



INDHOLD

- 2 6. internationale konference i Monterey: "remediation of chlorinated and recalcitrant compounds"
- 4 Monterey: Kemisk Oxidation
- 5 Monterey: Anaerob dechlorering af chlorerede opløsningsmidler
- 6 Monterey: Afledte geokemiske effekter af afværgeindgreb
- 7 Monterey: Molekylærbiologiske teknikker
- 8 Monterey: Bæredygtige oprensningemetoder og udvikling af værktøjer til beslutningsstøtte
- 12 JAR - JAGG - GISP - etc
- 14 JAGG modellen er videreudviklet til at dække risikovurderinger af grundvandsmagasiner under sprækket moræneler
- 20 Artikelovervågning
- 24 Kalender

Leo Ellgaard
3529 8183
le@regioner.dk

Kit Jespersen
3529 8185
kij@regioner.dk

Christian Andersen
3529 8175
can@regioner.dk

Peter Steffen Rank
3529 8158
psr@regioner.dk

Videncenter for Jordforurening

Dampfærgevej 22
Postboks 2593
2100 København Ø
jordforurening@regioner.dk
www.jordforurening.info
Fax 3529 8300

Jordforurening.info

2

08

Leder

It og jordforurening

Under denne overskrift gemmer der sig en meget stor aktivitet. I dette nummer af Jordforurening.info er der en artikel om hjælpeværktøjer og administrative systemer til regionernes sagsbehandling. Disse værktøjer er et vigtigt element i risikovurdering, prioritering og valg af teknik, når en jordforurening skal vurderes og ryddes op. Det er afgørende, at den grundlæggende information er komplet, korrekt og let tilgængelig.

Det selvfølgeligste mål er, at regionerne skal have nem og sikker adgang til egen viden om jordforureninger. Men ambitionen rækker langt videre end det. Det nyeste administrative system, JAR, er designet med henblik på selvbetjening og samarbejde.

Selvbetjening vil gøre det lettere for eksterne brugere som f.eks. ejendomsmæglere, hussælgere- og købere, advokater og kreditforeninger at finde de oplysninger, de søger.

Samarbejdet styrkes ved at professionelle får direkte adgang til at hente data og lægge ny viden ind i databaserne. Det gavner samarbejdet med regionernes rådgivere – der spares sagsgange. Det giver kommunerne adgang til data og mulighed for at opdatere deres information direkte.

Mange af faciliteterne findes. En region har afprøvet såvel opkobling af samtlige kommuner

i regionen som direkte adgang for rådgivere. Andre steder er man ikke helt så langt. Det er et meget stort arbejde at samkøre data fra de tidligere amter til en ny datastruktur, og man skal være sikker på, at data er rigtige, inden de gives fri til ekstern brug. Så nogle steder må man have tålmodighed et stykke tid endnu, før de nye arbejdsrutiner kan etableres fuldt ud.

Vi er sikre på, at regionerne får stor gavn af deres nye systemer. Det er imidlertid helt afgørende for den samlede samfundsværdi, at data er så komplette og pålidelige som muligt, og at andre på tilsvarende måde stiller de data til rådighed, som man kan få brug for sammen med jordforureningsdata.

Datadisiplinen skal være i top, og vi håber, at kommunerne vil finde tilbuddet om at arbejde på fælles databaser så tiltrækkende, at de sørger for, at deres data ligger opdaterede på databaserne. Den information staten indsamler og bearbejder i form af overvågning og planlægning hører ikke hjemme i databaserne med jordforureningsoplysninger. Men det er afgørende for en fornuftig prioritering af samfundets ressourcer, at de på tilsvarende måde bliver let tilgængelige, så snart de er indsamlet. Det er en stor opgave for de i forvejen hårdt belastede miljøcentre, men vi håber, at de har både vilje til og mulighed for at løse den.

6. internationale konference om

”remediation of chlorinated and recalcitrant compounds”

Monterey, maj 2008

Hvis man tænker på begreber som LNAPL, DNAPL, reduktiv deklorering, kemisk oxidation, CVI, termisk oprensning osv., var Monterey i Californien stedet at være for et par uger siden. Den 19. – 22. maj foregik den 6. internationale konference om afværge af klorerede stoffer og andre svært nedbrydelige forbindelser nemlig i den lille by ved Stillehavet, som bl.a. er kendt fra John Steinbecks roman ”Dagdriverbanden”.

*Af John Flyvbjerg og Carsten Bagge Jensen,
Region Hovedstaden*

Det var imidlertid ikke dagdrivermentalitet, som karakteriserede den hektiske aktivitet på konferencen: De ca. 1.700 deltagere hastede rundt mellem en lang række foredrag fordelt på 8 parallelle sessioner samt et hav af posterpræsentationer. I alt var der ca. 850 foredrag, poster-præsentationer og paneldiskussioner, som omhandlede en bred vifte af afværgeteknologier, undersøgelsesmetoder og beslægtede emner. Der var også en stor fagmesse, hvor nordamerikanske rådgivere, entreprenører, laboratorier og andre leverandører præsenterede deres ydelser og produkter. Danmark var godt repræsenteret på konferencen med 34 deltagere - hovedsageligt fra rådgivere, regionerne og DTU. Blandt de danske deltagere var flere foredragsholdere, som leverede indlæg på et højt, kvalitetsmæssigt niveau.

Traditionen tro blev konferencen indledt med en *key-note speaker*, som præsenterede en aktuell, miljømæssigt problemstilling i et bredt perspektiv. Denne gang var det den anerkendte glaciolog og klimaforsker Dr. Paolo Gabrielli fra Ohio State University. Dr. Gabrielli præsenterede overbevisende dokumentation for de menneskeskabte klimaforandringer. Hans forskningsresultater omfattede atmosfærekemiske tidsserier på flere tusinde år, som hans forskningsgruppe havde hentet op fra iskerner på Antarktis og forskellige gletschere rundt om i verden. Dr. Gabrielli viste også en række foto-serier, som dokumenterede den markante afsmeltning, der er sket fra en række gletschere i løbet af de seneste 50 – 100 år, og han forklarede, hvorfor denne afsmeltning *ikke* kan skyldes naturlige temperaturvariationer forårsaget af ændringer i solens indstråling m.v.

Efter denne interessante og tankevækkende start på konferencen var det tid til at kaste sig over de mange specialiserede fagsessioner.

Det er vores indtryk fra disse sessioner, at man i USA er lidt længere fremme, end vi er i Danmark med anvendelse af afværgeteknologier som *kemisk oxidation*, *reduktiv deklorering*, *termisk oprensning* og *"soil mixing"*. I USA er metoderne efterhånden afprøvet mange steder, og man har fået praktiske erfaringer med, hvad der virker og ikke virker, ligesom man er længere med at afprøve kombinationer af teknologierne og foretage forskellige finjusteringer. I forhold til tidligere konferencer var der denne gang også mere fokus på metodernes begrænsninger og svage sider.

Der var en udmærket session om MTBE. Det fremgik af foredragene – samt det forholdsvis få antal tilhørere i forhold til nogle af de andre sessioner – at MTBE ikke længere anses for at være et så stort problem, som det var tilfældet for nogle år siden. Dette skyldes bl.a., at man efterhånden har påvist, at MTBE er bionedbrydeligt under flere forskellige redoxforhold.

Inden for et område som "naturlig nedbrydning" bød konferencen i øvrigt ikke på meget nyt i forhold til, hvad vi allerede kender i Danmark. Dog noterede vi os, at flux-betragtninger er ved at vinde indpas, ligesom en lille, kommerciel tilgængelig in-situ-måler med indehold af forskellige C13-mærkede stoffer tilsyneladende kan anvendes til direkte dokumentation af nedbrydningen i monitoringsboringer.

Mht. poreluft- og indeklimate målinger efterlader konferencen det indtryk, at vi på dette område er længere fremme i Danmark, end det er tilfældet i USA.

Afværgeprojekternes energiforbrug og udledning af drivhusgasser (kuldioxid og metan) var genstand for en udmærket paneldiskussion og en håndfuld foredrag. Her var man endnu ikke nået så langt i USA, hvilket måske ikke er overraskende. Der er imidlertid ikke tvivl om, at afværgeprojekters energi- og ressourceforbrug vil blive inddraget i vurderingen af projekterne i fremtiden, også i USA.

Endelig vil vi også lige nævne en spændende og underholdende session om "Risk Communication", dvs. kommunikation af miljø- og sundhedsrisiko i forbindelse med forureninger og oprydning. Det underholdende bestod bl.a. i video-klip fra nogle borgermøder, som var endt i det rene håndgemæng - efter foredragsholderens mening pga. dårlig kommunikation fra specialister og myndigheder. Flere af foredragsholderne pegede på, at ved store og komplicerede forureningssager, som påvirker lokalsamfund, skal op til 15-20 % af undersøgelses/oprydningsbudgettet afsættes til oplysning og kommunikation med de forskellige interessenter.

Alt i alt var der tale om en spændende og meget velorganiseret konference. Det eneste negative var, at der mellem de mange udmærkede indlæg også havde sneget sig nogle ind, hvor det præsenterede arbejde var af mindre god kvalitet. Måske et resultat af konferencens "voksevæk". Den kunne godt slankes lidt, uden at det går ud over kvaliteten og alsidigheden.

I denne udgave af Jordforurening.Info bringes fem tematiske mini-artikler, som går mere i dybden inden for nogle af de udvalgte emner, som blev præsenteret på konferencen. God læselyst!

Kemisk oxidation

Af Mette Christophersen, Region Syddanmark,
og Nina Tuxen, Orbicon.

På dette års konference var der stor opmærksomhed omkring kemisk oxidation. Der kørte sessioner hele mandag, tirsdag og onsdag i den største af salene, og der var rigtig mange mennesker, der hørte på. I alt var der 35 mundtlige præsentationer og 32 postere om kemisk oxidation.

Generelt virker det til, at kemisk oxidation i USA er ved at være en moden teknologi, hvor man efterhånden har fået en del erfaringer – både mht. hvilke stoffer det virker overfor, og hvordan de forskellige oxidationsmidler aktiveres mest effektivt.

En af de mere interessante præsentationer blev givet af Friedrich Krembs fra Colorado School of Mines, som har lavet en database over lokaliteter, hvor kemisk oxidation har været anvendt i afværgen. Der er indsamlet data fra over 600 lokaliteter. For de indsamlede lokaliteter var kalium permanganat det mest anvendte oxidationsmiddel med over 200 sager stærkt forfulgt af hydrogenperoxid med lidt under 200 sager. De fire andre oxidationsmidler (ozon, perkarbonat, persulfat og peroxone) var der et væsentlig mindre antal sager med, men for persulfat var antallet af sager stærkt stigende de sidste år. 75 % af sagerne var udført i homogene permeable akviferer, men det fremgik af præsentationerne på konferencen, at man får større og større erfaringer med kemisk oxidation i lavpermeable akviferer. En trend fra litteraturstudiet var dog også, at det er sværere at lave kemisk oxidation i lavpermeable akviferer, hvor der til gengæld er større chance for succes, hvis der er blevet udført pilotforsøg.

Generelt viste litteraturstudiet, at kemisk oxidation virker godt over for BTX'er, MTBE og total hydrokarboner, men at det er sværere med forureninger med klorerede opløsningsmidler, hvor den gennemsnitlige reduktion af koncentrationerne var lige omkring 50 %, og i alt var det kun 5-10 % af disse sager, som opnåede MCL (maximum criteria level) - for sager med fri fase endnu mindre. Dog skal det nævnes, at man i mange af de første gennemførte oxidationssager kun anvendte en enkelt tilsætning

af oxidationsmiddel, hvor man nu i langt de fleste tilfælde anvender flere tilsætninger. Mange af præsentationerne på konferencen viste dog også betydelig bedre oprensingsgrader.

Litteraturstudiet bliver anvendt som baggrundsmateriale til en "Technology Practice Manual" til screening og implementering af kemisk oxidation, der blev præsenteret af Bob Siegrist også fra Colorado School of Mines. Protokollen, som vil blive offentliggjort i starten af 2009, vil lede én gennem en række beslutningsdiagrammer, som gerne skulle forbedre kvaliteten og cost effectiveness for kemisk oxidation. Protokollen spænder helt fra valg af oxidationsmiddel, injektionsmetode, konstruktion, monitoringsprogram og mulige indvirkninger på akviferen. Den indeholder bl.a. forslag til kobling med andre metoder og guidelines til treatability forsøg, modellering og pilotforsøg.

Generelt indeholdt konferencen mange indlæg om persulfat – især aktivering af persulfat, hvor noget af det nye er aktivering med hydrogenperoxid, som giver de reaktive radikaler to gange. Andre interessante emner var:

- hvordan man undgår "blow out" i forbindelse med oxidation med især hydrogenperoxid, hvor den store produktion af oxygen kan transportere en blanding af forurening og oxidationsmiddel til terræn.
- hvordan man håndterer frigivelsen af uorganiske ioner, som kan give problemer i forbindelse med kemisk oxidation.
- hvordan man kan bruge rebound til at blive klogere på sin forurening, og hvordan man i det hele taget håndterer rebound.
- måling af naturligt oxidationsforbrug i jorden, som afhænger af en masse forskellige parametre.

Anaerob dechlorering af chlorerede opløsningsmidler

Af Nina Tuxen, Orbicon og Mette Broholm, Orbicon/DTU.

Anaerob dechlorering af chlorerede opløsningsmidler var igen i år et stort tema med en hel masse indlæg. Teknikken er nået til et stadie, hvor man i rigtig mange tilfælde succesfuldt kan få oprenset chlorerede ethener (PCE og TCE) – nogle gange uden og nogle gange med bioaugmentation (tilsætning af bakterier).

Et nyt område er oprensning af fri fase PCE og TCE, og her var et stort engelsk-amerikansk forskningsprojekt kaldet SABRE velrepræsenteret. Ideen er at få øget udvaskningen af den frie fase, idet opløseligheden af nedbrydningsprodukterne er langt højere end moderstofferne. Det er dog uklart, hvor stor effekten af denne øgede opløsning er, da en del af de dannede nedbrydningsprodukter vil fasefordeles til den frie fase. Man udnytter endvidere, at de dechlorerende bakterier godt kan tåle de meget høje koncentrationer, der er i umiddelbar nærhed af den frie fase, mens disse koncentrationer er toksiske over for de methanogene bakterier. På denne måde får man mere ud af den tilsatte donor, da man ikke "spilder" donor til methanproduktion.

Et af de problemområder, der blev dækket i mange indlæg, var hæmning af nedbrydningen af de chlorerede ethener i blandingsforureninger med fx chlorerede ethaner (1,1,1-TCA) og freon. Laboratorieforsøg har vist, at nedbrydningen enten går meget langsommere eller stopper helt ved cis-DCE selv efter bioaugmentation med KB1 og KB1-Plus (en blandingskultur, der både indeholder mikroorganismer, der kan nedbryde chlorerede ethener og chlorerede ethaner). I Nogle forsøg havde man anvendt en alternativ kultur (WBC-2TM), hvor de chlorerede ethener godt kunne blive nedbrudt, selv om der var freon tilstede – denne kultur kunne dog ikke nedbryde de chlorerede ethaner. Det var for øvrigt interessant at bemærke, at alle de amerikanske studier af TCA- nedbrydning tolkede resultaterne som en succes, selvom nedbrydningen ikke var komplet, men stoppede ved chlorethan. I Danmark ser vi anderledes på dette – chlorethan er inkluderet i summen af chlorerede opløsningsmidler, og mistænkes for at være et kræftfremkaldende stof. På mange

lokaliteter i Danmark ses ofte ophobning af chlorethan og 1,1-DCA. Samtidig viser foreløbige resultater fra igangværende laboratoriestudier på DTU, at det tager meget lang tid at få den fuldstændige nedbrydning til at forløbe, hvis den overhovedet forløber. Derfor kan der meget vel blive anledning til at udelukke anaerob dechlorering som eneste afværgeteknik for chlorerede ethaner. Der er dog muligvis perspektiver i at kombinere den anaerobe dechlorering med abiotiske processer til at løse problemet, men dette er endnu ikke undersøgt tilstrækkeligt.

Et andet problemområde, der blev diskuteret indgående på konferencen, var, at den anaerobe dechlorering kan sænke pH væsentligt, da processen er syredannende. Dette kan vise sig særdeles problematisk, da de mikroorganismer, der står for nedbrydningen, ikke kan fungere under pH på 6. I Danmark vil problemet nok ikke forekomme så hyppigt, da mange akviferer er velbufrede pga. kalkindhold.

Bioclogging som følge af anaerob dechlorering blev også diskuteret. Dette er især interessant i forbindelse med design af injektionssystemer. Der ses ofte problemer omkring borer til gentagen injektion af donor og/eller biomasse eller i recirkulationssystemer pga. bioclogging. En konsekvens af dette kan være, at det i mange situationer bedre kan betale sig, at designe et system med gentagne injektioner i ikke-permanente og billige borer – fx med Geoprobe – frem for etablering af dyre permanente borer.

Alt i alt var der mange spændende foredrag om anaerob dechlorering, men det var også glædeligt at konstatere, at vi i Danmark er med fremme mht. anvendelse af denne teknik – hvilket temadagen på ATV's seneste Vintermøde også viste.

Afledte geokemiske effekter af afværgeindgreb

Af Nina Tuxen, Orbicon og Jan Petersen, Region Syddanmark

Søndagen inden konferencen afholdt Bill Deutsch (Battelle-Pacific Northwest Division) et kompakt kursus om afledte geokemiske effekter af afværgeindgreb, og det var desuden et emne, der ret ofte blev nævnt i løbet af selve konferencen. Problemstillingen er, at man ved mange afværgeindgreb ændrer den aktuelle geokemiske ligevægt i akviferen, ofte uden at man er opmærksom på det, og dette kan give anledning til en hel del overraskelser. Vi blev præsenteret for nogle skrækhistorier, der gav anledning til eftertanke. Her tre eksempler:

Forsuring og tungmetalfurening som følge af iltinjektion

På en grund med en benzen-furening i grundvandet ønskede man at anvende stimuleret bionedbrydning ved hjælp af iltinjektion som afværgeteknik i en ellers anaerobe akvifer. Ved injektionen af ilt fik man, udover at oxidere benzen, også oxidere den pyrit, der fandtes i sedimentet. Dette resulterede i høje sulfatkoncentrationer og meget sure forhold, og da mobiliteten af en række metaller stiger kraftigt med faldende pH, endte man på denne lokalitet med at have et langt større arsenproblem end det oprindelige benzenproblem. Problemet kunne have været erkendt på forhånd, fx ved at se nærmere på redoxkemien og tilstedeværelsen af H_2S , eller alternativt ved at have analyseret for mineralsammensætningen i sedimentet

Frigivelse af arsen ved naturlig nedbrydning

På en anden grund var naturlig nedbrydning en attraktiv måde at håndtere en BTEX-furening på, da der var mange tilgængelige elektronacceptorer. Blandt andet indeholdt akviferen en stor mængde jernoxider. Imidlertid var der, naturligt, sorberet en stor mængde arsen på overfladen af disse jernoxider, og efterhånden som reduktionen af jernoxiderne forløb, blev arsen frigivet til vandfasen. Tæt på kildeområderne, hvor tilstedeværelsen af BTEX havde skabt reducerede forhold i jorden, så man derfor kraftigt forhøjede arsenkoncentrationer. I sidste ende blev problemet dog håndteret med en anden naturlig nedbrydningsmekanisme: I periferien af forureningsområdet blev grundvandet blandet, som følge af dispersion med det uforurenede aerobe grundvand, og det reducerede jern genudfældede som jernoxider. På overfladen af disse nye jernoxider kunne arsen så blive gensorberet.

Øgede mangan koncentrationer i grundvand som følge af reaktiv barriere

Nedstrøms en losseplads fra en malingsfabrik havde man problemer med barium og zink, og den valgte løsning var at etablere en reaktiv barriere for at afskære forureningsfanen. Idéen var at tilsætte gips ($CaSO_4$) til væggen for at få udfældet $BaSO_4$ og desuden at få zink til at sorbere på jernhydroxider (disse blev, lidt alternativt, dannet ved at tilsætte nulvalent jern til væggen, som derefter blev oxideret og udfældet som jernhydroxider). Problemet på denne sag var at sænkningen af redoxpotential, som følge af tilsætningen af nulvalent jern, øgede opløsningen af de naturligt forekommende manganoxider, med efterfølgende kraftigt forhøjede mangankoncentrationer i grundvandet. Den umiddelbare løsning på dette problem var at tilsætte karbonat i form af $CaCO_3$, og dermed udnytte, at $MnCO_3$ udfælder ved de høje pH-forhold, der er i en reaktiv nulvalent jernvæg, hvis der er nok karbonat tilstede. Imidlertid viste denne løsning sig ikke så god. For at løse bariumproblemet, var der jo tilsat $CaSO_4$, og da $CaSO_4$ er mere opløseligt end $CaCO_3$, ville Ca^{2+} frigivet fra $CaSO_4$ nedsætte opløseligheden af $CaCO_3$ så meget, at der ikke ville kunne tilføres nok karbonat til systemet, til at få udfældet den opløste mangan som $MnCO_3$. Løsningen på dette blev at anvende $MgCO_3$ som alternativt karbonatkilde.

Ovenstående tre eksempler viser nogle af de problemstillinger, der blev præsenteret på kurset og konferencen. Da geokemi er et komplekst emne, med utrolig mange komponenter, faser og processer, er det svært at holde styr på alle effekter uden at anvende et modelleringsprogram. En række forskellige programmer blev præsenteret på kurset, og den "gamle kending" PHREEQC (kan downloades på www.brr.cr.usgs.gov/projects/GWC_coupled/phreeqc) blev anbefalet højest, da den indeholder alle relevante reaktioner, en opdateret database og desuden er gratis. Dog blev programmet Geochemist's Workbench også anbefalet, da dette indeholder en del plottefunktioner (blandt andet af pH-Eh stabilitetsdiagrammer) som PHREEQC ikke har, og da det desuden blev vurderet som lettere tilgængeligt. Programmet kan købes på www.rockware.com.

Monterey, maj 2008

Molekylærbiologiske teknikker

Af Jan Petersen og Mette Christophersen, Region Syddanmark

Molekylærbiologiske metoder anvendes i kombination med geo-kemiske analyser i stadigt større omfang, når det drejer sig om at evaluere og implementere mikrobielle afværgeteknikker. På konferencen i Monterey var der afsat en eftermiddagssession til dette, hvoraf særligt tre indlæg bør fremhæves, dels fordi oplægs-holderne var inspirerende, men også fordi de gav indsigt i, hvilke metoder der anvendes, og hvad de kan bruges til inden for vores fagområde.

Frank Löeffler (Georgia Institute of Technology, Atlanta) fortalte om deres projekter, som bl.a. går ud på at identificere nye biomarkører i form af gener, der koder for bakteriernes evne til at syntetisere de enzymer, de anvender til reaktiv dechlorering. De traditionelle molekylærbiologiske metoder giver typisk kun information om de respektive geners tilstedeværelse og antal, men ikke om mikroorganismernes aktivitetsniveau. Både af indlæg og posters fremgik det, at forskerne flere steder er begyndt at anvende FISH (fluorescence in situ hybridization), som i mange sammenhænge har vist sig at være en vigtig molekylærbiologisk teknik til at måle tilstedeværelsen og aktiviteten (dvs. rate) af specifikke mikroorganismer. En af fordelene ved at kende bakteriernes dechloreringsrate er, at man bedre er i stand til at tilrettelægge sin afværge, og på den måde reducere risikoen for overdosering, der bl.a. kan give produktion af methan, som i flere tilfælde har vist sig problematisk.

Barbara Sherwood Lollar (University of Toronto, Canada) beskrev, hvordan karbon isotop-fraktionering på dichlorethan kan anvendes til at adskille abiotisk fra biotisk nedbrydning. Metoden er anvendt på andre stoffer og udnytter det forhold, at bakterierne har præference for ^{12}C i forhold til ^{13}C , hvilket ved biotisk nedbrydning kan registreres i form af en forskydning af den tilbageværende karbonpulje mod en øget andel af ^{13}C .

Horizontal genoverførsel var et andet emne, der blev omtalt på konferencen. Her præsenterede Lisa Alvarez-Cohen (University of California, Berkeley, USA) gruppens arbejde med *Dehalococcoides ethenogenes* strain 195. Microarray-forsøg baseret på genomet af strain 195, gav resultater, der indikerede betydelig horizontal genoverførsel indenfor *Dehalococcoides*, hvilket er yderst interessant. Fænomenet kendes også fra andre mikroorganismer, og betyder, at de har potentialet for at udveksle gener med andre bakterier - typisk de gener, der koder for dele af deres stofskifte.

Monterey, maj 2008

Bæredygtige oprensnings- metoder og udvikling af værktøjer til beslutnings- støtte

Af Carsten Bagge Jensen, Region Hovedstaden og Jan Petersen, Region Syddanmark

Global Warming er også et væsentlig emne i USA og udvikling af bæredygtige oprensningemetoder (sustainable remediation – green technologies) blev behandlet på Monterey-konferencen både i paneldiskussion og med en række oplæg og cases.

Følgende grundlæggende spørgsmål blev rejst:

Hvad betyder bæredygtighed i relation til oprensningemetoder? Dvs. hvilke forhold skal vi inddrage i bæredygtighedsvurderinger?

Hvor mange informationer behøver vi for at kunne vurdere bæredygtighed? Dvs., hvor få tilgange og data kan vi nøjes med at bygge på i vores vurderinger af bæredygtighed – så det stadig giver mening?

Hvordan sammenvejes forskellige miljøpåvirkninger som Global Warming, ressourceforbrug og toksisk effekt?

Hvordan opnås en balance mellem oprensningernes positive effekter på miljø og sundhed (risikoreduktioner) og deres belastninger af miljøet i forbindelse med gennemførelsen?

CO₂-regnskab m.v.:

Både i amerikanske og europæiske miljø- og bæredygtighedsvurderinger indgår de klassiske miljøpåvirkningsindikatorer så som energiforbrug/CO₂-udledning/Global Warming, ressourceforbrug (herunder vandforbrug) og belastning med toksiske stoffer. Der var naturligvis enorm fokus på "carbon footprint" (CO₂- og CH₄-udledning). I flere cases, hvor bæredygtighed inden for oprensningsløsninger blev vurderet, var energiforbrug/CO₂-udledning den eneste indikator for bæredygtighed, som blev opgjort sammen med cost-effektivitetsvurderinger af oprensningerne.

Her er det grundlæggende spørgsmål, hvor mange indikatorer/vurderingskriterier vores beslutningsprocesser skal indeholde. Som en af paneldeltagerne sagde, er vi bedst til at sammenveje max. 3-6 vurderingskriterier. Flere gange blev det fremhævet, at det var vigtigt i bæredygtighedsvurderinger at holde sig til relativ få vurderingskriterier, således at det var muligt i praksis at skaffe data til analyserne. Endvidere er det vigtigt at blive enige om nogle værdier eller scores, som gør det muligt at sammen-

veje de forskellige vurderingskriterier, idet "æbler" og "bananer" i nogle tilfælde skal kunne sammenlignes. Her er multikriterieanalyse en mulig løsning.

På vejen frem mod mere bæredygtige oprensninger blev 2 grundlæggende tilgange fremhævet:

- Der er behov for status/opgørelser over energiforbrug/CO₂-produktion i forhold til de eksisterende afværgeløsninger. F.eks. kunne vi inden for vores sektor carbon footprint-screene vores væsentligste aktiviteter for at finde frem til de mest belastende aktiviteter/processer. Ved at lave en opgørelse (f.eks. målt som CO₂-produktion pr. år) er det muligt med udgangspunkt i status at optimere i forhold til energi/CO₂-reducerende tiltag og følge udviklingen i de kommende år.
- Endvidere kan energi/carbon footprint-vurderinger indgå som et element i beslutningsprocessen, hvor forskellige mulige afværgeløsninger vurderes i forhold til effektivitet, omkostninger mv.

Indlæg og cases i miljø- og bæredygtighedssektionen fokuserede især på, hvordan miljø- og bæredygtighedsvurderinger kan gøres operationelle, så det er muligt med relativt få vurderingskriterier at gennemføre screeninger af alle oprensningsprojekter. Det blev formuleret, at mere omfattende livscyklusvurderinger (Life Cycle Analysis) bør transformeres, således at det er muligt at foretage relativt enkle *Life Cycle Management* betragtninger som et delelement i de beslutningsstøtteværktøjer, der anvendes, når der skal vælges afværgemetode.

På konferencen blev der fremlagt eksempler på skemaer, hvor miljø- og bæredygtighedsvurderinger indgik. De viste eksempler var dog ikke imponerende. Men der blev henvist til, at både den amerikanske miljøstyrelse (EPA) og EU havde udviklet guidelines, der kan inspirere f.eks. i programmer som CL:AIRE (<http://www.claire.co.uk/>) og NICOLE (<http://www.nicole.org/>).

Der blev fremlagt nogle interessante resultatskemaer i forhold til analyse af afværgeprojekter, hvor forskellige afværgemetoders energiforbrug/CO₂-produktion var sammenlignet. F.eks. viste P. Brandt Butler, DuPont /URS i sit oplæg "Sustainability Analyses for Improving Remedial Action Decisions" en sammenligning af bl.a. ZVI-clay soilmixing, vakuumventilation, termisk oprensning og afgravning i en sag, hvor forureningen bestod af ca. 3,4 ton chlorerede opløsningsmidler.

Produktionen af CO₂ ved de fire afværgemetoder var opgjort til:

Metode	CO ₂ produktion i ton
ZVI-clay soilmixing	170
Vakuumb ventilation	160
Termisk oprensning (ISTD)	590
Afgravning	250

Tallene angiver størrelsesorden og skal naturligvis tages med forbehold, idet præmisser for beregninger ikke blev fremlagt. Bl.a. var det ikke klart, hvor mange år der skulle vakuumventileres og på hvilket grundlag dette tidsperspektiv var fastlagt.

Overvejelser vedr. valg af afværgeteknik:

Et andet yderst fundamentalt forhold, som bør overvejes, er, at effektiviteten af de forskellige alternative afværgeløsninger i en sag ofte ikke er sammenlignelige. Dette

Hvad er
bæredygtig-
hed indenfor
oprensnings-
metoder?

Hvor mange
informationer
behøver vi
for at kunne
vurdere
bæredygtig-
hed ?

kom ikke frem i den ovenfor beskrevne sag, men i en anden spændende fremlæggelse på konferencen af C. LeBron US Navy, som havde udviklet et screeningværktøj for DNAPL Remediation Technologies.

På baggrund af et stort antal projekter (over 100) har US Navy udviklet et screeningsværktøj for oprensninger af fri fase oprydninger af chlorerede opløsningsmidler. I alle projekterne er en række væsentlige data/parametre vedrørende geologi, forurening, risiko, oprensningskriterier mv. indsamlet.

En række in situ teknikker, bl.a. biologiske teknikker, kemisk oxidation med persulfat og termisk oprensning (ISTD) er vurderet i forhold til følgende evalueringskriterier:

- Massefjernelse
- Forekomst af rebound
- Omkostninger (etablering og drift, samlet levetid)

Screeningsmetoden blev ikke fremlagt i detaljer. Der blev i fremlæggelsen vist et interessant udsnit af erfaringsprocenter fra evalueringen af de gennemførte oprensninger med forskellige metoder. Et uddrag af disse er vist nedenfor:

	Bioremediation	Kemisk oxidation (persulfat)	Termisk oprensning (ISTD)
Masse fjernelse	64%	68%	94%
Forekomst af rebound	21%	56%	0%
Flux reduktion	?	?	?
Omkostninger pr. m3	130 dollars	260 dollars	330 dollars

En mødedeltager foreslog, at også fluxreduktion indgik som evalueringskriterium. Dette kriterium er ligeledes sat ind i skemaet, som derved har 3 vurderingskriterier i forhold til afværgemetoder "tekniske præstation", som vi med fordel kunne indføre i vores beslutningsstøtteværktøjer, når vi skal vurdere de egnede metoder til fri fase oprensninger i kildeområder.

Kombineres skemaet med CO₂-produktion med ovenstående skema for de forskellige afværgemetoder opstår et centralt spørgsmål: Hvordan skal disse evalueringskriterier sammenvejes, så der opnås en samlet konklusion. Dilemmaet er f.eks., at Termisk oprensning er en CO₂ belastende metode, men den giver også den bedste oprensningsgrad, som kan være nødvendig i en række tilfælde. En del af svaret er ifølge diskussionerne på konferencen, at der i forbindelse med alle oprensningsprojekter burde foretages mere gennemsigtige og omfattende analyser af succeskriteriet for en oprensning, dvs. hvilket omfang af risikoreduktion, der er nødvendigt i de pågældende oprensningsprojekter.

Status for JAR

JAR står for Jordforureningslovens Areal Register, og det er regionernes nye database over jordforureninger. Systemet er udviklet af COWI og Ementor for regionerne, som også ejer alle rettigheder til systemet. Det nye ved JAR, i forhold til tidligere systemer, er, at det forlader sig på en såkaldt *serviceorienteret struktur* (SOA), hvilket betyder, at brugerfladen er adskilt fra selve databasen. Dette giver en række muligheder. Brugerfladen kan være web-baseret, og databasen kan derfor tilgås via internettet. Dette har flere fordele, blandt andet kan både kommuner og rådgivere skrive og læse direkte i regionens database, i det omfang regionens data-administrator giver adgang. JAR er også gået langt videre end hidtidige databaser, idet kortdelen (GIS) er fuldstændig integreret i databasens brugerflade. GIS-flader har tidligere typisk været håndteret i et separat bibliotek parallelt med databasen. Løbende indberetning til KMS og årlig indberetning til MST vil også fremover kunne ske gennem JAR.

Region Syddanmark kunne i april 2007 overgå helt til JAR, og de blev fulgt af Region Midtjylland i juli samme år. Region Nord og Hovedstaden er i gang med en omfattende datavask med henblik på dataoverførsel til JAR, og dette regner de to regioner med vil ske endeligt i løbet af 2009.

Region Midtjylland er allerede gået videre en blot at anvende JAR som database. John Ryan, ankerperson for JAR fra region Syddanmark, udtaler, at samtlige af regionens 19 kommuner nu har adgang til at oprette lokaliteter og redigere regionens data. Desuden kunne regionens rådgivere ved behandling af en nylig pulje V1-kortlægninger indtaste disse direkte i JAR fra deres egen arbejdsplads, og man planlægger at gøre det samme ved de fremtidige V2-kortlægninger. En endnu større gevinst ligger der i, at ejendomsmæglere og kreditforeninger i princippet selv kan foretage forespørgsler i JAR via regionens hjemmeside. Det kræver dog en høj grad af datasikring, for, at ejendomsforespørgsler kan automatiseres uden at skulle indenom en sagsbehandler. Alligevel regner John Ryan med, at Region Midtjylland vil kunne tilbyde denne service i løbet af 2008.

Samtidig med implementeringen af JAR finder sted i regionerne, foregår der til stadig en videreudvikling og tilpasning af systemet. Systemets styrke er også dets svaghed. Den web-baserede brugerflade gør, at systemet reagerer langsommere end en database, der er baseret på lokalt installeret software. Der er dog stadig uhensigtsmæssigheder i designet i forhold til sagsbehandlingen, og derfor vil der gennem resten af 2008 fortsat finde tilpasninger sted.

JAR - JAGG - GISP...Det svirer med indforståede It-forkortelser for værktøjer under udvikling eller opdatering, men hvad står forkortelserne for, hvad betyder de egentlig - og vigtigst af alt: HVORNÅR ER DE KLAR?

I slutningen af 1990'erne tog Miljøstyrelsen initiativ til at udarbejde en datamodel for jordforurening, arbejdet blev forestået af Rambøll og afsluttedes i 2001. I 2003 gik 11 amter sammen om at udvikle en fælles database på baggrund af datamodellen. Oprindeligt var opgaven vurderet til at vare halvandet år, men ambitionerne og projektet voksede og blev som de fleste IT projekter forsinket. Efter strukturreformen fortsatte de fire regioner Nordjylland, Midtjylland, Syddanmark og Hovedstaden samarbejdet.

Status for JAGG

JAGG står for Jord – Afdampning - Gas – Grundvand og blev udviklet i 1999 som et Excel regneark af Geoteknisk Institut (i dag GEO) for Miljøstyrelsen (MST). Formålet var og er fortsat at have et værktøj til beregning af risiko for indeklimate og grundvandsforurening på baggrund af stoftransport i jord, poreluft og grundvand. I 2006 påbegyndte MST en revision af JAGG modellen. Arbejdet tog udgangspunkt i en workshop, brugergrupper og idéindkaldelser, og der blev endeligt udvalgt tre projekter til gennemførelse. Disse var: Vertikalt transport i umættet zone, opdatering af indeklimatemodul og opdatering af stofdatabasen og fugacitetsberegningerne. Desuden skulle brugerfladen gøres bedre.

Beregningen af den samlede vertikale stoftransport i den umættede zone er baseret på tre delelementer: Vertikal transport og spredning af den nedsivende opløste forurening, gasfasespredning samt transport i sprækker. Dette sidste delelement blev udført som et separat projekt under VJ og er skildret i en særskilt artikel i denne udgave af jordforurening.info. Det er dog endnu ikke afklaret, hvorledes den beregnede naturlige nedbrydning af oliestoffer skal dokumenteres i forbindelse med oprydninger.

Opdateringen af indeklimatemodul vil give mulighed for, at der også kan beregnes indeklimate for bygninger med andre typer gulv end armeret beton - såsom træ og uarmeret beton. Det nye modul vil også kunne tage højde for tilstedeværelsen af en krybekælder.

Stofdatabasen er blevet opdateret med nye nedbrydningstider og flere stoffer - blandt andet med pesticider fra projektet pesticid-data.dk. Nye fugacitetsberegninger vil øge sikkerheden på JAGG's beregninger af et stofs koncentration i flere faser. Samtidig vil JAGG kunne vurdere, hvornår der i et givet system vil være fri fase til stede.

Ud over funktionaliteten så vil også selve brugerfladen blive opdateret. Det vil enkelte af de appendiks i vejledning 7, der definerer beregningsmetoderne i JAGG også. Dansk Miljørådgivning er faglig sekretær på revisionen og projekterne udføres af COWI og NIRAS. MST forventer, at projektet er endeligt færdigt i foråret 2009.

MST udarbejdede i 1998 vejledning nr. 6 "Oprydning på forurenede lokaliteter" samt vejledning nr. 7, som udgjorde et bilagsbind til denne. Bilagsbindet indeholdt blandt andet en række formler til risikovurdering af grundvand, inde- og udeklimate, og det var i forbindelse med dette arbejde, at JAGG regnearket blev til. Selve beregningerne i vejledningen var primært baseret på DTU's projekt om "Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand" fra 1995-1996. JAGG har været opdateret ved flere lejligheder siden sin tilblivelse men har indtil nu ikke været gennem en mere gennemgribende revision. Der findes alternative kommercielle softwarepakker, der udfører lignende risikovurderinger, men JAGG's beregninger er så tæt forbundet med MST's oprydningvejledning, at det fortsat er den, de fleste vælger at benytte.

Den nuværende JAGG version 1.5 med brugervejledning kan hentes på: <http://www.mst.dk/Jord/EDB-vaerktoejer+til+vurdering+af+jord/JAGG-programmet/>

Status for GISP

GISP står for GIS baseret Prioriteringssystem. GISP ejes af de fem regioner og er udviklet af Rambøll. Formålet med udviklingen har været at tilvejebringe en samlet prioriteringsmetode for regionernes offentlige indsats. Hvert år skal tages stilling til hvilke blandt tusinder af ventende ejendomme, der skal opryddes eller undersøges yderligere. Prioriteringen omfatter indeklimate, kontaktrisiko og grundvand.

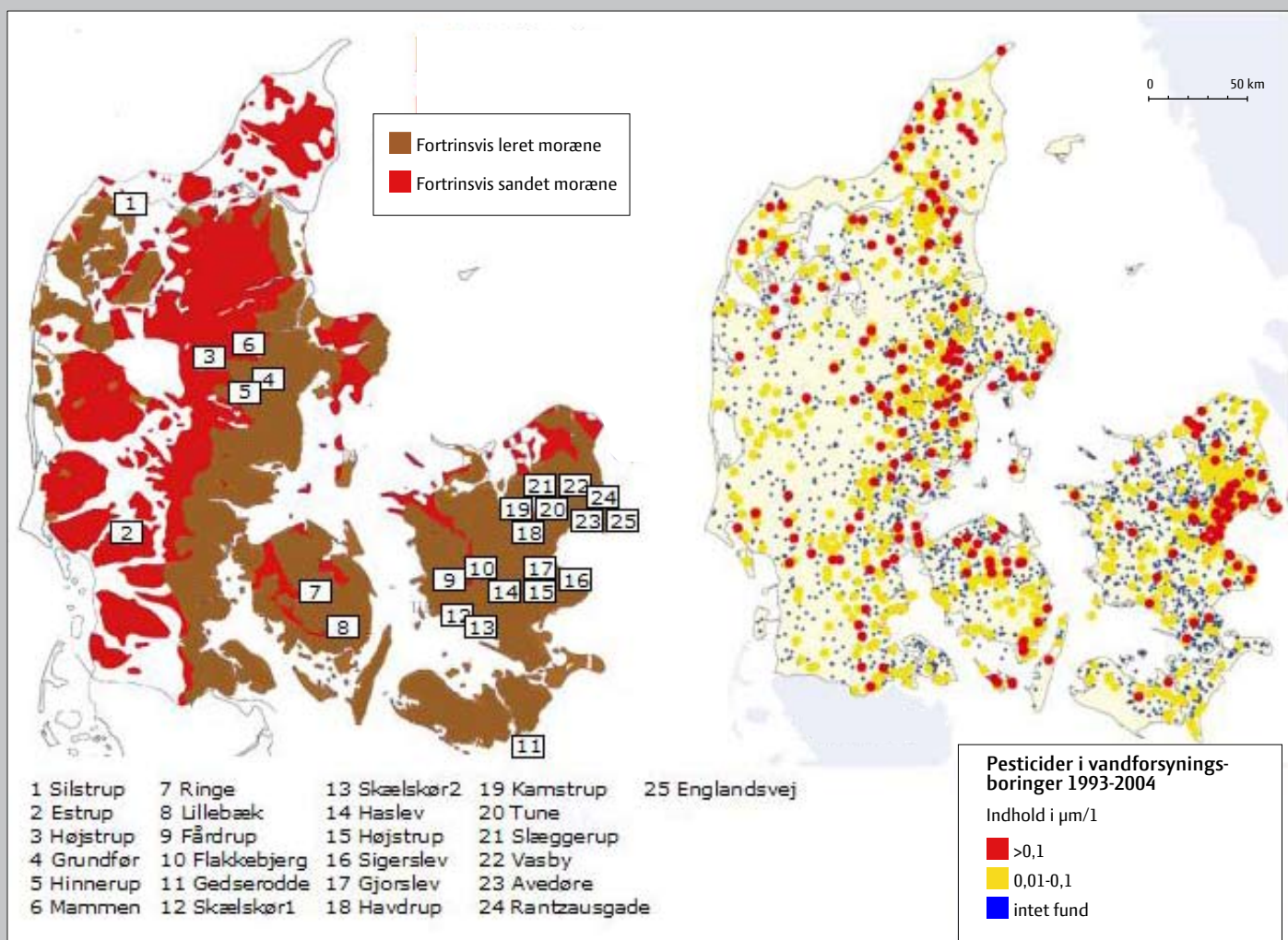
Systemet baserer sig på tre kategorier af data: Den første kategori af data, der består af et udtræk fra regionens kortlægningsdatabase - enten JAR eller Geoenvirom. Disse indeholder lokalitetsspecifikke data fra kortlægningsaktiviteter som for eksempel arealanvendelse, brancher og aktiviteter registreret på ejendommen, eventuelle forureningsundersøgelser og eventuelt fundne koncentrationer af miljøfremmede stoffer. Den anden kategori af data består i en stofdatabase, der er indbygget i GISP, og som sammenknytter viden om anvendte kemiske stoffer, der har været anvendt i diverse brancher og aktiviteter med de brancher og aktiviteter, som findes på ejendommene i regionens database. Den tredje datatype består af arealdata - altså GIS lag. Typisk vil disse først og fremmest være områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD), indvindingsoplande og områder for hvilke der er lavet indsatsplaner. Disse leveres af de regionale miljøcentre og kommuner, og det er her, at prioriteringen for alvor kan raffineres med information som lerlagstykkelse, stofspecifik sårbarhed, dybde til primært magasin, magasinforhold etc. Der samarbejdes i øjeblikket med By og Landskabsstyrelsen om tilgængelighed for regionerne af miljøcentrenes data for dette område.

GISP er i dag installeret i Region Syddanmark og Sjælland og forventes installeret i løbet af 2008 i Region Midtjylland. Flere regioner har som målsætning at anvende GISP til udarbejdelse af handlingsplan for 2009. I og med at systemet baserer sig på data fra JAR (eller Geoenvirom), så vil GISP ikke kunne anvendes i de regioner, der planlægger at benytte JAR, før JAR er fuldt operativt.

I erkendelse af en stadig mere kompliceret opgave på jordforureningsområdet udviklede det tidligere Københavns Amt i 2002 et system til "Stofspecifik prioritering af punktkilder". Systemet blev præsenteret på Vingsted i 2003 og flere andre amter genkendte de samme behov. I 2005 blev amterne enige om at udvikle et fælles GIS baseret prioriteringssystem, der kunne basere sig på Geoenvirom samt JAR, som samtidig var under udvikling. Projektet kom herefter ind i AVJ regi og blev endeligt færdigt i februar 2008 - dog med det forbehold at ændringer i JAR eller Geoenviroms datamodel fremover vil kræve tilsvarende ændringer i GISP.

JAGG modellen er videreudviklet til at dække risikovurderinger af grundvandsmagasiner under sprækket moræneler

Af Peter R. Jørgensen, GEO, Knud Erik Klint, GEUS, Mads Trolborg og Phillip J. Binning, DTU.



Figur 1. Til venstre: Moræneaflejringer ligger som beskyttelseslag over grundvandet i store dele af landet. Tallene viser lokaliteter med sprækkeundersøgelser. Der er påvist sprækker på alle lokaliteterne. Til højre: Tendens til pesticidfund i boringer fortrinsvist i moræneområderne /2/. Den tidligere forventede gode grundvandsbeskyttelse i moræneområderne, er ikke til stede.

Indledning og baggrund

GEO udviklede for nogle år siden modelværktøjet JAGG for Miljøstyrelsen til brug ved risikovurderinger af jord- og grundvandsforureninger /1/. I dag indgår JAGG modellen som grundlag for myndighedernes risikovurderinger og beslutninger i mange jordforureningssager i Danmark.

GEO har nu videreudviklet en del af beregningsværktøjet bag JAGG modellen for Videncenter for Jordforurening, så det også kan medtage grundvandsrisikoen på grund af sprækker i moræneler. Den ny model hedder SprækkeJAGG og er lavet som et regneark, der vil kunne implementeres i den eksisterende JAGG model.

De fleste jordforureninger i Danmark findes på moræneler, der spiller en vigtig rolle fordi de mange steder ligger som eneste beskyttelseslag over grundvandet, figur 1.

Sprækkerne i morænelagene og deres betydning som hurtige strømningsveje til grundvandet har efterhånden været kendt længe, blandt andet fra strategisk forskning og grundvandsovervågningen, figur 1. Men hidtil har der manglet en systematisering af foreliggende sprække-data, og ikke mindst, viden om hvordan disse data kan anvendes operationelt og troværdigt i risikovurderinger af forureningskilder.

Vidensopsamling om sprækker

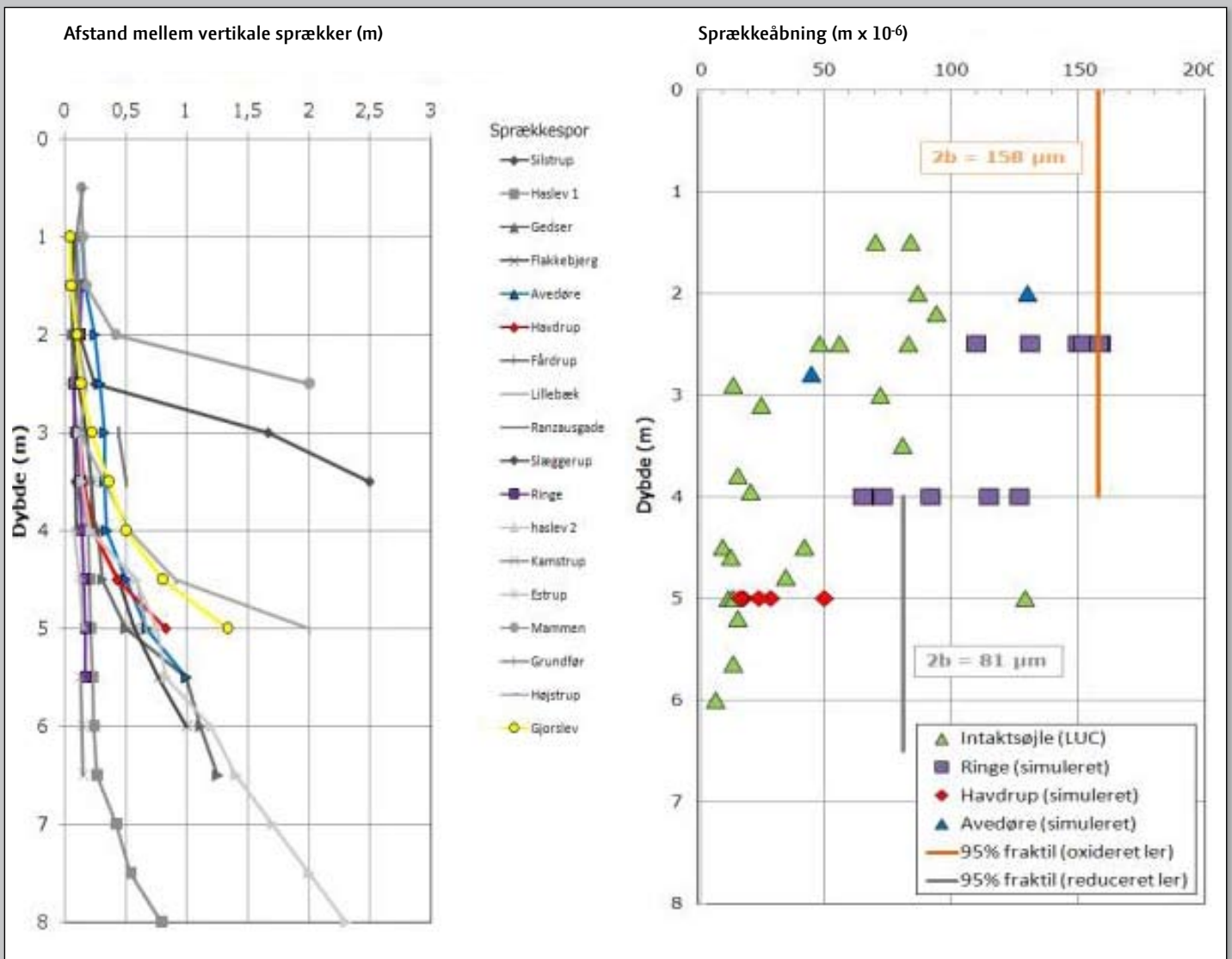
For at tilvejebringe denne viden har GEO for Videncenter for Jordforurening (VJ) gennemført en opsamling af danske sprække-data samt viden om forskellige modeltypers egnethed til beregning af forureningstransport i sprækkerne /3/. Arbejdet er gennemført i samarbejde med GEUS og DTU.

Ud fra vidensopsamlingen er der opstillet et operationelt statistisk datagrundlag for sprækker, der specielt er rettet mod anvendelse til modelbaserede risikovurderinger og forureningsprognoser for grundvand. Materialet dækker 25 morænelokaliteter, der ligger spredt ud over hele Danmark, figur 1.

Vidensopsamlingen viser at:

- der er fundet sprækker i morænen på alle 25 lokaliteter.
- i alle udførte hydrauliske forsøg er stoftransporten bestemt eller påvirket af sprækker.
- stoftransporten i forsøgene, kan beregnes retvisende med en Canadisk udviklet sprække-model (FRAC3Dvs) ud fra de indsamlede sprække-data.
- forekomsten af forureningsstoffer i grundvand under moræneler, kan beregnes retvisende med den Canadiske sprække-model og de indsamlede sprække-data.
- såkaldte stempelstrømningsmodeller, der ikke medtager sprækker, er ikke fundet gyldige på nogen af de undersøgte morænelokaliteter.
- stempelstrømningsmodellerne underestimerer forureningstransporten betydeligt og de undervurderer dermed generelt grundvandsrisikoen under moræneler.

Sammenfattende tegner vidensopsamlingen et entydigt billede af præferentielle strømningsveje, herunder sprækkers generelle forekomst og betydning, som hurtige transportveje til grundvand under moræneler. Vidensopsamlingen dokumenterer samtidigt, at det er nødvendigt at medtage sprække-transporten, som forudsætning for troværdige modelberegninger af forureningstransport gennem moræneler. Endeligt afliver det indsamlede datasæt myten om at der mangler data til risikovurdering af sprækkers betydning for forureningstransporten.



Figur 2. Indsamlede modeldata for sprækker /fra 3/. Til venstre: sprækkeafstand. Til højre: sprækkeåbninger bestemt ved modelkalibrering ud fra hydrauliske forsøg. Indsamlingslokaliteternes beliggenhed er vist i figur 1.

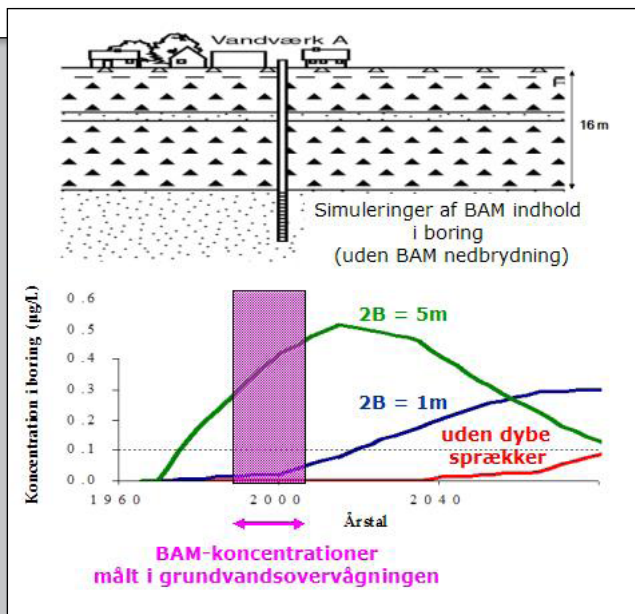
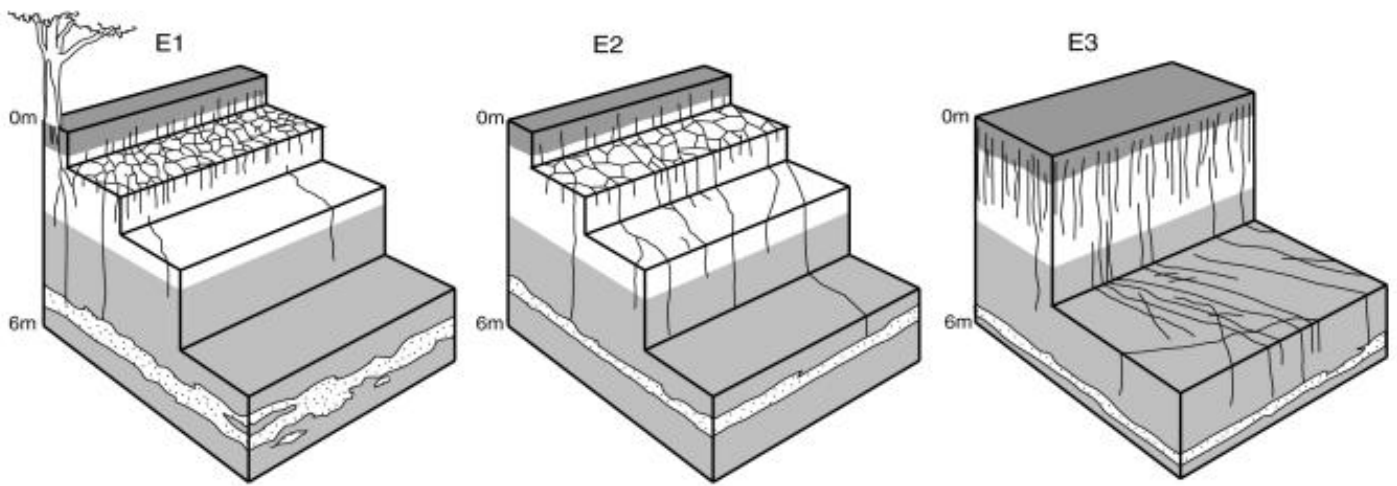
Modelparametre for sprækker

De hydrauliske nøgleparametre til modellering af forureningstransport i sprækker er 1) afstanden mellem sprækkerne (2B) og 2) sprækkernes åbning (2b). De indsamlede værdier fra feltlokaliteterne for disse parametre er vist i figur 2.

Det fremgår af figur 2, at der er stor variation i sprækkeparametrene mellem de enkelte lokaliteter. Denne variation kan også optræde på den enkelte lokalitet, og derfor er det svært at forudsige værdier for sprækkerne på en given forureningslokalitet uden konkrete undersøgelser, figur 3.

Som konsekvens af denne mangel på forudsigelighed, bør risikovurderinger i forurenings-sager, hvor der ikke er indsamlet sprækkeparametre, baseres på "worst case" sprækkeforhold, der kan opstilles ud fra de indsamlede statistiske data i figur 2. Dette princip er basis for parametervalget i sprækkeJAGG, som derved følger forsigtighedsprincippet.

Af praktiske grunde foreligger der kun direkte bestemmelser af sprækkeparametre fra de øverste maksimalt 8 m af morænelagene (figur 2). For større dybder er strømningsvejene undersøgt indirekte ved oplandssimuleringer af grundvandets indhold af forureningsstoffer med kendt kildestyrke, mobilitet og nedbrydelighed, blandt andet i Miljøstyrelsens BAM projekter/4, 5/.



Figur 3. Forskel i sprækkeudvikling mellem tre udgravninger beliggende med 50 - 100 m indbyrdes afstand ved undersøgelseslokaliteten Havdrup på Sjælland /fra 3/. Forskellen i sprækkeudviklingen er af samme størrelse som mellem samtlige opmålingslokaliteter (figur 1). SprækkeJAGG anvender derfor "worst case" data fra dataindsamlingen i figur 2, og følger dermed forsigtighedsprincippet.

Figur 4. Modellsimuleringer af BAM-transport til en vandværksboret gennem morænelag med og uden hensyntagen til strømning i vertikalt gennemgående sprækker. Kurverne nederst viser simulerede tidsserier af BAM i vandværksboret for de to sprækkeafstande (2B) 1 m og 5 m, samt uden sprækker. Det fremgår at simulering af de viste indhold af BAM fra grundvandsovervågningen, forudsætter modellering af strømning i gennemgående dybe sprækker /fra 4/.

Figur 4 viser en oplandssimulering herfra, hvor spækkedata fra figur 2 er forlænget til bunden af lerlaget i 16 m.t. Det fremgår, at de viste koncentrationsdata for BAM fra grundvandsovervågningen i figur 4, kun kan simuleres, hvis der medtages sprækker, som gennemgående transportveje til grundvandet i modellen.

Det fremgår endvidere, at sprækkeafstanden $2B = 5$ m, giver den bedste beskrivelse af de målte BAM koncentrationer. Denne sprækkeafstand repræsenterer endvidere "worst case" i gennemførte følsomhedsanalyser.

Omvendt viser figur 4, at der ikke modelleres forureningsudvaskning i perioden, hvor der er målt BAM i grundvandet, når der ikke medtages sprækkestrømning (modelleret som stempelstrømning). Denne misvisning skal ses i forhold til, at grundvandsovervågningen viser BAM-indhold i cirka 25 % af vandværksboringerne i Danmark, fortrinsvist i moræneområderne. Modellsimuleringerne uden gennemgående sprækker, el. lignede transportveje, i de tykkere lerlag giver således en betydelig undervurdering af den målte grundvandsrisiko.

Sammenfattende viser resultaterne, at sprækker skal medtages generelt og at forureningstransporten kan simuleres retvisende ud fra de indsamlede sprække data, forudsat forureningsstoffernes egenskaber og forureningskildestykken er kendt.

SprækkeJAGG regnearket

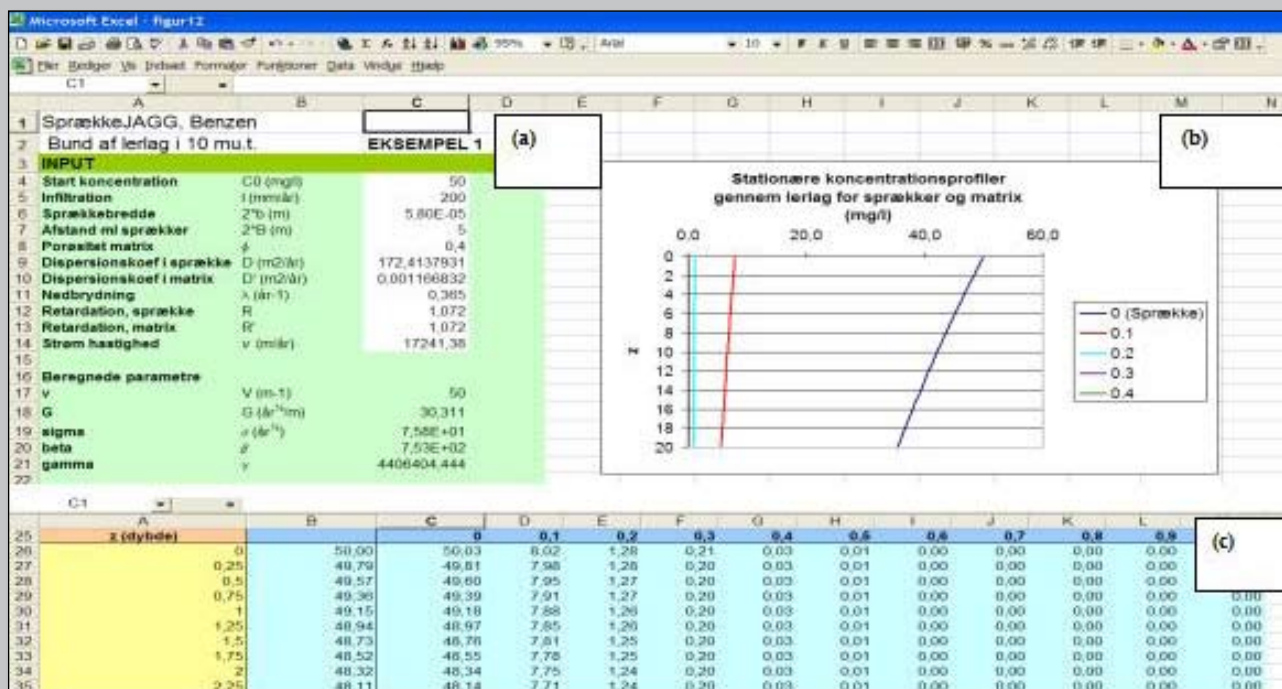
SprækkeJAGG regner med en forenklet analytisk løsning for stationær stoftransport i diskrete sprækker for et porøst medium (f.eks. sprækket moræneler) /6/. Udformningen af regnearket er vist i figur 5, som er hentet fra sprækkeJAGG rapporten /3/.

Der anvendes faste (default) værdier for sprækkerne i regnearket. Disse er opstillet ud fra vidensopsamlingen (figur 2 og 4) og følger som nævnt forsigtighedsprincippet med hensyn til sprækkeforekomst og hydrauliske egenskaber. Default-værdierne og øvrige beregningsforudsætninger i sprækkeJAGG er vist i tabel 1. SprækkeJAGG forudsætter endvidere at der regnes med forureningsnedbrydning.

Tabel 1. Sprækkeværdier og betingelser i sprækkeJAGG.

PARAMETER/BETINGELSE	OXIDERET MORÆNELER (gulbrunt)	REDUCERET MORÆNELER (gråt)
Sprækkeafstand (2B)	1 m	5 m
Sprækkeåbning (2b)	158 µm	81 µm
Sprækkedybde	Gennemgående	Gennemgående
Nedbrydningsbetingelser	Aerob forureningsnedbrydning	Anaerob forureningsnedbrydning

Den stationære beregningsløsning der anvendes i SprækkeJAGG betyder, at regnearket viser den maksimale forureningspåvirkning af grundvandet fra en konstant og vedvarende forureningskilde. Dette er illustreret i figur 6, hvor en beregning med sprækkeJAGG er sammenlignet med en dynamisk beregnet gennembrudskurve ud fra det samme ligningssystem for sprækkede porøse medier.



På grund af den hurtige og nemme anvendelse af sprækkeJAGG, kan der foretages hurtig screening af et stort antal forureningskilder og derigennem foretages en første frasortering af de forureningskilder fra miljøindsatsen, der ikke udgør en grundvandsrisiko.

For di sprækkeJAGG anvender transportkalibrerede "worst case" sprække data fra vidensopsamlingen (tabel 1), beregner modellen en realistisk gengivelse af forureningstransporten, som denne er målt "worst case" i de kontrollerede feltforsøg og som den ses udtrykt i grundvandsovervågningen (forudsat der anvendes repræsentative stofdata i modelleringerne). Den valgte sprækkeopsætning af sprækkeJAGG sikrer dermed troværdige risikovurderinger, der tillige er afstemt i forhold til grundvandets generelle sårbarhed i moræneområderne. På dette grundlag kan beregningerne med sprækkeJAGG også anvendes i videregående risikovurderinger og prioritering af de lokaliteter på oplandsskala, hvor "worst case" beregningerne viser en uacceptabel forureningsrisiko for grundvandet.

Implementering

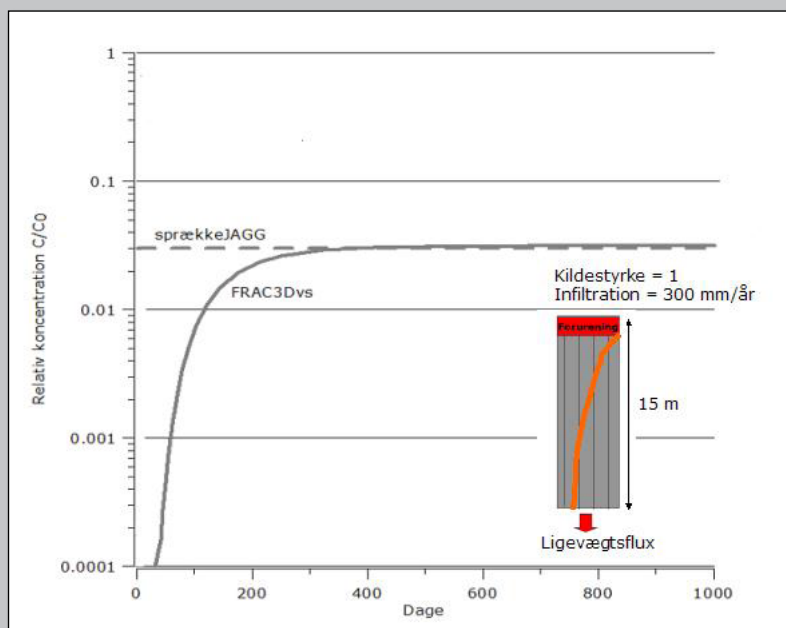
SprækkeJAGG forventes at indgå i Miljøstyrelsens igangværende opdatering af den eksisterende JAGG model til risikovurdering af jordforureningssager. I den forbindelse forventes brugerfladen ændret således at den indgår i den samlede JAGG program-pakke med tilhørende bilag for stofegenskaber.

Rapporten om sprækkeJAGG findes på <http://www.jordforurening.info> og regnearket kan rekvireres fra Videncentret.

Referencer

- /1/ Miljøstyrelsen 2000. Manual for program til risikovurdering - JAGG. Miljøprojekt nr. 520.
- /2/ Grundvand 2004. Status og udvikling 1989-2004. GEUS 2005.
- /3/ SprækkeJagg - Regneark til risikovurdering af sprækker i moræneler. Videnscenter for jordforurening, 2008/2
- /4/ Miljøstyrelsen 2002. Pesticider og vandværker. Udredningsrapport om BAM-forurening. Miljøprojekt nr. 732.
- /5/ Miljøstyrelsen 2005. BAM's skæbne i grund vand. Miljøprojekt nr. 1000.
- /6/ Sudicky and Frind 1982. Contamination transport in fractured porous media: Analytical solution for a system of parallel fractures. Water Resour. Res. 18.6. 1634-1642. 1982.

← **Figur 5.** Skærbillede af sprækkeJAGG regnearket. Billedet viser (a) felt til indsættelse af inputværdier i regnearket og beregningsresultater vist (b) grafisk og (c) numerisk, som funktion af dybden under forureningskilden og afstanden fra sprækkekerne /3/.



Figur 6. SprækkeJAGG udregner den maksimale forureningspåvirkning af grundvandet ved vertikal strømning fra en konstant og vedvarende forureningskilde. Figuren viser en sprækkeJAGG beregning sammenlignet med en tilsvarende dynamisk beregning med modellen FRAC3Dvs. Anvendelsen af sprækkeJAGG forudsætter, at der regnes med forureningsnedbrydning. I eksemplet er regnet med nedbrydningsraten 0,001/år svarende til stofet benzen under anaerobe forhold /fra 3/.

Af freelance konsulent Trine Korsgaard

Ved hurtigt at skimme denne liste igennem får du et overblik over, hvilke artikler der for nyligt har været bragt i danske tidsskrifter inden for vores fagområde. Hermed er der skabt en hurtig indgang til ny inspiration m.m. For overskuelighedens skyld er artiklerne ordnet i emner.

1 Jura, økonomi og politik

To spørgsmål til miljøministeren om forureningen fra Collstrupgrunden

Ministeren er blevet spurgt om: "Kan ministeren oplyse, hvorfor det ikke skønnes nødvendigt fra regeringens side at gøre noget ved, at der årligt strømmer 3-6 kg. arsen ud i Esrum Sø fra Collstrupgrunden?" Hertil svarer ministeren bl.a.: Forureningen ved Esrum sø er en jordforurening, og derfor er Region Hovedstaden myndighed på Collstrupgrunden, hvorfor jeg ikke finder anledning til, at regeringen blander sig i sagen. Efterfølgende er ministeren blevet spurgt om: "Skønner ministeren at de årligt afsatte 300 millioner til regionerne til rensning af jordforurening, er tilstrækkelige til at håndtere en så stor forurening som Collstrupgrundens, og kan ministeren oplyse, hvornår man kan forvente, at Collstrupgrunden renses i lighed med Kærgård Plantage?" Hertil svarer ministeren bl.a.: Det er rigtigt, at jordforurening er en stor opgave. Da jordforureningsloven blev vedtaget i 1999, var der et bredt flertal bag den. Det var en forudsætning for lovens vedtagelse, at alle problemer ikke kan løses her og nu, og at indsatsen mod jordforurening er en langvarig opgave. Jordforureningsloven fastslår desuden, at indsatsen skal rettes mod menneskers sundhed og grundvand, der bruges til drikkevand. Collstrupgrunden belaster Esrum sø, men påvirker ifølge regionens vurderinger hverken grundvand, der bruges til drikkevand eller menneskers sundhed, da området er afspærret. Jeg ser heller ingen paralleller mellem sagen om Collstrupgrunden og sagen om Kærgård Plantage. Kærgård Plantage er en helt speciel jordforureningssag, som staten helt ekstraordinært har bevilliget midler til. Jeg ser derfor ingen grund til at gribe ind i regionens arbejde. *Den fulde besvarelse kan læses på www.folketinget.dk se § 20-spørgsmål nr. 1676 og S1677 stillet af Pia Olsen Dyhr (SF).*

Spørgsmål til miljøministeren om forureningen i Grindsted By

Ministeren er blevet spurgt om: "Er ministeren enig i, at staten har det samme ansvar for Grindstedsværkets giftforurening under Grindsted by som for Grindstedsværkets giftdepot i Kærgård Plantage, og vil ministeren på den baggrund også

lade staten gå ind og medfinansiere oprydningen under Grindsted by, som det er sket i forhold til forureningen i Kærgård Plantage?" Hertil svarer ministeren: Om ansvarsforholdene kan jeg oplyse, at det ikke vil være muligt efter miljøbeskyttelsesloven og jordforureningsloven at påbyde Grindstedværket at fjerne depotet. Grindstedværket kan heller ikke gøres ansvarlig efter erstatningsreglerne. Staten har altså ikke et ansvar for en eventuel indsats. Region Syddanmark er ikke forpligtet til at iværksætte en offentlig indsats over for forureningen i Grindsted, men kan rydde op, hvis regionen prioriterer det og hvis regionen vurderer, at der er tungtvejende grunde hertil. Selvom de store forureningssager ligner hinanden på overfladen, er de meget forskellige - både hvad angår forhistorie og beliggenhed og forureningens omfang, sammensætning og spredning. Hverken Cheminova sagen eller forureningen under Kærgård Plantage danner præcedens, dette gælder både juridisk og politisk. *Den fulde besvarelse kan læses på www.folketinget.dk se § 20-spørgsmål nr. 1175 stillet af Per Clausen (EL).*

Implementeringen af miljøansvarsdirektivet i dansk ret

Folketinget har vedtaget to love vedrørende miljøansvar (L119 og L 118). Lovene er en implementering af miljøansvarsdirektivet. De skal sikre, at miljøskader på beskyttede arter og internationale naturbeskyttelsesområder, på vandmiljøet og på jorden forebygges og afhjælpes af skadevolder. Den ene lov (L 118) indebærer bl.a., at den ansvarlige for en erhvervsaktivitet, som forvolder en miljøskade eller en overhængende fare for en miljøskade på jord, vand eller beskyttede arter og internationale naturbeskyttelsesområder, skal forebygge eller afhjælpe miljøskaden og afholde alle omkostninger hertil på grundlag af et ubetinget ansvar. Den anden lov (L 119) gennemfører direktivets miljøskadebegreb og krav til forebyggelse og afhjælpning af miljøskader på vand og på beskyttede arter og internationale naturbeskyttelsesområder. De danske afhjælpningskrav for miljøskade på jord opretholdes, da de er videregående. *Lovforslagene kan ses på www.folketinget.dk.*

Høring af udkast til bekendtgørelse om delegation af miljøministerens beføjelser i lov om forurenede jord til Miljøstyrelsen og Miljøministeriets miljøcentre

Bekendtgørelsen er en del af implementeringen af miljøansvarsdirektivet i dansk ret. To love - L 118 og L 119 - implementerer direktivet på lovniveau. Bekendtgørelsesudkastet har hjemmel i disse love som kan findes på Folketingets hjemmeside www.ft.dk. Miljøministerens kompetence efter de nye regler delegeres til miljøcentrene efter den geografiske fordeling, der allerede er gældende i delegationsbe-



kendtgørelsen.

Læs høringsudkastet på www.mst.dk, se under lovstof, høringsmateriale.

Høring om vejledning vedrørende nye Bidragsværdier (B-værdier) for 5 kemiske stoffer

Som et led i Miljøstyrelsens arbejde med fastsættelse af sundhedsbaserede kvalitetskriterier for kemiske stoffer er udarbejdet 5 sundhedsvurderinger. Vurderingerne er lavet efter principperne i vejledning om "Metoder til fastsættelse af kvalitetskriterier for kemiske stoffer i jord, luft og drikkevand med henblik på beskyttelse af sundheden" 1. B-værdier anvendes i forbindelse med regulering af virksomheders udslip af kemiske stoffer til udeluften. Der er tale om følgende stoffer: Ethylenglycol-monobutylether; N,N-Dimethylformamid; Dipropylenglycolmonobutylether; Propylenglycolmono-tertiær-Butylether og Sucrose. Som bilag til vejledningen er udarbejdet datablade, som nærmere beskriver baggrunden for hver vurdering.

Læs høringsudkastet på www.mst.dk, se under lovstof, høringsmateriale. Høringsperioden er slut.

Ny miljøpolitik skal sikre sundt grundvand

Den 24. april blev den første Vand Camp Reunion afholdt, hvor Folketingets Miljø- og planudvalg fik præsenteret fem initiativer til beskyttelse af vores grundvand. Initiativerne er skabt af eksperter fra vandsektoren og indebar bl.a. at politikerne skal give forsyningerne reel mulighed for at opkøbe landbrugsjord i nitrat eller pesticidfølsomme områder.

Læs mere om Vand Camp på www.vandcamp.dk

Teknik og Miljø nr. 5, maj 2008, side 9. ISSN 1902-2654.

2 Kortlægning og undersøgelser

Undersøgellesprogram for grundvandsforurening - Vurdering af udbredelse/overskridelse af skel

Rapporten opstiller og beskriver anvendelsen af et forslag til undersøgelsesprogram for grundvandsforureninger, specifikt for vurdering af om forureningen overskrider lokalitetens skelgrænse og det statistiske grundlag for at opdage en sådan forureningsfane. Forslaget er eksemplificeret ved MTBE faner ved benzinstationer, og de statiske grunddata er hentet fra Fyns Amts indsamling af data for forekomsten af MTBE i grundvandet på en lang række undersøgte benzinstationer på Fyn.

Lizzi Andersen, Jesper Holm, Kim Broholm et al. Miljøprojekt Nr. 1219, 2008 fra Miljøstyrelsens Teknologiuudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening. ISBN

978-87-7052-690-6. Publikationen kan hentes fra www.mst.dk.

Bestemmelse af forureningskoncentrationen i mobilt porevand i den umættede zone

Rapporten omhandler bestemmelse af forureningskoncentration i porevand, som er i kontakt med jordforurening. Der er udført forsøg med prøvetagning og kemisk analyse af porevand i kontakt med jord forurenet med forskellige stoffer. Resultaterne viser, at der for nogle stoffer (MTBE og til dels TCE) er rimelig overensstemmelse mellem den teoretiske ligevægtskoncentration i porevandet (beregnet ud fra koncentrationen i jorden) og den målte koncentration, mens dette tilsyneladende ikke gælder for andre stoffer (BTEX'er og phenanthren). Ligeledes er der udført forsøg med analyser af poreluft, men resultaterne heraf gav ikke nogen tilfredsstillende korrelation mellem teoretiske og målte koncentrationer.

Morten Kjærgaard. Miljøprojekt, 1224, 2008 fra Miljøstyrelsen. ISBN 978-87-7052-721-7. Publikationen kan hentes fra www.mst.dk.

3 Stoftransport og omsætning

Sammensætning af olie og benzin - Kemiske profiler til brug for risikovurdering

Rapporten opstiller og beskriver anvendelsen af en række kemiske profiler for forskellige olieprodukter med henblik på anvendelse i forbindelse med risikovurdering i forhold til jord, grundvand og indeklime.

Lizzi Andersen, DHI; Kim Broholm, DHI; Christian Grøn, DHI Miljøprojekt Nr. 1220, 2008 fra Miljøstyrelsens Teknologiuudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening. ISBN 978-87-7052-692-0. Publikationen kan hentes fra www.mst.dk.

Fund af glyphosat og AMPA i drikkevand fra små vandforsyningsanlæg i Storstrøms Amt

28 private vandforsyningsanlæg blev undersøgt for glyphosat/AMPA. Kilderne til glyphosat/AMPA i brønde var grund og overfladevand fx fra behandlede gårdspladser, marker og hegn. Brøndene lå i moræneler, der var horisontalt og vertikalt opsprækket. Der kunne ikke med sikkerhed vises sammenhæng mellem fund og transport gennem sprækker. Sammenholdes afstand mellem brønde og kilder, falder glyphosat/AMPA koncentrationerne med stigende afstand. Coliforme bakterier blev fundet hyppigt i grundvand fra sprækkerne.

Walter Brüsich og Per Rosenberg. Miljøprojekt, 1163, 2008 fra Miljøstyrelsens Teknologiuudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening. ISBN 978-87-7052-447-6. Publikationen kan hentes fra www.mst.dk.

Bør nedbrydningsstest i jord til veterinære lægemidler ændres?

Resultaterne fra et EU-forskningsprojekt indikerer, at de anbefalede nedbrydningsmodeller bør modificeres, så de bedre afspejler de forhold, der er gældende når veterinære lægemidler nedbrydes i jordmiljøet. Dette kan gøres ved at testene udføres i jord-møg gylle blandinger.

Kristine Andersen Krogh, Gitte Gatholdt Jensen og Susanne Hermansen et al. Dansk Kemi årgang 89, nr. 3, 2008 side 12-14. ISSN 0011-6335.

Sprækkejagg - Regneark til risikovurdering af sprækker i moræner

Denne rapport omhandler beregningsmæssige forudsætninger, opstilling af hydrauliske sprækkeparametre og praktiske eksempler på anvendelse af regnearket "SprækkeJAGG". Ved hjælp af regnearket kan der foretages screening af forureningstransporten gennem moræner til underliggende grundvand under hensyntagen til sprække- og vandtransport for vandopløste forureningstyper.

Peter R. Jørgensen, Knud Erik Klindt og Mads Robenhagen Mølgaard. Amternes Videncenter. Teknik og administration nr. 2, 2008. Rapporten kan hentes fra www.jordforurening.info - og regnearket kan rekvireres hos Videncentret.

4 Risikovurdering

Langtidseffekten af intervention på børns eksponering for bly

I 2003 blev der gennemført en undersøgelse (miljøprojekt nr. 845) af effekten af de tiltag, der anbefales i Miljøstyrelsens vejledning nr. 7 2000 "Rådgivning af beboere i lettere forurenede områder". Projektet viste en reduktion af eksponeringen efter interventionen i de to let forurenede børnehaver. Dette projekt er en opfølgende undersøgelse i de samme børnehaver 1½ år senere. Projektet viser, at der efter 1½ år stadig er en reduktion i eksponeringen på samme niveau, som kunne konstateres umiddelbart efter interventionen.

Jesper Bo Nielsen og Jesper Kristiansen. Miljøprojekt Nr. 1233, 2008, fra Miljøstyrelsens Teknologiudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening. ISBN 978-87-7052-765-. Publikationen kan hentes fra www.mst.dk.

Olie i jord - forslag til analysemetode og justering af jordkvalitetskriterier, samt grundlag for afskæringskriterier

En ny analysemetode for bestemmelse af olie i jord er gennemgået og der er givet anbefalinger for revision af anvendelse og metodebeskrivelse, ligesom der er givet forslag til

omformulering af jordkvalitetskriterierne for fraktioner af kulbrinter i relation til metoden. På baggrund af undersøgelse og gennemgang af mobilitet, giftighed og lugt af kulbrinter i jord er der givet forslag til afskæringskriterier for sum og fraktioner af kulbrinter analyseret med den ny analysemetode.

Christian Grøn, Pernille Borling, Lizzi Andersen, et al. Miljøprojekt, 1225, 2008 fra Miljøstyrelsens Teknologiudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening. ISBN 978-87-7052-725-5. Publikationen kan hentes fra www.mst.dk.

En registerundersøgelse af den danske befolkning

Cirka 70.000 danske husstande modtager vand fra små enkeltvandforsyninger der ikke udsættes for samme kvalitetskontrol som de almene fællesvandværker. En stikprøveundersøgelse fandt pesticidrester i 60% af de undersøgte anlæg. Derfor sammenkoblede data fra syv forskellige befolkningsregistre for at få oplysninger om drikkevandsforsyning, kræftsygdomme og forekomst af misdannelser. Undersøgelsen peger på, at befolkningen med enkeltvandforsyning kan være udsat for pesticidrester, der muligvis kan påvirke deres helbred, hvilket understøtter fund fra tidligere undersøgelser. Da undersøgelsen er registerbaseret og ikke indeholder individbaserede oplysninger om eksponering og potentielle konfoundere, er det ikke muligt at drage endelige konklusioner om årsagssammenhænge.

Tina Kold Jensen, Helle Raun Andersen, Esben Budtz-Jørgensen et al. Miljøprojekt, 1174, 2008 fra Miljøstyrelsen. ISBN 978-87-7052-525-1. Publikationen kan hentes fra www.mst.dk.

Persistente flourforbindelser i miljøet

Perflourforbindelser (PFC'er) er fundet over alt i miljøet og opkoncentreres i fødekæden. PFC'er er overfladeaktive stoffer med en ekstrem lav overfladespænding. PFC'er finder størst anvendelse i imprægneringsmidler og imprægnerede produkter. Nye undersøgelser viser, at disse stoffer muligvis har en hormonforstyrrende effekt.

Rossana Bassi og Pia Bruun Poulsen. Dansk Kemi årgang 89, nr. 5, 2008 side 12-14. ISSN 0011-6335.

5 Hardware og metodebeskrivelser

Screening for rester af stråforkorter i drikkevand

Anvendelsen af stråforkorteren chlormequat har i årevis bekymret de danske vandværker. Det skyldes, at der ikke har været en analysemetode tilgængelig, og det har derfor ikke været muligt at dokumentere om anvendelsen er et problem for drikkevand. GEUS og Københavns Energi har taget denne udfordring op, og der foreligger nu en brugbar analysemetode samtidig med de første resultater vedrørende fore-



komst af chlormequat i dansk grundvand.
Gyrite Brandt, Jeanne Kjær og Trine Henriksen et al. Vand og Jord 15. årgang nr. 2, maj 2008, side 56-58 ISSN 0908-7761.

6 Afværgeteknik og monitoring

Monitoring af PCE-afværge ved kemisk oxidation (permanganat) i moræner -

Kemisk oxidation med kaliumpermanganat er afprøvet i fuld skala som afværgestrategi til oprensning af PCE-forurening i moræner med sandslirer. Den kemiske oxidation blev igangsat efter en forudgående opboring af forurenede jord i kildeområdet. Distributionen af kaliumpermanganat i sandslirerne foregik væsentligt hurtigere og væsentligt mere udbredt end forventet, men efterfølgende blev der registreret en markant aftagende distribution af oxidationsmidlet. Der blev dokumenteret en lokal omsætning af PCE i jord (lermatricen) og grundvand (vandførende sandlag). Omsætningen blev sammenkædet med en aktuel eller tidligere tilstedeværelse af kaliumpermanganat. De samlede afværgeforanstaltninger førte af flere årsager imidlertid ikke til en oprensning af ejendommen. Anvendelsen af kemisk oxidation med permanganat i lavpermeable aflejringer med præferentiell strømning i sandslirer vurderes at have en begrænset oprensningseffekt. I højpermeable aflejringer vurderes permanganatoxidation at kunne føre til en succesfuld oprensning.

Jesper Alrø Steen og Tom Heron; NIRAS A/S; Miljøprojekt Nr. 1222, 2008 fra Miljøstyrelsens Teknologiudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening. ISBN 978-87-7052-708-8. Publikationen kan hentes fra www.mst.dk. Miljøprojekt Nr. 1223, 2008 er bilagsrapport til denne hovedrapport.

7 Geologi og hydrogeologi

Nye fund af grundvandsmagasiner

De syv statslige miljøcentre og GEUS har via kortlægning opdaget hidtil ukendte grundvandsmagasiner. Bl.a. har man fundet en over 25 km lang begravet dal under Tinning Hede ved Århus.

Geologisk Nyt nr. 2, april 2008 side 13, ISSN 0906-6861.

8 Andre udgivelser

Teknologiprogram for jord- og grundvandsforurening 2008

I Teknologiprogram for jord- og grundvandsforurening 2008 gives en oversigt over de projekter, der er igangsat under ordningen, og der beskrives projektforslag for 2008. Bevillingen for 2007 er 5,6 mio. kr. Der planlægges i 2007 3-5 feltprojekter samt et antal udredningsprojekter. Siden ordningen trådte i kraft i 1996, er der igangsat 185 projekter. *Orientering fra Miljøstyrelsen, 1, 2008 ISBN 978-87-7052-723-1 Publikationen kan hentes fra www.mst.dk.*

Nye jordregler medfører ændret praksis på landets genbrugspladser

De nye regler for jordhåndtering, betyder at landets genbrugspladser modtager lettere forurenede jord fra de områdeklassificerede områder. Det medfører større krav til jordens håndtering fra genbrugspladsen til den videre disponering, ligesom genbrugspladserne skal have godkendelse til at modtage lettere forurenede jord. Foruden at sætte fokus på den særlige situation for genbrugspladser beskriver artiklen generelt de nye regler for jordflytning.

Teknik og Miljø nr. 5, maj 2008, side 56-57. ISSN 1902-2654.

kursus KALENDEREN

Dato	Hvem	Hvad	Hvor	Mere info
3.-6. juni 2008		ConSoil 2008	Milano, Italien	http://www.consoil.de
17. juni 2008	ATV	Miljøjura for enhver	Schæffergården, Jægersborg Alle 166, Gentofte	http://www.atv-jord-grundvand.dk
27. august og 11. september	VIA University College	Hydrogeologi	Chr. M. Østergaardsvej 4, 8700 Horsens	http://www.vitusbering.dk/miljoe
1.-2. september 2008	Envina	Envinas årsmøde	Grenå	http://www.envina.dk
15.-17. september 2008	ATV	GroPro, Groundwater Protection - Plans and Implementation in a North European Perspective	Comwell Klarskovgaard, Korsør	http://www.atv-jord-grundvand.dk
22.-25. september 2008	Redoxtech	ORTs6, DNAPL-3, CSR-3, CFR-2	San Diego, CA, USA	http://www.redoxtech.com/
23.-26. september 2008		NORDROCS 2008	Helsinki, Finland	http://www.mutku.com/Nordrocs2008.htm
7.-9. oktober 2008	VIA University College	Prøvetagning af jord	Chr. M. Østergaardsvej 4, 8700 Horsens	http://www.vitusbering.dk/miljoe
Efterår 2008	Envina	Jordforureningslovens § 8 tilfaldelser og indeklime		http://www.envina.dk
Efterår 2008	Envina	Områdeklassificering		http://www.envina.dk
Efterår 2008	Envina	Tilsyn med brøndboring		http://www.envina.dk
21.-23. oktober 2008		ECOR-5, EC-DNAPL-3	Amsterdam, Holland	http://www.redoxtech.com/
22. oktober 2008	ATV	Afværgeteknologi - state of the art	Schæffergården, Jægersborg Alle 166, Gentofte	http://www.atv-jord-grundvand.dk
5. november 2008	ATV	Geofysik - kom der noget ud af millionerne?	Radisson SAS, H.C. Andersen Hotel, Claus Bergs Gade 7, Odense	http://www.atv-jord-grundvand.dk
24.-26. november 2008	Dechema	Symposium "Stragien zur Boden- und Grundwassersanierung"	DECHEMA-Haus, Frankfurt am Main, Tyskland	http://www.dechema.de/sanierung
9. december 2008	DAKOFA	DAKOFA Konference om jord & affald		http://www.dakofa.dk
5.-8. maj 2009	Batelle	In Situ and On-Site Bio-remediation Symposium	Baltimore, Maryland, USA	http://www.batelle.org/biosymp



Videncenter
for Jordforurening

Videncenter for Jordforurening

Dampfærgevej 22
Postboks 2593
2100 København Ø
jordforurening@regioner.dk
www.jordforurening.info
Fax 3529 8300

Jordforurening.info

udgives af Videncenter for
Jordforurening og udkommer
fire gange årligt på papir og
elektronisk.

Redaktør: Kit Jespersen
Layout: Ulla Hilden, Danske
Regioner
Tryk: Danske Regioner