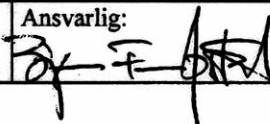


NGU Rapport 2009.001

Program og sammendrag for "Det 18. nasjonale  
seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi",  
NGU 3.-4. februar 2009

Rapport nr.: 2009.001		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Program og sammendrag for "Det 18. nasjonale seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi", NGU 3.-4. februar 2009.			
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: 45	Pris: kr 70,-
		Kartbilag:	
Feltarbeid utført:	Rapportdato: 28.01.2009	Prosjektnr.: 2718.00	Ansvarlig: 
Sammendrag:  Rapporten presenterer program, deltagerliste og sammendrag av foredrag og postere for «Det 18. nasjonale seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi» ved NGU 3.-4. februar 2009.  Rapporten inneholder sammendrag fra 21 foredrag og 4 posterpresentasjoner.  Foredragene er gruppert i hovedtemaene miljøgeokjemi og hydrogeologi, og i samme rekkefølge som i programmet.  Det er påmeldt 91 deltagere til seminaret hvorav 20 er ansatt ved NGU.  Seminaret organiseres av NGU. Norsk hydrologiråd (NHR) bidrar med støtte til studenter i form av reisemidler og priser.  Bortsett fra formatering er sammendragene produsert direkte fra materialet levert av foredragsholdere, som er fullt ansvarlig for innholdet.			
Emneord: Hydrogeologi	Hydrogeokjemi	Geokjemi	
Grunnvann	Miljøgeokjemi	Grunnvarme	

## INNHold

Seminarprogram .....	5
Deltakerliste .....	10
Sammendrag av foredrag:	
<b><i>Innledningsforedrag: Geokjemisk kartlegging av byer – Hvorfor gjør vi det?</i></b>	
Rolf Tore Ottesen, NGU .....	15
<b><i>Håndtering av grunnforurensning ved bygging av E6 Nordre avlastningsveg og E6 Trondheim - Stjørdal</i></b>	
Erling Kristian Ytterås, Multiconsult AS .....	16
<b><i>Prosjekt Ren barnehagejord 2007-2010</i></b>	
Lise Støver, Trondheim kommune .....	18
<b><i>Prosjekt Ren barnehagejord i Trondheim – utførte undersøkelser</i></b>	
Siri Greiff og Stine Lindset Frøland, Multiconsult AS .....	19
<b><i>Kartlegging og identifisering av forurensningskilder i Nidelvas nedre løp og i Nyhavna</i></b>	
Pernille Bechmann, Anne-Britt Haakseth og Yvonne Hetlevik NTNU .....	20
<b><i>Bygeokjemi i Porsgrunn</i></b>	
Yngvil Holt, NTNU .....	21
<b><i>Fordeling og nivåer av PAH i jord i Bergen, Oslo og Trondheim</i></b>	
Henning K.B. Jensen, NGU .....	22
<b><i>PCB i stående bygningsmasser</i></b>	
Ola A. Eggen, NGU .....	23
<b><i>Behavior and mobility of Antimony in soil</i></b>	
Gudny Okkenhaug, NGI .....	24
<b><i>EGG: European Groundwater Geochemistry Part I: Mineral water</i></b>	
Clemes Reimann (NGU) and Manfred Birke (BGR) for the EuroGeoSurvey Geochemistry working group .....	25
<b><i>Geovarme - nytt fagområde med nye geofaglige utfordringer</i></b>	
Kirsti Midttømme, NGI m.fl. ....	27
<b><i>Erfaringer og utfordringer knyttet til drift av grunnvarmeanlegget ved Oslo Lufthavn</i></b>	
Anja Sundal, Jarl Øvstedal og Geir Vangsnes, Oslo Lufthavn AS .....	28
<b><i>Vann og melk i Verdal – muligheter for kjøling?</i></b>	
Randi Kalskin Ramstad, Asplan Viak AS .....	30
<b><i>Grunnvannstemperatur i Valldal</i></b>	
Rolf E. Forbord, Asplan Viak AS .....	32
<b><i>Termisk borehullslager kombinert med korttidslager</i></b>	
Helge Skarphagen, NIVA .....	34
<b><i>Ren energi fra jordens indre - fra varme kilder til konstruerte geotermiske system</i></b>	
Inga Berre, UiB .....	35
<b><i>Geotermisk energi i StatoilHydro</i></b>	
Anders Hermansen, StatoilHydro ASA .....	36
<b><i>An assessment of deep geothermal resources in Norway</i></b>	
Christophe Pascal, Harald Elvebakk and Odleiv Olesen, NGU .....	37
<b><i>Rekonstruksjon av glasiiale avsetninger ved å bruke 3D database og GIS</i></b>	
Harald Klempe, Høgskolen i Telemark .....	38
<b><i>What is the relation between groundwater in bedrock and water balance in sediments? Results from a case study in Bergen, Norway</i></b>	
Nils-Otto Kitterød, Bioforsk .....	39
<b><i>Grunnvannsmodellering av klimaendringer</i></b>	
Panagiotis Dimakis, NVE .....	40

## **POSTERPRESENTASJONER**

*Postersesjon onsdag 4. februar kl. 1310*

### ***Utvikling og status av en transient metode for å måle bergarters termiske egenskaper***

Hans de Beer, NGU m.fl. ....	42
<b><i>Cryptosporidium og Giardia i grunnvann fra borebrønner i fjell</i></b>	
Sylvi Gaut, NGU m.fl. ....	43
<b><i>Grunnvann eller berggrunn – hva dominerer varmeledningsevnen i grunnen?</i></b>	
Heiko Liebel, NTNU m.fl. ....	44
<b><i>Grunnvarme inn i kommunal planlegging</i></b>	
Henning Tiarks, NGU ....	45

**DET 18. NASJONALE SEMINAR OM  
HYDROGEOLOGI OG MILJØGEOKJEMI**  
**Tirsdag 3. og onsdag 4. februar 2009**  
**Knut S. Heiers konferansesenter, NGU**

## **PROGRAM**

### **3. februar**

09.00-09.30 Registrering og kaffe

09.30-09.35 Åpning av seminaret v/adm.dir. Morten Smelror

### **MILJØGEOKJEMI**

*Ordstyrer: Henning K.B. Jensen*

09.35-10.20 ***Innledningsforedrag: Geokjemisk kartlegging av byer – Hvorfor gjør vi det?***  
Rolf Tore Ottesen, NGU

10.20-10.40 ***Forurensningsforskriftens kap 2 – delegering fra stat til kommune***  
Silje Salomonsen, Trondheim kommune

***Tema: Forurenset grunn i Trondheim***

10.40-11.00 ***Helhetlig forvaltning av forurenset grunn i Trondheim***  
Marianne Langedal, Trondheim kommune

11.00-11.10 ***Spørsmål***

11.10-11.30 ***Pause***

11.30-11.50 ***Håndtering av grunnforurensning ved bygging av E6 Nordre avlastningsveg og E6 Trondheim - Stjørdal***  
Erling Kristian Ytterås, Multiconsult AS

11.50-12.10 ***Prosjekt ren barnehagejord 2007-2010***

Lise Støver, Trondheim kommune

- 12.10-12.30 ***Prosjekt Ren barnehagejord i Trondheim – utførte undersøkelser***  
Siri Greiff og Stine Lindset Frøland, Multiconsult AS
- 12.30-12.50 ***Kartlegging og identifisering av forurensningskilder i Nidelvas nedre løp og i Nyhavna***  
Pernille Bechmann, Anne-Britt Haakseth og Yvonne Hetlevik, NTNU
- 12.50-13.00 ***Spørsmål***
- 13.00-14.00 ***Lunsj***

***Tema: Miljøkemiske prosjekter***

*Ordstyrer: Malin Andersson*

- 14.00-14.20 ***Bygeokjemi i Porsgrunn***  
Yngvil Holt, NTNU
- 14.20-14.40 ***Fordeling og nivåer av PAH i jord i Bergen, Oslo og Trondheim***  
Henning K.B. Jensen, NGU
- 14.40-15.00 ***PCB i stående bygningsmasser***  
Ola A. Eggen, NGU
- 15.00-15.10 ***Spørsmål***
- 15.10-15.30 ***Pause***
- 15.30-15.50 ***Behavior and mobility of Antimony in soil***  
Gudny Okkenhaug, NGI
- 15.50-16.10 ***EKG: European Groundwater Geochemistry Part I: Mineral water***  
Clemes Reimann (NGU) and Manfred Birke (BGR) for the EuroGeoSurvey  
Geochemistry working group
- 16.10-16.20 ***Spørsmål og diskusjon***
- 19.00 Seminarmiddag på NGU

**4. februar**

## **HYDROGEOLOGI**

***Tema: Grunnvarme***

*Ordstyrer: Hans de Beer*

- 09.00-09.45 ***Innledningsforedrag: Geoenergins samhällsnytta i Sverige***  
Professor Olof Andersson, Sweco Viak AB/Lunds Tekniske høgskola
- 09.45-10.05 ***Geovarme - nytt fagområde med nye geofaglige utfordringer***  
Kirsti Midttømme, NGI m.fl.
- 10.05-10.25 ***Erfaringer og utfordringer knyttet til drift av grunnvarmeanlegget ved Oslo Lufthavn***  
Anja Sundal, Jarl Øvstedal og Geir Vangsnes, Oslo Lufthavn AS
- 10.25-10.35 ***Spørsmål***
- 10.35-10.55 ***Pause***
- 10.55-11.15 ***Vann og melk i Verdal – muligheter for kjøling?***  
Randi Kalskin Ramstad, Asplan Viak AS
- 11.15-11.35 ***Grunnvannstemperatur i Valldal***  
Rolf E. Forbord, Asplan Viak AS
- 11.35-11.55 ***Termisk borehullslager kombinert med korttidslager***  
Helge Skarphagen, NIVA
- 11.55-12.15 ***Orientering om Enovas varmesatsning***  
Trude Tokle, Enova
- 12.15-12.25 ***Spørsmål***
- 12.25-12.35 ***Kort presentasjon av postere***
- 12.35-13.10 ***Lunsj***
- 13.10-13.25 ***Kaffe med postersesjon***

***Tema: Geotermisk energi***

*Ordstyrer: Sylvi Gaut*

- 13.25-13.45 ***Ren energi fra jordens indre - fra varme kilder til konstruerte geotermiske system***  
Inga Berre, UiB
- 13.45-14.05 ***Geotermisk energi i StatoilHydro***  
Anders Hermansen, StatoilHydro ASA
- 14.05-14.25 ***An assessment of deep geothermal resources in Norway***  
Christophe Pascal, Harald Elvebakk and Odleiv Olesen, NGU
- 14.25-14.35 ***Spørsmål***
- 14.35-14.50 ***Pause***

***Tema: Generelle bidrag hydrogeologi***

*Ordstyrer: Bjørn Frengstad*

- 14.50-15.10 ***Rekonstruksjon av glasiøle avsetninger ved å bruke 3D database og GIS***  
Harald Klempe, Høgskolen i Telemark
- 15.10-15.30 ***What is the relation between groundwater in bedrock and water balance in sediments? Results from a case study in Bergen, Norway***  
Nils-Otto Kitterød, Bioforsk
- 15.30-15.50 ***Grunnvannsmodellering av klimaendringer***  
Panagiotis Dimakis, NVE
- 15.50-16.00 ***Spørsmål og diskusjon***
- 16.00-16.10 ***Utdeling av Norsk hydrologiråds pris for beste studentforedrag og -poster***
- 16.10 ***Avslutning***



## **POSTERE**

*Utvikling og status av en transient metode for å måle bergarters termiske egenskaper*

Hans de Beer, NGU m.fl.

*Cryptosporidium og Giardia i grunnvann fra borebrønner i fjell*

Sylvi Gaut, NGU m.fl.

*Grunnvann eller berggrunn – hva dominerer varmeledningsevnen i grunnen?*

Heiko Liebel, NTNU m.fl.

*Grunnvarme inn i kommunal planlegging*

Henning Tiarks, NGU

## DELTAKERE

Etternavn	Fornavn	Institutt/bedrift	Tlf.	E-post
Allen	Joseph	Norconsult AS	45401237	ja@norconsult.no
Andersson	Malin	NGU	73904321	malin.andersson@ngu.no
Andersson	Olof	Sweco Viak AB/Lunds Tekniske høgskola		olof.andersson@sweco.se
Aspholm	Juha	URS Nordic AB	97963576	juha_aspholm@urscorp.com
Aune	An-Magritt	Analysesenteret, Trondheim kommune	72541030	an-magritt.aune@trondheim.kommune.no
Bechmann	Pernille	NTNU		pernilbe@stud.ntnu.no
Berg	Tomm	NGU	73904375	tomm.berg@ngu.no
Berge	Øystein Rønning	NTNU	41161787	oysteinr@stud.ntnu.no
Berge-Haveland	Frode	Resipientanalyse		resipientanalyse@online.no
Berre	Inga	Universitetet i Bergen	55582856	inga.berre@math.uib.no
Bjordal	Håvard	Bergen kommune	55566192/97539167	havard.bjordal@bergen.kommune.no
Bjørnen	Lise	Bergen kommune, Grønn etat	55569383	lise.bjornen@bergen.kommune.no
Brattli	Bjørge	NTNU, Inst. for geologi og bergteknikk	73594821	bjorge.brattli@ntnu.no
Brennbakk	Wenche	Molab as	75136754	wenche.brennbakk@molab.no
Brun	Knut-Erland	Universitetet i Bergen	47417708	knut-erland.brun@student.uib.no
Dagestad	Atle	NGU	73904360	atle.dagestad@ngu.no
de Beer	Hans	NGU	73904303	hans.debeer@ngu.no
Dimakis	Panagiotis	Norges vassdrags- og energidirektorat	22959169	pad@nve.no
Eggen	Geir	COWI AS	91842594	geeg@cowi.no
Eggen	Ola A.	NGU	73904199	ola.eggen@ngu.no
Espedal	Torill	Fylkesmannen i Sør-Trøndelag	73199204	tes@fmst.no
Fedje	Edana	COWI AS	92807918	efe@cowi.no
Finne	Tor Erik	NGU	73904319	tor.finne@ngu.no
Forbord	Rolf E.	Asplan Viak AS	99587882/73949797	rolfe.forbord@asplanviak.no
Fremo	Grethe	Emisoft AS	97756421	grethefremo@hotmail.com
Frengstad	Bjørn	NGU	73904380	bjorn.frengstad@ngu.no
Frøland	Stine Lindset	Multiconsult AS	41144179	slf@multiconsult.no
Furuberg	Tone	Stabsenhet for byutvikling, Trondheim kommune		tone.furuberg@trondheim.kommune.no
Garmo	Øyvind	NIVA	91724722	oyvind.garmo@niva.no

Etternavn	Fornavn	Institutt/bedrift	Tlf.	E-post
Gaut	Amund	Sweco Norge AS	67128430	amund.gaut@sweco.no
Gaut	Sylvi	NGU	73904362	sylvi.gaut@ngu.no
Gjesdal	Ane	COWI AS	92099220	amg@cowi.no
Greiff	Siri	Multiconsult AS	73106200	siri.greiff@multiconsult.no
Grini	Randi Skirstad	NGI	93280238	randi.grini@ngi.no
Gundersen	Karsten	FSG AS	93414410	karsten@fsg.no
Gundersen	Pål	NGU	73904312/99232047	pal.gundersen@ngu.no
Haugen	Tore	Fylkesmannen i Sør-Trøndelag	73199200	tore.haugen@fmst.no
Helgestad	Michael R.	Rambøll Norge	97011026	michael.helgestad@ramboll.no
Hermansen	Anders	StatoilHydro ASA	90886724	andhe@statoilhydro.com
Hilmo	Bernt Olav	Asplan Viak AS	99024187	berntolav.hilmo@asplanviak.no
Hole	Marianne P.	Oslo kommune, Eiendoms- og byfornyelsesetaten	41583055	marianne.hole@eby.oslo.kommune.no
Holt	Yngvil	NTNU	93609684	yngvil.holt@gmail.com
Høydahl	Ingrid Flatland	Sweco Norge AS	99297211	ingrid.flatland@yahoo.no
Haakseth	Anne-Britt	NTNU	47805750	annebrha@stud.ntnu.no
Ingvald	Erika	Sveriges geologiske undersökning	+4618179350	erika.ingvald@sgu.se
Jensen	Henning K.B.	NGU	73904305	henning.jensen@ngu.no
Joranger	Tore	Oslo kommune, Helse- og velferdsetaten	97054186	tore.joranger@hev.oslo.kommune.no
Jæger	Øystein	NGU	73904314	oystein.jager@ngu.no
Kitterød	Nils-Otto	Bioforsk Jord og miljø	92602551	nils-otto.kitterod@bioforsk.no
Klempe	Harald	Høgskolen i Telemark	35952767	harald.klempe@hit.no
Klubnes	Roar	FSG AS	93414411	roar@fsg.no
Krogstad	Per Kristian	Fylkesmannen i Troms	77642225	pkk@fmtr.no
Kvennås	Marianne	Norges Geotekniske Institutt (NGI)	90837025	mkv@ngi.no
Langedal	Marianne	Trondheim kommune, Miljøenheten		marianne.langedal@trondheim.kommune.no
Lax	Kaj	Sveriges Geologiske Undersökning	+4618179394	kaj.lax@sgu.se
Liebel	Heiko	NTNU	73594845	heiko.liebel@ntnu.no
Lind	Olav	Sweco AS	91152455	olav.lind@sweco.no
Midttømme	Kirsti	NGI	41607478	kmi@ngi.no
Moseid	Mari	Norges Geotekniske Institutt (NGI)	22021012	mari.moseid@ngi.no

Etternavn	Fornavn	Institutt/bedrift	Tlf.	E-post
Muthanna	Tone	NIVA	95186817	tmm@gmail.com
Okkenhaug	Gudny	NGI	22023000	gudny.okkenhaug@ngi.no
Opsund	Turid		98636063	tuopsu@hotmail.com
Ottesen	Rolf Tore	NGU	73904302	rolf.ottesen@ngu.no
Pascal	Christophe	NGU	73904472	christophe.pascal@ngu.no
Person	Tone	NTNU		tonep@stud.ntnu.no
Rabben	Elisabeth Leirvik	Multiconsult AS	73106265/48290254	elr@multiconsult.no
Ramstad	Randi Kalskin	Asplan Viak AS		randik.ramstad@asplanviak.no
Reimann	Clemens	NGU	73904307	clemens.reimann@ngu.no
Rudolph-Lund	Kim	NGI	22023087	krl@ngi.no
Salomonsen	Silje	Trondheim kommune, Miljøenheten	72542984	Silje.salomonsen@trondheim.kommune.no
Saltnes	Marie Horn	Universitetet i Bergen, Matematisk institutt		marie.saltnes@student.uib.no
Simensen	Ingunn S.	Fylkesmannen i Sør-Trøndelag	73199262	ingunn.simensen@fmst.no
Skarphagen	Helge	NIVA	98294070	hsk@niva.no
Slagstad	Trond	NGU	73904229	trond.slagstad@ngu.no
Soldal	Oddmund	COWI AS	95184021	ods@cowi.as
Storrø	Gaute	NGU	73904315	gaute.storro@ngu.no
Strømsvåg	Line	Oslo kommune, Eiendoms- og byfornyelsesetaten	41103971	line.stromsvag@eby.oslo.kommune.no
Støver	Lise	Trondheim kommune, Miljøenheten	98018499	lise.stover@trondheim.kommune.no
Sundal	Anja	Oslo Lufthavn AS	40885380	anja.sundal@osl.no
Svendsen	Tommy	NTNU	95781874	tommysve@stud.ntnu.no
Sæther	Ola M.	NGU	73904372	ola.sather@ngu.no
Sørdal	Torbjørn	NGU	73904201	torbjorn.sordal@ngu.no
Tiarks	Henning	NGU	73904199	henning.tiarks@ngu.no
Tilset	Paul Arne	Fylkesmannen i Nord-Trøndelag	74168214	pat@fmnt.no
Tokle	Trude	Enova		trude.tokle@enova.no
Vestland	Mari	NTNU	97199169	marives@stud.ntnu.no
Viklund	Margareta	Sweco	92806037	margareta.viklund@sweco.no
Volden	Tore	NGU	73904320	tore.volden@ngu.no
Ytterås	Erling Kristian	Multiconsult AS	90935144	erling.ytteraas@multiconsult.no

Etternavn	Fornavn	Institutt/bedrift	Tlf.	E-post
Ødegaard	Ragnhild H.	Trondheim Katedralskole	90917152	ragoe@hotmail.com
Aakerøy	Paul Andreas	Bioforsk	46449093	paul.andreas.aakeroy@bioforsk.no

# **FOREDRAG**

## **3. februar**

## **Geokjemisk kartlegging av byer - Hvorfor gjør vi det?**

**Rolf Tore Ottesen, *Norges geologiske undersøkelse***

Geokjemisk kartlegging av en norsk by ble første gang utført i 1994. Dette initiativet ble tatt av Miljøavdelingen i Trondheim kommune. Bakgrunnen for kartleggingen var bekymring for om utslipp fra avfallforbrenningsanlegget på Heimdal og fra krematoriet på Tilfredshet kunne ha betydning for helsen til folk som bodde i områdene rundt anleggene. 314 prøver av overflatejord (0-2 cm) ble samlet inn fra de tett beolkede delene av Trondheim (4 prøver/km<sup>2</sup>). Innholdet metaller i prøvene ble bestemt ved den Geologiska forskningscentralen i Finland.

Dette første prosjekt har resultert i at en ny retning i norsk geokjemi ble etablert. Det er nå gjennomført slik kartlegging i Oslo, Bergen, Tromsø, Sarpsborg, Fredrikstad, Harstad og Odda. Undersøkelser pågår i Porsgrunn. De fleste undersøkelsene er utført av studenter ved NTNU og Høgskolen i Fredrikstad under veiledning av geokjemi ved NGU.

Den første bygeokjemiske undersøkelsen har i løpet av 15 år ført til en rekke nye aktiviteter og tverrfaglige samarbeidsprosjekter knyttet til jordforurensning i byer. Foredraget vil belyse denne utviklingen.

## **Håndtering av grunnforurensning ved bygging av E6 Nordre avlastningsveg og E6 Trondheim – Stjørdal**

**Erling Kristian Ytterås, *Multiconsult AS, Trondheim***

Det utføres for tiden svært omfattende arbeider på hovedvegnettet i og ved de sentrale deler av Trondheim.

Nordre avlastningsveg (NAV) ble påbegynt i 2005. Denne vegparsellen strekker seg fra rundkjøringen nederst i Bøckmannsvegen i sør, videre i fjelltunnel fra Cecilienborg til Ilsvika-området i vest, og så østover via Skansen og Brattøra, før den nye vegparsellen ender på vestenden av den nye brua over Nidelva, Pirbrua. Hovedformålet med NAV er å avlaste Midtbyen i Trondheim for gjennomfartstrafikk, både mellom øst- og vestbyen, og tungtransport til og fra Brattøra og Nyhavna. I forbindelse med NAV er det også foretatt en generell oppgradering av Ila / Ilsvika – området, med blant annet gjenåpning av Ilabekken, som var lagt i rør.

E6 Trondheim – Stjørdal omfatter parseller både i Trondheim og Stjørdal. For Trondheimsdelen gjelder dette strekningen fra Pirbrua i vest, og fram til Grilstadtunnelen i øst. Her inngår blant annet en svært dyp og utfordrende firefelts løsmassetunnel fra Nyhavna til Nedre Møllenberg, fram til fjellpåhugg. Tunnelen går videre i fjell fram til Strindheim (KBS / Nidar). Prosjektet omfatter også en ny forbindelse mellom Strindheim-området og Haakon VII's gate på Lade.

Multiconsult er engasjert som miljøgeologisk rådgiver for begge prosjektene, etter separate tilbudskonkurranser.

Hvert av prosjektene strekker seg over store distanser, og berører mange ulike lokaliteter som kan inneholde forurenset grunn, jfr. blant annet Trondheim kommunes aktsomhetskart for forurenset grunn. For prosjektene er det innhentet rammetillatelse for håndtering av forurenset grunn, fra hhv. SFT (NAV), Trondheim kommune (Nyhavna – Grilstad) og Stjørdal kommune. Søknadene til de respektive forurensningsmyndighetene var basert på et forholdsvis beskjedent undersøkelsesgrunnlag, men det var spesifisert hvordan dette skulle suppleres før og under anleggsarbeidene. Søknadene inneholdt også forslag til klassifisering og sluttdisponering av gravemassene.

Prosjektene er blitt splittet opp i flere mindre delentrepriser, og Multiconsult har utført miljøtekniske forundersøkelser og utarbeidet rapporter for hver av disse. Siden det totalt sett dreier seg om store gravevolumer, spredt utover et stort geografisk område, har det hele tiden vært et viktig poeng å få avklart forurensningsnivå og disponeringsløsning i forkant av gravearbeidene. På denne måten kunne mellomlagring av masser og ventetid på kjemiske analyser holdes på et minimum. Totalt i forundersøkelsene er det utført prøvetaking i ca. 450 prøvepunkter, og ca. 900 prøver er analysert på relevante parametre (i hovedsak tungmetaller, PAH og oljeforbindelser). I tillegg kommer ca. 160 prøver som så langt er analysert i gravefasen for de ulike delprosjektene.

I forundersøkelsesrapportene inngår tegninger med fargekoder og beskrivelser, som viser Multiconsults tolkning av forurensningsbildet. Dette er et effektivt verktøy både for rådgiver, byggherre og entreprenører, og det gir en bedre sikkerhet for at avdekket forurensning blir håndtert korrekt i gjennomføringsfasen. Alle tegninger er utarbeidet i AutoCad, det samme



tegneverktøyet som også benyttes av øvrige fagrådgivere (veg, VA, landskap), og av byggherre og entreprenører. Det er en ubetinget fordel at informasjon om forurenset grunn enkelt kan utveksles, på samme måte som de øvrige fagene.

## **Prosjekt Ren barnehagejord 2007-2010**

**Lise Støver, *Miljøenheten, Trondheim kommune***

I 2006 la Miljøverndepartementet fram en nasjonal handlingsplan for opprydding i forurenset jord i barnehager og på lekeplasser. Handlingsplanen omfatter de 10 største byene og 5 store industritettsteder.

I tidsrommet 2007-08 er overflatejorda i 200 eksisterende barnehager i Trondheim undersøkt for innhold av arsen, tungmetaller, PAH og PCB, samt at det er registrert bruk av CCA-impregnert trevirke på utelekeplassene i barnehagene. Det er også utført kartlegging og opprydding i alle nye barnehager som ble prosjektert i samme periode.

Det er funnet forurenset overflatejord i 50 barnehager, samt CCA-impregnerte kantstokker i 95 barnehager. Totalt skal det gjennomføres oppryddingstiltak i 112 barnehager.

Denne presentasjonen vil diskutere de viktigste resultatene og trendene fra kartleggingsprosjektet i Trondheim.

## **Prosjekt Ren barnehagejord i Trondheim – utførte undersøkelser**

**Siri Greiff og Stine Lindset Frøland, *Multiconsult AS, Trondheim***

Multiconsult har vært engasjert av Trondheim kommune til å foreta de miljøtekniske undersøkelsene i Prosjekt Ren barnehagejord i Trondheim. Dette innebærer undersøkelser i ca. 200 barnehager fordelt på 13 bydeler i Trondheim kommune. Undersøkelsene er gjennomført i perioden 1.august 2007 til september 2008.

De utførte undersøkelsene har bestått av prøvetaking av overflatejord (0-2cm), registrering av CCA og kreosotimpregnert trevirke, forsendelse av prøver til analyselaboratorium og rapportering. Prøvetakingen ble gjennomført i henhold til Statens forurensningstilsyns veileder TA-2260/2007, ”Veileder for undersøkelse av jordforurensning i eksisterende barnehager og lekeplasser”, mens for rapporteringen er det tatt utgangspunkt i veileder TA-2262/2007 ”Mal for rapportering fra undersøkelse av jordforurensning i barnehager og på lekeplasser”. Alle jordprøvene er analysert ved AnalyCen i Moss.

Jordprøvene er i hovedsak tatt i områder hvor vegetasjonsdekket er slitt bort og barna kommer i direkte kontakt med original jord, jord brukt til landskapsutforming og jord brukt til beplantnings- og dyrkningsformål. Det er ikke tatt prøver av sand fra sandbasseng. Det har vært stor variasjon på barnehagene i størrelse og utforming, så antall jordprøver har variert noe. Jordprøvetakingen har vært en grei jobb, med bruk av alminnelig bevissthet om hvor man tar prøver og hva resultatene skal benyttes til.

Jordprøvetaking og påvisning av CCA-impregnert trevirke er utført hver for seg – av praktiske og økonomiske hensyn. For bestemmelse av CCA-impregnert trevirke er det benyttet et portabelt analyseinstrument (NITON XRF-måler). Ved registreringen er antall løpemeter med CCA-impregnert trevirke innmålt. Primært er CCA-impregnerte lekeapparater påvist i de større, kommunale barnehagene bygget på 70-80-tallet. Lite er påvist i familiebarnehagene. Forekomst av CCA-materiale har mye større betydning for omfang av tiltak enn jordanalysene.

Kreosotimpregnert trevirke er registrert visuelt, og er kun registrert i noen få barnehager.

Kostnader i forbindelse med opprydningstiltak vil bli belyst.

## **Kartlegging og identifisering av forurensningskilder i Nidelvas nedre løp og i Nyhavna**

**Pernille Bechmann, Anne-Britt Haakseth og Yvonne Hetlevik, *Studenter ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige universitet (NTNU)***

Det ble samlet inn 182 prøver av sandfangsmasser, havnesedimenter og løsmasser er ved Nidelvas nedre løp og Nyhavna. Prøvene er blitt analysert for metaller og de organiske miljøgiftene PCB og PAH. Resultatene ble benyttet til å identifisere og kartlegge aktive kilder til forurensning i området. I tillegg ble metallinnholdet i bygningsfasader målt med bærbar XRF for å se på om disse er kilder til forurensning. Det ble ikke funnet noen klar sammenheng mellom målinger med XRF og resultater fra sandfangskummene, mye fordi antallet usikre målinger med XRF ble veldig stort. Veolia miljø ble funnet å være en av de mest aktive kildene i området, og sandfangsmasser og boreprøver fra området hadde høye konsentrasjoner av mange ulike forurensninger.

## Bygeokjemi i Porsgrunn

**Yngvil Holt, mastergradsstudent analytisk- og naturmiljøkjemi, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU)**

Porsgrunn er en kommune sørøst i Telemark med en lang industrihistorie. Industri, og spesielt tungindustri, ble Porsgrunns viktigste næringsvei på 1900-tallet. Da Norsk Hydro etablerte seg på Herøya i 1928 var det allerede smelteverk, skipsverft, elektroteknisk industri og et større metallverk i byen, noe som førte til at Porsgrunn og omegn hadde landets største industrikonsentrasjon.

Med industrien kom også forurensing, og Porsgrunnsdistriktet var lenge et av de mest forurensede områdene i landet. På 1960-tallet farget røyken fra industrien ”himmelen gul, plenene brune og lungene svarte”, men røyken og disen ble sett på som positive elementer som betydde arbeid og velstand. Først mot slutten av 1960-tallet begynte kritiske røster å heve seg, og aktive rensetiltak samt strengere regelverk har de siste 20 år redusert forurensingen betraktelig. Miljøproblemene i Porsgrunn er hovedsakelig skapt av industrien, og det er fortsatt et problem per dags dato med forurensning fra industri til luft, vann og jord.

Som et ledd i en geokjemisk kartlegging av tungmetaller i Porsgrunn kommune ble det sommerne 2007 og 2008 tatt 651 prøver av overflatejord (0-2 cm) med et signifikant antall duplikater (60 stykker) systematisk fra alle deler av kommunen. Majoriteten av prøvene ble tatt i de tettest bebygde områdene av kommunen. Her bor 94% av kommunens befolkning og her finner man tungindustrien. Blant de 651 prøvene er 53 prøver tatt innenfor de avgrensede områdene til Herøya Industripark, arealene til tidligere Norsk Hydro, samt 31 prøver fra de avgrensede områdene til Norcem Brevik AS. Prøvene ble løst med 7N  $\text{NH}_3$  og analysert ved NGU-lab for 29 elementer med ICP-AES, kvikksølv med CV-ASS, tinn med GF-AAS samt glødetap ved 480°C. Ut fra resultatene blir det forsøkt å kartlegge kilder, spredningsmønster, samt å anbefale eventuelle tiltak i fremtiden. Det er også av interesse å se på dagens forurensning i forhold til kommunens befolkning og industrielle utvikling.

Parallelt med prosjektet ovenfor har ”Barnehageprosjektet” foregått. Den 28. november 2006 la Miljøverndepartementet frem en handlingsplan for kartlegging og opprydning av miljøgifter i barns utemiljø. Undersøkelsene iverksatt av Statens Forurensningstilsyn (SFT) og overvåket av NGU skulle skje de 10 største byene og 5 største industristedene i Norge, derav Porsgrunn. Porsgrunn kommune tok sommeren 2007 prøver av overflatejord (0-2 cm) fra alle kommunale og private barnehager i kommunen. Prøvene ble analysert for både tungmetaller og organiske miljøgifter, blant annet dioksiner, PAH, PCB, HCB og seksverdig krom. Resultatene fra denne undersøkelsen vil bli sammenlignet opp mot de øvrige resultatene fra Porsgrunn kommune.

# Fordeling og nivåer av PAH i jord i Bergen, Oslo og Trondheim

Henning K. B. Jensen, *Norges geologiske undersøkelse*

## Resultater

Polycykliske aromatiske hydrokarboner i jord er en gruppe av forurensende stoffer, som er blitt analysert i jord i de tre største norske byene i flere prosjekter i de siste ca. 10 årene. Prosjektene har hatt forskjellige målsetninger, og det har vært brukt forskjellige metoder i denne 10-års perioden. Det gjør det naturligvis vanskelig å dra direkte sammenligninger mellom i alt 8 forskjellige prosjekter, med 4 prosjekter i Bergen, 3 prosjekter i Oslo og et enkelt prosjekt i Trondheim. Ikke desto mindre sammenlignes resultatene fra forskjellige undersøkelsene. Og det synes å være noen generelle mønstre, som viser for PAH-konsentrasjoner i jord i de tre norske byene.

Totalt er flere tusen jordprøver analysert, og det er en god geografisk dekning av prøver i de tre byene.

SumPAH<sub>16</sub> konsentrasjonene er generelt signifikant høyere i Bergen enn i Oslo og Trondheim. Tilsvarende kan sies om benzo(a)pyren. For alle byene gjelder det at sentrale (og eldre) bydeler har generelt vesentlig høyere PAH<sub>16</sub>-konsentrasjoner enn forsteder (og yngre) bydeler.

Det er ikke markante forskjeller i PAH<sub>16</sub> sammensetningene i jord i de tre byene. Det er stort sett PAH fra forbrenning i jord i de norske byene. En av de viktigste kildene er vedfyring.

## Tall-lek på basis av årlige PAH-utslipp

Årlig utslipp av PAH i Norge i 2005 var 279 tonn. Ser man bort fra industriens utslipp på 190 tonn, bestod de resterende utslipp fra vedfyring (50 tonn), trevirke (17 tonn), vei og båt trafikk (11 tonn), olje og gass (5,5 tonn) og andre kilder (5,5 tonn) til totalt 89 tonn, ifølge Statens Forurensingstilsyn. En betraktelig del av de 89 tonn blir avsatt i de tre byene. For å tallfeste hva det årlige bidrag av PAH betyr for nivåene i jord blir det beregnet hvor mye PAH som kan bli avsatt pr. overflateenhet i de tre byene.

## Forbehold

Det er viktig å ta hensyn til at ikke alt areal i byene er jordflater.

En stor del består av bygningsmasser. Hva skjer med PAH, som avsettes sammen med partikler på bygg og andre harde flater? Beregninger og forslag til videre oppfølging blir presentert. Og hvor rene er byggmassen som har fått en avsetning av partikler og PAH i løpet av flere tiår?

## PCB i stående bygningsmasser

**Ola A. Eggen, *Norges geologiske undersøkelse***

Siden PCB ble forbudt i nye produkter i 1980, har arbeidet om å få kontroll på de PCB-produktene som allerede eksisterer i landet pågått. Statens forurensningstilstn (SFT) blant annet gjennomført store aksjoner, som å samle inn isolervinduer og kondensatorer som inneholder PCB.

Norges geologiske undersøkelse (NGU) har i lengre tid hatt fokus på PCB i maling, murpuss og betong, og har tidligere undersøkt innholdet av PCB i bygninger fra Bergen, Harstad, Oslo, Svalbard, Tromsø og Trondheim. Våren 2008 samlet NGU inn data for ytterligere 105 bygg fra byene Drammen, Kristiansand, Porsgrunn, Stavanger og Ålesund som et ledd i det SFT-initierte prosjektet "PCB i stående bygningsmasse (bygg, broer etc) – Nasjonalt estimat på problemomfang og mengdeberegning for PCB i stående bygningsmasse og jord". Prosjektet har vurdert problemomfang, utlekking og spredning av PCB fra bygninger oppført i tidsrommet ca. 1950-1980. Det er også gjort et estimat på gjenværende mengde PCB i stående bygningsmasse, basert på NGUs data.

Det ble påvist PCB i eller ved 31 av 105 lokaliteter i utendørsprøver, enten i form av PCB-holdig maling, betong, fugemasse eller jord inntil bygningene. Konsentrasjonene er lave, men enkelte bygninger har konsentrasjoner av PCB<sub>7</sub> klart over grensen for farlig avfall. Konsentrasjoner opp mot 130 mg/kg i fugemasse og 97 mg/kg i maling er påvist. Konsentrasjonene som ble funnet i de fem nevnte byene er imidlertid lavere enn hva som tidligere er påvist i bl.a. Bergen og på Svalbard. Stavanger er den av de fem undersøkte byene som har flest prøver som inneholder PCB. Dette forsterker en tidligere mistanke om at PCB-holdige produkter, som for eksempel maling, ble brukt mer på Vestlandet enn i andre deler av landet.

Det ble påvist PCB i innendørs maling/murpuss i 22 av 42 bygninger, med konsentrasjoner opp mot 650 mg/kg.

## Behavior and mobility of Antimony in soil

**Gudny Okkenhaug, Norwegian Geotechnical Institute (NGI)**

Antimony, a metalloid in group 15 of the periodic table, exists in a variety of oxidation states (-III, 0, III, V), with oxidation states III and V being most common in the natural environment. In the lithosphere Sb occurs as antimony sulfides, metal antimonides and antimonoxides. The principal Sb-containing ore minerals are stibnite ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ) and valentinite ( $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ).

Antimony is primarily used as a hardener in lead for storage batteries, but also in solders and other alloys (e.g. used in bullets). Antimony trioxide, the most important industrially used Sb compound, is primarily used in flame-retardants, but also in paint pigments, glass and ceramics. Antimony compounds are increasingly released into the environment during incineration of waste, combustion of fossil fuels e.g. coal and petroleum and smelting of metal ore. Other sources of Sb contamination of soils include ammunition at shooting ranges, road traffic (dust from brake linings and tires) and older battery producing plants. Background concentrations of Sb in unpolluted soils are small (a few mg/Kg). Due to increased industrial use of Sb, contamination of the soil and groundwater is of growing concern.

In soils, Sb is commonly oxidized to pentavalent antimonate,  $\text{Sb}(\text{OH})_6^-$ . Due to its anionic character, Sb(V) is relatively mobile in the environment, having a low affinity for clay minerals and organic carbon. Natural iron- and manganese oxides are important sorbents for Sb in soils.  $\text{Sb}(\text{OH})_6^-$  is relatively mobile in neutral and alkaline soils, while  $\text{Sb}(\text{OH})_3$  is sorbed to oxides over a wide pH range. Under reducing conditions Sb may form  $\text{Sb}(\text{OH})_3$  or Sb-sulfides. Biologically mediated methylation has been detected in soils and plants, but in general methylated Sb concentrations in the environment are low, and not considered to be of great concern.

It is not clear whether bioaccumulation of Sb occurs. In Sb mining areas the uptake and bioaccumulation in plants and microorganisms are small, due to the low solubility of Sb in water. Similarly, plants growing at contaminated soils (concentrations up to 500 mg/kg), have about the same Sb uptake as plants growing at uncontaminated soils. On the other hand, studies on invertebrates and mammals from grassland in the vicinity of a Sb-smelter showed elevated Sb-concentrations in tissues.

Antimony is considered as a priority pollutant, with relatively low threshold values. In Norway Sb has become high focus due to strict leaching limits of waste in the landfill regulation.



## **EGG: European Groundwater Geochemistry Part I: Mineral Water**

**Clemens Reimann<sup>1</sup> and Manfred Birke<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Geological Survey of Norway, 7491 Trondheim, Norway,* <sup>2</sup>*Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Postfach 510153, 30631 Hannover, Germany*

While the geochemistry of surface water at the European scale is documented in the EuroGeoSurveys Geochemical Atlas of Europe (Salminen et al., 2005), the geochemistry of groundwater has not yet been sufficiently recognized. Collecting comparable samples of groundwater over Europe is for a variety of reasons considerably more difficult and expensive than collecting surface water. Existing data sets are often not comparable over country borders and cover only the most usual parameters. Groundwater quality data for a wide number of parameters at the European scale are, however, urgently needed in connection with the EU Water Directive.

Bottled drinking water and mineral water is in large parts of Europe rapidly developing into the main drinking water supply for the general population. In Europe 1800 "mineral waters" are officially registered. Instead of setting out to collect samples from single wells all over Europe it is thus possible to use bottled mineral and drinking water as sold in shops for getting a first estimate of "groundwater geochemistry" at the European scale. The geochemists of the Geological Surveys of Europe have thus used their network to buy commercially sold water bottles from shops all over Europe. More than 1500 water samples were finally collected at the laboratory of the Federal Institute of Geosciences and Mineral Resources in Hanover, Germany and analysed for more than 70 parameters. The data set can be used to get a first impression about the natural variation of the determined chemical elements and additional parameters in groundwater at the European scale.

To be able to use analytical data from commercially bottled samples it was necessary to study the influence of bottle material on the analytical results. It turned out that PE bottles contaminate the water with Sb, while glass bottles contaminate the water with Pb and several further elements. However, in general, and for the majority of parameters the analytical results will provide a reliable first estimate of groundwater quality at the European Scale.

Drinking water action levels as defined for water works supplying the general population with drinking water are expressively not valid for mineral waters in the European Regulations. This is due to the fact that mineral waters were originally marketed for medical purposes and not as "general purpose drinking water" (as they are often used today). If drinking water action levels are applied to mineral waters a substantial number of compliance failures are observed. The health implications of natural element variation in mineral water need political attention. Natural variation observed for most elements in the 1500 analysed water samples is large (several orders of magnitude for most elements). Variation of natural groundwater quality needs to be known and documented at the European scale.

Salminen, R. (Chief-Editor), Batista, M.J., Bidovec, M. Demetriades, A., De Vivo, B., De Vos, W., Duris, M., Gilucis, A., Gregorauskiene, V., Halamic, J., Heitzmann, P., Lima, A., Jordan, G., Klaver, G., Klein, P., Lis, J., Locutura, J., Marsina, K., Mazreku, A., O'Connor, P.J., Olsson, S.Å., Ottesen, R.-T., Petersell, V., Plant, J.A., Reeder, S., Salpeteur, I., Sandström, H., Siewers, U., Steenfelt, A., Tarvainen, T., 2005. Geochemical Atlas of Europe. Part 1 – Background Information, Methodology and Maps. Geological Survey of Finland, Espoo, Finland.

# **FOREDRAG**

## **4. februar**

## Geovarme – nytt fagområde med nye geofaglige utfordringer

**Kirsti Midttømme<sup>1</sup>, Audun Hauge<sup>2</sup>, Kim Rudolph-Lund<sup>2</sup>, Randi Skirstad Grini<sup>1</sup>, Astri Eggen<sup>2</sup> og Thor Erik Musæus<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *NGI (Norges geotekniske institutt), Pirsenteret, Havnegata 9, PB 1230, 7462 Trondheim,*

<sup>2</sup> *NGI, Sognsveien 72, PB 3930, Ullevål Stadion, 0806 Oslo,* <sup>3</sup> *Rock Energy, PB 1725 Vika, 0121 Oslo.*

Geovarme er et nytt fagområde ved NGI. Til tross for finanskrisen er etterspørselen etter geofaglig rådgivning ved etablering av geovarmeanlegg økende. Innføring av de nye energikravene i plan og bygningsloven fra 1. august 09 vil med stor sannsynlighet medføre ennå større interesse for dette energialternativet.

Mangel på forskrifter /standarder for etablering og bruk av geovarme og mangel på bruk av geofaglig rådgivning har vært uheldig. Det finnes dessverre mange eksempler på dette, og media liker gjerne de dårlige eksemplene best. Underdimensjonerte anlegg finnes, og enkelte har måttet stenge pga for store setningsskader. Det har også vært ført rettsaker mot VVS-geovarme konsulenter pga skader på bygg. Poretrykksmålinger i et større område ved Ullevål Stadion under etablering av en større brønnpark, viste endringer i poretrykket. Det ble igangsatt midlertidig vanninnfiltrasjon for å motvirke poretrykksfall. Undersøkelser i Sverige viser at omfattende bruk av geovarme kan gi økt spredning av gammel forurensning i grunnen. Flere av de større anleggene i Noreg er etablert eller planlegges på gamle forurensede industriområder.

Industrien har oppdaget muligheten for gjenbruk av spillvarme ved bruk av geovarmeanlegg. I Tyskland antas potensialet for utnyttelse av spillvarme ved energilagring til å være 106 TWh (90% av norsk vannkraftproduksjon). Sammen med blant annet Sintef og fem store norske industribedrifter planlegges et større forskningsprosjekt på redusert energibruk. Bruk av geovarme /-kjøling er et av delprosjektene.

Det største energipotensialet og de største geofaglige utfordringer er å utnytte dyp geotermisk energi. Rock Energy As har patent på et lukket dyp geotermisk system. Selskapet jobber i dag med finansiering av pilot anlegg i Oslo og utvikling av selskapet og nye prekommersielle anlegg i et internasjonalt marked i rivende utvikling.

## **Erfaringer og utfordringer knyttet til drift av grunnvarmeanlegget ved Oslo Lufthavn**

**Anja Sundal, Jarl Øvstedal og Geir Vangsnes, Oslo Lufthavn AS**

Norges hovedflyplass, Oslo lufthavn AS (OSL), ble lagt til Gardermoen og åpnet i 1998. Med et bygningsareal på 180 000 m<sup>2</sup> er det behov for oppvarming om vinteren og nedkjøling om sommeren, noe som for terminalen utgjør et samlet energibehov på ~45 GWh per år. For å dekke energibehovet brukes en kombinasjonsløsning av energikilder, hvorav ~10 GWh dekkes av OSL's grunnvarmeanlegg.

OSL's grunnvarmeanlegg er et energigjenvinningssystem i tilknytning til et termisk energianlegg for varme og kjøling. Systemet omfatter 18 grunnvannsbrønner i løsmasser, hvorav 9 er "kalde" og 9 er "varme". Hver av brønnene er 40-50 m dype, har en diameter på 450 mm og er utstyrt med en pumpe og et injeksjonsrør. Ved behov for kjøling (sommer) pumpes grunnvann fra kalde brønner (~4.5°C), via varmevekslere for direktekjøling og kondensatorer for kjølemaskiner. Vannet blir da varmet opp (~30°C) og injiseres til varme brønner. Ved behov for oppvarming (vinter) pumpes grunnvann fra varme brønner (~25-10°C), via varmevekslere og fordampere på varmepumpe, før avkjølt (~4°C) grunnvann injiseres til kalde brønner.

Gardermoen deltaet ble avsatt tidlig i Holocene (~9500 BP) og består av to sub-delta; Trandum- og Lideltaet. OSL's energibrønner ligger et område hvor de to deltalobene overlapper hverandre, der løsmassenes mektighet er antatt å være i størrelsesorden 50 m (± 5 m). Grunnvannsnivået fluktuerer rundt 191.5 m.o.h. (13 m under overflaten) i brønnområdet. Energibrønnene er hensiktsmessig plassert på grunnvannsskillet hvor grunnvannsfluksen er liten. Boreloggene fra energibrønnene viser at det i grunnvannssonen er sand med vekslende kornstørrelse fra medium til fin sand med linser av siltige og leirige sedimenter. Generelt består løsmassene på Gardermoen hovedsakelig av silikatmineraler, men < 3 vektprosent kalsitt og < 2 vektprosent pyritt påvirker grunnvannskjemien i stor grad (Jørgensen *et al.*, 1991; Dagestad, 1998).

Lokalt i området rundt energibrønnene vil den geokjemiske likevekten påvirkes. På varm side vil dypt grunnvann, som opprinnelig er mettet med hensyn til kalsitt, få ytterligere tilførsel av Ca, Mg og økt alkalinitet som følge av økt kalsittoppløsning ved høyere temperatur og høyere strømningshastighet, men det er også andre geokjemiske prosesser som foregår parallelt og gir samme effekt. Ved biologisk nedbrytning av avsningskjemikalier i grunnen dannes organiske syrer som mellomprodukter, som også kan virke oppløsende på kalkrike løsmasser. I tillegg vil tilførsel av kalium (baneavsningskjemikalier) utløse ionebyttingsprosesser som også øker Ca og Mg konsentrasjonen.

Økt kalsitt oppløsning, spesielt i de varme brønnene, har medført utfelling og klogging i spesielt de kalde brønnene. Kapasiteten har blitt betydelig redusert i flere av brønnene, hvorav også en er helt tett. Det er også redusert kapasitet i de varme brønnene. Det er gjennomført tiltak ved at de kalde brønnene er spylt og vasket 2 ganger og de varme brønnene 1 gang. Dette har effekt i en periode.

Anlegget er dimensjonert for 270m<sup>3</sup>/h maximumsvolum, mens det i dag pumpes ut maksimale vannmengder i størrelsesorden 130m<sup>3</sup>/h. Effekten som kan leveres til og fra anlegget er derfor ca halvert i forhold til det anlegget ble dimensjonert for. Energimengden omsatt i anlegget over året er noe redusert grunnet dette, men ikke samme grad som for effekten.

Dagestad, A. 1998. In situ luftinjeksjon i grunnvannssonen som opprensningstiltak i akviferen ved Gardermoen, Sørøst Norge. Unpublished dr.ing thesis, Norwegian University of Science and Technology.

Jørgensen, P., Stuanes, A. O. & Østmo, S. R. 1991. Aqueous geochemistry of the Romerike area, Southern Norway. *Norges Geologiske Undersøkelse Bulletin* **420**, 57-67.

## Vann og melk i Verdal – muligheter for kjøling?

**Randi Kalskin Ramstad, Rolf E. Forbord og Bernt Olav Hilmo, Asplan Viak AS**

TINE Midt-Norge avdeling Verdal produserer Jarlsberg, TINE Gräddost og myseprodukter. Osteproduksjonen medfører kjølebehov og TINE ønsket å utrede potensialet for bruk av grunnvann som et rimelig kjølealternativ. TINE Midt-Norge avdeling Verdal er lokalisert på industriområdet Ørin på Verdalsøra, på sletta sør for utløpet av Verdalselva i Trondheimsfjorden.

TINE har tidligere benyttet grunnvann fra to mindre brønner til vannforsyning, men disse brønnene ble stengt for mange år siden. Undersøkelser i forbindelse med brønnetablering og andre grunnundersøkelser, indikerer sand med god vanngjennomgang ned til 6-12 meters dybde. Kapasitet for den ene brønnen var oppgitt til ca 15 m<sup>3</sup>/time og vannet hadde høyt innhold av mangan.

Resultatene fra en tradisjonell grunnvannsundersøkelse, bestående av georadarmålinger, sonderboringer og undersøkelsesbrønn, viste at grunnvannsmagasinet består av 5-10 meter med sedimentstrukturer som er typiske for elveavsatte sandmasser. Undersøkelsesbrønn ble etablert i borelokalitet som viste størst innhold av grove masser. Testpumping i undersøkelsesbrønn viste best vanngjennomgang ned til 6 meters dybde, og noe dårligere vanngjennomgang mot dypet. Vannmettet og permeabel sone er fra grunnvannsnivå (3,5 m) til 13 meter.

Grunnvannskvaliteten forandres mot dypet, med oksygenrikt vann i toppen og oksygenfattig vann som inneholder løst jern- og mangan mot dypet. En eventuell etablering av anlegg for uttak av 250 m<sup>3</sup>/time vil kreve mange vertikale rørbrønner, der de to grunnvannskvalitetene blandes. Inntreden av oksygen vil svært sannsynlig føre til utfelling av jern- og mangan, og vil være problematisk for driften av anlegget. Det er sannsynlig at utfellinger vil skje allerede i produksjonsbrønnens filterdel, med den følge at brønncapasiteten reduseres over tid.

Ut fra disse resultatene, ble det ikke anbefalt utbygging av grunnvannsbasert kjøleanlegg basert på etablering av vertikale rørbrønner.

### ***Alternativ løsning***

På bakgrunn av negative resultater med tanke på etablering av vertikale rørbrønner ble det foreslått en alternativ løsning tilpasset lokale forhold. Løsningen forsøker å utnytte de gode hydrauliske egenskapene og den gode vannkvaliteten ned til 6 meters dybde kombinert med døgnlagring av nattprodusert kulde fra tørrkjølere.

Om natten er både lufttemperaturen og prisen på elektrisitet lavest. Lagring kan gjøres i akkumulatortanker eller jordbasseng med lukkede kollektorslanger. Et slikt jordbasseng vil være både plassbesparende og sannsynligvis billigere såfremt andre akkumulatorinstallasjoner ikke allerede er tilgjengelige. Hovedprinsippet for et slikt jordbasseng innebærer å legge lukkede kollektorslanger i plast så dypt som mulig og under grunnvannsnivå. Bassenget fylles igjen etter at slangene er lagt ut, og slangene fylles med vann eller eventuelt en frostsikker væske. Deretter benyttes jordbassengets volum til døgnlagring av nattprodusert kjøling fra tørrkjølere. På dagtid hentes kjølingen ut hovedsakelig i form av frikjøling eller ved bruk av kjølemaskin. Uttatt effekt fra denne løsningen avhenger av volumet av vannmettet sone i bassenget, antall meter slange fordelt i jordbassenget og temperaturforskjeller mellom dag og natt.

Løsningen med jordbasseng og lukkede kollektorslanger vil bli betydelig mer effektiv hvis man samtidig med utgravingen av bassenget velger å etablere horisontale filterbrønner i den ene enden av bassenget. Resultater fra testpumping i undersøkelsesbrønn viser at både vannkvaliteten og forholdene for uttak av grunnvann i dette området er gode ned til 5,5-6 meters dyp. Her er vannets innhold av jern og mangan lavt og området består av grove masser. Avhengig av brønnenes horisontale lengde og reinfiltrasjon, vil det være mulig å ta ut 30-60 m<sup>3</sup>/time. I effekt tilsvarer en slik mengde 35-70 kW/°C. I tillegg kommer uttak av effekt fra den delen av anlegget med lukkede kollektorslanger.

### ***Hovedkonklusjon***

- Etablering av grunnvannsbasert kjøleanlegg basert på ***vertikale*** rørbrønner anbefales ikke.
- Døgnlagring av nattprodusert kjøling fra tørrkjølere i jordbasseng, der kombinasjonen grunnvann fra ***horisontale*** filterbrønner og system med lukkede kollektorslanger utnyttes, er en mulighet som bør utredes videre.

Kapasiteten på horisontale filterbrønner vil riktignok være lavere enn opprinnelig ønsket vannmengde, men den skisserte løsningen med døgnlagring vil være optimal ut fra rådende forhold.

## Grunnvannstemperatur i Valldal

**Rolf E. Forbord, Randi Kalskin Ramstad og Bernt Olav Hilmo, Asplan Viak AS**

Valldal vannverk i Norddal kommune har ingen godkjent reservevannkilde. Siste året har det gått ras i elva oppstrøms inntaket og dette har ført til økt turbiditet og dårligere effekt av UV-behandlingen. Vannverket har derfor behov for å utvikle en supplerende vannkilde. Dagens vannbehov til vannverket er ca 9,5 liter/sekund.

Norges geologiske undersøkelse (NGU) gjorde grunnvannsundersøkelser på flere steder i kommunen i 1986. De beste forholdene for grunnvannsuttag ble påvist ved Sylte. Undersøkelsesboringer viste 15-20 meter med sand og grus med god vanngjennomgang. I de to ytterste boringene ble det påvist saltholdig grunnvann på henholdsvis 11 og 14 meters dyp.

Deltaflata ved Sylte sentrum er relativt høyt belastet. Store deler av deltaflata på vestsida av elva består av dyrket mark (åker). På begge sider av Valldøla er det campingplasser med fast oppsatte vogner og spikertelt. Sør for grustaket er det mye bebyggelse med både offentlige bygninger og boligfelt. Ved supplerende undersøkelser i 2008 ble det lagt stor vekt på å unngå mulig konflikt med annen arealbruk og særlig arealbruk som kan medføre fare for forurensning av grunnvannet. Hoveddelen av undersøkelsene ble foretatt i to områder på deltaflata innenfor utløpet av elva Valldøla i Norddalsfjorden. Område 1 ligger langs vestsiden av elva fra Sylte sentrum og nordover. Område 2 (lenger nord) består av elvesletter på begge sider av Valldøla like nordøst for utløpet av Berdøla.

Undersøkelser i november 2008 ble utført i 3 områder og omfattet:

- Georadarmålinger (10 georadarprofiler)
- 4 stk. sonderboringer
- Nedsetting av 2 stk 5/4" undersøkelsesbrønner
- Testing av løsmassenes vanngivende egenskaper
- Uttak av sediment- og grunnvannsprøver
- Feltmålinger av temperatur og ledningsevne

### Resultater

Grunnvannet i området har meget lav elektrisk ledningsevne (15-30  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), noe som gir optimale forhold for georadarmålinger.

I den delen av område 1 som ligger oppstrøms dyrket mark og 120 meter nordover er det påvist entydige deltaskrålag ned til mer enn 22 meter under grunnvannsspeilet. Deretter skrå fjelloverflaten opp, og mektigheten av steinig sand og grus avtar til kun få meter lenger nord i området.

Også fra grensen for dyrket mark og 230 meter sørover mot sentrum er det påvist skrålag med sand grus ned mot minimum 25 meters dyp. Deretter forsvinner skrålaga på 10-12 meters dyp. Dette skyldes at det dypereliggende grunnvannet er saltholdig.

Sonderboringer i området nord for dyrket mark viser steinig grus fra 0-5 meter, deretter grusig sand grus fra 5 til 20 meter hvor boringene ble avsluttet. Fra 15-20 meter er grusen steinholdig. Profilundersøkelse i form av 5/4" undersøkelsesbrønn viser at sand- og grusmassene har gode vanngivende egenskaper (sandspissen ga mellom 1,7 og 2,5 l/s i alle nivåer).



Grunnvannets elektriske ledningsevne (konduktivitet) og temperatur framgår av tabell 1. Grunnvannets ledningsevne avtar mot dypet, og halveres fra 32 til 15  $\mu\text{S}/\text{cm}$  fra 7 til 19 meters dyp. Temperaturen øker fra 7,7 °C til maksimalt 10,8 °C på 16,6 meters dyp.

Dette er en situasjon man ikke ser ofte i grunnvannsmagasin av denne typen. Vanligvis øker ledningsevnen mot dypet, som følge av det dypereliggende grunnvannets lengre oppholdstid. Temperaturen i overflatenært grunnvann er normalt påvirket av årstid (vanntemperaturen i elva) i de øverste meterne, men varierer deretter i nærheten av årsmiddeltemperaturen i området (6-7 °C).

Tabell 1. Feltmålinger av temperatur og ledningsevne i utpumpet grunnvann– Undersøkellesbrønn 1

Dyp (m)	Konduktivitet ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) Ub-1 i område 1	Temperatur (°C)
6-7,5	32,6	7,7
9-10,5	22	7,7
12-13,5	17	10,5
15-16,5	16	10,8
18-19,5	15,4	9,5

Undersøkelsen ble utført 4-5 november 2008. Temperatur og ledningsevne i elva ble på samme tidspunkt målt til hhv 3,5 °C og 18  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . I undersøkelsesbrønn 2 lenger nord ble temperaturen målt til 7,5 °C på 5 meters dyp, og 4,8-5,3 °C på 10-12 meters dyp. Ledningsevnen økte fra 21 til 25  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Dette er et mer typisk resultat.

Forklaringen på den høye grunnvannstemperaturen i dypet kan skyldes at storparten av grunnvannet mates inn i ett bestemt område (i motsetning til en linjelekkasje over en lengre strekning). Ut fra georadarmålingene er dette det området hvor mektigheten av sand og grus avtar fra mer enn 25 meter til kun få meter i løpet av en kort strekning. Valldøla drenerer et fjellområde, slik at de høye temperaturene i dypet indikerer en faseforskyvning i tid på 2-3 måneder. Trolig vil situasjonen være motsatt i sommerperioden, med kaldt vann i dypet utover sommeren.

De utførte undersøkelser viser at man både kan ta ut grunnvann til drikkevannsformål oppstrøms dyrket mark og sentrum, og samtidig ta ut grunnvann til energiformål i områder med dyrket mark, camping og bebyggelse. De målte grunnvannstemperaturer medfører at magasinet kan være veldig interessant til energiformål.

## Termisk borehullslager kombinert med korttidslager

Helge Skarphagen, NIVA

På landbruksskolen på Mære har det blitt bestemt at det skal etableres et senter for "energieffektivisering i landbruket". Nord-Trøndelag fylke, Nord Trøndelag E-verk, Enova samt Steinkjer kommunen har gått inn med betydelige midler i dette senteret. Det skal prøves ut biogass, biobrensel og ikke minst energilagring fra veksthusenes soltimer til utnyttelse nattestid. Er det varme til overs fra kjøring av anlegget er denne energien tenkt lagret i et borehullslager (Borehole Thermal Energy Storage, BTES). Borehullslagre er imidlertid trege og er ikke i stand til å ta i mot de store men tidsmessig korte lastene med solvarme. For å avbøte denne tregheten skal borehullslagre kombineres med et dynamisk energilager (Dynamic Thermal Energy Storage (DTES)) som kan ta i mot og avlevere store termiske effektlaste. DTES i dette tilfelle vil bestå av en 4 m dyp bunge med et areal på 4 x 10 m som er fylt opp med løse lecauler. Porøs leca inneholder mye vann som er tilnærmet låst inne i kulenes porer. Vannet som omgir lecaulene kan imidlertid ved gjennomstrømming i lagret transportere den termiske energien som er lagret i kulene. Varme tas ut og tilføres på toppen i leca bungen mens kulde tas ut og tilføres i bunnen. Lecaulene hindrer omrøring av vannet i lageret og det vil etableres et relativt skarpt skille mellom den varme og kalde sonen. Energien kan porsjoneres ut akkurat så mye som er nødvendig via en turtallsregulert pumpe. BTES og DTES utfyller hverandre effektivt og øker anleggets totale energieffektivitet betydelig. Med kjøling vil det også være mulig å operere veksthuset med CO<sub>2</sub> anriket atmosfære for øket produksjon. Samme varmepumpe benyttes både til avfukting, energilagring og energileveranse. Dette konseptet kan få stor internasjonal utbredelse som et kostnadseffektivt energisparetiltak i større bygg med store men kortvarige svingninger i varme- og kjølebehov.

## **Ren energi fra jordens indre - fra varme kilder til konstruerte geotermiske system**

**Inga Berre, *Matematisk Institutt, Universitetet i Bergen***

I tusenvis av år har mennesker brukt varme kilder til matlaging, bading og oppvarmingsformål, og i de siste hundre årene også til kraftproduksjon. Ser man på verdens totale energiforbruk energi, er bidraget fra geotermisk mer en fire ganger bidraget fra vind, sol og tidevann til sammen. Tradisjonelt har utvinning av dyp geotermisk energi vært begrenset til områder med aktive hydrotermiske ressurser, som karakteriseres ved høye temperaturer, tilstrekkelige tilstedeværende væske og gode strømningsforhold i grunnen. Nå gjør imidlertid teknologi i form av konstruerte geotermiske system (KGS) at man er nær å kunne betrakte dyp geotermisk energi som en globalt tilgjengelig ressurs for kommersiell produksjon av varme og kraft. Prinsippet bak KGS består i oppvarming av væske ved at den sirkuleres ned til flere tusen meters dyp. Typisk kombineres kraftproduksjon med fjernvarme i anleggene, som krever forholdsvis små installasjoner over bakkenivå. På bakgrunn av det enorme potensialet for tilnærmet utslippsfri energi, øker i dag investeringer i KGS-teknologi og produksjonsanlegg raskt internasjonalt.

## Geotermisk energi i StatoilHydro

**Anders Hermansen, StatoilHydro Forskningscenter, Trondheim**

Det er store likheter mellom teknologi for utvinning av olje & gass og geotermisk energi. I dette kan ligge spennende muligheter for kompetanseoverføring, teknologiutvikling og forretning for StatoilHydro.

StatoilHydro er partner i det store og internasjonale prosjektet *Icelandic Deep Drilling Project* på Island. Videre er vi involvert i nasjonale og internasjonale forsknings- og utviklingsinitiativ, alt med mål om å bidra i utviklingen av neste generasjon geotermisk teknologi. Såkalte *Enhanced Geothermal Systems* representerer et attraktivt potensial for utbredelsen av geotermisk energi, men de teknologiske og kostnadsmessige utfordringene er foreløpig store.

Ved å bygge på vår erfaring og kompetanse fra olje- og gassindustrien ønsker StatoilHydro å kunne være en pådriver i teknologiutviklingen samt kunne utforske mulighetene innen geotermisk energi nærmere.

## **An assessment of deep geothermal resources in Norway**

**Christophe Pascal, Harald Elvebakk and Odleiv Olesen, *Geological Survey of Norway***

The Geological Survey of Norway is currently conducting the largest heat flow study on Norway mainland ever carried out since the 70s. In the framework of the Kontiki (NGU-StatoilHydro) and HeatBar (NGU-NFR-StatoilHydro) projects, we measured temperatures in 15 deep drillholes located in the Oslo Region, mid-Norway, Nordland and Finnmark. In contrast with previous heat flow studies, most of our drillholes reach depths exceeding 800 m, allowing for correcting geothermal gradients from paleoclimatic effects and, consequently, for estimating temperatures well below the deepest level reached by the drillholes. The data were primarily used to calculate the relative amount of heat flow produced in the different units of the Norwegian basement and to extrapolate this information to the offshore areas.

In the present contribution we focus on the geothermal potential of Norway mainland. Using our calculated heat flow values, recently published thermal properties of a wide range of rocks in Norway and results from previous geological and geophysical studies, we computed underground temperatures at different depths. Relatively low temperatures are predicted down to 5 km in central and northern Norway, restricting the geothermal potential of these regions to the use of "low temperature fields" (i.e.  $< 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) for house or, eventually, district heating only. In the Oslo Region, the most populated region of Norway, our calculations point towards much more favourable conditions. We show that, depending mainly on the thickness of the Cambrian-Ordovician cover and, to some extent, on the concentration of radioactive content in the underlying basement, "medium temperature geothermal fields" (i.e.  $100\text{-}200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) could potentially be operated for electricity production in the near future. These preliminary conclusions sound promising but still need to be confirmed by more focused studies.

## **Rekonstruksjon av glasiiale avsetninger ved å bruke 3D database og GIS**

**Harald Klempe, *Høgskolen i Telemark***

Ved grunnvannsforsyning, forurensa grunnvann og utnytting av grunnvannsvarme er bruk av sedimentasjonsmodeller nyttige for lokalisering av produksjons- og overvåkingsbrønner. Dette er også konseptmodellen for en matematisk grunnvannsmodell. Ved kartlegging av akviferer får en ofte tallrike data fra boringer og geofysiske undersøkelser som kan være uoversiktlige og vanskelige å håndtere manuelt. Bruk av databaser og GIS gjør det enklere å utnytte dataene. Det er her løst ved en 1D database av lagdelinga i boringer, og eksport av spørreresultater fra databasen til et 2D GIS. Punkt fra lag i georadarprofil (GPR profil) blir lagt inn i GIS ved en trinnvis teknikk basert på dynamisk segmentering. Resultatet er clustering av punkt med egenskaper som er knyttet til spesifikke geologiske formasjoner. Arealer med punktsamlinger blir ramma inn av et polygon i GIS, og rommet imellom de ulike laga får sediment egenskaper og hydrauliske egenskaper. Grenser og hydrauliske egenskaper blir så eksportert til en grunnvannsmodell som FEflow. Dette konseptet er blitt anvendt på flere aquiferer med forurensing fra avfallsdeponi, med grunnvannsforsyning eller for utnytting av grunnvannsvarme.

Ved å bruke sedimentasjonsmodeller som er kommet fram til ved denne metoden har en et mye sikrere grunnlag for plassering av produksjonsbrønner både for vannforsyning og varme og for modellering av forurensningstransport.

## **What is the relation between groundwater in bedrock and water balance in sediments? Results from a case study in Bergen, Norway**

**Nils-Otto Kitterød, *Bioforsk***

A significant number of tunnels are constructed in Norway for hydropower purposes and in later years to facilitate different kind of communication. Even though injection technology of sealing chemicals reduces bedrock permeability and thus prevents serious water leakage, all tunnels act as water sinks. Due to the typical Norwegian topography the groundwater head may be significant. In lower areas there are often marine sediments close to the fjord or in the valley floor, which may give rise to artesian groundwater pressure in the bedrock. The question thus arises: What is the importance of the groundwater head in the bedrock to the water balance in the lower part of the landscape? If groundwater level falls, larger parts of the sediments will be exposed to higher concentration of oxygen, and the degradation rate of organic matter will increase. In coastal aquifers, there is another challenge, namely the boundary condition to salt water. If groundwater drops, there will be saltwater intrusion in the sediments. These questions can be elucidated by numerical flow simulations. The flow model is based on information from databases from Geological Survey of Norway. Given the assumptions in the present case study, it is possible to explain the average water balance in the sediments with outflow of groundwater from the bedrock. Due to the boundary conditions, most of the outflow appears close to the bedrock surface.

A simple 2d cross sectional flow model is used to illustrate different leakage scenarios for the existing tunnels in the area. The most sensitive variable is water flow into the tunnels. In this study, we used an average specific inflow rate to 4 L/d/m. With a preliminary calibration of flow parameters, this water leakage will have minor impact on the average groundwater level in the sediments (approx. 1% decrease of water level compared to natural groundwater level). If the leakage rate increases to 40 L/d/m, the corresponding reduction will be approx. 5%. Leakage rates of more than 400 L/d/m is reported from other tunnel projects in Norway. With this leakage rate the draw down of groundwater head will be significant in the bedrock, which in turn will have impact on groundwater level in the deposits. In such cases injection of sealing chemicals in the bedrock is necessary which most likely will recover the groundwater pressure in the deposits close to the seafloor. At the same time, reduction of bedrock permeability will give rise to a local distortion of groundwater head in proximity to the tunnel. Artificial infiltration of water in the bedrock is an alternative abatement strategy. This alternative will also recover groundwater head, but porewater quality may be affected.

The conclusion of this exercise is that simple numerical simulations should be performed for all tunnels. This is important not only for local water and energy administration, but also for the safety in tunnels because there is a link between groundwater head, water leakage and construction stability of the bedrock. In this context a public database of water leakage into Norwegian tunnels would be valuable.

## **Grunnvannsmodellering av klimaendringer**

**Panagiotis Dimakis, *Norges vassdrags- og energidirektorat***

En oppdatering av NVEs grunnvannsmodeller i Rena og Otta gjorde det mulig å importere simuleringresultater fra hydrologiske modeller knyttet til analyser av klimascenario. Ettersom grunnvannsmoellene var oppdaterte og klimadata tilgjengelige måtte vi teste gjennomførligheten av en grunnvannsanalyse av klimascenario. Klimascenario Hadley4 B2 som gir klimadata for perioden 2071-2100 og antar en moderat øking av drivhusgasser ble brukt for simuleringene. Resultatene viser flere avvik fra det vi betrakter som ”normalt” oppførelse når det gjelder grunnvann. Kommer til å diskutere modellenes oppbygging, klimadataene og tilgjengelige scenario og presentere noen simuleringresultater.



# **POSTER- PRESENTASJONER**

## Utvikling og status av en transient metode for å måle bergarters termiske egenskaper

Hans de Beer<sup>1</sup>, Randi Kalskin Ramstad<sup>2</sup>, Kirsti Midttømme<sup>3</sup>, Janusz Koziel<sup>1</sup> og Bjørn Wissing<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Norges geologiske undersøkelse, <sup>2</sup>Asplan Viak AS, <sup>3</sup>NGI

NGUs laboratorium har utviklet et instrument for å måle termisk diffusivitet av bergartsprøver, og som er basert på teorien beskrevet av Middleton (1993). Varmeledningsevnen blir beregnet som produktet av tetthet ( $\rho$ ), spesifikke varmekapasitet ( $C_p$ ) og termisk diffusivitet ( $\alpha$ ). I perioden 2005 - 2008 er det utført en rekke tester og analyser for å øke forståelsen av de termiske forholdene under målingene, og for å forbedre måleinstrumentet, målerutiner og reproduserbarhet av resultatene.

Termiske egenskaper av norske bergarter er gjennomgående vanskelig å måle. Materialet er sterkt heterogent og anisotropt, og de termiske egenskapene kan variere innenfor korte avstander og vil ofte variere i ulike retninger gitt av lagdeling og foliasjon. Antallet bergartsprøver er derfor en kritisk faktor for å oppnå en tilfredsstillende forståelse av den romlige fordelingen i termiske egenskaper. Utførte målinger i perioden 2006 til mai 2008 involverte måling av cirka 1000 kjerneprøver og 3000 overflateprøver.

Mange enkeltmålinger øker det statistiske grunnlaget for reproduserbarhet og forbedrer rutinen for bruk av måleinstrumentet for termisk diffusivitet. Økt temperatur i varmekilden, bedre temperatursensorer og bruk av kritiske grenseverdier for "godkjenning" av måleverdier betraktes som de tre viktigste faktorer i forbedringen av målemetoden. Internasjonal sertifisering av Pyroceram ved IRRM i 2007 (Salmon m.fl., 2007), som benyttes som standardprøve under målingene, var også et meget viktig framskritt, og som sikret god kvalitetskontroll av alle måleresultater sett i forhold til reproduserbarhet og nøyaktighet.

En ringtest ved laboratoriene ved universitetet i Aarhus og ved den finske geologiske undersøkelsen (GTK) bekreftet at dagens måleprosedyre og utrustning ved NGU har en tilfredsstillende kvalitet.

NGUs laboratorieinstrument for måling av termisk diffusivitet og beregning av varmeledningsevne kan imidlertid forbedres ytterligere. Blant annet kan prosedyren for å bestemme termisk diffusivitet ut fra den transiente temperatur versus tid kurven forbedres. Det ble utført transient numerisk modellering av laboratorieinstrumentet og de termiske prosesser med hjelp av FeFlow<sup>®</sup>. Modelleringen økte prosessforståelsen og resulterte i enkelte konkrete forslag til forbedring av måleinstrumentet.

## ***Cryptosporidium* og *Giardia* i grunnvann fra borebrønner i fjell**

Sylvi Gaut<sup>1</sup>, Lucy Robertson<sup>2</sup>, Bjørn Gjerde<sup>2</sup>, Bjørge Brattli<sup>3</sup> og Atle Dagestad<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Norges geologiske undersøkelse, <sup>2</sup>Norges veterinærhøgskole, *Institutt for mattrygghet og infeksjonsbiologi*, <sup>3</sup>NTNU, *Institutt for geologi og bergteknikk*

For å øke kunnskapen om mikrobiologisk vannkvalitet startet NGU i 1998 opp et doktorgradsprosjekt med fokus på sårbarhetskartlegging av borebrønner i fjell. Deler av dette forskningsprosjektet omhandlet en første kartlegging av forekomsten av *Cryptosporidium* og *Giardia* i grunnvann fra borebrønner i fjell.

I alt 20 råvannsprøver fra grunnvann i fjell ble analysert for *Cryptosporidium* og *Giardia*. Hver vannprøve bestod av 10 liter vann. Vannprøvene ble samlet inn fra 20 forskjellige vannverk med brønner plassert i nærheten av mulige forurensningskilder, som beitemark og septiktanker.

Prøvetaking fant sted i april og mai 2004. US EPA Method 1623 ble benyttet for å analysere på *Cryptosporidium* og *Giardia* ved Norges veterinærhøgskole. *Cryptosporidium* ble påvist i 3 prøver, mens alle prøvene var negative for *Giardia*. Kun 1 oocyst ble påvist i hver prøve.

Det lave antallet påviste oocyster/cyster kan skyldes at prøvetakingen fant sted på våren. Studier viser at både *Cryptosporidium*-oocyster og *Giardia*-cyster blir ødelagt i jord i løpet av en normal norsk vinter. I tillegg detekteres fekale koliforme bakterier, som *E. coli*, oftere i grunnvannet i perioden juli til september. Dette vil også kunne gjelde for *Cryptosporidium* og *Giardia*, siden disse parasittene relateres til fekal forurensning.

Mangelen på funn av *Giardia* cyster kan skyldes at cystene (10-15 µm) er større og/eller går lettere i stykker enn *Cryptosporidium* oocystene (ca 5 µm).

Forurensningskildene antas å være beitedyr, gjødsling eller septiktanker. *Giardia*-cyster ble ikke påvist, men for få vannprøver er analysert for å kunne si med sikkerhet at *Giardia* ikke finnes i grunnvannet. Basert på det lave prøveantallet og den subjektive utvelgelsen av lokaliteter, anbefales det å gjennomføre et utvidet studium for å få mer pålitelige data. Videre studier bør omfatte grunnvann fra både fjell og løsmasser og både private brønner og vannverksbrønner bør prøvetas. Hver brønn må prøvetas flere ganger i løpet av ett år, for å fange opp eventuelle sesongvariasjoner.

*Abstraktet er basert på følgende to artikler:*

Gaut Sylvi, Robertson Lucy, Gjerde Bjørn, Dagestad Atle & Brattli Bjørge: Occurrence of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in Norwegian groundwater wells in bedrock. *Journal of Water and Health*, Vol. 6, No. 3, 383-388.

Gaut, S., Robertson, L., Gjerde, B., Brattli, B. & Dagestad, A.: *Cryptosporidium* og *Giardia* i grunnvann fra borebrønner i fjell, *VANN*, Vol. 43, No. 1, 14-18.

## Grunnvann eller berggrunn – hva dominerer varmeledningsevnen i grunnen?

Heiko Liebel<sup>1</sup>, Bjørn Frengstad<sup>2</sup>, Randi Kalskin Ramstad<sup>3</sup> og Bjørge Brattli<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institutt for geologi og bergteknikk, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet*, <sup>2</sup> *Norges geologiske undersøkelse*, <sup>3</sup> *Asplan Viak AS*

Grunnvarmebasert varmepumpeteknologi er en miljø- og klimavennlig måte for å kjøle og varme opp bygninger. Metoden er spesielt effektiv i kombinasjon med tilføring av varme til grunnen om sommeren (varmelagring) som gir økt kapasitet til oppvarming om vinteren. Kunnskapen om varmeledningsevnen i grunnen er en nødvendig parameter for en realistisk dimensjonering og planlegging av et grunnvarmebasert anlegg. I tidligere studier og i praksis har det vist seg at varmeledningsevnen i grunnen ikke bare er avhengig av den dominerende bergarten, men også av grunnvannets tilstedeværelse og dens strømning. Hvor mye grunnvannet betyr er imidlertid ikke kvantifisert.

Et doktorgradsprosjekt som startet i 2008 i samarbeid mellom NTNU og NGU skal undersøke grunnvannets innflytelse på varmeledningsevnen ved termisk responstest (TRT). Ved å benytte en TRT er det mulig å måle den effektive varmeledningsevnen *in situ* i et borehull. En TRT integrerer dermed varmeledningsevnen både over berggrunnen i borehullet og over grunnvannet.

I en omfattende feltperiode sommeren 2009, skal det utføres et titalls TRT i Osloområdet. NGU besitter en database av varmeledningsevne målinger (utført i laboratorium) over Oslofeltets bergarter gjennom GEOS (Geologi i Oslo-regionen) prosjektet. Databasen gir derfor et godt grunnlag for å sammenlikne varmeledningsevne målinger med TRT data. I tillegg vil det bli utført flere TRT i kombinasjon med henholdsvis tracerforsøk (uranin, bromid) og pumping av grunnvann. Den induserte og derved kontrollerte grunnvannsbevegelsen vil muliggjøre en tolkning og kvantifisering av grunnvannsstrømningens betydning på TRT målingene.

Det er samfunnsmessig meget nyttig å ha skikkelig kunnskap om varmeledningsevnen i grunnen ettersom en bedre forståelse gir et mer solid grunnlag for planlegging av større grunnvarmeanlegg. Muligens lar det seg gjøre å finne en tommelfingerregel som sier hvor mye som skal legges til den laboratoriemålte varmeledningsevnen for å beregne *in situ* varmeledningsevne.

## Grunnvarme inn i kommunal planlegging

Henning Tiarks, *Norges geologiske undersøkelse*

NGU- Prosjektet "Grunnvarme inn i kommunal planlegging" skal bidra til å øke bruken av geologiske data i kommunale energiplaner. Grunnvarmebaserte energiløsninger bør ikke forkastes pga. manglende kunnskap om geologisk forhold som kan være grunnleggende for et lønnsomt prosjekt.

Ved siden av grunnvannsforhold og løsmassetykkelse er varmeledningsevne i bergarter en viktig geologisk parameter i dimensjonering av energibrønner.)

- **Varmeledningsevne** varierer mellom ulike bergarter, kornstørrelse og kvartsinnhold. Verdier fra 1,6 W/mK til 6,8 W/mK er målt i Oslo-område. Høy varmeledningsevne gir bedre effekt per meter energibrønn og krever derfor mindre boredyp for ønsket energiuttak. 1 W/mK høyere varmeledningsevne kan betyr ca. 20% mindre boreddybde (vanlig enkeltbolig).
- Grunnvannet kan brukes som direkte energikilde ved hjelp av grunnvannsbrønner og har stor energipotensial med åpne systemer. For energibrønner i fjell (lukket systemer) er **grunnvannsspeil, vanngiverevne** og **grunnvannstemperatur** viktige faktorer.
- Løsmasser har lavere varmeledningsevne enn fjell (fuktig leire ca. 1,6 W/mK) og borekostnadene er ca. fire ganger høyere per meter enn i fjell. Permeable løsmasser (akviferer) er imidlertid best egnet til åpne systemer (vannuttak) eller nedgraving av kollektorslanger over større område. **Løsmassetykkelsen** har derfor stor betydning for dimensjonering.

Posteren viser metodikken over dataanalyse og fremstiller målte verdier av varmeledningsevne. Varmeledningsevne er presentert som et temakart med 7 klasser. Kartet over varmeledningsevne vil være et direkte grunnlag for dimensjonering av energibrønner, men har også betydning for forskjellige forskningsprosjekter som tar temperaturen i undergrunn i betraktning.

Varmeledningsevne er målt i NGU-laboratoriet fra kjerneprøver tatt fra overflaten. Prøvelokalitetene er spredt over hele landet med høyt frekvens på noen tettsteder. Datasettet inneholder ca. 3.200 prøver.

Datagrunnlaget er det valgt ut fra et testområde for å kunne evaluere en fremgangsmåte som kan overføres til øvrige områder i Norge. Datapunktene i Oslofeltet (GEOS) ble utvalgt pga. tett og heterogen fordeling av prøvepunkter, forskjellige geologiske strukturer og foreliggende berggrunnskart.

Utfordringen med datasettet er:

- store varians
- datasettet tilsvare ikke normalfordelingen
- arealer med samme berggrunn uten prøvepunkter
- varmeledningsevne er bergartspesifikk, men sammenhenger først og fremst med kornstørrelse og kvartsinnhold.