Forbord & Bernt Olav Hilmo, *Asplan Viak Sør*

Miljømyndighetene stiller krav til dobbel bunntetting og sigevannsoppsamling for videre drift av avfallsdeponi.

Asplan Viak er engasjert av Romsdalshalvøya Interkommunale Renovasjonsselskap (RIR), for å utføre hydrogeologiske undersøkelser og miljørisikovurdering av bunntetting og oppsamling av sigevann ved deponiet i Årødalen ved Molde. Fylkesmannen i Møre og Romsdal kan etter en slik risikovurdering lempe på kravet om dobbel bunntetting såfremt vurderingen viser at deponiet ikke medfører forurensningsfare for jord, grunnvann eller overflatevann.

Deponiet ble etablert i 1984 og har vært utbygd i fire trinn med forskjellig bunntetting (PE-membran, svelleleire og dobbel membran med svelleleire). Det er anlagt dreneringssystem for sigevann som ledes til offentlig kloakk.

Undersøkelsene ble gjennomført i henhold til SFTs veileder om miljørisikovurdering av bunntetting” (SFT 1995/2003) som legger opp til en trinnvis risikovurdering. Foredraget vil gi en nærmere redegjørelse av undersøkelsesmetodikken.

TRINN 1- KILDEKARAKTERISERING

Undersøkelsene viste at både sigevann og sigevannssediment overskrider SFT’s terskelverdier. Dette gjelder for både næringsstoffer, tungmetaller og organiske miljøgifter. Miljørisikovurderingen må derfor fortsette til trinn 2.

TRINN 2 -TRANSPORTKARAKTERISERING

Vannbalanseberegninger viser at det er godt samsvar mellom beregnet vannmengde inn og målt sigevannsmengde ut fra deponiet (diffus utlekking < 5 %). En klar økning av elektrisk ledningsevne i grunnvannet nedstrøms deponiet i forhold til oppstrøms skyldes diffus utlekking av sigevann. Fortynningsbetraktninger basert på hydrauliske beregninger, vannmengder og ledningsevne målinger viser at den diffuse lekkasje er i størrelsesorden på 2-3 % av den totale vannmengden inn i deponiet.

I følge SFTs veileder må det ved deponier som har over 5% diffust utslipp av sigevann gjøres en resipientkarakterisering. Selv om den diffuse utlekkingen av sigevann er anslått til mindre enn 3 %, har vi valgt å utføre en enkel resipientkarakterisering (trinn 3). Dette skyldes usikre beregninger av diffust utslipp, samt at det var viktig å undersøke i hvilken grad nærliggende overflatevannskilder og grunnvannsforekomster forurenses av sigevann.

TRINN-3 RESIPIENTKARAKTERISERING

Deler av deponiområdet ligger på et grunnvannsmagasin bestående av opptil 10 m vannmettet sand som står i hydraulisk kontakt med Årøelva. Det er påvist en grunnvannsstrøm forbi deponiområdet, slik at grunnvann er en mulig resipient for utlekket sigevann. I foredraget vil det bli lagt vekt på å forklare hvordan grunnvannsstrømmen innvirker på sigevannsspredningen, hvilke tiltak som er iverksatt for å redusere problemet med innstrømmende grunnvann og hvilke konsekvenser utslag av sigevannspåvirket grunnvann har for vannkvaliteten i elva. Analyser på grunnvannsprøver fra brønnene nedstrøms deponiet viser at økningen i ledningsevne skyldes økende innhold av natrium, klorid, kalsium og nitrogen. Innholdet av tungmetaller og organiske forbindelser er lavt. Forurensningstilførselen fra sigevannslekkasje via grunnvannet til Årøelva er ut fra vannbalansebetraktninger og vannanalyser ubetydelig.

ERFARINGER VED BRUK AV SFTs VEILEDER

På grunnlag av risikovurderinger for RIR og ved flere andre avfallsdeponier utført i henhold til SFTs veileder om miljørisikovurdering og bunntetting vil vi påpeke følgende:

Vannballanseberegninger som gir grunnlag for å angi andelen diffust utslipp av sigevann, er komplisert og krever et nøyaktig datagrunnlag for nedbør, nedbørsfelt, fordamping, endringer i avfallets vanninnhold, mengde oppsamlet sigevann og mengde grunnvann som kan strømme inn i deponiet. Nøyaktigheten av dette datagrunnlaget er som regel ikke god nok til å bevise at det diffuse utslippet av sigevann er under 5 % av total vannmengde inn i deponiet. En prosentandel som grenseverdi blir ikke riktig i og med at det er den totale mengde og sammensetning av utlekket sigevann sett i forhold til resipienten som er avgjørende for forurensningsfaren. Etter vår vurdering bør derfor alle slike typer risikovurderinger der det er påvist sigevann over terskelverdiene (trinn1) omfatte en resipientkarakterisering, særlig der det er nærliggende grunnvannsforekomster og overflatevann.

Sorpsjon og nedbrytning av legemidler, kosmetikkstoffer og hormonforstyrrende stoffer i et anaerobt miljø – kolonneforsøk med vann fra en kommunal fylling

Søvik, A.K.¹, Eggen, T.¹, Snilsberg, P.¹, Möder, M.², Norli, H.R.¹, Haltbakk, J.³, Åsli, G.¹ & Stuanes, A.⁴

¹ Jordforsk, ² UFZ, Leipzig, ³ Student, Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU, ⁴ Institutt for plante og miljøvitenskap, UMB

Legemidler, kosmetikkstoffer og ulike hormonforstyrrende stoffer finnes i sigevann fra kommunale fyllinger. Mange fyllinger er plassert på sandige masser og har derfor relativt liten tilbakeholdelseskapasitet for mange av de organiske miljøgiftene som forekommer i sigevannet. Målsetningen med forsøket var å sammenligne ulike stoffers tilbakeholdelse og nedbrytning i sandig akvifermateriale, og følge utviklingen av redoks-parametrene.

Syntetiske musk-forbindelser er svært mye brukt i kosmetikk, vaskemidler, såpe og sjampo. Stoffene har lav vannløselighet og høy K_{ow} og det er dermed stor sjanse for at de ender opp i fettvev og brystmelk. Dette arbeidet tar for seg de to polysykliske musk-forbindelsene Tonalide[®] (AHTN) og Galaxolide[®] (HHCB), som utgjør ca. 95 % av markedet for slike forbindelser.

Mange legemidler blir ikke fullstendig brutt ned i kroppen, og vil dermed ende opp i avløpsvannet både fra private hjem og sykehus. Egenskapene til følgende stoffer har blitt undersøkt: det betennelsesdempende og smertestillende middelet ibuprofen og det antiepileptiske middelet carbamazepine som i litteraturen blir omtalt som et tungt nedbrytbart stoff.

Av hormonforstyrrende stoffer har vi sett på nonylfenol og bisfenol A. Nonylfenol er et nedbrytningsprodukt fra nonylfenoletoksilater, stoffer som i mange år har vært brukt i vaskemiddel, avfettingsmiddel, kosmetikk og maling. Bisfenol A brukes hovedsakelig i produksjonen av polykarbonat-plastikk.

Kolonneforsøket bestod av fire kolonner pakket med ren sand (< 2 mm) og inokulert med en løsning med anaerobe mikroorganismer. To av kolonnene ble så gammabestrålt (26 kGy). Kolonnene ble tilført sigevann anrikt med de ovenfor nevnte stoffer. Utløpsvannet ble analysert for Br^- , de organiske stoffene og redoksparametre ($\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, Fe^{2+} , $\text{SO}_4^{2-}/\text{S}^{2-}$ og CH_4).

Resultatene viste at det var jern-reduserende og deretter sulfatreduserende forhold i de aktive kolonnene. Retardasjonsfaktorer ble beregnet til 7.6, 8.7 and 10.5 for henholdsvis carbamazepin, HHCB and AHTN, mens K_{oc} for de samme stoffene var 1820, 2110 og 2600 l kg^{-1} . Ibuprofen ble sterkt sorbert til sanden, ca. 98 % ble holdt tilbake i den sterile kolonnen. Sammenligning av

total mengde stoff i utløpet fra den sterile og den aktive kolonnen, viste at alle stoffene var nedbrytbare i det anaerobe miljøet. Carbamazepine ble funnet å være det stoffet som var lettest nedbrytbart, i motsetning til tidligere publiserte resultater. Stoffet som ble funnet å være tyngst nedbrytbart var bisfenol A.

Distribution and chemical fractionation of heavy metals in natural soils near the zinc smelter in Odda

Monica I. Lian^{1,2}, Eiliv Steinnes¹ & Hans Blom²

¹*Department of Chemistry, Norwegian University of Science and Technology,* ²*Østfold College*

Heavy metal contamination of natural soils was studied in the vicinity of the zinc smelter in Odda. This smelter has been in operation since 1924. A previous investigation(1) demonstrated severe surface contamination with zinc(Zn), cadmium(Cd), lead(Pb) and mercury(Hg) in this area. The purpose of the present work is to study the development in surface soil pollution and vertical transport of heavy metals since 1970, to estimate their chemical speciation in the soil based on sequential extractions, and to elucidate the exposure to local ecosystems. In 2003 total concentrations of Zn, Cd, Pb and copper(Cu) were determined in samples from 35 locations, and a 5-step sequential extraction scheme(2) was applied on soil profiles from 5 of these locations. In 2004 additional metals including Hg were determined and samples of natural vegetation were collected for chemical analyses.

The degree of surface contamination is very high near the smelter but concentrations decrease rapidly with distance. Concentrations of Cd, Zn, Pb, and Cu up to 45ppm, 5300ppm, 660ppm and 130ppm, respectively are observed. A major part of these metals are retained in the organic surface layer, but there is a distinct downward leakage particularly of Zn and Cd at the most heavily contaminated sites. From the sequential extraction it is apparent that Pb and Cu are bound predominantly to the organic fraction whereas Cd and Zn are mainly observed in the two most mobile fractions.

Concentrations of Cd, Zn, and Pb in the soil in this area clearly exceed acceptable values, taking into account that several thousand people are living within a distance of 3-4 km from the smelter along the prevailing wind directions.

- (1) J. Låg, *Jordforurensning fra industri iOdda*. Ny Jord 61(3), 1-16 (1974).
- (2) A. Tessier, P.G.C. Campbell and M. Bisson., *Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals*. Anal. Chem. 51(7), 844-850 (1979).

Distribution of 32 trace metals in natural organic surface soils: Contributions from natural and anthropogenic sources

Tord Nygård^{1§}, Eiliv Steinnes^{1*} & Oddvar Røyset^{2¶}

¹ *Department of Chemistry, Norwegian University of Science and Technology, ² Norwegian Institute for AirResearch*

Samples from the 0-3 cm layer of organic-rich natural surface soils were collected at 464 sites all over Norway. After decomposition with 14M HNO₃ the concentrations of 33 trace metals were determined by ICP-MS. In order to study geographical trends the sampling sites were divided into 12 regions according to topographic and meteorological criteria and a one-way analysis of variance was applied on the data. Moreover factor analysis was applied on the whole data set and after excluding samples with ash content >30%. This allowed a classification of the elements according to sources as follows:

- Mainly associated with the natural mineral component: Li, Be, Ti, V, Cr, Ge, Zr, REE, Hf.
- Reflecting local geochemistry but enriched in the surface soil by transport from the underlying soil horizons by plants: Mn, Zn, Rb, Cs, Ba.
- Mainly derived from atmospheric supply of marine salts: Sr.
- Depleted in coastal areas, presumably due to replacement with airborne marine cations: Mn, Ga, Rb, Ag, Ba.
- Associated with long-range atmospheric transport of pollutants: Zn, Ge, As, Mo, Cd, Sb, Tl, Pb, Bi.
- Markedly affected by local sources of air pollution: Co, Ni, Cu, Zn, Cd

Thus air pollution from local and distant sources as well as atmospheric transport of cations from the ocean may modify the natural patterns of metals in the topsoil to a great extent, as also shown in previous investigations in Norway.

*Presenting author

§ Present address: Molab AS, NO-8607 Mo i Rana, Norway

¶ Present address: Norwegian Institute for Water Research, POB 173 Kjelsås, NO-0411 Oslo, Norway

Geokjemisk kartlegging av avgangsdeponiet på Storwartz

Kleiv, R.A., Thornhill, M.^{*}, Ellefmo, S.L., Ludvigsen, E. & Sandøy, R., *Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU*

* Prosjektleder: maria.thornhill@geo.ntnu.no

Få steder i Norge er i den grad preget av gruvedrift og bergverksnæring som Røros i Sør-Trøndelag. Fra det første malmfundet i 1644 til A/S Røros Kobberværk avsluttet sin virksomhet i 1977 ble det produsert ikke mindre enn 117.000 tonn kobber og vel 500.000 tonn svovelkis fra et stort antall gruver (Pettersen 2002). Gruvedriften førte imidlertid ikke bare til sysselsetning, verdiskapning og vekst, men også til forurensing av vann og vassdrag. Sur og tungmetallholdig avrenning, som følge av oksidasjon av svovelkis, kobberkis og andre sulfidmineraler, er nærmest uløselig knyttet til områder hvor drift på sulfidmalm har funnet sted over lengre perioder. I slike områder må det ofte gjøres betydelige saneringstiltak etter at driften er avsluttet. I Røros har imidlertid dette arbeidet vært preget av den sterke viljen til å bevare kulturminner og spor etter tidligere tiders virksomhet. Dette har ført til at ikke bare bygninger og infrastruktur er forsøkt bevart, men også forurensningskilder i form av avgangsmasser og veltegoods.

Kobberværkets virksomhet omfattet en rekke gruver spredd over et relativt stort geografisk område fra Ålen i Gauldalen i nord til Os i Østerdalen i sør. Det meste av virksomheten var imidlertid konsentrert i to gruvefelt; Storwartz-feltet og Nordgruvefeltet henholdsvis 10km nordøst og vel 10km nord for den gamle bergstaden. Mens det i Nordgruvefeltet er utført en rekke tekniske tiltak for å redusere forurensningstransporten fra området, har man i Storwartz-feltet ønsket å bevare alt som vitner om tidligere tiders virksomhet. Forurensningskildene har derfor stort sett fått ligge i fred.

Avgangsdeponiet ved oppredningsverket på Nedre Storwartz utgjør hovedkilden til tungmetalltransport fra Storwartz-feltet. Her er det blitt deponert vaskeriavgang siden 1708 og flotasjonsavgang fra 1927 (Nissen 1976). Deponering av flotasjons-avgang fortsatte frem til 1972 da driften i Olavsgruva opphørte. Den årlige forurensnings-transporten fra avgangsdeponiet basert på data fra 2002/03 er anslått til 300-400 tonn sulfat, 1-2 tonn kobber og 3-9 tonn sink (Iversen 2004).

Sommeren 2004 startet Institutt for geologi og bergteknikk et geokjemisk kartleggingsprogram som i første rekke tar sikte på å kartlegge innholdet av tungmetaller i det øverste laget i avgangsdeponiet. Resultatene vil kunne danne grunnlag for vurderinger av forurensningssituasjonen og undersøkelsesmetodene. Resultatene vil også belyse geokjemiske problemstillinger og representere et referansegrunnlag for studier av transiente endringer. Programmet innebærer systematisk prøvetaking, kjemisk/mineralogisk karakterisering, mobilitetsanalyse, geokjemisk modellering, geostatistisk analyse og visualisering av data.

Foreløpige resultater fra den nordligste delen av deponiet viser gode korrelasjoner mellom pH, elektrisk ledningsevne og tungmetall-konsentrasjoner. Resultatene er i samsvar med teoretiske modeller for fortynnede svovelsyre-løsninger og er karakteristiske for systemer preget av sulfidoksidasjon.

Referanser

Pettersen, Ø. 2002: Malmen som bygde en by og et kulturminne. *Geo* 4, 32-39

Iversen, E.R. 2004: *Forurensningstransport i Storwartz-feltet, Røros kommune – Undersøkelser i 2002/2003*. Norsk Institutt for Vannforskning; NIVA-rapport 4792-2004, 28 sider

Nissen, G.B. 1976: *Røros Kobberverk 1644-1974*. ISBN 82-7175-008-9, Trondheim 1976, 298 sider

Geokjemiske reaksjoner i reservoarer etter CO₂ injeksjon – Reaktivitet til glaukonitt og dawsonitt

Per Aagaard¹, Helge Hellevang², Eric H. Oelkers³ & Bjørn Kvamme²

¹ *Institutt for Geofag, UiO*, ² *Institutt for fysikk og teknologi, UiB*, ³ *Laboratoire des Mécanismes et Transferts en Géologie, CNRS; Toulouse*

Injeksjon av superkritisk CO₂ i reservoarer/akvifersystemer vil gi opphav til en serie reaksjoner mellom CO₂-holdig vann og mineraler, og forhåpentligvis føre til at mye av CO₂ til slutt vil ende opp bundet i karbonatmineraler. Det har til nå blitt utført en rekke geokjemiske simuleringer av slike prosesser, selv om kinetiske data for mineraloppløsning og utfelling har vært mangelfulle.

For å danne de vanlige karbonatmineralene som kalsitt, magnesitt, dolomitt og sideritt, trenger man silikatmineraler i reservoaret som inneholder toverdige kationer (Ca, Mg, Fe). Sandsteiner som inneholder plagioklas vil ha en stor reaksjonskapasitet, men det er ofte lite plagioklas i slike reservoarer, grunnet forvitring i kildeområdet eller etter en *in-situ* oppløsning av meteorisk vann. Marine sandsteiner kan ofte ha autigene FeMg mineraler, som f.eks. glaukonitt, som da vil utgjøre viktige reaktanter.

Vi har i laboratorieforsøk undersøkt kinetikken til glaukonitt-oppløsning i vann som funksjon av pH og temperatur, og har funnet ut at glaukonitt løses langt raskere enn tidligere model-simuleringer viste. Dette vil sørge for at langtids-mineralinnfangingen av CO₂ i slike sandsteiner skjer raskt.

Geokjemiske simuleringer har også indikert at en annen type av karbonatmineraler kan dannes, nemlig Dawsonitt (NaAl(OH)₂CO₃). Også disse simuleringene er basert på dårlig kjente kinetiske data, så det var av stor interesse å undersøke hvor fort disse dannes og løses. Vi har derfor undersøkt kinetikken til Dawsonitt oppløsning ved 80°C. Kan det vises at Dawsonitt virkelig dannes under reservoarforhold, vil kapasiteten til minerallagring av CO₂ økes betraktelig, særlig fordi det ofte er en god del Na-feltspat i mange reservoarer.

Mineralogisk og geokjemisk kartlegging av gruvesandmagasiner: "case study" fra sydvest USA

Ingar Walder & Patrizia Walder, *Kjeøy Research and Education Center*

Sur avrenning fra gruveavfall er og vil være et vannskellig aspekt ved gamle og nye gruver som inneholder sulfider eller andre syredannende mineraler. Knusing (og maling) av malmen øker overflaten tilgjengelig oksidering, syredannelse og utluting av tungmetaller. For å kunne forutsi/beregne syredannelsen og metallmobiliteten og vurdere optimale tiltak for å redusere syredannelsen og utlakingen, er det nødvendig å utføre detaljerte mineralogiske, geokjemiske, og hydrogeologiske analyser av gruveavfallet (Walder og Stormont, 2004). Denne presentasjonen beskriver mineralogiske og geokjemiske undersøkelser utført på sandmagasiner fra pofyriske kobberforekomster.

Detaljerte kartlegging av oksideringsfronten gjennom boringer til tre meters dybde ble foretatt sammen med prøvetagning i kontinuerlige profiler. De mineralogiske og geokjemiske analyser besto av mikroskopi, X-Ray Defraksjon, "sequential extraction", "acid-base accounting", sporelementkjemi og kornstørrelse. Analysene indikerer at zink og kobber er oppad-migrerende. Oksidasjonsfronten har etter ca 10 år beveget seg ca ½ meter nedover, mens treverdige jern og hydrogen ioner er transportert til dyp på 2-3 meter. Kun 10-20 % av sulfidmineralene er oksidert i det øvre ½ meter laget. Silikatmineraler reagerer med hydrogenioner og derigjennom reduserer metallmobiliteten. Tildekking av sandmagasinene tar høyde for disse funnene.

Pb-isotoper - en metode for å beregne andel antropogent bly i naturlig jord

Sæther, Ola M, Finne, Tor Erik & Flem, Belinda, *Norges geologiske undersøkelse*

Innholdet av bly i naturlig jord gjenspeiler naturlige variasjoner i jordskorpa. I løpet av de siste hundre år har det vært en drastisk økning i utslippene av forskjellige tungmetaller, hovedsakelig p.g.a. forbrenning av fossile brensler. Jordsmonnet virker som en "endeholdeplass" for tungmetaller, som f.eks. Pb, i miljøet, og akkumuleres særlig i de aller øverste centimeterne av jordprofilen.

I løpet av 2004 har NGU (Norges geologiske undersøkelse), i samarbeid med IFE (Institutt for Energiteknikk) og NTNU (Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet), gjennomført et pilotprosjekt med formål å utvikle en metode for å beregne andel antropogent bly i naturlig jord. På hver av fire lokaliteter med forskjellig berggrunn innenfor GEOS-området ble det prøvetatt to profiler av jord (0-70 cm dyp). HNO₃-ekstrakter av kornfraksjonen <0,06 mm ble analysert på fire stabile isotoper samt totalkonsentrasjonen av bly. I alle profilene er forholdet mellom ²⁰⁶Pb og ²⁰⁷Pb tilnærmet konstant i den øverste horisonten. Konsentrasjonen av Pb varierer mellom 15 og 40 mg/kg.

I de dypeste jordlagene nærmest berggrunnen varierer blyisotopforholdene mellom de fire lokalitetene, mens konsentrasjonen av bly er tilnærmet konstant (dvs. 8-11 mg/kg). Forholdet ²⁰⁶Pb/²⁰⁷Pb er noe høyere i prøver med lav TOC og lavere i prøver med høy TOC. Tilsvarende er de største konsentrasjonene av Pb bestemt blant prøvene med høyest TOC.

Videre arbeider vil innebære utprøving av metodikken over et større område innenfor GEOS.

Miljøtilstanden ved opplagsplasser for småbåter

Morten Jartun & Tore Volden, *Norges geologiske undersøkelse (NGU)*

Fylkesmennene i Nord- og Sør-Trøndelag satte i 2004 i gang et samarbeid om en undersøkelse av forurensningssituasjonen i sedimenter i småbåthavner rundt Trondheimsfjorden. 10 småbåthavner ble valgt ut, og målet med undersøkelsen var å avdekke hvor stor miljøpåvirkning småbåthavnene kan ha på sedimentene.

NGU arbeider for at forurensningskilder på land bør komme i fokus, og valgte 2004 å følge opp initiativet fra Fylkesmennene i Nord- og Sør-Trøndelag ved å foreta en undersøkelse av jorda rundt opplagsplasser og pussesteder i tilknytning til småbåthavnene. Det kan være en risiko for at rester fra oppussing, sandblåsing, malingsrester og forurenset jord kan spres til sjøen. NGU valgte ut de samme 10 småbåthavnene som Fylkesmennene, og inkluderte en småbåthavn fra Trondheim sentrum.

Undersøkelsene avdekket til dels meget høye konsentrasjoner av utvalgte miljøgifter, som bly (3760 mg Pb/kg), arsen (200 mg As/kg), kvikksølv (17,3 mg Hg/kg), kobber (108 000 mg Cu/kg), sink (13 700 mg Zn/kg) og kadmium (46,0 mg Cd/kg). Det ble i tillegg påvist høye konsentrasjoner av uorganisk tinn (Sn), som kan indikere TBT-forurensning. TBT er et stoff som ble tilsatt bunnstoff og maling for å begrense algevekst på skipsskrog. Dette er en svært alvorlig miljøgift, og ble forbudt i bruk på båter under 25 m i 1990.

NGUs undersøkelse avdekker altså en miljøutfordring i forbindelse med jorda rundt opplagsplasser og pussesteder. Prøvene som ble tatt for Fylkesmennene ute i sedimentene ble ikke funnet å inneholde høye konsentrasjoner av de samme miljøgiftene. Det vil derfor være viktig å forhindre spredning fra land til sjøen ved bl.a. å bruke godkjent bunnstoff, samle opp rester fra oppussing og levere disse massene til godkjent mottak.

Sporing av PCB i sjønære fyllmasser til marine resipienter – eksempel fra Trondheim

Henning K. B. Jensen¹ & Bjørn Munro Jenssen²

¹ *Norges geologiske undersøkelse*, ² *Institutt for Biologi, NTNU*

NGU nettverksprosjektet i samarbeid med professor Bjørn Munro Jenssen, Institutt for Biologi v. NTNU, har undersøkt PCB-nivåer og kongenersammensetning i fyllmasser nær sjøen, havnesedimenter og i torskelever. Formålet har vært å studere hvorvidt det er mulig å spore PCB fra kilder på land til to forskjellige marine resipienter: sedimenter og torskelever. I den sammenheng ble det også hentet data fra tidligere gjennomførte prosjekter i Trondheimsområdet, med hovedvekt på Ilsvika, et eldre industriområde.

Flere interessante resultater viser seg på basis av nettverksprosjektet:

Datasettet fra denne undersøkelse

- Det finnes "hot-spots" med meget høye konsentrasjoner av PCB i fyllmasser i Ilsvika.
- Ilsvika havnebasseng er fremdeles forurenset med PCB etter mudring, som fant sted 2003 i forbindelse med et pilotprosjekt for fjerning av forurensede havnesedimenter.
- Det er lave PCB-konsentrasjoner i sedimenter i Trondheimsfjorden utenfor Ila havnebasseng.
- Torskelevre fra 3 torsk fanget i denne del av Trondheimsfjorden har lave til moderate PCB-konsentrasjoner. PCB₇ kongenersammensetningen er identiske for de tre prøvene.

Bruk av PCB-data fra dette og tidligere prosjekter

- Fordelingen av PCB på land i Ila-området varierer mye, og det forekommer flere tekniske blandinger i byjord og fyllmasser.
- Havnesedimentene har PCB fra forskjellige tekniske blandinger, trolig forårsaket av tilførsel fra flere kilder fra land og skip.
- Torskelevre fra torsk fanget i nærheten av Trondheim havn og mer enn 10 km fra havnen har omtrent like PCB₇ kongenersammensetninger. Nivåene er imidlertid markant høyere nær havnen. Det medfører anbefalinger for kostholdsrestriksjoner for inntak av torskelever.

Sporing av PCB fra land til marine resipienter

Det er ikke umiddelbart enkelt å korrelere PCB₇ fra land med PCB₇ i sedimenter og torskelever. Det skyldes at flere prosesser virker inn på omfordelingen av PCB fra land til de marine resipienter, samt at det finnes flere kilder. Det er imidlertid tydelig, at de høyeste konsentrasjoner av PCB i sedimenter og torsk finnes nærmest Trondheim. Derfor må det konkluderes, at det er flest aktive kilder for PCB i Trondheim, og mange av disse er i deler av byen med lekkasje til det marine miljøet.

URBAN RISK: PCB i sandfang rundt havnebassenget i Bergen

Morten Jartun^{1,2}, Rolf Tore Ottesen^{1,2} & Tore Volden¹

¹ Norges geologiske undersøkelse (NGU), ² NTNU

Det er påvist høye konsentrasjoner av ulike miljøgifter, deriblant polyklorerte bifenyler (PCB), i sedimentene i Bergen havn. Kostholdråd og omsetningsforbud for enkelte fisk og skalldyr er etablert i området. Det samme gjelder for 30 andre havneområder i Norge. SFT har bedt Bergen om å komme med forslag til hvordan en opprydding av forurensede sedimenter kan foregå. Dette er et omfattende arbeid med mange brukerinteresser og en relativt utstrakt budsjetttramme når det kommer til en eventuell oppryddingsfase med for eksempel mudring. For at en eventuell opprydding av havnesedimentene skal gi god effekt og bedret miljøtilstand bør eventuelle forurensningskilder på land avdekkes. Enkelte punktkilder rundt havnebassenget er kjent, bl.a. ubåt-bunker på Laksevåg, men bidraget fra andre kilder er ikke dokumentert.

NGU har i tidligere undersøkelser påvist til dels svært høye konsentrasjoner av polyklorerte bifenyler (PCB) i og rundt betongfasader i Bergen. På bakgrunn av disse data, og med støtte fra Fylkesmannen i Hordaland, ble det i 2004 satt i gang et prosjekt for å undersøke eventuell spredning av PCB fra de sentrale byområdene rundt Bergen havn fra Laksevåg til Bergenhus. Det ble tatt ut prøver av materiale fra 64 sandfang nær sjøkanten. Disse sandfangskummene kan stå i direkte kontakt med sjøen (se bl.a. bilder fra årets springflo på Bryggen i Bergen..), og materialet som fraktes til, gjennom og fra slike kummer vil til slutt havne i havnebassenget. Innholdet av PCB ble bestemt i prøvene, og det ble påvist PCB i 60 av 64 sandfang.

Dette er de første resultatene fra undersøkelsen. Veien videre vil bestå i å avdekke hvor den PCB som ble funnet i sandfangene kan komme fra samt undersøke spredning via sandfang og overvannsystem fra kjente og dokumenterte kilder avdekket i NGUs tidligere undersøkelser.

Dioksiner og furaner i Trondheim

Malin Andersson, Norges geologiske undersøkelse

En kartlegging av overflatejordens innhold av metaller og organiske miljøgifter i Trondheim er i 2004 utført for andre gang for å kontrollere om det har skjedd endringer av forurensningsstatus i jorden i løpet av 10 år. I 2004 ble 50 prøver analysert på dioksiner og furaner.

Dioksiner og furaner er forbindelser som er bygget opp av to benzenringer. Forskjellige antall kloratomer er knyttet til benzenringene, hvilket medfører ulik toksisitet. Foreningene knytter seg til organisk materiale og brytes veldig langsomt ner i jord.

Flere industrielle kilder og andre forurensende aktiviteter i tett befolkede områder er mulige bidragsyttere til dioksiner og furaner i overflatejord. Største parten av dioksindannelse har sitt opphav i forbrenning av organisk materiale og dannes kun i et spesielt temperaturintervall, ca. 300-500 °C. Ved høyere temperaturer destrueres dioksinene. I Trondheim eksisterer mange aktive og nedlagte mulige kilder til dioksinforurensning:

- Sykehusets forbrenningsanlegg (stengt i 2004)
- Heimdal varmesentral (forbrenningsanlegg)
- Krematorier
- Tidligere metallindustri
- Diffuse kilder som vedfyring og veitrafikk
- Marienborg biobrensleanlegg

Dioksinkonsentrasjonene danner et mønster der konsentrasjonene er høyest i Midtbyen og på Øya, der St. Olavs har hatt sitt avfallsforbrenningsanlegg frem til våren 2004. Tilfredshet krematorium, som ble nedlagt i 1998, var også plassert der. Dette er også områdene med mest trafikk. Litt høyere konsentrasjoner på vestsiden av byen (Byåsen) kan ha sitt opphav i vedfyring. Konsentrasjonene som er påvist i jorden representerer ingen risiko for human helse og dioksinnivået har ikke steget på 10 år.

FOREDRAG

9. februar

Permeable Reactive Barrier as a tool for remediation of contaminated groundwater, Katedan, India

Kim Rudolph-Lund & Jan Erik Sørli, *NGI*

The industrial area at Katedan, Andhra Pradesh, India has been the subject of an environmental investigation conducted by the Indo-Norwegian Cooperative Program from 2002-2004. This project is part of an action to begin cleaning the site through the use of reactive material for filtering the ground water flowing to the lake.

Six different filter materials have been tested in the laboratory using batch tests to evaluate their ability to remove different pollutants from industrially polluted surface water. Results indicate that zero valent iron in combination with other media (lime or brick) can be used to successfully remove heavy metals and organic contaminants from the water.

Several batch tests have been done and column tests are being planned to finally select the appropriate material to be used in the pilot scale test in the field.

The design for the pilot scale installation is presented based upon the results from the laboratory tests and field data. The next stage of this project to be conducted in 2005 will be the construction and testing of the installation at the field site at Katedan, India.

Reduction and closure of groundwater extraction in coastal areas, the Netherlands

Dynamic modelling of coastal groundwater situation and effects on urban areas

Hans de Beer, Wareco Amsterdam bv, the Netherlands

The coastal dune areas of the Netherlands contain, as a natural infiltration area, large amounts of fresh groundwater. The coastal area has therefore been used to extract drinking-water for more than a century. During the last decade, the net groundwater extraction in the coastal area west of the city of Haarlem is gradually reduced and finally closed in 2002. This has both environmental as well as economical reasons. The result is a widely spread rise of groundwaterlevels, ranging from more than 4 metres close to the pumping stations to several decimeters in urban areas. In a country where the average groundwaterlevel is within a metre below the surface, detailed insight in the consequences and possible measures is necessary.

A detailed groundwatermodel was developed in order to provide insight in the consequences and design measures to prevent humidity problems. The groundwatermodel was developed using MicroFem¹. MicroFem uses the finite element method to calculate multi-aquifer steady-state and transient groundwaterflow. Although the model encloses a large area from coast to polders, this study focuses on the hydrologic consequences within the urban area close to the dunes. In this area, even a small rise of the groundwaterlevel is critical because the initial groundwaterlevel is already shallow.

Calibration of the model was executed in two steps. First, a rough steady-state calibration has been performed on average regional groundwaterpressures in all aquifers. Secondly, transient calibration has been performed on measured groundwaterlevels during 1990-1999, focusing on the phreatic level in urban areas. It showed that the model was mainly dependent on the storage capacity of the phreatic aquifer, the amount of paved surfaces and the specific flowresistance of the topsystem.

The study demonstrated that the flowresistance in the upper metres of the soilprofile is the most important parameter defining the continued effect from a rise in waterpressure in deeper aquifers towards the rise of the phreatic groundwaterlevel. This can also be demonstrated analytically. This flowresistance is determined by both draining surface waters as well as man-made structures perforating impermeable layers, such as sewage- and drainagesystems, cable strips and other underground infrastructure. However, many discussions still continue about the significance of deeper heterogenic Holocene sediments on the continued upward hydrological effect.

¹ C.J. Hemker and R. G. de Boer, 1997-2005

The study resulted in an areal view of the predicted rise of both phreatic levels and (semi-) confined groundwater pressures. In addition a quantified change of seepage and infiltration rates within the research area was calculated and visualized. Although phreatic levels may not rise notably in certain areas, a significant change in seepage or infiltration rates may occur. This could lead to necessary improvements of existing drainagesystems. The calculated change in vertical flow and the effects on existing drainagesystems has been used in determining financial compensation by the government.

As the net extraction of groundwater in the dune area has been closed down in 2002, the actual effects on the groundwaterlevels in the surrounding area can be determined now. This is currently investigated by the operating water company using timeseries analysis.

Grunnvann og lavvann – en nyttig sammenheng

Wai Kwok Wong & Hervé Colleuille, *Norges vassdrags- og energidirektorat*

FoU programmet ”Miljøbasert vannføring” har som mål å forbedre kunnskapsgrunnlaget for å kunne fastsette minstevannføringer, som reduserer skadevirkningene for biologisk mangfold og landskap som følge av endret vannføring. Det er bl.a. viktig å avklare betydningen av samspillet mellom grunnvann og ellevann, noe som kan ha stor betydning for elveøkosystemet. Den mest åpenbare innvirkningen av grunnvannstilsig er å opprettholde vannføringen i elva. Ved lavvann er praktisk talt hele vannføringen grunnvannstilsig. Dette har derfor stor betydning for vanntemperatur, vannkvalitet og økosystemet i elva. Kvaliteten på (temperatur, oksygen, pH) og mengder av grunnvann som strømmer inn i vassdrag har direkte betydning for levevilkårene for fisk i vassdragene (gyting, rekrutteringsområder og overlevelse).

En metode for å anslå andel grunnvann som strømmer inn i et vassdrag, er knyttet til estimering av lavvann gjennom ”baseflow indeks” (BFI). Vannføringen i en elv kan forenklet betraktes som sammensatt av to hovedkomponenter, den raske overflateavrenning og det forsinkede tilsig som tilsvarer ”baseflow”. ”Baseflow” består av grunnvann og vann fra andre lagrede magasiner (for eksempel myr, innsjø, umettede sone). BFI kan formuleres f. eks. i m³/dag eller % av det totale avløpet.

For å beregne BFI har vi implementert en metodikk som er lett, objektiv og som kun krever daglige vannføringsdata. Metoden er bl.a. basert på arbeidet av Edmund Tomaszewski (Universitetet i Lodz, Polen). Foreløpige resultater i Norge viser at grunnvannsbidrag om sommeren og vinteren kan være i størrelsesorden fra 50 til 90 % i vassdrag uten tilsig fra breer.

Estimeringen av BFI og grunnvannsbidrag i et vassdrag kan ha flere formål:

1. Karakterisering av nedbørfelt (tålegrense mht. tørke, regulering og forurensing), noe som er av interesse i forbindelse med regionale lavvannsstudier og karakteriseringen av vannforekomster mht. EUs vanndirektiv.
2. Estimering av grunnvannstilstand i umålte nedbørfelt (ingen referansestasjon for grunnvann, men vannføringsmålinger).
3. Estimering av et gjennomsnitt grunnvannsdannelse (mm/år) i tilsigsfeltet til et vassdrag. Dette er et interessant grunnlag mht. tilstandsoversikt for grunnvannsforekomster og tålegrense for samlede grunnvannsuttak.
4. Klimaforskning. Det finnes målinger av vannføring i flere vassdrag siden slutten av 1800-tallet, mens de fleste grunnvannsmålingene ble satt i gang i 70-årene. Pga. relasjonen mellom BFI, grunnvannsdannelse og grunnvannsstand er det f. eks, mulig å bruke BFI dataene til å utvide grunnvannsserier fra noen få år med målinger til flere tiår.

Et mål med dette prosjektet er å utarbeide et landsdekkende kart som anslår normal grunnvannsbidrag og grunnvannsdannelse i Norge.

Distribuert modellering av vannbalanse

Stein Beldring, Norges vassdrags- og energidirektorat

En beskrivelse av lagring og transport av vann i landskapet er grunnlaget for enhver analyse i fysisk hydrologi. I Norge er nedbør-avrennings-modeller som beregner vannføringen fra utløpet av avrenningsområder i hyppig bruk, mens fordelingen av vann innenfor avrenningsområdene som regel ikke betraktes i slike modeller. "Gridded Water Balance model" (GWB-modellen) er en romlig fordelt nedbør-avrenningsmodell som beskriver vekselvirkningen mellom atmosfæren og landoverflaten, med hovedvekt på vannbalansen. GWB-modellen beskriver de viktigste hydrologiske prosessene i nordisk terreng med romlig oppløsning 1 km². Inngangsdata er døgnmiddelverdier for nedbør og temperatur. Modellen beregner akkumulasjon, refordeling og smelting av snø, fordampning, vanninnhold i markvanns- og grunnvannsmagasiner og deres betydning for avrenningsdynamikken. Fordampning inkluderer alle former for tap av vann til atmosfæren; transpirasjon fra vegetasjon, intersepsjonstap, fordampning fra sjøer, elver, myr, snømagasin og jordsmonn. GWB-modellen simulerer også massebalansen i områder med isbreer. Beregningene utføres for kvadratiske ruter med tidsoppløsning døgn. Hver rute betraktes som et landskapselement som kan inneholde to vegetasjonsklasser, innsjø og isbre avhengig av sin plassering. Hver vegetasjonsklasse har egne parametere som bestemmer akkumulasjon, refordeling og smelting av snø, intersepsjonskapasitet, transpirasjon fra vegetasjon, maksimalt vanninnhold i umettet sone og fordampning fra jordsmonnet. De øvrige parametrene er identiske for de ulike vegetasjonsklassene.

GWB-modellen benytter et utvalg av meteorologiske tidsserier som velges basert på avstand fra den aktuelle ruten til de meteorologiske stasjonene. Basert på en digital terrengmodell og arealbruksdata bestemmes vegetasjons- og jordartsklasser og deres andel av arealet, andel sjø og bre, vektene for å interpolere nedbør- og temperaturdata og nedbørens høydegradient for hvert landskapselement. Daglige temperatur- og nedbørdata tildeles så hver rute basert på disse vektene og data fra Meteorologisk institutt. Vektene for beregning av nedbør og temperatur er basert på invers avstandsvektning mot de tre nærmeste nedbørstasjonene og de to nærmeste temperaturstasjonene. En eksponentiell høydegradient for nedbør er benyttet for høydekorreksjoner. Nedbørens høydegradient i den enkelte rute bestemmes ved interpolasjon med invers avstandsvektning mot høydegradienter som er spesifisert i bestemte punkt.

Før en hydrologisk modell kan benyttes må den i alminnelighet kalibreres. Det betyr at dens parametere tildeles verdier slik at modellen gir en god beskrivelse av det virkelige hydrologiske systemet. Først velges en eller flere prosesser som karakteriserer det virkelige systemet, i dette arbeidet benyttes avrenning. Modellens parametere justeres deretter i den hensikt å simulere observerte data. Ved automatisk kalibrering benyttes et objektive kriterium, dvs. et numerisk mål, for avviket mellom modellens simuleringer og observerte data. En datamaskin utfører

deretter en prosedyre som bestemmer de verdiene for modellens parametere som optimaliserer det valgte kriteriet.

Metoder for regional kalibrering er nødvendig når en hydrologisk modell skal benyttes i avrenningsområder eller landskapselement hvor det ikke finnes observasjoner av hydrologiske prosesser. Dette innebærer at modellen kalibreres mot de tilgjengelige hydrologiske dataene innenfor en region, og modellparameterne overføres deretter til andre deler av regionen basert på informasjon om landskapets egenskaper. Formålet er å bestemme et parametersett som kan relateres til en klassifisering av terrenget basert på relevante karakteristika, f.eks. geologi, topografi, jordsmunn, vegetasjon og forekomst av myrer, innsjøer og isbreer. Hvis den hydrologiske modellen gir en realistisk representasjon av fordelingen av landskapskarakteristika og hydrologiske prosesser kan regionale parametersett gi gode resultat.

Regional kalibrering av distribuerte hydrologiske modeller forutsetter at de samme verdiene for modellens parametere benyttes i hver modellenhet hvor landskapets karakteristika kan klassifiseres i samme kategori. I alminnelighet er det ikke mulig å finne unike verdier for hver parameter, etter som effektene av endringer i forskjellige parametere kan motvirke hverandre. Dette problemet, som kalles "equifinality" eller "likegodhet", er størst når bare observasjoner av vannføring ved utløpet av store avrenningsområder er tilgjengelig ved kalibreringen. Det er mulig å redusere usikkerheten i parameterverdiene ved å benytte andre data ved kalibrering, f.eks. snø, markvanns- eller grunnvannsobservasjoner. Dette forutsetter imidlertid at modellens struktur er egnet til å gi en realistisk representasjon av interne tilstander i tillegg til flukser i form av avrenning og fordampning. Et alternativ er å benytte vannføringsdata fra flere avrenningsområder innenfor en region for å redusere usikkerheten i verdiene av parametere for en distribuert hydrologisk modell.

Fysikalsk-kjemisk drikkevannskvalitet i godkjenningspliktige grunnvannsverk i Norge

Peder Eide Helgason¹⁾ & Bjørn Frengstad²⁾

¹⁾Norconsult AS, ²⁾Norges geologiske undersøkelse

I februar og mars 2004 ble det innhentet vannprøver fra 351 grunnvannsbrønner fordelt på 179 godkjenningspliktige grunnvannsverk. Disse ble analysert for 32 kationer ved ICP-AES, 7 anioner ved IC, samt pH, alkalitet, fargetall, turbiditet og elektrisk ledningsevne ved NGU-Lab.

Vannprøvene fra de fleste brønnene var dominert av kalsium og bikarbonat. 3 % av vannprøvene var dominert av natrium og bikarbonat og hadde høy pH. Dette blir betegnet som modent grunnvann. Disse var alle fra fjellbrønner, og det høye natriuminnholdet tolkes som resultatet av bergartsforvitring. 20 % av vannprøvene var fra umodent grunnvann dominert av nedbørens innhold av natrium og klorid. Dette vannet hadde lav pH, og var fra grunnvann i både fjell og løsmasser. Noen få vannprøver var også dominert av Ca-Cl₂ og Ca-SO₄.

Vannets totale ioneinnhold var for de fleste vannprøvene mye lavere enn det man forventer å finne i grunnvann. Dette kan komme av at vannet har kort oppholdstid i akviferen. Dessuten kan grunnvannsbrønnene være påvirket av overflatevann. Innholdet av de aller fleste anioner og kationer var høyere i vann fra fjellbrønner enn i vann fra løsmassebrønner. Dette gjaldt imidlertid ikke for nitrat, aluminium og kobber.

Vannets pH-verdi syntes å være avhengig av akvifertype. Vann fra løsmassebrønner hadde en medianverdi på 7.37, mens vann fra fjellbrønner viste en medianverdi på 8.17. pH-verdiene var lavere for vannprøver fra kysten av Vest- og Sørlandet enn ellers i landet, og pH i fjellkjedesonen var noe høyere enn i grunnfjellsområdet. Dette kan være en følge av flere forhold, som for eksempel bergartssammensetningen og løsmassenes mektighet. De fleste parametere fulgte et lignende mønster.

Vannprøvenes hardhet og fluoridinnhold var de parametrene som viste tydeligst avhengighet av berggrunnen. Hardt vann var vanligst i vannprøver fra fjellkjedesonen, mens innholdet av fluorid var størst i vannprøver fra fjellbrønner i granittiske bergarter.

Vannprøvene virket å være moderat påvirket av menneskelig aktivitet. Nitratinnholdet var lavere enn i de fleste land i Europa, men en tydelig korrelasjon med kalium tyder på at gjødsel på jordbruksområder er en viktig kilde til nitrat i grunnvannet. Vannprøver med høyt innhold av kalsium og klorid kan dessuten være forurenset av veisalt.

35.6 % av vannprøvene hadde en kvalitet som ikke tilfredstiller den gjeldende drikkevannsforskriften. Den mest problematiske parameteren var mangan, som overskred grenseverdien for 17 % av vannprøvene.

Brønnkvalitet – videoinspeksjon av borebrønner i fjell

Gaute Storrø & Frank Sivertsvik, *Norges geologiske undersøkelse*

NGU-prosjektet "Brønnkvalitet" har som hovedmål å kartlegge hvorvidt den tekniske utformingen av borebrønner i fjell er av en slik art at den effektivt forhindrer inntrengning av potensielt forurenset overvann i brønner. Ved hjelp av videokamera beregnet på rørinspeksjon ble 105 brønner, fra Værøy i nord til Nesodden i sør, inspisert i 2004. I 10 % av brønnene ble det registrert lekkasjer i underkant av foringsrør, hvilket indikerer fare for inntrengning av potensielt forurenset overvann i brønnene.

Foredraget vil ved hjelp av videoklipp vise eksempler på; lekkasjeproblematikk, sprekke-mønster i brønner og vanninnstrømning fra sprekker.

Prosjektet videreføres i 2005 med videoinspeksjon av 100 nye brønner.

Analyse of regional and local groundwater flow at Hovemoen and Korgen waterworks in Lillehammer - Water chemistry as a rapid tool to estimate the bank infiltration part in groundwater extraction

Helgestad, M, R.¹, Aagaard, P.¹ & Tuttle, K.²

¹ *Department of Geosciences, University of Oslo,* ² *Norconsult AS*

Lillehammer County's waterworks, Korgen is located at a fluvial delta on the east side of the river (Gudbrandslågen)/lake (Mjøsa). Korgen waterworks is supplying 20.000 people with an excellent water quality, as the extracted raw-water requires no water treatment. The Korgen waterworks is one of the oldest groundwater supplies in Norway, as it has been working since 1972. Presently 5 groundwater pumps are extracting water according to stable operation and demand. Most of the fluvial delta on which the waterworks is located consists of reworked and re-deposited glaciofluvial sediments from the Hovemoen terrace above.

Upstream pollution cases and gravel and sand exploitation at Hovemoen may represent a threat to the water quality and the long term water supply for Lillehammer, and there is definitely a planning need for the Lillehammer County to analyse the effect of various activities on the groundwater system (Lillehammer kommune, 1999) and (Norconsult, 1999).

For this purpose an analysis of two groundwater models were performed; a regional model representing the larger aquifer and a more detailed local one Korgen model for the immediate influence of the waterworks. The underlying sedimentological model is based on previous work in the Hovemoen and Korgen area (Kirkhusmo et al. 1972 and Soldal, 1988) and not least data collected in this study. The new data set consists of new observation wells, water chemistry of wells, rivers and springs and new sediment samples and characteristics. In the fall of 2002 6 new observations wells at 4 different locations at Hovemoen were drilled. The new data required a complete revision of the distribution of the quaternary sediments in the area. The two models and their analysis were made in the program PMWIN (mudflow 5.2) based on data on infiltration recharge and sediment characteristics, calibrated against observed groundwater levels.

Initially we tried to estimate the amount of infiltrated Lågen water, based on the chemical composition of river water, groundwater and produced water. According to a simple two-component mixing model, 34,5 percent is ground water and 64,5 percent is Lågen/Mjøsa water.

The analysis of the water budget for the production wells in the local model, showed that 31,4 percent is ground water and 68,6 percent is Lågen/Mjøsa water with a retention time of 5 to 10 days from Lågen/Mjøsa to the pumping wells. This shows a good correspondence with the water budget and water chemistry in the local model.

References

Kirkhusmo, L. A., Klemetsrud, T., Østmo S. R., Dahl, J. B., Haagensen, U., og Tollan, O. 1972: Geologiske og hydrogeologiske undersøkelser i Korgen Hovemoen området. Forslag til klausulområder for Lillehammer vannverk. Nordic Hydrological Conference 1972, Sandefjord 8 – 9 sept. Bind 1, 49-65s

Lillehammer kommune, teknisk etat 1999: Rent vann- et stort aktivum. Rent vann skaper trivsel. Årsrapport Lillehammer vannverk. 25 s.

Norconsult 1999: Korgen vannverk. Miljøtekniske grunnundersøkelser. Upublisert foreløpig rapport.

Soldal, O. 1988: Kvartærgeologi og hydrogeologi på Hovemoen ved Lillehammer. Hovedfagsoppgave i geologi ved UIB, Bind I 107s og Bind II 115s, Bergen.

Finnes det hydrogeologer i Norge i framtiden?

Jan Cramer¹ & Per Aagaard²

¹ NGU, ² Universitet i Oslo

Grunnvannsmiljøet i Norge er forholdsvis lite med rundt 50-60 yrkesaktive "hydrogeologer" i 2004. Dette skyldes nok landets naturforhold som fører til at en ser overalt rikelige ressurser av fersk overflatevann av stort sett god kvalitet. Kjennskap til og kunnskap om grunnvann er derfor mindre i Norge sammenlignet med land der forholdene er de motsatte, som f.eks. i Danmark og Nederland. Med andre ord, behovet for hydrogeologer til å betjene offentlig og privat etterspørsel ifm bruk og forvaltning av grunnvannsressurser har vært begrenset i Norge hittil. Dette gjelder også virksomheten med anlegg i fjell der hydrogeologisk kunnskap har vært lite brukt til nylig.

Implementering i Norge av EUs Rammedirektiv for vann krever en helhetlig og integrert forvaltning av overflatevann, både kystnært marint og terrestrisk, og grunnvann. Dermed får grunnvann et betydelig løft i forvaltningssammenheng i årene fremover, som medfører et behov for mer kunnskap og data om denne geologiske ressursen i hele landet. I tillegg har erfaringene fra Rommeriksporten satt fokus på grunnvann i fjell, mens stadig stigende strømpriser de siste 5 årene har ført til en sterk interesse i bruk av grunnvarme der grunnvann også spiller en viktig rolle. Ovennevnte utviklingene peker i retning av gode muligheter for fremtidig sysselsetning av hydrogeologer i både privat næringsliv, offentlig forvaltning og anvendt forskning.

Er vi i stand til å betjene det framtidige behov for hydrogeologer her i landet? Erfaringer med rekruteringsforsøk de siste 2-3 år viser at antallet av kvalifiserte norske hydrogeologer er for tiden nokså lavt, særlig i aldersgruppen under 40 år. Utdanning av nye hydrogeologer har hatt en markant nedgang de siste 5 år sammenliknet med 1990-tallet, i parallell med en generell nedgang i realfagstudenter. I tillegg har også antall utdanningsinstitusjoner for hydrogeologer blitt redusert etter at Universitetet i Bergen la ned sitt program i 2004. Disse utviklingene er bekymrende med tanke på det forventede behov for flere hydrogeologer i de neste 5-10 år.

Det er nå viktig å vurdere nærmere hvordan interesse for hydrogeologi kan økes blant primærsøkende studenter, og hvordan undervisning og utdanning av hydrogeologer må tilrettelegges. Det siste gjelder både med hensyn til en koordinering av akademisk ekspertise og -tilbud, og med hensyn til en relevant norsk utdanning av kompetente fagpersoner. Bruk av Internett-baserte kurs og nasjonale fora for feltkurs og arbeidserfaring er under diskusjon for tiden. I tillegg har kvalitetsreformen i academia allerede resultert i nye ideer og tilbud.

Dypforvitring og grunnvann i Osloregionen

Olesen, O., *Norges geologiske undersøkelse*

Stabilitet og vannlekkasjer i tunneler har vært et tilbakevendende problem i Oslo-området. Arbeid innenfor rammen av GEOS ("Geologi i Osloregionen") har vi funnet at svakhetssoner i berggrunnen i stor grad er dannet ved kjemisk forvitring av bergarter i et tropisk klima. Forvitringen foregikk over lang tid langs hele overflaten, men trengte dypere ned i eldre sprekkesoner hvor varmt og surt vann kunne sirkulere. Produktene fra forvitringen består bl.a. av smektitt (svelleleire) og kaolin. Da havet steg med 300-400 meter og trengte inn over fastlandet i kritt, ble bergartene begravd av leirsteiner og krittbergarter av samme type som vi finner i Nordsjøen. Denne kunnskapen er delvis overført fra geomorfologiske studier i Skåne hvor mesozoiske bergarter overlager dypforvitrete grunnfjellsgneiser. Hevningen av Østlandet begynte først på slutten av tertiærtiden for 10-20 millioner år siden. Derfor ble produktene fra den tropiske dypforvitringen sannsynligvis bevart helt frem til de store istidene satte inn for ca. én million år siden. Isens bevegelser fjernet laget med de ukonsoliderte, sedimentære bergartene fra kritt og tertiær som hadde beskyttet forvittringsproduktene. Samtidig skrapte isbreene vekk det øverste laget av de forvitrede bergartene, men de eroderende kreftene nådde ikke ned i de dype sprekkesonene hvor det kan ligge bevart mer enn 200 meter med forvittringsprodukter.

Jordens magnetfelt inducerer en sekundær magnetisering i berggrunnen som igjen vil gi et bidrag til det målte jordfeltet. Det induerte feltet avhenger av bergartens magnetiserbarhet (susceptibilitet). Når bergartsdannende silikat-mineraler brytes ned til leirmineraler under tropiske forhold, vil de magnetiske mineralene magnetitt og hematitt omdannes til mindre magnetiske jernhydroksyder (rust). Dypforvitring vil derfor gi et negativt avvik i det målte magnetfeltet. Magnetiske modellberegninger har vist at lavmagnetisk dypforvitring må være til stede under de langstrakte sprekkedalene som er karakteristisk for de såkalte 'etse-flatene' på Østlandet. En filtreringsmetode er utviklet for å framheve signalet fra dypforvitringen. Sammenfallende negative anomalier i det filtrerte magnetfeltet og filtrerte terrengdata (topografi/batymetri) blir videre brukt som indikasjoner på dypforvitring. Denne såkalte Amager-metoden (Aeromagnetiske og geomorfologiske relasjoner) ser ut til å fungere for de fleste størkningsbergarter og omdannede bergarter på det sentrale Østlandet, langs kysten av Sørlandet og i Trøndelag. I ytre deler av strandflaten på Vestlandet og i Nord-Norge vil den trolig også kunne benyttes. Anvendelsen i lavmagnetiske sedimentære bergarter ser ut til å være mer begrenset.

Svulleleire og kaolin i dypforvitring tetter vanligvis berget for gjennomstrømning av grunnvann. Dette er også kjent fra tunnelanleggene på Østlandet der de største vannlekkasjene gjerne kommer gjennom oppsprukket fjell ved siden av eller mellom de store svakhetssonene. Dette er viktig kunnskap ved boring etter grunnvann. Enkelte borefirmaer har allerede tilegnet seg denne kunnskapen gjennom erfaring. Data fra NGUs brønn database viser også at grunnvannsbrønner

innenfor de tolkede dypforvitringssonene gjennomsnittlig har 20-30% lavere ytelse enn brønner utenfor disse sonene. Metoden er også testet i Romeriksporten, Lieråsen-, Oslofjord- og Hvalertunnelene. Mer enn 90 % av de kjente svakhetssonene i disse fire tunnelene ble påvist. De nye tolkningskartene vil derfor kunne anvendes ved planlegging av nye tunneler og anlegg for grunnvannsforsyning. Ved å bruke mer detaljerte digitale høydedata fra økonomisk kartverk i stedet for data fra M711-serien (1:50.000) antar vi også at nøyaktigheten på neste versjon av kartene vil være vesentlig bedre.

Bruk av 2D resistivitet til kartlegging av svakhetssoner i fjell

Guri Venvik, Einar Dalsegg, Jan Steinar Rønning & Harald Elvebakk, *NGU*

Grunnvannsstrømningen i fast fjell er hovedsakelig styrt av brudd og bruddgeometri, og det er derfor viktig å kartlegge disse for å anslå den hydrauliske konduktiviteten. Det er kjent fra tidligere arbeider at det finnes en forhøyet frekvens av brudd nær forkastninger og at de ofte har en spesifikk romlig fordeling (Evens et al, 1997; Braathen and Gabrielsen, 2000). I forbindelse med forundersøkelser av Viggja tunnel, i "nye" E 39 veiprojekt, ble svakhetssoner kartlagt ved hjelp av 2D resistivitet langs tunneltraseen (Dalsegg et al, 2003). Resultatet viser at det er god korrelasjon mellom svakhetssoner påvist i resistivetsprofilen og soner observert i tunnelen, samt større soner som er kartlagt ved hjelp av høydemodell over området. Resultatet viser at 2D resistivitet gir et svært detaljert "bilde" av berggrunnen. Feltobservasjoner viser at lekkasjen er størst langs N-S orienterte brudd- og forkastningssoner, mens større stabilitetsproblemer oppstod langs Ø-V orienterte forkastningssoner.

I tillegg er det boret en brønn langs traseen, som er logget med televiwer, temperatur, ledningsevne og andre geofysiske metoder (Dalsegg et al, 2003). Logging av borehullet med blant annet ledningsevne, temperatur og pumpetest viser at det er liten konduktivitet i berggrunnen, noe som også gjenspeiles i målinger av lekkasjen i tunnelen, som er under kravet på 20 l / min / 100 meter for tunnelen.

Referanser

- Braathen, A. og Gabrielsen, R.H., 2000, Bruddsoner i fjell - oppbygning og definisjoner: Gråsteinen nr: 7, Norges geologiske undersøkelse, Trondheim.
- Dalsegg, E., Elvebakk, H., Rønning, J.S., Muring, E. og Tønnesen, J.F., 2003, Tunnelprosjektet. Geofysiske bakkemålinger og borehullslogging, E39, Skaun kommune, Sør-Trøndelag: Norges geologiske undersøkelse, NGU Rapport 2003.067, 1-80 p.
- Evens, J.P., Forster, C.B. og Goddard, J.V., 1997, Permeability of fault-related rocks, and implications for hydraulic structure of fault zones: *Journal of Structural Geology*, v. 19, p. 1393-1404.

Assessment of Tunnel Leakage in a Fractured Aquifer: From Data Sampling to Numerical Modeling

Bekkeheien, R.L.¹, Cuisiat, F.D.E.², Tuttle, K.J.³, Andresen, A.¹ & Aagaard, P.¹

¹ *Department of Geosciences, University of Oslo,* ² *Norwegian Geotechnical Institute,*
³ *Norconsult AS*

A tunnel is currently under construction below Frodeåsen, just north of Slottsfjellet in Tønsberg. To assess tunnel leakage and possible environmental damages along the tunnel trace various modeling tests have been performed.

Application of porous regional continuum models in discontinuous rocks is common practice and is based on an average flow within a representative elementary volume. For fractured rock masses a representative elementary volume can be very large or in some cases may not exist. Large parts of an observed fracture system may not be involved in the fluid flow processes while faults and fracture zones may contribute significantly to the flow behavior. Thus, A discrete network modeling tool which consider flow and transport processes in discontinuous rocks through a system of connected fractures has been applied in the numerical modeling.

Input data include fracture data (from field mapping and aerial photographs) and pumping/injection tests. Due to fracture mapping of limited areas as well as boreholes of limited depth access, the reliability of fracture network information is dependent on statistical representative samples. Drawdown and water injection tests in boreholes illustrate the miscellaneous fracture geometry and flow anisotropy along the fracture pathway, resulting in non-symmetrical drawdown patterns.

In our study, we make use of the three-dimensional discrete fracture network modeling tool to assess 1) fracture system geometry and 2) transmissivity of individual fractures. The former is based on stochastic generation of fracture networks using probability density functions of fracture parameters (density, orientation, size, shape, aperture or transmissivity) based on field data, and the latter from calibration of in-situ well tests. Water level measurements from boreholes are utilized in the calibration of boundary conditions.

The numerical investigations show how to determine a representative elementary volume for background fractures and calculate the average hydraulic conductivity tensor. Through simulation of tunnel leakage for a selected part of the tunnel, necessary reduction in fracture transmissivity to meet required tunnel inflow criteria is examined. Preliminary results of our fracture model and related fluid flow give better insight into the influence of fracture system on the tunnel leakage compared to previous modeling approaches.

Grunnvannsbaserte grunnvarmeanlegg – erfaringer fra mer enn 20 års drift

Kirsti Midttømme & Randi Kalskin Ramstad, NGU

Ved hjelp av varmpumper kan grunnvann utnyttes som energikilde. I dag finnes det ca 20 større grunnvannsbaserte grunnvarmeanlegg (> 50 kW) i Norge. For enkelte av disse anleggene er investeringskostnadene nedbetalt på mindre enn 5 år. Flere av de store anleggene er kombinerte kjøle og oppvarmingsanlegg der man kjøler ned bygget med kaldt grunnvann på varme sommerdager, og fyrer med det "oppvarmede" grunnvannet på kalde vinterdager.

Mangel på informasjon om grunnvarme og lokal geologisk kunnskap er årsak til at mange kommuner og byggherrer fortsatt velger elektriske panelovner selv når det bygges på gode grunnvannsakviferer. I tillegg har mangelfulle geologiske forundersøkelser og dårlig kommunikasjon mellom geologiske konsulenter og byggherre ført til driftsproblem for flere anlegg. Et par anlegg ble stoppet etter kort tid pga problemer med jern- og manganutfelling.

Det er viktig at geologer følger med og involverer seg mer innen fagområdet grunnvarme. Spesielt for de grunnvannsbaserte anleggene der manglende hydrogeologiske forundersøkelser fort kan føre til at disse anleggene får et dårlig rykte. Oversikt over grunnvannskapasitet og vannkvalitet er like viktig for energianlegg som for drikkevannsanlegg. I tillegg er grunnvannstemperatur avgjørende for energiuttaket fra grunnvarmeanlegget.

Også for borehullbaserte anlegg i fjell vil bedre kunnskap om grunnvannstrømning føre til at man kan optimalisere energiuttak fra energibrønner i fjell.

Grunnvarme fra fast fjell – god lønnsomhet ved bruk av grunnvann

Randi Kalskin Ramstad^{1,3)}, Bernt Olav Hilmo²⁾ & Bjørge Brattli³⁾

¹ *Norges geologiske undersøkelse*, ² *Asplan Viak AS*, ³ *Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet*

Under forutsetning av gunstige geologiske forhold, kan borekostnadene for middels til store grunnvarmeanlegg i fjell reduseres med ca. 50 prosent hvis det brukes forbedret utstyr og metodikk for hydraulisk trykking av borebrønner. For konvensjonelle grunnvarmeanlegg med kollektorslanger i vertikale borehull i fjell, utgjør borekostnadene vanligvis 30-40 prosent. Som et alternativ til konvensjonelle grunnvarmeanlegg beskrives et konsept der energiuttaket baseres på grunnvann som pumpes opp, varmeveksles og returneres i en kunstig oppsprukket berggrunn. Kunstig oppsprekning og injeksjon av sand i sprekkefor å holde sprekke permanent åpne gir et stort sprekkeflateareal og en betydelig økning av borehullenes vanngiverevne. Økt sprekkeflateareal gir større varmeveksling mellom sirkulerende grunnvann og berggrunnen, og dermed også større energiuttak per borehull. Konseptets mulige energiuttak, begrensninger og muligheter er testet ut ved to demonstrasjonsanlegg, henholdsvis ved Bryn skole og ved eiendommen til tidligere Energiselskapet Asker og Bærum (EAB), i Bærum kommune.

Resultatene viser at borehullenes produksjonskapasitet øker betydelig som følge av både hydraulisk trykking med vann og hydraulisk trykking med injeksjon av sand. Samtidig virker det å være større behov for sand som “propping agents” eller avstandsklosser i sprekker som har høyt mottrykk (i dette tilfellet høyere 40 bar) sammenlignet med sprekker med lavere mottrykk. Sandens kornstørrelse bør også tilpasses det aktuelle mottrykket, og injeksjon av grovere sand anbefales i sprekker med lavere mottrykk. Bergmassens styrke og -spenningsforhold avgjør vellykketheten av hydraulisk trykking med hensyn til gjenåpning av eksisterende, eller åpning av nye sprekker. En driftstest av grunnvarmeanlegget ved Bryn viste at infiltrasjonskapasiteten i senterborehullet er altfor lav i forhold til forutsetningen i prosjektideen, mens anlegget ved EAB kan driftes som planlagt. Sammenlignet med et konvensjonelt grunnvarmeanlegg med kollektorer vil pilotanlegget ved EAB ha god lønnsomhet. En enkel økonomisk analyse viser at ved de aktuelle økonomiske og geologiske forholdene kan anleggskostnadene, det vil si borekostnadene for et konvensjonelt lukket kollektoranlegg, reduseres med mer enn 50% ved å velge et anlegg basert på oppumpet grunnvann ved EAB der energiuttaket fra vann er høyere enn 105 MWh/år. Et årlig energiuttak på 105 MWh forutsetter en strømningsrate på 14 m³/time, et gjennomsnittlig temperaturuttak på 2,1°C, og 3000 driftstimer. Lønnsomheten vil ytterligere forbedres hvis anlegget benyttes til både oppvarmings- og kjøleformål. Grunnvannet har tilfredsstillende kvalitet.

PLAKAT- PRESENTASJONER

The New Rijksmuseum

Hydrogeologic measures to protect the wooden pile foundation

Hans de Beer, Wareco Amsterdam bv, the Netherlands

The Rijksmuseum is one of the ten principal museums in the world. Widely acclaimed for its collection, the Rijksmuseum is a museum of art and history without equal. Since 1885, the collection has been housed in architect Pierre Cuypers' imposing building on the Museumplein square, right in the heart of Amsterdam. The renovation (2003-2008) is one of the most radical operations the Rijksmuseum has ever had to undergo, costing a total of 272 million euro.



The highlight of the design is an imposing new underground square of 4000 m². In addition all technical installations will be transferred to underground technical galleries and cellars which will be interconnected by tunnels. To protect the wooden pile foundation of the museum temporal and permanent hydrogeological measures are required.

The foundation of the Rijksmuseum consists of wooden piles of approximately 12 metres length. The piles are driven into the top of the Pleistocene aquifer (coarse sands). On top of this aquifer, Holocene horizontal layered fine sands and clays are found up to 5 metres below the surface. Here, an unconsolidated peatlayer is found. The upper 3 metres are formed by human added sandy deposits, often containing large amounts of rubble. The Rijksmuseum is situated in an area with a downward groundwater potential towards the Pleistocene aquifer. Detailed fieldstudies of the foundation proved that the wooden piles are in relative good condition, but heavily loaded and a risk for atmospheric contact exists. To prevent future damage to the building, protection of the wooden pile foundation is essential.

- During the renovation, there is a need for dry working conditions and no collapse of the excavations. In addition, no significant influences outside the excavations are allowed in order to prevent settling of the unconsolidated peatlayer or atmospheric contact of the wooden pile foundation.
- After the renovation, the museum will be almost completely enclosed by underground technical galleries and cellars. This results in a reduced horizontal groundwaterflow towards the museum and a natural lowering of the groundwatertable due to the downward hydraulic potential. To prevent atmospheric contact of the wooden pile foundation water needs to be infiltrated to prevent lowering of the groundwatertable.

This posterpresentation shows how both problems are encountered. During the building of the tunnels under the existing walls, partly cutting through the pile foundation, groundwater

extraction is minimized using both temporary and passive filters. To prevent lowering of the groundwater table outside the building pit, infiltration filters are used. Sheetpiles are used where possible. As the tunnels are being built under existing walls, no “usual” sheetpiles can be used. This is solved by using cut sheetpile strips, which are lowered with the progress of the excavation. Influences were modelled using a finite element groundwater model.

A permanent infiltration system is being designed. Infiltration of surface water should prevent atmospheric contact of the wooden piles. During wet circumstances, the same system is able to drain a possible excess of groundwater to the surface water in order to prevent humidity problems in the museum.

Spatial variation of groundwater recharge in a semi-arid environment – Serowe, Botswana

L.M. Magombedze¹, B. Frengstad¹ & M.W. Lubczynski²

¹ Geological Survey of Norway, ² International Institute of Geoinformation Science and Earth Observation, Enschede, Netherlands

Serowe area is situated in the Central District of Botswana and is about 275km north east of the capital, Gaborone. It is characterized by semi-arid climate with cool dry winters (May to September) and hot moist summers (October to April). It receives an average annual rainfall of about 447mm/year.

In semi arid and arid environments where surface water is scarce and livelihood depends on groundwater supply, it is not enough to explore and assess the available resources. It is also crucial to determine the renewable groundwater resources and how net recharge varies in space and time for sustainability and management purposes. Recharge estimation in semi arid regions by conventional direct methods of subtracting evapotranspiration (ET) from rainfall is practically limited due to the difficulty in determining ET with sufficient accuracy for calculation of very low recharge fluxes in order of few mm/y. This study focuses therefore on estimating groundwater recharge using indirect methods like hydrochemistry.

Although spatial and temporal variability of recharge are equally important, this study has only focused on the spatial aspect. Two alternative methods are used to assess spatial distribution of groundwater recharge. Based on 127 point measurements of chloride concentration in groundwater, the chloride mass balance method gave recharge rates ranging from 2 mm/yr to ~30 mm/yr with a harmonic mean of 12 mm/yr. In order to present recharge spatially the data were interpolated by kriging of the logarithms of the net recharge values.

GIS map modelling technique was used to integrate the influence of various recharge attributes in a single semi-quantitative recharge potential map. The relative influence of factors such as soil type, vegetation, lineament density and slope among others was weighted and subsequently validated by site specific recharge rates. This method can give a valuable first estimate of the recharge potential based on surface properties identified from maps and remote sensing in areas where detailed hydrogeological information is limited.

Grunnvatn på Ihla da Inhaca, Mosambik: trua av turisme og overforbruk av grunnvatn

Camilla Oddenes, Hanne-Kristine Risdal & Bjørg Lirhus, Masterstudentar ved Universitetet for Miljø og Biovitenskap, Ås

Ihla da Inhaca ligg i Maputabukta i det Indiske hav, ca 32 km aust for Maputo, hovudstaden i Mosambik. Øya består for det meste av eoliske sanddyner, der den høgaste dyneryggen er 116 moh. Desse er ein del av eit omfattande dynesystem som strekkjer seg frå KwaZuluNatal i Sør Afrika til sørlige Mosambik. Øya har et areal på 42,5 km². Den ligg på grensa mellom tropisk og subtropisk klima, og har difor ein unikt samansett økologi med stor diversitet. 40 % av øya er regulert som naturreservat.

Øya er rekna som eit av dei fattigaste område i Mosambik og har ca 5500 innbyggjarar. Befolkninga lever hovudsakeleg av fiske og eit karrig jordbruk, i tillegg til noko turisme. Vassforsyninga kjem frå grunnvatn, som er einaste ferskvasskjelda på øya.

Utfordringane for øya er mange og store. Einaste form for nydanning er nedbør, og denne har store variasjonar gjennom året og frå år til år. Dette gjer at akviferen er sårbar for store grunnvassuttak. Det er stor interesse for å gjere denne naturperla til eit mykje større turistmål enn kva den er i dag. Dette vil kunne føre til auka vassforbruk og dårlegare kvalitet på vatnet.

Gjennom to feltperiodar har det vorte tatt vassprøvar og målt grunnvasstand i 40 brønnar på øya. Brønnane er også nivellert inn for å kunne laga ein grunnvassmodell i Groundwater Vistas. Storparten av brønnane er plassert nær tidevassona eller våtmarker, og har difor høgt saltinnhald eller organisk materiale. Dette gjer at kun 12% av dei undersøkte brønnane har vatn av brukbar kvalitet. Avrenning frå latriner og kloakk utgjer også ein forureiningstrussel for brønnane i tett busette område.

Lokalbefolkninga har liten kunnskap om korleis dei best mogeleg kan ta vare på drikkevattnet. Det vert difor laga brosjyrar for skuleelevar som tek opp problem tilknytt drikkevattnet deira, og korleis desse kan løysast. Informative poster skal hengjast opp på sjukehus, skuler og biologisk stasjon.

Det er behov for ein forvaltningsplan for grunnvatnet på øya. Første ledd for å få til dette er å laga ein grunnvassmodell. Samstundes er det naudsynt å vita meir om naturleg grunnvasskjemi, og å påvise eventuelle menneskeskapte forureiningar. Avdi det er gjort svært lite undersøkingar på øya kring hydrogeologi, har ein enno ikkje så mange endelege resultat å syna til. Når oppgåva er ferdig, skal grunnvassressursane på øya vera kartlagt med tanke på naturlege forhold, forbruk og menneskeleg aktivitet. Vi ynskjer også å finna ut kva effekt naturlege klimavariasjonar, auka

levestandar blant lokalbefolkninga og storstilt turistutbygging vil få for grunnvatnet på Ihla da Inhaca.

2D resistivitet - nye muligheter for geofysisk kartlegging i områder med marine sedimenter

Atle Dagestad & Einar Dalsegg, *Norges geologiske undersøkelse*

Store landområder langs Norges kyst er helt eller delvis dekket av finkornige marine sedimenter som følge av den isostatiske landhevingen etter siste istid. Størstedelen av Norges befolkning bor kystnært og mye av bebyggelsen og infrastrukturen ligger følgelig på disse marine sedimentene. Marine leirer er forbundet med stabilitetsproblemer som kvikkleireskred og setningsskader på bebyggelse ved anleggsaktiviteter. For å redusere skadeomfang og kostnader forbundet med slike stabilitetsproblemer er det viktig å ha kunnskap om utbredelse, mektighet og geotekniske egenskaper på marine leirer.

Geofysiske metoder som 2D resistivitetsmålinger, i kombinasjon med grunnboringer, er en kostnadseffektiv undersøkelsesmetode ved geologisk kartlegging i områder med marine sedimenter. Prinsippet bak metoden å måle undergrunnens elektriske motstand. Ved å legge ut kabler med mange elektroder langs et profil, og deretter sette elektrisk spenning på elektrodepar i et gitt mønster, kan undergrunnens elektriske motstand mot dypet måles. Ut fra kunnskap om ulike løsmasser elektriske egenskaper kan løsmassesammensetningen mot dypet tolkes ut fra resultatene av de geofysiske målingene.

Det er i denne presentasjonen gitt et eksempel på kartlegging av utbredelse og mektighet på finkornige marine sedimenter, ikke ut fra en geoteknisk problemstilling, men i forbindelse med vurdering av sårbarheten av en løsmasseakvifer og etablering av sikringssoner rundt et grunnvannsanlegg i Rafsbotn i Alta kommune. Problemstillingen ved etableringen av sikringssonene rundt grunnvannsanlegget var i utgangspunktet klassiske for norske grunnvannsanlegg i løsmasser med veier (E6), jordbruk og bebyggelse i brønnefeltets nærområde. Grunnboringene i brønneområdet viste et flere meter mektig lag med finkornige marine sedimenter (leire-silt) over en sand- og grusakvifer, og disse marine sedimentene kunne utgjøre en viktig barriere mot nedtrenging av mulige forurensinger. 2D resistivitetsmålinger langs flere profiler i området rundt brønnefeltet viste at de marine sedimentene hadde en betydelig utstrekning og mektighet. Målingene viste også utstrekningen på den underliggende grovkornete akviferen. Denne dokumentasjonen av de geologiske forholdene i området var av avgjørende betydning for vurderingen av akviferens sårbarhet og utformingen av sikringssoner rundt grunnvannsanlegget. Undersøkelsene viste også at 2D resistivitetsmålinger har et betydelig potensial ved kartlegging av grunnvannsressurser i områder overdekket av marine sedimenter. I områder med slike geologiske forhold vil andre geofysiske metoder, som for eksempel georadar, gi svært begrenset informasjon om løsmassefordelingen mot dypet.

Forurensing av det marine miljøet i indre farvann — kilder på land og typer forurensing

Henning K. B. Jensen, Morten Jartun & Tore Volden, *Norges geologiske undersøkelse*

Kostholdsrestriksjoner begrenser mulighetene for høsting av marine ressurser i en rekke norske fjorder. Restriksjonene skyldes primært forekomst av miljøgifter i så høye konsentrasjoner, at det fører til begrensninger i inntak av spesielle typer sjømat i de enkelte områder. Typiske miljøgifter i norske fjorder omfatter organiske forbindelser som PAH, PCB, tinnorganiske forbindelser og dioksiner, samt metaller i marine organismer. Disse miljøgifter har ofte sin opprinnelse fra bruk av stoffer på land, eller er dannet i forskjellige prosesser på land som forbrenning. Marine økosystemer er i høy grad sårbare for tilførsel av forurensing fra land, reduserer det biologiske mangfold i større områder og påvirker våre muligheter for å høste av de marine ressurser.

Viktige kilder på land

Industriell virksomhet

Industrien er ansvarlig for utslipp og tilførsel av forurensing til det marine miljø.

Gruvevirksomhet, smelteverker, verftindustri, oljeanlegg. Organiske miljøgifter og metaller slippes ut fra den industrielle virksomheten, ofte avhengig av hvilken bransje det er tale om.

Byer og tettsteder

Byer i Norge har omfattende områder med forurenset jord særlig i de eldste sentrale bydeler, påvist i NGU-prosjekter i Bergen, Trondheim, Orkanger og Tromsø. Bygg fra etterkrigstiden frem til slutten av 1970-tallet har for en stor dels vedkommende PCB. Avløp til havn eller fjorden samler opp mye av forurensingen som genereres i byer og tettsteder.

Sjønære deponier: Det har vært utbredt praksis å fylle ut i fjæra med avfall. Slike sjønære deponier som står i direkte kontakt med sjøen finnes mange plasser langs norskekysten.

Aktiviteter langs kysten

Laste- og loseplasser, havner og småbåthavner samt verft er lokaliteter, som peker seg ut gjennom omfattende bruk av tinnorganiske forbindelser, PCB og tungmetaller. Aktiviteter, som peker seg ut som mindre i omfang men potensielt viktige kilder for forurensing er brenning av avfall i fjæra, som genererer metaller i lett vannløselige salte i aske og trolig dioksiner.

Barking av nøter: tidligere tiders behandling av nøter ved barking, hvor det ble brukt tjærestoffer. Denne metode var trolig mye utbredt før innføring av nylongamene i fiskeriene. Dette er en ny identifisert aktivitet, som det bør rettes mer fokus på i fremtiden.

Pesticidbruk i landbruket kan områder med intensiv jordbruk ende i det marine miljøet hvor dyrking foregår på kystnære landbruksarealer.

Utfordringer i fremtiden

Å få bedre forståelse for betydning av forskjellige kilder og transportmekanismene, som fører miljøgiftene ut i det marine miljøet.

Undersøkingar av tre nye borebrønnar på NLH sitt område

Ingvar Åberge, student på NLH, no UMB

Målet med oppgåva er å samla informasjon om brønnane for å vurdere korleis dei kan brukast i vassforsyninga til NLH.

Tre fjellborebrønnar vart i oktober 2001 og januar 2002 bora på NLH-området (campus). Brønnane ligg i eit område med gneisbergartar, og lausmassane består for ein stor del av marine leirer, dessutan morene og strandavsetjingar. Målet med å bora brønnane var heilt eller delvis å skaffa høgskulen eiga vassforsyning og dermed spare utgifter. Vassgjevarevna til brønnane varierer frå 500 – 1500 L/time, noko som er for lite til å dekkja heile vassbehovet til høgskulen. På grunn av ein del kvalitetsproblem med vatnet har brønnvatn så langt berre vore brukt til husdyr, men ein vonar også å kunna bruka grunnvatn i vassforsyninga til menneske i framtida. Brønnane 1 og 2 ved Fougnerhaugen har synt seg å ha ustabil vasskvalitet og i periodar mykje jern og bakteriar. Brønn 3 i Rosariet har svært god bakteriologisk vasskvalitet med er ureina med organiske mikroforureiningar. Alle tre brønnane har eit for høgt kalsiuminnhald til at vatnet er eigna til kjøkenbruk utan avherding. Hydraulisk leieevne ved brønn 3 er funne å vera $1,5 \cdot 10^{-7}$ m/s med ein slugtestmetode. Før brønnvatnet kan takast i bruk til drikkevatt må det desinfiserast og gjennomgå ulike grader av kjemisk reinsing.

Lead isotopes in river sediments and soils next to a highway in Trondheim, Norway

Gjeldokk, T.¹, Sæther, O. M.², Brattli, B.¹ and Lierhagen, S.³

¹ *Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet (NTNU)*, ² *Norges geologiske undersøkelse (NGU)*, ³ *Norsk institutt for naturforskning (NINA)*

The content of heavy metals in natural soils generally reflect crustal abundances. However, during the last century, human activities, e.g. as a result of extracting energy from fossil fuels, have significantly increased the global emissions of trace elements (Nriagu 1979; Nriagu and Pacyna 1998). Soils and sediments act as sinks for heavy metals such as lead in the terrestrial environment (Adriano 1986). Since lead is not biodegradable, and a non-essential element, which accumulates in the ecosystem, elevated concentrations of Pb may represent a burden on human health (Nriagu and Pacyna 1988; Kelly et al, 1996; Li et al., 2001). The anthropogenic releases of Pb are largely attributable to the use of tetraethyl lead used as an antiknock agent in leaded gasoline. The use of coal as fuel in power plants and the mining and smelting of ore are other significant sources for trace elements including lead. These large-scale anthropogenically induced mobilizations of lead have left behind masses of Pb in the surface environment, which are way beyond the natural background levels (Wong et al. 2003). It is of interest to know the contribution of the different sources of lead in soils at any given locality whether they are of geologic or anthropogenic origin, and, if possible, the relative contribution of these sources at various depths in the soil profile. Analyses of lead content and stable lead isotopes in topsoils next to highway E-6 and fine-grained sediments from the river Nidelv, which flows through Trondheim (population 145 000) were used to identify whether an anthropogenic signal is detectable in the soils and sediments in addition to the natural, primarily geogenic source. Our intentions were firstly to assess the variation in concentrations and isotopic composition of Pb in surface soils and sediments as a function of depth. Secondly, we were interested in knowing if a possible anthropogenic signal be used as a chronostratigraphic tool. Thirdly, we wanted to investigate whether a possible anthropogenic lead signal might indicate the same provenance in the two different sedimentary environments or not. Fourthly, it was of interest to determine the magnitude of the possible anthropogenic input relative to the natural contribution in the two environments.

Our conclusions are as follows:

- 1) Some of the samples of soils from "Klett" and fluvial sediments from the Nidelva river at "Marinen" and "Nidareid" are clearly contaminated with lead of anthropogenic origin since the concentration measured is significantly above what is considered to be the natural background level.
- 2) The ²⁰⁶Pb/²⁰⁷Pb-ratio of the stratigraphically uppermost and the presumably youngest samples next to the highway E-6 at "Klett" is comparable with ratios recently reported by others and

distinctly different from the ratio found in the stratigraphically lowest and presumably older sediments which reflects the natural background levels found in marine clays in this region of central Norway. These two end-members allows for a chronostratigraphic division.

3)The sediments from the Nidelva river at the two sampled point bars "Marinen" and "Nidareid", have a $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -signal which is intermediate between the youngest and oldest soils at "Klett".

4)Assuming that the two isotopic end-members, i.e. the anthropogenic and that from natural sources, exhibit unique individual signals, then the anthropogenic Pb contribution relative to the total lead content, can be determined linearly along the $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -axis.