

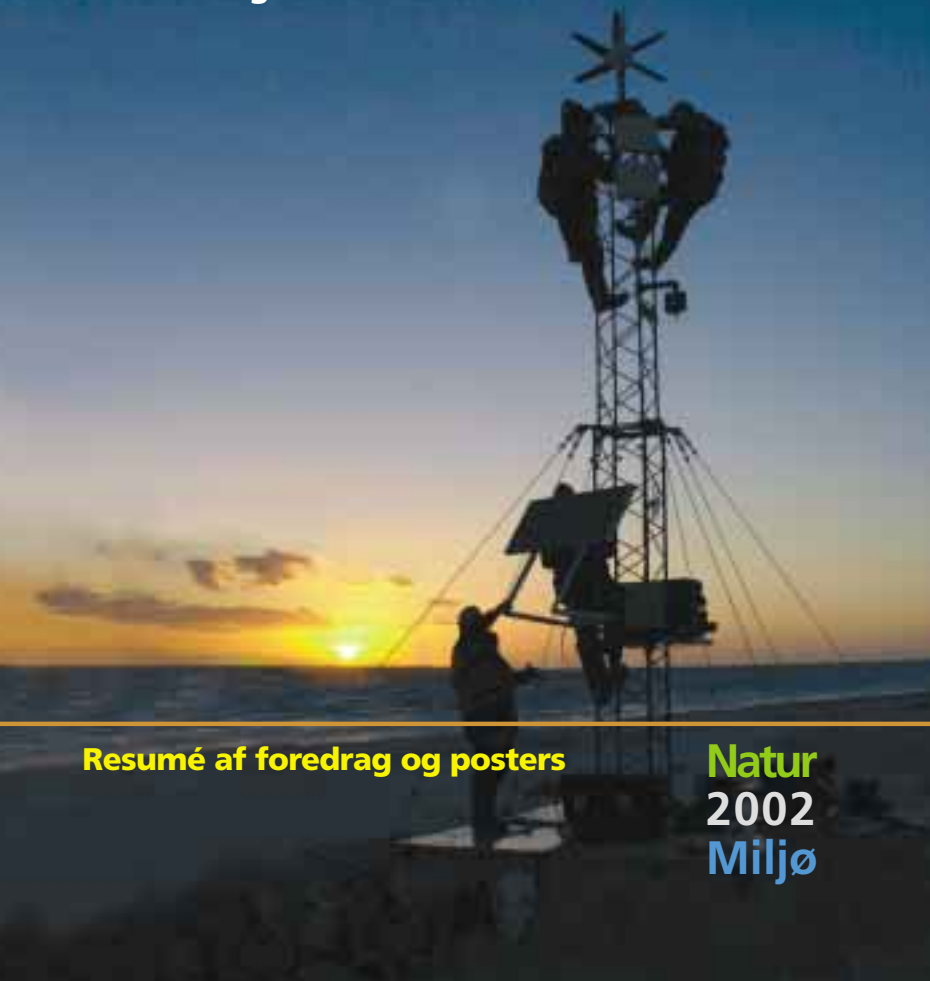
# Natur- og Miljø- forskningskonference

H.C. Ørsted Institutet

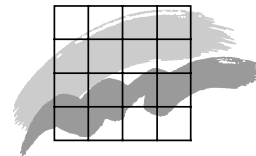
22. - 23. august 2002

Resumé af foredrag og posters

Natur  
2002  
Miljø







# Natur- og Miljøforskningskonference

Resumé af foredrag og posters

*H.C. Ørsted Institutet, den 22.-23. august 2002*

## Datablad

Titel:	Natur- og Miljøforskningskonference H.C. Ørsted Institutet, 22.-23. august 2002
Undertitel:	Resumé af foredrag og posters
Konferencested	H.C. Ørsted Institutet, Universitetsparken 5, 2100 København K
Redaktion	Peter Koefoed Bjørnsen, DMU, Roskilde Povl Frich, DMU, Roskilde Pia Johnsen, DMU, Roskilde
Udgiver:	Miljøministeriet Danmarks Miljøundersøgelser©
Udgivelsestidspunkt:	August 2002
Tryk:	Scanprint A/S
Papirkvalitet:	
Oplag:	500
Sideantal:	262
ISBN	87-7772-681-2
Udleveres til konferencedeltagere	Figurerne er trykt i sort/hvid hvilket kan reducere kvaliteten. De originale figurer kan ses på konferencens hjemmeside under: <a href="http://www.dmu.dk">www.dmu.dk</a>
Internet-version:	Rapporten kan også findes som PDF-fil på DMU's hjemmeside <a href="http://www.dmu.dk">http://www.dmu.dk</a>
Købes i boghandelen eller hos:	Miljøbutikken Information og Bøger Læderstræde 1 DK-1201 København K Tlf.: 33 95 40 00 Fax: 33 92 76 90 e-mail: <a href="mailto:butik@mim.dk">butik@mim.dk</a> <a href="http://www.mim.dk/butik">www.mim.dk/butik</a>

---

### *Arrangementskomité*

Kontorchef Anna Marie Rasmussen, Vejle Amt  
Jord- og grundvandschef Dorte Olsen, Storstrøms Amt  
Vicedirektør Torben Moth Iversen, DMU  
Vicedirektør Peter Koefoed Bjørnsen, DMU  
Direktionssekretær Povl Frich, DMU

### *Organisationssekretariat*

Povl Frich  
Pia Johnsen  
Helle Thomsen

---

# Indholdsfortegnelse

## Session 1 Biodiversitet og naturkvalitet i det danske landskab

ALMaSS – landskabsøkologiske modeller i naturforvaltning .....	3
<i>Chris Topping, Peter Odderskær og Jane Uhd Jepsen</i>	
Hvor galt står det til med naturen i det åbne land? - resultater fra Danmarks længste tracéstudie	5
<i>Signe Nepper Larsen, Martin Vestergaard og Ole Geertz-Hansen</i>	
Kan vi forudsige sandsynligheden for specifikke økologiske scenarier? .....	9
<i>Christian F. Damgaard</i>	
Naturen i det agrare landskab - et historisk bidrag til landskabsanalyse og -vurdering .....	11
<i>Bernd Münier, Pia Frederiksen, Bent Odgaard og Jørgen R. Rømer</i>	
Naturplaner som metode til at identificere agerlandets naturkvaliteter .....	13
<i>Knud Tybirk</i>	
Naturkvalitet i strandenge, moser og overdrev i Fyns amt .....	15
<i>Erik Vinther, Henrik Tranberg, Nina Kjær Pedersen og Rasmus Ejrnæs</i>	
Referencebaseret naturkvalitetsvurdering over internettet .....	19
<i>Rasmus Ejrnæs</i>	
Betydningen af genetisk modificerede afgrøder for biodiversiteten og naturindholdet i agerlandet .....	21
<i>Niels Elmegaard, Beate Strandberg og Marianne Bruus Pedersen</i>	
Genetiske aspekter af habitatfragmentering og udsætning hos løvfrø, <i>Hyla arborea</i> , belyst ved hjælp af variation i DNA-mikrosatellitter. Preliminære resultater .....	23
<i>Liselotte Wesley Andersen, Kåre Fog og Christian F. Damgaard</i>	
DanBIF -Danmarks nationale knudepunkt for GBIF (Global Biodiversity Information Facility)....	25
<i>Henrik Enghoff og Isabel Calabuig</i>	

## Session 2 Natur og miljø i søer og vandløb

Nitrat i vand under skove .....	29
<i>Per Gundersen, Karin Hansen, Annemarie Bastrup-Birk, Inger K. Schmidt, Lars Bo Pedersen, Ingeborg Callesen, Lars Vesterdal og Karsten Raulund Rasmussen</i>	
Fosfor i åer, søer og fjorde: Hvad betyder landbruget som forureningskilde? .....	31
<i>Brian Kronvang, Ruth Grant og Hans L. Iversen</i>	
Landbrugets fosforbidrag til Mariager Fjord - transportveje og indsatsmuligheder? .....	35
<i>Lisbeth Wiggers</i>	
Vandrammedirektivet – kan implementeringen blive lettere? .....	37
<i>Hanne Kaas og Merete Styczen</i>	
Habitater i vandløb .....	39
<i>Morten Lauge Pedersen og Nikolai Friberg</i>	
Habitatmodeller kan anvendes ved vandløbsplanlægning .....	41
<i>Flemming Møhlenberg, Jørgen K. Jensen og Flemming Hansen</i>	
De fysiske forhold i mindre vandløb -tilstandsvurdering som praktisk redskab i kommunernes planlægning .....	43
<i>Erik Jørgensen</i>	
Restaurering af Furesøen .....	45
<i>Morten Jepsen, Peter Bandholtz Jørgensen og Ida Dahl-Nielsen</i>	
Udsætning af geddeyngel som redskab i restaurering af uklare søer: to mulige årsager til ringe effekt .....	47
<i>Christian Skov, Søren Berg og Lene Jacobsen</i>	
Benthisk og pelagisk mikroalgeproduktion i to lavvandede søer med forskellig næringsstofindhold .....	49
<i>Lone Liboriussen og Erik Jeppesen</i>	
Brakvandssøer: struktur og funktion .....	51
<i>Martin Søndergaard, Erik Jeppesen, Susanne Amsinck, Jens Peder Jensen, Torben L. Lauridsen, Frank Landkildehus og Kurt Nielsen</i>	

Bestemmelse af Søers Historiske Udvikling .....	53
<i>Peer Bo Mortensen, Louise Schlüter og Arne Jensen</i>	
Development of the cladoceran community in Dallund Sø, Denmark, during the last 7000 years – based on macrofossils in the sediment .....	55
<i>L. Johansson, E. Bradshaw, E. Jeppesen and Peter Rasmussen</i>	
Distribution and Ecology of <i>Cladocera</i> in Brackish Lakes – Evidence from Surface Sediments.	57
<i>Susanne Lildal Amsinck, Erik Jeppesen and Frank Landkildehus</i>	
Lake restoration by aluminium addition – a full scale experiment .....	59
<i>Kasper Reitzel, Jonas Hansen, Frede Ø. Andersen, Henning S. Jensen and Kjeld S. Hansen</i>	
Erfaringer fra restaurering og pleje af Kollelev Mose .....	61
<i>Erik Jørgensen og Søren Gabriel</i>	
Multivariate analysis of phytoplankton communities in 37 Danish lakes studied during 12 years .....	63
<i>J. P. Jensen, E. Jeppesen and R. Bjerring Olsen</i>	
Multivariate analysis of rotifer communities in 35 Danish lakes studied during 7 years.....	65
<i>R. Bjerring Olsen, J. P. Jensen and E. Jeppesen</i>	
Grødeskæring reducerer invertebratsamfundenes artsdiversitet .....	67
<i>Lars-Henrik Heckmann</i>	
<b>Session 3 Økotoksiologi og risikovurdering i jord og vand</b>	
Assessing risks of chemicals to ecological systems – can we do it? .....	71
<i>Valery E. Forbes</i>	
Kobberforurenede jord: Hvordan vurderer man farligheden? .....	73
<i>Marianne Bruus og Janeck J. Scott-Fordsmand</i>	
Partiel rangordning på baggrund af QSAR genererede data. Et værktøj til prioritering af kemikalier.....	75
<i>Lars Carlsen, Peter B. Sørensen og Dorte B. Lerche</i>	
Biotest med <i>Acartia tonsa</i> - screening af hormonlignende og andre specifikt toksiske stoffer.....	77
<i>Leah Wollenberger, Jane Bergstrøm og K. Ole Kusk</i>	
"Baltic Carrier" olie katastrofen .....	81
<i>Gunnar Pritzl, Maria Pécseli, Asger B. Hansen, Jan H. Christensen, Ellen Christiansen og Charlotte D. Jensen</i>	
DNA skader - et vigtigt effektmål i økologisk risikovurdering .....	83
<i>Jette Rank</i>	
En ny metode til prioritering af oprensning af forurenende grunde .....	85
<i>Trine S. Jensen, Dorte B. Lerche og Peter B. Sørensen</i>	
Effekt af metalforurening på regnorme .....	87
<i>Vibeke Simonsen og Janeck J. Scott-Fordsmand</i>	
Udvaskning af glyphosat og metribuzin, vurderet ud fra danske markforsøg .....	89
<i>Jeanne Kjær, Jørgen Ole Jørgensen og Preben Olsen</i>	
Biologiske processer i tjæreforurenede jord .....	91
<i>Carsten Suhr Jacobsen</i>	
Naturlige plantetoksiner i jorden – thujon under <i>Thuja plicata</i> .....	93
<i>Bjarne W. Strobel og Hans Christian B. Hansen</i>	
Pesticider i vandløb og søer: koncentrationer og effekter .....	95
<i>Torben L. Lauridsen, Nikolai Friberg, Brian Kronvang og Hans L. Iversen</i>	
Forekomst af pesticider i 24 vandhuller i Århus Amt.....	97
<i>Henrik Skovgaard</i>	
En undersøgelse spildevands hormonale påvirkning af kønsorganerne hos skalle og bækørred i Århus Amt.....	99
<i>Lisette Bachmann Christiansen og Thomas Plesner</i>	
Bortrensning af steroidøstrogen i et moderne biologisk spildevandsrensning .....	101
<i>Henrik Andersen</i>	

Økotoksikologiske effekter af kemiske stoffer i regnbetingede udledninger .....	103
<i>Anne Munch Christensen og Anders Baun</i>	
Plantebiomarkørmønster – Vurdering af vandplanters følsomhed overfor herbicidet metsulfuron methyl.....	105
<i>Charlotte V. Kristensen, Helle Weber Ravn og Nina Cedergreen Forchhammer</i>	
Plantebiomarkørmønster – et screeningsprogram.....	107
<i>Trine F. Christensen, Brigitte Diedrichsen, Anne Adsersen, Helle Weber Ravn og Jan Buch Andersen</i>	
Plantebiomarkørmønster - Vurdering af herbicideksponering i randzoner .....	111
<i>Helle Weber Ravn, Ingelise Lauridsen, Hans Løkke og Annette Baatrup- Pedersen</i>	
Videoregistrering af sublethale insekticideffekter hos dafnier .....	113
<i>Ursula Friberg-Jensen, Kirsten Christoffersen og Gösta Nachman</i>	
Bromerede flammehæmmere – toksiske effekter på invertebrater .....	115
<i>Leah Wollenberger, Magnus Breitholtz, Laurence Dinan, K. Ole Kusk og Bengt-Erik Bengtsson</i>	
<b>Session 4 Natur og Miljø i fjord og hav</b>	
Marin økotoksikologi – baggrund og udfordringer.....	121
<i>Ingela Dahllöf</i>	
Polycykliske aromatiske hydrocarboner i marine biota fra Grønland .....	123
<i>M. Pécseli, G. Pritzl, J. Carstensen, G. Asmund og J. Tang Christensen</i>	
Bundfaunasammensætning afslører miljøfarlighed af belastede sedimenter .....	125
<i>Flemming Møhlenberg</i>	
Metode til biologisk screening af råstofvindingsområder, havvindmølleparker, havdambrug, stenrev mm .....	127
<i>Henrik Lyngge og Jan F. Nicolaisen</i>	
Vidensopsamling til beslutningstagere via avanceret matematisk modellering .....	129
<i>Jesper Dørge og Ian Sehested Hansen</i>	
Dyreliv på havbunden nu og for 100 år siden .....	131
<i>Elsebeth Glob</i>	
Reduktioner af næringsstofsbelastningen og vegetationsændringer i Odense Fjord .....	133
<i>Nanna Rask, Mikael Hjorth Jensen, Stig E. Pedersen og Michael Bo Rasmussen</i>	
Påvirkning af stofomsætningen i hav- og fjordbunden under reduceret organisk belastning....	137
<i>Henrik Fossing og Peter Berg</i>	
Overvågning og forvaltning af europæiske havgræsser .....	139
<i>Jens Borum</i>	
Kvælstofdeposition til danske farvande i 2010 .....	141
<i>Thomas Ellermann, Ole Hertel og Carsten Ambelas Skjøth</i>	
Danmarks Marine Datakort .....	143
<i>Karsten Dahl og Martin Larsen</i>	
AQUABASE – marinbiologisk database .....	145
<i>Henrik Lyngge</i>	
Næringssaltbegrænsning af søsalat ( <i>Ulva lactuca</i> ) i danske fjorde .....	147
<i>Dorte Krause-Jensen, Morten Foldager Pedersen, Claus Jensen og Kurt Nielsen</i>	
<b>Session 5 Luft, miljø og sundhed</b>	
De nye EU direktiver om luftkvalitet.....	151
<i>Finn Palmgren</i>	
Fremskrivningsmodeller for luftemissioner .....	153
<i>Jytte Boll Illerup, Katja Birr-Pedersen, Mette Hjort Mikkelsen, Morten Winther, Henrik Gundorph Bruun , Steen Gyldenkærne og Jørgen Fenhann</i>	
Use of exposure simulation models and health registers integrated with GIS.....	155
<i>Arne Poulstrup and Henrik L. Hansen</i>	
Modellering af personlig eksponering for trafikskabt luftforurening vha. GIS og GPS .....	157
<i>Steen Solvang Jensen, Ole Hertel, Martin Hvidberg, Uffe Kousgaard og Henning Sten Hansen</i>	
DEHM - et modelværktøj til vurdering af luftforurening .....	161
<i>Lise M. Frohn, Jesper H. Christensen, Jørgen Brandt, Camilla Geels og Kaj Mantzius Hansen</i>	

Lufforureningsudsigter og trafikscenarier .....	163
<i>Jørgen Brandt, Jesper H. Christensen, Lise M. Frohn, Camilla Geels, Martin Fischer og Michael Bloksgaard Christensen</i>	
Eksposering for luftforureningskomponenter målt med biomarkører i en skiferolie mine i Estland.....	165
<i>Lisbeth E. Knudsen, Annie Jensen, Mette Sørensen, Jason Poole, Vladimir Muzyka og Steffen Loft</i>	
Helbredseffekter af partikulær luftforurening i Danmark - et forsøg på kvantificering .....	167
<i>Ole Raaschou-Nielsen, Finn Palmgren, Steen Solvang Jensen, Peter Wåhlin, Ruwim Berkowicz, Ole Hertel, Marie-Louise Vrang og Steffen Loft</i>	
Hvordan beskriver vi partikelforureningen i relation til sundhed?.....	169
<i>Peter Wåhlin og Finn Palmgren</i>	
Lufforurening og akut sygelighed i Odense .....	171
<i>Torben Sigsgaard, Ole Hertel, P. Kjærsgaard og Arne Høst</i>	
Personlig eksposering for fine partikler .....	173
<i>Anne Frøsig</i>	
Akkumulering af atmosfærisk kviksølv i Arktis.....	175
<i>Henrik Skov, Michael E. Goodsite, Michael R. B. Larsen, Jesper Christensen, Anders Feilbergh og Gerald Geernaert</i>	
Afdrift og fordampning af 10 herbicider efter sprøjtning .....	177
<i>Sandra C.K. Carlsen og Niels Henrik Spliid</i>	
<b>Session 6 Effekter af globale miljø- og klimaforandringer</b>	
Modelsimuleringer af atmosfærisk CO <sub>2</sub> over Europa.....	181
<i>Camilla Geels, Jesper H. Christensen, Jørgen Brandt og Lise M. Frohn</i>	
Kulstofbinding i skov- og landbrugsøkosystemer.....	183
<i>Kim Pilegaard, Niels Otto Jensen, Teis N. Mikkelsen og Helge Ro-Poulsen</i>	
Towards the systematic use of marine paleo climate data for improving global change projections by climate models .....	185
<i>Christoph Heinze</i>	
Regionale simuleringer af drivhuseffektens påvirkning af temperatur- og nedbørsfordeling ....	187
<i>Ole Bøssing Christensen og Jens Hesselbjerg Christensen</i>	
Modellering af de økologiske konsekvenser af vejr- og klimaforandringer i de danske farvande: Præsentation af et koncept baseret på Farvandsmodellen .....	189
<i>Karen Edelvang, Anders Erichsen, Kim Gustavson og Karl Iver Dahl-Madsen</i>	
Interaktioner mellem forurening og klima: Hvad betyder miljøfremmede stoffer for organismers evne til at tolerere ekstremt klima? .....	191
<i>Martin Holmstrup og Christian F. Damgaard</i>	
Konsekvenser af vejr- og klimaforandringer for vandmiljøet. Et projekt under initiativet: Større Tværgående Forskergrupper.....	193
<i>Morten Søndergaard</i>	
UV-B strålingens betydning for den højarktiske vegetation i Nordøstgrønland .....	195
<i>Teis N. Mikkelsen, Helge Ro-Poulsen og Linda Bredahl</i>	
Konsekvenser af klimaændringer for havmiljøet omkring Danmark.....	197
<i>Erik Buch</i>	
Konsekvenser af klimaændringer for europæisk landbrugspolitik.....	199
<i>Jørgen E. Olesen</i>	
Dansk tilpasning til et ændret klima.....	201
<i>Jes Fenger og Povl Frich</i>	
Ændret klima vil påvirke vore naturlige økosystemer – hvordan undersøger vi det ?	
VULCAN - et fælles europæisk projekt.....	203
<i>Claus Beier og Inger Kappel Schmidt</i>	
Hedeøkosystemet er sensitivt overfor forhøjet temperatur og forlænget sommertørke.....	205
<i>Inger Kappel Schmidt, Claus Beier og Torben Riis-Nielsen</i>	
Plantefysiologiske effekter af ambient UV-B stråling på to arter i Nordøstgrønland .....	207
<i>Linda Bredahl, Teis N. Mikkelsen og Helge Ro-Poulsen</i>	



Hvad betyder den atmosfæriske ozonkoncentration for ozonoptagelsen i planter? - belyst ved mikrometeorologiske målinger over en nåleskov .....	211
<i>Teis N. Mikkelsen, Helge Ro-Poulsen, Niels Otto Jensen, Mads F. Hovmand og Kim Pilegaard</i>	
Klima og fødekæder i Arktiske søer – et eksempel fra Nordøstgrønland .....	213
<i>Kirsten Christoffersen og Erik Jeppesen</i>	
Sea level rise in Denmark - technical and political aspects.....	215
<i>Jes Fenger, Erik Buch and Per Roed Jakobsen</i>	
<b>Session 7 Miljøøkonomi, miljøsociologi, integrerede analyser og indikatorer</b>	
Borgerdeltagelse på miljøområdet – miljøsociologiske bidrag og danske erfaringer .....	219
<i>Jeppe Læssøe</i>	
Mobilitet og miljø .....	223
<i>Mette Jensen</i>	
Miljømærknings betydning for forbrugerens valg .....	225
<i>Thomas Bue Bjørner og Lars Gårn Hansen</i>	
Natur og miljøforvaltning baseret på frivillige aftaler .....	227
<i>Egon Noe</i>	
Towards a holistic assessment and consideration of environmental problems .....	229
<i>Thomas G. Whiston</i>	
Prioritering af miljøindsats .....	231
<i>Peter B. Sørensen, Trine S. Jensen, Patrik Fauser, Marianne Thomsen, Steen Gyldenkærne og Dorte Lerche</i>	
Værdisætning af pesticidanvendelsens natureffekter .....	233
<i>Berit Hasler, Jesper S. Schou, Pernille Kalsoft, Henrik Vetter, Anna Bodil Hald og Christian Andreasen</i>	
Nyt økonomisk værktøj til regulering af transport.....	235
<i>Ole Kveiborg</i>	
Økonomisk værdisætning af de samfundsmæssige effekter ved affaldsbehandling .....	237
<i>Niels Dengsøe</i>	
Regionale fordelingsvirkninger af miljø- og energifgifter .....	239
<i>Henrik Klinge Jacobsen</i>	
Videnskab og politik - om vilkårene for videnskabelig rådgivning i et politisk system .....	241
<i>Peder Agger</i>	
Biodiversitetsbeskyttelse og økonomi – en effektivitetsanalyse .....	243
<i>Niels Strange, Jacob Kahl Jepsen, Carsten Rahbek og Mette Palitzsch Lund</i>	
PROGRAM FOR NATUR OG MILJØFORSKNINGSKONFERENCEN .....	247
FORFATTER INDEX.....	261



# Session 1 Biodiversitet og naturkvalitet i det danske landskab

## Programkomite:

Jesper Fredshavn/Danmarks Miljøundersøgelser, Christian Tønnesen/Fyns Amt og Karsten Raulund Rasmussen/Forskningscentret for Skov & Landskab

## Indholdsfortegnelse for session 1

ALMaSS – landskabsøkologiske modeller i naturforvaltning .....	3
<i>Chris Topping, Peter Odderskær og Jane Uhd Jepsen</i>	
Hvor galt står det til med naturen i det åbne land? - resultater fra Danmarks længste tracéstudie.....	5
<i>Signe Nepper Larsen, Martin Vestergaard og Ole Geertz-Hansen</i>	
Kan vi forudsige sandsynligheden for specifikke økologiske scenarier? .....	9
<i>Christian F. Damgaard</i>	
Naturen i det agrare landskab - et historisk bidrag til landskabsanalyse og -vurdering .....	11
<i>Bernd Münier, Pia Frederiksen, Bent Odgaard og Jørgen R. Rømer</i>	
Naturplaner som metode til at identificere agerlandets naturkvaliteter.....	13
<i>Knud Tybirk</i>	
Naturkvalitet i strandenge, moser og overdrev i Fyns amt.....	15
<i>Erik Vinther, Henrik Tranberg, Nina Kjær Pedersen og Rasmus Ejrnæs</i>	
Referencebaseret naturkvalitetsvurdering over internettet .....	19
<i>Rasmus Ejrnæs</i>	
Betydningen af genetisk modificerede afgrøder for biodiversiteten og naturindholdet i agerlandet.....	21
<i>Niels Elmegaard, Beate Strandberg og Marianne Bruus Pedersen</i>	
Genetiske aspekter af habitatfragmentering og udsætning hos løvfrø, <i>Hyla arborea</i> , belyst ved hjælp af variation i DNA-mikrosatellitter: Preliminære resultater .....	23
<i>Liselotte Wesley Andersen, Kåre Fog og Christian F. Damgaard</i>	
DanBIF -Danmarks nationale knudepunkt for GBIF (Global Biodiversity Information Facility) ...	25
<i>Henrik Enghoff og Isabel Calabuig</i>	



## ALMaSS – landskabsøkologiske modeller i naturforvaltning

Chris Topping, Peter Odderskær og Jane Uhd Jepsen

Danmarks Miljøundersøgelser, Grenåvej 12, 8410 Rønde

### Indledning

Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Landskabsøkologi, har udviklet en økologisk simuleringsmodel ALMaSS, (Animal, Landscape and Man Simulation System) som er specielt designet til at simulere faktiske processer i landskabet, samt gennem scenarier at kunne forudsige mulige effekter af ændringer på en række dyrearter. Det strategiske formål med ALMaSS har været at fremskaffe et praktisk beslutningsværktøj, som kan bistå i landskabs- og artsforvaltningen.

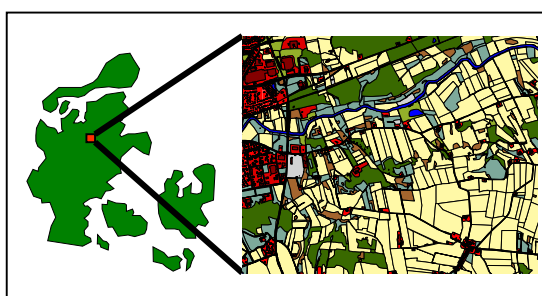
### Fra individer til populationer

Kvalificerede vurderinger af menneskets effekter på det naturlige miljø er af stor vigtighed i planlægningen og naturforvaltningen. Vi har på mange felter en omfattende viden om enkeltarters biologi og betydningen af konkrete miljømæssige faktorer for enkeltindivider. Men selv med den viden til rådighed er overordnede vurderinger af effekten af ændringer på landskabs- eller regionalt niveau særdeles vanskelige. Det skyldes bl.a. at sådanne ændringer oftest gennemføres over en lang årrække og på stor skala. Langtidseffekter på landskabsskala kan kun sjældent undersøges eksperimentelt. ALMaSS giver mulighed for at integrere detaljeret information om landskabets struktur og dynamiske processer, med modeller som efterligner dyrearters adfærd og bevægelser i respons til det omgivende miljø i et samlet eksperimentelt system. Det betyder at planlagte ændringer kan simuleres og resultaterne bruges til at understøtte og vejlede i beslutningsprocessen

### Modellen

ALMaSS består af to hovedelementer:

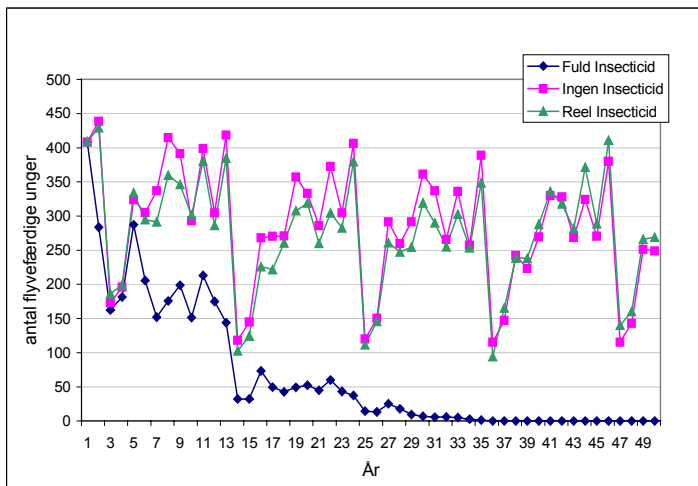
1. En dynamisk landskabsmodel for et faktisk udsnit af et landskab i Danmark (Fig. 1). Modellen simulerer landskabets fysiske struktur, vejforhold og menneskelig aktivitet i form af landbrugsdrift, trafik o. lign.
2. Et antal individ-baserede modeller som simulerer demografiske og adfærdsmæssige processer for udvalgte dyrearter (p.t. sanglærke, markmus, rådyr, grævling, biller og edderkopper).



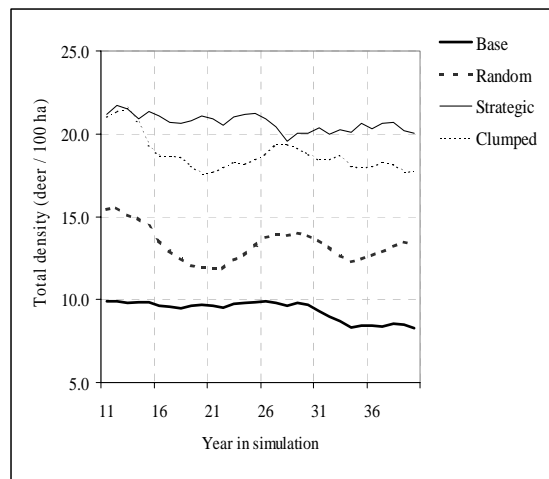
Figur 1. Et udsnit af værkstedsområdet i Viborg Amt.

### Anvendelse

ALMaSS er designet til at belyse to forskellige typer problemstillinger. Dels spørgsmål relateret til forvaltningen af konkrete områder i Danmark f.eks. i forbindelse med fredninger eller foreslåede ændringer i jagt, dyrkningspraksis (fx effekter af pesticider på lærker, fig. 2) eller arealanvendelse (fx. skovrejsning, fig. 3) i et område. Det aktuelle landskab kan simuleres i ALMaSS, manipuleres til at efterligne de foreslåede ændringer og resultaterne analyseres.



Figur 2. Pesticideffekter



Figur 3. Skovrejsningsscenarier

### **Effekter af insekticid anvendelse på ungeproduktionen hos lærker**

Effekten af insekticidbehandling i et 2x2 km afgrænset område på antallet af flyvefærdige unger i følgende situationer: alle marker i området (her alle dyrket med vårbyg) bliver behandlet indenfor tre dage (Fuld Insekticid), ingen af markerne blive behandlet (Ingen Insekticid), og 50% af markerne bliver behandlet i forhold til modelleret praksis indenfor 3 uger (Reel Insekticid).

### **Evaluering af relative effekter af alternative strategier for skovrejsning og fragmentering på bestanden af rådyr i et modelområde**

Base scenariet beskriver den nuværende situation, hvor 21% af området er dækket af skov. I de 3 efterfølgende scenarier blev skovarealet øget med 4% løvskov i hhv. regionalt udpegede skovrejsningsområder (Strategic), tilfældigt udvalgte områder (Random) og nye middelstore skovområder i tidligere åbent landbrugsland (Clumped).

Den anden type problemstillinger er mere generelle økologiske spørgsmål, såsom langtidseffekter af strukturelle ændringer i landskabet, habitatfragmentering og isolering af populationer i landskabet på arters overlevelse, dynamik og genetiske struktur. Disse kan udføres på typelandskaber, som repræsenterer en række "før" og "efter" scenarier.

### **Perspektiver**

ALMaSS er ment som et pragmatisk værktøj som kan anvendes til at forudsige effekter af ændringer i landskabstruktur og forvaltning på fordeling, tæthed og overlevelse af de modellerede dyrearter. Resultaterne fra ALMaSS scenarierne kan betragtes som et mål for hvor egnet et givet landskab er for enkelt art eller en gruppe af arter. Resultaterne kan efterfølgende vurderes ud fra en ønsket værdisætning, således at landskabets muligheder for at opfylde en målsætning om høj grad af oprindelighed, rekreativ værdi, jagtudbytte eller æstetik kan evalueres.

## Hvor galt står det til med naturen i det åbne land? - resultater fra Danmarks længste tracéstudie

Signe Nepper Larsen, Martin Vestergaard og Ole Geertz-Hansen

COWI A/S, Parallelvej 2, 2800 Kongens Lyngby

### Indledning

Mellem Nybro i det vestlige Jylland og Køge, Avedøre eller Stevns på det østlige Sjælland er der ca. 260 km. Denne strækning har i perioden 1999-2001 været undersøgt som led i en omfattende VVM-proces for en hovedtransmissionsledning for naturgas, der skal indgå i det danske gastransportsystem.

Anledningen til VVM-processen er, at DONG Naturgas A/S har planer om at købe gas fra DUC (Dansk Undergrunds Consortium) med henblik på at sælge naturgassen videre til det polske gasmarked. Transporten fra Sjælland sker med en søledning hele vejen gennem Østersøen.



Figur 1 Forskellige muligheder for etablering af ledningsforbindelse mellem de norske naturgasfelter og Polen/Danmark.

### Tracéstudie af natur, landskab, kulturhistorie og planforhold

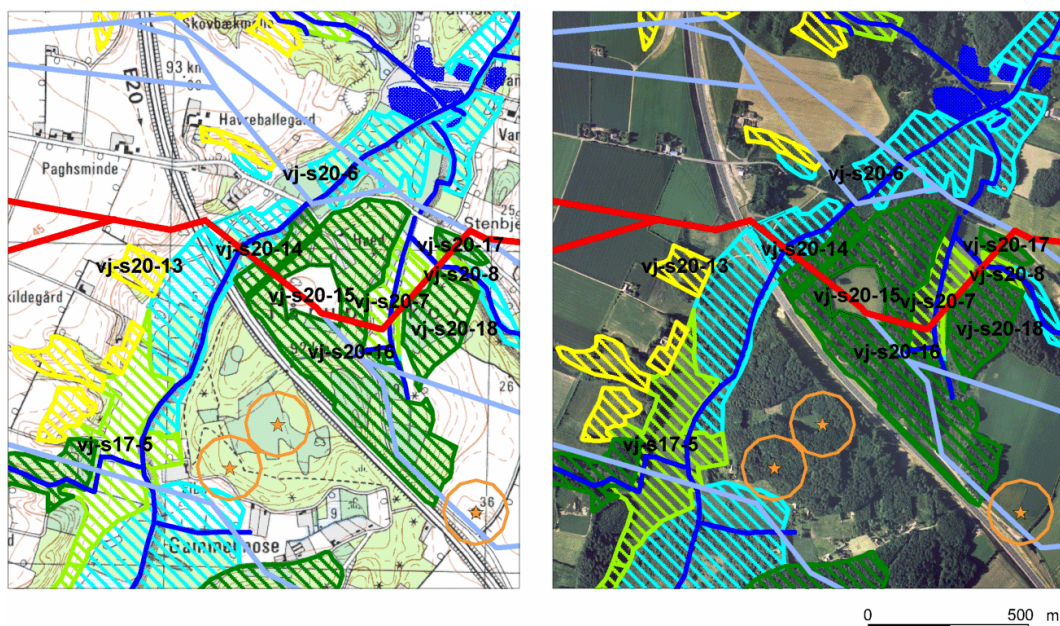
For miljøparametrene natur, landskab og kulturhistorie samt plan- og lovgivningsmæssige bindinger i det åbne land blev der i forbindelse med VVM-redegørelsen undersøgt et antal forskellige linieføringer mellem Nybro ved Varde, over Midtjylland, tværs over Fyn og fra Korsør til enten Avedøre Holme, Stevns eller Køge.

For hver eneste linieføringsforslag er det omgivende landskab undersøgt mindst 200 m til hver side ud fra centerlinien eller mindst 500 m til hver side, hvor linieføringen krydsede ådale eller skove m.v.

Inden for dette transekt er alle naturområder beskyttet efter §3 i naturbeskyttelsesloven samt skovområder, fredede fortidsminder, fredede områder, internationale naturbeskyttelsesområder m.v. blev registreret i felten ved udarbejdelse af artslistor og beskrivelse af tilstanden. På denne baggrund blev naturkvaliteten ud fra forskellige landskabsøkologiske og beskyttelsesmæssige kriterier vurderet for hver lokalitet. Alle data er siden behandlet i GIS-systemet MapInfo og i Access-database.

Formålet med de omfattende feltundersøgelser er:

- at kunne foretage fravalg eller justeringer af linieføringsforslag undervejs i den iterative proces, som foregår mellem den tekniske og miljømæssige ekspertise, der er involveret i udarbejdelsen af en VVM-redegørelse
- at kunne foretage en konkret vurdering af konsekvenser for natur, kulturhistorie, landskab og forskellige særlige beskyttelsesinteresser i det åbne land ved anlæg af en ny gasledning tværs over Danmark



Figur 2. Eksempel på undersøgte tracéer og forskellige interesser (§3-områder og fredede fortidsminder inkl. beskyttelseslinie) i Elbodalen i Vejle Amt

### **Det står skidt til**

Mere end 500 naturlokaliteter er således blevet undersøgt systematisk i felten af et tværfagligt hold af biologer, geologer og geografer og suppleret med oplysninger om de enkelte lokaliteter fra amterne m.fl.

Det generelle billede er, at det står sløjt til med vores natur og biodiversitet i de mange små og store naturområder rundt omkring. Et stort antal moser og enge er under tilgroning, og de få overdrev eller hedeprægede områder er stærkt påvirket af direkte gødsugning og den almindelig eutrofiering.

Selvom vi i dag har en usædvanlig stærk beskyttelse af de danske naturområder via bl.a. §3 i naturbeskyttelsesloven, hjælper dette ikke meget, når der ikke finder ekstensiv drift sted i form af græssende kvæg eller høslæt. Samtidig påvirker den øgede belastning med kvælstof generelt naturindholdet, hvor ellers relativt almindelige og karakteristiske plantearter i moser, enge og på overdrev er gået stærkt tilbage.



### **VVM – miljøvurdering af større tekniske anlæg**

VVM står for Vurdering af Virkninger på Miljøet og hører lovgivningsmæssigt under Planloven ved Bekendtgørelse nr. 428 af 2. juni 1999 om supplerende regler i medfør af lov om planlægning (samlebekendtgørelse).

Formålet med at udarbejde en VVM-redegørelse er:

- at vurdere virkninger på miljø, befolkning, biologi, klima, landskab samt arkitektonisk og arkæologisk kulturarv, inden et projekt realiseres
- at beskrive disse virkninger, så der er mulighed for en miljøoptimering af projektet f.eks. ved projektering af afværgeforanstaltninger
- at inddrage offentligheden i beslutningsprocessen.

En VVM-redegørelse skal ifølge bekendtgørelsen som minimum indeholde:

- En teknisk beskrivelse af anlæggets fysiske udformning, arealbehov samt emissioner under anlæg og drift
- En oversigt over undersøgte alternativer (inklusive nul-alternativet) og argumentation for udpegning af hovedforslag i forhold til grad af miljøpåvirkning
- En beskrivelse af de omgivelser, der kan blive berørt af anlægget
- En vurdering af kortsigtede og langsigtede virkninger af projektet på befolkning, landskab, jordbund, flora, fauna, rekreative og kulturhistoriske værdier, materielle goder, overfladevand, grundvand, støj, luft, klima, lys, ressourceforbrug og affaldsproduktion, forurenede jord samt afledte socioøkonomiske effekter og samspillet mellem ovenstående virkninger
- En beskrivelse af metoder, der er anvendt i miljøvurderingen
- En beskrivelse af de afværgeforanstaltninger, f.eks. modifikationer af projektet og andet, der tænkes anvendt for undgå, mindske eller kompensere for de skadelige miljøpåvirkninger
- En oversigt over manglende videngrundlag ved undersøgelserne.

Læs evt. mere om VVM-redegørelsen på Miljøministeriets hjemmeside:

[http://www.mem.dk/lpa/nyheder\\_kalender/nyheder.htm](http://www.mem.dk/lpa/nyheder_kalender/nyheder.htm)

(find nyhed dateret 22. november 2001)



## Kan vi forudsige sandsynligheden for specifikke økologiske scenarier?

Christian F. Damgaard

Danmarks Miljøundersøgelser, Vejlshøjvej, 8600 Silkeborg

### Resumé

En videnskabelig miljømæssig risikovurdering baserer sig på sandsynligheden for at et givet økologisk scenarie forekommer samt den konsekvens scenariet formodes at have [1, 2]:

Risiko = Sandsynlighed x Konsekvens

Hvordan forudsiger vi bedst sandsynligheden (P) for at et givet økologisk scenarie forekommer?

- Forsigtighedsprincippet (P = 1)
- Erfaring
- Kvalificerede gæt
- Eksperimenter og modellering

Eksempel: Sandsynligheden for at en plante, ex. en genetisk modificeret plante, invaderer en habitat er givet ved:

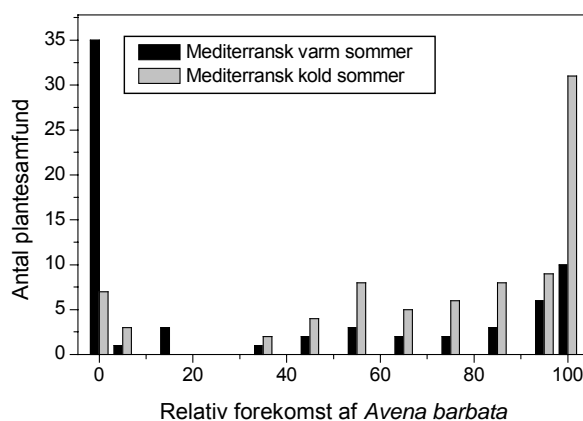
$P_{\text{invasion}} = P_{\text{immigration}} \times P_{\text{lokal populations vækst}}$

Immigrationssandsynligheden af den fremmede art kan estimeres kvalitativt ( $P = 0$  eller  $P = 1$ ) ud fra kendskabet til den pågældende arts spredningsbiologi. Sandsynligheden for at den fremmede planteart etablerer sig lokalt, samt om en anden naturligt forekommende planteart udkonkurreres, kan estimeres kvantitativt ud fra relativt simple konkurrenceeksperimenter ved brug af plantekonkurrencemodeller samt Bayesiansk statistik [3-6].

Forventede sandsynligheder beregnet fra et konkurrenceeksperiment mellem *Avena fatua* (invasiv art) og *Avena barbata* (naturligt forekommende art i Californien) [4, 7]:

Økologisk scenarie	Forventet sandsynlighed
Koeksistens	0.19
Kun <i>Avena fatua</i>	0.67
Kun <i>Avena barbata</i>	0.001
Enten eller	0.14

Observerede fordelinger af *Avena fatua* og *Avena barbata* populationer i to miljøer [7]:



## **Referencer**

1. Løkke, H., Risiko og usikkerhed - miljø og fødevarer. 2000, Temarapport fra DMU.
2. Damgaard, C. and H. Løkke, A critique of the "concept of familiarity" as used in the ecological risk assessment of genetically modified plants. *BioSafety*, 2001. 6: p. Paper 1 (BY01001) Online Journal - URL: <http://www.bioline.org.br/by>.
3. Damgaard, C., Quantifying the invasion probability of genetically modified plants. *BioSafety*, 2002. 7: p. Paper 1 (BY02001) Online Journal - URL: <http://www.bioline.org.br/by>.
4. Damgaard, C., Plant competition experiments: Testing hypotheses and estimating the probability of coexistence. *Ecology*, 1998. 79: p. 1760-1767.
5. Damgaard, C. and B.D. Jensen, Disease resistance in *Arabidopsis* increases the competitive ability and the predicted probability of long-term ecological success under disease pressure. *Oikos*, in press.
6. Damgaard, C., Modelling plant competition along an environmental gradient. submitted.
7. Marshall, D.R. and S.K. Jain, Interference in pure and mixed populations of *Avena fatua* and *A. barbata*. *Journal of Ecology*, 1969. 57: p. 251-270.

## Naturen i det agrare landskab - et historisk bidrag til landskabsanalyse og -vurdering

Bernd Münier<sup>1</sup>, Pia Frederiksen<sup>1</sup>, Bent Odgaard<sup>2</sup> og Jørgen R. Rømer<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

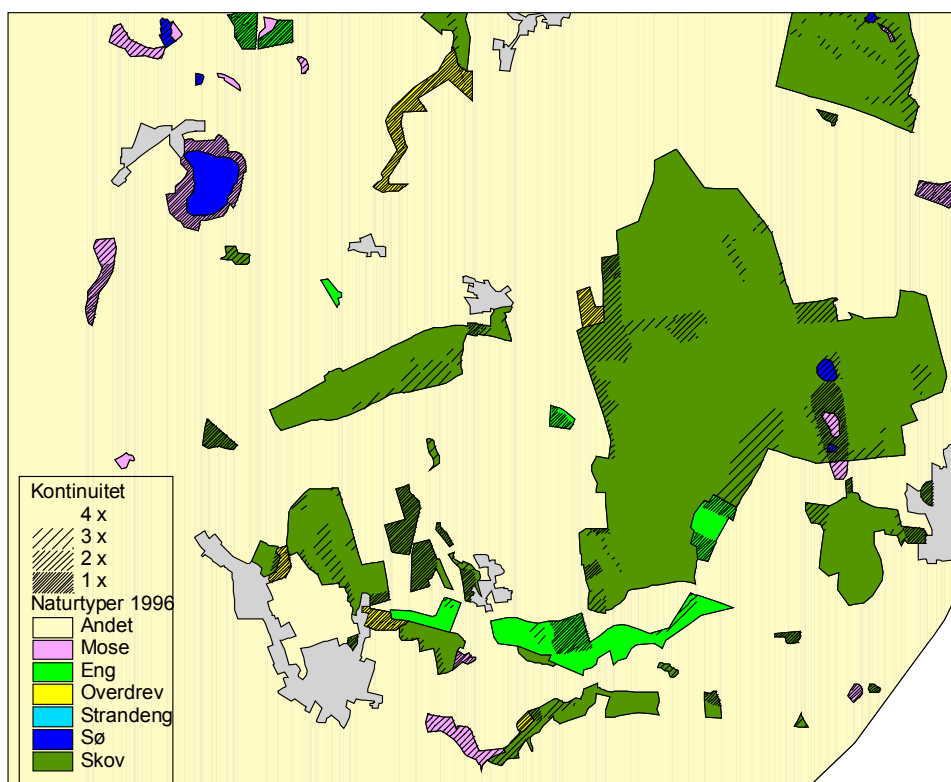
<sup>2</sup>Aarhus Universitet

<sup>3</sup>Hasseris Gymnasium, Aalborg

### Resumé

Foredraget giver eksempler på, hvordan historisk information kan bidrage til øget forståelse og vurdering af aktuelle landskaber, deres indhold af natur- og halvnatuarealer og de bagvedliggende samfundsstrukturelle processer. Der tages afsæt i projektet "Agrar 2000" - et projekt der søger at beskrive og nyfortolke udviklingen i landbrugslandskabet gennem de sidste 2000 år med hensyn til en række udvalgte temaer. Perioden deles op i faser, hvori forskellige metodiske og disciplinære tilgange bringes i spil. På baggrund af en inddeling af landskabet omkring år 1800 i områder, der domineres af henholdsvis ager, skov, hede samt eng og fælled, undersøges det hvorvidt denne inddeling kan spores tilbage i tiden, samt hvorledes de forskellige landskaber udvikler sig i nyere tid.

Metodeudvikling og tværfagligt samarbejde er væsentlige projektelementer, og det regionale aspekt tillægges en stor vægt med hensyn til identifikation af overordnede trends og regionale afvigelser heraf. Hovedindsatsen ligger omkring 9 søer der er beliggende i forskellige landskaber. Valget af studieområder tager afsæt i muligheden for at bringe analyser af pollensammensætningen i søernes sediment ind i kildematerialet, som udover de geologiske metoder rummer arkæologiske, etnologiske, historiske og geografiske kilder og metoder.



Figur 1. Del af området omkring Dallerup Sø syd for Horsens, med de nuværende naturtyper i følge de nyeste topografiske kort samt kortlægningen af beskyttede naturtyper. Der er desuden anvendt topografiske kort fra 1886, 1910 og 1950 til kortlægning af arealernes historie. Skraveringen angiver således det antal tidssnit bagud i tiden, hvor et areal har været kortlagt som den samme type som i dag

Foredraget forholder sig primært til landskabsudviklingen i perioden fra omkring år 1800 til i dag, i hvilken der findes såvel topografiske kort som statistisk landsdækkende materiale på sogneniveau. Tidsserier fra statistikken er etableret for de 9 sø-oplande, og for enkelte tidssnit også for hele landet. Oplysningerne om arealanvendelsen i de enkelte sogne bringes sammen med kortbaserede analyser over 5 tidssnit. De kortbaserede analyser giver således en beskrivelse af kontinuiteten af de enkelte arealer, for eksempel den historiske udvikling af hvert enkelt beskyttet eng-, mose-, eller hedeareal fra 1820'erne indtil i dag. Herved opstår der mulighed for at koble de statiske analyser af sø-oplandene med et lokalt geografisk perspektiv. Dette tillader konklusioner vedrørende arealtypernes labilitet respektive kontinuitet, samt hvorledes den rumlige dynamik påvirker processer i landskabet såsom intensivering og fragmentering af arealanvendelsen.

Udviklingen i tid og rum vurderes endvidere på baggrund af en landsdækkende kortlægning af fysio-geografiske forhold (jordbundstekstur, geologi, fugtbundsarealer, terrænformer etc...). Der afdækkes potentielle koblinger til arealanvendelse og udvikling af natur- og halvnaturarealer gennem tiden.

### **Referencer**

'AGRAR2000 - Det agrare landskab fra Kristi fødsel til det 21. Århundrede: Kvantitative estimater, regionalitet og årsager til forandringer' (se: <http://www1.natmus.dk/agrar2000/> - sub-project: 'Natural amenities in agricultural landscapes - changes and mechanisms')

Eigaard, P. & Münier, B. 1999. Analysis of landscape development in a spatio-temporal GIS. 14<sup>th</sup> ESRI European User Conference, Munich.

Odgaard, B. 1999. Landbrugslandskabet gennem 2000 år (The agricultural landscape through 2000 years) . - GEOLOGI, Nyt fra GEUS 1999 (1): 4-6

Odgaard, B.V. & Rasmussen, P. 2000. Origin and temporal development of macro-scale vegetation patterns in the cultural landscape of Denmark. - J. Ecology 88: 733-748

Rømer, J.R. & Eigaard, P. 2001. Arealudviklingen i Agrar2000 søområderne fra 1662 til 1997. Det Agrare Landskab, midtvejsrapport, forskningsrådene.

## Naturplaner som metode til at identificere agerlandets naturkvaliteter

Knud Tybirk

Danmarks Miljøundersøgelser, Grenåvej 14, 8410 Rønde

### **Indledning**

I landbrugslandskabet har moderne landskabsøkologiske begreber som flersidighed og multifunktionalitet fået langt større vægt gennem de seneste år. EU's landbrugspolitik indførte allerede i 1992 i Common Agricultural Policy en række hensyn, som ikke var produktionsfremmende, omend produktionshensyn naturligvis stadig skal dominere landbrugspolitikken. Naturhensyn har mange af vore nabolande arbejdet aktivt med siden CAP og det har udmøntet sig forskelligt i en række lande. Herhjemme har landbrugsstøtten primært fokuseret på næringsstoffer og pesticider, så der har ikke været mange naturmæssige hensyn i landbrugspolitikken.

Danmark har ikke hidtil fortolket Agenda 2000 i nært samspil med Natura 2000 og etableret naturfremmende ordninger for aktivt at inddrage naturbeskyttelsen i landbrugspolitikken. Den mest værdifulde natur i agerlandet ud fra internationale biologiske hensyn findes uden for dyrkningsfladerne, men dyrkningsfladernes natur er bestemt også relevant, specielt i forhold til landbrugsøkosystemets funktion og bredden i fødekæderne der kan eksistere på en bedrift. Dermed kommer samspillet mellem natur og produktion til at være meget centralt i flersidigheden.

### **Naturkvalitet i praksis**

Hvilken natur vi gerne vil have afhænger af ens natursyn og hvilke hensyn, der vægtes højest, så svaret er ikke entydigt. Naturplaner har derfor en iboende konflikt mellem (og et iboende potentiale for) forskellige interesser i samfundet udmøntet konkret på et afgrænset areal. Hvad ønsker vi os her? Ejeren, lokalbefolkningen, politikere og eksperter kan være ganske uenige, men naturplansmetodens principper igangsætter en konstruktiv dialog, hvor interesserne kan afvejes.

Naturplansmetoden har i realiteten forsøgt at operationalisere naturkvalitetsbegrebet i agerlandet, så naturkvalitet er blevet et mere konkret begreb under praktiske og realistiske omstændigheder. Ejers ønsker er et væsentligt element i en naturplan. Det er samtidigt meget væsentligt at en naturplan udarbejdes i tæt samspil med amternes igangværende naturkvalitetsplanlægning, således at der ikke opstår konflikter eller modsætninger her. Amternes naturkvalitetsplanlægning skal ses i forlængelse af Natura 2000 netværket så naturplanerne er for den enkelte bedrift stedet hvor Natura 2000 og Agenda 2000 intentionerne kan mødes og udmøntes.

### **Metodeudvikling og afprøvning**

Metoden har været udviklet i tæt samarbejde med Skov- og Naturstyrelsen, Landbrugets Rådgivningscenter, amterne og Naturrådet. Målet var at skabe et klart, enkelt og operationelt koncept, hvor landmanden opnår øget kendskab til naturelementerne på sin bedrift, samt viden om hvordan disse beskyttes og plejes mest hensigtsmæssigt. Der er lavet en afprøvning af metoden i 2001 og en revideret metode findes på Skov- og Naturstyrelsens hjemmeside. Det vil med det foreliggende koncept være relativt enkelt at lave regionale naturplaner således at en række bedrifter i et område laver en fælles naturplan, som i langt højere grad understøtter amternes naturkvalitetsplanlægning. Naturplanen kan være det redskab hvor amtsforvaltningen kommer i en konstruktiv dialog med erhvervet.

### **Brandmandens lov**

Prioriterede målsætninger for udyrkede og dyrkede arealer på bedrifterne er blevet konkrete resultater af metodeudviklingen baseret på en bred vifte af landskabsøkologisk forskning gennem det seneste årti. De generelle regler for opprioriteringen af naturhensyn på bedriften kan udmøntes i 'Brandmandens Lov' (Box 1).

*Box 1. Princippet i naturplanerne kan sammenlignes med principperne for at slukke en brand (Høgsberg 2001).*

**Brandmandens lov:**

- Bevar det endnu uskadte (eksisterende biotoper)
- Beskyt velbevarede biotoper mod påvirkning fra dyrkningsfladen
- Genopret naturmæssigt forringede biotoper
- Nyetabler naturområder i sammenhæng med eksisterende

Som et eksempel kan undersøgelser af hegnsvegetations naturmæssige kvaliteter give en række konkrete anbefalinger til naturhensyn på landbrugsbedrifter. Den vanskeligste hurdle bliver fremover at udvikle en metode til at vurdere de konkrete resultater og biologiske effekter af en naturplan. Her kræves udviklet et sæt af simple indikatorer som vurderer de biologiske, landskabsøkologiske effekter samt hvilke tanker og handlinger der er ændret hos landmanden.

Det er lykkedes at skabe enighed omkring de generelle målsætninger for metoden således at der nu reelt kun mangler en finansiering af planerne for at de kan realiseres. En afbalanceret anvendelse af metoden kan være medvirkende til at de negative tendenser for naturen i landbrugslandet bliver vendt.

***Yderligere læsning:***

Holbech, H.B., Tybirk, K. og Kjær, S.S. 2002. Naturplaner i landbruget. Jord og Viden (i trykken).

Holbeck, H. B. 2002. Evaluering af koncept for frivillige naturplaner på bedriftsniveau. Rapport, LandbrugsInfo: WWW.LR.dk Landskto. for Planteavl, LR.

Høgsberg, P. 2001. Naturforvaltning – samspil mellem natur og kultur. Flora og Fauna 107 (4): 122-130.

Tybirk, K. & Fredshavn. J. 2000. Sådan kan vi prioritere. Jord og Viden 22: 11-13

Tybirk, K. & Haugaard, H. 2001. Naturplaner på bedriftsniveau.  
<http://www.sns.dk/natur/forskningsartikler/naturplaner.htm>

Wilhjelm, N. 2001. Et rig natur i et rigt samfund. Wilhjelmudvalget, Miljø- og Energiministeriet.



## Naturkvalitet i strandenge, moser og overdrev i Fyns amt

Erik Vinther<sup>1</sup> Henrik Tranberg<sup>2</sup>, Nina Kjær Pedersen<sup>1</sup> og Rasmus Ejrnæs<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Fyns Amt, Ørbækvej 100, 5220 Odense SØ

<sup>2</sup> Naturconsult

<sup>3</sup> Danmarks Miljøundersøgelser, Grenåvej 12, 8410 Rønne

### Indledning

Fyns Amt har undersøgt udviklingen i fynske naturtypers naturkvalitet ved brug af indikatorer som rødlistede plantearter, engblomme og skillearter for mosetyper ekstremrigkær. Desuden er amtets værdisætningssystem (Tranberg & Vinther 2000) og DMU's habitat- og successionsmodel (Ejrnæs 2001; Ejrnæs m.fl. 2002) benyttet til at vurdere naturkvaliteten i 1200 fynske overdrev.

Resultaterne er sammenholdt med overdrevenes placering i forhold til græsningsarealerne på landsbyfællesskabernes tid.

### Udvikling i naturtypernes naturkvalitet

Udgangspunktet for undersøgelsen er de lokaliteter, hvor der i litteraturen eller i herbarier er angivet forekomst af de pågældende indikatorer i perioden før 1980. Det er derefter undersøgt, om de samme lokaliteter stadig har indhold af de pågældende arter i perioden fra 1980 og årene derefter (Vinther & Tranberg 1999, 2002; Fyns Amt, upublicerede data).

Resultaterne viser, at der er sket et markant fald i naturkvaliteten i de fynske naturtyper. Af de i alt 435 lokaliteter, der før 1980 havde forekomst af 1-flere rødlistede plantearter, er det kun 133, som stadig har forekomst af mindst en af de pågældende arter i perioden fra 1980 og derefter. D.v.s. at de rødlistede planter er forsvundet fra 69% af lokaliteterne. De mest sjældne arter (truede og sårbare) er tilmed forsvundet fra 84% af lokaliteterne.

Den tidligere så forholdsvis almindelige og let genkendelige Engblomme er ligeledes reduceret meget markant og er forsvundet fra 72% af de 88 tidligere kendte lokaliteter på Fyn. Den samme reduktion kan konstateres for ekstremrigkærene, hvor 61% af de 104 tidligere kendte forekomster er forsvundet. De tilbageværende lokaliteter indeholder hovedsagelig kun 1 skilleart, som i langt de fleste tilfælde udgøres af den op til 1 m høje Butblomstret Siv.

Af de undersøgte naturtyper har strandengene klaret sig bedst og de rødlistede arter er "kun" forsvundet fra 53% af de undersøgte lokaliteter. Derimod er arterne forsvundet fra h.h.v. 74% og 81% af de undersøgte moser og overdrev.

Årsagen til den store nedgang skyldes:

- at naturtypernes samlede areal er blevet reduceret (for moserne og strandengene med 70% i perioden 1940'erne- 1992).
- at de resterende lokaliteter fortsat påvirkes af tidligere indgreb som dræning, vandindvinding, tilplantning, gødskning, omlægning m.m.
- at luftens indhold af kvælstof overstiger tålegrænsen for flere mose- og overdrevstyper, og
- at naturtyperne i stigende omfang gror til fordi de ikke længere græsses.

I alt indgår der 88 rødlistede plantearter i undersøgelsen fra Fyns Amt. Af disse er 35 nu uddøde i amtet.

### Naturkvalitet i fynske overdrev

Naturklagenævnet har i en afgørelse slået fast, at naturbeskyttelseslovens beskyttelsesbestemmelser kun gælder restererne af de "historiske overdrev". Historiske overdrev betyder i den forbindelse de arealer, som lå uden for vangerne i landsbyfællesskabets tid, og som traditionelt blev brugt til græsning for husdyrene og eventuelt også til høslet.

Af amtets i alt 1200 nuværende overdrev er kun ca. 17% efter Naturklagenævnets tolkning rene "historiske overdrev", mens 28% kun delvist er beliggende inden for grænserne af de vedvarende græsningsarealer på udskiftningstiden. I alt 653 overdrev (55%) ligger helt uden for disse arealer.

Der er ikke nogen direkte sammenhæng mellem naturindholdet i de nuværende overdrev og deres placering i forhold til de vedvarende græsningsarealer på udskiftningstiden. Målt med amtets værdisætningssystem, der fokuserer på lokaliteternes indhold af sjældne og biotopstypiske arter, bestandsstørrelser og strukturer, findes der inden for alle fire botaniske værdiklasser både "historiske-, delvis historiske- og ikke historiske overdrev". Værdiklasse 1 indeholder procentvis de fleste historiske og delvis historiske overdrev, men fordelingen af de 3 typer overdrev er dog stort set den samme inden for alle værdiklasser.

DMU's habitat- og successionsmodel er benyttet på overdrevenes samlede artsforekomster (Tranberg m.fl. 2002). Resultaterne fra habitatmodellen viser, at der blandt overdrevene i amtets 3 højeste værdiklasser er en betydelig overvægt af lokaliteter med en høj habitatværdi ( $>0,2$ ) uanset lokaliteternes placering i forhold til græsningsarealerne på udskiftningstiden. Derimod er der blandt overdrevene i amtets laveste værdiklasse kun relativt få lokaliteter med en høj værdi efter habitatmodellen.

Anvendelsen af successionsmodellen giver nogenlunde tilsvarende resultater. Der findes overdrev med relativt høje værdier ( $>0,1$ ) efter successionsmodellen uanset lokaliteternes placering i forhold til græsningsarealerne på udskiftningstiden. Blot forekommer lokaliteterne med høje successionsværdier hyppigst blandt overdrevene i amtets 2 højeste værdiklasser.

## **Konklusion**

Der er sket en markant forringelse af naturkvaliteten i de fynske moser, strandenge og overdrev. Beskyttelsen af de nuværende naturværdier i overdrevene er med Naturklagenævnets nye tolkning af begrebet overdrev tillige blevet væsentligt forringet.

Anvendelsen af de DMU's naturkvalitetsmodeller og amtets værdisætningssystem understreger, at der ikke er nogen sammenhæng mellem overdrevenes naturkvalitet og lokaliteternes placering i forhold til græsningsarealerne på udskiftningstiden. Mange værdifulde naturområder er derfor i fare for at gå tabt, såfremt den fremtidige administration kun opfatter "historiske overdrev" og kystskrænter som beskyttede overdrev.

Endelig vil det være særdeles vanskeligt at frembringe et forsvarligt administrationsgrundlag, idet det i praksis ikke er muligt at rekonstruere overdrevenes dyrkningshistorie.

Såfremt man ønsker at bevare og måske genskabe naturkvaliteten i naturtyperne er det nødvendigt med en stor og målrettet indsats, som kan bestå i:

- Ændre naturbeskyttelsesloven eller tolkningen heraf, så overdrevene får en bedre beskyttelse
- Nedbringe luftens N-indhold
- Vedligeholde / genskabe de optimale levevilkår for planterne i de lokaliteter, der stadig har en høj naturkvalitet, og om muligt udvide områderne med gunstige vækstbetingelser for de pågældende arter
- Foretage naturpleje og -genopretning af eksisterende naturområder med prioritering af de lokaliteter, der tidligere har haft en høj naturkvalitet.
- Genskabe tidligere naturområder, der i dag er inddraget til landbrugsjord.

## **Referencer**

Ejrnæs, R., 2001: Automated Classification of Habitats. Group 2-B. Analytical Tools for Measuring Trends in Biodiversity. Paper presented to the OECD Expert Meeting on Agri-Biodiversity Indicators, 5-8 November 2001. Zürich, Switzerland. 1-6.

Ejrnæs, R., Aude, E., Nygaard, B. & Münier, B., 2002: Prediction of habitat quality using ordination and neural networks. Ecological Applications 12/4. I trykken.

Tranberg, H. & Vinther, E., 2000: Værdisætningssystem botanik. Lysåbne tørre naturtyper. Upubliceret. Revision af : Dansk Botanisk Forening, Fynskredsen, 15. marts 1990: Vedrørende botanisk værdisætning af naturlokaliteter i Fyns Amt. Brev fremsendt til amterne og Skov- og Naturstyrelsen.

Tranberg, H., Pedersen, N.K. & Vinther, E., 2002: Overdrev i Fyns Amt. Fyns Amt. I trykken.

Vinther, E. & Tranberg, H., 1999: Naturkvalitet i strandenge i Fyns Amt - før og efter 1980. Fyns Amt.

Vinther, E. & Tranberg, H., 2002: Naturkvalitet i moser i Fyns Amt - før og efter 1980. Fyns Amt.



## Referencebaseret naturkvalitetsvurdering over internettet

Rasmus Ejrnæs

Danmarks Miljøundersøgelser, Grenåvej 12, 8410 Rønde

### **Indledning**

Hvad er naturens tilstand? Det spørgsmål er uomgængeligt i naturforvaltningen. Uanset om vi overvåger naturen, plejer naturen eller gennemfører VVM-undersøgelser, ja så er der behov for et overordnet naturkvalitetsbegreb (Callicott et al. 1998, Angermeier 2000). Med afsæt i et entydigt naturkvalitetsbegreb kan man udvikle metoder som kan måle kvaliteten af naturen og registrere om naturens tilstand forbedres eller forværres.

Bevarelsen af den biologisk mangfoldighed er ofte fremført som den ultimative målsætning for naturforvaltningen (fx Anon. 1992). Biologisk mangfoldighed er imidlertid vanskelig at operationalisere som målsætning (Angermeier & Karr 1994). Eksempelvis er nogle af de mest oprindelige danske naturtyper såsom klitter og højmoser notorisk artsfattige, og her ville en ødelæggelse med eksempelvis dræning og opdyrkning faktisk lede til højere lokal diversitet. For det andet kan biologisk mangfoldighed altid forøges teknisk ved udsåning og udsætning af egnede planter og dyr – og dette er næppe formålet med naturforvaltningen.

Et alternativ til biodiversitet som operationel målsætning er biologisk integritet eller "naturlighed" (Angermeier & Karr 1994, Angermeier 2000), begreber som allerede har vundet indpas som målsætninger for forvaltningen af ferskvandsområder i USA og Europa (Barbour et al. 2000, Moog & Chovanec 2000). I Danmark er biologisk integritet grundstammen i naturkvalitetsbegrebet som det er formuleret af Nygaard et al. (1998). Biologisk integritet og naturkvalitet sætter naturlighed, det vil sige fraværet af menneskelig indgriben i naturens processer, som højeste målsætning.

Der findes andre kvaliteter ved naturen end dem som vedrører bevarelse af værdifuld natur, men disse kvaliteter afspejler ofte modsatrettede interesser (fx fødevarereproduktion versus bevarelsen af næringsfattige økosystemer), og en sammenblanding vil være uønskelig.

### **Statistiske modeller til at måle naturkvalitet**

Måling af naturkvalitet foregår ved at kvantificere afstanden mellem den faktiske tilstand og en referencetilstand. Referencetilstanden er typisk et økosystem eller et landskab, hvis tilstand er upåvirket eller meget lidt påvirket af menneskelige aktiviteter (fx Barbour et al. 2000). Denne tilstand kan beskrives biologisk og eventuelt også fysisk/kemisk.

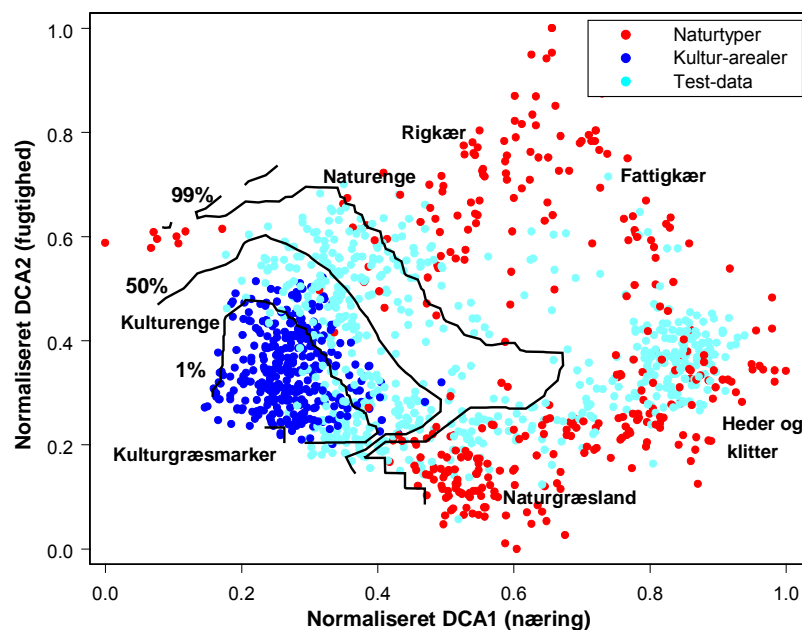
I DMU er der udviklet to statistiske modeller til vurdering af naturkvalitet for lysåbne naturtyper generelt, samt overdrev og heder specielt. Modellerne bygger på store referencedatasæt bestående af plantelister fra dels god referencenatur med beskeden påvirkning af mennesker, og dels arealer som i varierende grad er påvirket af opdyrkning, gødsning, dræning og lignende.

Referencedatasættet beskrives v.h.j.a. ordination i 2-3 dimensioner (se figur 1). Hver planteliste har sine unikke koordinater, bestemt af den konkrete sammensætning af arter. Afstanden mellem to punkter er således et udtryk for den floristiske dissimilaritet. En statistisk klassifikationsmodel er dernæst anvendt til at diskriminere mellem plantelister fra naturområder med høj kvalitet og plantelister fra arealer med lav kvalitet (Ejrnæs et al. 2002). Modellens forudsiger således sandsynligheden for at en planteliste har høj kvalitet ud fra dens koordinater fra ordinationen. Denne forudsigelse er visualiseret på figuren i form af konturlinjer.

Det er muligt at forudsige kvaliteten af nye data ved at indplacere disse "passivt" i forhold til referencedatasættet og således også tildele dem ordinations-scorer. Herved bliver det meget simpelt at forudsige deres naturkvalitet, samt visualisere deres placering i forhold til referencedatasættet.

Figur 1 viser habitatkvalitetsmodellen, som fungerer ved at ordne artslistes efter deres indikation på næringstilstand og fugtighed (Ejrnæs et al. 2000). Som supplement til denne model er udviklet en kontinuitetsmodel som kan svare på om en planteliste stammer fra et areal som bærer præg af tidligere opdyrkning eller om de karakteristiske arter for gamle heder og/eller naturgræsland har

indfundet sig. Evaluering og validering af modellerne kan bruges til at demonstrere deres sikkerhed, følsomhed og deres anvendelseområde, herunder den krævede datakvalitet. Modellerne gøres tilgængelige for offentligheden via internettet.



Figur 1. Figuren viser placeringen af plantelister fra lysåbne naturtyper samt lysåbne, kulturpåvirkede arealer. Konturlinjerne angiver hhv 1%, 50% og 99% sandsynligheder for at en planteliste tilhører naturtyperne frem for de kulturpåvirkede arealer. En statistisk fortolkning af ordinationsakserne viste at akse 1 afspejler en gradient fra næringsrig til næringsfattig og akse to en gradient fra tør til våd. Test-data er ikke forhåndsklassificerede og de er derfor ikke anvendt til udvikle modellen, men til at validere den.

## Referencer

- Angermeier, P. L. 2000. The natural imperative for biological conservation. *Conservation Biology* 14: 373-381.
- Angermeier, P. L. & J. R. Karr. 1994. Biological integrity versus biological diversity as policy directives. *BioScience* 44: 690-697.
- Anon. 1992. Convention on Biological Diversity. United Nations Environment Programme 1992. Rio de Janeiro.
- Barbour, M. T., W. F. Swietlik, S. K. Jackson, D. L. Courtemanch, S. P. Davies, C. O. Yoder. 2000. Measuring the attainment of biological integrity in the USA: a critical element of ecological integrity. *Hydrobiologia* 422/423: 453-464.
- Callicott, J. B., Crowder, L. B. & Mumford, K. 1998. Current normative concepts in conservation. *Conservation Biology* 13: 22-35.
- Ejrnæs, R., E. Aude, B. Nygaard & B. Münier In press. Prediction of habitat quality using ordination and neural networks. *Ecological Applications* 12 (4), 2002.
- Moog, O. & A. Chovanec 2000. Assessing the ecological integrity of rivers: walking the line among ecological, political and administrative interests. *Hydrobiologia* 422/423: 99-109.
- Nygaard B., S. Mark, A. Baattrup-Pedersen, K. Dahl, R. Ejrnæs, J. Fredshavn, J. Hansen, J.E. Lawesson, B. Münier, P.F. Møller, M. Risager, F. Rune, J. Skriver & M. Søndergaard. 1999. Naturkvalitet – kriterier og metodeudvikling. DMU-rapport 285. 116 s.

## Betydningen af genetisk modificerede afgrøder for biodiversiteten og naturindholdet i agerlandet

Niels Elmegaard, Beate Strandberg og Marianne Bruus Pedersen

Danmarks Miljøundersøgelser, Vejlsøvej 25, 8600 Silkeborg

### **Abstract**

Hvad betyder introduktionen af genetisk modificerede afgrøder for naturindholdet i det danske landskab/agerland??

Introduktionen af genetisk modificerede afgrøder (GMA) i Europa kan være nært forestående. I Nordamerika har landmændene benyttet GMA'er i flere år og de udgør et betydelig andel af sædskiftearealet. Mange erfaringer kan overflyttes herfra til Europa, men naturindholdet i det dyrkede land har kun ringe betydning og er derfor ikke undersøgt så grundigt i Nordamerika sammenlignet med Europa.

Det er oftest meningsløst at generalisere på tværs af forskellig egenskaber vedrørende mulige effekter og risici ved at benytte GMA'er. Det skyldes, at mange forskellige egenskaber kan ændres ved genetisk manipulation og de mulige utilsigtede effekter er naturligt helt afhængig af hvilken egenskab der er manipuleret. De økologiske risici knyttet til anvendelsen af afgrøder med egenskaberne "herbicidtolerance" og "insektresistens" er naturligvis meget forskellige.

Omfanget af eventuelle utilsigtede effekter afhænger af hvor stor en del af arealet der benyttes til at dyrke afgrøden. Det er herved også indlysende, at effekternes omfang kan være forskellige lokalt, regionalt og nationalt.

Udbredelsen af nye sorter afhænger både af afgrødens betydning samt markedsandelen. Markedsandelen for en ny GMA i Danmark bestemmes blandt andet af hvilken nytteværdi en ny egenskab har, samt merprisen for det nye produkt.

### **Herbicidtolerance**

I Danmark kunne man forstille sig herbicid-tolerante roer, raps og majs. Tolerancen vil være overfor glyphosat (Roundup) eller ammonium-glufosinat (Basta).

Problemer: På kort sigt forventes ukrudtsfrø produktionen at blive væsentlig reduceret. På længere sigt vil det kunne medføre ændringer i ukrudtssammensætningen og reduktion af ukrudtstætheden. Dette kan medføre fødekædeproblemer.

Fordel: mere ukrudt i den tidlige vækstsæson i f.eks. roer uden udbyttetab pga. glyphosats højere effektivitet også overfor ukrudtsplanterne på senere vækststadier. Dette er til fordel for senere stadier i fødekæden.





## Genetiske aspekter af habitatfragmentering og udsætning hos løvfrø, *Hyla arborea*, belyst ved hjælp af variation i DNA-mikrosatellitter

### Preliminære resultater

Liselotte Wesley Andersen<sup>1</sup>, Kåre Fog<sup>2</sup> og Christian F. Damgaard<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Danmarks Miljøundersøgelser, Grenåvej 12, 8410 Rønede

<sup>2</sup>Løjesøvej 15, 3670 Veksø,

<sup>3</sup> Danmarks Miljøundersøgelser, Vejlsøvej 25, 8600 Silkeborg

#### **Baggrund: Tidligere udbredelse i Danmark**

Der findes en del optegnelser om, hvor der har levet løvfrøer i Danmark, især fra første halvdel af 1900-tallet, men også fra 1800-tallet og endog helt tilbage til 1782 (Fog 1988). Den nordligste forekomst har været ved 56°18'. Denne svarer til breddegraden for den nordligste, tidligere kendte, sikre forekomst i Sverige (nær Kullen) (Edenhamm 1996), og svarer muligvis også til den tidligere udbredelsesgrænse i Baltikum.

Den tætteste forekomst har været på Bornholm, men der har også været tætte forekomster på Lolland-Falster og i Øst-Sønderjylland. Forekomsterne i Det sydfynske Øhav, på Fyn og på Sjælland har været ret spredte.

#### **Nuværende udbredelse i Danmark**

Løvfrøen er generelt stadig vidt udbredt i Sydøstjylland, Als, Vestlolland og Bornholm. På Bornholm er den almindeligst på Sydbornholm. I de øvrige landsdele er den stort set forsvundet, bortset fra to isolerede små forekomster på Sydsjælland. Specielt på Falster og Midtsjælland har der således været en massiv tilbagegang (Pihl et al. 2000). Tendensen i hele landet har været en tilbagegang i løbet af 1980'erne.

På grund af oplysningerne om løvfrøens tilbagegang, blev der i 1990'erne gjort en stor indsats for at bevare arten. Der blev oprenset vandhuller og gravet nye vandhuller. Næsten samtlige tilbageværende løvfrø- bestande er blevet behandlet på denne måde. Derudover er der foregået udsætning af opdrættede løvfrøer to steder, dels på Sydsjælland og Lolland (flytning over en afstand på få km) og dels ved Århus (flytning fra Vejle-området). I alle tilfælde har udsætningen slået an ( Skriver 2001, Skriver 1985). På trods af dette er en enkelt isoleret delbestand forsvundet i Sydvestjylland (Pihl et al. 2000).

På Lolland blev løvfrøens forekomst kortlagt første gang i 1981, hvor den blev fundet i over 100 vandhuller. I 1991 (Fog 1992), kunne der konstateres en tilbagegang, hvor mange tidligere sammenhængende forekomster nu var blevet splittet op. Som resultat af den intensive indsats for at bevare arten har løvfrøen overlevet i mange af de små bestande på Lolland, der var blevet isoleret i 1991 men ikke alle.

#### **Bevaringsstatus i henhold til EF-Habitatdirektivet**

For de fleste delbestande i Sønderjylland og på Bornholm menes bestandsstørrelsen at være vokset til en effektiv bestandsstørrelse på 500 dyr, hvilket må siges at være en gunstig bestandsstørrelse. Andre er i fremgang (Østjylland) mens bestandene på Sydsjælland og Lolland ikke har en gunstig bevaringsstatus. På den baggrund er bevaringsstatus for løvfrø foreløbigt vurderet som usikker i Danmark (Pihl et al. 2000).

#### **Genetiske undersøgelser**

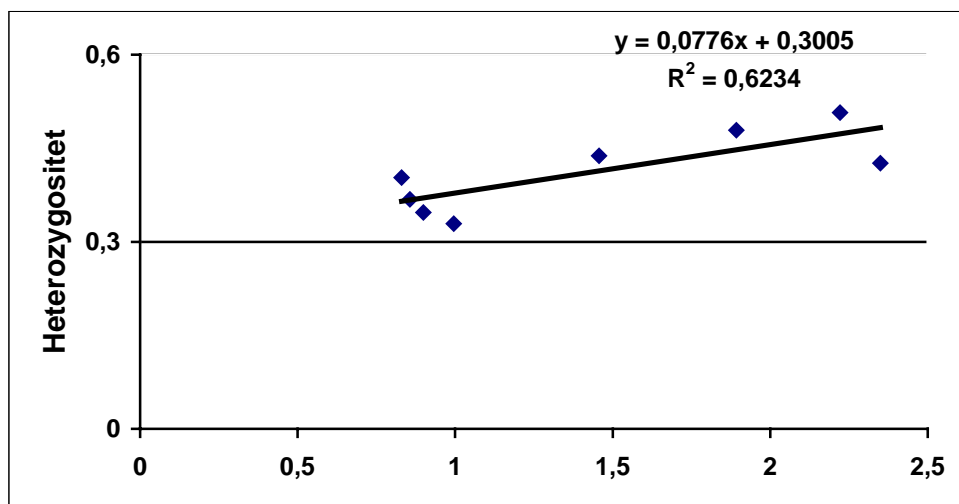
Der er ikke tidligere blevet udført genetiske undersøgelser af den danske løvfrø med henblik på at analysere mængden af genetisk variation i de tilbageværende bestande specielt på Lolland. Nogle af formålene med undersøgelserne på baggrund af variationen i 12 DNA-mikrosatellit-markører er bl.a.

- 1) At påvise en sammenhæng mellem mængden af den genetiske variation og kendskabet til løvfrøbestandenes historie f.eks i form af antal kvækkende hanner observeret i et vandhul

(Fig.1). Dette vil evt. kunne benyttes som reference i forbindelse med rådgivning omkring andre løvfrøbestandes genetiske tilstand dvs. sandsynlighed for overlevelse på længere sigt.

- 2) Forsøge at estimere populationsstørrelsen i form af antal kvækkende hanner ved hjælp af den genetiske variation.
- 3) Analysere forekomsten af vandringer mellem nærliggende vandhuller ved hjælp af assignment tests.

De foreløbige resultater af denne populations genetiske undersøgelse vil blive præsenteret sammen med en belysning af den forvaltningsmæssige betydning af disse for de danske løvfrøbestande.



**Populations størrelse (antal kvækkende hanner i makropop.)  
(log<sub>10</sub> transformerede)**

Figur 1. Sammenhæng mellem heterozygositet og antal kvækkende hanner i 8 makropopulationer \* på Lolland.

\* Makropopulation defineres som en samling af vandhuller der max er adskilt med en afstand på 4 km, hvilket er den maximale vandringsafstand for løvfrøen (Fog et al. 1997).

## Referencer

- Edenhamn P. 1996. Spatial dynamics of the European tree frog (*Hyla arborea* L.) in a heterogenous landscape. 129 pp. Ph.D. dissertation, Uppsala ISBN 91-576-5127-2.
- Fog K. 1988. Reinvestigation of 1300 amphibian localities recorded in the 1940s. Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica 64 (3), 134-135.
- Fog K. 1992. Løvfrøer og andre padder på Lolland 1991. Rapport om registrering og vandhulspleje. 35 pp. Teknisk administration, Storstrøms Amt.
- Fog K., Schmedes A., Rosenørn de Lasson D. 1997. Nordens Padder og Krybdyr. Gad, København. 365 pp.
- Pihl S., Søgaard B., Ejrnæs R., Aude E., Nielsen K.E., Dahl K., Laursen J.S. 2000. Naturtyper og arter omfattet af EF-Habitatdirektivet: Indledende kortlægning og foreløbig vurdering af bevaringsstatus. Faglig rapport fra DMU nr. 322.
- Skriver P. 2001. Overvågning af løvfrølokaliteter mellem Vejle og Kolding. Rapport til Vejle Amt.
- Skriver P. 1985. Løvfrø-projektet: et forsøg på genetablering af den østjyske løvfrøbestand. Rapport til Miljø- og Landskabspleje, Århus Kommune.

## DanBIF -Danmarks nationale knudepunkt for GBIF (Global Biodiversity Information Facility)

Henrik Enghoff og Isabel Calabuig

DanBIF, c/o Zoologisk Museum, Københavns Universitet,  
Universitetsparken 15, 2100 København Ø

### **Facts om DanBIF ( se <http://www.danbif.dk> )**

- DanBIF blev etableret den 30. juli 2001
- DanBIF finansieres af Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd og Københavns Universitet.
- DanBIF består af et netværk af medlemmer, en bestyrelse og et sekretariat
- De 29 medlemmer repræsenterer danske forskningsinstitutioner indenfor biodiversitetsområdet i bred betydning.
- Bestyrelsen repræsenterer Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd (formand), Københavns Universitet, Århus Universitet, Syddansk Universitet og DanBIF.
- Sekretariatet består af en biolog og en IT-medarbejder og har til huse på Zoologisk Museum, Københavns Universitet.

### **DanBIFs igangværende arbejde og visioner**

DanBIFs medarbejdere er i færd med at opbygge en internet-portal igennem hvilken man vil kunne søge i danske biodiversitetsdatabaser. I første omgang vil et elektronisk spørgeskema om databasernes natur blive distribueret til relevante institutioner. Herefter vil DanBIF-medarbejderne arrangere personlige møder med de enkelte institutioner for at drøfte hvordan og under hvilke betingelser data kan blive gjort tilgængelige.

De data der er på tale, er dels data vedrørende dansk biodiversitet, men i høj grad også data vedrørende udenlandsk biodiversitet som findes i danske databaser (for eksempel museumssamlinger af tropiske planter og dyr).

Udover de forskningsinstitutioner der er medlemmer af DanBIF vil medarbejderne opsøge biodiversitetsdatabaser der tilhører statslige institutioner, NGOer og industrivirksomheder. Denne aktivitet er allerede igangsat.

Udvikling af søgefaciliteter osv. sker i tæt samarbejde med GBIF-sekretariatet og med GBIF-knudepunkter i andre lande.

DanBIF er således bindeled mellem på den ene side producenter og brugere af dansk biodiversitetsinformation og på den anden side den internationale GBIF.

Men DanBIF er mere end det. DanBIF vil også arbejde på at det netværk af forskningsinstitutioner, som udgør DanBIF, i højere grad end hidtil indgår i samarbejder på tværs af institutgrænser – og meget gerne også faggrænser.

Som et eksempel på tværgående samarbejder kan nævnes forskerskolen ISOBIS (International School of Biodiversity Sciences) der blev søsat i efteråret 2001 og er finansieret af Forskeruddannelsesrådet).

### **Hvad kan DanBIF gøre for dansk natur- og miljøforskning?**

Mange typer af biodiversitetsdata er vigtige for forståelsen af dansk natur og miljø, f.eks.:

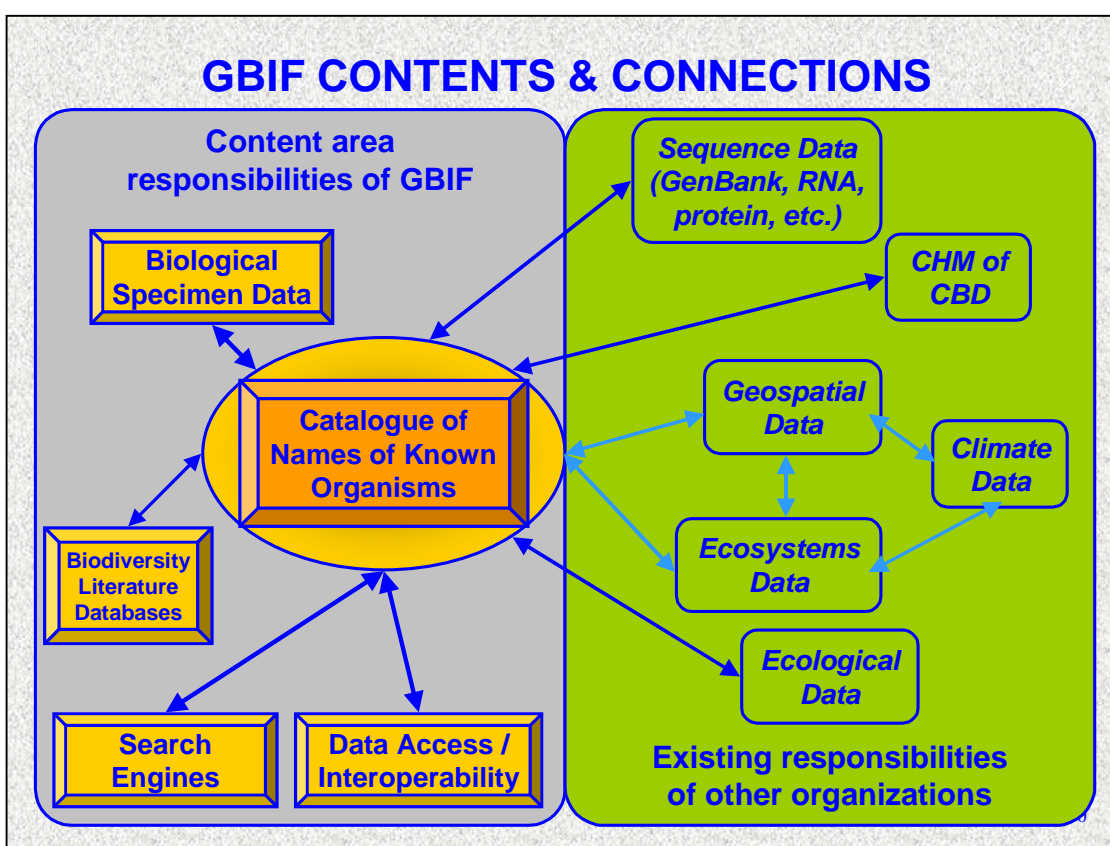
- hvilke arter findes hvor i Danmark, og hvilke arter *fundtes* hvor i Danmark til hvilke tidspunkter?
- hvordan er den internationale status (udbredelse, populationstendenser osv.) for arter der er i fokus i Danmark (f.eks. truede arter, invasive arter)

DanBIF og GBIF vil gøre det langt lettere at få sådanne oplysninger frem, samt at kombinere forskellige typer informationer på kryds og tværs. Dermed vil DanBIF og GBIF bidrage til et langt bedre grundlag ikke bare for biodiversitetsforskning, men også for f.eks. beslutninger vedrørende dansk natur- og miljøforvaltning.

### Hvad er GBIF?

GBIF – Global Biodiversity Information Facility – er en international sammenslutning af 30 lande og 14 internationale organisationer. GBIFs formål er at gøre alverdens informationer om biodiversitet let og frit tilgængelige via internettet. GBIFs opgaver fremgår af nedenstående diagram. Sekretariatet for GBIF er placeret ved Zoologisk Museum, Københavns Universitet – tæt på DanBIF-sekretariatet. Flere oplysninger på <http://www.gbif.org>.

Alle medlemmer af GBIF forpligter sig til at oprette et knudepunkt ("participant's node") hvor biodiversitetsinformationer fra det pågældende land/organisation samles.



## Session 2 Natur og miljø i søer og vandløb

### Programkomite:

Kurt Nielsen/Danmarks Miljøundersøgelser, Poul Nordemann Jensen/Århus Amt og Kaj Sand-Jensen/Københavns Universitet

### Indholdsfortegnelse for session 2

Nitrat i vand under skove.....	29
<i>Per Gundersen, Karin Hansen, Annemarie Bastrup-Birk, Inger K. Schmidt, Lars Bo Pedersen, Ingeborg Callesen, Lars Vesterdal og Karsten Raulund Rasmussen</i>	
Fosfor i åer, søer og fjorde: Hvad betyder landbruget som forureningskilde? .....	31
<i>Brian Kronvang, Ruth Grant og Hans L. Iversen</i>	
Landbrugets fosforbidrag til Mariager Fjord – transportveje og indsatsmuligheder? .....	35
<i>Lisbeth Wiggers</i>	
Vandrammedirektivet – kan implementeringen blive lettere?.....	37
<i>Hanne Kaas og Merete Styczen</i>	
Habitater i vandløb .....	39
<i>Morten Lauge Pedersen og Nikolai Friberg</i>	
Habitatmodeller kan anvendes ved vandløbsplanlægning .....	41
<i>Flemming Møhlenberg, Jørgen K. Jensen og Flemming Hansen</i>	
De fysiske forhold i mindre vandløb -tilstandsvurdering som praktisk redskab i kommunernes planlægning .....	43
<i>Erik Jørgensen</i>	
Restaurering af Furesøen .....	45
<i>Morten Jepsen, Peter Bandholtz Jørgensen og Ida Dahl-Nielsen</i>	
Udsætning af geddeyngel som redskab i restaurering af uklare søer: to mulige årsager til ringe effekt.....	47
<i>Christian Skov, Søren Berg og Lene Jacobsen</i>	
Benthisk og pelagisk mikroalgeproduktion i to lavvandede søer med forskellig næringsstofindhold.....	49
<i>Lone Liboriussen og Erik Jeppesen</i>	
Brakvandssøer: struktur og funktion .....	51
<i>Martin Søndergaard, Erik Jeppesen, Susanne Amsinck, Jens Peder Jensen, Torben L. Lauridsen, Frank Landkildehus og Kurt Nielsen</i>	
Bestemmelse af Søers Historiske Udvikling .....	53
<i>Peer Bo Mortensen, Louise Schlüter og Arne Jensen</i>	
Development of the cladoceran community in Dallund Sø, Denmark, during the last 7000 years – based on macrofossils in the sediment .....	55
<i>L. Johansson, E. Bradshaw, E. Jeppesen and Peter Rasmussen</i>	
Distribution and Ecology of <i>Cladocera</i> in Brackish Lakes – Evidence from Surface Sediments .....	57
<i>Susanne Lildal Amsinck, Erik Jeppesen and Frank Landkildehus</i>	
Lake restoration by aluminium addition – a full scale experiment .....	59
<i>Kasper Reitzel, Jonas Hansen, Frede Ø. Andersen, Henning S. Jensen and Kjeld S. Hansen</i>	
Erfaringer fra restaurering og pleje af Kollelev Mose .....	61
<i>Erik Jørgensen og Søren Gabriel</i>	
Multivariate analysis of phytoplankton communities in 37 Danish lakes studied during 12 years .....	63
<i>J. P. Jensen, E. Jeppesen and R. Bjerring Olsen</i>	
Multivariate analysis of rotifer communities in 35 Danish lakes studied during 7 years.....	65

Multivariate analysis of rotifer communities in 35 Danish lakes studied during 7 years.....	65
<i>R. Bjerring Olsen, J. P. Jensen and E. Jeppesen</i>	
Grødeskæring reducerer invertebratsamfundenes artsdiversitet .....	67
<i>Lars-Henrik Heckmann</i>	

## Nitrat i vand under skove

Per Gundersen, Karin Hansen, Annemarie Bastrup-Birk, Inger K. Schmidt, Lars Bo Pedersen, Ingeborg Callesen, Lars Vesterdal og Karsten Raulund Rasmussen

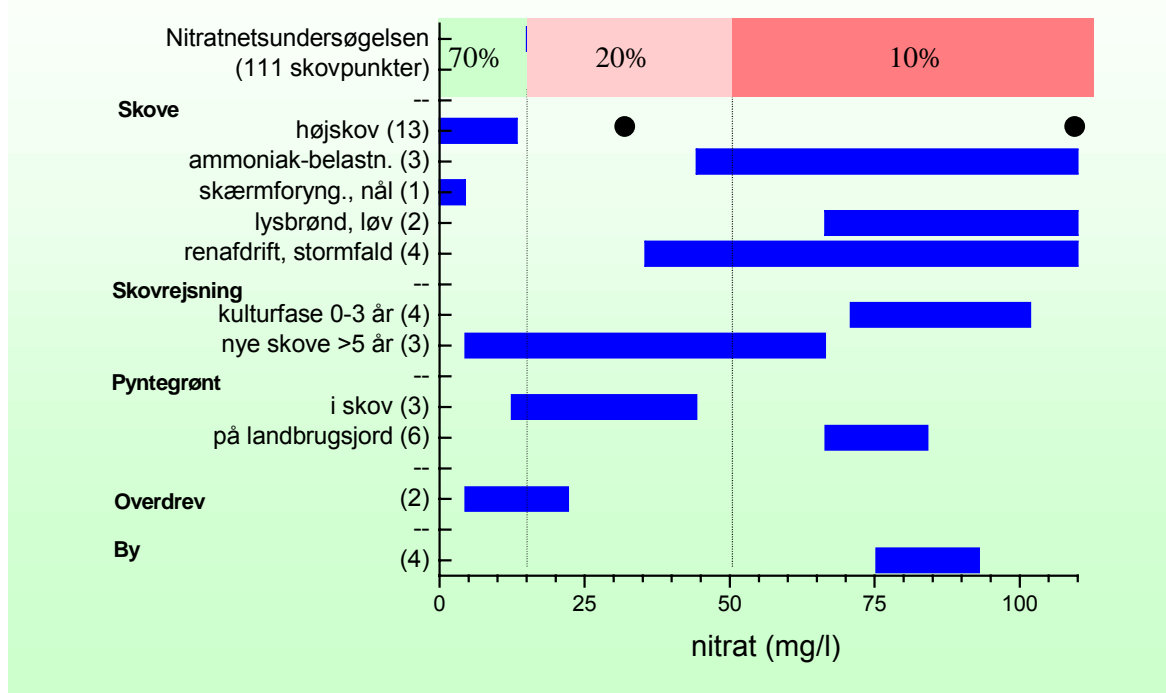
Forskningscentret for Skov & Landskab, Hørsholm Kongevej 11, 2970 Hørsholm

### Indledning

Intensiveringen af landbruget har medført en stigende belastning af grundvandet. I løbet af de sidste 20 år er en række drikkevandsboringer blevet lukket på grund af forurening med nitrat eller pesticider. Det har sat fokus på vandkvaliteten under skove og andre arealer, der er uden for landbrugsmæssig omdrift. Skal vi finde fremtidens rene grundvand under skovene? Og kan skovrejsning bruges til at "dyrke" rent grundvand?

Skove er set i forhold til landbrugsland karakteriseret ved: stort set permanent plantedække, få driftsindgreb over lange omdriftstider, begrænset anvendelse af gødning, og meget lille behandlingshyppighed med pesticider. Det er derfor nærligene at antage, at skovene vil "producere" rent vand. Der har dog manglet dokumentation af vandkvaliteten under skove og undersøgelser af, hvilke faktorer der kan påvirke kvaliteten. Vi har gennem de sidste 15 år gennemført stofkredsløbsundersøgelser i en række forskellige skovtyper, i forbindelse med skovrejsning og ved produktion af juletræer. I denne præsentation samstiller vi resultaterne herfra til en enkel syntese af nitratbelastningen fra skov, skovrejsning m.m. (Fig. 1).

## Nitrat i jordvand



Figur 1. Nitrat i jordvand under danske skove (75-100 cm dybde). Øverst er resultater fra den landsdækkende Nitratnetsundersøgelse (1986-93) grupperet som 'upåvirket' (70%), 'påvirket' (20%) og 'stærkt påvirket' (10%). De blå søjler derunder viser variationsbredden af nitratkoncentrationer fra forskellige skovtyper (og arealanvendelser), der har været undersøgt mere intensivt. Antal undersøgte lokaliteter er angivet efter skovtype i parentes.

## **Landsdækkende materiale**

I Kvadratnetundersøgelsen findes der et landsdækkende materiale om nitrat i rodzonen. I perioden 1986-1993 indgik i alt 111 skovpunkter. Det balancerede gennemsnit for skov var kun 5 mg nitrat/l mod knap 80 mg for landbrugsjord i samme periode (Callesen et al., 1999). Bag det relativt lave nitratindehold under skove gemmer sig en stor variationen mellem 0 og 600 mg nitrat/l. For ca. 70% af punkterne var nitratkoncentrationen under 10 mg/l, hvilket vurderes som en normal tilstand for skov (Figur 1, øverst). På de resterende 30% af punkterne var udvaskning forhøjet og evt. påvirket af forskellige dyrkningsindgreb eller måske luftforurening. På 10% af punkterne oversteg koncentrationen drikkevandskravet på 50 mg nitrat/l.

Da der ikke blevet foretaget andre målinger og registreringer på disse punkter, er det ikke muligt at belyse årsagerne til de forhøjede koncentrationer, der forekom på knap en tredjedel af punkterne. Gennem simple registreringer kunne Callesen et al. (1999) dog konstatere: 1) at koncentrationerne var højere i små skovområder (mindre end 10 ha) end i store, hvilket formentlig hænger sammen med et væsentligt højere kvælstofnedfald i små skove, idet de har en forholdsvis stor andel af rand; 2) at nogle punkter med høje koncentrationer var ammoniakbelastede; 3) at jordtypen var af betydning, mens træart ikke havde betydning for koncentrationen. En senere undersøgelse af jordbunden på et udvalg af punkterne viste at jorde med kulstof/kvælstof-forhold større end 25 tilhørte gruppen med lave nitratkoncentrationer (Gundersen et al., 1998). Dette er karakteristisk for hedeskovene, der udgør en forholdsvis stor del af det danske skovareal.

## **Case studier**

I præsentationen vil vi vise en række mere detaljerede eksempler (fra figur 1) på hvilke faktorer, der påvirker nitratkoncentrationen under skove. Selv om hovedparten af skovene har lave nitratkoncentrationer, er der forhold, der kan medføre koncentrationer, der nærmer sig forholdene på landbrugsjord.

I *højskove* (dvs. rigtige skove med store træer) finder vi ofte lave koncentrationer. Undtagelser er to stort set urørte skove (sorte prikker under højskove, figur 1) på næringsrig jord, hvor der ikke er blevet hentet tømmer i mange år. Dvs. at der ikke er nogen nettotilvækst til at fjerne kvælstof, der kommer fra luftforurening. Effekten af luftforurening er betydelig på specielt *ammoniakbelastede* lokaliteter, hvor koncentrationen overstiger 50 mg/l.

Belastninger fra driften forekommer i forbindelse med foryngelsen af skoven, især når alle træer på et areal fældes (*renafdrift*), og planteoptaget af kvælstof derfor bliver reduceret. I 3-5 år kan udvaskningen være betydelig. *Stormfald* som i 1999/2000 udgør en arealmæssigt omfattende renafdrift, der kan have negativ indvirkning på vandmiljøet i de berørte områder (Schmidt & Gundersen, 2000).

*Skovrejsning* på landbrugsjord vil de første ca. 3 år fortsat have høje nitratkoncentrationer som under landbrugsanvendelsen. I en periode mens træerne opbygger trækroner og danner et organisk lag på skovbunden, vil den nye skov forbruge af jordens kvælstof og samtidig optage, hvad der måtte komme fra luften; nitratkoncentrationen vil være omtrent nul. Når træerne bliver ældre end 20 år, begynder de alene at vokse i vedmassen, der er kvælstoffattig. Kvælstofoptaget i træerne blive lille og nitratkoncentrationerne stiger til 20-60 mg/l afhængig af nedbør, luftforurening, og jordtype (Gundersen et al., 1999). De nye skove vil altså have en vis nitratudvaskning, der dog vil være mindre end fra landbrug.

## **Referencer**

- Callesen, I., Raulund-Rasmussen, K., Gundersen, P. and Stryhn, H, 1999. Nitrate concentrations in soil water below Danish forests. *Forest Ecology and Management*, 114: 71-82.
- Gundersen, P., Callesen, I. and de Vries, W., 1998. Nitrate leaching in forest ecosystems is controlled by forest floor C/N ratio. *Environmental Pollution* 102: 403-407.
- Gundersen, P. (red.), Matthesen, P., Buttenschøn, R., Jensen, F.S., Riis-Nielsen, T., Callesen, I., Vesterdal, L. & Ramhøj, G., 1999. Skovrejsning og vedvarende græsarealer - Drastrup projektet. Aalborg Kommune, 68 s.
- Schmidt, I.K. & Gundersen, P., 2000. Miljøkonsekvenser af stormfaldet 3/12-1999. *Skoven* 11: 510-515.



## Fosfor i åer, søer og fjorde: Hvad betyder landbruget som forureningskilde?

Brian Kronvang, Ruth Grant og Hans L. Iversen

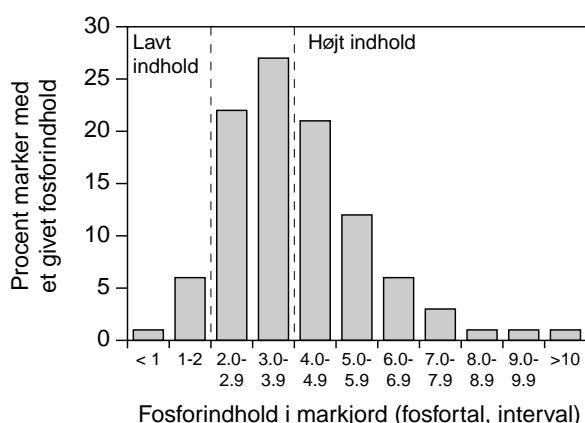
Danmarks Miljøundersøgelser, Vejlsøvej 25, 8600 Silkeborg

### Tilstanden i vore vandløb, søer og fjorde påvirkes af fosforforureningen

Landbruget har reduceret sit forbrug af fosfor siden midten af 1980'erne. Nettotilførslen (tilførsel til jorden minus fraførsel med afgrøderne) er i dag på ca. 42.500 tons fosfor hvert år, hvilket er godt 30% mindre end i 1985. Spørgsmålet er om det er godt nok hvis vi skal undgå en øget fosforudvaskning fra markerne? På trods af to Vandmiljøplaner er der nemlig ikke opnået nogen særlig forbedring i miljø- og naturtilstanden i vore mange søer, som hovedsageligt er forurenet af fosfor fra markerne – og det er de fleste. Målsætningen er i dag kun opfyldt for ca. en tredjedel af de ca. 2.800 større søer som amterne fører tilsyn med. Hvis vi vil have rene søer med et alsidigt plante- og dyreliv, så skal fosforkoncentrationen i søerne ned på 20-100 µg fosfor pr. liter. Så lavt et fosforniveau er ikke langt over, hvad vi måler af fosfor i vandløb, der ligger i skov- og naturområder og derfor er vores eneste referencer for en 'naturlig' baggrundstilstand. Her er der et gennemsnitligt fosforindhold på 50-60 µg fosfor pr. liter. Så set fra vandmiljøets side er der ikke plads til væsentlige påvirkninger fra landbrugsproduktionen. Fosfor har i de sidste ti år også fået større betydning i mange fjorde på grund af den forbedrede spildevandsrensning. Den har medvirket til at øge de perioder af året, hvor fosfor begrænser algevæksten. Vi risikerer derfor at sætte de opnåede gevinster fra spildevandsrensningen over styr især hvis husdyrproduktionen øges uden at der tages hensyn til fosforbelastningen.

### Fosfor er ophobet i landbrugsjorden

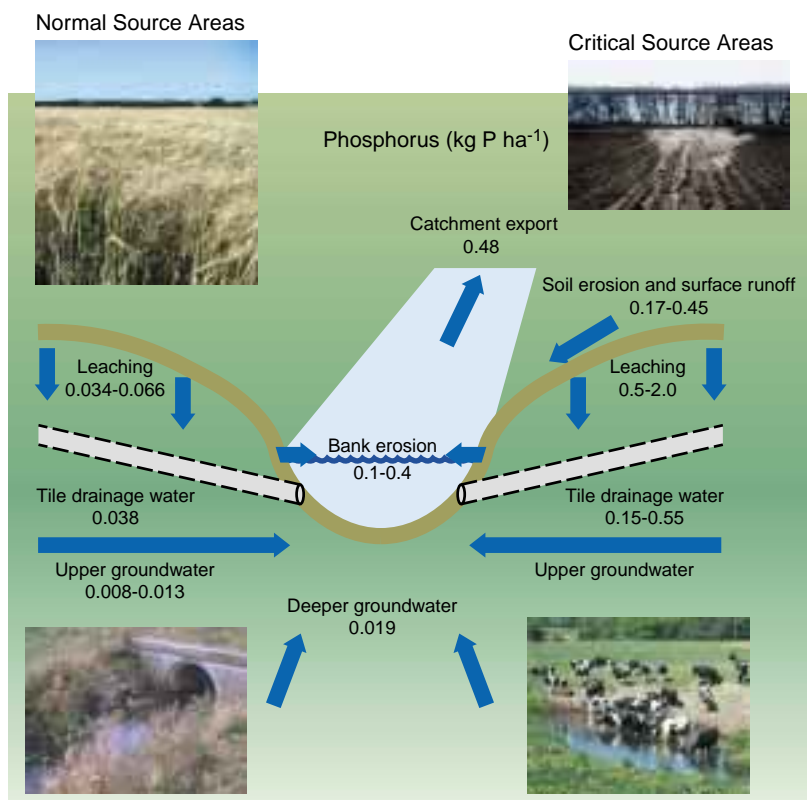
Vi ved, at landbrugsjorden i de sidste 50 år er blevet tilført mere fosfor, end der er ført bort med afgrøderne. Siden 1950 er der i gennemsnit til hver hektar landbrugsjord tilført omkring 750 kg mere fosfor, end landmanden har fjernet med afgrøderne. I starten med god grund, da den tilgængelige fosforpulje for afgrøderne på marken var begrænsende for udbyttet. På landsplan svarer overforbruget af fosfor i dansk landbrug siden 1950 til ca. 2 millioner tons. Det er i sig selv ikke et problem, hvis ellers fosforet blev liggende i jorden. Siden 1950 er indholdet af fosfor i landbrugsjorden da også steget markant, som følge af landmændenes overgødsning. Fra 1950 til 1985 blev markjordens indhold af plantetilgængeligt fosfor næsten fordoblet. Næsten halvdelen af markerne har i dag en høj fosforstatus i jorden (se figur 1). På sådanne marker bør der tilføres væsentligt mindre fosfor end der fjernes med afgrøderne.



Figur 1: Fordeling af fosfortal i dansk landbrugsjord i 1999. Fosfortallet et mål for jordens indhold af plantetilgængeligt fosfor. En mark med et fosfortal på under 2 har et lavt niveau, er fosfortallet mellem 2-4 er det et middelniveau og er det større end 4 er niveauet højt.

## Hvor meget fosfor tilføres til overfladevand og hvor kommer det i dag fra

Vi ved i dag, at det årlige tab af fosfor fra landbrugsjorden til vandløb og søer er på 0,4-0,5 kg P pr. hektar. Til sammenligning er fosfortabet fra naturarealer på omkring 0,1 kg P pr. hektar. Fosfortabet fra landbrugsjorden skyldes som for kvælstof ikke kun udvaskning af opløste fosforforbindelser fra marken. Når der er tale om fosfor spiller også andre transportveje ind. Det drejer sig om nedvaskning af fosfor bundet til fine jordpartikler gennem sprækker og makroporer i jorden til dræn og herfra videre ud i vandløb og søer. Der tilføres også lokalt store fosformængder til vandløb og søer med vand, der løber af markerne ovenpå jorden efter jorderosion. Endelig gnaver vandløb selv jord og fosfor ud af marken ved erosionen af vandløbenes brinker (se figur 2). Fosfortabet fra marker kan deles i to typer - de normale og de kritiske. Med de kritiske forstås vi områder eller marker hvorfra der er stor risiko for tab af fosfor via nedvaskning, jorderosion eller brinkererosion.



Figur 2: I et opland er der både normale og kritiske kildeområder og transportveje for tilførsel af opløst og partikelbundet fosfor til overfladevand. I eksemplet er det gennemsnitlige tab af fosfor fra dyrkede arealer i små oplande vist sammen med vores viden om kilder og transportveje.

## Hvad skal vi gøre og hvor mangler vi viden?

Der skal først og fremmest skabes balance i fosforhusholdningen. Det kan ske ved at indføre ekstra restriktioner på det maksimale antal husdyr pr areal, ved at ændre fosforindholdet i foderet til husdyrene og ved at fraseparere fosfor i gylle ved centrifugering. Men på kort sigt vil balance i fosforhusholdningen ikke løse problemet. Det fosfor der allerede ligger i markjorden og hvor indholdet er for højt, kan det tage årtier at nedbringe til acceptable niveauer for vandmiljøet. Desuden er der meget der tyder på, at særlige kombinationer af jordtype, dræningstilstand, hældning, afgrødevalg og vandløbsvedligeholdelse er mere kritiske end andre, hvad angår fosfortabet fra mark til vandmiljøet. Vi behøver derfor i dag værktøjer der kan hjælpe os til lokalt at udpege de marker, som har en høj risiko for at tabe fosfor til vandmiljøet. Alt afhængig af hvordan fosfor transporteres fra marken til vandmiljøet kan der så gennemføres målrettede tiltag for hurtigt at nedbringe fosfortabet, som f.eks.:

## **Referencer**

Kronvang, B., Iversen, H.L., Jørgensen, J.O., Paulsen, I., Jensen, J.P., Conley, D., Ellermann, T., Laursen, K.D., Wiggers, L., Flindt Jørgensen, L. & Stockmarr, J. (2001): Fosfor i jord og vand. Udvikling, status og perspektiver. Afdeling for Vandløbsøkologi, Afdeling for Atmosfærisk Økologi, Afdeling for Havøkologi og Afdeling for Sø- og Fjordøkologi. 88 s.- Faglig rapport fra DMU 380. (Findes også på: [http://www.dmu.dk/1\\_viden/2\\_Publikationer/3\\_fagrapporter/rapporter/FR380\\_samlet.pdf](http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR380_samlet.pdf)).

Ole Hørbye Jacobsen og Brian Kronvang (red.) (2000) Tab af fosfor fra landbrugsjord til vandmiljøet. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Danmarks JordbrugsForskning, DJF rapport Nr. 34, Markbrug, Oktober 2000, 95 s.



## Landbrugets fosforbidrag til Mariager Fjord - transportveje og indsatsmuligheder?

Lisbeth Wiggers

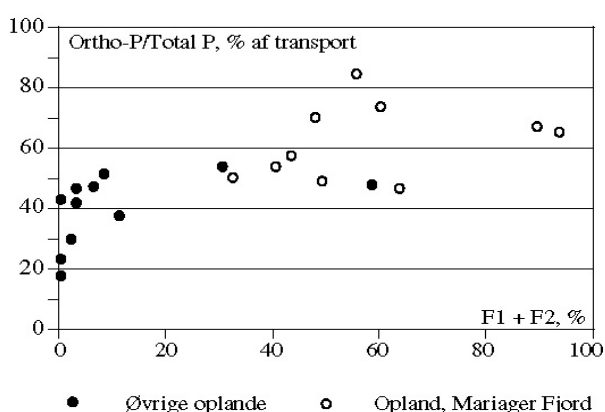
Århus Amt, Natur og Miljøkontoret, Lyseng Allé 1, 8270 Højbjerg

Mariager Fjords miljøtilstand er sårbar som følge af næringsstoffertilførslen. Både kvælstof- og fosfortilførslen skal reduceres, hvis fjorden skal opnå en bedre og mere stabil miljøtilstand /1/. Fosfortilførslen er reduceret markant gennem tid som følge af en bedre spildevandsrensning og lukning af dambrug /2/ /3/, og det er begrænset, hvor meget mere, der vil kunne hentes her. I dag er den diffuse fosfortilførsel fra landbruget, baggrundsbidraget og spildevand fra spredt bebyggelse den største fosforkilde. Det er nødvendigt også at reducere fosfortilførslen herfra for at forbedre fjordens miljøtilstand.

### Kilde og transportvej for fosfor

Fosfor kan dels transporteres bundet til jordpartikler og dels som fosfat i vandløbene. Hvor erosionsprocesser er en væsentlig kilde til fosfortilførslen, vil man forvente, at en stor del af fosfortransporten sker som partikelbundet fosfor. Hvis det derimod er udvaskning af opløst fosfor, der er den største kilde, vil en større del af fosfortransporten i vandløbet forventelig være på opløst form. I vandløb i oplande, der domineres af leret jord, er omkring 1/3 til 1/2 af fosfortransporten som regel på opløst form, i vandløb i mere sandede oplande kan op til mere end 3/4 være som opløst fosfat.

Mariager Fjords opland er sandet, og i vandløbene omkring fjorden er fra halvdelen til mere end 3/4 af fosfortransporten på opløst form, se figur 1. Dette peger på, at det formentlig ikke er erosion, men udvaskning, der er den væsentligste kilde til fosfor.



Figur 1:  
Opløst fosfors andel af den samlede fosfortransport vist i relation til andelen af jordtype F1+F2 (grovsandet jord og finsandet jord) i oplandet.

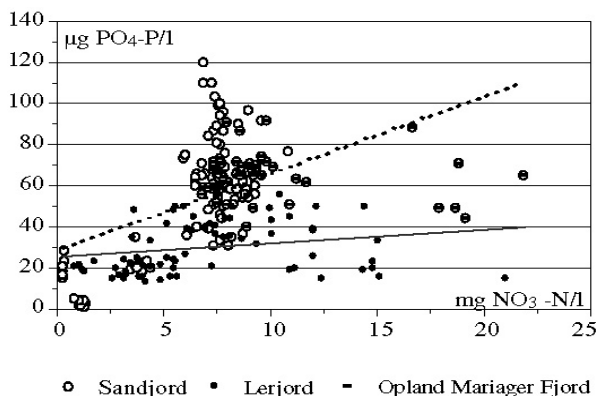
At det er udvaskning fra landbrugsjorden, der er den væsentligste kilde til vandløbenes fosforbelastning i dette opland, bestyrkes af den sammenhæng, der kan ses mellem indholdet af fosfat og nitrat i vandløb i landbrugsoplande, se figur 2. Specielt i sandede oplande ses der en klar tendens til et højere fosfatindhold ved en vis nitrat- og hermed landbrugspåvirkning. I oplande med mere lerjord er dette ikke så tydeligt - lerjorden har større bindingsevne og ser ud til bedre at kunne tilbageholde fosfor.

Også i en række kilder i Mariager Fjords opland ses denne sammenhæng mellem nitrat og fosfat - tilsyneladende er en udvaskning af både opløst fosfat og nitrat også nået ned til det øvre grundvand, som strømmer ud i disse kilder /2/.

### Hvorfor udvaskes fosfat fra landbrugsjorden?

Selvom tilførslen af fosfor med handelsgødning er reduceret væsentligt, tilføres dansk landbrugsjord samlet set omkring 1½ gang så meget fosfor, som der fjernes med afgrøder /4/. Langt de fleste marker har et fosforindhold, der er tilstrækkeligt for god plantevækst, og op mod halvdelen har et højere fosforindhold end nødvendigt. Årsagen er, at der ved gødskning med husdyrgødning efter de regler, der er sat ud fra kvælstofindholdet, tilføres omkring den dobbelte mængde fosfor af,

hvad der fjernes med afgrøderne. Jordens fosformætning er steget /5/, og dette medfører, at der specielt i sandjordsområder kan ske en udvaskning af fosfor, som når frem til vandløbene.



**Figur 2:** Fosfatkoncentration under vinterafstrømning vist i relation til nitratkoncentrationer. Hvert punkt repræsenterer medianen af koncentrationer i et vandløb og et år i perioden 1/10 - 31/3. Der indgår data fra 30 vandløb. Der er indlagt regressionslinier for punkter fra sandjordsoplade ( $F1+F2 > 5\%$ ) og lerjordsoplade ( $F1+F2 < 5\%$ ).

I lerjord, hvor evnen til at adsorbere fosfat er større, er indholdet af opløst fosfat i vandløbene ikke så højt som i sandjordsoplade.

### **Indsatsmuligheder?**

Risikoen for udvaskning hænger sammen med jordens fosforindhold og jordbundsforholdene. På grund af udvaskningsrisikoen bør der på sandjord ikke tilføres mere, end der fjernes med afgrøderne, hvis jordens fosforindhold er middel (fosfortal 2 - 4). Ud fra et dyrkningsmæssigt synspunkt anses dette også for tilstrækkeligt /6/. Selv ved dette fosforindhold vil der ifølge udenlandske normer være en risiko for en forøget landbrugsbetinget udvaskning /5/, som kan betyde, at der i særligt sårbare områder vil kunne være grund til en mindre tilførsel.

Hvor fosfortallet er over 4, bør tilførslen af miljømæssige årsager være mindre end fraførslen. Ud fra dyrkningsmæssige årsager er det tilstrækkeligt at tilføre fra 25-50% af fraførslen ved fosfortal over 4 /6/.

Hvis tilførslen af fosfor skal reduceres til det, der fjernes med afgrøderne, indebærer det, at der kun kan udbringes omkring halvt så meget husdyrgødning pr. ha, som der er tilladt i dag /7/. Selv ved en optimal fordeling af al husdyrgødningen er der - alene beregnet ud fra husdyrgødning - i dag et fosforoverskud i dansk landbrug. I Jylland, som har de fleste husdyr og tilmed den mest sandede jord, vil overskuddet være størst. For at undgå en yderligere ophobning af fosfor i jorden, skal husdyrmængden enten reduceres eller fosfor exporteres ud af landet - efter en separering af gyllen.

### **Referencer:**

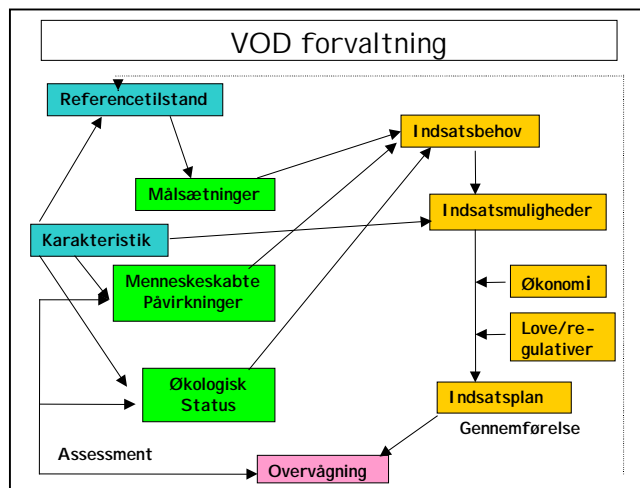
- /1/ Nordjyllands Amt og Århus Amt, 2002: Debatoplæg om Mariager Fjord.
- /2/ Århus Amt og Nordjyllands Amt, 2002: Mariager Fjord - tilførslen af næringsstoffer fra land. Teknisk rapport.
- /3/ Kronvang, B., Iversen, H.L., Jørgensen, J.O., Paulsen, I., Jensen, J.P., Conley, D., Ellermann, T., Laursen, K.D., Wiggers, L., Flindt Jørgensen, L., Stockmarr, J., 2001: Fosfor i jord og vand. Udvikling, status og perspektiver. 88 s. Faglig rapport fra DMU nr. 380.
- /4/ Grant, R., 2000: Fosforbalancer i dansk landbrug. DJF rapport, Markbrug nr. 34, 9-15.
- /5/ Rubæk, G.H., Djurhuus, J., Heckrath, G., Olesen, S.E., Østergaard, H.S., 2000: Er danske jorde mættede med fosfor? DJF rapport, Markbrug nr. 34, 17-30.
- /6/ Knudsen, L.: Pas på fosfor. Gør ikke et vigtigt næringsstof til et miljøproblem. Pjece udarbejdet af Landskontoret for Planteavl i samarbejde med Miljøstyrelsen.
- /7/ Wiggers, L., 2001: Fosfor - grænsen er nået. Vand & Jord, september 2001.

## Vandrammedirektivet – Kan implementeringen blive lettere?

Hanne Kaas og Merete Styczen

DHI - Institut for Vand og Miljø, Agern Allé 11, 2970 Hørsholm

### Resumé



Europa har taget et skridt mod en mere holistisk måde at forvalte vandmiljø og vandressourcer på. Vandrammedirektivet er det første direktiv, der sammenkæder det terrestriske miljø med grundvand og overfladevand og som kræver at alle aspekter af forvaltningen, inklusiv de økonomiske, ses i sammenhæng. Det er også det første direktiv som indskærper at den økologiske tilstand og de økologiske mål er centrale styrepinde for forvaltningen af vandmiljøerne. Direktivet kræver derfor samspil mellem mange elementer og mellem mange personer.

DHI har det sidste år arbejdet med at udvikle værktøjer, der kan lette

implementeringen af vandrammedirektivet. Udgangspunktet for DHIs værktøjskasse er GIS-baserede redskaber som MIKE INFO og MIKE BASIN kombineret med mere eller mindre komplekse modeller som MIKE 11/21/3 med diverse specialmoduler som overbygning. Målet er fleksible løsninger, hvor problemstillingens kompleksitet og kravet til præcision bestemmer valget af værktøjer (og ikke omvendt). I foredraget gives eksempler på anvendelse af IT-baserede værktøjer (DHIs samt andre værktøjer); herunder til brug for:

- Beregning af vand- og stoftransport i overfladevand.
- Estimering af nedvaskning og belastning.
- Beregning af økonomiske scenarier.
- Bestemmelse af økologisk tilstand og referencetilstand
- Kommunikation med offentligheden

Inden man vælger modelværktøjer er det vigtigt at gøre sig klart hvilken information der er behov for og hvilket datagrundlag man har at modellere på basis af. Med udgangspunkt i konkrete eksempler fra Danmark og Østeuropa diskuteres fordele og ulemper ved simple og avancerede modeller til beregning af vand- og stoftransport.

Med simple værktøjer er det muligt at estimere størrelsen af forskellige bidrag og gennemføre hurtige scenarieanalyser. Afhængigt af problemstillingen kan beregningerne suppleres/erstatte ved at bruge mere avancerede værktøjer, der giver større opløsning i tid og rum. Et eksempel på det første er beregninger af den diffuse belastning i Sønderjyllands Amt, hvor bl.a. oplysninger fra EU-databaser blev brugt som grundlag. Andre mere tilbunds-gående analyser er gennemført på Karup og Odense Å-områderne.

Direktivet lægger op til en tæt sammenkobling mellem økologi og økonomi, idet foreslåede løsninger til forbedring af miljøtilstanden skal vurderes økonomisk. Et eksempel på anvendelse af modelberegninger som basis for en økonomisk analyse af miljøinvesteringer i Tjekkiet vil blive diskuteret. I arbejdet indgik estimering af alle punktkilder og diffuse kilder for hele landet, samt en vurdering af hvorledes miljøinvesteringer kunne optimeres.

Omdrejningspunktet i vandrammedirektivet er den økologiske tilstand, dvs. om de biologiske forhold svarer til eller er tæt på referencetilstanden. Den biologiske tilstand kan kun delvist analyseres med traditionelle modeller. En vej ud af dette er at definere fortolkere, der kan

oversætte de fysisk-kemiske vilkår til biologisk kvalitet udtrykt som biodiversitet, struktur mm, og vi vil vise et eksempel på hvordan dette kan gøres. Brug af biologiske fortolkere skaber direkte bro til Habitatdirektivet. Samtidig giver sådanne fortolkere mulighed for at lave scenarier af de biologiske konsekvenser af mulige tiltag.

Et meget vigtigt element i såvel direktivet som i Århus konventionen, Agenda 21 etc. er, at viden kommunikeres ud til offentligheden og interessenter. GIS-baserede værktøjer er meget anvendelige til dette, ligesom de er til stor hjælp når problemstillinger skal præsenteres for politikere. Vi giver et eksempel fra USA hvor MIKE BASIN blev brugt til anskueliggørelse af konsekvenser af vandindvinding.



## Habitater i vandløb

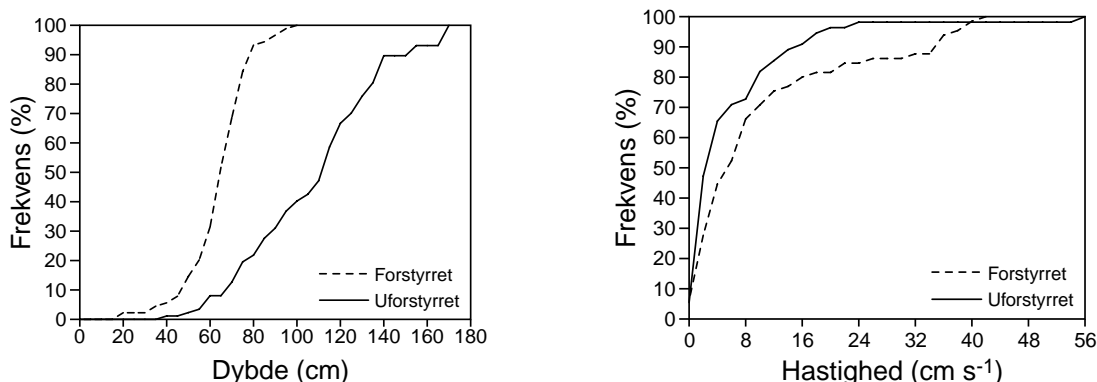
Morten Lauge Pedersen og Nikolai Friberg

Danmarks Miljøundersøgelser, Vejlssøvej 25, 8600 Silkeborg

### Indledning

Vandløb er naturligt meget heterogene med stor tidslig og rumlig variation i de fysiske forhold og dermed i udbuddet af habitater. Vandløbenes forskellige dyr og planter har forskellige præferencer til deres habitater. Et stort udbud af forskellige habitater på en vandløbsstrækning vil derfor generelt medføre at biodiversiteten øges. Smådyrenes præferencer for forskellige enkelte fysiske parametre (substrat, strøm) er rimeligt veldokumenterede, medens der mangler resultater for præferencer for forskellige habitattyper. Flere undersøgelser peger på at også variationer i strømhastighed, substrat, bredde og dybde fordrer et mere varieret dyreliv i vandløbet (Hildrew & Giller, 1994). Vandløbets planter udgør en nøglerolle i udformningen af levestederne, da de påvirker vandløbets strømningsmønster (Sand-Jensen, 1997).

Med indførelsen af EU's Vandramme Direktiv (VRD) er det blevet et krav at bedømme kvaliteten af vandløbenes fysiske forhold ud fra den upåvirkede, naturlige tilstand. Men hvad er god fysisk vandløbskvalitet? Og hvordan hænger vandløbenes fysiske kvalitet overordnet sammen med den biologiske kvalitet? I Danmark er næsten alle vandløbsstrækninger med et naturligt habitatudbud forsvundet og derfor bliver det en udfordring at få fastlagt hvorledes referencerammen, det naturlige danske vandløb, ser ud.



Figur. Variationer i dybde og strømhastighed på en naturlig og en forstyrret vandløbsstrækning (efter Pedersen et al., 2001)

### Vandløbsregulering

Næsten 90% af de danske vandløb er blevet udsat for indgreb i deres naturlige forløb. Vandløbene er blevet udrettet og nedgravet for at give bedre afvandingsforhold på de vandløbsnære arealer. De forarmede fysiske forhold har været med til forringe overlevelsesmulighederne for de organismer der naturligt lever i vandløbene. En væsentligt lavere variation i f.eks. dybde og strømhastighed, og dermed i habitat variationen er et af de umiddelbare resultater af eksempelvis grødeskæring i vandløbene (se figur). Blandede samvækster af vandplanter, som er karakteristiske for de uforstyrrede vandløb, skaber en større habitat variation og kan dermed opretholde et mere varieret smådyrssamfund, end de tilsvarende monokulturer af planter, der typisk findes i mange forstyrrede vandløb. I de senere år har man mange steder lagt vedligeholdelsen af vandløbene om og er begyndt at bruge mere skånsomme metoder. Et faktum er dog at en stor af vores vandløb tilstedelighed udsættes for fysisk forstyrrende indgreb hvert år.

Tabel. Eksempler på indgreb i vandløbens naturlig forløb

Grødeskæring
Udgravning/udretning
Vandindvinding
Spærringer

### **Habitater i vandløb**

Forskellene er betinget af faktorer som: Vandføring/afstrømning, vandløbets fald, tidligere udretninger, arealanvendelse i oplandet. I selve vandløbet er brink erosionen, depositionen af fint materiale og vandløbets mulighed for at transportere dette materiale væk under høje vandføringer vigtige parametre der kontrollerer hvor forskelligartet substratet på en vandløbsstrækning kan blive. Resultaterne af danske og engelske undersøgelser viser at især strømhastigheden og dermed vandløbets fald og vandføring har stor betydning for habitaternes udformning og substratets fordeling på vandløbsbunden. Stabiliteten i mindre danske vandløb afhænger primært af om det finkornede materiale der aflejres om sommeren kan fjernes i løbet vinterperioden. Generelt har de strækninger hvor det deponerede materiale aflejres i stort omfang og ikke kan fjernes pga. lav vinter vandføring en lavere smådyrs diversitet end de strækninger hvor vandføringen er tilstrækkelig høj om vinteren til at få fjernet materialet.

For at være i stand til at besvare spørgsmålet om hvad god fysisk kvalitet er, er det nødvendigt at udvikle indikatorer der kvantitativt kan beskrive hvorledes de fysiske forhold i vandløbet afviger fra den naturlige situation og hvilke konsekvenser denne afvigelse har for biologiske forhold i vandløbet.

### **Referencer**

- Brookes, A. (1987). The Distribution and Management of Channelized Streams in Denmark. *Regulated Rivers: Research and Management* 1 (1), 3-16.
- Hildrew, A. G. and Giller, P. S. (1994). Patchiness, Species Interactions and Disturbance in the Stream Benthos. In Giller, P.S., Hildrew, A.G. and Raffaelli, D. G. (eds), *Aquatic Ecology – Scale, Pattern and Process*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 21-62.
- Pedersen, M. L.; Baattrup-Pedersen, A.; Sand-Jensen, K.; Friberg, N. og Kronvang, B. (2001). Grødeskæring nedsætter artsrigdommen i Gels Å. *Vand og Jord* 8 (2), 67-69.
- Sand-Jensen, K. (1998). Influence of Submerged Macrophytes on Sediment Composition and Near-bed Flow in Lowland Streams. *Freshwater Biology* 39 (4), 663-679.
- Wood, P. J. and Armitage, P. D. (1997). Biological Effects of Fine Sediment in the Lotic Environment. *Environmental Management* 21 (2), 203-217.

## Habitatmodeller kan anvendes ved vandløbsplanlægning

Flemming Møhlenberg, Jørgen K. Jensen og Flemming Hansen

DHI – Institut for Vand & Miljø, Agern Allé 11, 2970 Hørsholm

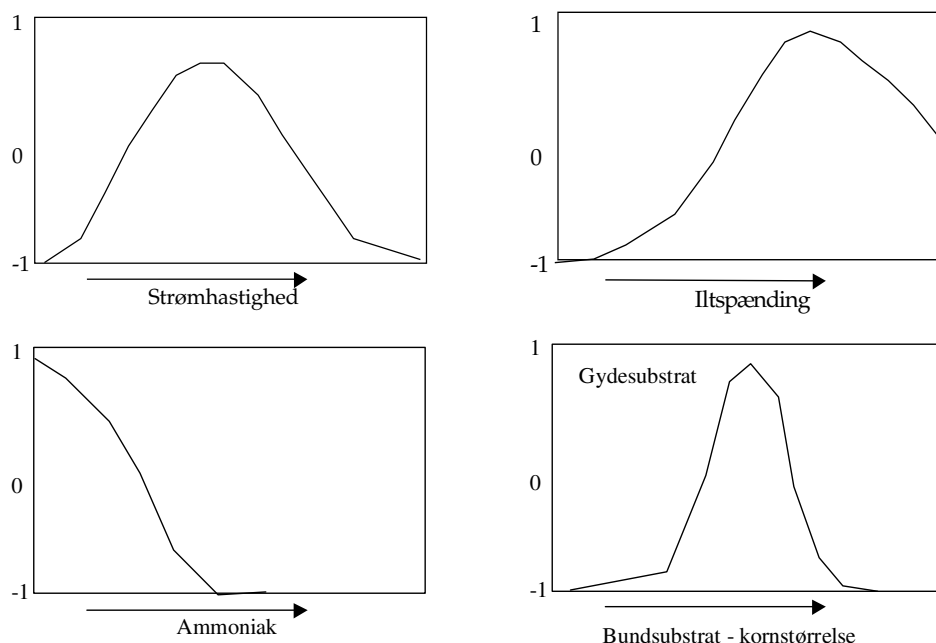
### Indledning

Udbredelse og sammensætning af plante- og dyresamfund i vandløb er bestemt af en række hydromorfologiske og fysisk-kemiske forhold. Overordnet er det de hydromorfologiske karakteristika i vandløbene og karakteren af de vandløbsnære arealer, som sætter rammerne for de biologiske samfund i vandløbene. Om disse rammer udfyldes afhænger bl.a. af menneskeskabte påvirkninger, som knytter sig til udnyttelsen af de vandløbsnære arealer.

I vandløbene afhænger strømhastigheden og bundforhold af vandspejlsfaldet, tværsnitsareal og vandføring, som både varierer indenfor det enkelte vandløb og mellem forskellige vandløb. I Danmark varierer vandføringen i mange vandløb gennem sæsonen påvirket af nedbørsoverskud og grundvandsindvinding. Menneskeskabte påvirkninger omfatter kanalisering og jævnlig "vedligeholdelse" af vandløb, tilførsel af organisk stof og kemiske stoffer så som pesticider. Påvirkningerne har ført til en "snigende" forarming af plante- og dyrelivet og den den mangeartede påvirkning gør det vanskeligt at opklare årsagssammenhænge, og dermed også at prioritere restaureringstiltag. F.eks. er det usikkert om en forarmet invertebratfauna primært skyldes kanalisering af vandløb, påvirkning fra pesticider eller en kombination af disse påvirkninger.

### Habitatmodeller

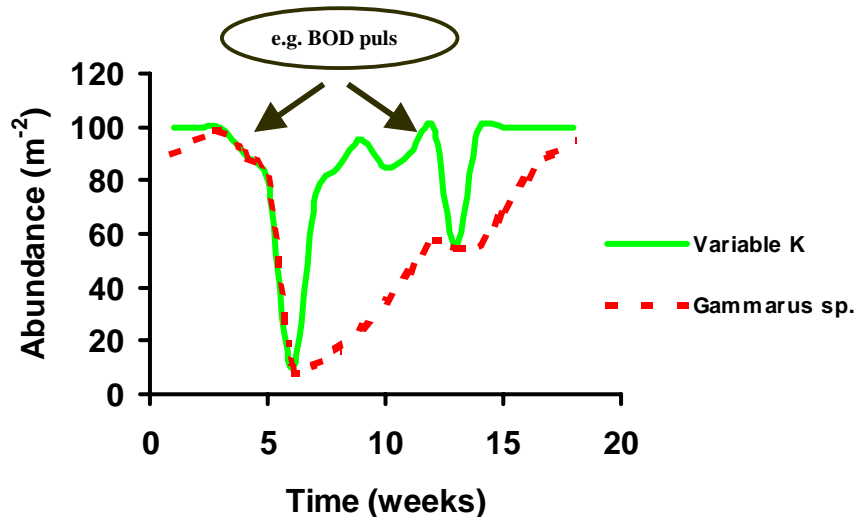
Et redskab til prioritering kunne være habitatmodeller, som anvendes i administrationen af vandløb i en række lande, men ikke Danmark /1/. Med enkelte undtagelser koncentrerer de eksisterende habitatmodeller sig om at beskrive de hydro-morfologiske og fysiske forhold i vandløb med det sigte at vurdere om kravene for laksefisk er tilstede. Miljøforholdene i vandløbet beskrives ved en kombination af dybdeforhold, bredde, vandføring, strømhastighed samt temperatur, som på forskellig måde sammenlignes med de krav og præferencer, som laksefisk har til miljøet (se Figur 1). Præferencerne varierer gennem fiskenes livsforløb, fra gydning gennem ægudvikling, det juvenile studie til den voksne fisk og modellerne må tage hensyn til disse forhold. Én model indeholder også elementer, som beskriver de fysiske forhold på vandløbsbunden og kobler dette til habitatkrav for forskellige invertebrater. Ingen af de eksisterende habitatmodeller kobler dog vandkvalitets-elementer så som koncentration af ilt eller kemiske stoffer til kravene for fisk og bundinvertebrater, hvilket må betegnes som en stor mangel, især hvis habitatmodeller skal anvendes på danske vandløb.



Figur 1.  
Eksempel på  
preferencekurver  
for laksefisk.  
Værdierne  
varierer mellem 1  
(højeste  
preference) og –  
1 (total  
avoidance)

## Kobling af hydrauliske vandkvalitetsmodeller til habitatmodeller

Ved DHI har vi gennem de seneste 2 år arbejdet med at koble habitatmoduler på de eksisterende modelværktøjer for vandløb. Ud over at simulere habitater for laksefisk indeholder de koblede modeller også beskrivelser af habitatudnyttelsen hos udvalgte bundinvertebrater (indtil nu kun krebsdyr) og hvordan disse påvirkes af tilførsel af organisk stof og pesticider (se Figur 2). Det er planen også at inkludere insektnymfer, som repræsentanter for invertebratfaunaen.



Figur 2. MIKE 11 habitat model for *Gammarus*. Modellen indeholder en tidsligt variabel bærekapacitet ( $K$ ). Variationen i tætheden af *Gammarus* beskrives i forhold til denne bærekapacitet og påvirkes af ilt (puls af BOD) og tilførsel af pesticider (afhængig af afgrøde i de vandløbsnære arealer). I modellen beskrives "recovery" ved en vækstmodel, som tillader populationen at vende tilbage til bærekapaciteten bl.a. afhængig af temperaturen.

Det koblede modelkompleks ser vi som et stærkt planlægningsværktøj bl.a. ved vandløbsrestaureringer men også som et værktøj, der giver en mere holistisk beskrivelse af vandkvaliteten og gør os i stand til at identificere de væsentligste trusler mod miljøet i vandløb,

## Referencer

/1/ King J, Tharme R & C Brown. 1999. Definition and Implementation of Instream flows. Contributing Paper to Thematic Review II 1.: Dams, ecosystem functions and environmental restoration. World Commission on Dams.

## De fysiske forhold i mindre vandløb -tilstandsvurdering som praktisk redskab i kommunernes planlægning

Erik Jørgensen

Hedeselskabet Miljø og Energi A/S, Ringstedvej 20, 4000 Roskilde

### **Indledning**

Betydningen af de fysiske forholds indflydelse på vandkvaliteten – kemisk såvel som biologisk – er velundersøgt og velbeskrevet. Den eksisterende viden på området er resultatet af en omfattende forskningsindsats ved universiteter og sektorforskningsinstitutioner, hvor sammenhængen mellem grundlæggende fysiske forhold i og omkring vandløbet og den tilstedeværende fauna kendes nøje.

På baggrund af eksisterende viden er en metode til objektivt at beskrive den fysiske vandløbskvalitet tidligere blevet udarbejdet af Århus Amt. Amtet har udarbejdet "Indeks for fysisk variation", hvori en række parametre indgår. De undersøgte parameter kan være både positive for den fysiske tilstand (f.eks. tilstedeværelse af høller og stryg, skyggegivende vegetation og slynget profil) eller negative (eksempelvis okker, sandvandring og overbredt profil), og på en given strækning vurderes den enkelte faktors betydning på en skala fra 0-3 (0 = ingen betydning/forekomst, 3 = stor betydning/forekomst). Registreringerne indsættes i en formel, og strækningens fysiske indekssværdi udregnes efterfølgende.

I samarbejde med flere sjællandske kommuner er metoden videreudviklet, således at den har en praktisk anvendelse, bl.a. i planlægningsarbejdet omkring spildevand i det åbne land samt i forbindelse med vandløbenes generelle målsætningsopfyldelse (målt som DVFI). Således gennemgås hele vandløb, opdelt på en række delstrækninger, der er funktionelt opdelt (forløb gennem skov/by/mark eller andet) fremfor med en fast strækningsslængde. På den måde vurderes den fysiske vandløbskvalitet ned gennem hele vandløbet, og problemstrækninger identificeres.

I nærværende eksempel har videnflow været unidirektionalt: grundforskning/sektorforskning-overordnet overvågningsmyndighed (her amt)-rådgiver/kommune. På sigt vil de praktiske erfaringer fra registrering og vurdering af mange km småvandløb med fordel kunne kanaliseres tilbage til forskningsinstitutioner, hvor resultaterne kan indgå i metodeoptimering samt som idégrundlag for nye forskningsområder.



## Restaurering af Furesøen

Morten Jepsen, Peter Bandholtz Jørgensen og Ida Dahl-Nielsen

Frederiksborg Amt, Kongens Vænge 2, 3400 Hillerød

### Indledning

Furesøen er som mange andre danske søer plaget af intern fosforbelastning. Københavns og Frederiksborg Amter har gennem flere år arbejdet på, at vurdere mulige restaureringsmetoders egnethed i forhold til søens tilstand, morfologi og beskyttelsesinteresser.



### Baggrund og historie

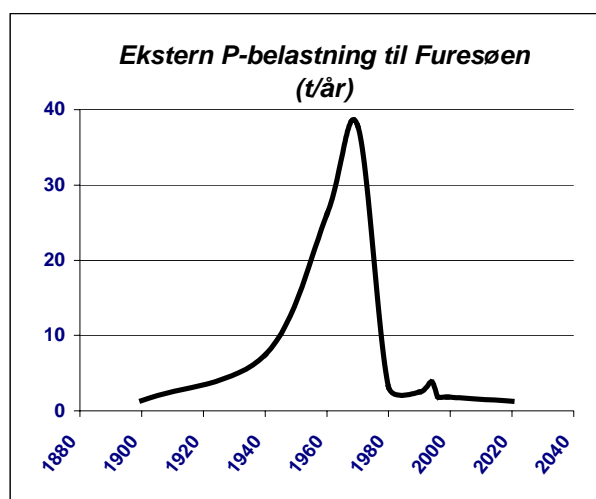
Det er ikke kun Furesøens status som Danmarks dybeste sø, der gør den speciel. Omfanget og tilgængeligheden af registreringer af fysiske parametre samt dyre- og planteliv fra ferskvandsbiologiens spædeste barndom er ligeledes enestående. Således foreligger der blandt andet Wesenberg-Lunds omfattende optegnelser af undervandsvegetationens udbredelse og artssammensætning for ca. 100 år siden, hvor vegetationen var enestående i Nordeuropa. Hvor man for mange andre søer må modellere sig frem til viden om søens biologiske tilstand før spildevandsudledningerne og den deraf følgende fosforberigelse satte ind, giver de historiske data fra Furesøen de bedste forudsætninger for at fastsætte biologiske mål for søen.

Furesøen er skærpet målsat som naturvidenskabeligt referenceområde og badevandssø i regionplan 2001. Der er stillet krav til såvel sigtddybde som fosforkoncentration, ligesom den gældende vandområdeplan for området definerer en række supplerende biologiske mål for søen. Blandt andet er der stillet krav om at rankegrøden skal være udbredt til over 4 meters dybde med et artsantal, der matcher det oprindelige.

### Næringsstofftilførsel til Furesøen

Den primære årsag til at tilstanden i Furesøen ikke har kunnet opfylde målsætning og kvalitetskrav er, at søen gennem en årrække modtog store mængder dårligt rensset spildevand med et højt fosforindhold. Som det fremgår af figuren tiltog næringsstoffbelastningen efterhånden som det nære opland blev urbaniseret i starten af 1900-tallet. Fra 1950'erne, hvor fosforadditiverne i vaskepulver blev almindelige, eksploderede fosforbelastningen og udviklingen blev først vendt midt i 1970'erne, da en stor del af spildevandet blev afskåret fra søen. Med Miljøklagenævnets kendelse i 2001 om udledningen fra Stavnsholt

renseanlæg til søen, blev et foreløbigt punktum sat i en lang og til tider meget politisk betonet diskussion af belastningsniveauet i søen. Det betyder, at den eksterne fosforbelastning af Furesøen indfinder sig på et niveau omkring 1,3 ton P pr. år, hvoraf ca. halvdelen stammer fra atmosfære, umålt opland og opstrøms beliggende søer. En intern fosforpulje på ca. 75 ton, hvoraf 10-20 ton hver sommer frigives til vandfasen, fremstår i dag som den største hindring for en stabil klarvandet tilstand i søen. Med en opholdstid ca. 15 år er det en meget begrænset del af den interne fosforpulje der føres bort via søens afløb.



## **Restaurering af Furesøen**

Det primære ønske i forbindelse med restaurering af søen er således at få enten fjernet eller immobiliseret den interne pulje af mobilt fosfor. Desuden er Furesøens fiskesammensætning domineret af brasen, der er en alvorlig fødekonzurrent til søens naturligt dominerende rovfisk, aborren. Den skæve fiskesammensætning er yderligere med til at gøre tilstanden ustabil og derfor er der også et ønske om at få stabiliseret fiskebestanden.

Furesøens store dybde (gns. 13,6 m, max. dybde 37 m), samt en meget uensartet bundtopografi, gør indgreb overfor næringsrigt bundsediment meget vanskelige. Derfor har overvejelser omkring sedimentfjernelse ikke været ført længere end til overordnede vurderinger af tekniske og økonomiske forhold. Et alternativ ville være, at man i sommerperioden pumpede bundvand op, rensede det for fosfor og ledte det tilbage i søen. Furesøens store volumen ville dog medføre, at dimensionerne af et egnet anlæg ville blive voldsomme, ligesom tidshorizonten ville blive ganske lang før en egentlig forbedring ville kunne iagttages. Alt i alt en vanskeligt gennemførlig løsning.

Alternativet til fjernelse af den interne fosforpulje er, at immobilisere den, så den ikke er tilgængelig for fytoplankton. En metode til at opnå immobilisering er, at tilsætte fældningsmidler med indhold af trivalente metaller, Al eller Fe, hvor sidstnævnte dog skal være på oxideret form. Med hensyn til aluminium ville der til Furesøen kræves ca. 3500 t fældningskemikalier med et aluminiumsindhold på 260 t. Metoden rummer dog usikkerheder i forhold til effektens stabilitet over tid, ligesom der kan være negative effekter af følgestoffer og potentielle toksicitetsproblemer forårsaget af opløst aluminium.

Med et udbredt iltvind i Furesøens bundvand i perioden maj til november ville tilsætning af jern sandsynligvis ikke have den store effekt uden simultan iltning. Da sedimentets indhold af jern i Furesøen er betydeligt højere end i Hald Sø, hvor der har været foretaget iltning gennem mange år, burde jerntilsætning ikke være nødvendig, for at opnå effekt af iltning. På denne baggrund, blev det besluttet at arbejde videre med et kombineret projekt, der omfatter dels iltning og dels selektiv opfiskning af skidtfisk i søen. I forhold til iltningen var der flere forslag og muligheder på bordet – fra det mere fantasifulde med bølgedrevet nedspuling af overfladevand til forskellige overvejelser om ren ilt kontra atmosfærisk luft. Valget faldt på "Hald Sø"-metoden med fordeling af ren ilt i bundvandet gennem diffusorlanger.

Med baggrund i søens status som Natura2000-biotop, blev der ansøgt om EU-medfinansiering fra LIFE-Natur-midlerne. I skrivende stund (juni 2002) er tilbagemeldingerne fra EU positive, om end der endnu ikke er underskrevet en egentlig aftale.



## Udsætning af geddeyngel som redskab i restaurering af uklare søer: to mulige årsager til ringe effekt

Christian Skov, Søren Berg og Lene Jacobsen

Danmarks Fiskeriundersøgelser, Vejlshøjvej 39, 8600 Silkeborg

### **Indledning**

Udsætning af geddeyngel (2-4 cm) som et redskab i restaurering af uklare meso-eutrofe søer har været brugt i Danmark siden slutningen af 1980'erne. Ved at udsætte de små gedder i meget stor tæthed, ønsker man at nedbringe mængden af skidtfiskeyngel i søerne, og dermed indirekte forøge vandets klarhed og samtidig søens rekreative værdi. Yngel fra skidtfisk lever nemlig af dyreplankton som til gengæld lever af planteplanktonet (alger) i vandet. Ædes skidtfiskeynglen af de udsatte smågedder resulterer det i mere dyreplankton. Mere dyreplankton vil spise flere alger og dermed resultere i klarere vand i søen.

Tidligere forsøg har tydeligt vist at udsætning af geddeyngel kan gøre søers vand mere klart, men samtidig er der mange eksempler på udsætninger uden synlig effekt. Ved Danmarks Fiskeriundersøgelser, Afd. for Ferskvandsfiskeri ([www.dfu.min.dk/ffi](http://www.dfu.min.dk/ffi)) har vi derfor i de seneste år udført en række eksperimenter i et forsøg på at blive klogere på hvad der betinger succes eller fiasko af en geddeudsætning, og dermed, forhåbentlig, bidrage til at fremtidige udsætninger bliver optimeret bedst mulig.

De foreløbige undersøgelser peger på to forskellige forklaringer på, hvorfor en positiv effekt udebliver; (1) gedderne dør forholdsvis hurtigt efter udsætningen, og derfor opnås ikke den fornødne tæthed af gedder i søen eller (2) de små gedder æder i mindre grad skidtfiskeyngel end forventet, men lever i stedet af insekter og andre smådyr.

### **Overdødelighed i tiden efter udsætningen**

Kannibalisme blandt de udsatte gedder kan være en af årsagerne til, at der ikke opnås tilstrækkelig tæthed af gedder efter udsætning. I den forbindelse har vi nu fået bevis for at udsætningstidspunktet kan være vigtig for geddernes overlevelse, idet gedder udsat for sent på året, risikerer at blive spist af en eventuel bestand af søens egen geddeyngel. Det er nemlig ikke unormalt, at der i søer, hvori der pågår biomanipulation, findes en vis bestand af geddeyngel, og er disse blot en smule større end det yngel der udsættes, risikerer de udsatte fisk at blive ædt.

For at få yderligere indsigt i hvorfor kannibalisme opstår blandt de små gedder, opstillede vi en række kontrollerede forsøg. Dermed forsøgte vi at undersøge, hvorvidt og hvordan faktorer som tilstedeværelsen af alternativ bytte (dyreplankton), mængden af gemmesteder samt vandets klarhed påvirker kannibalismen blandt geddeyngel de første 7 dage efter udsætning. Det viste sig, at når gedderne havde andre fødeemner end hinanden at vælge imellem, så blev kannibalismen i afgørende grad reduceret. Derimod havde en øget mængde af gemmesteder, hvilket kunne reducere de mindste gedders chance for at blive opdaget, kun en lille begrænsende effekt på kannibalismen, og kun når der ingen alternativ føde var til stede. Forsøget viste samtidig, at spredningen i udsætningsstørrelse havde afgørende betydning. Hvis alle gedderne var ens i størrelse ved udsætningen var kannibalismen betydelig mindre, end hvis gedderne varierede meget i størrelse. Kannibalismen i klart vand og i meget uklart vand, med en sigt på 20 cm, var den samme, og derudover viste det sig, at gedder i uklart vand voksede bedst. Dette såvel som en række andre småforsøg manede således en pæl igennem tidligere teorier om, at gedder ikke kan jage i uklart vand.

### **Geddeynglen spiser mindre fisk og mere insekter**

Udover høj dødelighed i tiden efter udsætningen, så har vores undersøgelser vist, at også geddernes fødevalg potentielt kan forklare hvorfor udsætninger af geddeyngel ikke altid resulterer i en mærkbar reduktion af skidtfiskeynglen. Tidligere undersøgelser har i den forbindelse vist, at gedder ned til 20 mm fanger og spiser fiskeyngel, men modsat findes der andre undersøgelser der illustrerer, at geddeyngel først begynder at spise fisk, når de når en størrelse over 100 mm. I

mellemtiden lever gedderne af dyreplankton og vandinsekter. I den sammenhæng mener mange, at gedder er opportunister, og altså lever af det bytteemne som der nu engang er flest af. Derfor er det forventeligt, at geddeyngel som udsættes i forbindelse med biomanipulation, det vil sige udsættes i søer med en ekstrem tæt bestand af skidtfiskeyngel, hovedsagelig vil leve af disse.

Resultater fra foreløbige undersøgelser er dog i nogen modstrid med disse antagelser. En evaluering af ca. 1000 maver fra geddeyngel indsamlet over fem år i Udbyover Sø pegede på, at tilstedeværelse af høje tætheder af skidtfisk yngel i en sø ikke nødvendigvis betinger, at geddeynglen propper sig med disse fra den dag de bliver udsat. Selv om mængden af fiskeyngel var høj, var gedderne i Udbyover Sø normalt større end 10 cm før end fiskeyngel blev det dominerende fødeemne. Indtil da blev der oftere fundet dyreplankton, insekter og små krebsdyr i geddernes maver. Der findes en række mulige årsager til dette forhold. Resultaterne pegede på, at byttefiskene i nogen grad var i stand til at undslippe de små gedder ved at flygte væk fra geddernes levesteder og f.eks. ud i åben vand, hvor gedderne normalt ikke vil befinde sig. Det kan dog ikke afvises, at selvom tætheden af fiskeyngel var høj, så var tætheden af andre bytteemner endnu større, og gedderne derfor foretrak disse. Samtidig er det muligt, at gedderne bevidst fravalgte at spise skidtfiskeynglen, da indfangning og håndteringen af disse forholdsvis store og uhåndterlige bytteemner reducerede deres beredskab overfor mulige fjender og dermed øgede risikoen for selv at blive spist. I stedet foretrak gedderne måske små og let håndterlige fødeemner som ubesværet kunne fanges og sluges. En sådan strategi kunne optimere den tid, hvori gedden kan holde vagt mod at blive ædt.

### ***Nye undersøgelser***

Opdagelsen af, at geddeyngel ikke spiser skidtfiskeyngel i det omfang det var forventet, kan måske vise sig at være en af de bedste forklaringer på, at mange geddeudsætninger ikke er blevet afspejlet i forbedret vandkvalitet. Det er selvfølgelig umuligt entydigt at konkludere dette udfra resultaterne fra bare en sø. Vi håber derfor indenfor en overskuelig fremtid at kunne påbegynde en større evaluering af geddernes fødevalg i en række søer. Skulle disse vise det samme mønster som i Udbyover Sø vil anvendeligheden af geddeyngel i sørestaurerings-projekter blive taget op til fornyet overvejelse.

### ***Referencer***

Skov, C., 2002: Stocking 0+ pike (*Esox lucius* L.) as a tool in the biomanipulation of shallow eutrophic lakes. Ph.D. dissertation, Københavns Universitet & Danmarks Fiskeriundersøgelser. 205 p.

## Benthisk og pelagisk mikroalgeproduktion i to lavvandede søer med forskellig næringsstofindhold

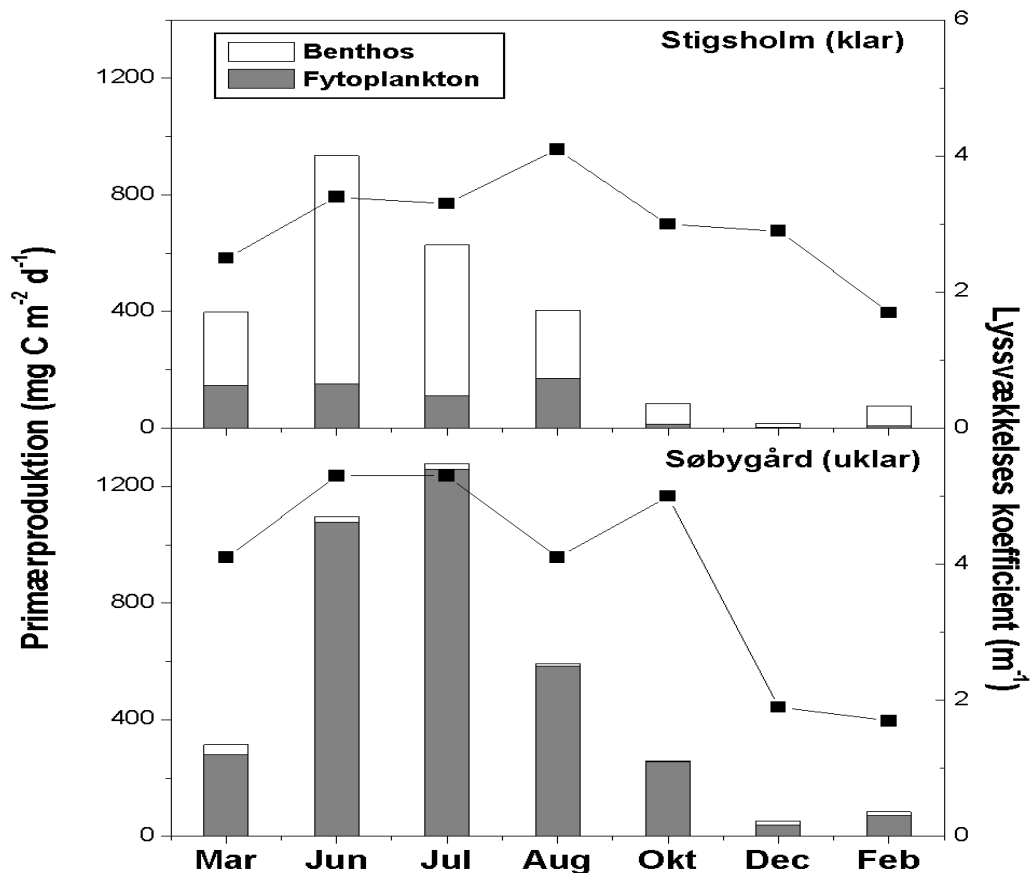
Lone Liboriussen og Erik Jeppesen

Danmarks Miljøundersøgelser, Vejlsøvej 25, 8600 Silkeborg

### Resumé

Måling af primærproduktion i søer omfatter oftest kun produktionen knyttet til fytoplankton. Størstedelen af de danske søer er imidlertid lavvandede med en middeldybde på 1-3 m<sup>1</sup>, og i disse søer vil store dele af søbunden samt overfladerne på neddykket vegetation, sten mv. kunne understøtte en betydelig produktion fra benthiske mikroalgesamfund. Det relative forhold mellem produktion i vandmasserne og på de neddykkede overflader bestemmes ikke udelukkende af søens morfometri, men reguleres desuden af bl.a. lys- og næringsforholdene. Lys er en fælles ressource for begge mikroalgesamfund. Via sin påvirkning af lysklimaet ved bunden kan fytoplankton medvirke til at kontrollere den benthiske produktion. Omvendt kan benthiske mikroalger reducere mængden af næringsstoffer i vandfasen og derved påvirke fytoplanktonproduktionen<sup>2</sup>. Det antages, at dette komplekse samspil kan udvise en betydelig sæsonvariation, og at det som helhed er af stor betydning for søernes totale primærproduktion<sup>3</sup>.

Mikroalgernes årlige produktion i de frie vandmasser og på søbunden blev beregnet for den næringsrige, uklare Søbygård Sø (gen. årlig TP = 274 µg l<sup>-1</sup>) og for den mindre næringsrige, klarvandede Stigsholm Sø (gen. årlig TP = 97 µg l<sup>-1</sup>). Produktionen blev bestemt på basis af de faktiske lysforhold samt mikroalgernes produktion som funktion af lyset, bestemt 7 gange i løbet af året inden for det samme område (dybde = 0,5 m). Endvidere blev produktion af mikroalger på tagrør anslået ud fra algebelægninger etableret på kunstig substrat i de to søer.



**Fig 1** Sæsonvariation af benthisk og pelagisk primærproduktion i den klare Stigsholm Sø og den uklare Søbygård Sø

Produktionsfordelingen var meget forskellig i de to søer. Fytoplankton stod for størstedelen (96 %) af den årlige primærproduktion i den næringsrige sø, mens de sediment-tilknyttede alger dominerede (77 %) i den mindre næringsrige sø (Fig 1). I begge søer var det relative bidrag fra de sediment-tilknyttede alger størst i vinterhalvåret, mens der i Stigsholm Sø ligeledes var et stort bidrag i sommermånederne. Mikroalger knyttede til tagrørsoverflader bidrog med under 1 % af den totale årlige produktion i begge søer.

Omfordelingen af produktion fra sediment til vandfase med stigende næringsindhold resulterede i, at den totale produktion kun øgedes 34 % fra den mindre næringsrige, klarvandede Stigsholm Sø til den meget næringsrige, uklare Søbygård Sø. Beskrives søernes produktionsforhold derimod udelukkende ud fra fytoplanktonets produktivitet, var den anslåede forøgelse ca. 350 %<sup>4</sup>.

Generelt giver fytoplanktonproduktionen et godt billede af den faktiske mikroalgeproduktion i den meget næringsrige Søbygård Sø, mens den tydeligvis underestimerer produktionen i den mindre næringsrige Stigsholm Sø.

### **Referencer**

- Jeppesen, E. et al. (1999) Lake and catchment management in Denmark. *Hydrobiologia* 395/396, 419-432
- Carlton, R.G. and Wetzel, R.G. (1988) Phosphorus flux from lake sediment: Effect of epipellic algal oxygen production. *Limnology and Oceanography* 33 (4(1)), 562-570
- Sand-Jensen, K. and Borum, J. (1991) Interactions among phytoplankton, periphyton, and macrophytes in temperate freshwaters and estuaries. *Aquatic Botany* 41, 137-175
- Liboriussen, L. and Jeppesen, E. (Submitted) Comparison of the seasonal production of benthic, periphytic and pelagic microalgal communities in a clearwater and a turbid shallow lake.

## Brakvandssøer: struktur og funktion

Martin Søndergaard, Erik Jeppesen, Susanne Amsinck, Jens Peder Jensen, Torben L. Lauridsen, Frank Landkildehus og Kurt Nielsen

Danmarks Miljøundersøgelser, Vejlsovej 25, 8600 Silkeborg

### Resumé

I Danmark udgør brakvandssøer ca. 1/3 af det totale søareal. Søerne omfatter både store søer som f.eks. Vejlerne (2500 ha), Saltbæk Vig (1850 ha), Ulvedybet (590 ha), Sønder Dyb (450 ha) og Ferring Sø (320 ha) samt en lang række mindre søer. Brakvandssøerne forekommer typisk i kystnære områder, hvor de enten er opstået naturligt eller kunstigt ved inddæmning af fjordarealer. Mange af søerne vigtige områder for ynglende, fouragerende og rastende fugle, og en del af søerne er beliggende i naturreservater såsom Vejlerne. De fleste brakvandssøerne er i lighed med ferskvandssøerne næringsrige og uklare.

Der er kun foretaget få undersøgelser og et begrænset tilsyn i brakvandssøer, men de peger entydigt på, at de biologiske samfund og samspil samt søernes reaktion på forøget næringsstofforsyning afviger markant fra mønstret i ferskvandssøer. I ferskvandssøer fører næringsstofforøgelse typisk til et skift fra en klarvandet tilstand til en uklar tilstand. Den klarvandede tilstand er karakteriseret af en høj forekomst af undervandsplanter, højt forhold mellem biomassen af rovfisk og byttefisk, højt forhold mellem biomassen af dyreplankton og planteplankton, hvorimod den uklare tilstand er karakteriseret af en lav eller ingen forekomst af undervandsplanter, lavt rovfisk:byttefisk forhold og lavt dyreplankton:planteplankton forhold. Til opretholdelse af den klarvandede tilstand anses rovfisk og undervandsplanter generelt som nøglefaktorer, blandt andet fordi de indirekte bidrager til et højt græsningstryk på planteplankton ved henholdsvis prædationskontrol på planktivore fisk og skjulested for dyreplankton mod fiskeprædation.

I brakvandssøer fører næringsstofforøgelse ligesom i ferskvand til øget turbiditet. Men i modsætning til ferskvandssøerne synes turbiditeten ikke at være påvirket af mængden af undervandsplanter. Dette tilskrives en kombination af et højere prædationstryk på dyreplankton samt tilstedeværelse af potentielle prædatorer på dyreplankton i bredzonen. Generelt er små tre- og nipiggede hundestejler (*Gasterosteus aculeatus*, *Pungitius pungitius*) de dominerende planktivore fisk i eutrofe brakvandssøer, hvorimod skalle (*Rutilus rutilus*) og brasen (*Abramis brama*) er de dominerende planktivore fisk i eutrofe ferskvandssøer. Hundestejlerne rekrutterer flere gange årligt, mens skalle og brasen kun lægger æg én gang årligt. Eftersom fiskeyngel kan udøve et højt prædationstryk på dyreplankton, er prædatorrollen på dyreplankton i brakvandssøerne formodentligt både højere og mere vedvarende.

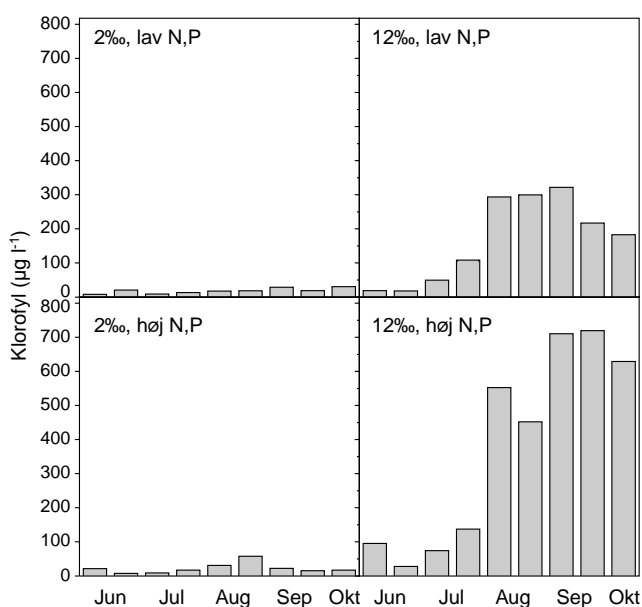
Dertil kommer, at niveauet af invertebratprædatorer også er højt. I brakvandssøer med saliniteter på 0,5-18 ‰ dominerer kåre, *Neomysis*, mens rovdafnien, *Leptodora kindtii*, og glasmyggen, *Chaoborus*, typisk dominerer i ferskvandssøer. Tætheden af *Neomysis integer* stiger ved øget næringsstoffniveau i brakvandssøer i modsætning til *Leptodora* og *Chaoborus*, som falder markant, når fosforkoncentrationen overstiger ca. 0,25 mg TP/l i ferskvandssøer. Invertebraternes prædatorrollen på dyreplankton er derfor antageligt højere i næringsrige brakvandssøer. Ydermere æder *Neomysis* alle størrelsesgrupper af cladoceer, hvorimod *Leptodora* og *Chaoborus* primært har præferens for små og mellemstore cladoceer. Da de store cladoceer er de mest effektive græssere af planteplankton, er cladoceernes kapacitet til at kontrollere planteplankton reduceret i næringsrige brakvandssøer i forhold til ferskvandssøer. Prædatorrollen på dyreplankton forstærkes yderligere af, at *Neomysis* kan sameksistere med små hundestejler, fordi hundestejler kun kan æde de mindste individer af *Neomysis* og derfor kun i mindre grad de store hunner med æg. Såvel hundestejler som mysider optræder hyppigt i vegetationen. Undervandsplanternes refugie-effekt for dyreplankton må derfor forventes at være begrænset i brakvandssøer.

Salinitet kan også medvirke til en lavere top-down kontrol på planteplankton og dermed implicit øge turbiditeten i brakvandssøer. Dyreplankton har forskellig fysiologisk tolerance over for salinitet. Store dafnier, som er hovedansvarlig for græsningskontrol af planteplankton i ferskvandssøer,

forekommer overvejende ved relativt lave salinitetsniveauer (< 2 ‰). En undtagelse er dog *Daphnia magna*, som tolererer højere saliniteter, men den forekommer sjældent i danske brakvandssøer, da den p.g.a. sin størrelse er meget udsat for prædation. Ved højere salinitetsniveauer er græsningskontrollen primært overladt til mindre effektive filtratorer som små cladoceer (*Bosmina* spp.), calanoide vandlopper (*Eurytemora affinis*, *Acartia* spp.) samt hjuldyr. Høje niveauer af salinitet påvirker derudover fiskene og kan føre til dominans af hundestejle med øget prædation på det større dyreplankton til følge.

Den biologiske struktur i brakvandssøerne er altså ligesom i ferskvandssøerne yderst kompleks, og kompleksiteten i brakvandssystemerne øges yderligere af salinitetens påvirkning af de mange fødekædeniveauer. Men selv om brakvandssøernes nuværende uklare tilstand delvis kan forklares ved en høj prædator kontrol af dyreplankton og et resulterende nedsat græsningstryk på planteplankton, som yderligere forstærkes af salinitetens hæmmende påvirkning af især *Daphnia*, så er der stadigvæk mange ukendte forhold i brakvandssøerne.

I dette indlæg gives en beskrivelse af de erfaringer, der efterhånden er opnået vedr. brakvandssøer og deres biologiske struktur og funktion i Danmark. Herunder blandt andet resultater opnået i forbindelse med en undersøgelse af De Østlige Vejlerne, som DMU i 1998-2000 gennemførte i samarbejde med Nordjyllands Amt, Viborg Amt, Skov- og Naturstyrelsen og Aage V. Jensens Fonde.



Figur. Resultater fra forsøgsindhegninger i Vejlerne.

Der er vist det gennemsnitlige indhold af klorofyl gennem sæsonen (prøvetagning med 14 dages intervaller fra 13. juni til 2. oktober) i de 48 indhegninger ved henholdsvis 2 og 12 ‰ salinitet og lav/høj tilførsel af kvælstof og fosfor.

Ved lave salinitet er vandet klart hele sæsonen uanset næringsstofindhold på grund af græsning af zooplankton.

Ved høj salinitet er vandet uklart, og der er ingen græsningseffekt og klorofylindholdet øges yderligere ved øget næringsstofftilsætning.

## POSTER

**Bestemmelse af Søers Historiske Udvikling**

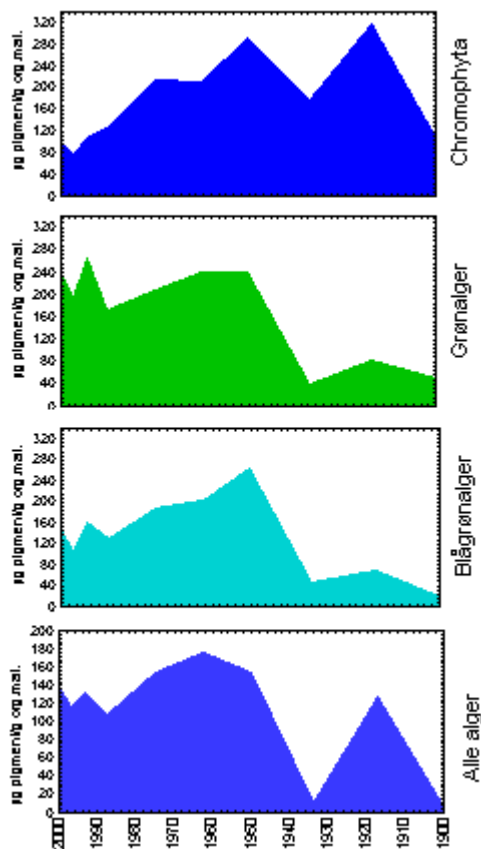
Peer Bo Mortensen, Louise Schlüter og Arne Jensen

DHI – Institut for Vand og Miljø, Agern Allé 11, 2970 Hørsholm

**Resumé**

Sedimentet gemmer informationer om søers historiske udvikling og tidligere tilstand. Analyse af pigmentindholdet i sedimenter kan sammen med aldersdatering, fosforfraktionering, bestemmelse af organisk indhold og eventuel identifikation af udsedimenterede rester af zooplankton og makrofyter, bruges til at beskrive søers udvikling. Denne beskrivelse kan være til stor hjælp, når man ønsker at bestemme en søs referencetilstand, hvilket er et krav i Vandrammedirektivet, og når man ønsker at vurdere muligheden for sørestauring.

Algegrupperne kan identificeres ved hjælp af algenes pigmenter. Hver gruppe indeholder specifikke markørpigmenter, og algesammensætningen kan bestemmes ved at analysere for algenes pigmenter i sediment. Når algerne dør og sedimenteres, vil omsætningen af algenes pigmenter være begrænset, såfremt sedimentet er iltfrit. Algepigmenter kan genfindes i sedimenter selv efter mange hundrede år, og kan derfor anvendes til at beskrive, hvordan planktonalgenes sammensætning og biomasse var før i tiden. Metoden har med stor succes været anvendt i to danske søer, Ladegårds Sø og Nr. Søby Sø til beskrivelse af biomassen og sammensætningen af alger i sedimentsegmenter. Når metoden kombineres med datering af sedimentet ved hjælp af  $^{210}\text{Pb}$ -metoden ( $\alpha$ -spektrometri), får man viden om søers udvikling gennem flere hundrede år.



Figuren viser et eksempel på pigmentanalyse og datering udført på sediment fra Ladegård Sø. Analyserne viste, at i 1930'erne øgedes den totale algebiomasse (alle alger) samtidig med, at der skete et skift i algegruppensammensætningen til dominans af blågrønalger og grønalger (bestemt ud fra pigmentkoncentrationen). Forud for denne "hændelse" var algediversiteten høj med mange Chromophyta, dvs. kiselalger, dinoflagellater, gulalger og stilkalger.





## POSTER

**Development of the cladoceran community in Dallund Sø, Denmark, during the last 7000 years – based on macrofossils in the sediment**L. Johansson<sup>1</sup>, E. Bradshaw<sup>2</sup>, E. Jeppesen<sup>1</sup> and Peter Rasmussen<sup>2</sup><sup>1</sup>National Environmental Research Institute, Vejlsøvej 25, 8600 Silkeborg<sup>2</sup>Geological Survey of Denmark and Greenland, Øster Voldgade 10, 1350 København K**Resumé**

The historical changes in lake ecosystems, caused by human activities, can be elucidated by palaeoecological analyses of the sediment. A sediment core of 11 m (representing approx. 7000 years) from Dallund Sø, a lake impacted by human activities for at least the last 6000 years, was thoroughly analysed for several physical and biological variables. We present the analysis of cladoceran fragments and relate it to the data from terrestrial pollen, diatoms, diatom-inferred P-level and the minerogenic input (a proxy for soil erosion). The cladoceran fragments indicate, that the ecosystem of the lake was rather stable until 1000 BC. Hereafter, the absolute number of fragments and the share of macrophyte associated cladocerans increased. These results correspond well with other parameters, showing that high erosion led to a dramatic decline in the water level at 1000 BC, and an expansion of aquatic macrophytes. Later, from 1200 AD to the present, the total number of fragments increased further, and the macrophyte associated cladocerans almost disappeared. This coincides with a period of increasing P-concentration, and is an indication of a decline in the water quality. Moreover, a shift occurred from a large proportion of *Daphnia* to exclusive dominance by *Bosmina*, indicating an increase in fish predation at this time.



POSTER

## Distribution and Ecology of *Cladocera* in Brackish Lakes – Evidence from Surface Sediments

Susanne Lildal Amsinck, Erik Jeppesen and Frank Landkildehus

National Environmental Research Institute, Vejlsovej 25, 8600 Silkeborg

### **Abstract**

Brackish lakes cover approximately one third of the total surface lake area in Denmark. However, compared to freshwater lakes, knowledge about trophic dynamics, such as the impact of environmental factors on cladoceran community structure, is limited. This poster presents the results of a study relating cladoceran species composition and richness to contemporary environmental variables of 36 Danish coastal brackish lakes. The *Cladocera* were recovered as subfossils from surface sediments and the environmental variables included salinity, total phosphorous, total nitrogen, coverage of submerged macrophytes and planktivorous fish density. Multivariate statistical techniques were used to examine patterns of species composition and to identify the environmental variables most strongly related to the variance observed in cladoceran species distribution. Moreover, the developmental histories of two brackish lakes were described using cladoceran remains recovered from sediment cores and the information obtained on species composition in the surface sediment from the 36 brackish lakes.



POSTER

## Lake restoration by aluminium addition – a full scale experiment

Kasper Reitzel<sup>1</sup>, Jonas Hansen<sup>1</sup>, Frede Ø. Andersen<sup>1</sup>, Henning S. Jensen<sup>1</sup>  
and Kjeld S. Hansen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Biology, University of Southern Denmark, Campusvej 55, DK-5230 Odense M, Denmark

<sup>2</sup> County of Funen, Ørbækvej 100, DK-5220 Odense SØ, Denmark

### **Abstract**

Lake Sønderby is a shallow Danish lake (mean depth 2,9 m) with a water residence time of 1 yr. The lake is highly eutrophic due to previous high external phosphorus (P) loading. The external loading has been eliminated but there is still a high internal P loading. In order to combat this internal loading, 26 m<sup>3</sup> of aluminium chloride (Al) (Chemira, PAX-XL60) was applied to the lake (30 g Al/m<sup>2</sup>). The application was performed in 2 steps: 13 m<sup>3</sup> was applied to the Lake on October 26 and the remaining 13 m<sup>3</sup> was applied on November 14. The soluble Al was pumped from a land based 15 m<sup>3</sup> tank to the lake through a 400 m long PVC hose (Ø = 32 mm) attached to a boat. The Al was thoroughly mixed into the surface water to ensure optimal formation of Al flocks.

This poster presents post treatment results from the lake.



## POSTER

**Erfaringer fra restaurering og pleje af Kollelev Mose**

Erik Jørgensen og Søren Gabriel

Hedeselskabet, Miljø og Energi A/S, Ringstedvej 20, 4000 Roskilde

**Resumé**

Kollelev Mose i Virum har gennem tiderne modtaget store mængder af både urensset og rensset spildevand. Tilførslen af store mængder fosfor og organisk stof har medført, at søen i længere tid har haft en ringe vandkvalitet, med dårlig sigtddybde, meget høje fosforkoncentrationer (> 1 mg/l), og en dårlig biologisk struktur med dominans af planktivore fisk og mangel på undervandsvegetation.

I løbet af 90'erne er den tilbageværende eksterne belastning – i form af overløb ved regnhændelser – blevet stort set afskåret, uden at vandkvaliteten i øvrigt er blevet bedre. På den baggrund er en handleplan blevet udarbejdet for Kollelev Mose, der sigter på at forbedre vandkvaliteten, primært ved at reducere den omfattende interne belastning med fosforfrigivelse fra sedimentet samt forbedre iltforholdene i bundvandet såvel som i hele vandsøjlen. Desuden er en plejeplan udarbejdet, hvor bl.a. sikring af åbent vandspejl ved skæring af åkander indgår blandt tiltagene.

Indtil dato er beluftsanlæg etableret i mosens tre bassiner og to af bassinerne er behandlet med jernklorid, for at binde fosforen i sedimentet. Desuden er en opfiskning af planktivore fisk samt udsætning af rovfisk foretaget, i forsøg på at forbedre den biologiske struktur.

Posteren viser resultater fra en omfattende overvågning af Kollelev Mose, og udviklingstendenser kommenteres. Der findes en dataserie, med ugentlige målinger i sommerhalvåret, fra perioden 1998 og til i dag. Blandt de monitorerede parametre er iltindhold i bund- og overfladevand, koncentration af totalfosfor og opløst fosfor, pH, jernindhold, fytoplanktonsammensætning og klorofyl.

Det detaljerede kendskab til udviklingen i mosens forskellige fysiske, kemiske og biologiske parametre udgør et godt grundlag ved fremtidig planlægning af sørestaurering.





POSTER

## **Multivariate analysis of phytoplankton communities in 37 Danish lakes studied during 12 years**

J. P. Jensen, E. Jeppesen and R. Bjerring Olsen

National Environmental Research Institute, Vejlsovej 25, 8600 Silkeborg

### ***Resumé***

In 37 shallow Danish lakes the composition of phytoplankton has been related to “bottom up” factors (chemical, morphometric and hydraulic parameters) and to “top down” factors (grazing and zooplankton composition). Due to the complexity of data multivariate analysis was appropriate especially when evaluating the importance of the individual factors.

The dominance of the phytoplankton could be related to the degree of eutrophication (e.g. the concentration of total phosphorus). Compared to deeper lakes bloomforming bluegreen and green algae were more numerous in the lakes, contrasting dinoflagelates which dominated less frequently in the shallow lakes. Bluegreen algae dominated in the moderate eutrophicated through the eutrophic lakes, while green algae were most important under hypertrophic conditions. Diatoms were most important in the moderate eutrophic lakes, and chrysophytes were only of importance when the phosphorus concentration was low.

The analysis show that the “bottom up” factors played a more important role structuring phytoplankton communities than the “top down” factors.



POSTER

## Multivariate analysis of rotifer communities in 35 Danish lakes studied during 7 years

R. Bjerring Olsen, J. P. Jensen and E. Jeppesen

National Environmental Research Institute, Vejlsovej 25, 8600 Silkeborg

### **Resumé**

Three groupings of rotifer species appeared when relating the rotifer community, sampled in 35 predominantly shallow lakes during 7 years, to nine environmental variables in a multivariate analysis (CCA). These variables all significantly contributed to the community structure and represented both biotic and abiotic variables (total phosphorous, mean depth, GALD and biomass of cyanophytes, cyclopoids, calanoids, *Daphnia* and small cladocans). A small group of rotifer species differentiated most strongly with respect to low alkalinity. A larger group, mostly *Brachionus* species, distributed in relation to eutrophic conditions whereas the third, more species diverse group obtained biomass optimum in deeper or less eutrophic lakes.

The summer period (May 1 to Oct. 1) divided into 2-week intervals tracks the general pattern of rotifer community seasonal dynamics when introduced as passive variable into a CCA-analysis of non-aggregated data with the nine environmental variables. The position of the passive 2-week intervals resemble the general trophic seasonal dynamics of eutrophic lakes, beginning with a clearwater stage followed by a more productive eutrophic stage, and finally, a return to a less productive stage in late summer.



## POSTER

**Grødeskæring reducerer invertebratsamfundenes artsdiversitet**

Lars-Henrik Heckmann

Danmarks Miljøundersøgelser, Vejlsovej 25, 8600 Silkeborg

**Introduktion**

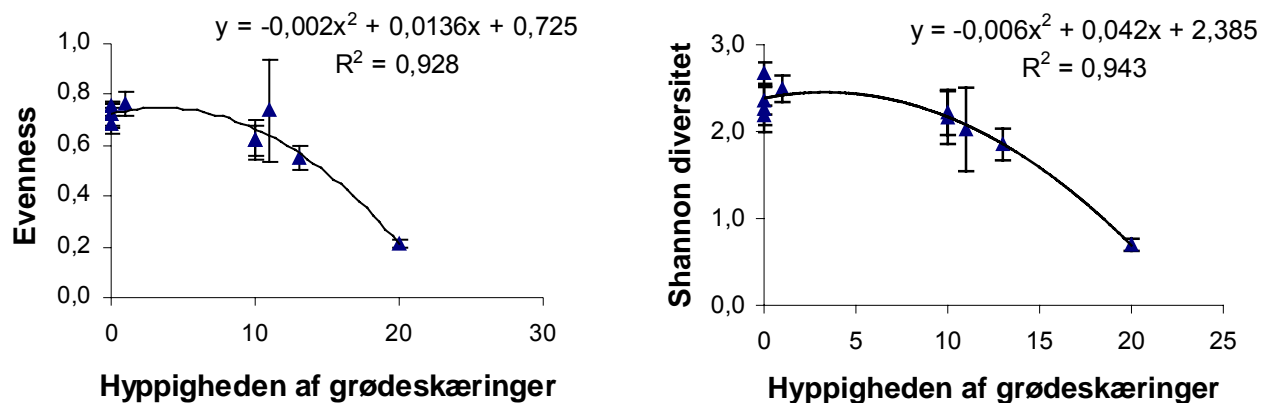
En undersøgelse af invertebratfaunaen i 10 forskelligt vedligeholdte vandløb viser betydningen af hyppig grødeskæring gennem perioden 1992-2001. I de vandløb hvor grøden blev skåret mere end en gang årligt blev artsdiversiteten og ensartetheden i de respektive invertebratsamfund reduceret.

Makrofyter skaber varierede fysiske og kemiske forhold i vandløbene. Tidligere undersøgelser har vist, at makrofyter har stor betydning for invertebratsamfundenes sammensætning, idet de fungerer som habitat, refugium og fødekilde for en lang række invertebrater [1].

Formålet med indeværende undersøgelse er, at vurdere om skæring af grøde har en langtidseffekt på invertebratsamfundene i udvalgte jyske vandløb. Fem biologiske indikatorer er valgt til bedømmelse af grødeskæringens effekt på invertebratsamfundene. Disse er Shannon diversitet (artsdiversitet), Evenness (ensartethed) samt antallet af arter, individer og EPT-slægter (slægter af døgnfluer, slørvinger og vårfluer).

**Dataindsamling**

Undersøgelsen blev foretaget i 10 jyske vandløb fra den 15/9 til den 8/10 2001. Middelbredden lå mellem ca. 2-9 m. Vandløbene repræsenterede overordnet en hyppighedsgradient på 0-20 grødeskæringer gennem perioden 1992-2001, hvor 10 svarer til én grødeskæring om året. Indsamlingen af invertebraterne blev foretaget efter en specifik semikvantitativ sparkemetode baseret på principperne fra Dansk Vandløbsfaunaindeks.



Figur 1. Grafisk afbildning af polynomisk regressionsanalyse mellem hyppigheden af grødeskæringer og hhv. Evenness ( $R^2=0.928$ ,  $P<0.01$ ) og Shannon diversitet ( $R^2=0.943$ ,  $P<0.01$ ). Evenness ligger på en værdi mellem 0 og 1, hvor 1 svarer til en fuldstændig ensartet fordeling af de respektive arter. Ved Shannon diversitet stiger artsdiversiteten med stigende numerisk værdi.

### **Grødeskæringens effekt**

En polynomisk regressionsanalyse viste, at der var en signifikant negativ korrelation mellem hyppigheden af grønne skæringer og hhv. Shannon diversitet og Evenness (Fig. 1). Antallet af arter, EPT-slægter og individer korrelerede derimod ikke med hyppigheden af grønne skæringer.

Grønne skæringens effekt på invertebrater er overvejende blevet studeret over korte tidsperioder. Undersøgelser har vist, at grønne skæring reducerer individantallet samt selektivt fjerner de invertebrater som er tilknyttet makrofyterne. Grønne skæring indebærer desuden tab af habitat, hvilket primært skyldes fjernelsen af makrofyterne samt det medfølgende fald i vandstanden. Det bevirker bl.a. ændrede strømforhold samt erosion af bundsubstratet. Ultimativt resulterer grønne skæringen i en forskydning af de biologiske samspil, som vil påvirke samfundsstrukturen i vandløbet /2/.

Shannon diversitet og Evenness viser en retention overfor hyppigheden af grønne skæringer, som forsvinder ved mere end en grønne skæring om året (Figur 1). Det observeres ved, at liniens hældning bliver større med stigende hyppighed af grønne skæring. Artsdiversiteten og ensartetheden reduceres dermed relativt mere, når vedligeholdelsen stiger fra én til to gange om året i forhold til en stigning fra ingen til én grønne skæring årligt.

### **Fremtidige perspektiver**

Artsdiversiteten og ensartetheden i vandløbene kan tolerere en vis grad af vedligeholdelse, svarende til ca. en grønne skæring om året.

Nye undersøgelser fra DMU viser, at iltførholdene i kantstillede grønne øer er væsentlig dårligere end i grønne øer beliggende frit i vandløbet /3/. Den traditionelle vedligeholdelse sker ved at skære grøden i en strømmende, hvilket medfører kantstillede grønne øer. Fritliggende grønne øer kan opnås ved at skære grøden i et irregulært netværk. Det vil samtidigt medføre en større variation i vandstrømmen, da vandløbet ikke fikseres i en strømmende. Samlet vil både flora og fauna begunstiges ved at grøden skæres i netværk, men der mangler dokumentation for hvilken effekt denne vedligeholdelsespraksis vil have på vandløbsmiljøet.

### **Referencer**

/1/ Gregg, W.W. & Rose, F.L. 1985: Influences of aquatic macrophytes on invertebrate community structure, guild structure and microdistribution in streams. *Hydrobiologia* 128, 45-56.

/2/ Dawson, F.H., Clinton, E.M.F. & Ladle, M. 1991: Invertebrates on cut weed removed during weedcutting operations along an English river, the River Frome, Dorset. *Aquaculture and Fisheries Management* 22, 113-121.

/3/ Linderoth, U.H. & Friberg, N. 2002: Iltførhold i grønne øer. *Vand & Jord* 9 (1), 13-16.

## Session 3 Økotoksikologi og risikovurdering i jord og vand

### Programkomite:

Hans Løkke/Danmarks Miljøundersøgelser, Nils Bull/Københavns Amt, Alex Sonnenborg/Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser og Poul Bjerregaard/Syddansk Universitet

### Indholdsfortegnelse for session 3

Assessing risks of chemicals to ecological systems – can we do it? .....	71
<i>Valery E. Forbes</i>	
Kobberforurenede jord: Hvordan vurderer man farligheden? .....	73
<i>Marianne Bruus og Janeck J. Scott-Fordsmand</i>	
Partiel rangordning på baggrund af QSAR genererede data. Et værktøj til prioritering af kemikalier.....	75
<i>Lars Carlsen, Peter B. Sørensen og Dorte B. Lerche</i>	
Biotest med <i>Acartia tonsa</i> - screening af hormonlignende og andre specifikt toksiske stoffer.....	77
<i>Leah Wollenberger, Jane Bergstrøm og K. Ole Kusk</i>	
"Baltic Carrier" olie katastrofen.....	81
<i>Gunnar Pritzl, Maria Pécseli, Asger B. Hansen, Jan H. Christensen, Ellen Christiansen og Charlotte D. Jensen</i>	
DNA skader - et vigtigt effektmål i økologisk risikovurdering .....	83
<i>Jette Rank</i>	
En ny metode til prioritering af oprensning af forurenende grunde .....	85
<i>Trine S. Jensen, Dorte B. Lerche og Peter B. Sørensen</i>	
Effekt af metalforurening på regnorme .....	87
<i>Vibeke Simonsen og Janeck Scott-Fordsmand</i>	
Udvaskning af glyphosat og metribuzin, vurderet ud fra danske markforsøg.....	89
<i>Jeanne Kjær, Jørgen Ole Jørgensen og Preben Olsen</i>	
Biologiske processer i tjæreforurenede jord .....	91
<i>Carsten Suhr Jacobsen</i>	
Naturlige plantetoksiner i jorden – thujon under <i>Thuja plicata</i> .....	93
<i>Bjarne W. Strobel og Hans Christian B. Hansen</i>	
Pesticider i vandløb og søer: koncentrationer og effekter .....	95
<i>Torben L. Lauridsen, Nikolai Friberg, Brian Kronvang og Hans L. Iversen</i>	
Forekomst af pesticider i 24 vandhuller i Århus Amt.....	97
<i>Henrik Skovgaard</i>	
En undersøgelse spildevands hormonale påvirkning af kønsorganerne hos skalle og bækørred i Århus Amt.....	99
<i>Lisette Bachmann Christiansen og Thomas Plesner</i>	
Bortrensning af steroidøstrogen i et moderne biologisk spildevandsrensning .....	101
<i>Henrik Andersen</i>	
Økotoksikologiske effekter af kemiske stoffer i regnbetingede udledninger .....	103
<i>Anne Munch Christensen og Anders Baun</i>	
Plantebiomarkørmønstre – Vurdering af vandplanters følsomhed overfor herbicidet metsulfuron methyl.....	105
<i>Charlotte V. Kristensen, Helle Weber Ravn og Nina Cedergreen Forchhammer</i>	
Plantebiomarkørmønstre – et screeningsprogram.....	107
<i>Trine F. Christensen, Brigitte Diedrichsen, Anne Adsersen, Helle Weber Ravn og Jan Buch Andersen.</i>	

Plantebiomarkørmønster - Vurdering af herbicideksponering i randzoner .....	111
<i>Helle Weber Ravn, Ingelise Lauridsen, Hans Løkke og Annette Baatrup- Pedersen</i>	
Videoregistrering af sublethale insekticideffekter hos dafnier .....	113
<i>Ursula Friberg-Jensen, Kirsten Christoffersen og Gösta Nachman</i>	
Bromerede flammehæmmere – toksiske effekter på invertebrater .....	115
<i>Leah Wollenberger, Magnus Breitholtz, Laurence Dinan, K. Ole Kusk og Bengt-Erik Bengtsson</i>	



## Assessing risks of chemicals to ecological systems – can we do it?

Valery E. Forbes

Department of Life Sciences and Chemistry, Roskilde University,  
Universitetsvej 1, 4000 Roskilde,

### ***Resumé***

In addition to bringing a range of benefits, industrial and agricultural chemicals can have adverse effects on ecological systems. Predicting whether adverse effects are likely to occur, and detecting them once they have occurred, presents a number of serious challenges for ecotoxicologists. There are some who would argue that the complexity and uniqueness of ecological systems are such that predicting the effects of chemicals on them is not feasible. Surely the standard ecotoxicological tests used widely in risk assessment are oversimplifications of nature. But are they useful? Extrapolating the results of such tests to likely effects in ecosystems involves a number of uncertainties. I will discuss these sources of uncertainty and suggest ways that they might be addressed. Recent research suggests that there may be some general rules that apply and that should increase our confidence in extrapolating results from simple to more complex ecological systems. However, there remains substantial room for improvement.



## Kobberforurennet jord: Hvordan vurderer man farligheden?

Marianne Bruus og Janeck J. Scott-Fordsmand

Danmarks Miljøundersøgelser, Vejlsøvej 25, 8600 Silkeborg

### **Baggrund**

Kobber i for store mængder er giftigt for mikroorganismer, svampe, planter, dyr og mennesker. Forekomsten af grunde forurenede med kobber giver derfor anledning til bekymring både på nationalt og internationalt plan. For at kunne tackle dette problem må man have redskaber til at vurdere, om en given forurening udgør et sundheds- eller miljømæssigt problem. Nærværende projekt beskæftiger sig med den miljømæssige del af problemet.

Traditionelt er risikoen ved forurening af miljøet blevet vurderet på baggrund af test med en eller flere standardorganismer. Disse test udføres næsten altid under optimale forhold i laboratoriet. Endvidere foregår testen i én slags jord, medmindre den foretages i et helt andet medium, fx i vand eller på filterpapir. Man går altså ud fra, at man på den baggrund kan vurdere, hvilken effekt et potentielt giftstof vil have under helt andledes forhold ude i naturen.

Dette projekt har til formål at undersøge, hvor godt laboratorietest forudsiger giftigheden af kobber for planter og jordlevende dyr på en kobberforurenede grund, hvor der i 1920'erne er blevet anvendt kobbersulfat til træimprægning.

### **Forsøg**

I laboratoriet har vi testet giftigheden af kobberforurenede jord for en planteart, en art af springhaler og en art af regnorme. Dette er gjort dels ved at blande jord med kobbersalt kort tid før forsøgets begyndelse, dels ved at anvende jord fra den kobberforurenede grund i forsøgene, dvs. jord, som er blevet forurenede for mange år siden.

Desuden har vi undersøgt forekomsten af planter, springhaler og regnorme på den forurenede grund. I feltundersøgelsen har vi set på alle arter og sammenholdt deres forekomst med de kobberkoncentrationer, jorden havde på findestedet.

Udover at anvende de traditionelle testmetoder til undersøgelse af forureningen blev denne også undersøgt ved hjælp af biomarkører – dvs. fysiologiske målinger på individuelle organismer. I dette studie brugte vi en biomarkør, der måler den cellulære membranstabilitet – et af de primære effektområder for kobber.

Vi anvendte multivariat statistik for at undersøge, hvilke kobberkoncentrationer, der påvirkede plante- og dyresamfundene på den kobberforurenede grund. Disse effekt-niveauer blev sammenholdt med resultaterne fra biomarkørstudierne.

### **Resultater**

Den testede plante, snerlepileurt, blev hæmmet i væksten, når den groede i jord, der var tilsat kobbersalt umiddelbart før forsøgets start. Ved ca. 300 mg kobber pr. kg jord blev den kun halvt så stor som planter, der voksede i ren jord. På den kobberforurenede grund forekom denne planteart kun ved kobberkoncentrationer under 500 mg pr. kg jord. Når man testede giftigheden af jord fra den forurenede grund, var der imidlertid ingen effekter af selv den højeste kobberkoncentration, som blev anvendt i forsøget, nemlig ca. 1000 mg pr. kg jord.

Noget lignende så vi for regnormenes og springhalernes vedkommende. Deres formering blev reduceret til det halve, når jorden var tilsat ca. 700 mg kobber pr. kg jord lige inden forsøgets start. På den kobberforurenede grund forekom den springhalart, vi testede i laboratoriet, stort set ikke ved kobberkoncentrationer over 1000 mg/kg. Regnormene var også tydeligt reduceret i forekomst med øget koncentration af kobber i jorden. Når man testede disse arter i jord fra den forurenede grund i laboratoriet var der kun effekter ved højere koncentrationer end når disse blev testet i jord med kobbersalte.

Brugen af biomarkøren på regnorm, neutral rød, afspejlede denne forskel i giftighed mellem jord tilsat kobbersalt og jord fra det forurenede område. Derudover var denne markør korrelerede med regnormenes forering.

Effekter af kobberforureningen på det samlede plantesamfund begyndte allerede ved ca. 250 mg kobber pr. kg jord på den forurenede grund. For dyresamfundet begyndte effekterne ved ca. 200 mg kobber pr. kg jord.

### **Diskussion**

Resultaterne af laboratorieforsøg med jord, der var tilsat kobber lige inden forsøgsstart, og feltobservationerne af de samme arters forekomst på den kobberforurenede grund stemmer temmelig godt overens. Derimod er der ingen overensstemmelse mellem giftigheden af jorden fra den forurenede grund i laboratorietestene og de testede arters forekomst på grunden. Disse resultater viser, at mange andre forhold end den direkte giftighed af kobber har betydning for miljøeffekten af stoffet på forurenede grunde. Under naturlige forhold gør forhold som konkurrence mellem arter og organismer, klimatiske forhold, tilgængelighed af føde mv. sig gældende og øger effekten af kobber på miljøet. Derimod vil den direkte effekt af kobber mindskes med tiden, efterhånden som kobberet binder sig til jorden. Dette fremgår af forskellen mellem de to typer laboratorietest foretaget med hhv. kobberforurenede jord fra den gamle træimprægneringsgrund og jord, der lige er tilsat kobber inden forsøgsstart. I dette tilfælde udligner de modsatrettede tendenser stort set hinanden, men det behøver ikke nødvendigvis være tilfældet.

Ydermere viste det sig, at de undersøgte plante- og dyresamfund var betydelig mere følsomme end de undersøgte enkeltarter. Det betyder, at ved at anvende laboratorietest med få enkeltarter risikerer man at undervurdere giftigheden af et stof for jordmiljøet. Desuden kan de gennemførte feltundersøgelser godt konkurrere med laboratorietest hvad angår tids- og ressourceforbrug. På den anden side kan man ikke undvære laboratorieundersøgelserne til at undersøge den direkte giftighed af miljøfarlige stoffer, da der under naturlige forhold er mange andre påvirkningsfaktorer, som kan forstyrre billedet. Til sidst skal den nævnes at den brugte biomarkør fint reflekterede forskellen i forsøgspstillinger og korrelerede med populationsmål. Denne biomarkør kan derfor bruges til pålideligt, hurtigt og billigt at påvise biologiske effekter på forurenede grunde.

## Partiel rangordning på baggrund af QSAR genererede data. Et værktøj til prioritering af kemikalier

Lars Carlsen<sup>1</sup>, Peter B. Sørensen<sup>2</sup> og Dorte B. Lerche<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Awareness Center, Hyldeholm 4, Veddelev, 4000 Roskilde

<sup>2</sup>Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

### Introduktion

I hvidbogen "Strategy for a future chemicals policy" [1] har Kommissionen foreslået et helt nyt system til at gennemføre risikovurderinger af kemikalier på. Systemet vil give de virksomheder, der er kemikalieproducerende og -forbrugende et væsentligt ansvar i forbindelse med risikovurderingen, i det det i al væsentlighed vil blive industrien, der skal levere det nødvendige materiale. Det forventes implicit, at virksomhederne enten har eller får opbygget de nødvendige kompetencer til at gennemføre disse vurderinger.

Risikovurderingen af kemikalier, som den kendes i dag, baseres på den såkaldte TGD [2], der i detaljer beskriver, hvad der kræves. I den kommende strategi formuleres et nyt vurderingssystem REACH, der bryder på mange punkter fundamentalt med den nuværende praksis for risikovurdering af kemikalier. REACH står for "Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals". For alle stoffer, der produceres/forbruges i mængder på over 1 ton pr. år pr. producent/importør/bruger, skal en registrering af basale informationer finde sted. Denne registrering skal indeholde stoffets identitet og egenskaber, planlagt anvendelse, inkl. den forventede kontakt med stoffet som brugeren og miljøet vil blive udsat for, produktionsmængde, forslag til klassificering og mærkning, sikkerhedsanvisninger, foreløbig risikovurdering dækkende den planlagte brug samt forslag til reduktion af den risiko, der evt. er forbundet med produktionen/brugen af stoffet. På baggrund af mangel på eksperimentelle data forventes det, at QSAR genererede data vil komme til at spille en væsentlig rolle i denne sammenhæng.

I nærværende studie fokuseres på bionedbrydelighed, bioakkumulering og toksicitet.

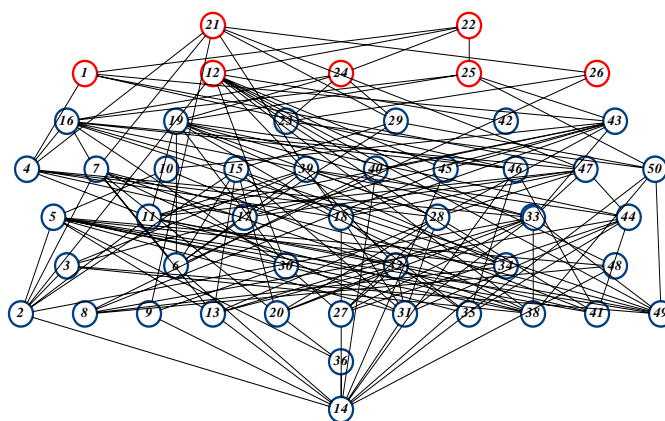
### QSAR Genererede Data

Data for bionedbrydning og bioakkumulering kan genereres af programmodulerne BioWin and BCFWin, der begge er inkluderet i QSAR programpakken EPI suite [3].

Bionedbrydningsmodulerne (BPP) beregner sandsynligheder for et givet stofs bionedbrydelighed. BPP1 og 2 angiver om stoffet er hurtigt eller ikke-hurtigt bionedbrydeligt, mens BPP3 og 4 fokuserer på henholdsvis den ultimative og primære bionedbrydning. BCFWin beregner biokoncentrationsfaktoren (BCF). En alternativ beregning af BCF, der anbefales i TGD'en, er baseret på det såkaldte Connell-Hawker polynomiske udtryk, der er en noget mere konservativ tilgang til BCF. Toksikologiske data, kronisk toksicitet for alger og fisk, EC50 for dafnier og baseline toksicitet, kan fås fra programmodulet ECOSAR.

### Partiel Rangordning

Udvælgelsen af kemiske stoffer kan baseres udelukkende på QSAR genererede data. Dette vil imidlertid kun give anledning til en klassificering om stofferne f.eks. opfylder specifikke kriterier. For yderligere at kvalificere udvælgelsen kan stofferne rangordnes ved simultant at inddrage en række af kriterier, dvs. gennem en partiel rangordning. Grafisk fremstilles resultatet som et såkaldt Hasse diagram [4-6]. Et eksempel på et Hasse diagram er vist i nedenstående figur, hvor 50 tilfældigt valgte stoffer er rangordnet efter deres bionedbrydelighed og deres evne til at bioakkumulere. Stoffer med lavest bionedbrydningshastighed og størst tendens til bioakkumulering findes i de øverste niveauer.



En rangordning som den her viste kan danne grundlag for udvælgelse af det eller de stoffer, der af miljøhensyn bør udfases først. I relation til kemikalieproducerende og -forbrugende virksomheder, kunne dette være et eksempel på en rangordning af stofferne i deres spildevand. Det vil herefter være muligt at planlægge miljøindsatsen, således at de miljømæssigt mest problematiske stoffer fjernes først enten gennem en yderligere rensning af spildevandet eller gennem substitution opstrøms i produktionskæden.

En yderligere bearbejdning af den partielle rangordning gennem introduktion af såkaldte lineære ekstensioner vil blive diskuteret.

### Referencer

1. European Commission, 2001: Strategy for a future chemicals policy, er tilgængelig på [http://europa.eu.int/comm/environment/chemicals/0188\\_da.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/chemicals/0188_da.pdf)
2. European Commission , 1996: Technical Guidance Document in support of Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for New and Notified Substances and Directive (EC) No. 1488/94 on Risk Assessment for Existing Substances.
3. US EPA, 2000: Pollution Prevention (P2) Framework, EPA-758-B-00-001; The 'P2 Manual 6-00.pdf' er tilgængelig på <http://www.epa.gov/pbt/framwork.htm>
4. Halfon, E., Reggiani, M.G. On the ranking of chemicals for environmental hazard, Environ.Sci.Technol., 1986, 20, 1173-1179
5. Brüggemann, R., Halfon, E., Welzl, G., Voigt, K, Steinberg, C.E.W. Applying the concept of partially ordered sets on the ranking of near-shore sediments by a battery of tests, J.Chem.Inf.Comput.Sci. 2000, 41, 918-925
6. Brüggemann, R.; Halfon, E.; Bücherl, C. Theoretical base of the program "Hasse", GSF-Bericht 20/95, 1995, Neuherberg.

## **Biotest med *Acartia tonsa*** **- screening af hormonlignende og andre specifikt toksiske stoffer**

Leah Wollenberger, Jane Bergstrøm og K. Ole Kusk

Miljø & Ressourcer DTU, Danmarks Tekniske Universitet, Bygning 115, 2800 Kgs. Lyngby

### **Indledning**

En let udførbar, hurtig og følsom biotest for subletale effekter på vækst og udvikling af det marine krebsdyr *Acartia tonsa* er blevet udviklet i vores laboratorie.<sup>1,2</sup>

*Acartia* tilhører klassen af copepoder og er almindelig forekommende i danske farvande samt i temperede og subtropiske kystnære områder verden over. *A. tonsa* er nemt at holde i kultur og har en kort generationstid på omkring to uger. *Acartia* har en kønnet reproduktion og lægger æg enkeltvis og kontinuert. Udviklingen fra æg til den kønsmoden copepod foregår via 12 særskilte stadier, hver overgang mellem stadierne er knyttet til et hudskifte. De første seks stadier er nauplius-stadier, derefter følger copepodit-stadierne. Nauplius-larver er morfologisk markant forskellig fra copepodit-larver. Hudskifte og morfologiskiftet fra nauplius til copepodit er styret af steroidhormoner (ecdysteroider) og juvenil hormoner, som kendes fra insekter.

Ud af forskellige testparameter som akut dødelighed, æg-klækning, larveoverlevelse, larveudvikling, æg-produktion og kønsdifferentiering har larveudviklingen vist sig som den mest følsomme parameter, der samtidig er reproducerbar og let at observere.

Naturlige og syntetiske steroidhormoner, juvenil hormoner, industrikemikalier med kendte hormonforstyrrende egenskaber samt syntetiske moskus-stoffer og bromerede flammehæmmere, som er stofgrupper med kendte specifikt toksiske virkninger, er blevet undersøgt for deres (sub)kroniske effekter på af *A. tonsa* larver.

### **Metoder**

Endpoint i larveudviklingstesten er den morfologiske overgang fra det sidste nauplius- til det første copepodit-stadie. Nauplier og copepoditter er nemme at skelne ved hjælp af et stereomikroskop. Forholdet mellem de to larvetyper er et mål for udviklingshastigheden. I testen blev *Acartia*-æg eksponeret for testkemikalierne i et fuldt syntetisk saltvandsmedie<sup>3</sup> ved 20°C for 5 døgn. Efter 5 døgn har ca. 50 % af kontrolorganismer nået et copepodit-stadie, og larveudviklingsraten, udtrykt som fraktion af copepoditter blandt larverne, blev beregnet for hvert replikat af de eksponerede grupper og sammenlignet med kontrollen. Derudover blev effekter på ægklækning og larveoverlevelse observeret. Effektive koncentrationer (EC-værdier) for hæmning af larveudviklingen blev beregnet. Akutte toksicitetstest med voksne dyr blev udført ifølge den internationale standardprocedure.<sup>4</sup> Letale koncentrationer (LC-værdier) blev beregnet ved probit-analyse. Forholdet mellem akut og (sub)kronisk toksiske koncentrationer blev beregnet (LC<sub>50</sub>/EC<sub>50</sub>)

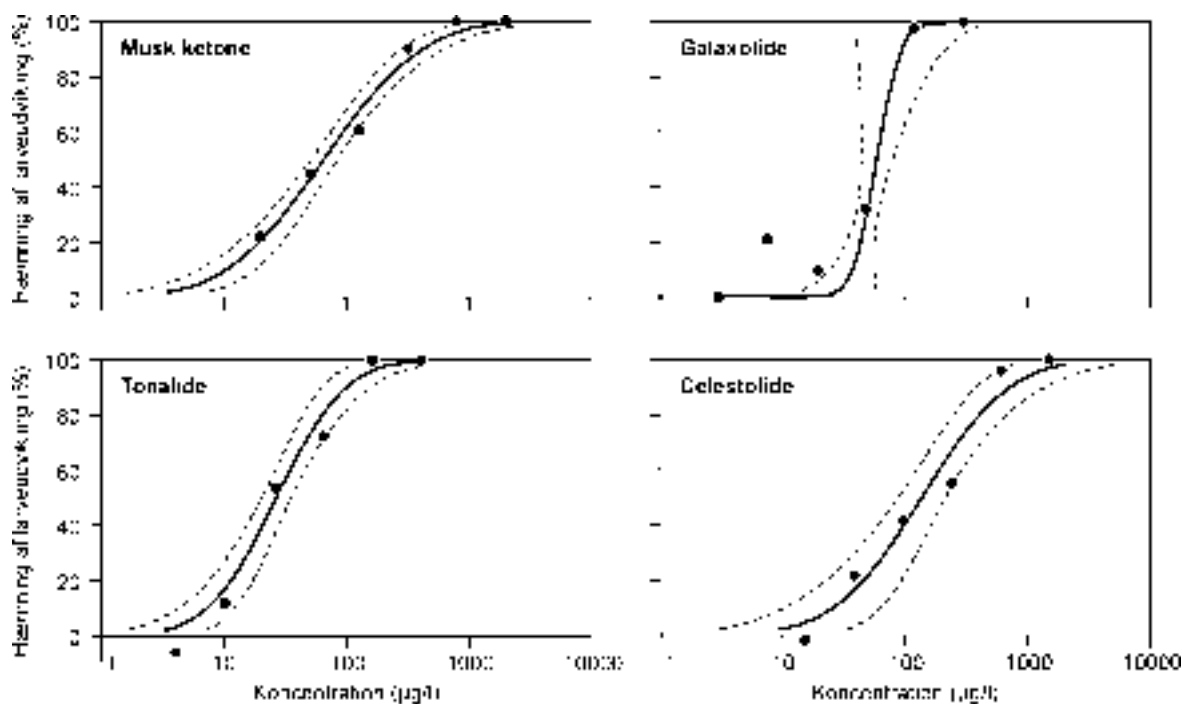
Udvalgte teststoffer blev undersøgt *in vitro* for ecdysteroid agonistisk eller antagonistisk aktivitet i en test med den ecdysteroid responsive *Drosophila melanogaster* B<sub>11</sub>-cell line.<sup>5</sup>

### **Resultater og diskussion**

En del toksiske stoffer kan hæmme udviklingen af nauplii (subletal toksicitet) uden at det tilsyneladende involverer det endokrine system eller på anden vis er knyttet til en specifik virkningsmåde. Som et kriterium for at skelne generel toksiske effekter fra hormonforstyrrende eller andre specifikke effekter blev derfor anvendt, at hæmningen af larvernes udvikling skal ske ved koncentrationer, som er mindst ti gange lavere end de akut toksiske.

Der er identificeret effekt af en række stoffer, som efter deres kendte hormonavirkning i andre assays kan inddeles i tre grupper: 1.) Stoffer, der er agonister eller antagonist til vertebrat-østrogen-receptorer, 2.) Stoffer, der er antagonist til vertebrat-androgen-receptoren samt 3.) Stoffer, der virker som juvenil hormon. Eksempler på disse stoffer er ethinylestradiol, som er et syntetisk østrogen og som findes i rensset spildevand, p,p-DDE, som er en DDT-metabolit, samt insekticiderne methoprene og fenoxycarb, der begge virker ved at efterligne juvenil hormoner.

*Acartia*-testen blev desuden anvendt på syntetiske moskus-stoffer og bromerede flammehæmmere (BFR). Begge stofgrupper har vist sig som meget toksiske. For de testede moskus-stoffer blev fundet 5-døgns-EC<sub>50</sub>-værdier mellem 25 og 160 µg/l.<sup>6</sup> I Figur 1 er koncentrations-respons-kurver vist. Af de undersøgte BFRs var gruppen af polybromerede diphenylethere (PBDEs) mest toksisk med meget lave 5-døgns-EC<sub>50</sub>-værdier omkring 10 µg/l (se vores poster i session 3).



Figur 1. Eksperimentelle værdier og beregnede koncentrations-respons kurver med 95% konfidens-intervallerne (stiplede linier) for inhiberingen af larveudviklingen af *A. tonsa* eksponeret i 5 døgn overfor de 4 moskus-stoffer: musk ketone, Galaxolide<sup>TM</sup>, Tonalide<sup>TM</sup> og Celestolide<sup>TM</sup>.

Ecdysteroid agonist og antagonist aktiviteter af syntetiske moskus-stoffer og BFRs blev testet *in vitro* (*Drosophila melanogaster* B<sub>11</sub>-cell line assay). Ingen af moskus-stofferne var positive i denne test. Af de undersøgte BFRs fremgik de to PBDE-kongenere BDE-99 og BDE-100, som var mest potent i *Acartia*-testen, som ecdysteroid-antagonister.

Videregående forskning med invertebrater er nødvendig for at opklare den toksiske virkningsmåde af stoffer, for hvilke heldyrtest og feltundersøgelser peger på hormonforstyrrende effekter. En kombination af *in vitro* screenings metoder og (sub)kronisk copepod biotests kan være et lovende skridt i denne retning.

I sammenligning med standardiserede testmetoder med andre krebsdyr er (sub)kroniske toksicitetstest med copepoder meget følsomme og har derfor et lovende potentiale for anvendelse i risikovurderingen af miljøfremmede stoffer.

## Referencer

1. Kusk K.O. and Petersen S. 1997: Acute and chronic toxicity of tributyltin and linear alkylbenzene sulfonate to the marine copepod *Acartia tonsa*. Environ. Toxicol. Chem. 16, 1629-1633.
2. Andersen H.R., Wollenberger L., Halling-Sørensen B and Kusk KO. 2001: Development of copepod nauplia to copepodites – a parameter for chronic toxicity including endocrine disruption. Environ. Toxicol. Chem. 20, 2821–2829.
3. Kusk K.O. and Wollenberger L. 1999: Fully defined salt water medium for cultivation of and toxicity testing with the marine copepod *Acartia tonsa*. Environ. Toxicol. Chem. 18, 1564-1567.



4. ISO 14669, Water Quality - Determination of acute lethal toxicity to marine copepods (Copepoda, Crustacea)
5. Dinan L., Bourne P., Whiting P, Dhadialla T.S. and Hutchinson T.H. 2001: Screening of environmental contaminants for ecdysteroid agonist and antagonist activity using the *Drosophila melanogaster* B<sub>11</sub> cell *in vitro* assay. Environ. Toxicol. Chem. 20, 2038-2046.
6. Wollenberger L., Breitholtz M., Kusk K.O. and Bengtsson B.-E. 2002: Inhibition of Larval Development of the Marine Copepod *Acartia tonsa* by four Synthetic Musk Substances. Accepted for publication in Sci. Total. Environ.



## ”Baltic Carrier” oliekatastrofen

Gunnar Pritzl, Maria Pécseli, Asger B. Hansen, Jan H. Christensen,  
Ellen Christiansen og Charlotte D. Jensen,

Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

### Resumé

Den 29 Marts 2001 kolliderede tankskibet M/T ”Baltic Carrier” med fragtskibet M/S ”Tern” i Kadetrenden sydøst for Falster. Sammenstødet resulterede i udslip af 2.700 tons olie som i løbet af de følgende dage drev ind i Grønsund mellem Falster og Møn. Det var det hidtil største olie udslip i Danmark, og opstart af såvel afværgeforanstaltninger såvelsom undersøgelsesprogram var mildt sagt noget kaotisk, specielt hvad angik ansvarsfordeling og finansiering. Efter ulykken søgtes olien inddæmmet vha. flydespræringer, men dette var ikke muligt, bl.a. fordi der i dette tilfælde var tale om en såkaldt bunker olie med en relativt høj massefylde. Olien tyngede flydespræringerne ned og var for tykt flydende til at pumpes op som ellers er den planlagte procedure i følge det danske beredskab. Vind og strøm besværliggjorde desuden oprydningsarbejdet som endte med at forgå hovedsageligt fra land med skovle og større gravemaskiner.

Det ramte område har et rigt fugleliv med flere EU-fuglebeskyttelsesområder og strande af stor rekreativ værdi. Der var derfor både fra befolkningen i området og fra de ansvarlige myndigheder stor interesse for at få et overblik over både den øjeblikkelige forureningssituation og udviklingen i denne, og dette resulterede i efteråret 2001 i opstarten af et EU-finansieret projekt, der skal undersøge de miljømæssige konsekvenser af oliespildet i Grønsund. Projektet er et samarbejdsprojekt mellem DMU-MIMI og Storstrøms Amt, hvor DMU forestår overordnet projektledelse, koordinering og afrapportering, samt bidrager med olieanalyser og analyser af polycykliske aromatiske kulbrinter (PAHer), mens Storstrøms Amt registrerer effekter på fugleliv og vegetation i området, samt udfører socio-økonomiske vurderinger. Endvidere udfører Roskilde Universitets- center forskellige effekt studier på relevant biota, i første række hvirvelløse dyr og fisk.

Umiddelbart efter ulykken analyserede man olie fra skibets lastrum samt olie fundet på lokaliteter i området for at undersøge oliens udbredelse. Efterfølgende er sediment, vand og muslinger fra 30 stationer i området blevet indsamlet og analyseret for 59 forskellige PAH komponenter, som udgør den mest toksiske fraktion af olien. Til sammenligning analyseres 28 forskellige forbindelser som en del af NOVA programmet. Rækken af ekstra komponenter analyseret i forbindelse med Baltic Carrier er fortrinsvis lette alkylerede forbindelser da disse udgør en stor fraktion i olie. På hver lokalitet kan oliens bidrag bestemmes ud fra såkaldt fingerprint analyser, hvor PAH sammensætningen i miljøet kan sammenlignes med PAH sammensætningen i olien. Senere blev der analyseret for PAH i forskellig biota fra området muslinger, børsteorme, rejer og fisk, dette i første række for at vurdere de potentielle toksiske effekter på dyrelivet, men danner også basis for human-toksikologiske vurderinger, med henblik på myndighedernes sagsbehandling vedrørende eventuelle reguleringer omkring fiskeri (især fritidsfiskeri) og akvakultur, der specielt i Grønsund området har et betydeligt omfang. Disse vurderinger vil sammen med øvrige relevante data danne baggrund for en socio-økonomisk vurdering af ulykkens konsekvenser. Som et eksempel på sådanne kan nævnes, at der bl. a. på basis af analyser af PAHer i fisk blev udbetalt erstatninger på godt 20 millioner til dambrugsejere i området

Olie udledt i miljøet vil forsvinde som resultat af forskellige processer fortynding, fordampning og endelig bionedbrydning. De første prøver til PAC analyse blev indsamlet i april ca. en måned efter ulykken og viste niveauer i området fra 600 ng PAH (som sum af NOVA PAH'er) per liter vand til 55.600 ng PAH (som sum af NOVA PAH'er) per liter vand i vandfasen med en median på 1460 ng/l. Dette var op til 1000 gange højere end hvad man finder rundt omkring i Danmark i forbindelse med NOVA programmet. Allerede efter 3 måneder midt i juni var niveauet imidlertid faldet til mellem 27 ng/l og 120 ng/l, hvilket ikke ligger nævneværdigt over baggrundsniveauet. For muslinger var faldet ikke helt så markant. Endnu i juni måned fandtes koncentrationer på mellem 121 µg/kg vådvægt og 639 µg/kg vådvægt (dansk topscorer!), versus 60 – 280 µg/kg vådvægt i NOVA programmet. De seneste muslinge data tyder på faldende koncentrationer i området, og ud fra de foreløbige data tyder alt på at konsekvenserne for området bliver begrænsede på længere sigt.

I følge Dansk Ornitologisk Forening var der 10.000 fugle i området da ulykken skete, hvoraf ca. 1-2% blev direkte påvirket af olien. Effekter på længere sigt er ved at blive klarlagt i disse dage, hvor fugletællinger kan vise, om forstyrrelsen af lokaliteterne har betydning for deres værdi som yngleområde. Ligeledes undersøges reetablering af flora og fauna efter det særdeles omfattende oprydningsarbejde, hvor store dele af kystzonen blev eroderet.

Den endelige rapport skal ud over de mere miljøkemiske og socio-økonomiske vurderinger endvidere indeholde en evaluering af processen med opstart af undersøgelsesprogrammet, med henblik på initiativer til at få skabt en stående beredskabsstruktur til øjeblikkelig indsats i kommende katastrofer.

## DNA skader - et vigtigt effektmål i økologisk risikovurdering

Jette Rank

Institut for Miljø, Teknologi og Samfund, Roskilde Universitetscenter, 4000 Roskilde

### Indledning

Kræftsygdomme og genetiske sygdomme kan udløses af genotoksiske stoffer, der via primære skader på DNAet kan føre til mutationer, der ændrer cellernes funktioner. Viden om sammenhæng mellem stoffer, DNA skader og sygdom har ført til udvikling af et omfattende testbatteri af såkaldte korttids test, hvoraf den mest kendte er *Salmonella* testen. Metoderne anvendes dels til at teste de rene kemikaliers farlighed, dels til at teste de komplekse medier såsom vand, luft, jord, som mennesker er eksponeret for. Derudover udføres omfattende monitoringer: Kemiske monitoringer for at kortlægge udbredelsen af kræftfremkaldende stoffer og biologiske monitoringer for at kortlægge niveauet af befolkningsgrupperes DNA skader. I begyndelsen af 90'erne blev der sat fokus på de mutagene stoffers betydning for eksponerede organismer i miljøet. Det var velkendt, at fisk fanget i meget forurenede områder kunne have kræftkuder, men det blev ikke anset for betydningsfuldt, fordi økotoksikologien ikke beskæftiger sig med skader på enkelte individer, og kræft hos enkelte fisk mente man ikke indikerede nogen fare for populationen. En artikel af Würgler og Kramers diskuterer i 1992 for første gang betydningen af genotoksiske stoffer i miljøet, og kalder forskningsfeltet for "Eco-Genotoxicology". De skriver blandt andet, at grundlæggende burde udledningen af genotoksiske stoffer til miljøet undgås, fordi massiv eksponering kan påvirke den reproduktive kapacitet hos mange arter, og moderat eksponering kan føre til forøget ustabilitet af økosystemer og kan medføre specifikke adaptationer overfor stresspåvirkninger. Yderligere påpeges, at det er behov for kvantitative metoder for at kunne udføre en kvantitativ risikovurdering. Efterfølgende er hypotesen om specifik adaptation blevet understøttet af Theodorakis et al. (1998) i en undersøgelse af fiskepopulationer eksponeret i radioaktivt kontaminerede områder. Det blev vist, at eksponerede fisk udviklede et skift af DNA bånd, således at nogle bånd blev forstærkede og andre formindskede sammenlignet med ikke eksponerede fisk.

### Genotoksiske udledninger til det akvatiske miljø

Til trods for, at der er gjort et stort arbejde for at nedsætte anvendelsen af genotoksiske stoffer, bliver de stadig anvendt i forskellige industrielle produktioner og produkter. Således er der stadig ca. 1% af det kræftfremkaldende stof benzen i motorbenzin. Desuden opstår der også genotoksiske stoffer ved utilsigtede processer, såsom PAH'er og dioxiner ved forbrænding. Der er således mange kilder, og der er mange veje til miljøet. Den mest betydningsfulde kilde er spildevandsudledninger fra industri og husholdninger. Til trods for meget effektive renseanlæg er det ikke muligt at undgå udledning af de mest persistente stoffer, og heriblandt genotoksiske stoffer. Metoder til at detektere genotoksisk effekt af spildevand er derfor vigtige som indikatorer på genotoksiske udledninger til miljøet. Det har vist sig, at forskellige testmetoder, der anvender højere planter, er meget velegnede til måling af genotoksiske effekter af komplekse blandinger som for eksempel spildevand. *Allium* testen er et eksempel på en sådan metode.

### *Allium* kromosom aberrations assay

Løgplanten, *Allium cepa*, har været anvendt siden 30'erne til at vise kromosomforandringer som følge af kemisk påvirkning, og er i nyere tid blevet udviklet til et standardiseret testsystem (Rank og Nielsen 1994). Metoden er relativt hurtig og billig at udføre. Der anvendes almindelige stikløg, som over 24 timer får lov at udvikle rødder i syntetisk ferskvand, hvorefter rødderne eksponeres i 48 timer for spildevand i forskellige koncentrationer. Rodspidserne fikseres og præpareres til mikroskopisk analyse. Der analyseres for kromosomforandringer i anafase- og telofaseceller. De hyppigst forekommende kromosomforandringer er fragmenter og broer, der indikerer, at der er foregået brud og genforening af Dna-molekylerne. Men også andre skader som multipolære anafaser og vagrante kromosomer kan observeres som udtryk for beskadigelse af spindelen. Undersøgelser af dansk spildevand har vist at såvel kommunalt som industrielt spildevand har genotoksisk effekt i *Allium* testen.

## **Genotoksiske effekter i miljøet**

Med kendskab til, at der udledes genotoksisk spildevand til miljøet, er det ønskeligt at få kendskab til eventuelle effekter af sådanne udledninger. At finde de rette organismer for en sådan monitoring er ikke nemt. Muslinger er nogle af de mest anvendte organismer for kemisk monitoring, fordi de er stedfaste og filtrerer store vandmængder. Af samme grund er de anvendelige til monitoring af biologiske effekter og bliver da også anvendt til observation af DNA skader. I Danmark er blåmuslingen, *Mytilus edulis*, den mest udbredte og derfor mest oplagte biomoniteringsorganisme. Der findes adskillige korttids test, der er velegnede til monitoring af genotoksiske effekter i miljøet. Mikrokernetest og DNA-addukter er meget anvendte, men en af de mest lovende metoder er Comet assay.

## **Comet assay**

En af de nyeste metoder til bestemmelse af DNA skader i eukaryote organismer er Comet assay. Den kan anvendes på alle celler, der har kerne, og anvendes oftest på populationer af enkelte cellyper. Hos muslinger anvendes typisk hemocytter og gælleceller (Rank og Jensen 2002). Metoden er baseret på at brud på kromosomerne som følge af udsættelse for genotoksiske effekter giver anledning til dannelse af fragmenter. Når cellekernerne isoleres og udsættes for stærkt basisk gelelektroforese vil fragmenterne vandre hurtigere imod anoden end kromosomerne i kernen. Når kernerne efterfølgende farves og observeres i et fluorescensmikroskop vil der fremstå et billede, der ligner en komet, hvor fragmenterne udgør komethalen. Mængden af DNA, der har forladt kernen, kan ved hjælp af billedanalyse kvantificeres og gøres til et udtryk for DNA skader. Monitoring langs danske kyster af DNA skader i hemocytter og gælleceller hos blåmuslinger ved hjælp af Comet assay har vist et meget varieret billede.

## **Referencer**

- Rank J, Jensen K, 2002. Comet assay on gill cells and hemocytes from the blue mussel, *Mytilus edulis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. In print.
- Rank J, Nielsen MH, 1994. Evaluation of the *Allium* anaphase-telophase test in relation to genotoxicity screening of industrial wastewater. *Mutation Research* 312, 17-24
- Theodorakis CW, Bickham JW, Elbl T, Shugart LR, Chesser RK, 1998. Genetics of radionuclide-contaminated mosquitofish populations and homology between *Gambusia affinis* and *G. holbrooki*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 17 (10) 1992-1998
- Würgler FE, Kramers PGN, 1992. Environmental effects of genotoxins (eco-genotoxicology). *Mutagenesis* 7 (5) 321-327

## En ny metode til prioritering af oprensning af forurenende grunde

Trine S. Jensen, Dorte B. Lerche og Peter B. Sørensen

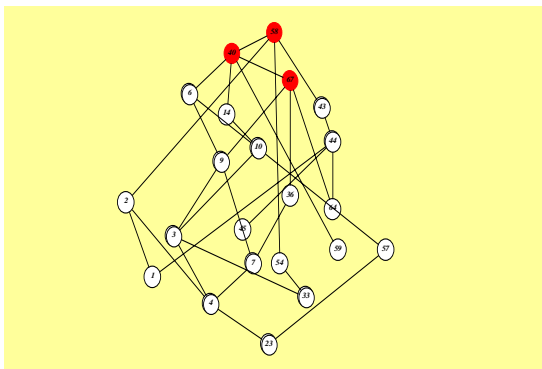
Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

### Resumé

En metode baseret på partiel rangordning er udviklet til prioritering af forurenede lokaliteter til oprensning. Metoden anvendes på prioritering af forurenede grunde i Slagelse og Ringsted kommune i Vestsjællands Amt og resultatet sammenlignes med Vestsjællands Amts prioritering hvor der anvendes et scoringsystem og index funktion. Metoden er endvidere anvendt til at foretage en følsomhedsanalyse overfor de udvalgte parametres betydning for rangordningen, og denne analyse kan bl.a. ligge til grund for en udvælgelse af parametre der skal indgå i den endelige prioritering. Samtidig kan en følsomhedsanalyse også anvendes til en vurdering af relevansen af de målte parametre.

Den partielle rangordningsmetode bygger på en sammenligning mellem de forskellige forurenede grunde, og der rangordnes kun, hvis alle de parametre der er valgt til at karakterisere de forurenede lokaliteter ikke er i indbyrdes konflikt om rangen. Dvs. hvis den forurenede lokalitet 1 er beskrevet ved parametrene ( $a_1, b_1, c_1, \dots$ ) og den forurenede lokalitet 2 er beskrevet ved parametrene ( $a_2, b_2, c_2, \dots$ ), hvor f.eks.  $a$  = grundvands gradient,  $b$  = toxicitet etc., kan lokalitet 1 rangordnes over lokalitet 2, hvis og kun hvis alle parametre for lokalitet 1 er større end alle parametre for lokalitet 2. Hvis alle parameter værdier er lig med hinanden har de to lokaliteter selvfølgelig samme rang. Der vil således være nogle lokaliteter, der ikke vil blive rangordnet i.f.t. hinanden da der ikke er en entydig rang for alle lokaliteter. Det betyder at der fremkommer en delvis rangordning i modsætning til en fuldkommen rangorden. Selvom rangordningen på denne måde fremkommer ufuldkommen vil mange af de lokaliteter der ikke kan sammenlignes indbyrdes alligevel være fælles om at blive rangordnet i forhold til andre lokaliteter hvorved der fremkommer et prioriteringsnetværk, der enten kan tolkes direkte eller ved at anvende en række statistiske metoder. Ved denne metodiske tilgang opnås, at de enkelte forurenede lokaliteter kan indgå i en prioritering i forhold til hinanden på trods af at ikke alle de anvendte parametre er sammenlignelige. Man kan således undgå problemet med at skulle foretage en subjektiv vægtning af betydningen af de forskellige parametre. Den delvise rangordning kan med fordel analyseres grafisk ved hjælp af et såkaldt Hasse-diagram, hvor de enkelte forurenede grunde er afbildet i et netværk afhængig af rangordning og indbyrdes sammenlignelighed, se figur 1. Ved anvendelse af en såkaldt linear extentions teknik er der endvidere foretaget en linear rangordning af de forurenede grunde baseret på sandsynligheder for at en forurenet grund har en given prioritering.

Kortlægning og undersøgelse af nye forurenede grunde, samt indførelse af nye betydende parametre, kan let indarbejdes i en revideret rangordning, hvilket gør metoden med delvis rangordning meget fleksibel. De anvendte parametre og klassificeringer er gennemgående i både den partielle rangordnings metode og scorings metoden.



Figur 1. Hasse-diagram

## Box 1. Parameter klassificeringer

Vandindvinding	parameterklasser
Områder med begrænset drikkevandsinteresser	1
Områder med drikkevandsinteresser	2
Områder med særlige drikkevandsinteresser	3
● Indvindingsplan til offentlig vandforsyning	3
<b>Grundvandsbeskyttelse</b>	
Jordlagstykkelse >30 m clay	1
Jordlagstykkelse 15-30 m clay	2
Jordlagstykkelse <15 clay	3
<b>Grundvands gradient</b>	
Opad rettet gradient	1
Usikker gradient	2
Nedad rettet gradient	3
<b>Mobilitet</b>	
Lav mobilitet	1
Medium mobilitet	2
High mobilitet	3
<b>Toxicity</b>	
● Lav toxicitet	1
Medium toxicitet	2
Høj toxicitet	3
<b>Bionedbrydnings potentiale</b>	
Høj aerob/høj anaerob nedbrydning	1
Høj aerob/medium anaerob nedbrydning	2
Høj aerob/lav anaerob nedbrydning	2
Medium aerob/høj anaerob nedbrydning	2
Medium aerob/medium anaerob nedbrydning	3
Medium aerob/lav anaerob nedbrydning	5
Lav aerob/høj anaerob nedbrydning	4
Lav aerob/medium anaerob nedbrydning	5
Lav aerob/lav anaerob nedbrydning	5

Der er anvendt 5 forskellige undersøgelses-parametre til karakterisering af de forurenede grunde, se box 1. Ved sammenligning af rangordnings resultatet fra de to metoder viste det sig at valget af score værdier og index funktion har stor indflydelse da kun 4 ud af 74 forurenede grunde blev tildelt samme rang.

Undersøgelse af betydningen af de anvendte parametre viste at jord lagets tykkelse og mobiliteten af forureningen har stor indflydelse på rangordnings resultatet, grundvandsgradienten og bionedbrydnings potentialet har nogen indflydelse hvorimod vandindvindingssklassen og toxiciteten ingen indflydelse har på resultatet. En nærmere analyse af de parametre der ikke har nogen indflydelse viste at være begrundet i to forskellige forhold. Det ene begrundet i karakteren af data, det andet begrundet i selve klassificeringen af parameteren.



## Effekt af metalforurening på regnorme

Vibeke Simonsen og Janeck J. Scott-Fordsmand

Danmarks Miljøundersøgelser, Vejlsøvej 25, 8600 Silkeborg

### Indledning

Mange undersøgelser har påvist effekt på regnorms overlevelse og reproduktion, når de udsættes for forurening som f. eks. tungmetaller. Regnorme anvendes i et vist omfang som følsomme organismer, når tilstedeværelsen af forurening skal påvises. Desværre er ændringer i ormenes overlevelse og reproduktion ret dramatiske, og gennem de seneste årtier er muligheden for anvendelse af biomarkører blevet undersøgt. Ved en biomarkør forstås en biologisk reaktion i en organisme som svar på en miljømæssig påvirkning, det kan f.eks. være et pesticid eller et tungmetal. Det biologiske respons kan forekomme på molekylært, cellulært eller organisme-niveau. Overlevelse og reproduktion er eksempler på respons på organisme-niveau. Dannelse af molekyler for at imødegå miljømæssige påvirkninger er ofte det første respons. I visse tilfælde kan organismen være udrustet med gener som giver en naturlig beskyttelse mod forskellige miljømæssige påvirkninger. Organismer med disse gener vil have en selektiv fordel fremfor organismer uden disse gener. Eksempler på dette kendes for en række organismer, se f. eks. Kammenga et al. 2000.

I forbindelse med et projekt finansielt støttet af EU og Dansk Center for Økotoxikologi, blev regnorme fra et metalforurenede område i England undersøgt over tre år. Formålet med undersøgelsen var at påvise om genetisk variation i et enzym, esterase, havde betydning for ormene over området.

### Resultater

Gennem tre år blev der indsamlet orm fra fire lokaliteter i alt 211 orm, den ene lokalitet dog kun de to sidste år. Lokaliteterne benævnes 2, 3, 3B og 4. Lokalitet 2 var et græsareal hvor der gik kvæg, lokalitet 3 var toppen af en lille bakke og 3B lige neden for bakken, afstanden mellem de to lokaliteter var ca. 100m. Lokalitet 4 var et område med begrænset plantevækst, tæt på forureningskilden. Genet for esterase hos disse orm viste sig at forekomme i to former (alleler), og da hver orm har to anlæg for det pågældende gen, så er der tre mulige genotyper hos ormene. Tabellen viser indholdet af total metal i jorden, indhold af metal i orm  $\checkmark$  standard-fejl og fordelingen af allelen benævnt 1 hos ormene over de tre år.

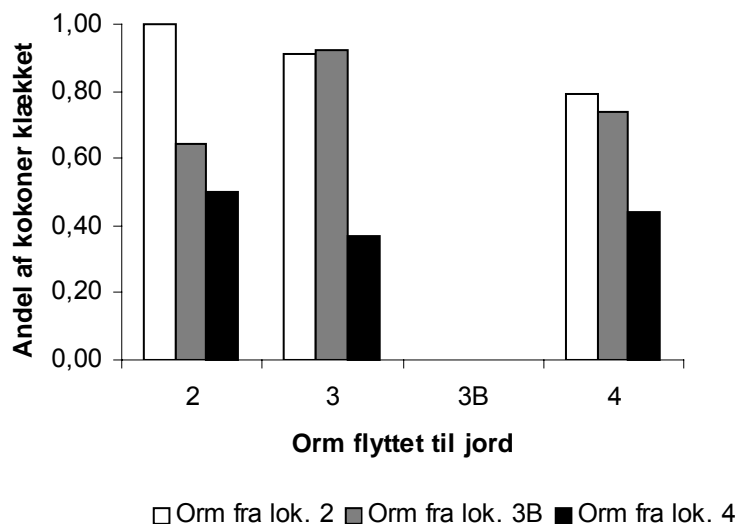
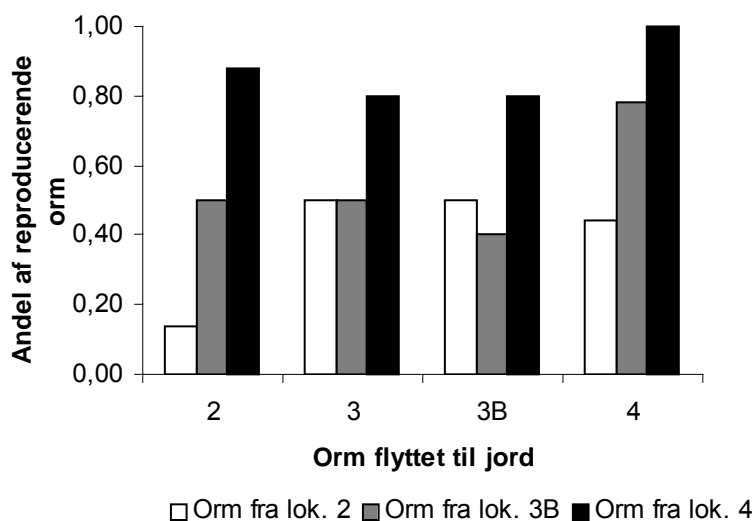
Tabel. Metal indhold i jorden, indhold af metal i orm  $\checkmark$  standard-fejl og fordelingen af allelen benævnt 1 hos ormene over de tre år.

Lokalitet	Total kobber mg/kg jord	Total zink mg/kg jord	År	Kobber i orm $\mu\text{g/g}$	Zink i orm $\mu\text{g/g}$	Hyppeghed af allel 1
2	21,5	234	1997	21,2 $\pm$ 1,9	938 $\pm$ 51	0,61
			1998	16,6 $\pm$ 1,1	913 $\pm$ 82	0,15
			1999	14,2 $\pm$ 1,2	631 $\pm$ 177	0,43
3	52,1	709	1998	35,2 $\pm$ 1,0	1187 $\pm$ 81	0,80
			1999	23,5 $\pm$ 1,3	1173 $\pm$ 90	0,53
3B	70,5	1803	1997	32,9 $\pm$ 1,7	2230 $\pm$ 243	0,50
			1998	31,0 $\pm$ 1,9	2260 $\pm$ 213	0,50
			1999	22,5 $\pm$ 0,9	1832 $\pm$ 138	0,50
4	34,9	2961	1997	72,5 $\pm$ 5,7	2397 $\pm$ 146	0,94
			1998	63,5 $\pm$ 4,1	2342 $\pm$ 108	0,96
			1999	34,9 $\pm$ 1,9	1035 $\pm$ 80	0,94

Det var bemærkelsesværdigt hvor stabil forekomsten af allel 1 var på såvel lokalitet 3B og 4. Derudover var det interessant at kun en genotype forekom på lokalitet 3B, mens alle tre genotyper forekom på den nærliggende lokalitet 3. Afstanden mellem de to lokaliteter er ikke længere end at ormene kunne vandre det stykke. Endelig blev der påvist en sammenhæng mellem mængden af kobber i jord og genotypfordelingen.

For at forklare disse observationer blev der foretaget et transplantationsforsøg hvor orm fra lokalitet 2, 3B og 4 blev anbragt i jord fra lokalitet 2, 3, 3B og 4 for at se, om en sådan flytning havde betydning for ormenes overlevelse og reproduktion. Forsøget løb over en måned. Der blev anvendt i alt 77 orm til forsøget, og kun een døde dagen efter forsøget var påbegyndt. Det mest slående resultat var at ingen orm kunne reproducere i jord fra lokalitet 3B, se figuren.

Det må konkluderes at ormene er påvirket af metalforureningen, men hvordan vides ikke og at esterasetypen er vigtig for overlevelsen.



Figur over reproduktion i transplantationsforsøg.

### Referencer

Kammenga J.E., Dallinger R., Donker M.H., Köhler H.-R., Simonsen V., Triebkorn R. & Weeks J.M. (2000) Biomarkers in terrestrial invertebrates for ecotoxicological soil risk assessment. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology 164: 93-147.

## Udvaskning af glyphosat og metribuzin, vurderet ud fra danske markforsøg

Jeanne Kjær<sup>1</sup>, Jørgen Ole Jørgensen<sup>2</sup> og Preben Olsen<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Danmark og Grønlands Geologiske Undersøgelse, Thoravej 8, 2400 København NV

<sup>2</sup> Danmarks Miljøundersøgelser, Vejlsøvej 25, 8600 Silkeborg

<sup>3</sup> Danmarks JordbrugsForskning, Forskningscenter Foulum, DK-8830 Tjele

### Resumé

I 1998 blev der iværksat et monitoringsprogram til overvågning af en eventuel udvaskning af pesticider fra dansk landbrug. Programmet har til formål at undersøge, hvorvidt godkendte pesticider - ved regelret brug - udvaskes til grundvandet. Monitoringen foregår på 6 forsøgsmarker, som drives som almindelige landbrug, herunder anvendelse af pesticider. På hver forsøgsmark er der etableret boringer, sugeceller og på de lerede tillige drænvandsudtagning. Der udtages løbende prøver af jordvand samt det nydannede grundvand med henblik på, at følge en evt. udvaskning af pesticider. Til beskrivelsen af vandtransporten er der endvidere udbragt bromid som sporstof.

På mødet præsenteres resultaterne vedrørende udvaskningen af glyphosat og metribuzin. Præsentation vil belyse de geologiske, klimatiske samt dyrkningsmæssige variabiliteter, for herigennem at diskutere hvilke processer der er styrende for de udvaskningsmønstre, der ses på de forskellige marker.

Udvaskningen af Metribuzin blev undersøgt på en sandjordlokalitet (JB2) Tylstrup i Nordjylland i forbindelse med kartoffeldyrkning. To nedbrydningsprodukter fra metribuzin (diketo-metribuzin og diketo-desamino-metribuzin) blev udvasket fra rodzonen, i gennemsnitskoncentrationer, der i flere tilfælde oversteg 0.1 µg/l. Nedbrydningsprodukterne er relativt stabile, og udvaskes mange år efter anvendelse. Tidligere behandling med metribuzin har således givet anledning til en vis grundvandsforurening. Specielt diketo-metribuzin blev fundet i 90% af de analyserede filtre, i høje koncentrationer op til 0,55 µg/l.

Udvaskningen af glyphosat blev undersøgt på 3 forsøgsmarker. De tre marker repræsenterer henholdsvis to lerede jorde (JB5/6) samt en sandet jord (JB1). På to af forsøgsmarkerne; Fårdrup på Sjælland og Jyndeved i Sønderjylland, er der efter 2 år endnu ikke set udvaskning af hverken glyphosat eller AMPA. På den tredje forsøgsmark, Estrup nær Vejen i Jylland, har en efterårsudbringning af glyphosat imidlertid givet anledning til en markant udvaskning fra rodzonen. Glyphosat blev anvendt på marken i midten af oktober 2000 efter høsten, som led i den normale dyrkningspraksis. I slutningen af oktober blev der fundet glyphosat og AMPA i drænvandet fra marken, og tilstedeværelsen af stofferne kunne måles i alle prøver frem til maj 2001, hvor vandet holdt op med at løbe i drænene. Den højeste koncentration af glyphosat er på 2,0 µg/l og gennemsnitskoncentrationerne for glyphosat og AMPA er henholdsvis 0,54 µg/l og 0,17 µg/l.



## Biologiske processer i tjæreforurenet jord

Carsten Suhr Jacobsen

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, Øster Voldgade 10, 1350 København K

### Indledning

Det danske samfund anvender mange penge på at fjerne, rense og deponere forurenet jord. Nogle typer af jordforureninger kan renses ved anvendelse af biologiske jordrensningsprincipper, mens andre typer ikke kan. Forskningscenteret BIOPRO, som er finansieret af det Strategiske Miljøforskningsprogram SMP98, har arbejdet for at forstå hvordan biologiske processer forløber i stærkt forurenede jorde. I dette foredrag vil der blive inddraget resultater fra flere af de deltagende forskergrupper. BIOPRO vil vise eksempler fra, hvad der sker når man forsøger at gennemføre et jordoprensning med anvendelse af et affaldsprodukt fra produktion af spiselig Østershat (*Pleurotus ostreatus*).

### Rensning af tjæreforurenet jord med Østershat

BIOPRO-centeret har valgt at arbejde med to forskellige stærkt forurenede jorde. Den ene jord er en leret jord fra Ringe gamle Asfalt- og tjærefabrik mens den anden jord er en mere sandet og humusrig jord, der stammer fra opfyldningen af Refshaleøen, der skete med industriaffald fra omkring 1900 i forbindelse med udvidelse af Burmeister og Wain skibsværft.



De to jorde: B&W (mørk) og Ringe (lys)



Opblanding af jord med svampeaffald

Svampe som østershat, tilhører familien af hvidråds svampe, der er istand til at nedbryde lignin i træ gennem udskillelse af ekstra-cellulære enzymer. Når man anvender hvidrådssvampe i forbindelse med oprensning af tjæreforurenet jord udnytter man, at disse enzymer er temmelig uspecifikke, og derfor angriber tjæreforbindelserne på samme måde som lignin.

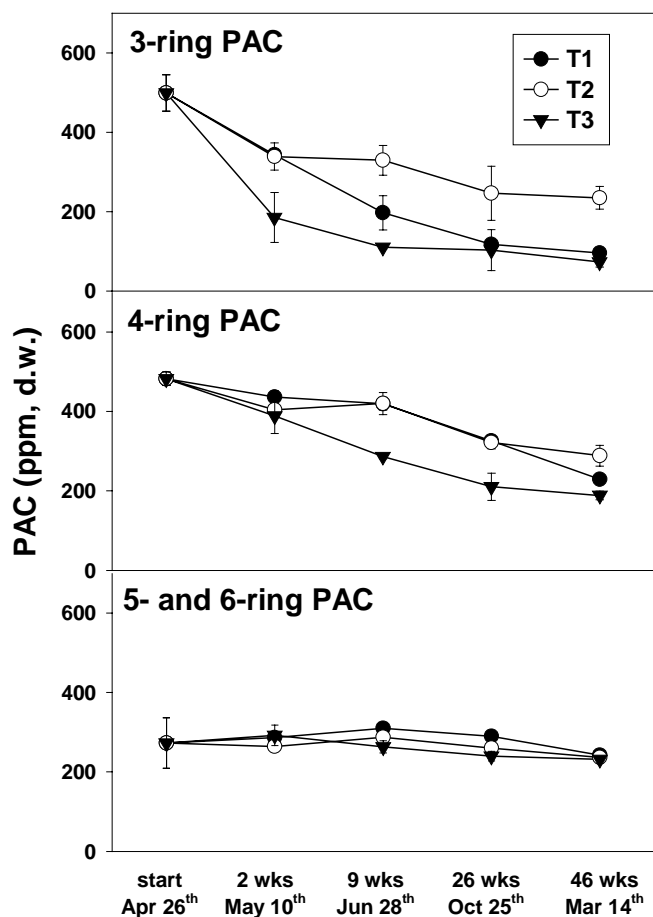
Forsøget blev sat op den 26. april 2000 på Hovedstadens Jordrens (en del af RGS). Hovedstadens Jordrens gennemførte i dagene op til forsøgsstart en tromlesigting af jorden, der havde til formål at fjerne de værste murbrokker, sten og træstumper fra jorden samtidig tilstræbe en homogenisering af jorden. 200 liters brøndringe blev fyldt med jord. Tre behandlinger blev lavet af de to jorde i triplikat: Behandling 1: ingenting; Behandling 2: sterilt vækstmedie til dyrkning af østershat; Behandling 3: affald fra produktion af østershat.

Efter 2 uger, 9 uger, 26 uger og 46 uger udtog GEUS prøver fra brøndringene og disse prøver blev fordelt til de deltagene laboratorier. På DJF i Foulum analyserede man for svampe tilstedeværelse og specifikt for enzymaktivitet fra svampe. På DMU, Afdelingen for miljøkemi og mikrobiologi blev der talt dyrkbare bakterier, herunder bakterier istand til at vokse på pyren og phenanthren; på DMU, Afdelingen for Terrestrisk Økologi blev der talt springhaler; på KU, Afdelingen for Populationsøkologi blev der talt protozoer; GEUS, Geokemisk afdeling analyserede den bakterielle populationssammensætning med DNA baserede teknikker, RUC, Institut for Biologi og Kemi, har

analyseret indholdet af forskellige PAH forbindelser, endelig blev jordene analyseret for ændringer i mutagen aktivitet på Fødeveddirektoratet.

Det totale indhold af PAH forbindelser falder i alle tre behandlinger, men det går markant hurtigere med nedbrydning af de 3 ringede PAH i den jord hvor der tilsættes østerhat affald.

Nedbrydningen i behandling 3 (T#) falder sammen med en høj lacase aktivitet, og der sker både i den jord, der modtager østerhat affald, og den jord der modtager sterilt substrat en kraftigt vækst af bakterier herunder PAH nedbrydende bakterier. BIOPRO's undersøgelser viser videre, at den bakterielle vækst følges af vækst af protozoer.



### Reference

Hestbjerg, H.; Willumsen, P.A.; Christensen, M.; Andersen, O. and Jacobsen, C.S. Bioaugmentation of tar-contaminated soils under field conditions using *Pleurotus ostreatus* refuse from commercial mushroom production. In press

## Naturlige plantetoksiner i jorden – thujon under *Thuja plicata*

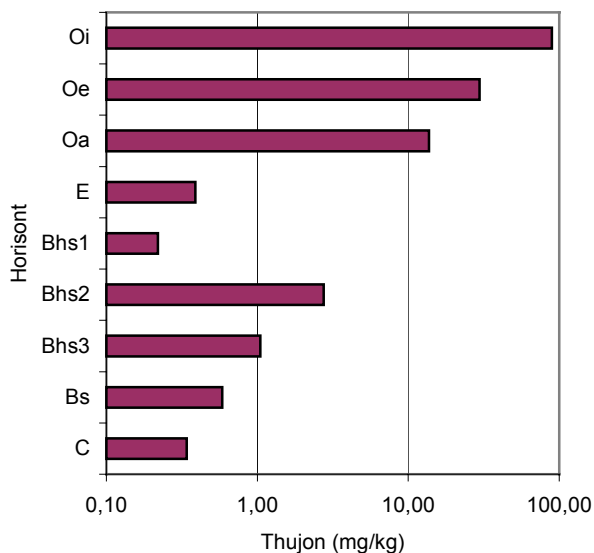
Bjarne W. Strobel og Hans Christian B. Hansen

Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole (KVL), Thorvaldsensvej 40, 1871 Frederiksberg

### Resumé

Mange almindelige planter producerer toksiner i relativt store mængder, ofte helt op til 1% af plantematerialet (vægt-% af ts) er rent giftstof. Disse naturlige toksiner kan være ret giftige for andre organismer, fx planter, insekter og pattedyr, og mange naturlige plantetoksiner er mere giftige end industrielt fremstillede pesticider. Kombinationen af meget store mængder (>1 kg/ha) og relativt høj toksicitet betyder at miljøbelastningen på et areal med toksiske plantebestande langt overstiger belastningen med pesticider på et tilsvarende areal.

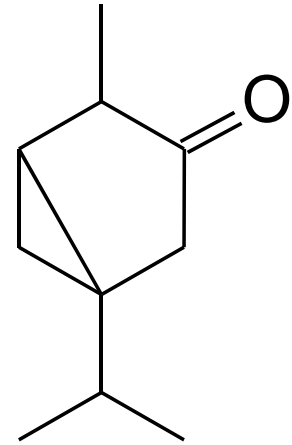
Kæmpethuja (*Thuja plicata*) indeholder det toksiske naturstof thujon i nålene. Thujon er en monoterpen med det kemiske navn, (1S,4R)-1-



Figur 1. Thujonindhold i jordbundshorisonter under *Thuja plicata* i Teglstrup Hegn ved Helsingør.

isopropyl-4-methylbicyclo[3.1.0]hexan-3-on. Thujon har en betydelig

giftvirkning overfor insekter (Höld et al., 2000), og LD<sub>50</sub> (mus) 45 mg/kg. Thujon er nok mest kendt som det aktive stof der giver hallucinationer når man drikker absint. Thujon produceres i store store mængder i nålene i *Thuja plicata* og angives i koncentrationer op til 1 vægt procent af tørstoffet i nålene (Teuscher and Lindequist, 1994). Kæmpethuja er introduceret i dansk skovbrug fra Nordamerika og findes i en del mindre bevoksninger i renbestand og som indblanding sammen med træarter. Kæmpethuja vokser bedst på næringsrige morænelerjorde og gerne periodisk vandlidende jorde (pseudogley). Kæmpethuja er relativt stormstabil selv på fugtige jorde. Kerneveddet er meget holdbart fordi det indeholder det toksiske naturstof thujaplicin, og anvendes i dag som alternativ til



imprægneret tømmer til udvendige husfacader og legeredskaber på legepladser. Det sidste kan man jo tænke lidt over fornuften i, men børnene slipper da for kreosot og arsen fra imprægneringen.

Skovbunden under kæmpethuja i Teglstrup Hegn ved Helsingør består af 1–5 cm tykt førnelag af delvist omsatte nåle, kviste og grene ovenpå mineraljorden. De øverste 1–2 cm af førnelaget består mest af uomsatte eller svagt omsatte nåle og kviste med en koncentration af thujon på op til 100 mg/kg (Figur 1). Omsætningsgraden af jordens organiske stof øges med stigende dybde fordi materialet har ligget længere tid i på jorden. Lige over mineraljorden er det organiske materiale omsat til en ukendelighed sort-brun masse og koncentrationen af thujon er reduceret til ca. 10 mg/kg. I E-horisonten, som er et udvaskningslag med lavt carbonindhold, er thujonindholdet meget lavt. Bhs-horisonterne, der har akkumuleret carbon og jernoxider, indeholder ca. 2,75 mg/kg eller næsten 10 gange så meget thujon som den overliggende E-horisonten. Der ses et gradvist fald i thujonindholdet ned gennem profilet til 0,34 mg/kg i C-horisonten.

### Referencer

Höld, K.M. et al. (2000) *Proc. Natl. Acad. Sci.* 97: 3826–3831.

Teuscher, E. & Lindequist, U. (1994) *Biogene Gifte*. Gustav Fischer, Stuttgart.





## Pesticider i vandløb og søer: koncentrationer og effekter

Torben L. Lauridsen, Nikolai Friberg, Brian Kronvang og Hans L. Iversen

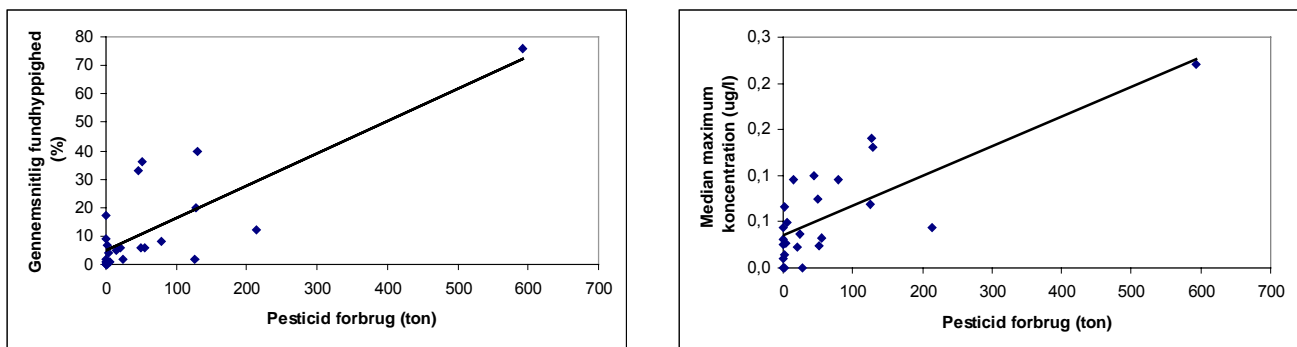
Danmarks Miljøundersøgelser, Vejlsovej 25, 8600 Silkeborg

### Kan pesticiders forekomst i ferskvand være et problem for tilstanden?

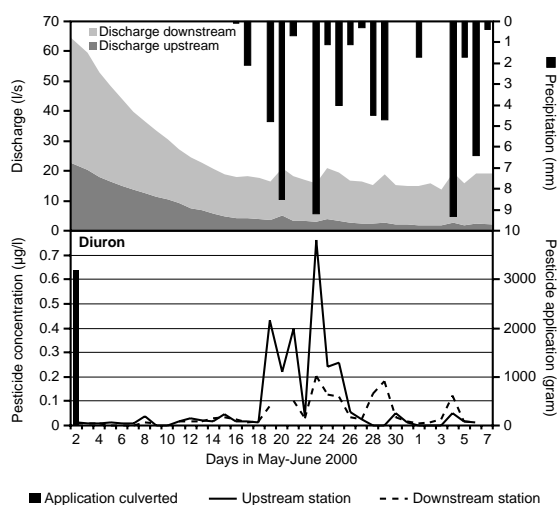
På trods af mere end en halvering af pesticidforbruget i Danmark over de eneste 15 år måles der stadig pesticider i vore vandløb, damme og søer, både i vandfasen og i sedimentet. Det er konstateret både i de regionale indsamlinger af overvågningsdata fra vandløb, samt i enkelte forskningsprojekter. Effekter af pesticider på flora og fauna i danske vandløb, damme og søer er dårligt belyst. På den baggrund er det derfor vanskeligt at vurdere konsekvenserne af de registrerede stoffer og koncentrationer.

### Forekomst og koncentration af pesticider i vandløb

Pesticiders forekomst kan måles som antal fund over detektionsgrænsen (fundhyppighed) og som koncentration. I 25 vandløb der fortrinsvis afvander dyrkede arealer er forekomsten af pesticider blevet målt i 2000 under det nationale overvågningsprogram NOVA-2003. Både den gennemsnitlige fundhyppighed og koncentrationen målt som median af maximum koncentrationen i de 25 vandløb er relateret til det gennemsnitlige årlige forbrug af de 27 pesticider i 1999 og 2000 (figur 1).



Figur 1: Der kan konstateres en signifikant sammenhæng mellem gennemsnitlig fundhyppighed af 27 moderne pesticider i 25 vandløb og gennemsnitligt forbrug af pesticider i Danmark i årene 1999 og 2000, samt mellem median maximum koncentration af de samme 27 pesticider og det gennemsnitlige forbrug.



Figur 2: Koncentration af herbicidet diuron målt med puljede døgnprøver ved 2 målestationer i Lillebæk, Fyn. Bemærk at den opstrøms station er rørlagt hvorfor vinddrift, atmosfærisk deposition og overfladisk afstrømning ikke kan forklare tilførslen af diuron til vandløbet.

Pesticider kan potentielt tilføres vandløb via mange transportveje (atmosfærisk deposition, vinddrift, overfladisk afstrømning, drænvand og grundvand). Drænvand ser dog ud til at være en betydelig transportvej i østdanske vandløb (figur 2)

## Effekter af pesticider på vandløbsinvertebrater

Effekter af pesticider på vandløbsinvertebrater er blevet undersøgt på flere rumlige niveauer fra egentlige feltundersøgelser til laboratorieforsøg. Feltundersøgelser har hidtil ikke vist entydige effekter på invertebrat samfundet. I kontrollerede eksperimenter er der registreret flere effekter: 1) Forøget mortalitet og adfærsændring (aktivitetsnedgang) hos ferskvandstangloppen *Gammarus pulex* udsat i bure ved drænudløb med kunstig forhøjet pesticidkoncentration, 2) driftrespons for flere arter af vandløbsinvertebrater i vandløbsrender ved eksponering med lave koncentrationer af insekticidet Lambda-Cyhalothrin, 3) Vandløbsinvertebraters omsætning af organisk stof påvirkes negativt ved en eksponering med Lambda-Cyhalothrin. Samlet viser undersøgelserne at pesticider potentielt har en række effekter på vandløbsinvertebrater, men at egentlige påvirkninger på samfundsniveau er vanskelige at eftervise. Det hænger formentlig sammen med at pesticideksponering ofte er koblet til andre påvirkninger og at de målte koncentrationer ofte er så små at de ikke ville have nogen målbar effekt på invertebraterne.

## Forekomst og koncentration af pesticider i søer og vandhuller

Pesticider i søer har hidtil ikke været en del af NOVA-2003. Det betyder at det eksisterende data materiale stammer fra en række undersøgelser udført over en længere årrække. Flere forhold varierer derfor undersøgelserne imellem, fx. antal stoffer der er analyseret for (mellem 2 og 90), detektionsgrænsen, tidspunktet for prøvetagningen osv. Dvs. forudsætningerne for en direkte sammenligning af data ikke er tilstede. I mindre søer (<5 ha) og vandhuller er der i 1999-2001 udført undersøgelser i Ribe, Ringkøbing og Århus Amter. Her har indsatsen været koncentreret om hyppigt anvendte stoffer samt stoffer som ofte er fundet i vandløb.

Tabel 1. Pesticider og deres maksimale koncentrationer registreret i både søer og vandhuller. Materialet er baseret på data fra 69 danske søer og 47 vandhuller.

stof	søer*	vandhuller**
	max konc., $\mu\text{g l}^{-1}$	
2,6-dichlorbenza. (BAM),	0,09	1,1
atrazin, h	0,02	0,2
bentazon, h	0,12	0,03
bromoxynil, h	0,04	0,02
desethylatrazin, met	0,04	0,16
dichlorprop, h	0,02	0,3
dimethoat, i	0,04	0,13
dinoseb	0,02	0,04
DNOC, h	0,02	0,85
gluphosat	0,07	0,92
AMPA	0,08	1,8
ioxynil, h	0,01	1,0
isoproturon, h	3,9	2,7
MCPA, h	0,04	1,0
meclorprop, h	0,02	0,12
pendimethalin, h	0,02	0,03
pentachlorphenol	0,05	0,05

\* Ikke publicerede amtsdata, Århus Amt (1999), Lauridsen og Wiggers (2001)

\*\* Mogensen og Spliid (1997), Ringkøbing, Ribe og Århus Amter (ej publ.).

Der eksisterer i dag data fra 69 søer (>0,5 ha) og 47 vandhuller (<0,5 ha). I alt er der registreret 35 stoffer eller nedbrydningsprodukter. Resultaterne viser generelt meget lave koncentrationer i søerne og kun bentazon og isoproturon overskrider grænseværdien for drikkevand ( $0,1 \mu\text{g l}^{-1}$ ), se tabel 1. I vandhullerne overskrider 12 stoffer grænseværdien. For stoffer som er fundet i både søer og vandhuller, findes de højeste koncentrationerne generelt i vandhullerne. Dette er forventelig pga. en lille fortyndingseffekt, ringe vandudskiftning og lille vandflade i forhold til bredzonen. Der må derfor forventes størst sandsynlighed for en effekt på samfundsniveau i vandhullerne.

Sammenholdt med udenlandske effektstudier er der næppe effekter som følge af pesticider i de større søer. Hvorvidt der forekommer effekter i vandhuller er uvist på nuværende tidspunkt. Igangværende undersøgelser viser at selv ved lave koncentrationer kan fungicidet azoxystrobin have effekt på dyreplanktons reproduktion.

## Forekomst af pesticider i 24 vandhuller i Århus Amt

Henrik Skovgaard

Århus Amt, Natur- og Miljøkontoret, Lyseng Allé 1, 8270 Højbjerg

### Indledning

I de senere år er opmærksomheden på pesticiders forekomst og effekter i vandmiljøet blevet skærpet, og i 1998 vedtog Folketinget derfor en handlingsplan med det formål at sætte fokus på pesticiderne. For at kunne overføre erfaringer fra effektstudier i laboratorierne til eventuelle skadevirkninger i naturlige vandmiljøer, kræves viden om forekomsten og koncentrationsniveauerne in situ. Undersøgelser i vandhuller og søer er fåtallige i Danmark og hovedsagelig foretaget af amterne. De er typisk baseret på en enkelt vandprøve, hvilket giver utilstrækkelig viden om de ofte sæsonbestemte koncentrationsniveauer. Man må forvente, at vandhuller der ligger i omdriftsarealer, er de mest udsatte vandområder for pesticider via drænvand eller atmosfærisk nedfald, idet den sprøjtefri bræmme omkring vandhullerne typisk er meget smal eller helt mangler. Desuden er vandets opholdstid i vandhuller ofte lang og vandvoluminet lille i forhold til vandoverfladen, så pesticiderne lettere ophobes i vand- og sedimentfasen.

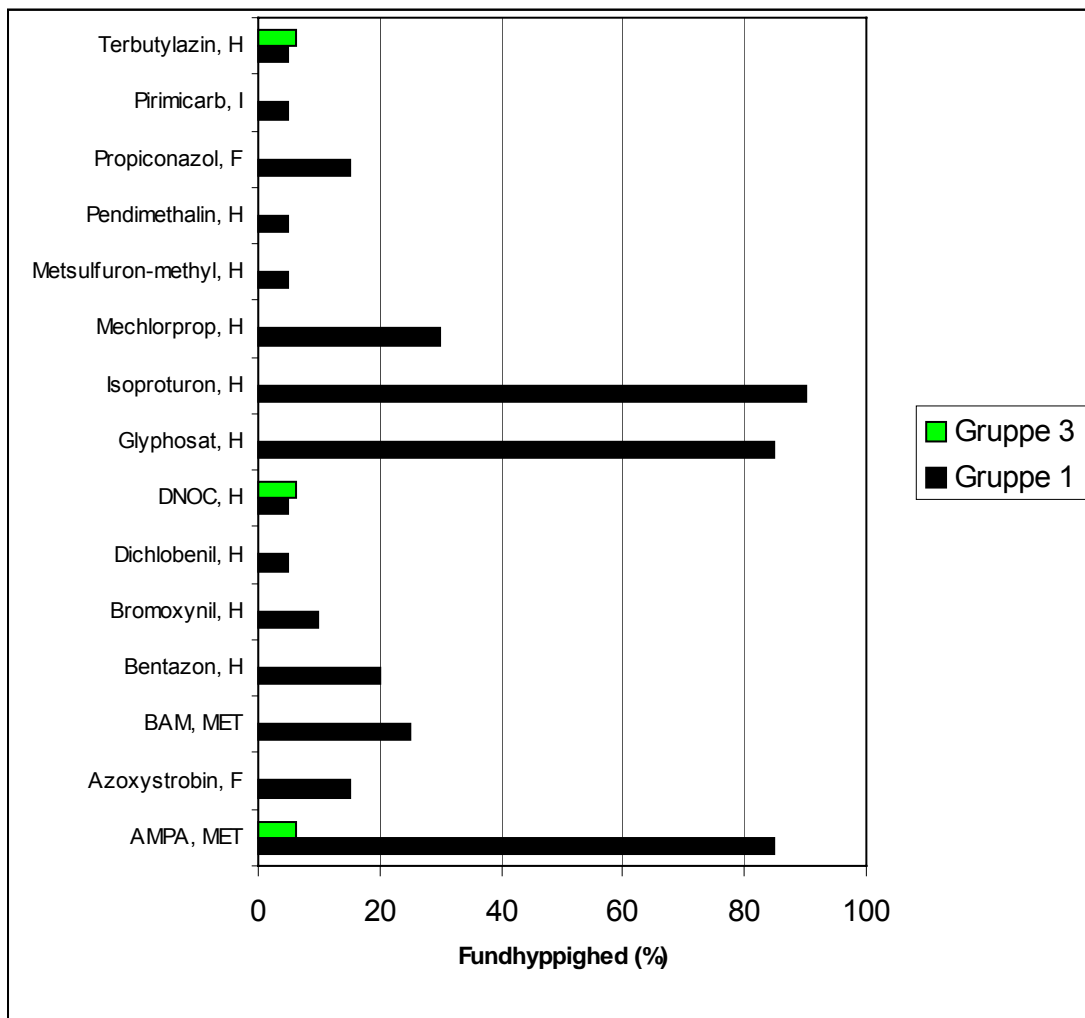
### Projektbeskrivelse

Århus Amt har i 2001 foretaget en undersøgelse af forekomsten af pesticider i 24 vandhuller beliggende i et sandjordsområde på Djursland. Sideløbende har DMU foretaget en undersøgelse af 6 pesticiders indvirkning på alger og dafnier samt forsøg med måling af pesticider i 8 vandhuller ved hjælp af triolinslanger (semipermeable membraner), som giver et integreret billede af tilførte fedtopløselige pesticider i løbet af en måned. De 24 vandhuller blev nøje udvalgt med 8 vandhuller i dyrkede arealer med højst 2 meter sprøjtefri bræmme (gruppe 1), 8 vandhuller i dyrkede arealer med 10-20 meter sprøjtefri bræmme (gruppe 2) og 8 vandhuller i åbne naturområder uden for omdrift (gruppe 3). Der blev udtaget vandprøver til analyse af 50 forskellige pesticider og uorganiske parametre (eutrofieringskarakteristik) midt i sprøjtesæsonen (maj 2001). Af de 24 vandhuller blev 5 vandhuller fra gruppe 1 og 4 vandhuller fra gruppe 3 undersøgt yderligere 3 gange i 2001 (juni, august og oktober). Desuden blev der i november 2001 udtaget sedimentprøver fra disse vandhuller.

### Resultater

I alt blev der fundet 7 forskellige pesticider i de 24 vandhuller i maj 2001, heraf 7 pesticider i gruppe 1 vandhuller, 4 pesticider i gruppe 2 vandhuller og 2 pesticider i gruppe 3 vandhuller. Bortset fra isoproturon, som blev fundet i et enkelt gruppe 1 vandhul med en koncentration på 2,7 µg P/l, var koncentrationerne lave (under ca. 0,5 µg P/l). I hele undersøgelsesperioden blev der fundet 15 forskellige pesticider, som alle er vist i figur 1 sammen med fundhyppigheden. Der var stor forskel på antallet af pesticider i gruppe 1 og gruppe 3 vandhuller. Der blev således kun fundet 3 forskellige pesticider i gruppe 3 vandhullerne i løbet af året, og fundhyppigheden var lav. De hyppigst forekommende stoffer i gruppe 1 vandhullerne var glyphosat, som er det aktive stof i herbicidet "Round up", og nedbrydningsproduktet AMPA. Andre herbicider som isoproturon, mechlorprop og BAM (nedbrydningsprodukt af dichlobenil) havde også en høj fundhyppighed. Fungicider som azoxystrobin og propiconazol forekom i 15% af prøverne, mens pirimicarb, som det eneste insekticid, blev fundet i en enkelt prøve fra et gruppe 1 vandhul.

Pesticidkoncentrationerne var året igennem generelt tæt på detektionsgrænsen og lavere end EC/LC 50 værdier (50% dødelighed eller effekt på testorganismer i laboratoriet) for fisk, dafnier og alger i litteraturen.



Figur 1. Fundhyppighed (% af alle prøver i gruppen) H: herbicid; I: Insecticid; F: Fungicid; MET: Metabolit.

Ved at indlægge en typisk sikkerhedsfaktor på 1000 i forhold til de målte koncentrationer i vandhullet kan det konkluderes, at 3 af de 15 pesticider (isoproturon, pendimethalin og pirimicarb) kan give en skadelig (omend ikke akut) påvirkning af dafnier og/eller alger. Andre giftige insectider som esfenvalerat, der f.eks. er fundet i Bryrup Langsø, er ikke registreret ved denne undersøgelse men findes antageligt i andre vandhuller. I sedimentprøverne blev der påvist 6 stoffer, hvoraf de 5 også fandtes i vandprøverne, mens et enkelt stof (trifluralin) kun blev fundet i sedimentprøverne. I sedimentet blev der kun fundet pesticider i gruppe 1 vandhuller.

### Konklusion

Vand- og sedimentprøverne fra vandhullerne bekræfter, at pesticider stort set ikke forekommer i vandhuller, der ligger i åbne naturområder, hvor der ikke sprøjtes i umiddelbar nærhed. Vandhullerne i dyrkede områder med 10-20 meter bræmme havde færre pesticider end vandhullerne uden bræmme, hvilket kan have en forvaltningsmæssig betydning, f.eks. ved krav om 10-12 meter sprøjtefrie randzoner, som er et af virkemidlerne i "Pesticidhandlingsplan II". Pesticidkoncentrationerne var generelt lave i forhold til de skadelige niveauer for vandlevende organismer i de dyrkede vandhuller, men enkelte stoffer udgør en risiko. Desuden kan det ikke udelukkes, at koncentrationsniveauerne og antallet af pesticider reelt har været højere end observeret ved denne prøvetagningsrunde. Nærmere analyser af triolinslanger kan vise, om vandhullerne har været påvirket af flere pesticider end de her registrerede.

## En undersøgelse spildevands hormonale påvirkning af kønsorganerne hos skalle og bækørred i Århus Amt

Lisette Bachmann Christiansen og Thomas Plesner

Århus Amt, Natur og Miljø, Lyseng Allé, 1 8270 Højbjerg

### Resumé

Det er i dag kendt, at spildevand kan indeholde naturligt østrogen og kunstigt p-pilleøstrogen samt en række andre kemiske stoffer, der besidder en østrogen aktivitet. I flere lande i Europa samt i USA og Japan har man set reproduktionsforstyrrelser hos fisk fanget i nærheden af spildevandsudledninger. Nærværende undersøgelse af skalle og bækørreder fra et antal udvalgte søer og vandløb i Århus Amt har vist, at der også i Danmark forekommer forandringer i kønsorganerne hos spildevandspåvirkede fisk.

Hos skaller indsamlet i ved elektrofiskeri i 1999 blev der observeret intersex, hvor hanner havde forekomst af få tidlige ægstadier i testiklerne. Den højeste forekomst af intersex var 26% i hanskaller fra den stærkt spildevandsbelastede Krstrup Landkanal. Intersex havde en baggrundsforekomst på ca. 5 % på kontrollokaliteterne. Intersex i skallerne formodes at være en feminiserende effekt på testiklerne forårsaget af østrogener og østrogene stoffer i vandet.

I bækørreder indsamlet ved elektrofiskeri i 2000 blev der observeret individer, som modsat skallerne tilsyneladende var hunner med overvejende normale ovarier, men med små områder af sædceller i forskellige udviklingsstadier. Hvorvidt disse individer var svagt maskuliniserede hunner eller kraftigt feminiserede hanner vides ikke.

Et andet fænomen, som blev observeret hos bækørreder, var en vakuolisering af testiklerne, hvor sertolicellerne, som er støtte- og ernæringsceller for kønscellerne, var tomme i stedet for deres normale indhold af sædceller. Der var således tab af de senere og mere modne stadier af sædceller. Dette fænomen var særligt forekommende blandt bækørredhanner fra én lokalitet, Voel Bæk, hvor 44% af hannerne udviste vakuoliseringen. Ved en gentagelse af undersøgelsen i 2001 fandtes vakuolisering hos 42% af hannerne. Vakuoliseringen blev fundet i ca. 5% af fiskene på en af kontrollokaliteterne samt i lavere forekomst i 2 andre spildevandsbelastede vandløb.

Hanbækørrederne fra Voel Bæk havde samtidig et signifikant højere niveau af blommeproteinet vitellogenin i blodet, både i 2000 og i 2001. Dette protein er en biomarkør for østrogen eksponering. Det indikerer, at vakuoliseringen og tabet af de sene kønscellestadier kan være et resultat af en hormonal forstyrrelse af testikeludviklingen med østrogener og/eller østrogene stoffer.

For at finde en mulig årsagssammenhæng mellem eventuelle effekter og de stoffer, der formodes at fremkalde dem, blev der i 2000 udført vandanalyser for tre østrogener (østron, 17 $\alpha$ -østradiol og ethinyløstradiol) og fem potente, østrogene stoffer (octylphenol, nonylphenol, nonylphenolmonoethoxylat, nonylphenoldiethoxylat og bisphenol A) på alle lokaliteter, hvor der blev indsamlet fisk. Ved de belastede lokaliteter blev der prøvetaget i renseanlæggenes udløb, mens de ubelastede lokaliteter blev prøvetaget direkte i vandløbet eller søen.

Østron blev som det eneste af de undersøgte stoffer fundet over detektionsgrænsen i næsten alle prøver. Niveaulet var generelt lavere end i undersøgelser fra en række andre lande. De to andre østrogener fandtes kun sporadisk både i kontrolvandløb og i rensede spildevand. Octylphenol blev ikke fundet i nogen af de analyserede vandprøver, mens nonylphenoler blev fundet sporadisk, dog hyppigst i vandprøver fra store industribelastede renseanlæg, der leder til skallelokaliteter. Desuden fandtes bisphenol A i enkelte prøver, hyppigst fra mindre renseanlæg, der leder til ørredlokaliteter.

Generelt sås der ikke så høje koncentrationer af østrogener, som det er set i visse udenlandske undersøgelser. Således forekom ingen af stofferne i koncentrationer, der på baggrund af andre undersøgelser kunne formodes at medføre østrogene effekter, og de observerede effekter kan derfor ikke umiddelbart forklares ud fra de registrerede stofkoncentrationer. Det må dog forventes, at der er en større variation i forekomsten af stofferne, end denne undersøgelse har afdækket, så de kan forekomme i højere koncentrationer. Desuden kan der være andre faktorer end det

analyserede spildevand eller andre stoffer end de analyserede, der medvirker til de observerede effekter i Voel Bæk og i Kristrup Landkanal.

Denne undersøgelse dokumenterer, at der i danske vandløb kan forekomme forandringer i fisks reproduktionssystem i form af intersex, skader på testiklerne og vitellogeninproduktion hos hanfisk. Forandringerne må tilskrives unormale hormonpåvirkninger, der kan stamme fra spildevand. På baggrund af den foreliggende undersøgelse ser det dog ikke ud til, at udledning af spildevand medfører ligeså udtalte østrogene effekter på fisk som det eksem pelvis er set i England.

Ikke desto mindre viser forekomsten af intersex i skaller, vakuoliseringen af bækørreders testikler og forekomsten af forhøjede vitellogeninniveauer i bækørreder, at summen af de stoffer, der udledes fra renseanlæg eller fra andre kilder i enkelte vandløb findes i tilstrækkeligt høje koncentrationer til at forårsage tydelige effekter på reproduktionssystemet hos disse fisk. Hvilke stoffer, der forårsager effekterne, og hvorfra de stammer, er dog indtil videre uklart, idet de foretagne analyser ikke har afdækket en tydelig sammenhæng.

Analyseresultater fra et prøvetagningsprogram for østrogener og østrogene stoffer i vandløbet og fra Renseanlægget ved Voel Bæk ventes klar ved konferencen i august 2002.

Århus Amts rapport om undersøgelsen, "Intersex og andre effekter på reproduktionssystemet i skalle og bækørred", findes på [http://www.nm.aaa.dk/publikat/pdf/Intersex\\_web.pdf](http://www.nm.aaa.dk/publikat/pdf/Intersex_web.pdf)

## Bortrensning af steroidøstrogener i et moderne biologisk spildevandsrensning

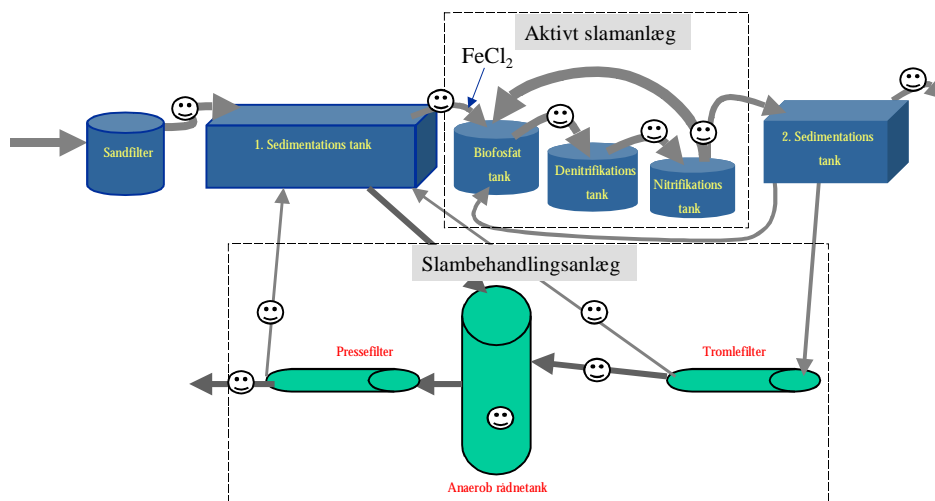
Henrik Andersen

Danmarks Farmaceutiske Højskole, Institut for Analytisk og Farmaceutisk kemi,  
Universitetsparken 2, 2100 København Ø

### Resumé

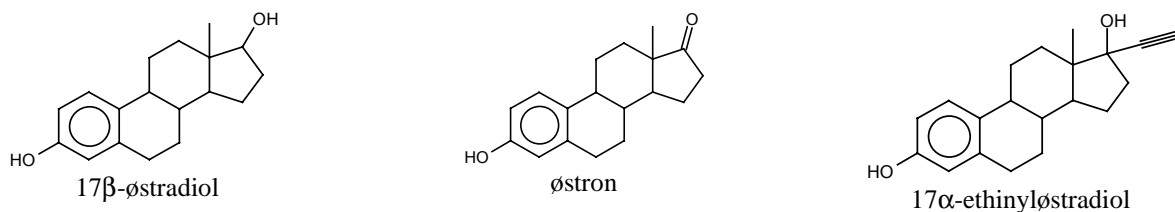
I det seneste år har fund af østrogenpåvirkede fisk og biologisk relevante koncentrationer af østrogenvirkende kemikalier i dansk spildevand [1;2] medført en fokusering på udledning af østrogene kemikalier fra rensning. Hos de rådgivende ingeniørfirmaer forbereder man sig på at kunne tilbyde ozon behandling af det rensede spildevand til rensning som vil nedbringe østrogenbelastningen af deres recipient. I udlandet overvejes desuden at anvende UV-behandling eller aktiv kul filtrering af rensede spildevand [3;4]. Disse metoder vil kræve yderligere investeringer i rensning samt forøgede driftsomkostninger.

Et billigere alternativ til disse udbygninger af rensning kunne være at optimere de eksisterende biologiske rensning fjernelse af østrogene stoffer ved adsorption til slammet og nedbrydning. Her præsenteres en karakterisering af et rensning hvor en høj indløbskoncentration af steroid østrogener reduceres fuldstændigt i forbindelse med de kemisk-biologiske rensningsprocesser.



Figur 1: Skematisk opbygning af rensning efter moderniseringen. Smileys viser hvor der er udtaget prøver.

Rensning der er undersøgt ligger nær Frankfurt og er dimensioneret til 350.000 PE (figur 1). Der er målt relativt høje koncentrationer af steroidøstrogener i det rensede spildevand gentagne gange siden 1997, hvor det var et af de første rensning hvor man målte steroidøstrogener i udløbet og estimerede rensningseffektiviteten for steroidøstrogener [5]. Ved en analyse af spildevandet i sommeren 2001, viste det sig at de tre steroidøstrogener der normalt analyseres for i spildevand, østron, 17 $\beta$ -østradiol og 17 $\alpha$ -ethinyløstradiol (figur 2) ikke kunne detekteres. Hvor prøver fra anlægget normalt har indeholdt omkring 15 ng/l 17 $\beta$ -østradiol og 30 ng/l østron.

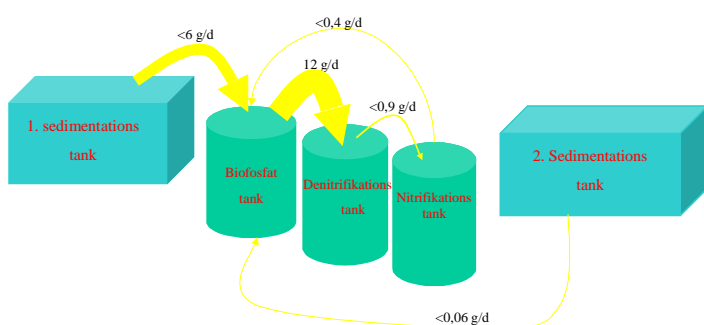


Figur 2: Struktur af de tre steroidøstrogener.

Anlægget afsluttede på det tidspunkt hvor prøven blev udtaget, en ombygning af bl.a. kontroludstyret og et dedikeret denitrifikationstrin var blevet tilføjet. Det er derfor nærliggende at forestille sig at en ændring af driften eller den tekniske konstruktion af rensning, har forårsaget anlæggets pludselige ændring af rensningseffektiviteten for steroidøstrogen.

For at belyse mekanismerne bag fjernelsen af steroidøstrogener er der udtaget prøver af slam og vand i mellem hvert trin i renselanlægget, hvorved der er produceret en koncentrationsprofil af steroidøstrogenerne gennem anlægget.

På baggrund af profilen og en masseflowsanalyse (bl. a. figur 3) af en del af anlægget konkluderes det at især de naturlige steroid østrogeneres skæbne involverer specifik nedbrydning. Tidligt i rensprocessen steg mængderne som følge af spaltning af konjugerede østrogener. De to naturlige steroidøstrogener blev nedbrudt fra vandfasen et specifikt sted i det aktive slam anlæg. En cykling af steroidøstrogener mellem slambehandlingsanlægget og vandbehandlingen blev identificeret. Overordnet for anlægget blev naturligt østrogen enten nedbrudt i et specifikt trin af det aktive slam anlæg eller fjernet fra anlægget med anaerobt stabiliseret slam. Det kunstige P-pille østrogen forsvandt gradvist i løbet af behandlingen til lavere koncentrationen end den kemiske analysemetode kunne detektere i hverken slam eller vand. Der kunne ikke måles nogen af de tre steroidøstrogener i effluenten fra anlægget.



Figur 3: Skematisk massebalance for summen af østron og  $17\beta$ -østradiol i det aktiverede slam anlæg.

Perspektivet i at studere renselanlæg der nedbryder steroidøstrogener effektivt, er at man efterhånden kan forstå under hvilke kemisk-biologiske betingelser effektiv nedbrydning af steroidøstrogener kan foregå. Heraf kan man opstille hypoteser om hvilke forhold der kunne fremmes i andre renselanlæg for at opnå en effektiv fjernelse af steroidøstrogenerne. Man vil muligvis i fremtiden have fjernelse af østrogener som en designparameter ved konstruktion af renselanlæg, på linie med rensegrad for fosfat og kvælstof.

Denne undersøgelse er en del af EU-projektet POSEIDON og undersøgelsen er udført i samarbejde med medarbejdere fra ESWE instituttet i Wiesbaden.

## Referencer

- Christiansen, L. B. and Plesner, Thomas. Intersex og andre effekter på reproduktionssystemet i skalle og bækørred - relation til østrogener og østrogenlignende stoffer. 1-10-2001. Højbjerg, Danmark, Århus Amt.
- Andersen, H. R., B. Halling-Sørensen and T. A. Ternes, I rensed spildevand fra Storkøbenhavnske rensningsanlæg forekommer steroid-østrogener der kan være årsag til effekter på fisk i danske vandløb. Dansk kemi 2002, (2002).
- Spengler, P., Metzger, J. W., and Körner, W. Substances with estrogenic activity in effluents of sewage treatment plants in southwestern Germany. 1. chemical analysis. Environmental Toxicology and Chemistry 20[10], 2133-2141. 2001.
- Johnson, A. C., and J. P. Sumpter, Removal of endocrine-disrupting chemicals in activated sludge treatment works, Environmental Science & Technology 35, pp. 4697-4703 (2001).
- Ternes, T. A., M. Stumpf, J. Mueller, K. Haberer, R. D. Wilken and M. Servos, Behavior and occurrence of estrogens in municipal sewage treatment plants - I. Investigations in Germany, Canada and Brazil, Science of the Total Environment 225, pp. 81-90 (1999).



## Økotoksikologiske effekter af kemiske stoffer i regnbetingede udledninger

Anne Munch Christensen og Anders Baun

Miljø & Ressourcer DTU, Bygning 115, Danmarks Tekniske Universitet, 2800 Kongens Lyngby

### **Indledning**

Udledning af regnvand afstrømmet fra befæstede arealer (regnbetingede udløb) sker ofte direkte til recipienten uden forudgående rensning. Risikovurdering af udledninger af regnbetingede udløb har traditionelt fokuseret på fysiske forhold og indhold af NPO-stoffer, mens vurderingen af miljøeffekter som følge af indhold af miljøfremmede organiske stoffer har været overset. I de seneste år er der i flere undersøgelser påvist en række forskellige kemiske stoffer i afstrømmet regnvand fra befæstede arealer, og derfor skal de mulige økotoksikologiske effekter også adresseres i risikovurdering af urban afstrømning.

Udledninger af afstrømmet regnvand er vist at medføre akkumulering af bl.a. tungmetaller og PAH-forbindelser i sedimenter, og adskillige miljøfremmede organiske er påvist i vandfasen [1-3]. Desuden har et nyligt gennemført litteraturstudie af Ledin et al. [4] vist at afstrømmet regnvand kan have akut toksiske effekter på akvatiske organismer.

### **Undersøgelse af Store Vejleå systemet**

Store Vejleå er beliggende ca. 20 km vest for centrum af København og hovedparten af åens vandføring kan henføres til regnbetingede udledninger. I nærværende undersøgelse er toksiciteten af både vand- som sedimentprøver indsamlet i Store Vejleå systemet undersøgt på følgende måder:

Biotest udført direkte på de indsamlede prøver.

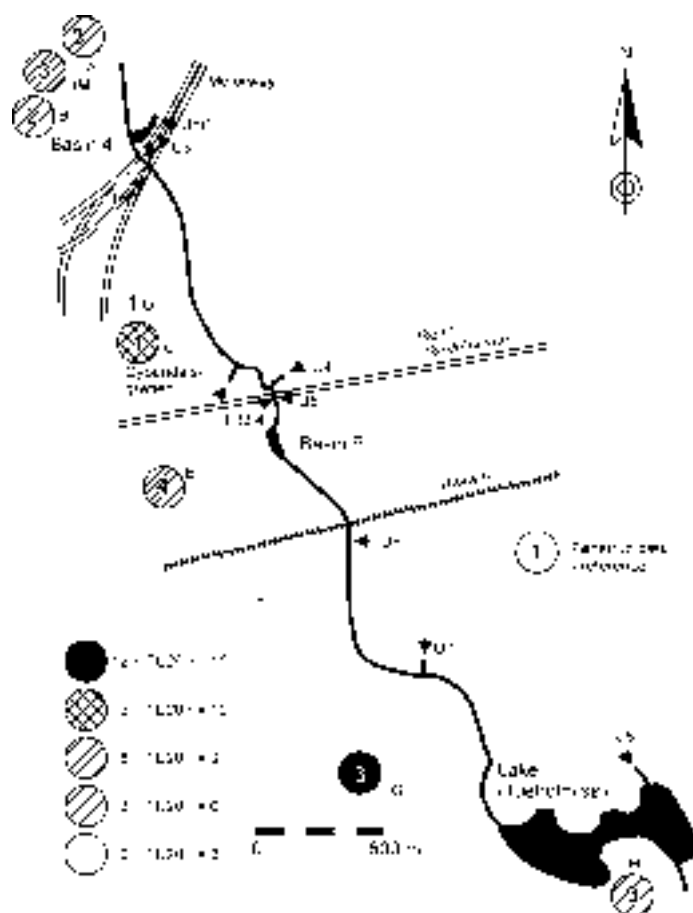
Biotests udført på vandprøver, der forud for testningen er fraktioneret og opkoncentreret ved hjælp af fast-fase ekstraktioner (Solid Phase Extraction, SPE) med henblik på kvantificering af toksiciteten af ikke-flygtige organiske stoffer i prøverne.

To standardiserede økotoksikologiske test med ferskvandsorganismer blev anvendt, nemlig væksthæmningstest med grønalg *Pseudokirchneriella subcapitata* (tidligere kaldet *Selenastrum capricornutum*) og test for hæmning af mobiliteten af krebsdyret *Daphnia magna*. Desuden blev porevand fra sedimenter undersøgt med algetesten, idet porevandet blev antaget at indeholde den direkte biotilgængelige fraktion af kemikalier for de pelagiske organismer.

Ved direkte testning af vandprøver blev påvist lille eller ingen effekt på såvel mobiliteten af dafnier som reproduktionen af alger. Porevand fra sedimenter skulle fortyndes fra 4-14 gange for at det toksiske respons var reduceret til 20% i forhold til ikke-eksponerede organismer i kontrolgruppen.

Ved testning af opkoncentrerede vandprøver blev der påvist toksiske effekter i alle prøver fra St. Vejleå ved opkoncentringsfaktorer mindre end 100, mens der baggrundsprøver fra en uforurenede å ikke kunne påvises toksicitet. Desuden var det muligt at skelne mellem toksiciteten af prøver afhængigt af prøvetagningssted – fx. var prøver udtaget ved indløbet af udledning af afstrømningsvand fra motorvej mere toksiske end afstrømningsvandet fra et beboelsesområde.

Biotestene blev anvendt som indikatorer på toksicitet af indholdsstoffer i prøverne. Den påviste toksicitet for sedimentprøver blev rangordnet og sammenlignet med rangordninger foretaget på baggrund af resultater af kemiske analyser, som vist i figur 1.



Figur 1. Toksicitet af porevand og rangordning på baggrund af indhold kemiske stoffer i sediment prøver i St. Vejleå. Toksiciteten er udtrykt som intervaller af TU20-værdier, og rangordning ud fra kemiske analyser angivet som tal i midten af cirklerne. 1: Uforurenet, 2: Lett forurenet, 3: Forurenet, 4: Meget forurenet.

## Referencer

- [1] Boxall, A.B.A. & Maltby, L. 1995. The characterization and toxicity of sediment contaminated with road runoff. *Wat. Res.* Vol. 29,2043-2050.
- [2] Maltby, L., Boxall, A.B.A., Forrow, D.M. 1995. The effects of motorway runoff on freshwater ecosystems: 2. Identifying major toxicants. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 14, No. 6, pp. 1093-1101.
- [3] Carr, R.S., Montagna, P.A., Biedenbach, J.M., Kalke, R., Kennicutt, M.C., Hooton, R. & Cripe, G. 2000. Impact of storm-water outfalls on sediment quality in Corpus Christi Bay, Texas, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 19, No. 3, pp. 561-574.
- [4] Ledin, A., Auffarth, K.P.S., Boe-Hansen, R., Eriksson, E., Albrechtsen, H.-J., Baun, A., Mikkelsen, P.S. (2002). Brug af regnvand opsamlet fra tage og befæstede arealer. Udpeging af relevante måleparametre. Miljøprojekt, Miljøstyrelsen, København, Danmark (in press)

## POSTER

## Plantebiomarkørmønster – Vurdering af vandplanters følsomhed overfor herbicidet metsulfuron methyl

Charlotte V. Kristensen<sup>1</sup>, Helle Weber Ravn<sup>1</sup> og Nina Cedergreen Forchhammer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Danmarks Miljøundersøgelser, Vejløvej 25, 8600 Silkeborg

<sup>2</sup> Den Kongelige Veterinær- og Landbohøjskole, Højbakkegård Allé 5, 2630 Tåstrup

### Indledning

Herbicer er udviklede til at hæmme planters vækst, og virker som stressfaktorer på planter. Herbicidpåvirkning giver ikke blot morfologiske ændringer, men også naturstokkemiske ændringer i den eksponerede plante. Ved hjælp af tyndlagskromatografi undersøges stofsammensætningen og koncentrationsændringer i indholdsstoffer for en eksponeret plante i forhold til en ueksponeret plante, og forskelle karakteriseres som biomarkører (Ravn *et al.*, 1998). Et biomarkørmønster består af mindst to biomarkører, hvor f.eks. et stof forsvinder eller et nyt fremkommer.

Vinddrift af herbicer fra marker kan have stor effekt på terrestriske planter (Ravn *et al.*, 2002). I Danmark ligger mange akvatiske økosystemer tæt op ad marker, men der er kun lavet få undersøgelser af effekten af herbicer på akvatiske planter. I dette forsøg er såvel morfologiske effekter som naturstokkemiske ændringer, i form af et biomarkørmønster, undersøgt hos en række herbicideksponerede vandplanter samt to almindeligt dyrkede afgrøder. Desuden vurderes planternes følsomhed for sulfonylurea-herbicidets metsulfuron methyl.

### Metode

Ti forskellige plantearter (tabel 1) blev dyrket i et modelsystem med lave doser metsulfuron methyl tilsat vandet i en konstant koncentration. Seks forskellige behandlinger med metsulfuron methyl i stigende koncentrationer fra 0,01  $\mu\text{g l}^{-1}$  til 1000  $\mu\text{g l}^{-1}$  samt en ueksponeret kontrolplante indgik i forsøget. Koncentrationerne er valgt ud fra antagelsen, at tilsættes 1-10% af markdosis af det aktive stof metsulfuron methyl til et 30 cm dybt vandhul, vil koncentrationen i vandhullet være 0,01-0,13  $\mu\text{g l}^{-1}$ . Planterne blev høstet efter 14 dages konstant eksponering. På de høstede planter målt bladareal (Specific Leaf Area, SLA), relativ vækstrate (Relative Growth Rate, RGR) og tilvækst i rod-, blad- og skudlængde. Endvidere blev antal nye sideskud opgjort.

Ved hjælp af tyndlagskromatografi (TLC) blev naturstokkemiske ændringer i eksponerede i forhold til ueksponerede planter undersøgt. Ethanol-ekstraheret plantemateriale blev screenet for biomarkører i seks forskellige TLC-systemer. Der blev screenet for sukkerstoffer, N-holdige stoffer (herunder aminosyrer), phenoliske stoffer og andre stoftyper.

Tabel 1: Inddeling af plantearter i grupper ud fra antal af biomarkører i en metsulfuron methyl-eksponeret plante i forhold til en ueksponeret plante

<b>Følsomme plantearter</b>	> 20 biomarkører (detektionsgrænse: < 1,0 $\mu\text{g l}^{-1}$ )	<i>Lemna minor</i> (Liden Andemad)
<b>Middel følsomme plantearter</b>	7-20 biomarkører (detektionsgrænse: < 1,0 $\mu\text{g l}^{-1}$ )	<i>Brasica napus</i> (Raps) <i>Myriophyllum spicatum</i> (Aks-Tusidblad) <i>Sparganium emersum</i> (Enkelt Pindsvineknop) <i>Hordeum vulgare</i> (Byg)
<b>Tolerante plantearter</b>	3-6 biomarkører (detektionsgrænse: > 10 $\mu\text{g l}^{-1}$ )	<i>Lemna trisulca</i> (Kors-Andemad) <i>Spirodela polyrhiza</i> (Stor Andemad) <i>Ceratophyllum demersum</i> (Tornfrøet Hornblad) <i>Ceratophyllum submersum</i> (Tornløs Hornblad) <i>Elodea canadensis</i> (Almindelig Vandpest)

### Resultater

Alle undersøgte planter udviste et morfologisk respons, som f.eks. færre producerede skud, reduceret skudlængde og bladareal (SLA) ved en eksponering på 1,0  $\mu\text{g l}^{-1}$ , mens en reduceret rodlængde typisk blev fundet allerede ved 0,01  $\mu\text{g metsulfuron methyl l}^{-1}$ . Den relative vækstrate (RGR) var upåvirket af metsulfuron methyl-eksponeringen hos alle planter med enkelte

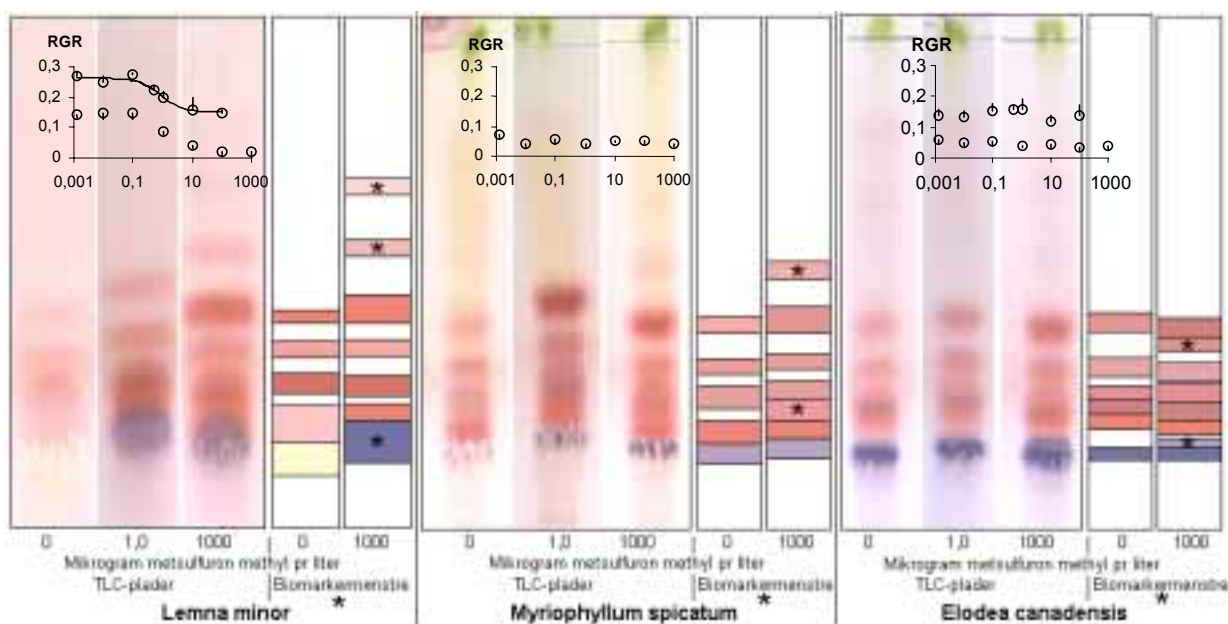
undtagelser. Hos *Lemna minor* var den relative vækstrate markant påvirket af metsulfuron methyl-eksponeringen, hvor RGR faldt med koncentrationer af metsulfuron methyl fra  $1,0 \mu\text{g l}^{-1}$  og op efter (figur 1). Hos *Brassica napus* og *Lemna trisulca* faldt RGR ved koncentrationer over henholdsvis 10 og  $100 \mu\text{g}$  metsulfuron methyl  $\text{l}^{-1}$ .

Man kan ikke gruppere planterne efter følsomhed ud fra deres morfologiske respons, da dette er ens, når man ser bort fra den relative vækstrate.

I alle de testede plantearter sås en herbicidpåvirkning i form af et biomarkørmønster, der var individuelt for hver planteart. Figur 1 viser ændringer i indholdet af N-holdige stoffer i tre planter. Planterne kan ud fra de fundne biomarkører inddeles i grupper, der beskriver deres følsomhed overfor metsulfuron methyl. Plantearter, hvor der ses få ændringer i biomarkørerne, kan karakteriseres som tolerante overfor metsulfuron methyl, mens arter, hvor der ses mange ændringer i biomarkørerne kan klassificeres som følsomme.

*Lemna minor* var den mest følsomme af de testede planter. Herbicidpåvirkningerne kunne spores ned til  $0,01 \mu\text{g}$  metsulfuron methyl  $\text{l}^{-1}$ . I *Lemna minor* sås de tydeligste ændringer ved doser på  $1,0 \mu\text{g}$  metsulfuron methyl  $\text{l}^{-1}$  og derover, hvilket også var tilfældet hos middel følsomme arter. Hos tolerante arter ses der typisk først ændringer i biomarkørerne ved metsulfuron methyl-koncentrationer over  $10 \mu\text{g l}^{-1}$ .

Der er stor forskel på hvordan en herbicideksponering påvirker den enkelte plantearts naturstofkjemiske sammensætning, og ved hvilken koncentration dette giver udslag et biomarkørmønster. For nogle stoffer kan ændringer detekteres ved lavere metsulfuron methyl-koncentrationer end for andre, så detektionsgrænsen afhænger af hvilken stofgruppe der undersøges. For *Lemna minor* kan naturstofkjemiske ændringer detekteres i form af et biomarkørmønster ved de koncentrationer, der er realistiske at finde i naturen som følge af vinddrift.



Figur 1: Udsnit af TLC-plader for: *Lemna minor*, *Myriophyllum spicatum* og *Elodea canadensis*. Medtaget er kontrolplante  $0 \mu\text{g l}^{-1}$ ,  $1,0 \mu\text{g l}^{-1}$  og  $1000 \mu\text{g l}^{-1}$ , og endvidere er biomarkørmønsteret (\*) for 0 og  $1000 \mu\text{g l}^{-1}$  anført. Pladerne blev behandlet med ninhydrin og kobbersulfat, som detekterer N-holdige stoffer. Kurver for relative vækstrate (RGR) indsat

## Referencer

Ravn, H., Krogh, K, A. and Andary, C. (1998): *Plant phenolic compounds as potential biomarkers for abiotic and biotic stress*, Polyphenol Communications 1998, XIXth International Conference, Groupe Polyphenols, Lille, France

Ravn, H.W., Løkke, H., Lauridsen, I. & Battrup-Pedersen, A. (2002): *Plant Biomarker Pattern - Herbicide exposure in buffer zones*. Poster. Natur- og Miljøforskningskonferencen 2002, H.C. Ørsted Institutet, København

## POSTER

**Plantebiomarkørmønster – et screeningsprogram**

Trine F. Christensen<sup>1</sup>, Brigitte Diedrichsen<sup>1</sup>, Anne Adsersen<sup>2</sup>, Helle Weber Ravn<sup>2</sup>  
og Jan Buch Andersen<sup>3</sup>.

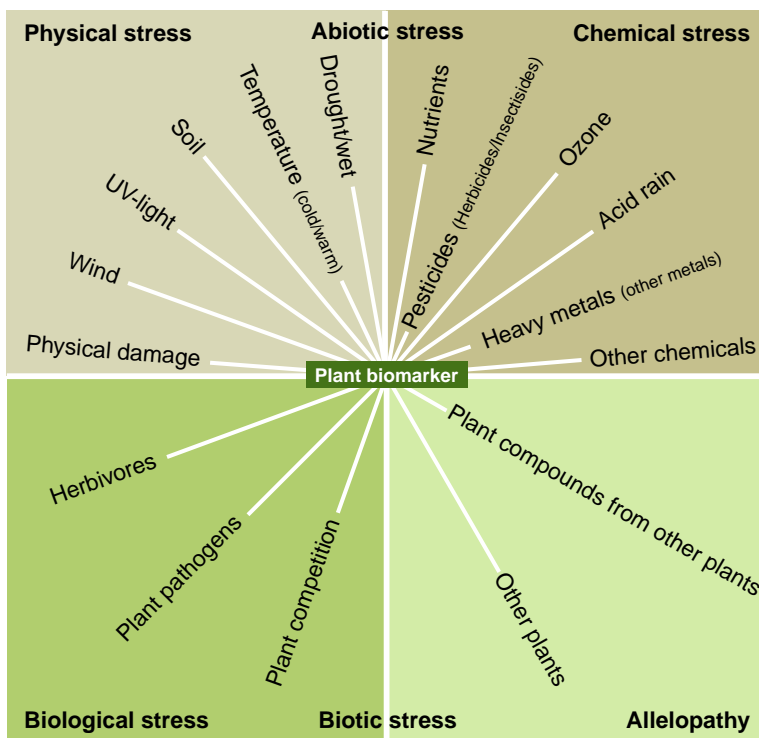
<sup>1</sup> Danmarks Miljøundersøgelser, Vejlsovej 25, 8600 Silkeborg

<sup>2</sup> Danmarks Farmaceutiske Højskole, Institut for Medicinalkemi, Universitetsparken 2, 2100 København Ø

<sup>3</sup> Biotech Line AS, Industrivej 3, 3550 Slangerup

**Indledning**

Mange levende organismer bliver udsat for stress. Der findes en lang række forskellige former for stress, disse kan overordnet inddeles i biotisk og abiotisk stress. Eksempler på biotisk stress er patogene svampe, herbivorer og allelopati, mens abiotisk stress f.eks. er pesticider, temperatur og tungmetaller. Når en plante udsættes for stress påvirkes såvel plantens morfologi som dens naturstofkemiske sammensætning. Det er muligt at påvise naturstofkemiske ændringer før morfologiske ændringer.



Dette har ført til en ny metode, der dels kan anvendes som tidligt stress-varslingsystem for forskellige stress-faktorer og Forskellige stresspåvirkninger dels kan anvendes til vurdering af om planter har været udsat for en given stresspåvirkning. Metoden bygger på forekomsten af et biomarkørmønster hos planten. Biomarkører er indikatorer, der signalerer ændringer i plantens naturstofkemiske sammensætning. Dette biomarkørmønster kan anvendes til at undersøge planter eksponeret for stress sammenlignet med ikke-eksponerede planter, og dette danner baggrund for anvendelsen af det udviklede screeningsprogram

**Anvendelse**

Screeningsprogrammet er meget bredt og har derfor adskillige anvendelsesmuligheder. Det kan enten bruges i dets helhed eller i en mere simplificeret form.

- Screeningsprogrammet eller en mere simplificeret form heraf anvendes til:
- Undersøgelse af naturstofkemiske ændringer i konventionelt dyrkede frugter og grønsager i forhold til økologisk dyrkede frugter og grønsager
- Vurdering af herbicidpåvirkning af planter i randzoner ved vandløb
- Undersøgelse af herbicidpåvirkning af vand-, kultur- og amfibiske planter
- Identifikation af påviste biomarkører

Screeningsprogrammet har i ovenstående tilfælde vist sig at være et velegnet redskab til undersøgelse af, hvilke naturstofkemiske ændringer stress medfører i planter.

I den nærmeste fremtid vil screeningsprogrammet blive anvendt til:

- Undersøgelse af svovl og tributyltins (TBT) påvirkning af ålegræs
- Undersøgelse af planter eksponeret for polyaromatiske hydrocarboner (PAH) ved forurenede grunde
- Afgrænsning af herbicidpåvirkning af planter i forbindelse med vaske- og fyldepladser

Det vil endvidere blive undersøgt, hvorvidt screeningsprogrammet også kan anvendes til at detektere biokemiske ændringer i andre levende organismer såsom vandlopper udsat for insekticider.

### **Metode**

Den anvendte teknik i screeningsprogrammet er Tyndtlagschromatografi (TLC). Princippet er, at en mobil fase passerer hen over en stationær fase således, at en påsat prøve adskilles i dens enkelte komponenter på basis af disses polaritet og kemiske struktur.

Tyndtlagschromatografi udføres på en TLC-plade, en plade af glas eller metalfolie, hvorpå et tyndt lag chromatografisk materiale (oftest cellulosepulver eller silicagel), der fungerer som stationær fase, er påført. Prøveopløsningerne påsættes TLC-pladen med en mikropipette. Den mobile fase, der består af et enkelt eller en blanding af solventer placeres i bunden af et udviklingskar. TLC-pladen placeres i udviklingskarret og udvikles. Når væskefronten har nået toppen af pladen, tages pladen op og tørres. Ofte er prøvens komponenter forbindelser, som ikke umiddelbart er synlige og som ikke reagerer med UV-lys. Det er derfor nødvendigt at fremkalde de adskilte komponenter med et derivatiseringsreagens.

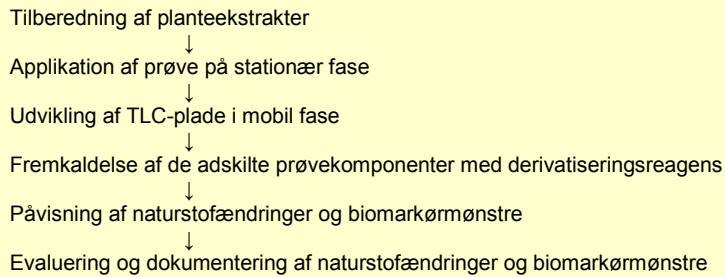
TLC som metode har stor fleksibilitet, lave omkostninger med hensyn til tid, materialer og udstyr og er endvidere simpel at udføre. Metoden er derfor velegnet i en bred screening for naturstofkemiske ændringer i stress-eksponeret plantemateriale i forhold til ikke stress-eksponeret plante-materiale.

## Screeningsprogrammet

Screeningsprogrammet dækker de mest generelle naturstofgrupper, der findes i planter, såsom lipider, phenoliske stoffer, N-holdige stoffer, sukkerstoffer, terpenoide mm. Der screenes for disse stofgrupper ved hjælp af forskellige stationære faser, mobile faser og derivatiseringsreagenser.

De valgte stationære og mobile faser giver en god separation af de enkelte prøvekomponenter, mens de valgte derivatiseringsreagenser giver en god visualisering. Derivatiseringsreagenserne er delvis selektive med hensyn til de enkelte stofgrupper.

### Screeningsproces



#### Stationære faser:

HPTLC Aluminium plader, Silica gel 60, Merck 1.05547.  
HPTLC Aluminium plader, Silica gel 60 F<sub>254</sub>, Merck 1.05548.  
TLC Aluminium plader, Cellulose, Merck 1.05552.

#### Mobile faser:

1-butanol : eddikesyre : vand (5:1:4), øverste fase  
1-butanol : 50% myresyre (2:1)  
2-propanol : eddikesyre (2:1)  
1-propanol : 25% ammoniak (11:9)

#### Derivatiseringsreagenser:

##### Uspecifikke stoffer

- Vanilin - svovlsyre
- Anisaldehyd - svovlsyre
- Molybdatofosforsyre
- Iod - kaliumiodid
- Svovlsyre

##### Organiske syrer

- Bromcresol grønt
- Bromcresol grønt - bromphenol blåt - kalium permanganat

##### Lipider

- Rhodamin B
- Rhodamin 6 G
- 2,7-Dichlorofluorescein
- Fluorescein

##### Phenoliske stoffer

- β-Aminoethyl diphenylborinat
- Jern(II)chlorid

##### N-holdige stoffer

- Fluorescein - ammoniak
- Ninhydrin
- Bismuth(III)nitrat

##### Carbohydrater

- Sølvnitrat - ammoniak
- Thymol - svovlsyre
- 1β-Naphthol - svovlsyre
- 1,3 Naphthalenediol - svovlsyre

## Resultatevaluering

Et biomarkørmønster består af mindst 2 biomarkører. Biomarkører er tilstede, når:

- Der observeres stoffer i de eksponerede planter, som ikke er tilstede i de ikke-eksponerede planter
- Der observeres stoffer i de ikke-eksponerede planter, som ikke er tilstede i de eksponerede planter
- Der observeres stoffer i de eksponerede planter, hvis koncentration er enten væsentligt højere eller væsentligt lavere end i de ikke-eksponerede planter.

En biomarkør vil eventuelt kunne detekteres af flere forskellige derivatiseringsreagenser afhængigt af hvilke stofgrupper, der indgår i forbindelsen.

## ***Konklusion***

Screeningsprogrammet vil målrettet kunne anvendes til udvælgelse og optimering af de TLC-systemer, der synes bedst egnede i den aktuelle undersøgelse, til bestemmelse af:

- et biomarkørmønster som et tidligt varslingsystem ved forskellige stresspåvirkninger
- et biomarkørmønster, som et simpelt redskab til vurdering eller kontrol af en given stresspåvirkning.



## POSTER

**Plantebiomarkørmønstre - Vurdering af herbicideksponering i randzoner**

Helle Weber Ravn, Ingelise Lauridsen, Hans Løkke og Annette Baatrup- Pedersen

Danmarks Miljøundersøgelser, Vejlsovej 25, 8600 Silkeborg

**Indledning**

Pesticidhandlingsplan II har som mål, at der ved udgangen af år 2002 er udlagt 20.000 ha som randzoner langs målsatte vandløb og søer over 100 kvadratmeter. Den del af planen der her er sammenfattet bygger på undersøgelse af sprøjtefri randzoner effekt som virkemiddel til beskyttelse af vandløb gennem målinger af afdriften mod vandløb. Et nyt værktøj er udviklet og anvendt til undersøgelse af herbiciders påvirkning af vegetationen i randzoner langs seks udvalgte vandløb i Bjerringbro området.

Forudgående studier af herbiciders påvirkning af vilde planters indholdsstoffer blev udført på Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) i 1998 – 2000. Resultaterne her viste sig at være brugbare, som et redskab til vurdering af vilde planters påvirkning med sprøjtemidler før planterne fysisk forandrede sig. DMU iværksatte en international patentansøgning i samarbejde med et dansk bioteknologisk firma, Biotech Line A/S, Slangerup. Metoden går ud på at måle en fytochemisk forandring i planterne efter eksponering med herbicider (Ravn, 2000).

**Randzoneundersøgelser**

I foråret 2000 blev der udvalgt velegnede vandløb i Bjerringbro området, hvor der i forvejen er udvalgt vandløb, der løbende overvåges via det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljø (NOVA) (1998 - 2003). Vandløbenes randzoner blev udvalgt ud fra markernes placering i forhold til vandløbet og en eventuel sprøjtningspåvirkning. I efteråret 2000 blev de første undersøgelser udført. Der blev opstillet 3 transekter med 14 til 50 meters mellemrum fra markkant til vandløb ved hvert vandløb. Sprøjteforhold og hvilke midler der blev anvendt, samt hvilke koncentrationer af anvendte sprøjtemidler blev omhyggeligt oplyst af de enkelte lodsejere. I samarbejde med Danmarks Meteorologisk Institut, blev vind- og vejrforholdene oplyst ved de givne sprøjtetidspunkter (se tabel 1).

I 2001 blev et mere omfattende program med randzoner ved de seks udvalgte vandløb udført. En meget følsom modelplante overfor forskellige herbicider som rød arve (*Anagallis arvensis*, Primulaceae) blev dyrket i væksthuse og udsat i de enkelte transekter. Naturligt forekomne planter blev ligeledes indsamlet samme dag som modelplanterne og referenceplanter var udtaget få dage før sprøjtningen og ved et sprøjtefrit område. De tre udtagningstidspunkter efter sprøjtning på vandløb var forskellige alt afhængig af sprøjtemidlets virkningsmekanisme.

Plantematerialet blev screenet for biomarkører. Biomarkørmønstret bestod i en sammensætning af stoffer der kun forekommer i de sprøjtede planter. Endvidere er intensiteten af stofferne et udtryk for hvor kraftig påvirkningen er. Derfor blev en intensitetsvurdering på tre niveauer anvendt (1 = svag påvirkning; 2 = middel påvirkning og 3 = kraftig påvirkning). I tabel 1 er angivet de enkelte forhold ved randzonerne. Fire ud af de seks undersøgte randzoner i 2001 ved vandløbene havde et biomarkørmønster der påviser en sprøjteeffekt af modelplanterne fra 0 m til 12 m fra marken og ud i randzonen mod vandløbet. I tre af randzonerne (Danstrup bæk, Hesselbæk og Ellerup bæk) var der en svag sprøjteeffekt i hele transektet over vandløbet, hvorimod der kun var en påvirkning fra 0 m til 14 m over vandløbet ved Skovgård bæk af de totalt 29 m transekterne udgjorde. Vindforholdene på sprøjtetidspunktet synes at have stor betydning for en påvirkning af planterne i randzonerne. De to randzoneundersøgelser i efteråret 2000 og foråret 2001 stemmer godt overens. Effekten af sprøjtemidlerne i planterne i randzonen ses kun, når vinden fører sprøjtemidlet fra mark til randzonen mod vandløbene.

**Biomarkørmetoden**

Et overordnet ens biomarkørmønster i tre analyse (TLC)-systemer for uspecifikke stoffer, men meget entydigt for en herbicidpåvirkning, blev set ved Danstrup bæk, Hesselbæk, Ellerup bæk,

Skovgård bæk i år 2001 og Smedholdt bæk i 2000 i rød arve og stor nælde og græs. Dette mønster blev fundet i en række planter udsat for forskellige herbicider i kontrolforsøg. Endvidere blev andre mønstre karakteristisk for metsulfuron methyl fundet ved Ellerup bæk, hvor der blev anvendt Express et tilsvarende herbicid med samme virkningsmekanisme (se tabel 1).

Tabel 1. Oversigt over randzoneforhold og effekter.

<b>Randzone område</b>	<b>Max. Længde pr transekt</b>	<b>Placering af transekt i forhold til marken</b>	<b>Vejrforhold styrke ved sprøjte-tidspunkterne (DMI)</b>	<b>Afgrøde</b>	<b>Anvendte pesticider</b>	<b>Resultat</b>
<b>Tudbæk (2000)</b>	11 m	S	S/SV, 7 m/s	Efter vårbygshøst	RoundUp 2000, TeamUp	Nej
<b>Tudbæk (2001)</b>	29 m	S	S/SV, 3-4 m/s	Vårbyg/ærter	Stomp, Basagran MP	Nej
<b>Smedholdt (2001)</b>	12 m	N	SØ, 3m/s	Vinterhvede	Oxitril, Stomp, Boxer	≥ 12 m
<b>Smedholdt (2001)</b>	11,9 m	ØNØ	NV, 2 m/s	Vinterhvede	Rival	Nej
<b>Ellerup (2001)</b>	4,3 m	NNØ	S/SV, 2m/s	Vinterhvede	Express, SP 50	≥ 4,3 m
<b>Hesselbæk (2001)</b>	10,2 m	N	S, 3m/s	Vårbyg m/kløver	Basagran 480, Stomp	≥ 10,2 m
<b>Danstrup (2001)</b>	7,4 m	NØ	NV, 2m/s	Tridicale	Corbel, CCC	≥ 7,4 m
<b>Skovgård (2001)</b>	29 m	N/S	S/SV, 3m/s	Majs	Laddok TE, Renol	op til 14 m

### **Vegetationsanalyse**

Floraen, som f.eks stor nælde, i randzonen var ikke nær så følsomme som modelplanten rød arve, der blev udplantet. På baggrund af en vegetationsanalyse, blev artshyppigheden vurderet i alt 97 kvadrater (1 x 1 m) vinkelret på de seks vandløb. Der blev dog maksimalt foretaget registreringer fra vandløbskanten og 5 meter op. Der var kun begrænset variation i plantesamfundene i de undersøgte randzoner langs de seks vandløb. Plantesamfundene i de undersøgte randzoner var artsfattige med dominans af ganske få næringskrævende arter. Det fremgår tydeligt ved at ganske få arter var hyppigt forekomme, mens en lang række arter kun fandtes i ganske få undersøgelseskvadrater. De hyppigste forekomne arter i de undersøgte randzoner var stor nælde, almindelig kvik, eng-rapgræs, lådden dueurt samt burre snerre.

Randzonerne langs Tudbæk og Skovgård bæk adskilte sig delvist fra de andre randzoner. Plantesamfundene bar her præg af at markerne lå længere væk fra randzonerne, og at landbrugspåvirkningen derfor var mindre. Langs Tudbæk var der et græsareal med kvæg, mens der langs Skovbæk var en bred bræmme, som blev benyttet til høslet. Langs begge vandløb var der arter, som er moderat følsomme over for landbrugsdrift.

### **Påvirkning af randzoner**

Den påviste påvirkning af randzonerne i op til 14 m fra marken kan, sammenfattet med vegetationsanalysen, have stor betydning for den flora der findes i randzonerne nær anvendte landbrugsarealer. Herbiciderne, der er udviklet til at have en kraftig påvirkning af ukrudtsplanter, vil kunne svække de mest følsomme planter og de mindre følsomme planter vil derfor kunne overtage. Ønskes en større biodiversitet langs de danske vandløb, bør en bredere bræmme anbefales. En usprøjet græsbræmme som set ved Skovgård bæk er en god løsning.

### **Referencer**

Ravn, H.W. 2000. An assay method and kit for testing biological material for exposure to stress using biomarkers, International PCT-patentansøgning (PA 2000 00874, 30 May 2000, WO 01/92879 A1) offentliggjort d. 6 december 2001.

## POSTER

**Videoregistrering af sublethale insekticideffekter hos dafnier**Ursula Friberg-Jensen<sup>1</sup>, Kirsten Christoffersen<sup>1</sup> og Gösta Nachman<sup>2</sup><sup>1</sup>Ferskvandsbiologisk Lab., Zool. Inst., Københavns Universitet, Helsingørsgade 51, 3400 Hillerød.<sup>2</sup>Afd. for populationsøkologi, Zool. Inst., Københavns Universitet, Universitetsparken 15, 2100 København Ø**Indledning**

I vurderingen af pesticiders giftighed for akvatiske "non-target" organismer fokuseres der hovedsagligt på akut dødelige effekter bestemt ved immobilitetskriteriet i akutte test udført under laboratorieforhold. Immobilitet er imidlertid en meget "grov" effektparameter som ikke giver information om graden af sublethale effekter ved eksponering for lavere pesticidkoncentrationer. For de pyrethroide insekticider som er akut toksiske overfor akvatiske invertebrater (Stephenson, 1982), og som er de hyppigst anvendte insekticider i Danmark i dag, viser målinger i vandmiljøet koncentrationer der ligger nær eller under de koncentrationer der er akut dødelige for vandlevende organismer (Wiggers, 1999; Bichelrapport, 1999; pers.kom. T. Lauridsen, DMU). Samtidig har pyrethroiderne en halveringstid i vandfasen på kun 1-2 døgn hvilket hovedsaglig skyldes stoffernes hydrofobe karakter, der resulterer i en hurtig og stærk binding til organiske overflader (Farmer et al., 1995). For planktoniske organismer i småsøer og vandhuller vil der derfor ved forurening med pyrethroider, sandsynligvis være tale om en hurtigt faldende eksponeringskoncentration og en forholdsvis kort eksponeringstid. Det er derfor relevant for stoffer som pyrethroider, der virker akut og formentlig hovedsaglig optræder i sublethale koncentrationer, at kunne teste toksiciteten på parametre, der er sensitive også ved sublethale koncentrationer. I vores undersøgelse har vi derfor forsøgt at forfine den traditionelle akutte toksicitetstest med krebsdyret *Daphnia magna*, ved at iagttage effekter af sublethale koncentrationer af pyrethroidet cypermethrin på flere forskellige fysiologiske parametre over en eksponeringsperiode på 24 timer. Den anvendte metode tænkes udviklet til brug ved test af pesticider, hvor kriteriet immobilitet ikke alene er en velegnet eller dækkende effektparameter.

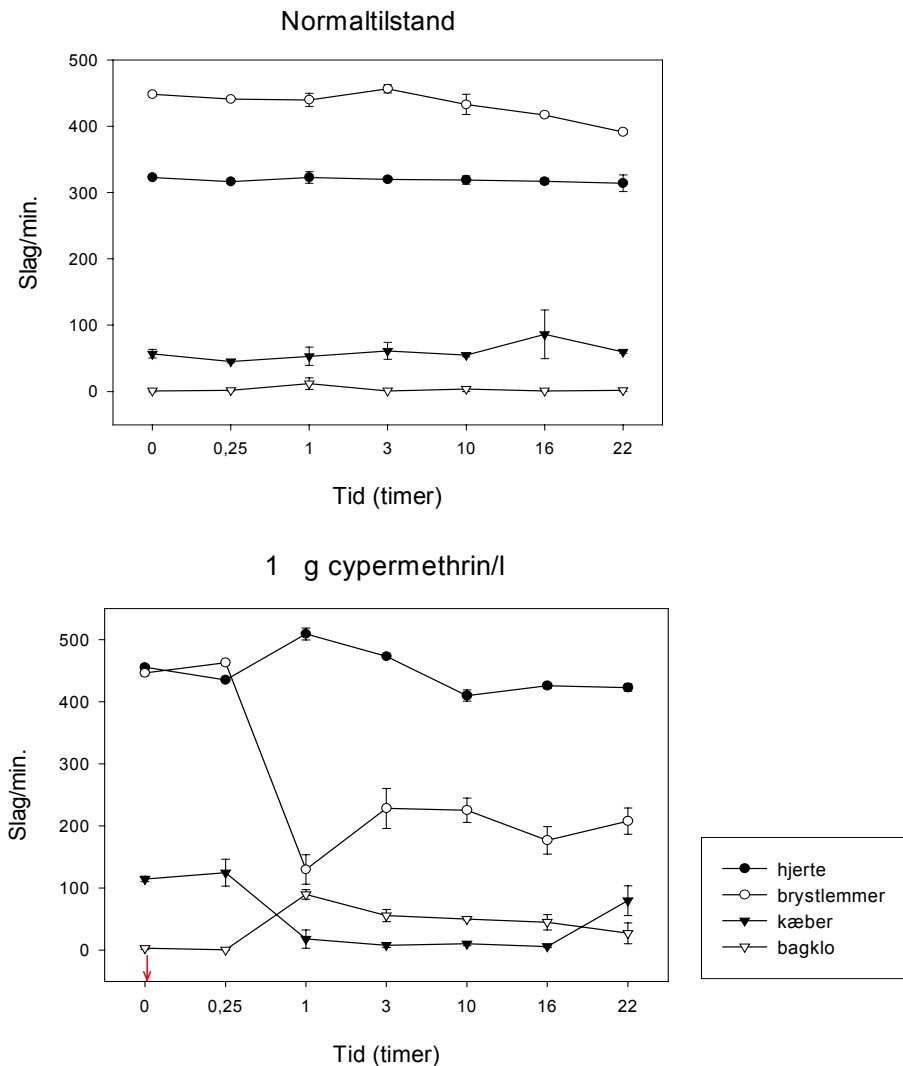
**Metode**

Teknikken består i at iagttage aktiviteten af forskellige fysiologiske parametre hos ægbærende *D. magna* eksponeret for pesticider vha. videooptagelse. I hvert forsøg er et enkelt individ af *D. magna* fasthæftet i et forsøgskammer der gennemstrømmes af testmedium. Forsøgskammeret placeres under et mikroskop og det fasthæftede dyr overvåges kontinuerligt gennem 26 timer med et kamera. Al registrering lagres på videobånd. Efterfølgende bestemmes aktiviteten af dyrets hjerte, brystlemmer, mandibler og bagklo til fastlagte eksponeringstider ved manuel tælling ud fra videooptagelserne. Forsøgene som præsenteres på posteren er udført med cypermethrin ( $\log K_{ow} = 6,6$ ,  $LC_{50,24t}$  neonate *D. magna* = 2,76  $\mu\text{g/l}$ ).

**Sublethale effekter**

Pyrethroider er nervegifte der bl.a. påvirker strukturen og kinetikken af nervecellernes natrium-kaliumkanaler. For eksponerede insekter bevirker det at de mister evnen til at koordinere deres bevægelser, de får periodiske lammelser, kramper og dør ultimativt (Soderlund et al., 1989).

I videoregistreringen kan der sammenholdt med normaltstanden af *D. magna*, tydeligt iagttages en faldende aktivitet af brystlemmer og kæber og en stigende aktivitet af bagkloen ved en cypermethrinkoncentration på 0,1  $\mu\text{g/l}$ , hvilket svarer til omkring  $LC_5$  for ægbærende *D. magna*. Effekterne indtræder for alle parametre efter kun 1-3 timers eksponering. Med stigende cypermethrinkoncentration indtræder effekterne efter kortere eksponeringstid og graden af effekt er mere udtalt. Et eksempel på aktiviteten af de målte parametre er vist i figur 1.



Figur 1. Aktivitet af fysiologiske parametre hos enkelt individer af *D. magna* uden (normaltilstand) og med eksponering for 1 µg cypermethrin/l. Hvert punkt er gennemsnit af 5 replikattællinger og "error bar" er SD. Pilen viser tidspunktet for tilsætning af cypermethrin.

Posteren vil præsentere yderligere resultater samt diskutere metodens anvendelighed og mulige konsekvenser af sublethale effekter på zooplankton.

## Referencer

- Bichelrapport, 1999. Rapport fra underudvalget om Miljø og sundhed. Bicheludvalget. Miljøstyrelsen. Miljø- og Energiministeriet, Danmark.
- Farmer, D., Hill, I. R., Maund, S. J., 1995. A comparison of the fate and effects of two pyrethroid insecticides (lambda-cyhalothrin and cypermethrin) in pond mesocosms. *Ecotoxicology* 4, 219-244.
- Soderlund, D. M., Bloomquist, J. R., 1989. Neurotoxic actions of pyrethroid insecticides. *Ann Rev Entomol* 34, 77-96.
- Stephenson, R. R., 1982. Aquatic toxicology of cypermethrin. I. Acute toxicity to some freshwater fish and invertebrates in laboratory tests. *Aquat Toxicol* 2, 175-185.
- Wiggers, L., 1999. Pesticider i vandløb, kilder og søer i Århus Amt. Teknisk rapport. Århus Amt, Natur og Miljøkontoret, Danmark.

## POSTER

**Bromerede flammehæmmere – toksiske effekter på invertebrater**

Leah Wollenberger<sup>1</sup>, Magnus Breitholtz<sup>2</sup>, Laurence Dinan<sup>3</sup>, K. Ole Kusk<sup>1</sup>  
og Bengt-Erik Bengtsson<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Miljø og Ressourcer DTU, Danmarks Tekniske Universitet, Bygning 115, 2800 Kgs. Lyngby

<sup>2</sup> Institute of Applied Environmental Research, Stockholm University, S-10691 Stockholm, Sweden

<sup>3</sup> Department of Biological Science, Hatherly Laboratories, University of Exeter UK EX4 4PS, UK

**Indledning**

Bromerede flammehæmmere (brominated flame retardants, BFRs) udledes til det akvatiske miljø og er blevet fundet i ferskvands- og marine organismer samt i sedimenter verden over.<sup>1</sup>

Toksicitetsstudier med BFRs er hovedsageligt udført med pattedyr. Den akutte toksicitet er tilsyneladende lav, men en række kroniske effekter er rapporteret. Nogle BFRs er reproduktions-, udviklings-, immuno- og/eller neurotoksiske. De inducerer forskellige leverenzymmer og påvirker hormonsystemet, specielt på thyroide-aksen, men østrogen-receptor-binding er også påvist.<sup>1-3</sup> Kun få økotoxikologiske data om BFRs er tilgængelige og på nuværende tidspunkt vides kun lidt om virkninger på vandlevende organismer. Vi har derfor undersøgt effekter af BFRs på udvikling, reproduktion og populationsvækst af to økologisk vigtige marine krebsdyr, den calanoide copepod *Acartia tonsa* og den harpacticoid copepod *Nitocra spinipes*. For at skelne mellem generel farmakologisk og endokrint forårsagede effekter blev de undersøgte BFRs tested *in vitro* for ecdysteroid (steroidhormoner, der kontrollerer udvikling og reproduktion i arthropoder) agonistisk eller antagonistisk aktivitet i den ecdysteroid responsive *Drosophila melanogaster* B<sub>II</sub>-cell line assay.<sup>4</sup>

Udvalgte polybromerede diphenylethere, PBDEs, (BDE-28, BDE-47, BDE-99 og BDE-100) samt tetrabromobisphenol A (TBBPA), 2,4,6-tribromophenol (TBP) og hexabromocyclododecane (HBCD) blev undersøgt.

**Metoder**

*A. tonsa* larveudviklingstests<sup>5</sup> og *N. spinipes* full life cycle tests<sup>6</sup> blev udført som beskrevet før. Testprincippet er det samme i begge tests. Juvenile copepoder gennemgår seks nauplius- og fem copepodit-stadier før de når det voksne stadie. Morfologiskiftet mellem det sidste nauplius- og det første copepodit-stadie er nemt at observere og fungerer som endpoint. Efter 5 døgn (*A. tonsa*) og hhv. 6-7 døgn (*N. spinipes*) har ca. halvdelen af kontrolorganismer nået et copepodit-stadie og larveudviklingsraten (LDR), udtrykt som fraktion af copepoditer blandt larverne, bliver observeret i hvert replikat af de eksponerede grupper og sammenlignet med kontrollen. Derudover bliver effekter på ægklækning og larveoverlevelsen undersøgt. Eksponeringen i *Nitocra*-testen fortsætter for yderligere to uger og effekter på reproduktion, kønsratio samt populationsvækst studeres. Vi har modificeret Euler-Lotka-ligningen til beregning af populationsvækstraten  $r_m$ , hvilket for arter med en kønnet reproduktion muliggør en betydelig kortere eksponeringstid.<sup>7</sup> Akutte toksicitetstest med voksne dyr blev udført med begge organismer i henhold til den internationale standardprocedure.<sup>8</sup>

**Resultater**

LC<sub>50</sub> værdier fra akutttests med begge organismer samt for inhiberingen af larveudviklingen af *A. tonsa* ses i Tabel 1. Larveudviklingen af *A. tonsa* har vist sig som en meget følsom parameter, meget lave 5-døgns-EC<sub>50</sub> værdier omkring 10 µg/l blev fundet for de testede PBDEs. Æg-klækning og larveoverlevelse har ikke været påvirket ved disse koncentrationer. Forholdet mellem akut og subkronisk toksiske koncentrationer (LC<sub>50</sub>/EC<sub>50</sub>) blev beregnet til 190 for BDE-47, 72 for BDE-100, 63 for BDE-99 og <10 for de øvrige BFRs.

*N. spinipes* full life-cycle tests blev udført med TBP og de tre PBDE-kongenere BDE 47, -99 og -100. En signifikant inhibering af LDR blev fundet for BDE-47 ved koncentrationer af 0.013 and 0.04 mg/l og for BDE-99 ved 0.03 and 0.1 mg/l. TBP and BDE-100 havde ingen effekter på LDR, larveoverlevelsen var dog reduceret ved højere testkoncentrationer. Ingen af de testede BFRs

førte til signifikante ændringer i populationsvækstraten  $r_m$  ved subletale koncentrationer. Ved BDE-47 koncentrationer af 0.04 mg/l blev færre gravide hunner, en øget abort-rate og en reduceret overlevelse af voksne dyr observeret.

BDE-99 og -100 viste svag ecdysteroid-antagonistisk aktivitet i  $B_{11}$ -cell testen ved  $5 \cdot 10^{-5}$  og  $10^{-4}$  mol/l. TBBPA, TBP, BDE-28, BDE-47 og HBCD havde ingen aktivitet op til  $10^{-4}$  mol/l. TBP ( $10^{-4}$  mol/l), TBBPA ( $5 \cdot 10^{-5}$  og  $10^{-4}$  mol/l) og HBCD ( $2.5 \cdot 10^{-4}$  mol/l) var cyto-toksiske.

Tabel 1: Akut toksicitet af bromerede flammehæmmere overfor voksne *Nitocra spinipes* eksponeret for 96 timer (96-h- $LC_{50}$ ) og voksne *Acartia tonsa* eksponeret for 48 timer (48-h- $LC_{50}$ ) samt subkronisk toksicitet (5-døgn- $EC_{50}$ ) overfor *A. tonsa* larver eksponeret for 5 døgn. AsCR=Akut-til-subkronisk-toksicitets-ratio.

Kemikalie	<i>Nitocra</i>		<i>Acartia</i>		AsCR LC50/EC50
	Akut toksicitet 96-h- $LC_{50}$ (mg/l)	Akut toksicitet 48-h- $LC_{50}$ (mg/l)	Subkronisk toksicitet 5-døgn- $EC_{50}$ (mg/l)		
TBBPA	<b>0.35</b> (0.30-0.41)	<b>1.50</b> (1.06-1.83)	<b>0.811</b> (0.673-0.978)		2
TBP	<b>4.42</b> (3.70-5.40)	<b>0.40</b> (0.37-0.43)	<b>0.125</b> (0.065-0.238)		3
BDE-28	ikke testet	<b>0.12</b> (0.09-0.13)	<b>0.017</b> (0.013-0.022)		7
BDE-47	<b>4.40</b> (1.44-21.7)	<b>2.37</b> (1.44-21.7)	<b>0.012</b> (0.011-0.014)		190
BDE-99	<b>&gt;1</b>	<b>0.71</b> (0.34-1.77)	<b>0.011</b> (0.006-0.021)		63
BDE-100	<b>&gt;1</b>	<b>0.52</b> (0.33-0.87)	<b>0.007</b> (0.001-0.080)		72

95% konfidens intervaller er vist i parentes.

## Konklusioner

For TBP, TBBPA, BDE-28; -47; -99 og -100 blev  $LC(EC)_{50}$  værdier  $<1$  mg/l fundet og disse BFRs bør derfor klassificeres som meget toksiske overfor akvatiske organismer.

Især juvenile *A. tonsa* og *N. spinipes* er meget sensitive overfor BFRs med  $EC_{50}$  værdier hhv. LOECs i den lave  $\mu\text{g/l}$  område.

Vores nye metode til beregningen af populationsvækstraten  $r_m$  fungerer bedre for arter med en kønnet reproduktion end den ikke modificerede Euler-Lotka ligning.

Larveudvikling (LDR) er en mere følsom parameter end populationsvækstraten  $r_m$ .

BDE-99 og -100, hvilke var de mest potente stoffer *in vivo* (*A. tonsa*), virker som ecdysteroid antagonist og bliver derfor anset som endokrin forstyrrende stoffer i invertebrater.

Videregående forskning med invertebrater er nødvendig for at opklare den toksiske virkningsmåde af stoffer, for hvilke heldyrtest og feltundersøgelser peger på hormon- forstyrrende effekter. En kombination af *in vitro* screenings metoder og (sub)kroniske copepod biotests kan være et lovende skridt i denne retning.

Sammenlignet med standardiserede testmetoder er (sub)kroniske copepod biotests meget følsomme og har et potentiale for anvendelse i risikovurdering af miljøfremmede stoffer.

## Referencer

- de Wit C.A. 2002: An overview of brominated flame retardants in the environment. Chemosphere 46, 583.
- Darnerud P.O., Eriksen G.S., Johannesson T., Larsen P.B. and Viluksela M. 2001: Polybrominated diphenyl ethers: Occurrence, dietary exposure, and toxicology. Environ Health Persp. 109 Suppl, 49.
- Meerts I.A.T.M., Letcher R.J., Hoving S., Marsh G., Bergman A., Lemmen J.G., van der Burg B. and Brouwer A. 2001: *In vitro* estrogenicity of polybrominated diphenyl ethers, hydroxylated PBDEs, and polybrominated bisphenol A compounds. Environ Health Persp. 109, 399.

Dinan L., Bourne P., Whiting P., Dhadialla T.S. and Hutchinson T.H. 2001: Screening of environmental contaminants for ecdysteroid agonist and antagonist activity using the *Drosophila melanogaster* B<sub>11</sub> cell *in vitro* assay. Environ Toxicol Chem. 20, 2038-2046.

Andersen H.R., Wollenberger L., Halling-Sørensen B. and Kusk K.O. 2001: Development of copepod nauplia to copepodites – a parameter for chronic toxicity including endocrine disruption. Environ Toxicol Chem. 20, 2821–2829.

Wollenberger L., Breitholtz M., Kusk K.O. and Bengtsson B.-E. 2002: Inhibition of Larval Development of the Marine Copepod *Acartia tonsa* by four Synthetic Musk Substances. Accepted for publication in Sci Total Environ.

Breitholtz M. and Bengtsson B.-E. 2001. Oestrogens have no Hormonal Effect on the Development and Reproduction of the Harpacticoid Copepod *Nitocra spinipes* Mar Pollut Bull.42, 879.

Breitholtz M., Wollenberger L. and Dinan L. 2002: Effects of four synthetic musks on the life-cycle of the harpacticoid copepod *Nitocra spinipes* and on the ecdysteroid-sensitive *Drosophila melanogaster* B<sub>11</sub>-cell line. Submitted to Aquatic Toxicology.

ISO 14669, Water Quality - Determination of acute lethal toxicity to marine copepods (Copepoda, Crustacea).





## Session 4 Natur og miljø i fjord og hav

### Programkomite:

Bo Riemann/Danmarks Miljøundersøgelser, Harley Bundgaard Madsen/Fyns Amt og Katherine Richardson/Aarhus Universitet

### Indholdsfortegnelse for session 4

Marin økotoksikologi – baggrund og udfordringer.....	121
<i>Ingela Dahllöf</i>	
Polycykliske aromatiske hydrocarboner i marine biota fra Grønland .....	123
<i>M. Pécseli, G. Pritzl, J. Carstensen, G. Asmund og J. Tang Christensen</i>	
Bundfaunasammensætning afslører miljøfarlighed af belastede sedimenter.....	125
<i>Flemming Møhlenberg</i>	
Metode til biologisk screening af råstofvindingsområder, havvindmølleparker, havdambrug, stenrev mm .....	127
<i>Henrik Lyngge og Jan F. Nicolaisen</i>	
Vidensopsamling til beslutningstagere via avanceret matematisk modellering .....	129
<i>Jesper Dørgé og Ian Sehested Hansen</i>	
Dyreliv på havbunden nu og for 100 år siden .....	131
<i>Elsebeth Glob</i>	
Reduktioner af næringsstofsbelastningen og vegetationsændringer i Odense Fjord .....	133
<i>Nanna Rask, Mikael Hjorth Jensen, Stig E. Pedersen og Michael Bo Rasmussen</i>	
Påvirkning af stofomsætningen i hav- og fjordbunden under reduceret organisk belastning....	137
<i>Henrik Fossing og Peter Berg</i>	
Overvågning og forvaltning af europæiske havgræsser .....	139
<i>Jens Borum</i>	
Kvælstofdeposition til danske farvande i 2010 .....	141
<i>Thomas Ellermann, Ole Hertel og Carsten Ambelas Skjøth</i>	
Danmarks Marine Datakort .....	143
<i>Karsten Dahl og Martin Larsen</i>	
AQUABASE – marinbiologisk database .....	145
<i>Henrik Lyngge</i>	
Næringssaltbegrænsning af søsalat ( <i>Ulva lactuca</i> ) i danske fjorde .....	147
<i>Dorte Krause-Jensen, Morten Foldager Pedersen, Claus Jensen og Kurt Nielsen</i>	



## Marin økotoksikologi – baggrund og udfordringer

Ingela Dahllöf

Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

### **Resumé**

Miljøfarlige stoffers påvirkninger af det marine miljø er afhængige af de enkelte stoffers fysisk-kemiske egenskaber, den samlede stofpulje og miljøfaktorer (temperatur, salinitet, næringsstoffer, lys, organismer, etc.). Vurdering af toksicitet sker ofte i standardiserede tests som giver mulighed for at sammenligne forskellige stoffer uden alt for store omkostninger. Problemerne ved denne type tests er, at testsystemerne og organismene ikke altid ligner det miljø hvor stofferne ender, hvilket medfører at der også er behov for en mere økologisk relevant bedømmelse, hvor både primære og sekundære effekter samt stoffernes skæbne kan vurderes.

Resultater for økologisk orienterede tests for anti-begroningsmidlerne TBT, Sea-nine og Zinkpyritione præsenteres, og sammenlignes med resultater og publicerede standardiserede test resultater for de samme stoffer. Resultaterne af de forskellige metoder diskuteres ud fra risikovurderings- og miljøtilstandsperspektiver.



## Polycykliske aromatiske hydrocarboner i marine biota fra Grønland

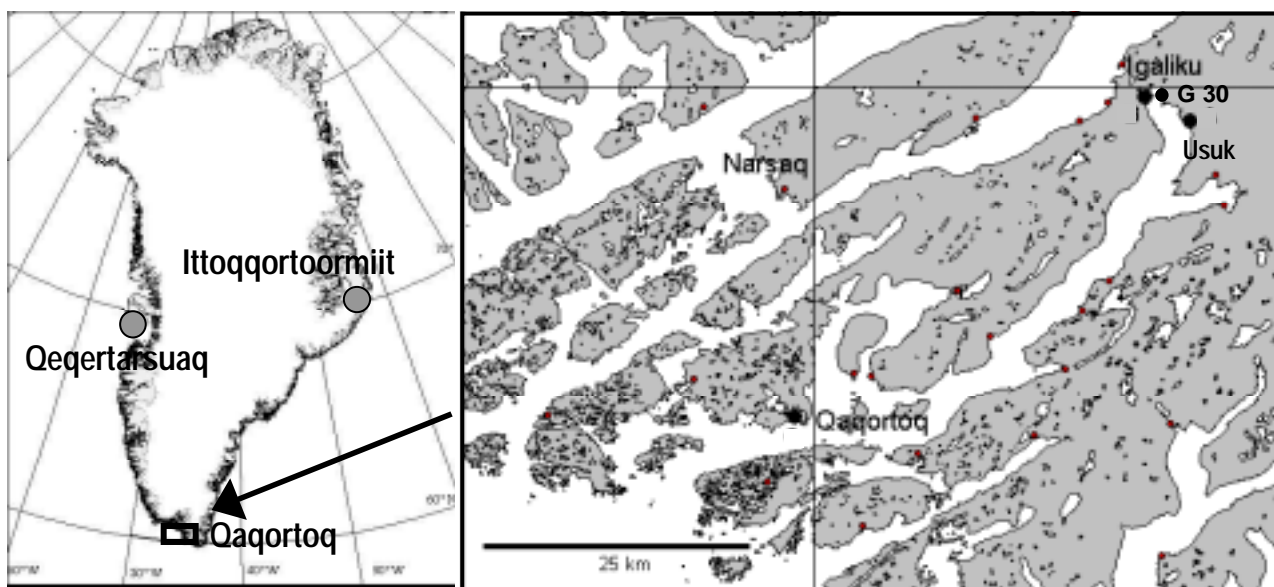
M. Pécseli<sup>1</sup>, G. Pritzl<sup>1</sup>, J. Carstensen<sup>1</sup>, G. Asmund<sup>1</sup> og J. Tang Christensen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

<sup>2</sup>Afd. for Marin Økologi, Århus Universitet, Finlandsgade 14, 8200 Århus N

### Resumé

Sommeren 1999 og 2000 gennemførte DMU et AMAP projekt på sydspidsen af Grønland samt i området omkring Qeqertarsuaq/Disko og Ittoqqortoormiit på Grønlands vest og øst kyst respektivt.



Figur 1 Det intensive indsamlingsområde lå omkring Qaqortoq: Usuk/G30 er reference stationer med et lavt niveau af menneskelig aktivitet, Igaliku er en bygd med omkring 40 indbyggere mens befolkningen i Qaqortoq er på omkring 3200.

I alt 28 PAH komponenter blev analyseret ved GC/MS i havvand ( $0,768-4,87\text{ng l}^{-1}$ ), sediment ( $115-2028\ \mu\text{g kg}^{-1}\text{DW}$ ) og unge skud fra blæretang (*Fucus vesiculosus*) ( $197-576\ \mu\text{g kg}^{-1}\text{DW}$ ) og strandsnegl (*Littorina saxatilis*) ( $445-530\ \mu\text{g kg}^{-1}\text{DW}$ ), blåmuslinger (*Mytilus edulis*) ( $414-1337\ \mu\text{g kg}^{-1}\text{DW}$ ) og leveren fra almindelig ulk (*Myoxocephalus scorpius*) ( $684-3044\ \mu\text{g kg}^{-1}\text{DW}$ ) fra lokaliteter med varierende grad af menneskelig aktivitet. Yderligere prøver af tangloppe (*Gammarus sp.*), uvak (*Gadus ogac*), plettet havkat (*Anarhichas minor*) og tærbe (*Raja radiata*) blev analyseret fra referenceområdet. PAH niveauerne der blev målt i denne undersøgelse er af samme størrelsesorden som hvad man finder i Europa. Desuden overskrides internationale grænseværdier fra OSPAR for bl.a. anthracen i urbaniserede egne af Grønland. Betydningen af station, år længde og køn blev testet gennem en generel lineær model for muslinger og almindelig ulk. Lokale antropogene kilder er øjensynlig af betydning idet også tyndt befolkede egne viser PAH niveauer over baggrundsniveau. Indsamlingsår og længde af organismen havde ingen signifikant betydning for det totale PAH niveau i organismen. Imidlertid var det totale PAH niveau 50% højere i hanner end i hunner af almindelig ulk. Det blev også observeret at det totale niveau af PAH steg med taxonomisk niveau, hvilket er det modsatte mønster af hvad man typisk ser i tempererede egne. Denne korrelation antyder at fisk ikke har den samme evne til at metabolisere PAH komponenter som observeret i tempererede egne.

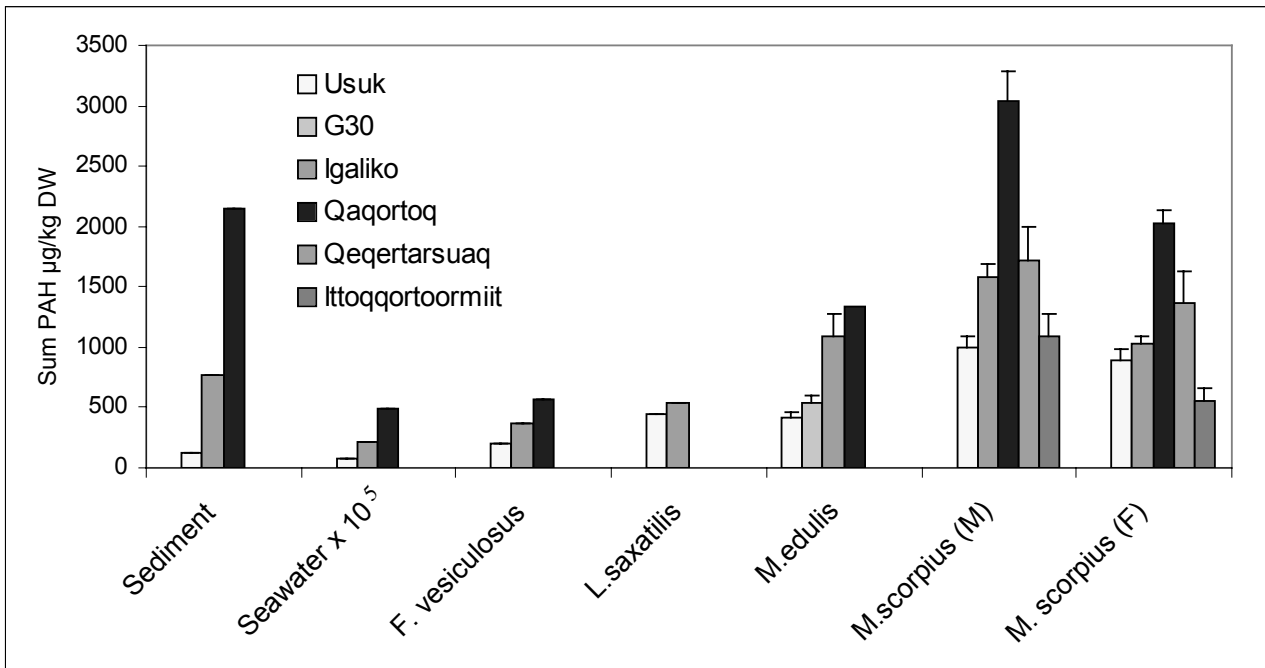


Figure 2 PAH niveauer ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  DW for solid samples and  $\mu\text{g l}^{-1}$  for seawater  $\times 10^5$ ) in various compartments of the marine environment from the areas investigated: Usuk/G30, Igaliko and Qaqortoq and Qeqertarsuaq and Ittoqqortoormiit. Error bars indicate STD of the average for *M. edulis* and *M. scorpius*. M and F denote male and female fish respectively.

## Bundfaunasammensætning afslører miljøfarlighed af belastede sedimenter

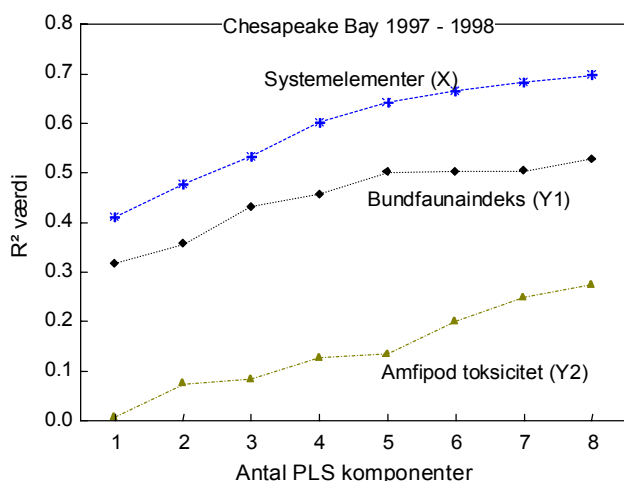
Flemming Møhlenberg

DHI – Institut for Vand & Miljø, Agern Alle 11, 2970 Hørsholm

### Indledning

Miljøfarligheden af kemisk belastede sedimenter kan vurderes ved en række forskellige tilgange, som både omfatter kemiske analyser, toksicitetsforsøg med sedimentlevende organismer, sammenligning af bunddyrssamfund i belastede og ikke belastede områder og mere simpelt som i hvor høj grad koncentrationen af forskellige stoffer overskrider koncentrationen i ikke forurenede sediment eller kun diffust belastet sediment. Valget af metode varierer betydeligt mellem lande med USA og Canada som eksponenter for en nærmest obligatorisk gennemførelse af toksicitets-test ved større optagning og klappning af sediment, mens tilgangen i europæiske lande hovedsagelig har været baseret på kemiske analyser af sedimenter.

Udvikling af metoderne i USA har været drevet af EPA og NOAA som med forskelligt udgangspunkt har udviklet en række konkrete "guidelines" for test og foreslået sedimentkvalitetsværdier for en række stoffer. Kvalitetsværdierne er beregnet på basis af store databaser for sediment-bundne stoffers toksicitet overfor marine dyr, sammenhørende værdier for faunasammensætning og indhold af kemiske stoffer og/eller toksisk virkning i standardiserede test. I modsætning til bestemmelse af (korttids-) toksicitet overfor enkeltarter, så vil tilstanden eller ændringer i bundfaunaen afspejle den realiserede virkning af samtlige toksiske stoffer i sedimentet på hele det biologiske samfund og endvidere integrere påvirkninger fra sedimentets karakteristika (kornstørrelse, organisk indhold etc.). Den primære ulempe ved denne fremgangsmåde er, at den naturlige variation i bundfaunasammensætning er stor (især i lavvandede områder) bl.a. som følge af variation i de naturlige forhold (fx kornstørrelse og organisk indhold) og en samtidig forekomst af flere forurenende stoffer gør det vanskeligt at identificere enkeltstoffernes bidrag til toksiciteten. Det kræver derfor et stort datamateriale for at kunne opgøre betydningen af både naturlige og antropogene påvirkninger som fx. indhold af tungmetaller og organiske forureninger.



Figur 1. Sammenhæng mellem antal PLS-komponenter og forklaringsgrad for systemelementer (vandkvalitet, sedimentkarakteristik, indhold af kemiske stoffer, ialt ca 100 variable), bundfaunaekvalitet og sedimenttoksicitet i Chesapeake Bay og omkringliggende kystvande. 1. PLS komponent kunne beskrive ca. 30 % af variationen ( $R^2$ ) i bundfaunaens kvalitet Y1 (her udtrykt ved et integreret indeks IBI), mens forklaringsgraden af sedimentets toksiske virkning på amphipoder var meget lav selv om der blev inddraget op til 5 PLS-komponenter.

### Undersøgelser og dataanalyser

Ved DHI har vi fået adgang til 6 store databaser etableret under EMAP (Environmental Monitoring and Assessment Program) i USA. Databaserne dækker forskellige kystregioner i USA og hver omfatter typisk 150 - 600 synoptiske data for vandkvalitet (fx. næringsrigdom, Secchi, iltkonc.), sedimentkarakteristik (kornstørrelse, org. stof), indhold af kemiske stoffer (70 - 90 forbindelser og elementer), bundfaunasammensætning (abundans, artssammensætning, biomasse) samt data for sedimenternes toksicitet bestemt i standardiserede test. Undersøgelserne er kun delvist rapporterede i peer-reviewed tidsskrifter. Vi har reanalyseret flere datasæt ved anvendelse af multivariat statistik (PLS) med det sigte at kvantificere betydningen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller på bundfaunaens sammensætning (se Figur 1, 2 & 3).

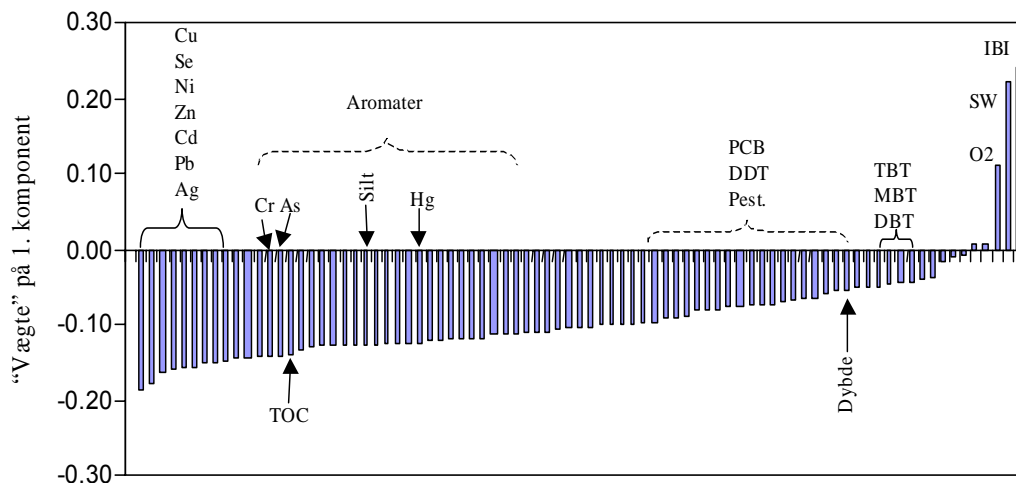
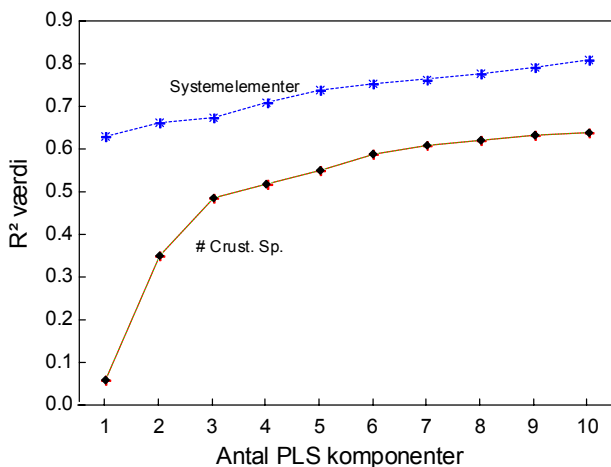
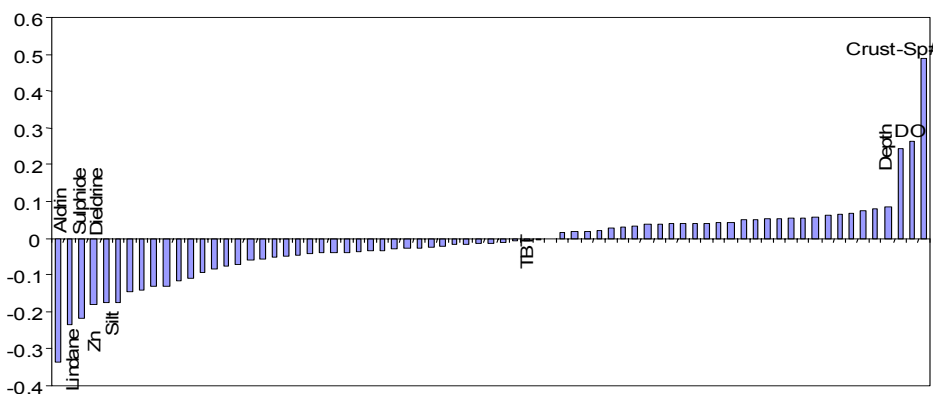


Fig. 2. Vægte af forskellige systemvariable som bidrager til den 1. PLS komponent. Størrelse og fortegn af søjler angiver graden af "korrelation" indbyrdes mellem X- variable og korrelation til Y- variable Shannon-Wiener (SW) og bundfaunaindeks (IBI). Blandt X-variable er opløst ilt i bundvandet (O2) den eneste, som korrelerer positivt til bundfaunakvaliteten. I Chesapeake Bay er det primært tungmetallerne (Cu, Se, Ni, Zn, Cd, Pb og Ag) som har den største indflydelse, fulgt af en række aromatiske kulbrinter. Stoffer med lav og ikke signifikant betydning er PCB-congenerer, DDT- samt -butyltinforbindelser. For den 2. PLS komponent (ikke vist), som øger forklaringsgraden af de 2 udtryk for bundfaunakvalitet (IBI og Shannon-Wiener) med i gennemsnit 9 % er det også tungmetaller samt sedimentets vandindhold/silt-% og sulfid-indhold (som modificerer tilgængeligheden af metaller), der betyder mest for faunakvaliteten.



Figur 3. I New York havn/Hudson River var den 2. PLS komponent vigtigst for forklaring af variationen i flere indekser for bundfaunakvaliteten (her vist antal krebsdyrarter) (se Figur tv.). 2. PLS komponent var især relateret til variationen i sedimentets koncentration af pesticider og reaktiv sulfid (Figur nederst). Noter også at antal krebs-dyrarter øgdes med dybden, iltindhold i bund-vandet, men aftog med sedimentets siltindhold. Koncentrationen af TBT og nedbrydnings-produkter heraf viste ingen sammenhæng til faunakvaliteten.



Med undtagelse af New York havn var der karakteristisk, at det var sedimentets indhold af tung-metaller, der havde størst betydning for faunakvaliteten. Ved sammenligning med de amerikanske data er der stor sandsynlighed for at bundfaunaen i danske fjorde er påvirket af tungmetaller!

Eksemplerne i Figur 1-3 viser eksempler på resultater fra dataanalyserne. Når de vigtigste systemvariable er identificeret ved PLS-analyser, kan der gennemføres trinvis regressionsanalyser til kvantificering af sammenhænge.



## Metode til biologisk screening af råstofindvindingsområder, havvindmølleparker, havdambrug, stenrev mm

Henrik Lynge og Jan F. Nicolaisen

Hedeselskabet Miljø og Energi A/S, Ringstedvej 20, 4000 Roskilde

### **Resumé**

Hedeselskabet afd.: Marin og Ferskvand har udviklet en metode til biologisk screening af råstofindvindingsområder, havvindmølleparker, havdambrug, stenrev mm.

Metodens omdrejningspunkt er paravanedykning hvor dykkeren er positioneret med meters nøjagtighed. Dykkerens registreringer kan tilpasses de enkelte områders biologiske udtryk, men omfatter som oftest: dybde, substratforhold, dominerende fauna og / eller flora mm. Dykningerne suppleres ofte med undervandsvideo eller still-billed optagelser som visuel dokumentation.

Paravanetrækkene gennemføres altid med erhvervsdykkercertificerede marinbiologer.

Paravanetrækkene placeres således at ca. 10 % af bundens areal registreres i et givet undersøgelsesområde.

På baggrund af paravaneoplysningerne kan særligt biologisk interessante områder, f.eks. stenrevsområder eller visse blødbundsområder, udpeges og positioneres med stor nøjagtighed.

Efterfølgende kan der derfor suppleres med detaljeundersøgelser som punktdykninger eller hapsbundprøvetagning i disse områder, hvis der er ønske om en mere detaljeret biologisk viden.

Metoden er udviklet i samarbejde med Skov- og Naturstyrelsen og indgår, efter interkalibrering og godkendelse af DMU, som overvågningsmetode i det nationale overvågningsprogram NOVA 2003, til bl.a. fladeudbredelsesregistrering af ålegræs og blåmuslinger.



## Vidensopsamling til beslutningstagere via avanceret matematisk modellering

Jesper Dørge og Ian Sehested Hansen

DHI-Institut for Vand og Miljø, Agern Allé 11, 2970 Hørsholm

### Indledning

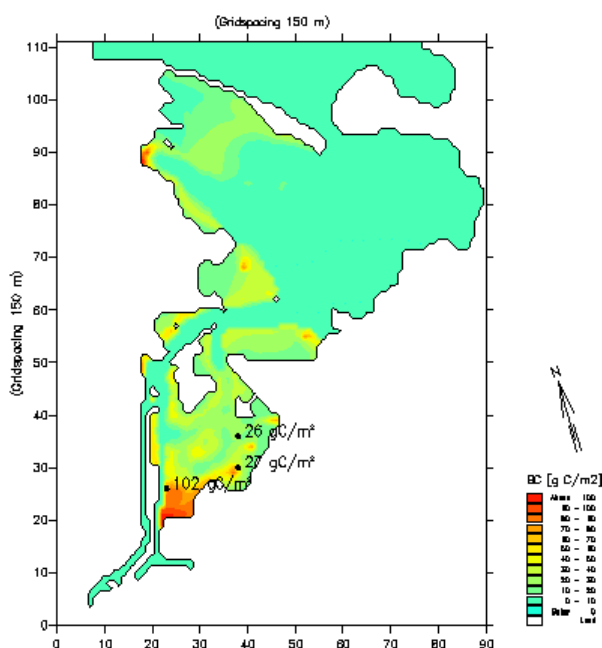
I forbindelse med Fynsværkets ansøgning om fornyet kølevandsudledning, Fyns Amts generelle overvågning af tilstanden i Odense Fjord samt konsekvensvurdering af forskellige mulige indgreb i oplandet til fjorden, har DHI i samarbejde med Fyns Amt og Fynsværket udført detaljerede modelberegninger for Odense Fjords vandskifte og biologi.

Sigtet med arbejdet har været at klarlægge de nuværende og mulige fremtidige forhold i fjorden på et fagligt veldokumenteret grundlag, men samtidig også på en kvantitativt og kvalitativt oversigtlig måde som et direkte grundlag for beslutningstagerne.

Halvdelen af Fyns befolkning bor omkring Odense Fjord. Fjorden er underlagt bestemmelser som skyldes den generelle lovgivning samt forskellige internationale aftaler, bl.a. er den vestlige og sydlige del af fjorden blevet udpeget som internationalt naturbeskyttelsesområde og den nordvestlige del målsat som referenceområde for naturvidenskabelige studier [1]. Målsætningerne for fjordens miljø er i dag ikke opfyldt. Der er derfor stor politisk opmærksomhed omkring forhold som kan ændre fjordens tilstand i både positiv og negativ retning.

### Model

Fjordens vandskifte er beregnet med en tredimensional hydraulisk model, hvor kemiske/biologiske forhold indgår direkte i form af algevækstbeskrivelse og konkurrenceforhold mellem fytoplankton, makroalger og rodfæstet vegetation. Omsætning i sediment indgår desuden [2]. Modelkomplekset er blevet kalibreret for perioder med et fyldigt datagrundlag (supplerende målinger er foretaget i forbindelse med projektet) og modellen er efterfølgende blevet valideret for et hydrologisk anderledes år samt gennemgået en blindtest for et helt tredje år. Eksempel på resultat er vist i Figur 1.



Figur 1. Sammenligning af målt og beregnet biomasse af makroalger.

### ***Vidensopsamling***

Modelarbejdet er forløbet over en 4-årige periode og er i øvrigt stadig aktivt. Udgangspunktet har været at udnytte den eksisterende viden omkring fjordens hydrografi og biologi bedst mulig og samtidig inddrage supplerende målinger og eksperter, hvor begrænsninger identificeres.

Resultatet er et omfattende modelkompleks, som indeholder forskningsresultater og lokalviden opsamlet over en længere periode. Modelprognoserne er derfor foretaget på et solidt grundlag og en efterfølgende kvantificering af effekter for udvalgte nøgleparametre har muliggjort et direkte tilgængeligt - men samtidig solidt fagligt - grundlag for politikernes beslutninger.

### ***Referencer***

Odense Fjord Udvalget - Fyns Amt, Natur- og Vandmiljøafdelingen, 10 år for Odense Fjords natur og miljø status år 2000 og fremtidige projekter

E. Kock Rasmussen, I. Sehested Hansen, A.C. Erichsen, D. Muhlenstein, J. Dørge, 2000, 3D Model system for Hydrodynamics, Eutrophication and Nutrient transport. Paper presented at the third international conference on environmental problems in coastal waters. (Las Palmas September 2000)

## Dyreliv på havbunden nu og for 100 år siden

Elsebeth Glob

Fyns Amt, Ørbækvej 100, 5220 Odense SØ

### Indledning

Dyrelivet på havbunden afspejler det miljø de lever i. Nogle arter favoriseres af en øget næringsstofbelastning, mens andre bukker under. Nogle er bedre til at klare iltsvind end andre. Dyrelivets sammensætning og udbredelse på havbunden er derfor en god indikator på miljøtilstanden og miljøbelastningen. 100 år gamle bundfauna undersøgelser giver mulighed for at vurdere, om miljøtilstanden har ændret sig.

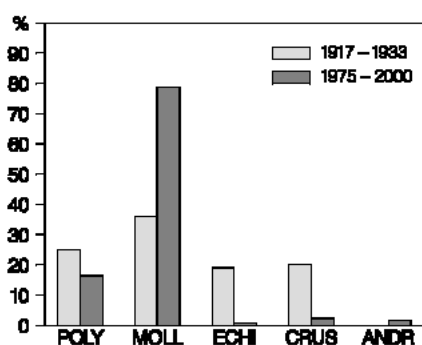
### Undersøgelse

Dansk Biologisk Station har i perioden 1917-33 undersøgt bundfaunaen på 45 stationer i Langelandsund mellem Fyn og Langeland. Stationerne blev besøgt to gange årligt frem til 1927, herefter én gang.

Fyns Amt har undersøgt bundfaunaen på 20 stationer i Langelandsund i perioden 1975 -2000. Flere af disse stationer har jævnligt været besøgt, mens andre kun har været besøgt en gang. Herudover blev 28 af Dansk Biologisk Stations stationer genbesøgt i 1997.

### Dyreliv før og nu

De taxonomiske hovedgrupper af bundfauna i Langelandsund fordeler sig forskelligt nu og for 100 år siden. Der var en mere ligelig fordeling mellem de taxonomiske grupper af dyr for 100 år siden end i dag. På den bløde havbund talte hver hovedgruppe 20-30% af den samlede pulje af dyr (fig. 1). Nu om dage udgør gruppen af snegle og muslinger 80%, børsteorme 15% og gruppen af krebsdyr og pighude resten (fig.1). Med forbehold i metodemæssige forskelle før og nu var individtætheden 5 gange større af pighude for 100 år siden, mens individtætheden af muslinger er ti gange større i dag.



Figur 1. Taxonomiske hovedgrupper fordelt på børsteorme (poly), muslinger og snegle (moll), pighude (echi), krebsdyr (crus) og andre i perioden 1917-33 og 1975-2000 i Langelandsund

### Krebsdyr og iltsvind

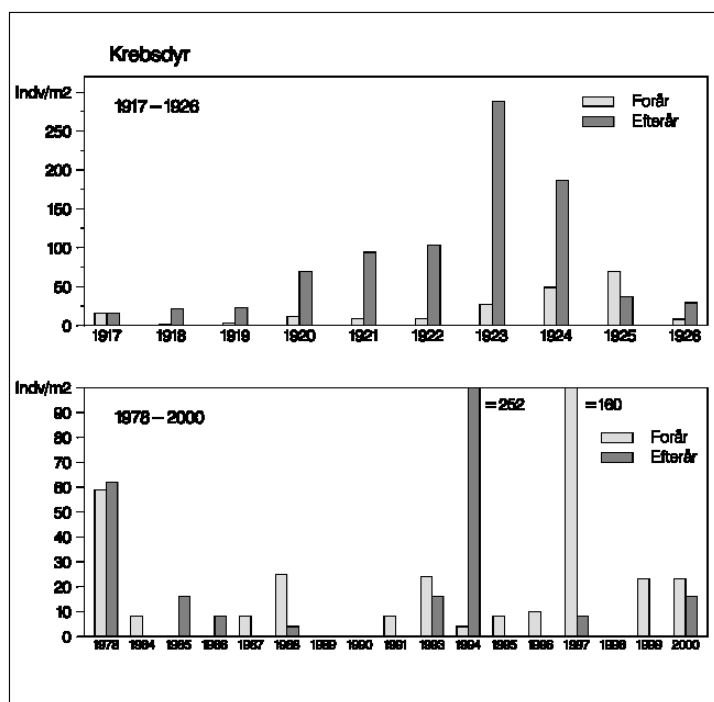
Krebsdyr er følsomme overfor iltsvind. Det er ofte dem, der forsvinder først ved iltsvindshændelser. Iltsvind optræder hyppigst og kraftigst om efteråret, hvorfor det ofte er på den årstid, at krebsdyrene lider overlast og i værste fald forsvinder. Til gengæld øges populationstætheden ofte hen over sommeren, når der ikke er nævneværdige iltsvind ved havbunden.

For 100 år siden var der en tydelig forøgelse af populationstætheden fra forår til efterår, og krebsdyrene var til stede i samtlige prøver både forår og efterår (fig.2). Nu om dage er der en betydelig fluktuation i krebsdyrenes tilstedeværelse. De er ofte slået ud om efteråret, hvilket

nogen gange strækker sig hen i foråret. Dette ses specielt i årene 1989 og 1990, hvor krebsdyrene slet ikke forekommer i prøverne. Det er kommakrebsen, *Diastylis rathkei*, der udgør den overvejende del af krebsdyrene og giver anledning til fluktuationen.

### Forsvundne arter

Nogle arter er stort set forsvundet fra Langelandssund. Det drejer sig om søpindsvinet, *Echinus* sp., og sømusene, *Echinocardium cordatum* og *Echinocyamus pussilus* som ikke er fundet siden 1975. Konksneglene *Buccinum undatum* og *Nassa reticulatum* er også gået stærkt tilbage. Førstnævnte var almindelig udbredt på den hårdere havbund, og sidstnævnte blev stort set fundet i alle prøver for 100 år siden. I dag optræder de meget sjældent. *Buccinum undatum* blev fundet en enkelt gang i 1978 og *Nassa reticulatum* i 1977, 1997 og 2000.



Figur 2. Individtætheden af krebsdyr fordelt på forår og efterår i perioden 1917-26 og 1978-2000. Kun år hvor der foreligger bundfaunaprøver både forår og efterår af afbildet.

### Diskussion

Metodemæssige forskelle synes ikke at kunne forklare de observerede forskelle. I dag bruges en sigte med en maskevidde der er ½ mm mindre end for 100 år siden til at sigte bunddyrene fra sedimentet. Denne forskel synes ikke at kunne forklare, at der er blevet færre pighude og konksnegle. Ligesom den heller ikke umiddelbart forklarer, at gruppen af muslinger er blevet ti gange større og udgør 80% af individtætheden nu mod 30% før. Den kan heller ikke forklare, at krebsdyrene nu om dage ofte er fraværende om efteråret. Endelig forklarer det heller ikke, at visse arter er forsvundet.

Den ustabilitet som bl.a. krebsdyrenes tilstedeværelse viser i Langelandssund, hvor de ofte forekommer om foråret, men på grund af hyppige og langvarige iltsvind ofte mangler om efteråret betyder, at vandområdet næppe kan leve op til en 'god økologisk tilstand', som Vandrammedirektivet foreskriver. Imidlertid var dette billede ikke kommet til udtryk i samme grad, hvis der kun havde været foretaget undersøgelser om foråret, som det er gængs praksis i overvågning af bundfauna, jf. NOVA2003.

### Referencer

- Glob, E. (2002): Dyreliv på havbunden nu og for 100 år siden. Vand & Jord. (i trykken).  
 Fyns Amt (2002): Kystvande 2001. Vandmiljøovervågning. Natur- og Vandmiljøafdelingen.

## Reduktioner af næringsstofsbelastningen og vegetationsændringer i Odense Fjord

Nanna Rask<sup>1</sup>, Mikael Hjorth Jensen<sup>1</sup>, Stig E. Pedersen<sup>1</sup> og Michael Bo Rasmussen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fyns Amt, Ørbækvej 100, 5220 Odense SØ

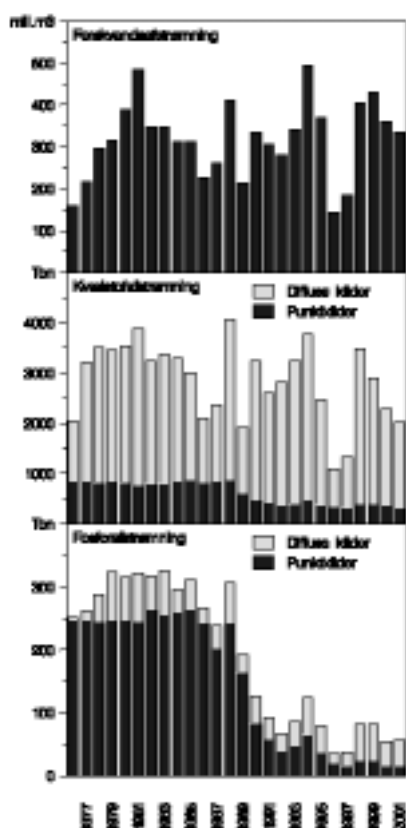
<sup>2</sup> Danmarks Miljøundersøgelser, Vejlsøvej 25, 8600 Silkeborg

### Indledning

De danske fjorde udgør en vigtig og ofte bynær rekreativ ressource og deres miljøtilstand er derfor tit genstand for stor offentlig interesse. Samtidig er fjordene ofte de primære modtagere af store landbaserede tilførsler af næringsstoffer, og har gennem mange år været stærkt belastet fra punktkilder som industri og husholdning og diffuse kilder som jordbrug og spredt bebyggelse. Fjordenes miljøtilstand har været præget heraf, med høje koncentrationer af næringsstoffer i vandfasen og et artsfattigt masseforekomstpræget plante- og dyreliv. Siden 1987 har amter og kommuners spildevandsplaner sammen med landsdækkende initiativer i Vandmiljøplan I og II medført en kraftig reduktion af fosforbelastningen fra punktkilder siden begyndelsen af 1990'erne og i de seneste år også en mærkbar reduktion i kvælstofbelastningen fra diffuse kilder. Effekterne af denne kraftige belastningsreduktion må forventes først at kunne spores i fjordene, hvor de lokale belastningsforhold er afgørende og de seneste års overvågningsresultater tyder på, at der er ved at indtræde ændringer i fjordenes miljøtilstand (Kaas et al., 1996; Conley et al., 2000).

### Odense Fjord

Odense Fjord er en lavvandet fjord på 64,7 km<sup>2</sup> og en middeldybde på 2,25 m. Fjordens opland på 1.061 km<sup>2</sup> udgør ca. 30% af Fyns Amts samlede areal og er intensivt opdyrket. Renset spildevand fra bl.a. Fyns største bysamfund, Odense, udledes til fjorden. Den landbaserede stoftilførsel til fjorden er, når der korrigeres for betydningen af de varierende vandafstrømninger, reduceret med ca. 75-85% for fosfor og ca. 30-35% for kvælstof siden 1980'erne. Fjorden responderer imidlertid på den totale belastning, der for især kvælstof stadig varierer stærkt fra år til år (fig. 1).



Figur 1. Årlig ferskvands-, fosfor- og kvælstofafstrømning til Odense Fjord 1976-01.

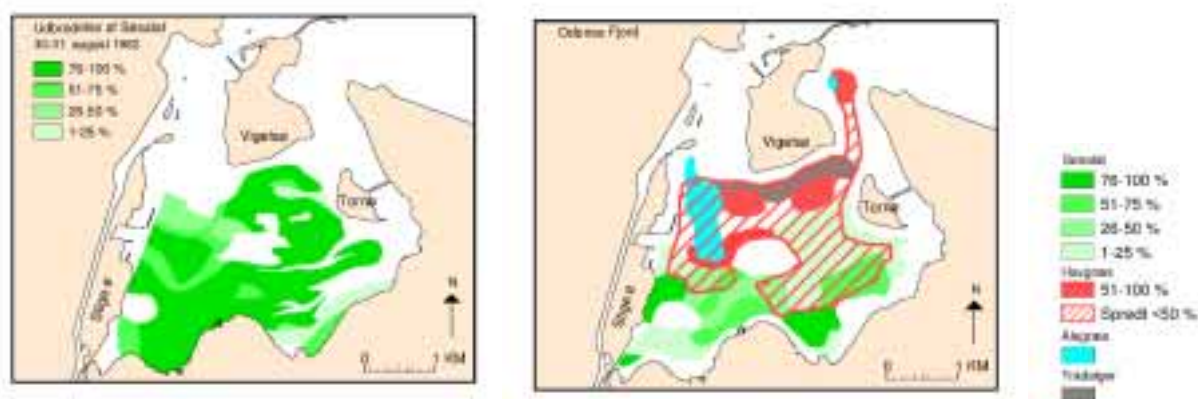
### Miljøtilstandsændringer i Odense Fjord

I takt med belastningsreduktionen ses faldende næringsstofkoncentrationer i fjordvandet, mest udpræget for fosfor, og den normale 'sommertop' af fosfor er nu på et lavere koncentrationsniveau som tegn på at sedimentets pulje af ophobet fosfor er reduceret. Iøvrigt er der ingen klare udviklingstendenser at spore i det pelagiske system.

Fjordens makrofytvegetation har derimod udvist markante ændringer. I 1980'erne var Sølalat (*Ulva lactuca*) det dominerende vegetationselement i hele den indre del af fjorden. Den meget store biomasse forårsagede bl.a. udvikling af lokale iltsvind og store døgnsvingninger i pH i vandfasen.

Sammen med Søsalsaltens skygningseffekt gjorde disse forhold det umuligt for rodfæstet makrofytvegetation at etablere sig i den indre del af fjorden. I de ydre dele af fjorden forekom store mængder eutrofieringsbetingede trådalger.

Siden slutningen af 1980'erne er mængden af Søsalsalt aftaget markant, og i takt hermed er rodfæstede makrofyter genindvandret. Havgræs rekoloniserede den indre del af fjorden i begyndelsen af 1990'erne og etablerede i løbet af få år store sammenhængende bevoksninger. Fra 1999 er også Ålegræs genindvandret, og havde i 2001 etableret sammenhængende bevoksninger i den nordvestlige del af den indre fjord.



Figur 2. Vegetationsudbredelse i den indre del af Odense Fjord i august 1982 (venstre) og i juli-august 2000/01 (højre).

I den ydre del af Odense Fjord er forekomsten af trådalger aftaget meget markant siden begyndelsen af 1990'erne, og flerårige, bladformede arter som Blæretang (*Fucus vesiculosus*) og Savtang (*F. serratus*) har vundet stærkt frem, og udgør nu et dominerende vegetationselement i denne del af fjorden. Også i den indre del af fjorden er Blæretang nu fundet i mindre bevoksninger (Fyns Amt 2002). Denne vegetationsudvikling i hhv. inderfjord og yderfjord stemmer overens med at det ved forsøg er påvist at Søsalsalt har vækstoptimum ved højere næringsstofkoncentrationer end trådformede alger, som igen har vækstoptimum ved højere koncentrationer end bladformede langsomtvoksende alger (Pedersen & Borum, 1997). Studier af næringsstoffbegrænsning af Søsalsaltvækst i Odense Fjord 2000-01 har vist, at næringsindholdet i algerne var væsentlig mindre end i 1980'erne og sandsynligheden for næringsstoffbegrænsning af væksten dermed var øget. Gødningsforsøg viste endvidere at Søsalsaltens vækst i somrene 2000-01 var begrænset af både N og P, mest udtalt på stationen længst væk fra næringsstoffkilderne (Krause-Jensen et al., 2002).

Både Seden Strand og den ydre del af Odense Fjord er imidlertid fortsat meget næringsbelastede områder, også sammenlignet med andre fjordsystemer (BERNET 2000), og er også påvirket af andre alvorlige miljøbelastninger fra bl.a. skibstrafik. TBT og PAH forekommer i høje koncentrationer i dele af fjorden og vides at påvirke dyrelivet (Fyns Amt 2002). Vegetationen udviser da også stadig store variationer i forekomst og udbredelse fra år til år, afhængig af stofafstrømningsregime og andre påvirkninger det enkelte år.

Samlet set viser resultaterne dog, at det ved markante belastningsreduktioner er muligt at fremkalde en positiv vegetationsudvikling i tidligere stærkt belastede fjordsystemer. En nøjere forståelse af dynamikken i disse miljøændringer og formidling heraf til offentligheden vil være af væsentlig betydning for den generelle opfattelse i medier og befolkning af effekterne af de store investeringer der er foretaget for at nedsætte belastningen til de danske kystvande.

## Referencer

BERNET (2000). Aquatic Monitoring and Assessment. Vol I, synthesis. Bernet Theme Report. Fyn County, Odense Denmark. 50 pp.

Conley, D.J., H. Kaas, F. Møhlenberg, B. Rasmussen & J. Windolf (2000). Characteristics of Danish Estuaries. *Estuaries* 23: 820-837.



Fyns Amt (2002). Kystvande 2001.

Krause-Jensen et al., (2002). Næringsaltbegrænsning af makroalger i danske kystområder. Et samarbejdsprojekt mellem Ringkøbing Amt, Nordjyllands Amt, Viborg Amt, Århus Amt, Sønderjyllands Amt, Fyns Amt, Roskilde Universitetscenter og Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr 392.

Kaas et al., (1996). Marine områder. Danske Fjorde - status over miljøtilstand, årsagssammenhænge og udvikling. Faglig rapport fra DMU nr. 179.

Pedersen, M.F. & J. Borum (1997). Nutrient control of estuarine macroalgae. Growth strategy and the balance between nitrogen requirements and uptake. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 161: 155-163.



## Påvirkning af stofomsætningen i hav- og fjordbunden under reduceret organisk belastning

Henrik Fossing<sup>1</sup> og Peter Berg<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Danmarks Miljøundersøgelser, Vejløvej 25, 8600 Silkeborg

<sup>2</sup> Department of Environmental Sciences, University of Virginia, Charlottesville, VA 22903, USA

### Resumé

Inden for de seneste år er der opstillet en sedimentmodel, der er i stand til at beskrive, hvordan sedimentprocesser i fjord- eller havbunden påvirker hinanden. Modellen er derfor et godt "værktøj" til bedre at beskrive samspillet mellem de mange kemiske processer i sedimentet og er derfor nyttig både ved forskning i marine sedimenter og ved rådgivningsopgaver. For eksempel er det med modellen muligt at fremskrive, hvordan den interne belastning med N- og P-næringssaltene vil ændre sig, dvs. hvordan frigivelsen af N- og P fra sedimentet påvirkes, ved forskellige miljøindgreb.

Nedbrydningen af det organiske stof i hav- og fjordbunden sker først og fremmest med et forbrug af ilt, og jo større stofmængde, der omsættes i bunden, des større mængde ilt går der til nedbrydningen. En stor stofftilførsel til bunden kan derfor medføre et så stort iltforbrug i sedimentet, at iltforholdene i bundvandet bliver stærkt forringede. Ilt vil derfor kun trænge ganske få mm ned i bunden eller forsvinde helt i perioder med totalt iltsvind i bundvandet. Samtidigt vil svovlbrinte trænge op mod sedimentoverfladen og evt. helt op i bundvandet. De iltfrie nedbrydningsprocesser bliver af den grund dominerende eller helt enerådende for stofomsætningen i sedimentet.

Modellen reagerer på det organiske stof der falder ned på bunden, og via sedimentprocesserne bliver der frigjort både kvælstof- og fosfor. Modellen kan derfor også bruges til at beregne kvælstof- og fosfor udvekslingen mellem bund og bundvand.

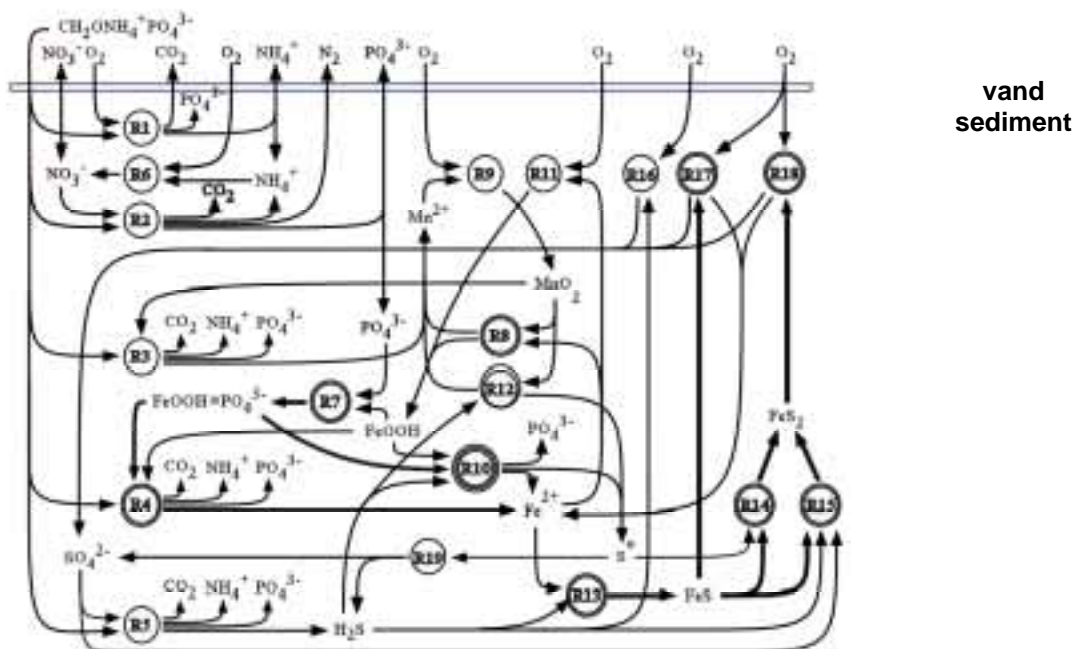


Fig. 1. Sedimentmodellens net af kemiske processer, der beskriver, hvordan de enkelte processer påvirker hinanden. De nummererede cirkler referer til de enkelte led/ kemiske reaktioner i den matematiske beskrivelse.

Modellen har mange anvendelsesmuligheder. I "hva'-nu-hvis-scenarier" kan vi f.eks. ændre på den organiske stofbelastning til havbunden eller iltkoncentrationen i bundvandet og vurderer, hvad der sker i havbunden og dermed forudse, hvordan disse ændringer vil påvirke stoffluxen over sediment-vand grænsefladen. Med modellen er det derfor muligt at fremskrive en udvikling i et fjordområde, og pege på løsningsmuligheder, der f.eks. kan nedsætte omfanget af en fjords interne belastning med N og P eller forudsige, hvilken effekt et indgreb vil have på f.eks. ilt nedtrængningen i bunden eller produktionen af  $H_2S$ .

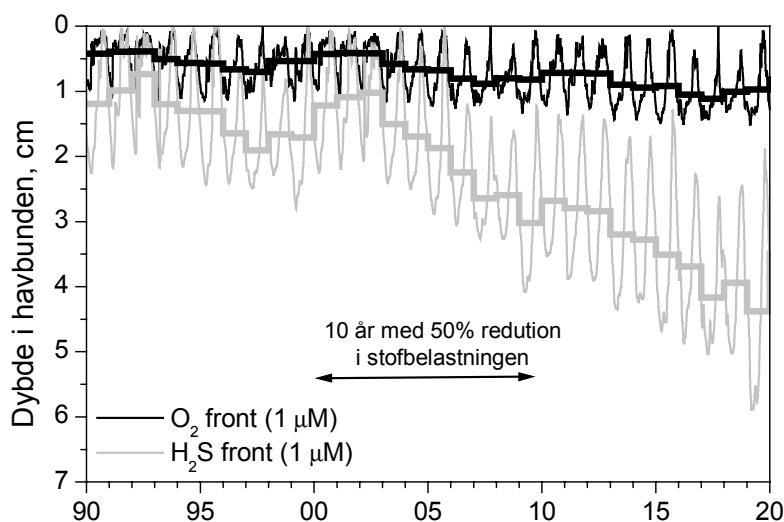


Fig. 2. Ilt- og svovlbrintefrontens udvikling i Århus Bugt, hvis den organiske belastning nedsættes med 50% gennem en periode på 10 år. Kurverne viser i hvilken dybde af havbunden, man finder 1  $\mu\text{mol}$  pr. liter af hhv. ilt og svovlbrinte

Præsentationen tager udgangspunkt i Århus Bugt og viser ved eksempler, hvordan en nedsat belastning af bunden påvirker sedimentprocesserne. Modellen forudsiger, at nedsættes den organiske belastning af havbunden, sker der et skifte i nedbrydningsprocesserne på en sådan måde, at en relativt større del af det organiske stof omsættes aerobt; men kun langsomt kommer  $CO_2$  fluxen i ligevægt med  $O_2$  forbruget, pga. tidligere tiders større organiske stofbelastning. Den lavere organiske belastning af havbunden betyder, at  $NH_4^+$  og  $PO_4^{3-}$  produktionen falder tilsvarende, samtidig med at iltindholdet i havbunden bliver bedre, dvs. iltten trænger længere ned i bunden. Den nedtrængende ilt presser på samme tid  $H_2S$  fronten så langt ned i bunden, at der ikke længere er sandsynlighed for, at der opstår  $H_2S$ -udslip til bundvandet eller truende iltsvind (Fig. 2).

Nitratproduktionen stiger, hvilket resulterer i en  $NO_3^-$  frigivelse fra bunden; men pga. den mindre  $NH_4^+$  produktion i havbunden bliver havbundens total kvælstoffrigivelse alt i alt mindre. De forbedrede iltforhold i sedimentet fører til, at der dannes mere oxideret jern, som binder mere og mere  $PO_4^{3-}$  i havbunden, og derfor falder frigivelsen af fosfor.

## Overvågning og forvaltning af europæiske havgræsser

Jens Borum

Ferskvands-Biologisk Laboratorium, Københavns Universitet, Helsingørsgade 51, 3400 Hillerød

### Resumé

Det EU-finansierede projekt "Monitoring and managing of European seagrass beds (M&MS)" har til formål at vurdere de faktorer, der er bestemmende for udbredelse, overlevelse og spredning af de fire europæiske arter af havgræs i kystnære farvande. Selv om der er tale om et decideret forskningsprojekt, tager undersøgelseerne udgangspunkt i en række oplagte overvågnings- og forvaltningsmæssige spørgsmål:

- hvordan overvåges havgræsser bedst?
- hvilke krav stiller havgræsserne til vand- og sedimentkvalitet?
- hvad er årsagen til hændelser med pludselig massedød i havgræsbestande?
- kan man finde "early warning" indikatorer, der kan afspejle stress?
- hvor hurtigt kan ødelagte havgræs-bestande genskabes?

Projektets resultater forventes fortrinsvis publiceret i videnskabelige tidsskrifter men vil derudover i 2004 blive samlet i en havgræs-håndbog med særligt fokus på overvågning og forvaltning.

Havgræsserne er rodfæstede blomsterplanter med terrestrisk/limnisk oprindelse, der er findes i næsten alle tempererede og tropiske kystnære farvande uden alt for kraftig bølgeeksponering. De fire europæiske havgræsser udgøres af vores hjemlige arter *Zostera marina* og *Zostera noltii* samt af middelhavs-arterne *Cymodocea nodosa* og *Posidonia oceanica*. De tre førstnævnte er hurtigt voksende kolonisateurer mens *Posidonia* er meget langsomt voksende. Alle arter danner sammenhængende bede, der er vigtige som primærproducenter og som skjulesteder for dyr, og som desuden yder beskyttelse mod kysterosion. Der er derfor væsentlige overvågnings- og forvaltningsmæssige interesser knyttet til havgræsbede overalt i Europa.

Havgræsserne stiller relativt store lyskrav og er derfor følsomme for ændringer i vandsøjlets indhold af næringsstoffer og opslemmet materiale. Sammenhænge mellem vandkvalitet og planteforekomst analyseres på baggrund af eksisterende monitoringsdata, herunder især ud fra vores hjemlige overvågnings-database.

Man kender mindre til sedimentkvalitetens indflydelse på havgræsser og har ikke samme mulighed for at belyse eventuelle sammenhænge ud fra eksisterende data. I projektet indsamles og analyseres oplysninger om sediment-forhold og planteudbredelse ud fra prøvetagninger langs kendte gradienter af forstyrrelse.

Fra tid til anden optræder der hændelser med pludselig massedød blandt havgræsser, og der er en formodning om, at de skyldes sulfidindtrængning i varmt, stille vejr. Sulfid er en effektiv plantegift, og det er et af projektets væsentlige formål at få klarhed over planternes ilt- og sulfiddynamik og disses eventuelle kobling til spontan massedød. Undersøgelseerne foretages primært med mikroelektrodeteknikker i både felt og laboratorium.

Hvis sulfid som forventet er en væsentlig stress-faktor, kan planternes svovl-indhold og især isotop-sammensætningen af svovlet potentielt anvendes som stress-indikator. Projektet sigter mod at finde eventuelle operationelle stress-indikatorer.

Havgræsserne har forskelligt rekoloniserings-potentiale alt efter hvilke arter, der er tale om. Genvækst og spredning af havgræsser i områder, hvor der tidligere har været vegetationsdækket, foregår både vegetativt via udløbere og seksuelt via frøproduktion og -spredning. I projektet ønskes de forskellige arters spredningspotentiale, og dermed tidshorizonten for gendannelse af bestande, vurderet.

De foreløbige resultater af undersøgelseerne samt planer for projektets kommende aktiviteter vil blive præsenteret i foredraget.



## Kvælstofdeposition til danske farvande i 2010

Thomas Ellermann, Ole Hertel og Carsten Ambelas Skjøth

Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

### Indledning

For de danske farvande er der gennem de seneste årtier set mange tegn på, at kvælstoftilførsel har alvorlige miljømæssige konsekvenser. Jævnligt ses problemer med algeopblomstringer, hvilket i alvorlige tilfælde kan føre til iltmangel efterfulgt af død af fisk og bunddyr. Opblomstring af giftige alger kan også være et resultat af den store næringsstofftilførsel.

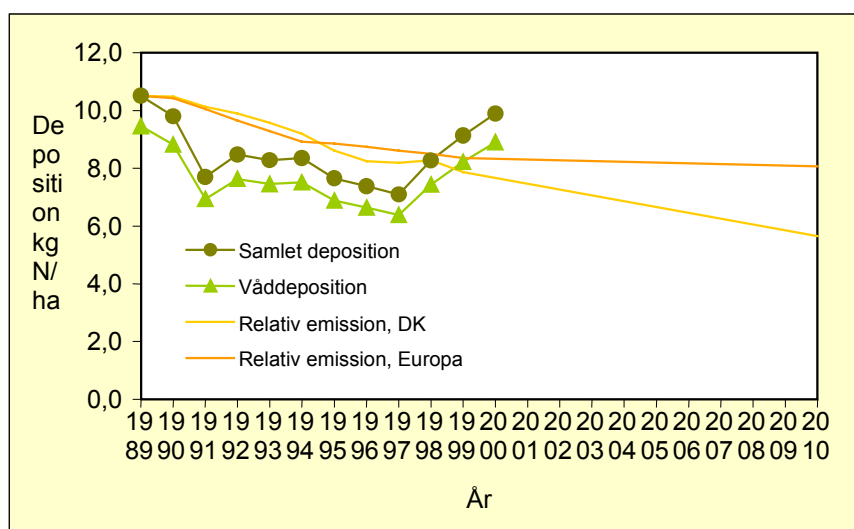
En stor del af kvælstoftilførslen stammer fra deposition af kvælstof fra atmosfæren. Deposition af atmosfærisk kvælstof udgør den væsentligste vej for tilførsel af kvælstof til de åbne danske farvande (Svendsen et al., 2001). Modelberegninger har endvidere vist at op mod halvdelen af kvælstoftilførslen til kystnære områder kan stamme fra den atmosfæriske deposition.

For at reducere de miljømæssige skader er der gennem de seneste årtier iværksat mange tiltag for at reducere kvælstoftilførslen til de danske farvande (Vandmiljøplan I og II og Ammoniak-handlingsplanen). Dette gælder også emissioner af ammoniak fra landbrug og kvælstofilter fra forbrændingsprocesser, som tilsammen er ansvarlige for hovedparten af den atmosfæriske kvælstofdeposition. Danmark forventer således, at de danske emissioner i 2010 er reduceret til 57 ktøns kvælstof i form af ammoniak og 39 ktøns kvælstof i form af kvælstofilter (Vestreng 2001), hvilket svarer til reduktion af den samlede danske kvælstofemission på 50% i forhold til 1989.

### Måleprogram

Siden 1989 er udviklingen i kvælstofdepositionen til danske vandområder blevet fulgt via målingerne i forbindelse med Vandmiljøplanens overvågningsprogram; senere kaldet NOVA 2003. På seks målestationer spredt i Danmark måles kontinuert luftkoncentrationer af de vigtigste kvælstofholdige næringsstoffer, hvoraf ammoniak, ammonium og nitrat udgør de vigtigste. Ligeledes bestemmes våddepositionen af kvælstof på et netværk af nedbørsstationer (8-16 afhængigt af året). På basis af resultaterne fra overvågningen (Ellermann et al., 2001) vurderes at kvælstofdepositionen til mange vandområder kun er ændret ganske lidt gennem de seneste 12 år; dette illustreres via depositionerne af kvælstof til Kattegat, som ses på Figur 1.

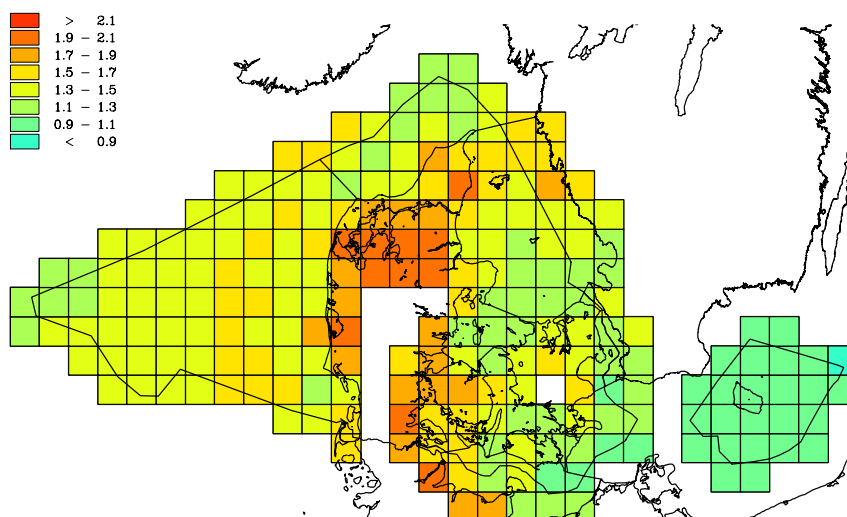
Når der ikke er sket større ændring i depositionen kan det skyldes flere ting; de vigtigste årsager vurderes at være ændringer i den kemiske sammensætning af atmosfæren, at emissionerne ikke er faldet så meget som estimeret og/eller at nedgang i deposition er opvejet af øgning i nedbørsmængden i perioden for 1989-2000.



Figur 1. Udviklingen i kvælstofdepositionen til Kattegat vurderet på basis af målingerne på Anholt. Emissionerne er normeret til kvælstofdepositionen i 1989.

## Modelberegninger

De samlede kvælstofdepositioner til de danske vandområder beregnes i måleprogrammet vha. den atmosfære-kemiske model kaldet ACDEP (Atmospheric Chemistry and Deposition; Hertel et al., 1995). Beregningerne giver en samlet kvælstoftilførsel til de danske vandområder på ca. 140.000 tons kvælstof pr. år (se Figur 2), hvilket svarer til ca. 13 kgN/ha i gennemsnit (Ellermann et al., 2001). Modellen kan endvidere anvendes til at udføre scenarieberegninger for den fremtidige kvælstofdeposition. Basis for beregning af den forventede kvælstofdeposition i 2010 er EMEP's fremskrevne kvælstofemissionerne for 2010 (Vestreng 2001). Endvidere anvendes samme meteorologiske forhold ved beregningerne for 2010 som for basisberegningerne for 2000. Resultaterne af beregningerne viser, at der forsat kun vil ses et svagt fald i kvælstofdepositionen til de danske farvande frem til 2010.



Figur 2. Samlet kvælstofdeposition til danske vandområder i 2001 beregnet med ACDEP (Ellermann et al. 2001). Enhed er tons N pr. km<sup>2</sup>, hvilket svarer til 10 kgN/ha.

## Diskussion

På basis af resultaterne fra måleprogrammet og scenarieberegningerne vurderes, at den samlede kvælstofdeposition til de danske farvande kun vil ændres lidt i perioden fra 1989 til 2010. Årsagen til dette er, at de samlede emissioner af kvælstof i Danmark og resten af Europa ikke har været tilstrækkelige til give en stor målbar reduktion i kvælstofdepositionen samt at ændringer i den kemiske sammensætning i atmosfæren og/eller ændringer i nedbøren delvis opvejer faldet i emissionerne.

## Referencer

Ellermann, T., Hertel, O., Hovmand, M.F., Kemp, K. og Skjøth, C.A. 2001: Atmosfærisk deposition 2000. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde. s. 88 – Faglig rapport fra DMU, nr. 374.

Vestreng, V. 2001: Emissiondata reported to UNECE/EMEP: Evaluation of the spatial distribution of emissions. NILU, Oslo, Norge, EMEP MSC-W Note 1/01.

Hertel, O., Christensen, J., Runge, E.H., Asman, W.A.H., Berkowicz, R., Hovmand, M.F., Hov, Ø. 1995: Development and Testing of a new Variable Scale Air Pollution Model - ACDEP. Atmospheric Environment 29: 1267 - 1290.

Svendsen, L.M m.fl. 2001: Aquatic Environment 2000, State trends – technical summary. Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde. pp. 68 – NERI Technical Report, No. 362.



POSTER

**Danmarks Marine Datakort**

Karsten Dahl og Martin Larsen,

Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

**Resumé**

Det Europæiske Fællesskab er i gang med at implementere Habitatdirektivet og Vandramme direktivet. I den forbindelse skal der opstilles klassifikationssystemer og fastlægges målsætninger som redskab til den fremtidige forvaltning af de udpegede områder.

Et væsentlig redskab i dette arbejde er et landsdækkende kendskab til de data som gennem tiderne er indsamlet i de danske farvande. Skov- og Naturstyrelsen, Miljøstyrelsen ??, DMU og Amtskommunerne har i fællesskab finansieret, indsamlet og bearbejdet informationer om de enkelte undersøgelser som er gennemført i regi af de involverede partnere. Resultaterne er sammenstillet i en metadatafil (base). Databasen omfatter oplysninger om vandkemi, bundvegetation, blødbundsfauna og plankton og indeholder oplysninger om valg af metoder, datatilgængelighed, tidsserier mm.

De viste kort er generet på baggrund af oplysninger i databasen.

Forslag til kort indhold:

Kort over bundvegetationsundersøgelser, fordelt på tidsserier fx: 1-3 år, 4-9 år 10-15 år >15 år

Kort over Bundfaunastationer, fordelt på tidsserier fx: 1-3 år, 4-9 år 10-15 år >15 år

Kort over vandkemistationer fordelt på tidsserier fx: 1-3 år, 4-9 år 10-15 år >15 år

Kort over miljøfremmede stoffer og metaller (fordelt på tidsserier fx: 1-3 år, 4-9 >9 år)



## POSTER

**AQUABASE – marinbiologisk database**

Henrik Lyngø

Hedeselskabet Miljø og Energi A/S, Ringstedvej 20, 4000 Roskilde

***Indledning***

Marin- og Ferskvand i Roskilde har udviklet en Windows baseret biologiske database - AQUABASE. Databasen er udviklet af aktive marinbiologer, og rummer data fra følgende biologiske parametre:

Vegetation, bundfauna, fyto- og zooplankton, imposex, data om miljøfremmedestoffer i sediment og biota, samt import / export mellem databaser.

***AQUABASE har følgende funktionaliteter***

Der er tale om en SQL funderet database, med forbindelse mellem databasen og applikationen via ODBC-driver. Databasen ligger pt. som en Microsoft Access database, men kan overføres til andre SQL baserede databasesystemer.

Der kan gennemføres såvel prædefinerede som bruger genererede udtræk ved hjælp af enten dialog-baserede forespørgsler eller gennem den indbyggede interaktiv SQL.

Der er i forbindelse med udarbejdelsen af databasen lagt vægt på at værktøjet skulle være optimeret til anvendelse af metoder i henhold til NOVA-2003.

Overførsel af data til andre applikationer (f.eks. teksbehandling, regneark eller anden statistisk behandling) sker ved kopier/ sæt ind, så der ikke skal eksporteres til et mellemliggende filformat.

Generering af STANDAT-filer på de omhandlede temaer er understøttet.

***Brugergruppen består p.t. af***

Roskilde amt, Frederiksborg amt, Storstrøms amt, Københavns amt, Vestsjællands amt, Vejle amt, Ribe amt, Sønderjyllands amt, Malmöhus Län og Hedeselskabet HME

***Brugergruppens funktion***

Brugergruppen definerer i fællesskab den fremtidige udvikling af databasen, under hensyntagen til de tilgængelige ressourcer. Der vil primært ske løbende tilpasning til evt. ændringer i STANDAT-rapporteringsformatet, samt mulige forbedringer i udtræk og udskriftsfaciliteter.

***Rummelighed***

**Aquabase's** rummelighed øger funktionaliteten samt muligheden for sammenkøring og sammenligning af forskellige typer data. Det er således muligt at åbne såvel undersøgelser omkring f.eks. bundfauna og fytoplankton på samme tid, samt gennemføre forespørgsler på tværs af forskellige datatyper.



## POSTER

**Næringssaltbegrænsning af søsalat (*Ulva lactuca*) i danske fjorde**Dorte Krause-Jensen<sup>1</sup>, Morten Foldager Pedersen<sup>2</sup>, Claus Jensen<sup>1</sup> og Kurt Nielsen<sup>1</sup><sup>1</sup> Danmarks Miljøundersøgelser, Vejlsovej 25, 8600 Silkeborg<sup>2</sup> Roskilde Universitetscenter, Afd. for biologi og kemi, 4000 Roskilde**Resumé**

Næringssaltbegrænsning af søsalat blev undersøgt i 10 fjorde gennem vækstsæsonen med henblik på at vurdere 1) om søsalaten var begrænset af N og/eller P, 2) om de forskellige fjorde udviste samme type næringssaltbegrænsning, og 3) hvilke indikatorer der er mest velegnede til at vurdere næringssaltbegrænsning. Næringssaltbegrænsning blev vurderet ved gødningsforsøg, hvor søsalaten blev beriget med N og P hver for sig og i kombination, samt ud fra algevævet og vandets koncentrationer af næringssalte. Vi fandt, at søsalaten i de fleste situationer var begrænset af N og P i kombination, og at effekterne af berigning med N og P ofte forstærkede hinanden. Nogle fjorde udviste en udpræget tendens til P-begrænsning – specielt i foråret, mens andre primært var N-begrænsede. Gødningsforsøg var den mest direkte metode til at detektere næringssaltbegrænsning og den eneste metode, der kunne identificere samspil mellem begrænsning med N og P.



## Session 5 Luft, miljø og sundhed

### Programkomite:

Ole Hertel/Danmarks Miljøundersøgelser, Anders Carlsen/Embedslæge i Viborg og Steffen Loft/Københavns Universitet

### Indholdsfortegnelse for session 5

De nye EU direktiver om luftkvalitet.....	151
<i>Finn Palmgren</i>	
Fremskrivningsmodeller for luftemissioner .....	153
<i>Jytte Boll Illerup, Katja Birr-Pedersen, Mette Hjort Mikkelsen, Morten Winther, Henrik Gundorph Bruun, Steen Gyldenkærne og Jørgen Fenhann</i>	
Use of exposure simulation models and health registers integrated with GIS.....	155
<i>Arne Poulstrup and Henrik L. Hansen</i>	
Modellering af personlig eksponering for trafikskabt luftforurening vha. GIS og GPS .....	157
<i>Steen Solvang Jensen, Ole Hertel, Martin Hvidberg, Uffe Kousgaard og Henning Sten Hansen</i>	
DEHM - et modelværktøj til vurdering af luftforurening .....	161
<i>Lise M. Frohn, Jesper H. Christensen, Jørgen Brandt, Camilla Geels og Kaj Mantzius Hansen</i>	
Luftforureningsudsigter og trafikscenarier .....	163
<i>Jørgen Brandt, Jesper H. Christensen, Lise M. Frohn, Camilla Geels, Martin Fischer og Michael Bloksgaard Christensen</i>	
Eksponering for luftforureningskomponenter målt med biomarkører i en skiferolie mine i Estland.....	165
<i>Lisbeth E. Knudsen, Annie Jensen, Mette Sørensen, Jason Poole, Vladimir Muzyka og Steffen Loft</i>	
Helbredseffekter af partikulær luftforurening i Danmark - et forsøg på kvantificering .....	167
<i>Ole Raaschou-Nielsen, Finn Palmgren, Steen Solvang Jensen, Peter Wåhlin, Ruwim Berkowicz, Ole Hertel, Marie-Louise Vrang og Steffen Loft</i>	
Hvordan beskriver vi partikelforureningen i relation til sundhed? .....	169
<i>Peter Wåhlin og Finn Palmgren</i>	
Luftforurening og akut sygelighed i Odense .....	171
<i>Torben Sigsgaard, Ole Herte, P. Kjærsgaard og Arne Høst</i>	
Personlig eksponering for fine partikler .....	173
<i>Anne Frøsig</i>	
Akkumulering af atmosfærisk kviksølv i Arktis .....	175
<i>Henrik Skov, Michael E. Goodsite, Michael R. B. Larsen, Jesper Christensen, Anders Feilbergh og Gerald Geernaert</i>	
Afdrift og fordampning af 10 herbicider efter sprøjtning .....	177
<i>Sandra C.K. Carlsen og Niels Henrik Spliid</i>	





## De nye EU direktiver om luftkvalitet

Finn Palmgren

Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

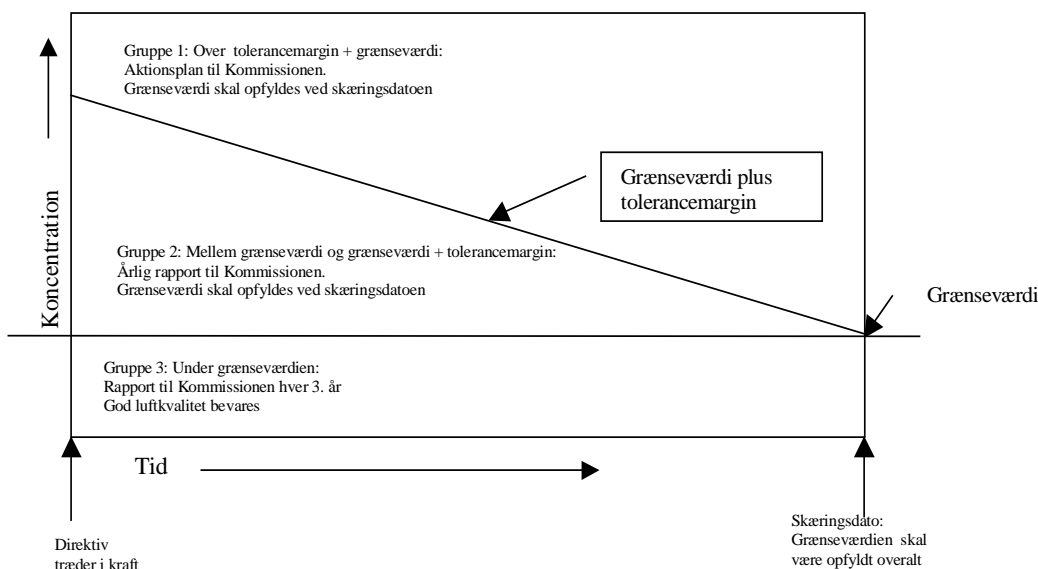
### Luftkvalitetsdirektiverne

Op igennem 1980'erne fik vi EF luftkvalitetsdirektiver for stofferne SO<sub>2</sub> og partikler, NO<sub>2</sub>, bly og O<sub>3</sub>. De førte til forbedringer af luftkvaliteten i store dele af Europa, specielt er antallet af "hot spots" reduceret. De indeholdt bindende grænseværdier, der var kompromiser mellem miljømæssige hensyn og tekniske og økonomiske forhold. Desuden satte man nogle vejledende grænseværdier, som i højere grad skulle sikre mod negative helbredseffekter. I mellemtiden er der imidlertid opnået ny viden på en række områder og desuden gav de gamle direktiver en række problemer.

EU iværksatte derfor et program til ajourføring af grænseværdierne i relation til effekter og løse problemerne med de gamle direktiver. Rammedirektivet blev vedtaget i 1996 (EC, 1996). Formålene er,

- at definere og fastlægge mål for luftkvaliteten i Fællesskabet med henblik på at undgå, forhindre eller begrænse skadelige virkninger på menneskers sundhed og på miljøet som helhed,
- at vurdere luftkvaliteten i medlemsstaterne på grundlag af fælles metoder og kriterier,
- at skaffe tilstrækkelige oplysninger om luftkvaliteten og at sørge for, at de stilles til rådighed for offentligheden bl.a. gennem tærskelværdier for forureningsvarsling,
- at bevare luftkvaliteten, når den er god, og forbedre den i andre tilfælde.

Rammedirektivet udfyldes ved hjælp af datterdirektiverne for de enkelte forurenende stoffer. De sætter grænseværdier, skæringsdatoer for, hvornår grænseværdien skal overholdes samt krav til målesteder og -metoder m.v. De definerer tolerancemarginer, der er et nyt begreb indenfor EU. Det er ikke en lempelse af grænseværdierne, men en "trigger" for tiltag i perioden inden grænseværdien skal opfyldes. Det er vist i figur 1 som en skrå linie, der starter ved et niveau angivet i datterdirektiverne ved ikrafttræden og som skal slutte på grænseværdien ved skæringsdatoen for grænseværdiens opfyldelse. Formålet hermed er at identificere de områder (zoner), hvori luftkvaliteten er ringest og at sikre at medlemslandene, når målet.



Figur 1. Basal struktur af Rammedirektivet om luftkvalitet

### Grænseværdier m.v.

Datterdirektivernes grænseværdier og tærskelværdier er fastsat således at negative helbreds- og miljøeffekter begrænses mest muligt, efter anbefalinger fra især WHO.

Tabel 1. Grænseværdier i de to første datterdirektiver (EC, 1999 og EC, 2000).

Stof	Grænseværdi, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Midlingstid	Statistik	Beskyttelse af	Skæringsdato
NO <sub>2</sub>	200	1 time	18 gange pr. år	Mennesker	2010
	40	-	Gennemsnit, år	Mennesker	2010
NO <sub>x</sub>	30	-	Gennemsnit, år	Vegetation	2010
SO <sub>2</sub>	350	1 time	24 gange pr. år	Mennesker	2005
	125	24 timer	3 gange pr. år	Mennesker	2005
Partikler (PM <sub>10</sub> )	20	-	Gennemsnit, år og vinter	Økosystemer	2001
	50	24 timer	35 gange pr. år	Mennesker	2005
	40	-	Gennemsnit, år	Mennesker	2005
	50	24 timer	7 gange pr. år	Mennesker	2010
Bly	20	-	Gennemsnit, år	Mennesker	2010
	0,5	-	Gennemsnit, år	Mennesker	2005
Benzen	5	-	Gennemsnit, år	Mennesker	2005
CO	10.000	8 timer (glidende)	Maks.	Mennesker	2005

### Luftkvalitetsvurdering og definition af zoner

Luftkvalitetsvurdering, som omfatter målinger, emissionsopgørelser og luftkvalitetsmodeller, er et centralt begreb i Rammedirektivet. Disse værktøjer skal anvendes til at kvantificere de forskellige kilders bidrag til forureningen, og til at identificere effektive tiltag. Målinger vil dog være et vigtigt værktøj for kontrol af grænseværdier, og der stilles væsentligt større krav til kvalitetssikring og sammenlignelighed af målingerne.

Medlemslandene skal opdele området i zoner, hvori luftkvaliteten skal vurderes. Byzoner med mere end 250.000 indbyggere, og andre zoner defineres ud fra luftkvaliteten og administrative forhold. Hovedidéen er at man laver den mest nøjagtige vurdering, af hvor forureningsniveauet er højest. I Danmark har Miljøministeriet ansvaret for gennemførelsen af direktiverne i samarbejde med de lokale myndigheder, i praksis i det Landsdækkende Luftkvalitetsmåleprogram (LMP IV), som blev iværksat fra 1. januar 2000. De 4 største byområder i Danmark er udpeget som zoner, i.e. Hovedstadsområdet (det sammenhængende byområde, som består af Københavns og Frederiksberg kommuner, samt Københavns amt), Odense, Århus og Aalborg byområder. Øvrige zoner er: Sjælland og omliggende øer, minus Hovedstadsområdet (Frederiksborg, Roskilde, Vestsjællands og Storstrøms amter), Fyn (Fyns amt), Sydvestlige Jylland (Sønderjyllands, Ribe og Ringkøbing amter), Østlige Jylland (Vejle, Århus og Viborg amter) og Nordlige Jylland (Nordjyllands amt).

### Konklusioner og fremtid

De nye direktiver er et godt værktøj til vurdering og styring af luftkvaliteten i EU. Et uløst problem er dog stadig partikelforureningen, hvor der er et stærkt behov for viden om partiklernes egenskaber, kilderne til partikler og partiklernes helbredseffekter. Der forventes en revision af EU direktiverne på dette område indenfor nogle få år. Miljøstyrelsen har iværksat et omfattende forskningsprogram med henblik forbedring af viden på området.

### Referencer

LMP IV. <http://www.dmu.dk/atmosphericenvironment/byer/forside.htm>

EC (1996). Directive 96/62/EC of September 27 on ambient air quality assessment and management. J. Europ. Commun. L296/55.

EC (1999). Directive 1999/30/EC of 22 April 1999 relating to limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air. J. Europ. Commun. L163/41.

EC (2000). Directive of the European Parliament and of the council 2000/69/EC of 16 November 2000 on limit values for benzene and carbon monoxide in ambient air. J. Europ. Commun. L313/12.

## Fremskrivningsmodeller for luftemissioner

Jytte Boll Illerup<sup>1</sup>, Katja Birr-Pedersen<sup>1</sup>, Mette Hjort Mikkelsen<sup>1</sup>, Morten Winther<sup>1</sup>, Henrik Gundorph Bruun<sup>1</sup>, Steen Gyldenkerne<sup>1</sup> og Jørgen Fenhann<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

<sup>2</sup>Forskningscenter Risø, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

### Introduktion

Der er i projektet 'Projection models 2010' (Illerup et al., 2002) udviklet danske fremskrivningsmodeller for SO<sub>2</sub>-, NO<sub>x</sub>-, NMVOC- og NH<sub>3</sub>-emissioner frem til 2010 for alle relevante sektorer omfattende energi, industri, transport og landbrug.

Emissionerne er fremskrevet på baggrund af et basisscenario, som inkluderer alle implementerede og planlagte tiltag. Udover disse tiltag er en række ekstra tiltag for de enkelte sektorer blevet analyseret for at estimere potentielle emissionsreduktioner og de budget- og velfærdsøkonomiske konsekvenser af disse tiltag.

Den regionale luftforurening reguleres af en række protokoller under UN-ECE-konventionen om langtransporteret og grænseoverskridende luftforurening (CLRTAP). Formålet med den nye protokol – Gøteborg Protokollen – er at kontrollere og reducere emissionerne af SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC og NH<sub>3</sub>. Emissionslofterne for Danmark i 2010 i henhold til Gøteborg Protokollen er vist i tabel 1:

Tabel 1. Emissionslofter for Danmark i 2010 (tons):

Stof	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NMVOC	NH <sub>3</sub> *
Emissionsloft	55.000	127.000	85.000	69.000

\* NH<sub>3</sub> emissionsloftet indeholder ikke emissionerne fra ammoniakbehandlet halm og afgrøder.

De samme emissionslofter er givet i EU's direktiv om nationale emissionslofter, det såkaldte NEC-direktiv.

### Modelbeskrivelse

Fremskrivningsmodellerne er opbygget på et detaljeringniveau, der gør det muligt at fremskrive emissionerne i afhængighed af den teknologiske udvikling og de politiske tiltag. På områder hvor officielle danske fremskrivninger af aktivitetsniveauer er tilgængelig er disse anvendt. For andre områder er fremskrivningerne sket i samarbejde med relevante forskningsinstitutioner, styrelser og andre organisationer. Emissionsfaktorerne er baseret på oplysninger fra internationale guidelines samt målinger på danske fyringsanlæg og industriprocesser. Nye love og bekendtgørelser indvirkning på emissionsfaktorernes udvikling er også blevet beregnet og indarbejdet i projektet.

### Fremskrivning af emissionerne

Tabel 2 viser de fremskrevne emissioner for basissceneriet frem til 2010 samt emissionslofterne for SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC NH<sub>3</sub>.

Tabel 2. Fremskrivning af emissionerne frem til 2010.

	2001	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Emissionsloft
<b>SO<sub>2</sub></b>	56911	49197	51568	55385	55119	61348	56385	56240	56469	56689	55000
<b>NO<sub>x</sub></b>	181723	172992	173192	181627	177249	174561	158030	153865	150214	146369	127000
<b>NMVOC</b>	113356	109920	106367	102640	99211	95204	91995	88483	85644	83012	85000
<b>NH<sub>3</sub></b>	103111	99657	97772	96643	96747	96641	96383	96116	95804	95459	
<b>*NH<sub>3</sub></b>	85066	83887	83463	83655	83638	83468	83289	83065	82808	83142	69000

\* NH<sub>3</sub> emissionsloftet indeholder ikke emissionerne fra ammoniakbehandlet halm og afgrøder.

### SO<sub>2</sub>

Det største bidrag til SO<sub>2</sub> emissionen kommer fra kraft- og fjernvarmeværker. Ca. 80% af emissionerne fra denne sektor kommer fra forbrændingsanlæg der er større end 25 MWe. Med de

givne antagelser om svovlprocenterne i brændslerne er emissionsloftet på 55.000 tons næsten nået. Den parameter der har den største indflydelse på de fremskrevne emissioner er svovlprocenten i brændslerne og mængden af elektricitet der eksporteres i 2010. I fremskrivningen af brændselsforbrugene er det antaget at eksporten af elektricitet vil stige med 90 PJ fra 2004.

### **NO<sub>x</sub>**

De fremskrevne NO<sub>x</sub> emissioner i 2010 er noget højere end emissionsloftet for NO<sub>x</sub>. De tre største – og næsten lige store – kilder er kraft- og fjernvarmeværker, vejtrafik og andre mobile kilder. Emissionerne fra både vejtrafik og andre mobile kilder falder fra 2001 til 2010 på grund af ny EU emissionsstandarder. For kraft- og fjernvarmeværkerne er emissionerne næsten konstante da de opnåede emissionsreduktioner ved introduktion af de-NO<sub>x</sub> anlæg i 2007 bliver ophævet af den store eksport af electricitet fra 2004.

### **NMVOG**

De største kilder til NMVOC-emissioner er vejtrafik, andre mobile kilder, brug af opløsningsmidler og ikke-industrielle forbrændingsanlæg. Udvinning af oil- og gas og raffinering af olie er også vigtige kilder. Grundet et signifikant fald i emissionerne fra vejtrafik falder emissionerne i 2010 til netop under emissionsloftet. Emissionerne fra andre mobile kilder og ikke-industrielle forbrændingsanlæg er næsten konstante i hele perioden, mens et fald i emissionerne fra brug af opløsningsmidler er forventet. Det skal understreges, at de fremskrevne NMVOC-emissioner er meget usikre. Specielt er de estimerede emissioner fra brug af opløsningsmidler og off-shore aktiviteter forbundet med stor usikkerhed.

### **NH<sub>3</sub>**

Næsten al emissionen af NH<sub>3</sub> kommer fra landbrugsaktiviteter; i 2010 forventes det at kun 4 % kommer fra vejtrafikken. Hovedparten af emissionerne fra landbruget stammer fra husdyrgødning (80%) når gødningen håndteres i staldlagre og spredes på marker. En anden væsentlig kilde er emissionen fra afgrøder, som i 2010 forventes at bidrage med 14% af den samlede emission. Denne emissionskilde er dog ikke indeholdt i emissionsloftet for ammoniak. De fremskrevne emissioner for 2010 er mere end 10.000 tons større end emissionsloftet på 69.000 tons NH<sub>3</sub>. Det skal dog bemærkes, at der i fremskrivningen ikke er taget højde for ammoniakreducerende tekniske foranstaltninger.

### **Ekstra reduktionstiltag**

De potentielle emissionsreduktioner for otte ekstra tiltag er beregnet. Disse tiltag omfatter : 1) Afsvovlingsanlæg på en kraftværksblok, 2) 150 MW off-shore vindmøller til erstatning af kulfyrede kraftværker, 3) 70.000 elbiler til erstatning af benzindrevne biler, 4) de-NO<sub>x</sub>-anlæg på to kraftværksblokke, 5) EGR på tunge køretøjer, 6) Vandbaserede malinger til erstatning af opløsningsmiddelholdige ved autolakering, 7) Øget græsning for malkekvæg, 8) Nedfældning af husdyrgødning senest en time efter udbringning.

Selv ved indførelse af disse tiltag vil de fremskrevne emissioner for NO<sub>x</sub> og NH<sub>3</sub> i begge tilfælde stadig ligge ca. 10.000 tons over emissionslofterne. En nærmere beskrivelse af de otte tiltag samt de budget- og velfærdsøkonomiske konsekvenser af disse er givet i Illerup et al, (2002).

En nærmere analyse af antagelserne bag fremskrivningen af emissionerne er derfor nødvendig for at kunne vurdere, om der skal ske en yderligere regulering af en eller flere sektorer med det formål at overholde emissionslofterne.

### **Reference**

Illerup, J. B., Birr-Pedersen, K., Mikkelsen, M. H., Winther, M., Bruun, H. G., Gyldenkerne, S. and Fenhann, J. (2002): Projection Models 2010. Faglig rapport fra DMU. Udkommer i 2002.

## Use of exposure simulation models and health registers integrated with GIS

Arne Poulstrup and Henrik L. Hansen

Medical Office of Health, Province of Vejle, Vedelsgade 17A, 7100 Vejle

### **Introduction**

Prevailing problems in environmental health impact assessments are: (a) to assess more accurately the environmental exposure in time and space, (b) to demarcate more precisely the population at risk and a proper reference population and (c) controlling for the potential misclassification of migration

### **Methods**

The population of Denmark is registered on an individual basis in the Central Population Register (CPR) with a unique 10-digit personal identification number (the "CPR-number"). Any change of residence registered is entered into the CPR over night, which means that the register is continuously updated. Furthermore all addresses are geo-coded, allowing for visualisation of people's residence in an electronic map. The geo-coding has a precision of a few meters. All health registers of importance, i.e. mortality, morbidity, cancer and socio-economy include the CPR-number, and can thus be linked with the CPR.

Exposures to known environmental health hazards have always suffered from lack of precision in time and space (with the exception of the use of personal dose-meters).

It is, however, possible through computer models to simulate more precisely the population at risk to an exposure of a known health hazard, like the emission from a factory chimney.

The model used, called OML (Operative Meteorological Air-quality Model) can simulate to a realistic level the actual exposure of an area, using iso-concentration bands around a putative source of pollution.

### **Results**

The above methodology has been tested and applied in an actual case of known pollution with airborne dioxin of approximately 20.000 residents in a city of Denmark. A computer simulation model is used and linked to a GIS. Thereby is obtained a fairly accurate demarcation of the area exposed to airborne dioxin with concentrations sufficiently high to produce long-term negative health effects (cancers). Similarly an appropriate reference area is located.

Through the application of the geo-coded addresses and the adjoining CPRs into the same GIS, underlying groups of residents are identified, both in the exposed and reference areas. It is noteworthy that the groups of residents in both groups are known on an individual level and that the health registers can be applied consecutively and produce precise health information on an individual level. The addresses of the residents are geo-coded back to 1986, and thereby it has been possible to control for migration in both areas, and hence sufficient exposure time (or lack of) to dioxin to produce a negative health outcome (cancer).

### **Conclusion**

Through the application of these new methods of *both* demarcating the exposure area of a putative pollutant and an appropriate reference area *and* linking these areas to present and previous populations on an individual level, it has been possible to carry out environmental health impact investigations on a much faster and more accurate level than hitherto seen.



## Modellering af personlig eksponering for trafikskabt luftforurening vha. GIS og GPS

Steen Solvang Jensen, Ole Hertel, Martin Hvidberg,  
Uffe Kousgaard og Henning Sten Hansen

Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

### 1. Baggrund og formål

Luftforureningen i København og andre større danske byer har et niveau, som menes at forårsage væsentlige helbredsproblemer i den danske befolkning (Larsen et al. 1997). Bestemmelse af eksponeringen med luftforurening på individ niveau har imidlertid ikke indgået som et element i de hidtidige vurderinger af risikoen for udvikling og/eller forværring af helbredseffekter som kræft og luftvejssygdomme. Uden gode eksponeringsdata vanskeliggøres risikovurderinger samt effektvurderinger af diverse tiltag til emissionsbegrænsninger. Luftforurening fra trafikken udgør den væsentligste kilde til eksponering med udendørs luftforurening af den danske befolkning. Især partikulær forurening menes at udgøre en sundhedsrisiko. Eksponering er en persons kontakt med luftforurening. Ved personlig eksponering forstås et individs eksponering enten bestemt ved personbåren måleudstyr eller ved modellering.

Under Det Strategiske Forskningsprogram er der igangsat et delprojekt, som fokuserer på udvikling af metoder til vurdering af individuel eksponering med luftforurening fra trafikken, og til at vurdere betydningen af denne forurening også set i forhold til betydningen af indendørs luftforurening. Endvidere belyses eksponering-respons sammenhænge. I projektet gennemføres eksperimentelle studier af den personlige eksponering vha. luftkvalitetsudstyr samt biomarkører.

Et delformål med projektet er at udvikle en personlig eksponeringsmodel for trafikskabt luftforurening vha. luftkvalitetsmodeller, registerdata og GIS samt registrering af færdene vha. GPS.

### 2. Metode og empirisk grundlag

Der opsamles tids- og aktivitetsmønster data for en række forsøgspersoner ved hjælp af GPS-modtagere, se figur 1. GPS (Global Positioning System) er stedbestemmelse vha. satellitter. Udstyret til stedbestemmelse har omfattet en GPS (på størrelse med en mobiltelefon), en SPOT-FM enhed inkl. antenne til forbedring af nøjagtigheden (differentiel GPS), en dataopsamlingsenhed (Palm size PC) samt batterier. Fem GPS sæt var samtidigt til rådighed for undersøgelsen. Nøjagtigheden er indenfor nogle få meter, hvilket er tilstrækkeligt til at registrere den rute på vejnettet, som forsøgspersonerne har fulgt. Forsøgspersonerne har endvidere udfyldt et spørgeskema med oplysninger om deres færdene samt indtegnet deres rute på et kort. Dette muliggør bl.a. sammenligning af forsøgspersonernes selvregistrering af deres færdene på kort med registreringen via GPS.

En række GIS-baserede metoder er udviklet til at anvende GPS-data ved luftkvalitetsberegninger. Det drejer sig om metoder, som knytter punktdata (GPS-data) til vejnettet (liniestykker), således at attributdata fra GPS'en er knyttet til vejnettet. Endvidere er der udviklet et program, som finder midtpunktet af de enkelte delstrækninger på forsøgspersonernes rute. Disse punkter anvendes som beregningspunkter i de efterfølgende eksponeringsberegninger.

50 studerende fra Københavns Universitet, som bor og arbejder i København, har deltaget i undersøgelsen (Sørensen et al., 2002). Der er gennemført målekampanjer af to døgn varighed for hver forsøgsperson i efteråret 1999 samt vinter, forår og sommer 2000. Målekampanjerne har omfattet personlige eksponeringsmålinger, biomarkør prøver samt GPS målinger. GPS målingerne har dog ikke omfattet samtlige forsøgspersoner.

For at kunne beregne forsøgspersonernes eksponering er det nødvendigt at kunne bestemme luftkvaliteten på den rute som benyttes. Dette gøres med AirGIS (Jensen et al. 2001), som er et modelsystem til estimering af luftforurening og eksponering ved brug af Geografiske Informationssystemer (GIS). AirGIS anvender en gadeluftkvalitetsmodel kaldet Operational Street Pollution Model (OSPM) i kombination med digitale kort, bybaggrunds- og meteorologisk data, eksisterende registerdata (Bygningsdata (BBR)) samt trafikoplysninger. AirGIS muliggør beregning af

luftkvaliteten på den enkelte adresse, som knyttes til befolkningsdata for at få eksponeringen. I forbindelse med dette projekt anvendes AirGIS til beregning af luftkvaliteten for beregningspunkterne på forsøgspersonernes rute for at kunne beregne eksponeringen.

I forbindelse med projektet er der indsamlet trafikdata, som er knyttet til Dansk Adresse- og Vejregister (DAV). Dette vejnet har dog ikke en tilstrækkelig høj geografisk nøjagtighed til at kunne anvendes i nærværende projekt. Derfor er der udviklet en metode, som kan lægge trafikdata fra DAV ind på TOP10DK (Topografisk kort 1:10,000 for Danmark), som har god geografisk nøjagtighed.

Modelberegningerne vil endvidere blive valideret ved sammenligning med personlige eksponeringsmålinger (NO<sub>2</sub> og benzen).



*Figur 3. Eksempel på en cykeltur mellem Danmarks Miljøundersøgelser og Roskilde station registreret med GPS udstyr med en prik for hvert sjette sekund visualiseret på et digitalt vejnet*

## **Resultater**

Der vil blive præsenteret resultater af eksponeringsberegninger og valideringen.

## **Taksigelser**

Ovenstående er en delaktivitet i projekt 2.1 "Udvikling af eksponeringsmodel for luftforurening fra trafik" i Center for Miljø og Luftveje (CML) under det Strategiske Miljøforskningsprogram (SMP). I projekt 2.1 deltager endvidere Københavns Universitet, Institut for Folkesundhedsvidenskab, Afdeling for Miljø og Arbejdsmedicin samt Kræftens Bekæmpelse, Institut for Epidemiologisk Kræftforskning. Delaktiviteten skal afsluttes i løbet af første halvår af 2002.



## **Referencer**

Jensen, S.S., Berkowicz, R., Hansen, H. S., Hertel, O. (2001): A Danish decision-support GIS tool for management of urban air quality and human exposures. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 6, Issue 4, 2001, pp. 229-241.

Larsen, P.B., Larsen, J.C., Fenger, J., Jensen, S.S. (1997): Sundhedsmæssig vurdering af luftforurening fra vejtrafik, Miljøprojekt nr. 352, Miljøstyrelsen.

Sørensen, M., Andersen, H.V., Loft, S., Raaschou-Nielsen, O., Skovgaard, L. T., Knudsen, L., Nielsen, I. V., and Hertel, O., 2002. Personal Exposure to PM<sub>2.5</sub> and NO<sub>2</sub> in Copenhagen: relationship to bedroom and outdoor concentrations covering seasonal variation. In preparation.



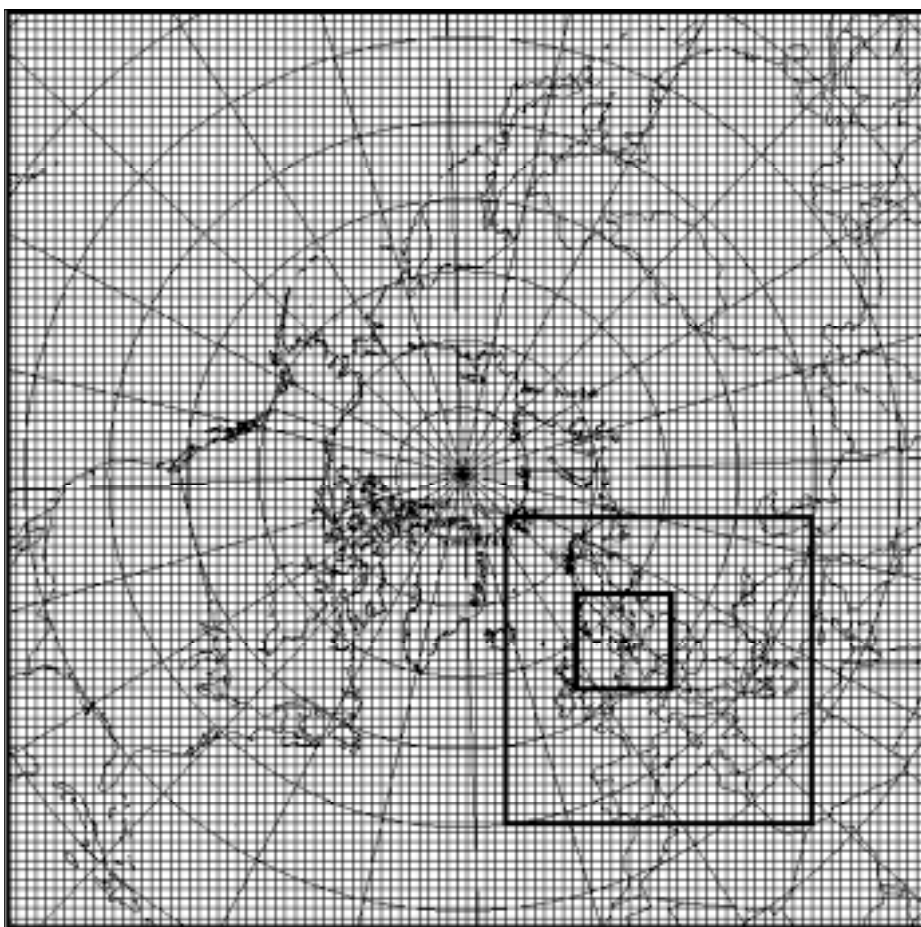
## DEHM - et modelværktøj til vurdering af luftforurening

Lise M. Frohn, Jesper H. Christensen, Jørgen Brandt, Camilla Geels  
og Kaj Mantzius Hansen

Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

### Resumé

I begyndelsen af 90'erne blev der udviklet en hemisfærisk luftforureningsmodel på DMU's afdeling for Atmosfærisk Miljø. Baggrunden var en øget interesse i luftforurenings-situationen i det arktiske område, der kan bruges som et fingerpeg for den generelle situation i Europa. Med det formål at undersøge transporten af blandt andet svovl til det arktiske område blev modellen DEHM (den Danske Eulerske Hemisfæriske Model) designet med et model domæne, hvor Nordpolen er i centrum (se figur 1).



Figur 1. Modeldomænet for den hemisfæriske model, samt to nest, et over Europa og et over Skandinavien.

Det har vist sig at transport på hemisfærisk skala også har betydning for f.eks. luftforurenings-situationen i Europa og Skandinavien, hvorfor modellen nu er videreudviklet til at håndtere flere forskellige problemstillinger.

Opløsningen af modellen i hoved-domænet er 150 km x 150 km. For at øge opløsningen i områder der har større interesse, er adskillige nest implementeret i modellen. I hvert nest forøges opløsningen med en faktor 3.

I praksis eksisterer forskellige versioner af modellen:

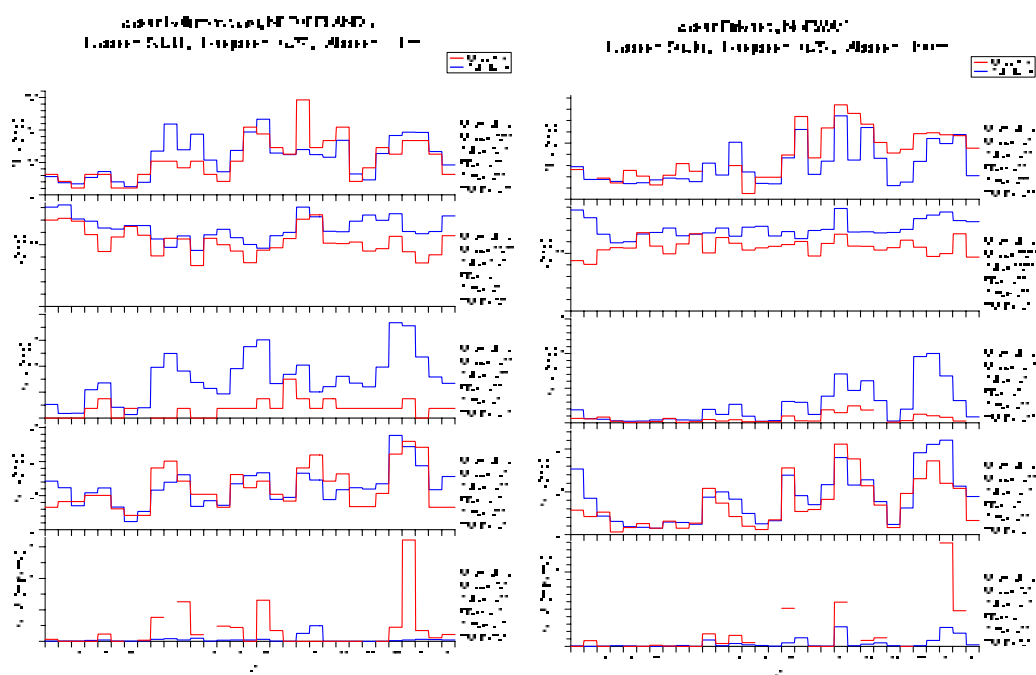
- Svovl-modellen: den oprindelige version af modellen
- CO<sub>2</sub>-modellen: en version der inkorporerer udvekslingen af CO<sub>2</sub> med biosfæren og havet. Resultatet er simuleringer af fordelingen af CO<sub>2</sub> koncentrationer over det Europæiske kontinent
- Kemi-modellen: en version hvor et kemiskema med 56 forskellige kemiske forbindelser og deres indbyrdes forbindelser er inkluderet. Resultatet er simuleringer af koncentrationer og

depositioner af svovl- og kvælstofforbindelser samt ozon. Denne model er den beregningsmæssigt tungeste af de forskellige versioner og anvendes derfor overvejende til studier af kortere scenarier (< et år)

- Kviksølv-modellen: en version der indeholder parameteriseringer af omdannelsen mellem elementært og reaktivt kviksølv
- POP-modellen: en version der er under udvikling til modellering af transport af persistente organiske forbindelser.

En stor del af arbejdet med udvikling af svovl og kviksølvmodellen er finansieret af MIKA/DANCEA under AMAP.

Det der er fælles for de forskellige versioner af modellen er beskrivelsen af modeldomænet og transporten samt de numeriske metoder der bruges til at løse ligningerne. Opbygningen af modellen vil i hovedtræk blive gennemgået kort, derefter vises eksempler på resultater fra de forskellige modelversioner og deres anvendelse. Et eksempel på sammenligning af modelresultater og målinger af NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> og SO<sub>4</sub> for kemimodellen er vist i figur 2.



Figur 2. Sammenligning af modellerede og målte værdier af 4 kemiske forbindelser på en hollandsk og en norsk målestation.

## Referencer

- Christensen, J. H., 1997. The Danish Eulerian Hemispheric Model - A three-dimensional air pollution model used for the Arctic, *Atmospheric Environment*, Vol. **31**, No. 24, pp. 4169-4191.
- Christensen, J. H., 2001. Modelling of Mercury with the Danish Eulerian Hemispheric Model. Proceedings from *The international Workshop on Trends and Effects of Heavy Metals in the Arctic*, McLean, Virginia, 18-22 June 2001.
- Frohn, L.M., Christensen, J.H., Brandt, J. and Hertel, O., 2001: "Development of a high resolution integrated nested model for studying air pollution in Denmark". *Physics and Chemistry of the Earth*, Vol. **26**, No. 10, pp. 769-774.
- Frohn, L. M., Christensen, J. H., and Brandt, J., 2001. Development of a high resolution nested air pollution model: the numerical approach, *J. of Computational Phys.*, Accepted 2002.
- Geels, C., Christensen, J. H., Hansen, A. W., Kiilsholm, S., Larsen, N. W., Larsen, S. E., Pedersen, T., and Sørensen, L. L., 2001. Modelling concentrations and fluxes of atmospheric CO<sub>2</sub> in the North East Atlantic region, *Phys. Chem. Earth, Part B*, Vol. **26**, No. 10 764-768.q

## Luftforureningsudsigter og trafikscenarier

Jørgen Brandt<sup>1</sup>, Jesper H. Christensen<sup>1</sup>, Lise M. Frohn<sup>1</sup>,  
Camilla Geels<sup>1</sup>, Martin Fischer<sup>2</sup> og Michael Bloksgaard Christensen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

<sup>2</sup> Aalborg Kommune, Teknisk Forvaltning, Vesterbro 14, 9000 Aalborg

### Indledning

Luften i vore byer er gennem de seneste årtier blevet forbedret på flere punkter. Forureningen med svovlforbindelser er således stærkt reduceret, og blyet er stort set forsvundet. Men det betyder ikke, at der ikke længere er nogen problemer. Den væsentligste årsag er den voksende trafik, der – til trods for indførslen af katalysatorer – giver store udslip af kvælstofoxider, kulbrinter og kulilte, samt er en medvirkende årsag til dannelsen af ozon. Hertil kommer, at der under specielle meteorologiske forhold – og i særdeleshed i lukkede gaderum – kan optræde forureningsniveauer, der ligger langt over de generelle middelværdier. Selvom gældende grænseværdier ikke overskrides, kan det være generende for følsomme personer som børn, ældre og folk med åndedrætssygdomme.

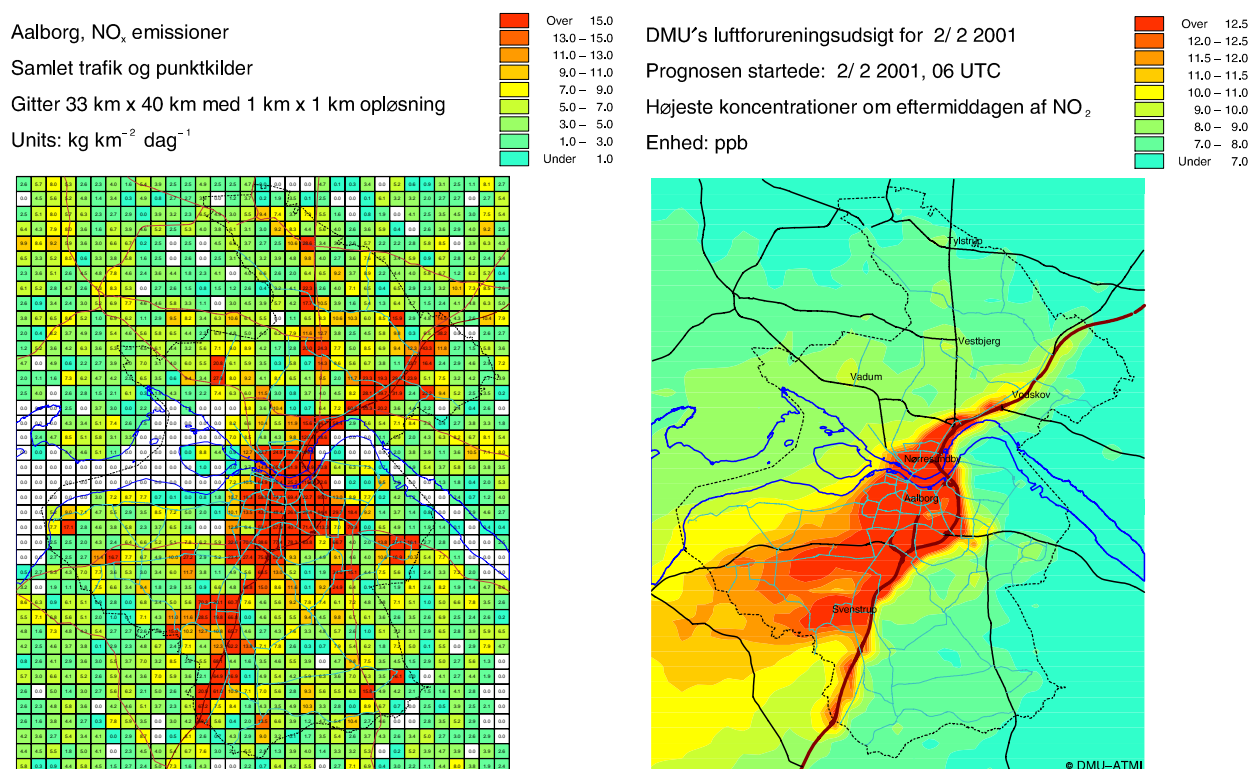
I lighed med vejrudsigten og pollentallet er der derfor brug for en "luftudsigt". En sådan er nu blevet mulig med et nyligt udviklet integreret modelsystem, THOR (Brandt et al., 2001a, b, c, og d) som gør at DMU kan forudsige luftforureningen helt ned i enkelte gader. Prognoserne bygger dels på en vejrudsigtmodel og dels på et sæt af fysisk/kemiske computermodeller for spredning og kemisk omdannelse af luftforurening på forskellige skalaer (europæisk, national, by, gade). Luftforureningen på gadeniveau er en kombination af den luftforurening der kommer fra Europa, fra hele byen og fra selve gaden. Det integrerede modelsystem består derfor af en række luftforureningsmodeller, der dækker forskellige skalaer og anvendelser, som udover prognoser indbefatter overvågning af luftforurening og scenarier (f.eks. reduktion eller omlægning af trafikken). Systemet er designet til automatisk at producere 3-dages prognoser, 4 gange i døgnet, for nogle af de vigtigste luftforureningsstoffer (figur 1 og 2).



Figur 1. Eksempel på luftforureningsprognose for 10 gader i Aalborg (<http://www.aati.dk>)

På DMU's hjemmeside kan man dagligt finde tredøgns prognosen for luftforureningen for regionale områder i Danmark, for bybaggrunden i København som sådan, og specifikt for Jagtvej i København. På hjemmesiden <http://luft.dmu.dk> kan man få at vide, hvordan forureningen med ozon, kvælstofilter, kulilte og benzen ventes at udvikle sig de kommende dage på begge sider af Jagtvej, over byområder eller generelt over Danmark. Systemet er desuden blevet implementeret for Aalborg (figur 1 og 2). Prognoserne for Aalborg er blevet sammenlignet med målinger fra to målestationer - en på taget af Teknisk Forvaltning og en på gadeniveau på Vesterbro. De to målestationer er en del af det danske Landsdækkende Måleprogram (LMP), (Kemp og Palmgren, 1999). De operationelle prognoser for Aalborg kan ses på hjemmesiden: <http://www.aati.dk>. Det er meningen med tiden at udvide prognoserne til at omfatte mange flere gader i København og andre større danske byer.

THOR systemet vil kort blive beskrevet sammen med eksempler på anvendelser af systemet. Desuden vil eksempler på sammenligninger af prognoser med målinger vil blive præsenteret.



Figur 2. Venstre figur: Gennemsnitlige daglige værdier for NO<sub>x</sub> emissioner for Aalborg (kg/km<sup>2</sup>/dag). Højre figur: Beregnede koncentrationer af NO<sub>2</sub> over Aalborg den 2. februar, 2001. Vinden er fra nordøst, hvilket resulterer i en spredning af luftforureningen fra byen mod sydvest.

## Referencer

- Brandt, J., J. H. Christensen, L. M. Frohn, F. Palmgren, R. Berkowicz and Z. Zlatev, 2001a: "Operational air pollution forecasts from European to local scale". *Atmospheric Environment*, Vol. 35, Sup. No. 1, pp. S91-S98, 2001
- Brandt, J., J. H. Christensen, L. M. Frohn and R. Berkowicz, 2001b: "Operational air pollution forecast from regional scale to urban street scale. Part 1: system description", *Physics and Chemistry of the Earth (B)*, Vol. 26, No. 10, pp. 781-786, 2001.
- Brandt, J., J. H. Christensen, L. M. Frohn, 2001c: "Operational air pollution forecast from regional scale to urban street scale. Part 2: performance evaluation", *Physics and Chemistry of the Earth (B)*, Vol. 26, No. 10, pp. 825-830, 2001.
- Brandt, J., J. H. Christensen, L. M. Frohn and R. Berkowicz, 2001d: "Air pollution forecasting from regional to urban street scale – implementation and validation for two cities in Denmark". *Physics and Chemistry of the Earth*. Submitted June 2001.

## Eksposering for luftforureningskomponenter målt med biomarkører i en skiferoliemine i Estland

Lisbeth E. Knudsen, Annie Jensen, Mette Sørensen, Jason Poole, Vladimir Muzyka og Steffen Loft

Miljø- og Arbejdsmedicin, Institut for Folkesundhedsvidenskab, Københavns Universitet, Blegdamsvej 3, 2200 København N

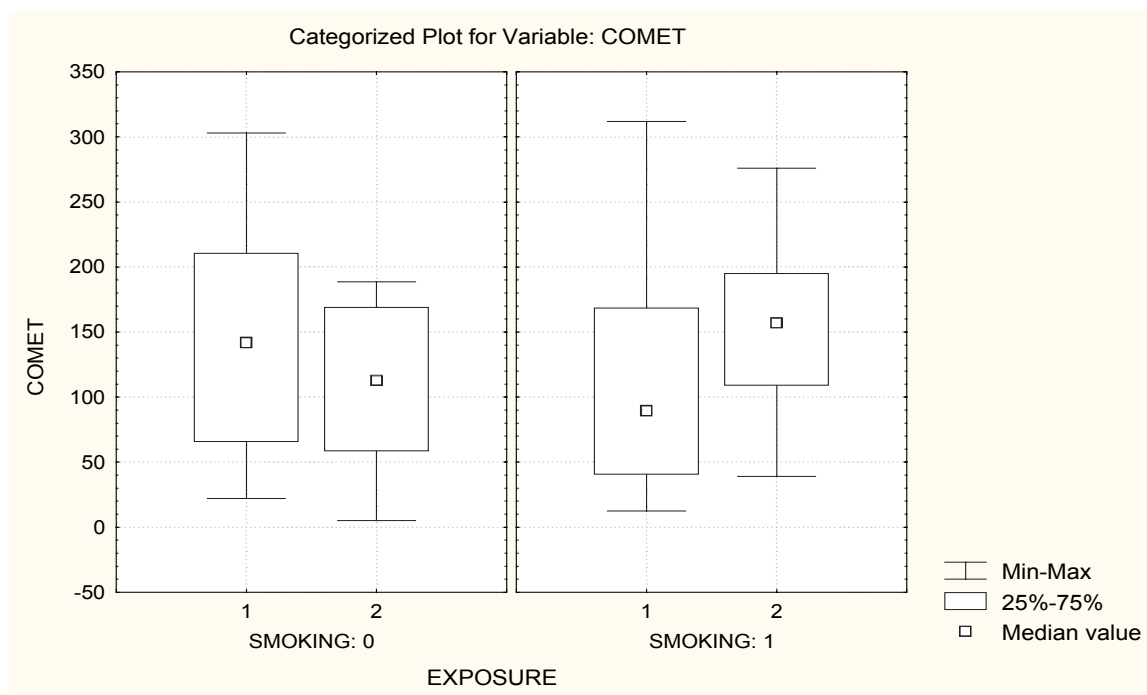
### Resumé

BIOMODEM er et europæisk netværk om diesel afgasning, etableret med det formål at udveksle information og deltage i fælles projekter. Det aktuelle projekt vedrører karakterisering af kræftisiko ved dieseludsættelse ved anvendelse af biomarkører på blod og urinprøver fra 100 estiske minearbejdere.

Der er fundet en 8 gange højere udsættelse for nitropyren i luft hos de truckførere, der arbejdede 'underground' sammenlignet med reparationsarbejdere, som arbejdede over minen 'surface'.

Der er fundet øget DNA-skade i Comet assay i 'underground workers' sammenlignet med 'surface workers' ( $p=0.08$ ). 'Underground workers', som var rygere havde signifikant højere DNA skade end ikke rygere ( $p=0.03$ ). 'Underground workers' som var rygere havde også signifikant højere DNA skade sammenlignet med 'surface workers', der var rygere ( $p=0.003$ ). Der var ikke forskel hos ikke rygerne som havde høje niveauer af skader. Målinger af benzen metabolitterne phenylmercaptursyre og understøtter at gruppen af ikke rygende 'surface workers' var eksponerede, hvilket jo er noget uheldigt i forhold til risikovurdering af dieseludsættelse i forhold til tobaksrygning.

Prøverne er indsamlet efter godkendelse af den videnskabetiske komite i Estland med mulighed for analyse for eksposering, effekt og metabolisme ved hjælp af biomarkører.



## **Referencer**

P.T.J. Scheepers, D. Coggon, L.E. Knudsen, R. Anzion, H. Autrup, S. Bogovski, R.P. Bos, D. Dahmann, P. Farmer, E.A. Martin, V. Micka, V. Muzyka, H.-G. Neumann, J. Poole, A. Schmidt-Ott, F. Seiler, J. Volf, I. Zwirner-Baier: BIOMarkers for Occupational Diesel Exhaust exposure Monitoring (BIOMODEM) – A study in underground mining. *Toxicology Letters* (accepted)

Knudsen LE, Jensen A, Loft S, Autrup H, Poole J (2001) Urinary muconic acid and phenyl mercapturic acid excretion in Estonian shale oil mine workers depend on GST genotypes. *Int J Occup Environ Health* 7 (3) S39.



## Helbredseffekter af partikulær luftforurening i Danmark - et forsøg på kvantificering

Ole Raaschou-Nielsen<sup>1</sup>, Finn Palmgren<sup>2</sup>, Steen Solvang Jensen<sup>2</sup>, Peter Wåhlin<sup>2</sup>, Ruwim Berkowicz<sup>2</sup>, Ole Hertel<sup>2</sup>, Marie-Louise Vrang<sup>3</sup> og Steffen Loft<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kræftens Bekæmpelse, Strandboulevarden 49, 2100 København Ø.

<sup>2</sup>Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

<sup>3</sup>Miljø- og Arbejdsmedicin, Institut for Folkesundhedsvidenskab, Københavns Universitet, Blegdamsvej 3, 2200 København N

### **Introduktion**

Udendørs luftforurening er årsag til mortalitet og morbiditet. Formålet med dette studie var at kvantificere helbredseffekter af partikulær luftforurening i Danmark.

*Materiale og metoder.* Vi anvendte estimater for relativ risiko relateret til partikelkoncentrationen (PM<sub>10</sub>) baseret på den epidemiologiske litteratur. Befolkningens eksponering for PM<sub>10</sub> blev beregnet. Antal årlige tilfælde der kan tilskrives PM<sub>10</sub> forurening blev estimeret for mortalitet, hospitalsindlæggelser for hjerte-/kredsløbs- og luftvejssygdomme, kronisk bronkitis, akut bronkitis, sygedage og astmaanfald. Vi søgte ligeledes at vurdere de mulige helbredsgevinster ved at montere partikelfiltre på alle tunge køretøjer i Danmark.

### **Resultater**

Den danske befolkning skønnes gennemsnitligt eksponeret for ca. 22 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub>, hvoraf ca. en tredjedel skyldes naturligt skabte partikler. Den estimerede eksponering kan årligt relateres til ca. 5.000 dødsfald, ca. 5.000 hospitalsindlæggelser, ca. 5.000 tilfælde af kronisk bronkitis blandt voksne, ca. 17.000 tilfælde af akut bronkitis blandt børn, ca. 200.000 astmaanfald og knap 3 millioner sygedage. Helbredsgevinsten ved at montere partikelfiltre er meget usikker; det beregnede antal sparede dødsfald per år varierede mellem ca. 22 og ca. 1.250, afhængigt af forudsætningerne.

### **Diskussion**

Selvom risikoen i forbindelse med luftforurening er meget lille for det enkelte individ indikerer resultaterne, at luftforurening er et stort folkesundhedsproblem. Det er usikkert, hvilke egenskaber ved partikler der forårsager de estimerede helbredseffekter. Den ultrafine fraktion af partikler kan have langt større effekter end deres masse antyder.

Præsentationen er baseret på to artikler i Ugeskrift for Læger, som forventes publiceret d. 19. august 2002.



## Hvordan beskriver vi partikelforureningen i relation til sundhed?

Peter Wåhlin og Finn Palmgren

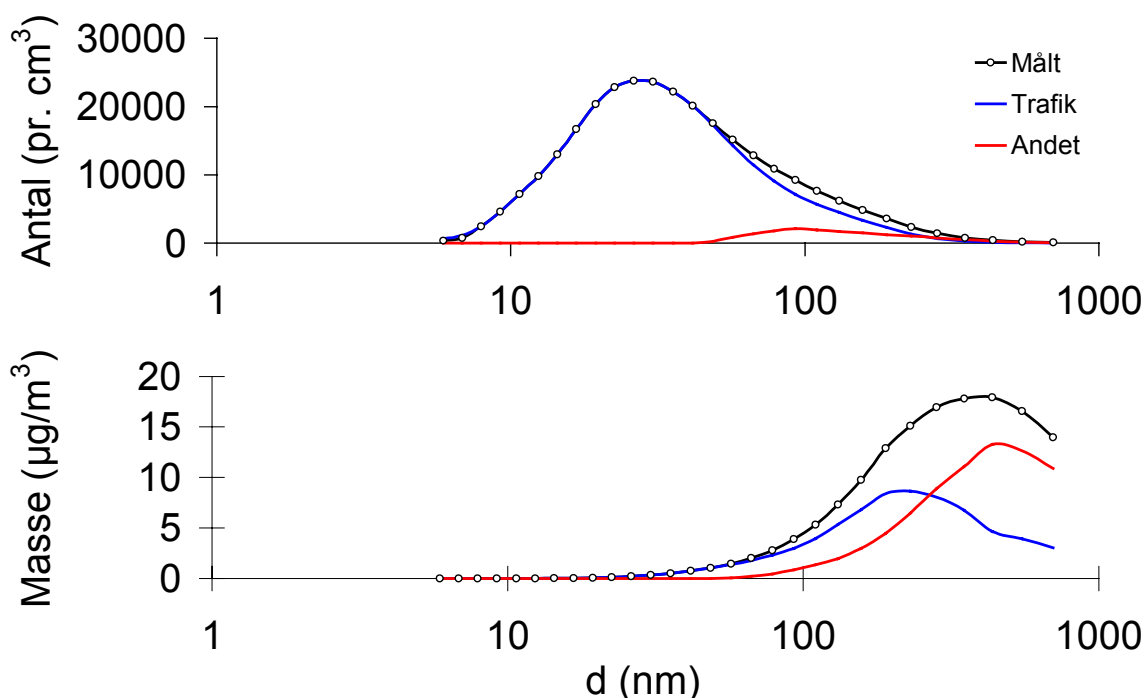
Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

### Baggrund

I rapporten 'Partikelfiltre på tunge køretøjer' (Færdselsstyrelsen, 2001) redegøres der for, hvilke sundhedsmæssige konsekvenser det vil få, hvis alle tunge dieselskøretøjer i Danmark bliver forsynet med partikelfiltre. DMU har bidraget til rapporten med en beregning af det forventede fald i  $PM_{10}$  i bybaggrund ( $PM_{10}$  = koncentrationen af svævestøv målt som massen af partikler mindre end 10 mikrometer) (Palmgren et al. 2001). Epidemiologiske undersøgelser af sammenhængen mellem luftforurening og sygdom hos større befolkningsgrupper i USA har vist en tydelig sammenhæng med  $PM_{10}$  i bybaggrund, mens sammenhængen med en række andre atmosfæremæssige forureninger har været meget mindre tydelig (Pope et al, 1995). Resultatet af redegørelsen var, at faldet i  $PM_{10}$  ville blive  $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , og at det tilsvarende fald i for tidlige dødsfald ville blive relativt beskedent (ca. 22 dødsfald pr. år). Den amerikanske undersøgelse er for nyligt blevet yderligere underbygget på et mere omfattende data materiale, måske med en lidt større effekt (Pope et al. 2002).

### Forskellige partikelmål

Ved beregningen var det forudsat, at  $PM_{10}$  fra trafikken har samme sundhedsmæssige effekter som  $PM_{10}$  fra andre kilder, idet der ved de epidemiologiske undersøgelser ikke er skelnet mellem bidrag fra forskellige kilder. En analyse af måledata for partikler på Jagtvej viser imidlertid, at langt de fleste ultrafine partikler (størrelse  $< 100 \text{ nm}$ ) stammer fra trafikken (se den øverste figur). Omregnes antal til rumfang (og multipliceres med en omtrentlig massefylde på  $1 \text{ g}/\text{cm}^3$ ) fremkommer den nederste figur, der viser at trafikken bidrager med en ret beskedent del af den samlede masse, idet bidraget til denne især skyldes partikler  $> 100 \text{ nm}$ .



Figur. Den gennemsnitlige størrelsesfordeling af partikler målt på Jagtvej i København i perioden januar-marts 2000. Øverst målt antal partikler pr. rumfang, nederst målingerne omregnet til masse pr. rumfang (partiklernes massefylde er sat til  $1.0 \text{ g}/\text{cm}^3$ ). Fordelingen på kilder er beregnet ved en statistisk analyse, der bl.a. bygger på samvariationen med de gasser, der emitteres fra trafikken (Wåhlin et al, 2001).

Partiklerne fra trafikken er så små, at de kan trænge dybt ned i luftvejene, og da de desuden ofte er uopløselige, vil de hver for sig optræde som fremmedlegemer i lungerne. Endvidere indeholder de stoffer, som menes at være kræftfremkaldende eller på anden måde skadelige. Af disse og andre årsager er der gode grunde til at tro, at  $PM_{10}$  fra trafik er langt mere sundhedsskadeligt end  $PM_{10}$  fra f.eks. langtransport, der i Danmark især er ammoniumsulfat og –nitrat, som formentlig er mindre skadelige.

### **Formidling**

Man er derfor som forsker/rådgiver i et dilemma: Skal man lægge størst vægt på den kendte sundhedsmæssige afhængighed af  $PM_{10}$  og den tilhørende beregning, der viser et beskedent udbytte af at montere filtre på alle tunge dieselkøretøjer (22 færre for tidlig død pr. år), eller skal lægge størst vægt på argumenter og teorier, der tyder på at tallet er undervurderet? Vælger man den første mulighed, risikerer man at negligere et alvorligt problem. Vælger man den sidste, risikerer man, at de myndigheder, der har brug for et entydigt resultat som udgangspunkt for en beslutningsproces, bliver ladt i stikken.

### **Referencer**

Færdselsstyrelsen. (2001). Partikelfiltre på tunge køretøjer. Rapport fra arbejdsgruppe til belysning af mulighederne for at fremme udbredelsen af partikelfiltre til lastbiler og busser i Danmark. Rapport fra Færdselsstyrelsen, juni 2001.

Palmgren, F., Wåhlin, P., Berkowicz, R., Hertel, O., Jensen, S.S., Loft, S. & Raaschou-Nielsen, O. (2001): Partikelfiltre på tunge køretøjer i Danmark. Luftkvalitets- og sundhedsvurdering. Danmarks Miljøundersøgelser. 94 s. – Faglig rapport fra DMU, nr. 358.

Pope CA, III, Thun MJ, Namboodiri MM et al. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults. *Am J Respir Crit Care Med* 1995 Mar.; 151(3 Pt 1):669-74.

Pope CA III, Burnette RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, Thurston GD. Lung cancer, cardiopulmonary mortality and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA* 2002; 287: 1132:1141.

Wåhlin, P., Palmgren, F., Van Dingenen, R. (2001). Experimental studies of ultrafine particles in streets and the relationship to traffic. *Atmospheric Environment* 35 (Supplement 1), S63-S69.

## Luftforurening og akut sygelighed i Odense

Torben Sigsgaard<sup>1</sup>, Ole Hertel<sup>2</sup>, P Kjærsgaard<sup>3</sup> og Arne Høst<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Århus Universitet, Institut for Miljø- og Arbejdsmedicin, Vennelyst Boulevard 6, Bygning 260, 8000 Århus C

<sup>2</sup> DMU, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

<sup>3</sup> Odense Universitetshospital, Børneafdelingen, Odense

### **Resumé**

Luftforureningsparametre har i flere studier vis sig at være relateret til indlæggelser for respiratoriske lidelser blandt børn i USA og Europa, og derfor er der et behov for at vide om de beregnede estimater kan overføres på danske forhold.

I Odense har luftforureningsparametrene TSP, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub> og CO været monitoreret siden 1980 dels på en station i midtbyen (Albanigade) og dels på en baggrundsstation. Odense Universitetshospital har siden 1990 dækket indlæggelser for alle børn i Fyns Amt.

Vi har derfor lavet en samkørsel af data for 4.268 indlæggelser for luftvejslidelser på børneafdelingen i Odense i perioden 1. januar 1994 til 31. december 1999.

Indlæggelserne dækker alle luftvejsrelaterede diagnoser bortset fra maligne sygdomme i perioden.

Resultaterne fra en tidsserieanalyse af sammenhængen mellem de enkelte forureningsparametre og indlæggeshyppigheden vil blive fremlagt ved mødet.



## POSTER

**Personlig eksponering for fine partikler**

Anne Frøsig

Astma-Allergi Forbundet, Hovedvejen 9C, 2600 Glostrup

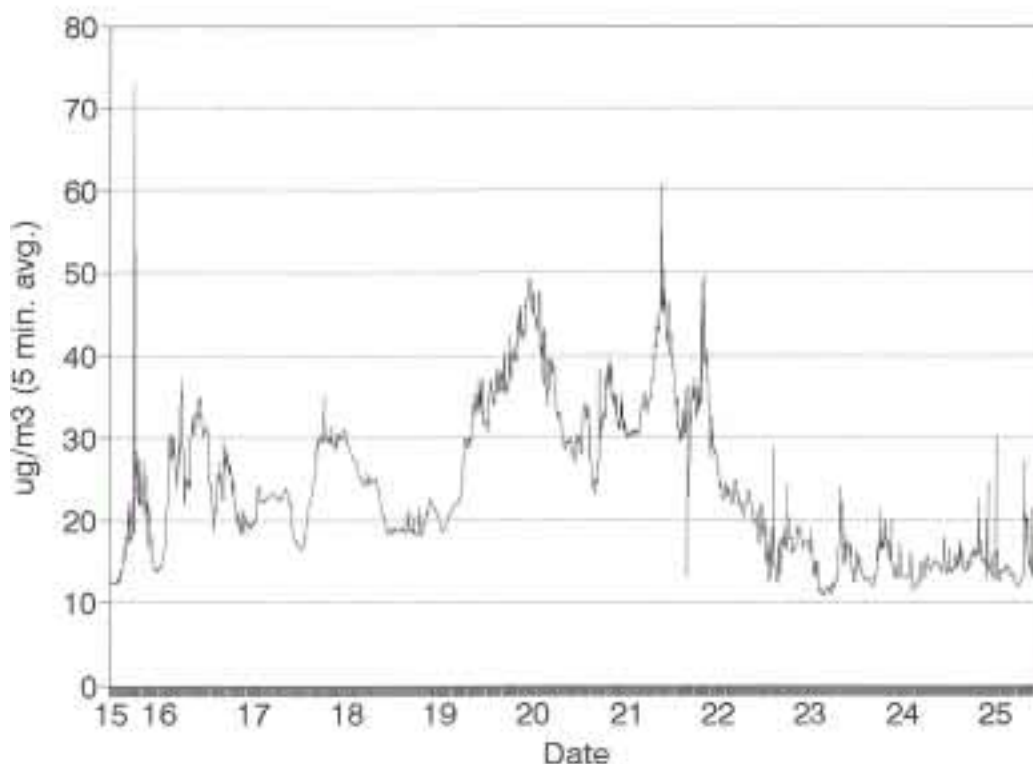
**Indledning**

Det er kendt at luftforurening forværrer symptomerne hos mennesker med astma og andre luftvejslidelser. Interessen for de fine partikler  $< 10 \mu\text{m}$  og specielt  $< 2,5 \mu\text{m}$ , er også herhjemme øget betragteligt de sidste år. Disse partikler måles derfor mere kontinuerligt i flere byer og på landet. Måling fra enkeltstationer giver et mere overordnet billede af partikelkoncentrationen i byen, men undertiden også et mere lokalt billede (gadeniveau kontra tagniveau).

Den partikelkoncentration det enkelte menneske udsættes for kan svinge betragteligt afhængig af opholdssted, f.eks. trafikeret gade, villavej, busterminal, S-togs station, indendørs etc.

F.eks. forurener vores brændeovne også med de fine partikler. Nedenstående figur stammer fra et villakvarter ( det er weekend den 21-22 januar).

Hillerød East - January 1995



Ved at følge og måle partikelkoncentrationen nær det enkelte menneske fås et mere nøjagtigt billede af den personlige eksponering. Det er vigtigt, at få information om koncentrationen af de fine partikler og de tilsvarende effekter på luftvejene hos mennesker med følsomme luftveje f.eks. mennesker med astma.

**Metode**

Ved denne undersøgelse blev 10 voksne med ikke-allergisk astma fulgt med bærbare nephelometre (M901, Radiance Research, PM<sub>2.5</sub> midlingstid 5-10 min) for at få detaljeret

ekponeringsinformation for hele døgnet, hjemme, under transport, og på arbejde. Målingerne blev foretaget fra december 1995 til marts 1996 i henholdsvis København og Vejle.

De 10 personer førte dagbog over daglige aktiviteter og registrerede lungefunktion, symptomer og medicin to gange dagligt vha. et transportabelt spirometer.

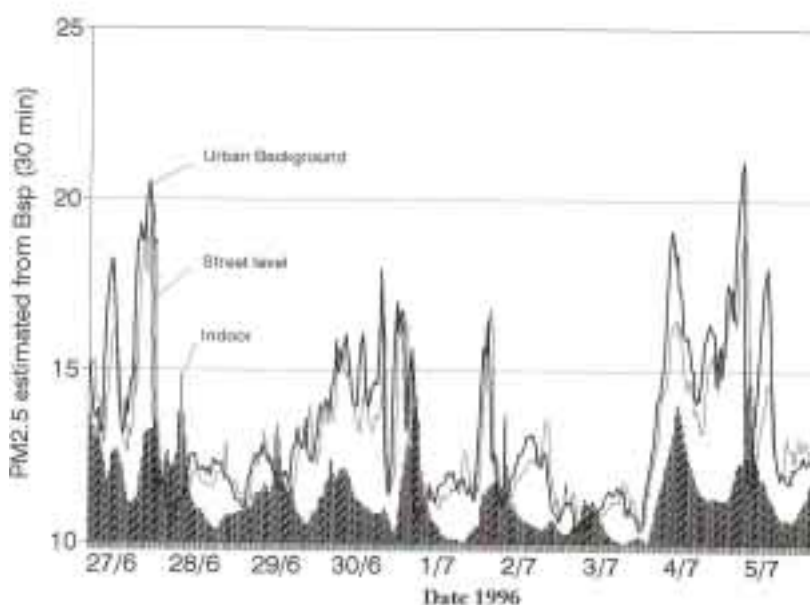
### **Resultater**

Gennemsnitlig for alle forsøgspersoner var FEV<sub>1</sub> 82% af forventet værdi. Middelværdien for FEV<sub>1</sub> var 2,34 liter (1,52-3,41), middelværdien for FVC var 3,14 liter (2,06-4,20), middelværdien for symptom score var 1,12 (0,46-2,04) og middelværdien for medicin score 0,84 (0-1,57).

Middelværdien for PM<sub>2,5</sub> i København var 21µg /m<sup>3</sup> (max 81 µg/m<sup>3</sup>) og i Vejle 21µg /m<sup>3</sup> (max 54 µg/m<sup>3</sup>). PM<sub>2,5</sub> i København og Vejle korrelerede fint over dage. I København viste PM<sub>2,5</sub> niveauet for bybaggrund og gade en næsten identisk variation over dage og koncentration.

Indendørskoncentrationen var typisk bestemt af udendørskoncentrationen og var 85% af udendørskoncentrationen.

PM2.5 Time Series, Copenhagen 1996



I København var middelsymptom scoren og medicin scoren signifikant positivt korreleret ( $r^2=0,46$ ) og symptom scoren og lungefunktionen (FEV<sub>1</sub>) var negativt korreleret ( $r^2=0,09$ ).

Ved udvalgte forhøjede PM<sub>2,5</sub> episoder var der en klar tendens for flere symptomer og øget medicinforbrug, og fald i FEV<sub>1</sub>.

### **Konklusion**

Det var muligt at vise en sammenhæng mellem ændring i lungefunktion hos en lille men nøje udvalgt gruppe af forsøgspersoner og forhøjede PM<sub>2,5</sub>-koncentrationsniveauer.

(se også [www.astma-allergi.dk](http://www.astma-allergi.dk))



## POSTER

**Akkumulering af atmosfærisk kviksølv i Arktis**

Henrik Skov<sup>1</sup>, Michael E. Goodsite<sup>1</sup>, Michael R. B. Larsen<sup>1</sup>, Jesper Christensen<sup>1</sup>,  
Anders Feilbergh<sup>2</sup> og Gerald Geernaert<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

<sup>2</sup>Forskningscentret Risø, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

<sup>3</sup>LANL, IGPP, MS C-305, Los Alamos, NM 87545, USA

**Resumé**

Kviksølv er et tungmetal der har vagt stigende bekymring de seneste år p.gr.a de høje koncentrationer man har observeret i havpattedyr i Arktis (AMAP 1998). Det er generelt accepteret at kviksølv langtransporteres fra vores breddegrader og op til Arktis. Derimod er de kemiske og fysiske mekanismer ansvarlig for kviksølvs fjernelse fra atmosfæren ukendte og dermed er størrelsen af afsætningen af kviksølv til Arktis forbundet med meget stor usikkerhed.

Udenfor Arktis findes kviksølv hovedsageligt som elementært kviksølv, der har en kemisk levetid på ca. 1 år. Når det kommer ind over Arktis ændrer dette sig. Hvert forår observeres at det elementære kviksølv hurtigt fjernes. Det er postuleret at det hurtigt afsættes til overfladen hvorefter det senere på året transporteres med smeltevandet ud i havmiljøet hvor det så bioakkumuleres.

Danmarks Miljøundersøgelser har derfor udviklet et ny metode til bestemmelsen af fluxene af kviksølv til/fra overflader. Disse målinger vil blive anvendt til en ny parameterisering af DEHM (Danish eulerian hemispheric model) en 3 dimensional eulersk hemisfærisk model, hvorved man kan få en mere troværdig beskrivelse af tilførslen af atmosfærisk kviksølv.

Strategien for vores aktiviteter og resultater fra de sidste par år indenfor kviksølv forskning vil blive præsenteret samt fremtidige planer.



## POSTER

**Afdrift og fordampning af 10 herbicider efter sprøjtning**

Sandra C.K. Carlsen og Niels Henrik Spliid

Danmarks JordbrugsForskning, Forskningscenter Flakkebjerg, 4200 Slagelse

**Problemstilling**

Ved sprøjtning af marker vil noget af sprøjtevæsken kunne føres med vinden ind på nabomarker eller evt. over beskyttede vandløb. Således kan der forekomme uønskede effekter på omgivelserne ligesom tilstødende økologiske marker kunne blive berørt.

Koncentrationsprofilen af pesticiders afdrift til nabomarker er blevet undersøgt. Resultaterne er blevet sammenlignet med blandt andet vindhastighed, luftfugtighed, temperatur, dyse type, dråbestørrelse, formulering af sprøjtevæsken og pesticidernes fysiske egenskaber, som deres tendens til fordampning. Under og efter udsprøjtning vil en del af pesticiderne desuden kunne borttransporteres fra marken efter fordampning. Dette aspekt er ligeledes blevet undersøgt i projektet.

**Metode**

Der er indsamlet prøver fra fem pesticid sprøjtninger, 2 i efteråret og 3 i foråret. Passive opsamlere med hver 4 objektglas blev opstillet på nabomarker i 3 parallelle rækker i vindretningen til måling af afdrift. For at undersøge fordampningen blev der også opstillet opsamlere inde i marken. Reference opsamlere blev placeret mod vinden. Objektglassene fra hver opsamler blev rystet med 50 ml metanol. Alle prøver analyseredes på henholdsvis LC-DAD/LC-MS, ved små mængder pesticid i prøven blev først inddampet på TurboVap LV.

**Resultater**

I forsøget indgik 10 herbicider med følgende aktivstoffer: pendimethalin, prosulfocarb, ioxynil octanoat, bromoxynil octanoat, tribenuron-methyl, fluroxypyr-1-methylheptylester, metamitron, desmedipham, phenmedipham og ethofumesate.

Afdriften så ud til at afhænge af vindhastigheden, dråbestørrelsen i sprøjteskyen, fordampningen af aktivstofferne og formuleringen af sprøjtevæsken. Fundene understøttede, at det er de fysiske egenskaber af sprøjtevæsken og mekanikken ved udsprøjtningen (dvs. sprøjteudstyr og meteorologi) der er de primære faktorer der bestemmer afdriften mens de kemiske egenskaber af de rene aktivstoffer i sprøjtevæsken har en mindre betydning.

Projektet viste desuden, at under de aktuelle betingelser skete der en reduktion i afsætningen på 90,8-99,9 % tæt ved den sprøjtede mark og 3 m fra sprøjtezone var afsætningen reduceret til 0,023 til 4,1 % af den udsprøjtede mængde.



## Session 6 Effekter af globale miljø- og klimaforandringer

### Programkomite:

Jes Fenger/Danmarks Miljøundersøgelser, Per Roed  
Jakobsen/Kystdirektoratet, Ib Johnsen/Københavns Universitet og Poul  
Harremoës/Danmarks Tekniske Universitet

### Indholdsfortegnelse for session 6

Modellsimuleringer af atmosfærisk CO <sub>2</sub> over Europa.....	181
<i>Camilla Geels, Jesper H. Christensen, Jørgen Brandt og Lise M. Frohn</i>	
Kulstofbinding i skov- og landbrugsøkosystemer.....	183
<i>Kim Pilegaard, Niels Otto Jensen, Teis Mikkelsen og Helge Ro-Poulsen</i>	
Towards the systematic use of marine paleo climate data for improving global change projections by climate models .....	185
<i>Christoph Heinze</i>	
Regionale simuleringer af drivhuseffektens påvirkning af temperatur- og nedbørsfordeling ....	187
<i>Ole Bøssing Christensen og Jens Hesselbjerg Christensen</i>	
Modellering af de økologiske konsekvenser af vejr- og klimaforandringer i de danske farvande: Præsentation af et koncept baseret på Farvandsmodellen .....	189
<i>Karen Edelvang, Anders Erichsen, Kim Gustavson og Karl Iver Dahl-Madsen</i>	
Interaktioner mellem forurening og klima: Hvad betyder miljøfremmede stoffer for organismers evne til at tolerere ekstremt klima?.....	191
<i>Martin Holmstrup og Christian F. Damgaard</i>	
Konsekvenser af vejr- og klimaforandringer for vandmiljøet. Et projekt under initiativet: Større Tværgående Forskergrupper.....	193
<i>Morten Søndergaard</i>	
UV-B strålingens betydning for den højarktiske vegetation i Nordøstgrønland .....	195
<i>Teis N. Mikkelsen, Helge Ro-Poulsen og Linda Bredahl</i>	
Konsekvenser af klimaændringer for havmiljøet omkring Danmark.....	197
<i>Erik Buch</i>	
Konsekvenser af klimaændringer for europæisk landbrugspolitik.....	199
<i>Jørgen E. Olesen</i>	
Dansk tilpasning til et ændret klima.....	201
<i>Jes Fenger og Povl Frich</i>	
Ændret klima vil påvirke vore naturlige økosystemer – hvordan undersøger vi det ?	
VULCAN - et fælles europæisk projekt.....	203
<i>Claus Beier og Inger Kappel Schmidt</i>	
Hedeøkosystemet er sensitivt overfor forhøjet temperatur og forlænget sommertørke.....	205
<i>Inger Kappel Schmidt, Claus Beier og Torben Riis-Nielsen</i>	
Plantefysiologiske effekter af ambient UV-B stråling på to arter i Nordøstgrønland .....	207
<i>Linda Bredahl, Teis N. Mikkelsen og Helge Ro-Poulsen</i>	
Hvad betyder den atmosfæriske ozonkoncentration for ozonoptagelsen i planter? - belyst ved mikrometeorologiske målinger over en nåleskov .....	211
<i>Teis N. Mikkelsen, Helge Ro-Poulsen, Niels Otto Jensen, Mads F. Hovmand og Kim Pilegaard</i>	

Klima og fødekæder i Arktiske søer – et eksempel fra Nordøstgrønland .....	213
<i>Kirsten Christoffersen og Erik Jeppesen</i>	
Sea level rise in Denmark - technical and political aspects .....	215
<i>Jes Fenger, Erik Buch og Per Roed Jakobsen</i>	

## Modelsimuleringer af atmosfærisk CO<sub>2</sub> over Europa

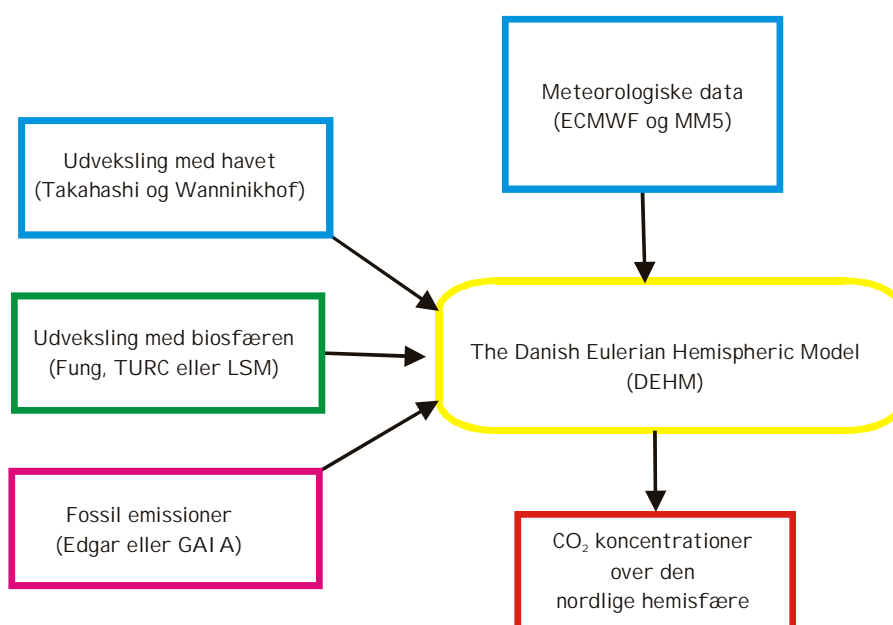
Camilla Geels, Jesper H. Christensen, Jørgen Brandt og Lise M. Frohn

Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

### Resumé

I takt med en øget forståelse af drivhusgassen CO<sub>2</sub>'s betydning for Jordens klima, har mange projekter i årenes løb fokuseret på modellering af atmosfærisk CO<sub>2</sub>. Hovedparten af disse studier benytter globale modeller, inkluderende parameteriseringer af de væsentligste kilder og dræn for atmosfærisk CO<sub>2</sub>. Dermed er vores viden om fordelingen og betydningen af både naturlige og menneskeskabte kildebidrag på global skala øget væsentligt. Processerne forbundet med både udvekslingen af CO<sub>2</sub> og transporten i atmosfæren varierer dog på tidsskalaer fra sekunder til år og på rumlige skalaer ned til størrelsen af f.eks. de enkelte træer og sågar blade. Typiske globale modeller kan langt fra inkludere sådanne processer og kan dermed ikke benyttes til mere detaljerede studier af atmosfærisk CO<sub>2</sub> på lokal til regional skala. De senere års internationale aftaler kræver dog netop en øget kontrol af f.eks. nationale udslip af CO<sub>2</sub> og det har dermed været nødvendigt at flytte fokus fra global til regional skala. Større computer kraft giver i dag bedre muligheder for mesoskala model simuleringer, mens det stadig voksende netværk for monitoring af CO<sub>2</sub> nu gør en grundig modevaluering mulig.

Hovedformålet med dette studie er at simulere fordelingen af CO<sub>2</sub> over det Europæiske kontinent, hvor emissioner fra de tætbefolkede industrialiserede områder og udvekslingen med den terrestriske biosfære resulterer i store variationer i både tid og rum. Hertil benyttes en 3-dimensionel atmosfærisk transport model (DEHM), der anvender meteorologiske data og informationer om overfladetyper mm. som input. Model domænet dækker den nordlige hemisfære med en rumlig opløsning på ca. 150 km x 150 km og inkluderer desuden et nestet område over Europa med en højere opløsning på 50 km x 50 km. Et stort model domæne kombineret med et nestet område sikrer en god opløsning af de atmosfæriske processer over Europa, mens det hemisfæriske model domæne sikrer at langtransporteret CO<sub>2</sub> fra områder udenfor Europa også medtages. Emissioner af CO<sub>2</sub> pga. afbrænding af fossile brændstoffer, og parameteriseringer af den naturlige udveksling med havet såvel som med biosfæren er implementeret i model systemet, se figur 1.



Figur. Model systemet. I parentes er betegnelserne for de anvendte parameteriseringer og data angivet.

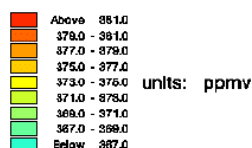
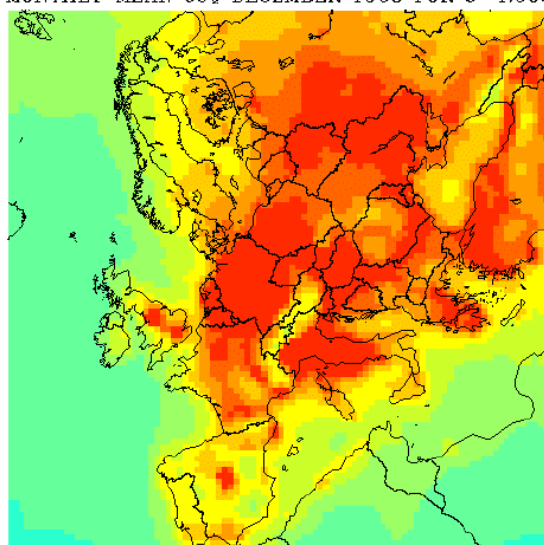
Processerne der driver fotosyntese/respirationen og f.eks. opblandingen i grænselaget er domineret af en stærk sæson- og døgnvariation. Gode parametriseringer af disse processer er derfor vigtige for en god model performance. Her er forskellige formuleringer af bl.a. udvekslingen med biosfæren testet og sensitiviteten til bl.a. den tidlige opløsning af disse er undersøgt.

Et eksempel på modelresultaterne ses i Figur 2, hvor middelkoncentrationen i december 1998 er vist for det Europæiske domæne. Vegetationen er ikke aktiv på dette tidspunkt af året og de høje koncentrationer ses hovedsageligt over de tæt befolkede dele af Europa.

Modellen kan i kombination med kontinuerede CO<sub>2</sub> observationer give en større forståelse af de enkelte kilde-områder og -typers relative betydning. Ligeledes vil modellen indgå i et system af såkaldte inverse modeller, hvor fordelingen af kilder og dræn optimeres hen imod det observerede koncentrationsfelt over Europa. En mere detaljeret beskrivelse af det europæiske CO<sub>2</sub> budget er en nødvendig baggrund for en fremtidig kontrol af nationale CO<sub>2</sub> emissioner.

Modellsystemet og valideringen ved sammenligning med observationer vil blive beskrevet. Ligeledes vil eksempler på modelresultater blive diskuteret.

MONTHLY MEAN CO<sub>2</sub>, DECEMBER 1998 FOR  $\sigma=1.000$



Figur. Den simulerede CO<sub>2</sub> koncentration over Europa i december 1998.

## Referencer

Frohn, L. M., Christensen, J. H., and Brandt, J., 2001, Development of a high resolution nested air pollution model: the numerical approach, *J. of Computational Phys.*, Accepted.

Geels, C., Christensen, J. H., Hansen, A. W., Kiilsholm, S., Larsen, N. W., Larsen, S. E., Pedersen, T., and Sørensen, L. L., 2001. Modelling concentrations and fluxes of atmospheric CO<sub>2</sub> in the North East Atlantic region, *Phys. Chem. Earth, Part B*, vol. 26/10, 764-768.

Geels, C., Christensen, J. H., Frohn, L. M., and Brandt, J., 2001. Simulating spatiotemporal variations of atmospheric CO<sub>2</sub> using a nested hemispheric model, *Phys. Chem. Earth*, submitted October 2001.

Geels, C., Doney, S. C., Dargaville, R., Brandt, J., Christensen, J. H., 2001. Investigating the sources of synoptic variability in continuous atmospheric CO<sub>2</sub> measurements over the Northern Hemisphere continents: A regional model study, *Tellus*, submitted December 2001.



## Kulstofbinding i skov- og landbrugsøkosystemer

Kim Pilegaard<sup>1</sup>, Niels Otto Jensen<sup>1</sup>, Teis Mikkelsen<sup>1</sup> og Helge Ro-Poulsen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Forskningscenter Risø, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

<sup>2</sup>Botanisk Institut, Københavns Universitet, Ø. Farimagsgade 2D, 2100 København Ø

### Indledning

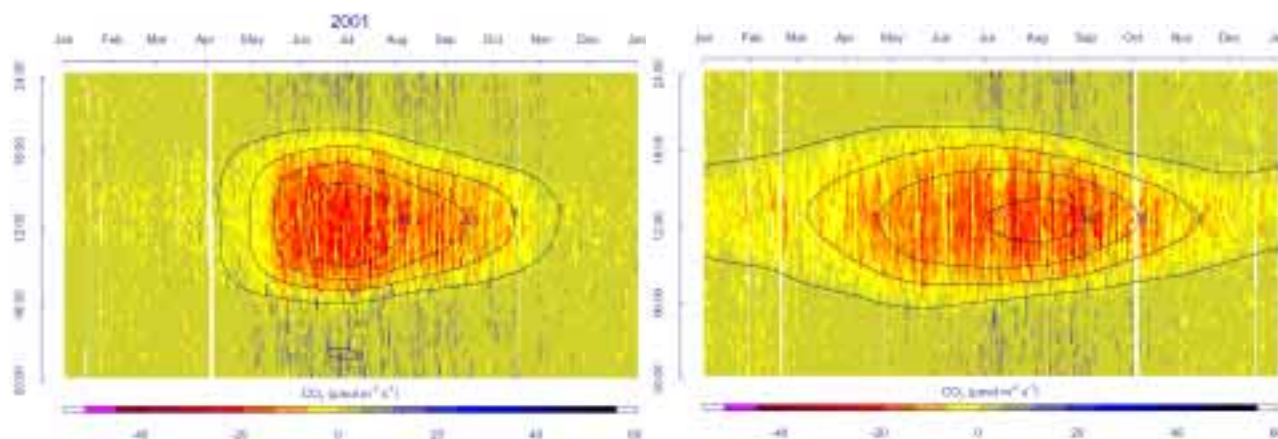
Udvekslingen af CO<sub>2</sub> mellem atmosfæren og økosystemerne er af stor betydning for atmosfærens indhold af CO<sub>2</sub>. Parallelt med den stigende koncentration af CO<sub>2</sub> i atmosfæren har de terrestriske økosystemer optaget og tilbageholdt stadig mere kulstof. Ved hjælp af koncentrationsmålinger og modelberegninger har det vist sig at tilbageholdelsen fortrinsvis sker i den nordlige halvkugles tempererede områder. Kulstofbindingen i såvel skov-økosystemer som landbrugssystemer er også blevet aktuel i forbindelse med forhandlingerne om Kyoto-aftalen. I løbet af 1990-erne har der derfor været en stor videnskabelig indsats for at kvantificere denne optagelse. I Europa blev netto-udvekslingen af CO<sub>2</sub> således målt i forbindelse med et EU-projekt (EUROFLUX) på en lang række lokaliteter fra Syditalien til Nordsverige (Valentini et al. 2000). Næsten alle disse skove viste en nettobinding af kulstof med værdier op til ca. 800 g C m<sup>2</sup> år<sup>-1</sup>.

### Målinger i Danmark

I Danmark blev der i forbindelse med EUROFLUX-projektet startet målinger i en bøgeskov i juni 1996 (Pilegaard et al. 2001). Målingerne foretages ved hjælp af en mikrometeorologiske teknik, eddy-kovarians metoden (Aubinet et al. 2000), hvorved nettoudvekslingen bestemmes direkte. Målingerne er kontinuerte og foretages stadig. Samtidigt med målingerne i bøgeskoven blev der foretaget målinger i en nåleskov med en anden mikrometeorologisk metode (gradient-metoden). Fra efteråret 2000 foretages der desuden målinger med eddy-kovarians metoden på denne lokalitet, således at målingerne direkte kan sammenlignes med målingerne i bøgeskoven. Der er desuden suppleret med tilsvarende målinger over en hvedemark og en græsmark.

### Resultater

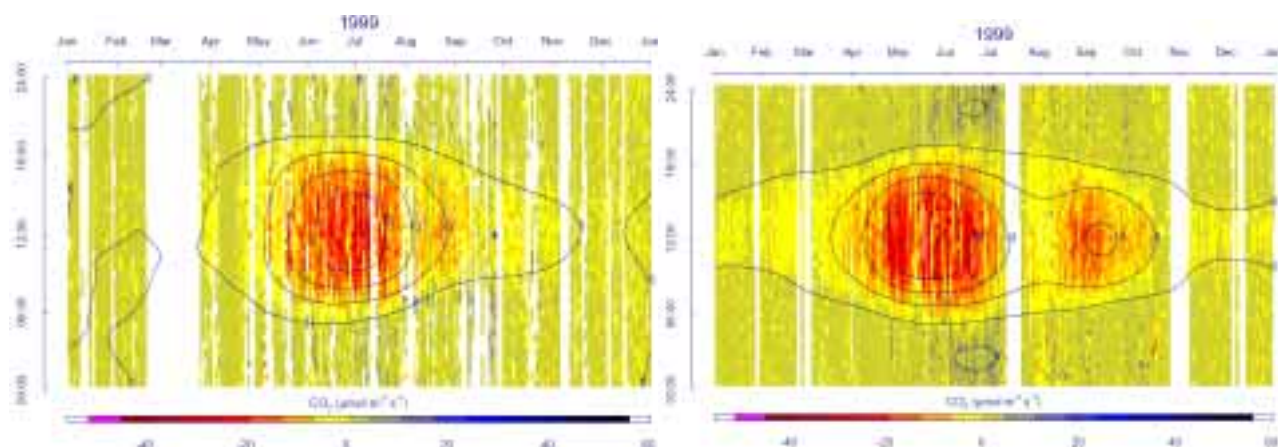
Målingerne i bøgeskoven (figur 1 til venstre) viser, at optagelsen starter i april måned, hvilket dels skyldes skovbundsvegetationen dels de få nåletræer (ca. 20%), der er i måleområdet. Optagelsen fortsætter frem til løvfald i oktober og er størst midt på sommeren, hvor afgivelsen om natten p.g.a. respiration også er størst. I nåleskoven (figur 1 til højre) er der netto-optagelse midt på dagen hele året, men nettooptagelsen er størst i sommerhalvåret og toppe i august. Respirationen er gennemgående mindre end i løvskoven.



Figur 1. Netto-kulstofudveksling over henholdsvis en bøgeskov (figuren til venstre) og en nåleskov (figuren til højre). Negative værdier angiver optagelse i økosystemet (nedadrettet transport).

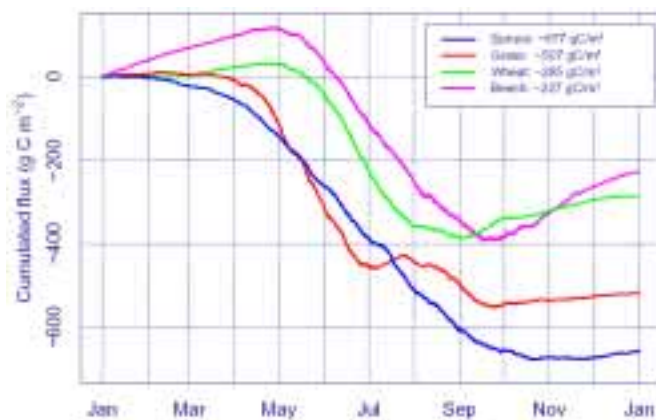
Målingerne over hvedemarken (figur 2 til venstre), viser naturligt nok en stærkt koncentreret optagelse fra så-tidspunktet om foråret til høst-tidspunktet i slutningen af august. Græsmarken

(figur 2 til højre) har et to-toppet optagelsesmønster, da den slås til hø i begyndelsen af juli og i midten af oktober. Det ses, at respirationen fra græsmarken om sommeren er lige så stor som fra bøgeskoven.



Figur 2. Netto-kulstofudveksling over henholdsvis en hvedemark (figuren til venstre) og en græsmark (figuren til højre). Negative værdier angiver optagelse i økosystemet (nedadrettet transport).

Den kumulerede kulstofoptagelse i bøgeskoven (figur 3) viser klart det store kulstof-tab i vintermånederne frem til løvspring. Nåleskoven har optagelse hele året; den eneste måned med et netto-tab er december. Græsmarken har et meget lille tab i vintermånederne og netto-optagelse starter allerede i marts. Der er dog en netto-afgivelse i efterårsmånederne. Hvedemarken tabte kulstof til atmosfæren i vintermånederne og begyndelsen af foråret, måske p.g.a. pløjning. På årsbasis er kulstofbindingen størst i nåleskoven ( $677 \text{ g C m}^{-2}$ ) efterfulgt af græsmarken ( $507 \text{ g C m}^{-2}$ ), hvedemarken ( $285 \text{ g C m}^{-2}$ ) og bøgeskoven ( $227 \text{ g C m}^{-2}$ ). Ved bedømmelse af den samlede netto-binding af kulstof skal man dog også indregne det tab, der kan være ved omsætning af de fjernede afgrøder; på kort sigt hø fra græsmarken og halm fra hvedemarken; på længere sigt tømmer og brænde fra bøgeskoven og nåleskoven.



Figur 3. Kumuleret kulstofoptagelse i danske skov- og landbrugs-økosystemer. Negative værdier angiver optagelse i økosystemet (nedadrettet transport).

## Referencer

Aubinet, M. et al., Estimates of the annual net carbon and water exchange of forests: The EUROFLUX methodology. *Adv. Ecol. Res.* (2000) **30**, 113-175

Pilegaard, K.; Hummelshøj, P.; Jensen, N.O.; Chen, Z., Two years of continuous CO<sub>2</sub> eddy-flux measurements over a Danish beech forest. *Agric. Forest Meteorol.* (2001) **107**, 29-41

Valentini, R. et al., Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests. *Nature* (2000) **404**, 861-865

## Towards the systematic use of marine paleo climate data for improving global change projections by climate models

Christoph Heinze

Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, DK-4000 Roskilde

### ***Global change projections***

*Global change* refers to the set of natural and human-induced changes in the Earth's physical and biological structure, that when aggregated are significant at a global scale (definition by the US National Academy of Sciences). Due to the anthropogenic emissions of CO<sub>2</sub> and other radiatively active gases such as methane, chlorofluoromethanes, and N<sub>2</sub>O a significant alteration of the global climate is expected over the next decades and centuries. A knowledge of these climate changes and their impact is of vital societal interest. Comprehensive coupled biogeochemical atmosphere ocean general circulation models (BAOGCMS) are used to predict possible climate changes under assumed scenarios for future human behavior (e.g. Roeckner et al., 1999). These conditional predictions or scenarios are called projections. The models used in these projections are usually optimised with respect to the present climate so that they reproduce the seasonal cycle and the mean climatology for today satisfactorily. For a reliable prediction of *changes* of the Earth system, however, it is not sufficient that these models work reliably around one point in the Earth system phase space - they also must simulate a larger climatic *shift* correctly. The only way to calibrate the sensitivity of climate models is to attempt realistic simulations of past climates (such as the last climatic cycle from 130.000 years before present up to now) and to verify model results with paleo climatic data from observations. The foundation for such a comparison provide (next to terrestrial climate records such as ice cores) marine sediment core data.

### ***Simulation of synthetic sediment cores***

A feasibility study was carried out to test whether artificial marine sediment cores can be generated by a BOGCM (biogeochemical ocean general circulation model) for direct comparison (and systematic data assimilation later on) with the observed sediment record (Heinze, 2001). The HAMOCC biogeochemical model was integrated on the basis of a time dependent velocity field over the last 130.000 years. The model includes the reservoirs atmosphere (simple diffusive transport of trace gases only), the ocean water column, and the bioturbated sediment. It simulates the marine carbon, silicon, phosphorus, and oxygen cycles through basic parameterisations of the real processes. For the long time integration of the model here, the coarse resolution version was used (3.5 by 3.5 degrees, 11 layers in water column, 10 layers in sediment, time step of 1 year, 2000 years per CPU hour on a Cray C90 computer). At each time step and each grid point, the accumulation rates and sediment weight percentages of CaCO<sub>3</sub>, opal (biogenic silica), organic carbon, and clay (inert material) as well as the calendar year were stored at each grid point. From these huge data base, synthetic sediment cores can be "recovered" at each grid point for comparison with the measurements from sediment core analysis (see an example in the Figure).

### ***Important next steps***

Through a systematic data assimilation of observational marine paleo climate data into BAOGCMs these models can be optimised to correctly reproduce climate changes and resulting responses as well as feedbacks between physical and biogeochemical processes. In order to prepare such a systematic data assimilation, process studies have to be carried out to develop advanced parameterisations of processes and appropriate transfer functions between physical-biogeochemical variables and paleo tracers. Further, huge synchronised consistent data bases of multiple variable tracer data sets have to be compiled and made accessible. A key element is the better reproduction of marine biogenic particle fluxes which provide the starting point for the sedimentary record. At present mechanistical particle flux modules including coagulation and disaggregation of biogenic sinking materials are being implemented into two BOGCMs (following the approach by Kriest and Evans, 2000) in order to predict the benthic pelagic coupling on a global basis more realistically (and also the surface ocean CO<sub>2</sub> partial pressure). At a later stage -

once the most important processes have been incorporated into the models - advanced 4-D data assimilation methods will be applied to step by step develop optimal projection tools for climatic and global change.

### **Acknowledgment**

Funding for this work by the European Commission through grants MAS3-CT97-0141 ("SINOPS") and EVK2-CT-2001-00100 ("ORFOIS") is gratefully acknowledged.

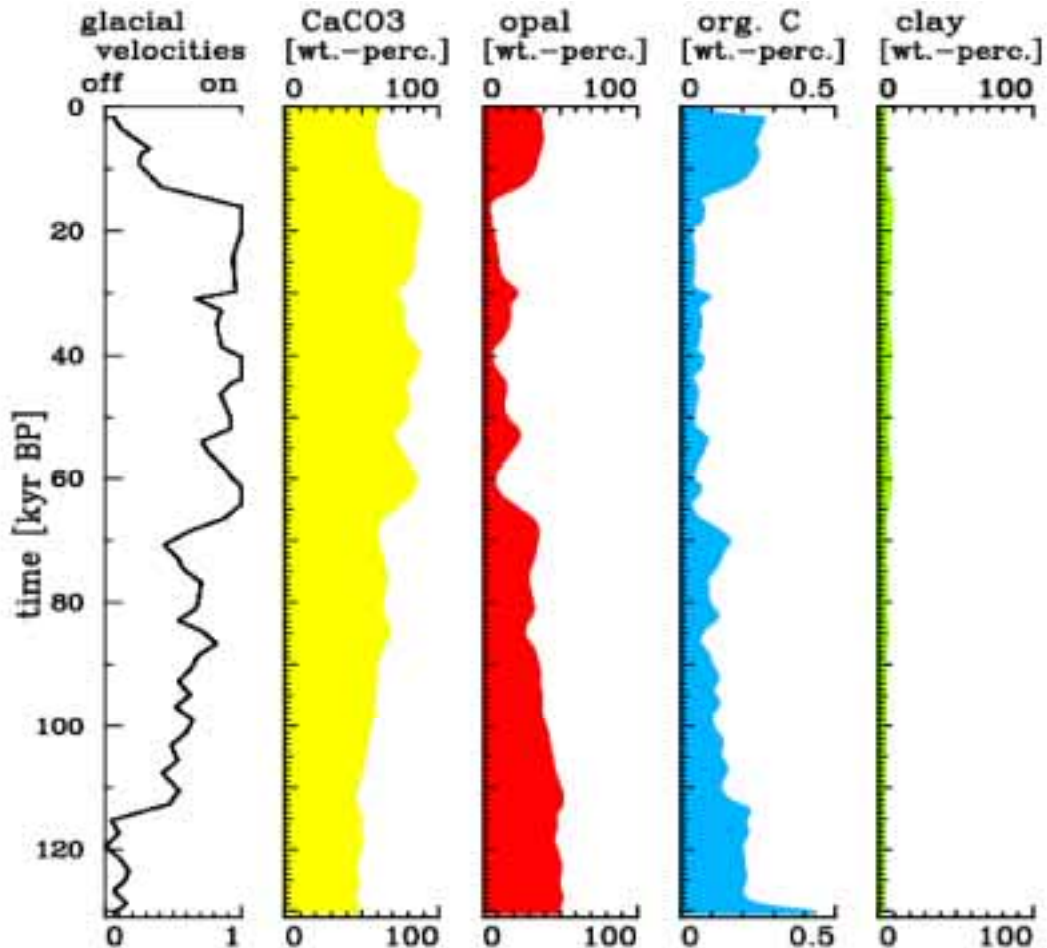


Figure. Example for a synthetic sediment core as created by the HAMOCC model. The core is located in the equatorial Pacific at 3.75 degrees S and 98.75 degrees W. The increase of calcitic sediments and the parallel decrease in opaline material around the last glacial maximum at 21.000 years ago correspond qualitatively to observed results.

### **References**

- Heinze, C., 2001, Towards the time dependent modeling of sediment core data on a global basis, *Geophysical Research Letters*, 28, 4211-4214.
- Kriest, I., and G. T. Evans, 1999, Representing phytoplankton aggregates in biogeochemical models, *Deep-Sea Research, Part I*, 46(1), 1841-1859.
- Roeckner, E., L. Bengtsson, J. Feichter, J. Lelieveld, and H. Rodhe, 1999, Transient climate change simulations with a coupled atmosphere-ocean GCM including the tropospheric sulphur cycle, *Journal of Climate*, 12, 3004-3032.

## Regionale simuleringer af drivhuseffektens påvirkning af temperatur- og nedbørsfordeling

Ole Bøssing Christensen og Jens Hesselbjerg Christensen

Danmarks Meteorologiske Institut, Lyngbyvej 100, 2100 København Ø

### **Resumé**

Et vigtigt middel til at lave projektioner af klimaændringer i fremtiden er numeriske klimamodeller. For fuldt ud at udnytte den information, som disse modeller stiller til rådighed, bør man ikke nøjes med at kigge på ændringer i gennemsnitsværdier af temperaturer o.lign., men undersøge ændringer i statistiske fordelinger af relevante variable.

Danmarks Meteorologiske Institut har deltaget i flere EU-projekter med fokus på regionale klimaforandringer og har bl.a. bidraget med klimasimuleringer med den regionale klimamodel HIRHAM. Der er for nylig blevet udført en række eksperimenter, hvor det nuværende klima i Europa sammenlignes med projiceret klima svarende til slutningen af dette århundrede under to af IPCCs SRES udslipsscenarioer for drivhusgasser (A2 og B2).

Der er blevet udført analyser af ændringer i middeltemperatur og middelnedbør, men også ændringer af intensitetsfordelingen af nedbør og ændringer i ekstreme værdier er blevet undersøgt. Idet hver modelkørsel omfatter 30 år, er der tilstrækkeligt med data til en undersøgelse af ændringer i parametre for fordelingen af ekstremnedbør.

Tidligere undersøgelser af modelkørsler over Skandinavien har vist en generel forøgelse af middelnedbøren i Danmark, især vinter og efterår. Den ekstreme del af nedbøren ser ud til at forøges med samme faktor som middelnedbøren, med sommeren som en mulig (og vigtig) undtagelse.

Disse resultater vil blive ført ajour med nyere modeleksperimenter.



## Modellering af de økologiske konsekvenser af vejr- og klimaforandringer i de danske farvande: Præsentation af et koncept baseret på Farvandsmodellen

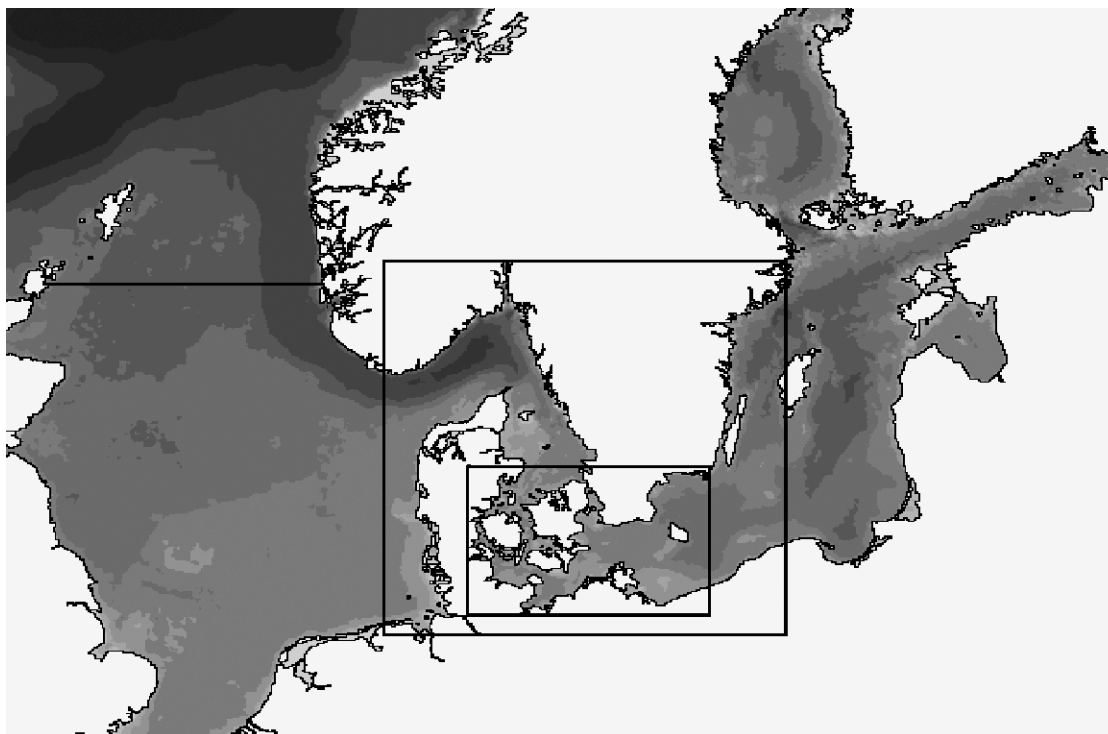
Karen Edelvang, Anders Erichsen, Kim Gustavson og Karl Iver Dahl-Madsen

DHI Institut for Vand og Miljø, Agern Alle 11, 2970 Hørsholm

### Indledning

Konsekvensen af vejr- og klimaændringer på økologien i de danske farvande vil være at se som en proces, der strækker sig over dekader. Det er derfor relevant at kunne kvantificere effekterne med en stringent og simpel metode. Diskussionen i det offentlige rum er præget af dagsaktuelle indslag, der spænder fra dommedagsprofetier til løfter om Costa Kalundborg, ofte baseret på delelementer taget ud af den større sammenhæng.

Farvandsmodellen er en hydrodynamisk model, der er udviklet af DHI for [Miljøstyrelsen](#) i forbindelse med det danske nationale program for overvågning af vandmiljøet 1998-2003 (NOVA). Det er en 3-dimensionel model til beregning af vand-, temperatur- og stoftransport samt en tilhørende database til beregningsresultater og måledata, der nu vil blive en naturlig del af DHI's generelle Vandudsigt. Modellens geografiske udbredelse er Nordsøen, Østersøen med Botniske- og Finske Bugt samt mellemliggende farvande. Beregningsmodellen beskriver fordelingen og udviklingen af havstrømme, saltholdighed og temperatur overalt indenfor modelområdet. Det er disse fysiske forhold, som bl.a. er bestemmende for transporten af næringsssalte i havet. Modelberegningerne kan således bruges til opstilling af næringsstof-budgetter for en række marine områder (Bach et al., 1997). Mere dokumentation om Farvandsmodellen kan findes på <http://farvandsmodel.dhi.dk> eller på <http://www.vandudsigten.dk>.



Figur 1 Oversigt over Farvandsmodellens regionale dækning.

### Metode

Den fremtidige økologiske tilstand i de danske farvande har implikationer overalt i samfundet (Fenger et al, 1996). Den er styret af en lang række faktorer, der påvirker vandmiljøet på forskellig måde. Her indgår det aktuelle vejr og det regionale klima som styrende funktioner for de bærende processer i vandmiljøet. Temperatur, nedbør og vind er de væsentlige parametre for vandøkologien, ligesom de indgår som randbetingelserne i Farvandsmodellen. Den fremtidige

ændring i det lokale klima, hvad enten den skyldes naturlige variationer eller menneskeskabte påvirkninger, vil medføre ændringer i vandmiljøet som vi kender det i dag. Simuleringer med Farvandsmodellen kan skabe basis for at kvantificere de mulige fremtidige ændringer i miljøet, der vil ske i området omkring Danmark (Edelvang et al., 2001). I Tabel 1 er listet en oversigt over de eksisterende moduler, der kan aktiveres i relation til Farvandsmodellen for at beskrive nogle af de væsentligste påvirkninger og årsagssammenhænge, der kan forventes for økologien i de danske farvande.

Tabel 1 Relevante parametre i MIKE 3 (DHI, 1998)

Modul	Proces	Funktion
HD	hydrodynamik	beskrivelse af vandstrømme og fluxe
AD	advektion/dispersion	beskrivelse af transport af salt, temperatur og opløst stof
MT	finkornet sedimenttransport	beskrivelse af sedimenttransport processer
EU	eutrofiering	beskrivelse af produktion og omsætning af organisk stof og næringssalte

### Hypoteser

På det hydrografiske område sker allerede nu en havspejlsstigning, der medfører vandstandsændringer. Dette påvirker kystliniens placering og giver potentielt flere lavvandede områder. Der forventes ligeledes ændringer i afstrømningsmønstrene, hvilket sammen med de potentielle ændringer i gennemstrømningsarealer vil have indflydelse på saltvandsindbrud fra Nordsøen til Østersøen. Dette kan igen betyde ændringer i balancen mellem saltvand og ferskvand og dermed ændre placeringen af skilleflader for salt og temperatur. I relation til sediment og næringsstof transporten vil påvirkningerne koncentrere sig om effekter som øget erosion i vandløbene med heraf følgende ændrede fluxe til de marine områder. Dette kan give mulighed for øget sedimentation, der igen vil påvirke morfologien og give ændrede kystlinier og nye sedimentationsområder. Den ændrede næringsstoffilførsel af både opløst og partikulært materiale vil ligeledes give ændringer i næringsstofpuljer (Bushaw et al., 1996; Jensen et al., 1995) og sedimentdepoter. Indenfor biologien vil der forventes ændringer af produktion og balance i de marine biotoper, mulige påvirkninger af strukturfunktionerne i det marine økosystem (Gustavson et al., 2000), der har betydning for f.eks. algeopblomstringer, biomasseproduktion og balancen mellem autotrofe og heterotrofe processer. Øget forekomst af iltsvind vil være en mulig konsekvens heraf.

### Referencer

- Bach, H.K., Jensen, K & Lyngby J.E. (1997). Management of Marine Constructions Works Using Ecological Modelling. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 44 (Supplement A): 3-14.
- Bushaw K.L., Zepp R.G., Tarr M.A., Schultz-Jander D., Bourbonniere R.A., Hodson R.E., Miller W.L., Bronk D.A., & Moran M.A. (1996). Photochemical release of biologically available nitrogen from aquatic dissolved organic matter. *Nature* (381): 404-407.
- DHI (1998). MIKE 3 Eutrophication Module, User guide and reference manual, release 2.7. Fenger J, Jørgensen AM K og Halsnæs K (eds) (1996). Drivhuseffekt og klimaændringer. Betydningen for Danmark set i lyset af ICPP's 1996 rapporter. ISBN 87-7810-692-3, pp151.
- Edelvang K, Erichsen A, Gustavson K, Bundgaard K and Dahl-Madsen KI (2001) "The Change in Primary Production of Danish Coastal Waters". In: Jørgensen, A.M., Fenger, J., Halsnæs, K. (Eds.) *Climate Change Research -Danish Contributions*. Danish Climate Centre, pp277-291
- Gustavson K., Garde K., Waängberg S-å. & Selmer J-S. (2000). Influence of UV-B radiation on bacterial activity in coastal waters. *J. of Plankton Research* (22) no. 8: 1501-1511.
- Jensen, H.S., Mortensen, P.B., Andersen, F.Ø., Rasmussen, E.K. & Jensen, A. (1995). Phosphorus cycling in coastal marine sediment. *Limnol. Oceanogr.* 40(5): pp 908-917.



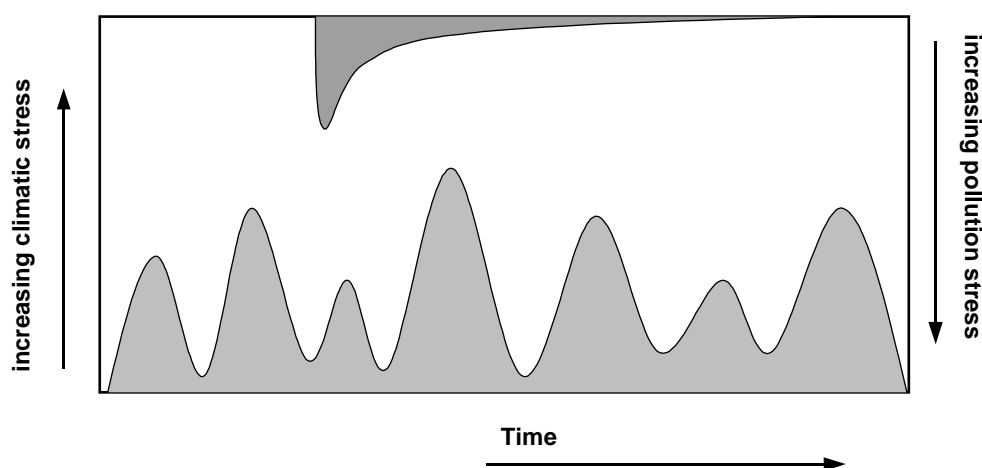
## Interaktioner mellem forurening og klima: Hvad betyder miljøfremmede stoffer for organismers evne til at tolerere ekstremt klima?

Martin Holmstrup og Christian F. Damgaard

Danmarks Miljøundersøgelser, Vejlsovej 25, 8600 Silkeborg

### Resumé

Risikovurdering af miljøfremmede stoffers effekter på økosystemer er i vid udstrækning baseret på økotoksikologiske tests, der er blevet udført i laboratoriet. Testmetoderne er af som regel udviklet således at testorganismerne har optimale betingelser hvad angår føde, fugtighed og temperatur. Derved kan man undersøge og kvantificere effekten af det enkelte stof, uden indflydelse fra andre faktorer. Under naturlige betingelser er forhold som temperatur og fugtighed ofte langt fra optimale, og det er nærliggende at forestille sig, at toksiciteten af et stof vil påvirke en organismes evne til at tolerere andre former for stress. Der er derfor en risiko for at effekten af et stof undervurderes, hvis man direkte ekstrapolerer resultaterne fra en laboratorietest til virkelige forhold, hvor klimaet ofte er den væsentligste stressfaktor for dyr og planter.



Figur 1. En simpel fremstilling af en organismes "tålte mængde stress", som organismen kan møde i naturen (vist som y-aksens udstrækning). Den nedre kurve (lodret skravering) symboliserer sæsonmæssige svingninger i klimastress. Dette kan være lave temperaturer om vinteren, eller tørke om sommeren. Den øverste kurve (skrå skravering) viser toksisk stress af en tilført mængde forurening. Det toksiske stress forsvinder efterhånden som stoffet nedbrydes i miljøet. Under visse omstændigheder kan begge typer stress forekomme samtidig, og således forårsage en "økologisk flaskehals", hvor populationen bliver kraftigt reduceret. Dette vil blive forstærket hvis der optræder synergi mellem de to former for stress.

Vi har brugt jordbundsdyr (regnorme og springhaler) som modeller for at undersøge om kombinationer af toksisk stress og klimastress giver en større effekt end det forventes ud fra addition af de enkelte faktorer (synergi). I flere tilfælde har det vist sig, at forurening med kobber, PAH og nonylphenol kan påvirke tørke- og kuldetolerancen hos disse jordbundsdyr (Holmstrup et al. 1998; Højer et al. 2001; Sjursen et al. 2001). Fysiologiske studier tyder på at det især er stoffer der påvirker membraners funktion, som forårsager nedsat tolerance over for klimastress.

Vi ved endnu ikke hvor meget kombinationen af toksisk stress og klimastress betyder for arters udbredelse i naturen, eller for populationsdynamik og økosystemers funktion. En mulig måde at undersøge dette på vil være at inkludere sandsynligheder for sammenfald mellem forurening og ekstreme klimahændelser i metapopulationsmodeller, der tager hensyn til arters migrations- og ekstinktionsrater.

Der er ingen tvivl om at toksiske stoffer kan påvirke organismers tolerance af klimastress, men det er vigtigt at opstille realistiske scenarier og prøve at estimere sandsynligheder for at dette kan ske i den virkelige verden. De globale klimaændringer vi står overfor forudser en højere frekvens af ekstreme vejr situationer (IPCC 2001). Dette kan i sig selv have en effekt på arternes udbredelse, men kan måske også yderligere forstærke de menneskeskabte former for stress.

### **Referencer**

- Holmstrup, M., Petersen, B. and Larsen, M. (1998). Combined effects of copper, desiccation, and frost on the viability of earthworm cocoons. *Environmental Toxicology & Chemistry* 17, 897-901.
- Højer, R., Bayley, M., Damgaard, C. F. and Holmstrup, M. (2001). Stress synergy between drought and a common environmental contaminant: studies with the collembolan *Folsomia candida*. *Global Change Biology* 7, 485-494.
- IPCC. (2001). Climate change 2001. Synthesis report : contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, (ed. R. Watson), pp. 397. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sjursen, H., Sverdrup, L. E. and Krogh, P. H. (2001). Effects of polycyclic aromatic compounds on the drought tolerance of *Folsomia fimetaria* (collembola, isotomidae). *Environmental Toxicology and Chemistry* 20, 2899-2902.

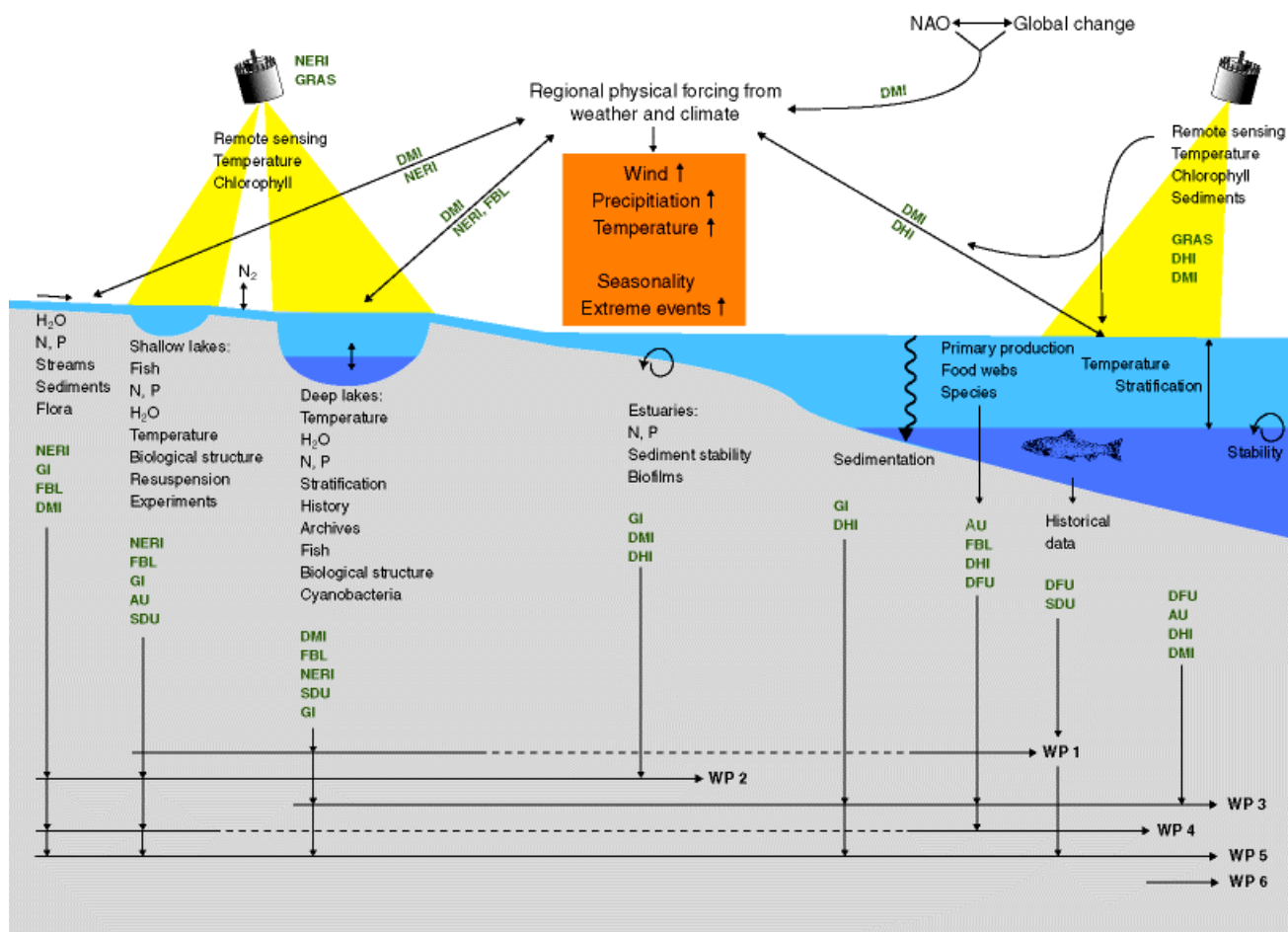
# Konsekvenser af vejr- og klimaforandringer for vandmiljøet. Et projekt under initiativet: Større Tværgående Forskergrupper.

Morten Søndergaard

Københavns Universitet, Ferskvandsbiologisk Laboratorium, Helsingørgade 51, 3400 Hillerød

## Resumé

Tilstanden i det danske vandmiljø bestemmes ikke kun af tilledningen af næringsalte. Det aktuelle vejr og det regionale klima i form af nedbør, vind og temperatur er med til at kontrollere de økologiske processer i vandløb, søer og havet og har afgørende indflydelse på miljøtilstanden. De klimaændringer, der forventes at finde sted i de kommende årtier, vil derfor også påvirke vandmiljøet. Selv om der er usikkerhed om ændringernes størrelse, er det med stor sandsynlighed forudsagt, at Danmark kommer til at opleve højere gennemsnitstemperatur, flere hændelser med høje vindhastigheder og mere nedbør. Disse ændringer er drevet af globale klimaforandringer. Det er uafklaret, hvilken betydning klimaændringerne får på vandmiljøet. Centrale, men ubesvarede spørgsmål er: Hvordan påvirkes planter og dyr i ferskvand og havet? Bliver miljøet bedre eller dårligere? Er de eksisterende miljø-handlingsplaner tilstrækkelige og, kan vi adskille effekter af klima og næringsalte? I et samarbejde mellem klimatologer, hydrologer, hydraulikere, geografer, biologer og historikere fra universiteter, sektorforskningsinstitutter og private firmaer gennemføres et tværfagligt forskningsprogram, der udforsker betydningen af dagens klima og fremtidens klimaforandringer for de økologiske forhold i vandløb, søer og danske farvande, således at vi kan adskille enkeltstående hændelser fra vedvarende tendenser. Ved at udvikle samspillet mellem de bedste modelbeskrivelser for klimaet, og de afledte fysiske og biologiske forhold, er det ambitionen at udvikle et operationelt koncept, der kan give en kvalificeret prognose for vandmiljøets fremtidige tilstand. I indlægget præsenteres forskningsprogrammets indhold og dets aktører.





## UV-B strålingens betydning for den høarktiske vegetation i Nordøstgrønland

Teis N. Mikkelsen<sup>1</sup>, Helge Ro-Poulsen<sup>2</sup> og Linda Bredahl<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Forskningscenter Risø, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

<sup>2</sup> Botanisk Institut, Københavns Universitet, Øster Farimagsgade 2D, 1353 København K.

### Indledning

50% af solindstrålingen udnyttes direkte af fotosyntesen i grønne planter til vækst og opbygning af biomasse. 49,5% kan ikke udnyttes p.g.a. at energiniveauet er for lavt og 0,5% udnyttes ikke pga at energiniveauet er for højt. Disse 0,5% kaldes også ultravioletstråling og opdeles yderligere i UV-A og UV-B. UV-B er de mest energirige stråler, og er samtidig også mest skadelige for planter.

Som en følge af solvinklen og absorptionen i atmosfæren er UV-B strålingen højest ved ækvator og mindst ved polerne. Så hvorfor studere effekter i de arktiske egne?

På grund af ozonlagets nedbrydning forventes en forøget UV-B indstråling, over de næste 15-20 år, og denne udvikling vil være størst i de arktiske egne ([www.dmi.dk](http://www.dmi.dk)). Dermed udsættes den arktiske vegetation for den relativt største ændring i denne proces.

UV-B er en stress-faktor for planter som både direkte og indirekte påvirker væksten og konkurrenceevnen. Planter kan tilpasse sig miljøer med højere UV-B niveauer – dels ved genetisk selektion som tager generationer og dels ved akklimation. En beskyttelse af planterne kan f.eks. bestå i udvikling af fortykkede overflader og indlejring af flere UV-B absorberende pigmenter i blade. Hvis UV-B beskyttelsen ikke er tilstrækkelig kan genomet og de fotosynteseapparatet ødelægges, og de såkaldte reparationsprocesser må aktiveres. Beskyttelse- og reparationsprocesserne kræver at der allokeres energi og stof, og det reducerer planternes vækst og reproduktionspotentiale. Det kan være meget kritisk for den arktiske vegetation, da den er specielt sårbar over for stressfaktorer, som nedsætter deres energiudnyttelse. Energioptagelsen er i forvejen er en begrænsende faktor på grund af den meget korte vækstsæson, der kun varer ca. 2 måneder.

### Forsøget

I juli 2001 i Nordøstgrønland, Zackenberg (74°3'N, 20°3' W) blev et 3 årigt UV-B eksklusions eksperiment påbegyndt på en arktisk hede. Forsøget undersøger hvad det nuværende UV-B niveau betyder i relation til forskellige reduktioner i UV-B indstrålingen. Over vegetationen på sydvendte skrænter blev opsat metalrammer (47x60 cm) med og uden transparente plader/film med forskellige UV-B (og UV-A) absorptions egenskaber. Det gav følgende fire UV-B/UV-A behandlinger:

- Filter reduktion af UV-B (-UVB)
- Filter reduktion af UV-A og UV-B (-UVAB)
- Neutralt filter (Filterkontrol)
- Ingen filter (kontrol)

Ved at opsætte behandlingerne på sydvendte skrænter fås maksimal UV-B exponering og skræntens hældning muliggør en befugtning af jorden under rammen ved nedbør. Forsøget blev gentaget på to lokaliteter.

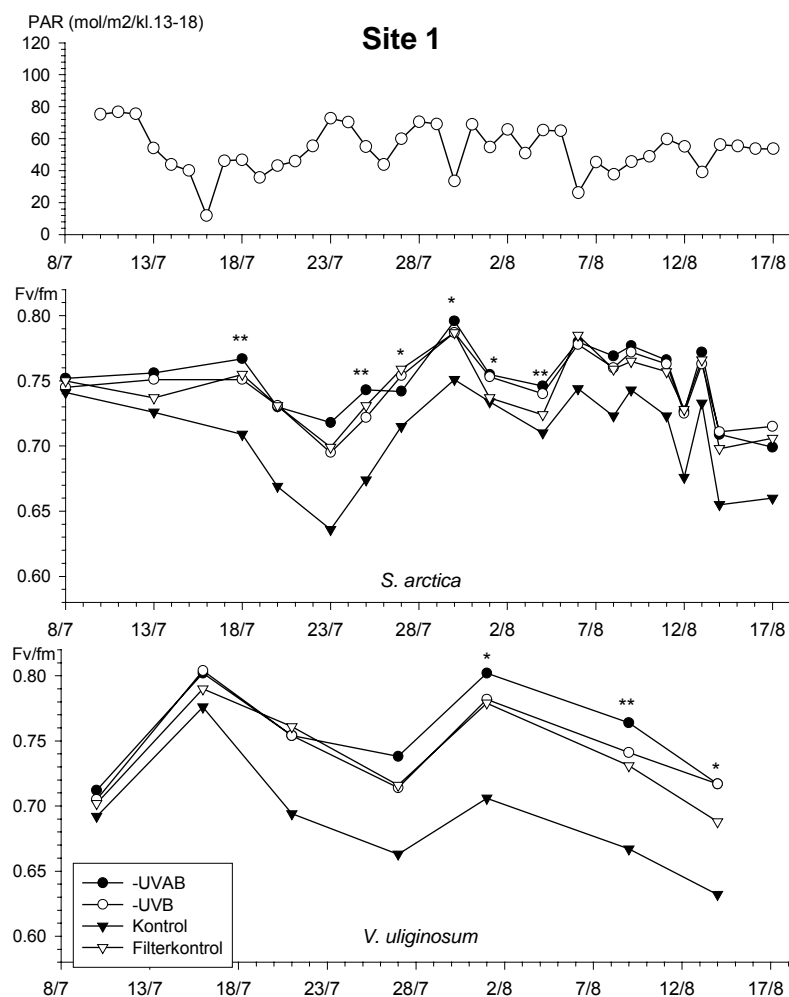
Ved hjælp af to teknikker, induceret klorofylfluorescens-emissions-kinetik og gas udveksling, som undersøger grønne blades potentielle og aktuelle CO<sub>2</sub>-optagelse blev to plantearter (*Vaccinium uliginosum* og *Salix arctica*) undersøgt gennem hele vækstsæsonen fra først i juli til sidst i august.

### Resultater

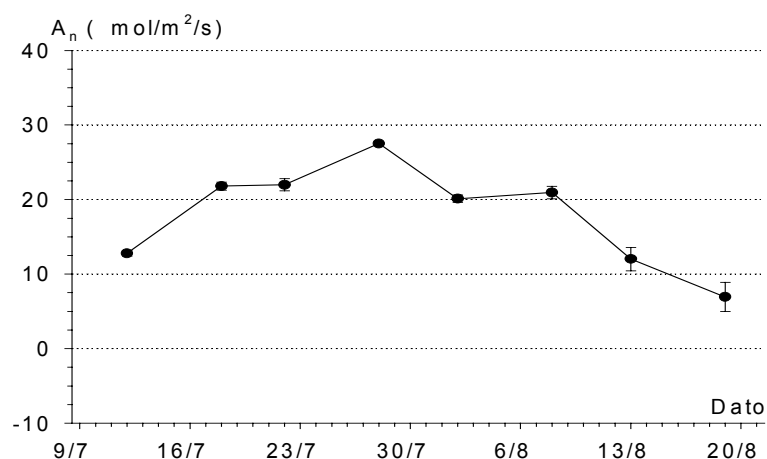
Over hele sæsonen ses reduktioner i bladenes potentielle CO<sub>2</sub>-optagelse i de behandlinger, som modtager almindeligt sollys gennem et neutralt filter eller direkte i forhold til de behandlinger, som fjerner UV-B alene eller UV-A og UV-B i kombination. På enkelt dage med høj solindstråling er

disse forskelle mere udtalt (figur 1). CO<sub>2</sub>-assimilations målingerne viste ingen signifikante forskelle mellem behandlingerne. Det kan skyldes, at de enkelte blade vendte i forskellige retninger, og dermed modtog de også forskellige UV-B doser, som bevirkede at variationen steg. I alle behandlinger viser CO<sub>2</sub>-assimilationen en tydelig sæsonvariation over den korte vækstsæson (Figur 2). Bladene udvikles frem til den 30/7, hvorefter det lysmættede optag falder, som en følge af senescensprocesserne der allerede indtræder i begyndelsen af august.

Resultaterne fra 2001 sæson bliver sammenlignet med andre arktiske UV-B eksperimenter både med ekstra UV-B-eksponering og UV-B reduktion. Behandlingerne fortsættes i år 2002 og 2003. Dermed er det muligt at følge akkumulerende effekter fra sæson til sæson.



Figur 1. Bladenes potentielle CO<sub>2</sub>-optagelse (Fv/Fm) pr. treatment pr. måledag på de to arter samt akkumuleret PAR på site 1. Enkelte dage er der signifikante forskelle mellem filterbehandlingerne (2-faktor ANOVA). Dage med signifikans er afmærket med \* når  $p < 0.05$ ; \*\* når  $p < 0.01$  eller \*\*\* når  $p < 0.001$ .



Figur 2. CO<sub>2</sub>-assimilationen ( $A_n$ ) ved 1200  $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$  gennem sæsonen. Middelværdier  $\pm 1$  SE.

## Konsekvenser af klimaændringer for havmiljøet omkring Danmark

Erik Buch

Danmarks Meteorologiske Institut, Lyngbyvej 100, 2100 København Ø

### Resumé

Klimaforandringer som følge af drivhuseffekten må forventes at influere på de fysiske forhold i de danske farvande gennem øget vandstand, højere frekvens af stormfloder, øget bølgehøjder, ændrede cirkulations- og massefyldeforhold. Disse ændringer vil være af betydning for fremtidig planlægning af beskyttelse af vore kyster, afvikling af den marine trafik (besejlingsforhold, sejladsikkerhed), men vil også indvirke på fiskeri og miljøforholdene.

De seneste klimafremskrivninger nyligt publiceret af Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC, 2001) forudsiger en stigning i vandstanden i verdenshavet på mellem 9 og 88 cm i løbet af de kommende 100 år for en bred vifte af scenarier for fremtidige udslip af drivhusgasser og aerosoldannende stoffer. Endvidere viser beregninger udført af Dansk Klimacenter, at der med stor sandsynlighed kan forventes en øget storm-aktivitet i den østlige del af Nordatlanten og Nordsøen.

Disse forandringer vil medføre at såvel frekvensen som styrken af stormfloder i de danske farvande vil øges. Overslagsberegninger viser, at en ekstremvandstand som i dag statistisk kan forventes at ville forekomme en gang hvert 100 år, vil forekomme 5 gange oftere ved en vandstandsstigning på 50 cm, hertil kommer at en øget stormaktivitet yderligere vil øge frekvensen.

Kombinationen af højere vandstand (større vanddybde) og kraftigere storme vil endvidere medføre ændrede bølgeforhold med højere bølger.

Klimamodellerne forudsiger udover opvarmning også øget nedbør i det Skandinaviske område. Dette vil medføre kraftige forandringer i det marine miljø i de danske farvande med varmere og mindre salt vand, hvilket betyder ændrede massefyldeforhold, hvilket vil påvirke cirkulationen i havområderne.

De forudsagte klimaforandringer forventes at få stor indflydelse på marine aktiviteter i fremtiden, så som:

- Kystbeskyttelse, herunder specielt diger, skal intensiveres. En øget frekvens af ekstremvandstande kombineret med kraftigere bølger vil kræve højere og kraftige diger.
- Ændring af cirkulationsmønstret i de danske farvande som følge af øget vandstand, ændrede vindforhold og ændrede massefyldeforhold kan indvirke på materialetransporten ved kysterne (kysterosion eller tilsanding).
- Ændrede dybde-, bølge- og cirkulations-forhold vil influere på besejlingsforholdene gennem de danske stræder og til danske havne, herunder også sejladsikkerheden.

De forudsagte klimaforandringer forventes at påvirke det marine miljø i de danske farvande med hensyn til vandudskiftning, iltsvind, rekruttering af fisk etc.

Med henblik på at kunne foretage en kvalificeret planlægning af erhvervsmæssige marine aktiviteter relateret til konsekvenserne af fremtidige klimaforandringer foreslås gennemført et projekt, der har til formål at kvantificere forandringerne i det marine miljø i de danske farvande med størst mulig nøjagtighed. Projektet vil især fokusere på problemstillingerne omkring vandstandsstigning, stormflodsrisiko og den hertil knyttede problemstilling omkring kystbeskyttelse.





# Konsekvenser af klimaændringer for europæisk landbrugspolitik

Jørgen E. Olesen

Danmarks JordbrugsForskning, Postboks 50, 8830 Tjele

## **Indledning**

Siden midten af 1800 tallet er den globale middeltemperatur steget med omkring 0,6°C. Det er overvejende sandsynligt, at stigningen skyldes en menneskeskabt forøgelse af den naturlige drivhuseffekt som følge af udledning af kuldioxid fra anvendelsen af fossile brændsler i energisektoren samt metan og lattergas, der hovedsageligt stammer fra landbruget. Den fremtidige udvikling vil afhænge af i hvilket omfang, det lykkes at begrænse udslippet af drivhusgasserne. Men et vist mål af menneskeskabte klimaændringer synes uundgåeligt. Den globale opvarmning forventes at føre til en ekspansion af dyrkningsområder nordpå i Europa. Opvarmningen vil i store områder af Europa føre til en kortere vækstperiode i korn- og frøafgrøder, hvorimod vækstperioden i græs og rodfrugter øges. Den stigende CO<sub>2</sub> koncentration vil direkte øge planteproduktionen og føre til stigende ressourceudnyttelse.

I Nordeuropa forventes klimaændringerne hovedsageligt at være fordelagtigt for landbruget i form af muligheden for introduktion af nye arter og sorter af afgrøder, højere produktivitet og en stigning i de dyrkningsegne arealer (Olesen og Bindi, 2002). Ulemperne vil være en stigning i behovet for plantebeskyttelse, øget risiko for udvaskning af næringsstoffer og nedbrydning af jorden organiske stof. I Sydeuropa vil ulemperne dominere. Den øgede vandmangel og forekomst af ekstremt høje temperaturer vil reducere høstudbyttet, øge udbyttevariationen og reducere det dyrkningsegne areal. Disse effekter vil forstærke de nuværende tendenser til intensivering af landbruget i det nordlige og vestlige Europa og ekstensivering i Middelhavsområdet og i de sydøstlige dele af Europa.

## **Vækstsæsonens længde**

Vækstsæsonen betegner den del af året, hvor plantevækst er mulig. Under danske forhold er vækstsæsonens længde bestemt af temperaturen. De lave temperaturer om vinteren forhindrer aktiv plantevækst. En temperaturstigning vil derfor øge længden af vækstsæsonen.

Vækstsæsonens længde kan beregnes som længden af den perioden, hvor middeltemperaturen overskrider 5 °C. Vækstsæsonens længde er i figur 1 beregnet for Danmark for hvert ti-år over de seneste 120 år. Over denne periode er vækstsæsonens længde øget med 21 dage. Hovedparten af stigningen skete dog inden 1930. Først i løbet af de seneste 10-20 år er vækstsæsonen igen øget. Især vintertemperaturen er øget i løbet af de sidste 100 år. Dette har dog øget vækstsæsonens længde i både foråret og efteråret.

Den globale opvarmning vil for Nordeuropa føre til en længere vækstsæson. I Danmark vil en temperaturstigning på 1°C øge vækstsæsonens længde med mere end en måned. Dette vil især øge landbrugets produktivitet i forårsmånederne, hvor de lave temperaturer begrænser plantevæksten, hvorimod lyset er begrænsende i de sene efterårsmåneder.

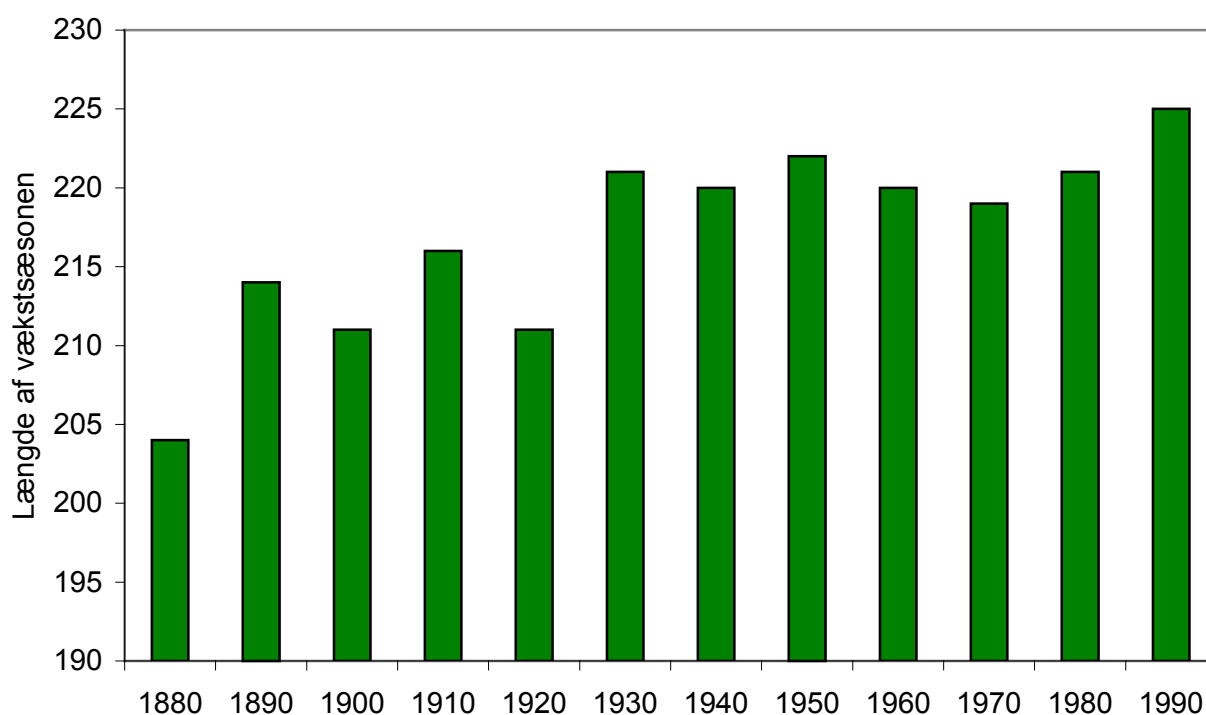
Den øgede længde af vækstsæsonen og de stigende temperaturer har især betydning for varmekrævende afgrøder. Under danske forhold begrænses især dyrkningen af majs af de kølige danske sommertemperaturer. Majs dyrkes under danske forhold til foder for malkekvæg, og dyrkningen af majs er øget betydeligt i de senere år. Dette er især sket på bekostning af dyrkningen af foderroer. En af de medvirkende årsager til den stigende majsdyrkning er den stigende temperatur, som gør majsdyrkingen mindre risikabel.

## **EU's landbrugspolitik**

Europa er en af verdens største og mest produktive producenter af fødevarer. De 15 lande i EU var således i 1998 ansvarlige for 10% af den globale kornproduktion og 16% af den globale kødproduktion. Landbruget i EU er kun ansvarlig for 2% af BNP, men udgør 5,6% af den totale beskæftigelse. Følsomheden af den overordnede økonomi overfor ændringer er derfor lav, mens der kan være store lokale konsekvenser, især for beskæftigelsen. Udviklingen i europæisk

landbrug domineres af EU's fælles landbrugspolitik. Med reformen af landbrugspolitikken i 1992 reduceredes interventionspriserne, og der blev i stedet indført arealstøtte og braklægningsordninger. Denne reformproces er fortsat med Agenda 2000 reformen, og yderligere reformer nødvendiggøres af optagelsen af nye medlemslande (CEC, 1999).

På det overordnede plan forventes klimaændringerne og opvarmning af jordkloden ikke at ville føre til en nedgang i den samlede fødevareproduktion, men til forskydninger mellem kontinenter og regioner. Modelberegninger viser, at en temperaturstigning er mere alvorlig for landbrugsproduktionen på lavere end på højere breddegrader (Parry et al., 1999). Dette vil stille Europa relativt gunstigt i sammenligning med række andre kontinenter. Landbrugspolitikken skal understøtte tilpasningen af europæisk landbrugs til klimaændringer ved at fremme en fleksibel arealanvendelse samt afgrøde- og husdyrproduktion. I denne sammenhæng er det væsentligt at inkludere landbrugets multifunktionelle rolle, og at nå et til en variabel balance mellem økonomiske, miljømæssige og kulturelle funktioner i forskellige europæiske regioner. Landbrugspolitikken skal også omfatte landbrugets rolle med hensyn til at begrænse udslippet af drivhusgasser.



Figur 1: Vækstsæsonens længde i Danmark beregnet for 10-års perioder.

### Referencer

CEC, 1999. Europe's Agenda 2000. Strengthening and widening the European Union. European Commission, Priority Publications Programme 1999, X/D/5, Brussels.

Olesen, J.E., Bindi, M., 2002. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy* (in press).

Parry, M.L., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Fischer, G., Livermore, M., 1999. Climate change and world food security: a new assessment. *Global Environ. Change* 9, 51-67.

## POSTER

**Dansk tilpasning til et ændret klima**

Jes Fenger og Povl Frich

Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

**Resumé**

Hidtil har dansk klimapolitik været fokuseret på begrænsning af udslip af drivhusgasser. Flere store miljøredegørelser fra de senere år har kun i baggrundsrapporter, ganske kort eller slet ikke behandlet muligheden for klimaændringer – de være sig naturlige eller menneskeskabte.

Klimaet er imidlertid under stadig forandring, og der er en stigende erkendelse af, at selv de mest optimistiske vurderinger af den fremtidige udvikling i verden indebærer et vist mål af menneskeskabte klimaændringer, hvis virkninger allerede er begyndt at vise sig. Mange lande har derfor foretaget undersøgelser af mulighederne for tilpasning til de klimaændringer, der forventes. Der ligger ikke heri nogen given op over for den basale målsætning om reduktion af udslip af drivhusgasser. Det er en forståelse af, at en rationel langsigtet planlægning kan afbøde mange skader og måske i visse henseender sikre direkte fordele af de klimaændringer, som trods alle anstrengelser synes uundgåelige.

I Danmark har tidligere arbejder behandlet de videnskabelige sider af sagen, men de handlingsrettede konklusioner er ikke stået klart frem. Det har heller ikke været diskuteret, hvordan umiddelbare virkninger i en lille åben økonomi som Danmarks skal vurderes og imødegås i en verden under forandring. Danske forberedelser til klimaændringer har således hidtil været af beskedent omfang, og der eksisterer ikke nogen formelle handlingsplaner.

Som et udgangspunkt for den nødvendige analyse giver en rapport fra DMU en vurdering af Danmarks behov og muligheder for tilpasning til fremtidige klimaændringer baseret på den seneste nationale og internationale litteratur. Rapporten er - bortset fra illustrationerne og deres tekst - stort set identisk med et notat, der i efteråret 2001 blev udarbejdet for Energistyrelsen og i foråret 2002 sendt til miljøministeren.

En generel indledning beskriver forskellige scenarier med særligt henblik på effekter i Danmark. På basis heraf behandles problemerne successivt, idet der i hvert enkelt tilfælde diskuteres umiddelbare virkninger for Danmark, vekselvirkninger med andre effekter samt forholdet til den ydre verden. De økonomiske konsekvenser har det som hovedregel kun været muligt at nævne rent kvalitativt. Det samme gælder risikoen for drastiske klimaændringer som følge af pludselige ændringer af havstrømme i Nordatlanten.

De enkelte problemområders rolle som kilde eller dræn for drivhusgasser (og dermed koblingen til klimaet) berøres kort. I de få tilfælde, hvor der allerede er truffet forberedelser til klimatilpasning, nævnes det. Uden at give direkte politiske anbefalinger antyder notatet forskellige handlingsmuligheder og nævner mangler i vores beslutningsgrundlag.

Posteren viser illustrationer fra rapporten. Den fulde tekst kan findes på DMU's hjemmeside ([www.dmu.dk](http://www.dmu.dk)) som faglig rapport nr. 401.



## POSTER

## Ændret klima vil påvirke vore naturlige økosystemer – hvordan undersøger vi det ? VULCAN - et fælles europæisk projekt

Claus Beier<sup>1</sup> og Inger Kappel Schmidt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Forskningscenter Risø, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

<sup>2</sup>Forskningscentret for Skov & Landskab, Hørsholm Kongevej 11, 2970 Hørsholm

### **Klimaet er under forandring**

Den globale temperatur på jorden er steget 0,6°C over de seneste 100 år (IPCC 2001). Temperaturstigningen falder sammen med, at koncentrationen af CO<sub>2</sub> i atmosfæren er steget 32% fra et præ-industrielt niveau på ca. 280 ppm til 369 ppm i dag. CO<sub>2</sub>-stigningen er formodentlig en medvirkende årsag til temperaturstigningen gennem den såkaldte drivhuseffekt.

Denne stigning vil sandsynligvis fortsætte de kommende 50-100 år, og fremtiden vil derfor byde på et varmere klima og et ændret nedbørsmønster. Disse ændrede klimatiske forhold vil få stor betydning for økosystemernes funktion, ikke mindst de naturlige og semi-naturlige økosystemer.

### **VULCAN projektet – et fælles europæisk forskningsprojekt**

VULCAN-projektet (Vulnerability assessment of shrubland ecosystems in Europe under climatic changes) er et EU-støttet forskningsprojekt som skal belyse, hvordan stigende temperatur og tørke vil påvirke vores natur, herunder især såkaldt sårbare økosystemer (Fig. 1). I Danmark foregår forsøgene i Mols Bjerge, som repræsenterer et seminaturligt og sårbart økosystem præget af en lyngbevoksning under kraftigt pres for indvandring af græs. Græssets øgede andel er typisk for denne type økosystem, fordi græsset, navnlig pga. den øgede luftforurening med kvælstof, har fået en væsentlig konkurrencefordel i forhold til lyngen.



Figur 1.  
Forsøgene med passiv  
natopvarmning foregår parallelt  
i Danmark, Storbritanien,  
Italien, Spanien, Holland og  
Ungarn.

## Passiv nat-opvarmning og tørke – nye felt-skala metoder

I VULCAN arbejder vi med to forskellige behandlinger af naturen, der henholdsvis medfører opvarmning og tørke.

*Opvarmning* foregår ved, at rullegardiner af alufolie ruller hen over felterne om natten og dermed hindrer varmeafgivelse i form af infrarød stråling fra jord og planter (Fig. 2). Luften og de øverste jordlag bliver derved opvarmet nogenlunde som hvis det var forårsaget af drivhuseffekten. Funktionen af rullegardinerne styres automatisk af lys, regn og vind. Opvarmningen er 1-1.5 °C (Fig. 3)

*Tørke* skabes på tilsvarende måde, blot består rullegardinerne af almindelig plastik. Disse ruller hen over vegetationen ved den mindste regn igennem 1-2 måneder i forsommeren, og rulles automatisk væk igen, når nedbøren ophører, så sollys, vind, og temperaturforhold påvirkes mindst muligt. Den samlede tørkeperiodes længde bestemmes af vandindholdet i jorden.

*Kontrol* af målte effekter sker ved at relatere manipulationerne til den ubehandlede natur gennem målinger i ubehandlede kontrolfelter.

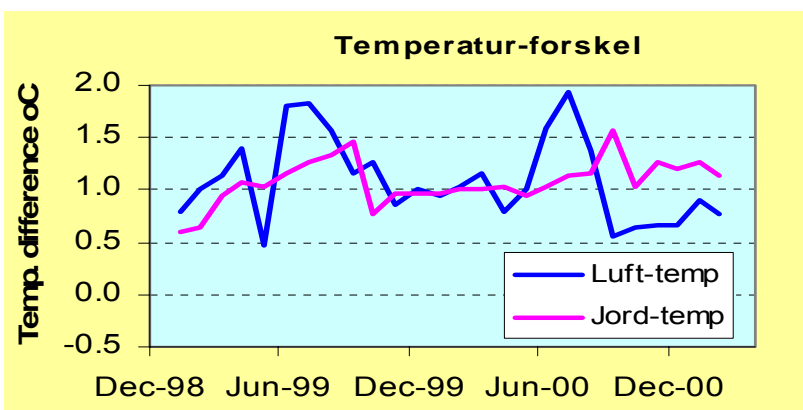


Figur 2

Et "rullegardin" af aluminium overdækker vegetationen og begrænser derved økosystemets varmetab, så temperaturen stiger. Rulle-gardinet styres automatisk af lyset, så felterne altid er åbne om dagen. Gardinerne ruller væk i tilfælde af regn, så den hydrologiske balance ikke forstyrres. Ved stærk vind ruller gardinerne også væk for at skåne materialet, men også for at udsætte planterne for det naturlige vindstress.

## Effekt-studier

Effekten af de forskellige behandlinger vurderes ved tilbagevendende undersøgelser af processerne i økosystemet. Undersøgelserne knytter sig naturligvis overvejende til de processer, som har størst betydning for økosystemets funktion, og som vi forventer vil blive påvirket af de ændrede klimaforhold. Det drejer sig om den mikrobiologiske omsætning af dødt organisk materiale og mineraliseringen af næringsstoffer i jorden, udvekslingen af næringsstoffer mellem jord og jordvand og dermed også den potentielle udvaskning af næringsstoffer, udsendelsen af sporgasser fra jorden, og planternes vækst.



Figur 3 Månedlige temperatur-forskelle mellem opvarmede felter og kontrol-felter i hhv. luften (blå) og jorden (rød).

## POSTER

## Hedeøkosystemet er sensitivt overfor forhøjet temperatur og forlænget sommertørke

Inger Kappel Schmidt<sup>1</sup>, Claus Beier<sup>2</sup> og Torben Riis-Nielsen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Forskningscentret for Skov & Landskab, Hørsholm Kongevej 11, 2970 Hørsholm

<sup>2</sup>Forskningscenter Risø, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

### Klimaændringer

Den globale temperatur på jorden er steget 0,6°C over de seneste 100 år (IPCC 2001) overvejende på grund af en stigning i minimumstemperaturen (nat-temperaturen). Samtidig med temperaturændringerne forudses at nedbørsmønstret vil ændre sig.

VULCAN projektet (Vulnerability assessment of shrubland ecosystems in Europe under climatic changes) er et EU-støttet forskningsprojekt som skal belyse, hvordan stigende temperatur og forlænget sommertørke vil påvirke sårbare økosystemer som hederne.

### Forsøget i Mols Bjerge

Den danske del af forsøget foregår i Mols Bjerge, hvor en hede (*Calluna vulgaris*) under tilgroning med græsser (*Deschampsia flexuosa*) er udsat for manipulationer af nat-temperaturen og nedbøren. Siden 1999 er ni 20 m<sup>2</sup> felter udsat for enten passiv nat-opvarmning eller en forlænget sommertørke. Minimumstemperaturen øges med aluminiums-gardiner, der ruller ud over vegetationen om natten. Tilsvarende sørger plastik-gardiner for sommertørke fra slutningen af maj til slutningen af juli, hvilket resulterer i en nedgang i den årlige nedbør på ca 33 %.

Tørkegardinerne er kun rullet ud over felterne, når det regner, så lysforholdene ikke ændres.

Tilsvarende rulles aluminiumsgardinerne ind, når det regner om natten, så hydrologien i temperaturfelterne ikke påvirkes. For flere detaljer se figur 1 og posteren "Ændret klima vil påvirke vore naturlige økosystemer – hvordan undersøger vi det?"



Figur 1. Alle felter har en stålkonstruktion, temperatur-felterne har aluminiumsgardiner, tørkefelterne er dækket af plastik under regnvejr i tørkeperioden og kontrolfelterne har kun stålkonstruktionen.

## Temperaturstigninger ændrer næringstilgængeligheden og planternes vækst

Forsøgsfelterne har været intensivt monitoreret siden forsøgsstart i efteråret 1998. Undersøgelserne omfatter bl.a. effekten på plantebiomasse, bladkemi, gasflux, nedbrydning, mineralisering samt udvaskning af næringsstoffer.

Temperaturbehandlingen øgede minimumstemperaturen med ca 1-1½ °C i det øverste jordlag. N-mineraliseringen og udvaskningen af NO<sub>3</sub> og NH<sub>4</sub> fra det organiske lag blev øget ved stigningen i jordtemperaturen. Til trods for den øgede omsætning i det organiske lag faldt udvaskningen dybere nede i jorden under rodzonen. Det kan forklares med en positiv effekt af opvarmningen på planternes vækst og dermed optag af N. Tørke havde umiddelbart en negativ effekt på omsætningen i jorden og udvaskningen af næringsstoffer fra disse felter faldt. Effekterne af tørken blev næsten opvejet efterfølgende af højere nedbrydning og udvaskning, efterhånden som jordens fugtighed blev normaliseret.

## Andre forstyrrelse af økosystemet

Sideløbende med manipulationerne blev arealet angrebet af lyngbladbiller (*Lochmaea suturalis* Thompson), der ødelagde alle lyngplanter i eftersommeren 1999. For at fremme gen-etablering af lyngdækket blev arealet slået og al overjordisk vegetationen fjernet i september 2000 (Fig. 2). Bladbilleangrebet resulterede i en øget udvaskning af nitrat i foråret 2000 i kontrolfelterne. Plantedækket blev hurtigt genetableret med bølget bunke og nitratudvaskningen faldt. Udvasningen forblev derimod lav i temperaturbehandlingen, hvor bølget bunke allerede før angrebet havde øget sin biomasse. Den efterfølgende afslåning af vegetationen gav en ny puls af nitrat-udvaskning. Også i dette tilfælde forblev udvaskningen af nitrat lav i temperaturfelterne, hvor græssets vækst var hurtigere og kraftigere. Posterne vil demonstrere, hvordan en række nøgleprocesser i økosystemet påvirkes af klima-manipulationerne og hvordan disse påvirkninger foregår i samspil med andre påvirkninger.

## Konklusioner

Selv en minimal opvarmning på 1-1½ °C har en stor effekt på mange af processerne i hedeøkosystemet. Generelt er korttidseffekterne af disse klima-manipulationer moderate set i forhold til effekterne af andre forstyrrelser af økosystemet (f.eks. bladbiller og hedepleje). Men klima-ændringer skal ses over en lang tidshorizont. Desuden kan der have været en synnergistisk effekt, f.eks. ved at lyngbuskene i temperatur-felterne blev græsset mere intenst af bladbiller end buskene i kontrolfelterne.

## Litteratur:

Beier C, Riis-Nielsen T, Gundersen P og Schmidt IK. 2001. Forhøjet temperatur og øget tørke kan ændre vores natur. *Naturens Verden* 5: 28-37. [www.Vulcanproject.com](http://www.Vulcanproject.com)

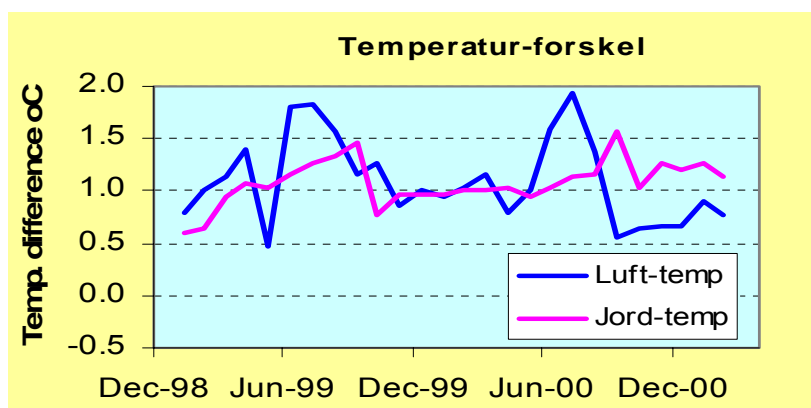


Fig. 2: Koncentrationen af nitrat i jordvand under rodzonen



## POSTER

## Plantefysiologiske effekter af ambient UV-B stråling på to arter i Nordøstgrønland

Linda Bredahl<sup>1</sup>, Teis N. Mikkelsen<sup>2</sup> og Helge Ro-Poulsen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Botanisk Institut, Københavns Universitet, Øster Farimagsgade 2D, 1353 København K.

<sup>2</sup> Forskningscenter Risø, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

### Introduktion

50% af den solindstråling, der rammer jordens overflade, udnyttes direkte af fotosyntesen i grønne planter til vækst og opbygning af biomasse. 49,5% kan ikke udnyttes p.g.a. at energiniveauet i strålingen er for lavt og 0,5% udnyttes ikke pga at energiniveauet er for højt. Disse 0,5% kaldes også ultravioletstråling og opdeles yderligere i UVA og UVB. UVB er de mest energirige stråler og er samtidig også mest skadelige for planter. UVB er en stressfaktor for planter, hvis vækst og fotosyntese påvirkes både direkte og indirekte af UVB.

Produktionen af ozon er størst over ækvator, men ozonstrømninger fra lave til høje breddegrader gør ozonlaget tykkest over polaregnene og tyndest over ækvator. De absolutte mængder af UVB er derfor mindst over polerne. Alligevel er de arktiske egne at foretrække i studiet af UVB-effekter, fordi nettoudtyndingen af ozon er størst ved høje breddegrader (Pyle 1997, Björn *et al.* 1999) og den relative stigning i UVB foregår derfor hurtigst i arktiske egne (Caldwell *et al.* 1998). Dermed udsættes den arktiske vegetation for den relativt største ændring.

Planter kan tilpasse sig miljøer med højere UVB niveauer – dels ved genetisk selektion som tager generationer og dels ved akklimation. Planternes kan f.eks. tilpasse sig ved at udvikle fortykkede overflader og indlejre flere UVB absorberende pigmenter i bladene. Hvis denne beskyttelse mod UVB ikke er tilstrækkelig, kan genomet og fotosynteseapparatet skades og de såkaldte reparationsprocesser må aktiveres. Beskyttelse- og reparationsprocesserne kræver, at der allokeres energi og stof, hvilket reducerer planternes vækst og reproduktionspotentiale. Dette kan være meget kritisk for den arktiske vegetation, da den er specielt sårbar over for stressfaktorer, som nedsætter deres energiudnyttelse. Energioptagelsen er i forvejen er en begrænsende faktor på grund af den meget korte vækstsæson, der kun varer ca. 2 måneder i højarktis.

### Materialer og metoder

I juli 2001 i Nordøstgrønland, Zackenberg (74°3'N, 20°3' W) blev et 3 årigt UVB eksklusions eksperiment påbegyndt på en højarktisk hede. Forsøget undersøger hvad det nuværende UVB niveau betyder i relation til forskellige reduktioner i UVB indstrålingen. Over vegetationen blev opsat metalrammer (47x60 cm) med og uden transparente plader/film med forskellige UVB (og UVA) absorptionsegenskaber. Det gav følgende fire UVB/UVA behandlinger:

- -UVB: Filter, der reducerer UVB.
- -UVAB: Filter, der reducerer både UVA og UVB.
- Filterkontrol: Filter, der transmitterer sollys med nærambient spektralfordeling.
- Kontrol: Intet filter. Mikroklima og sollys under ubehandlede forhold.

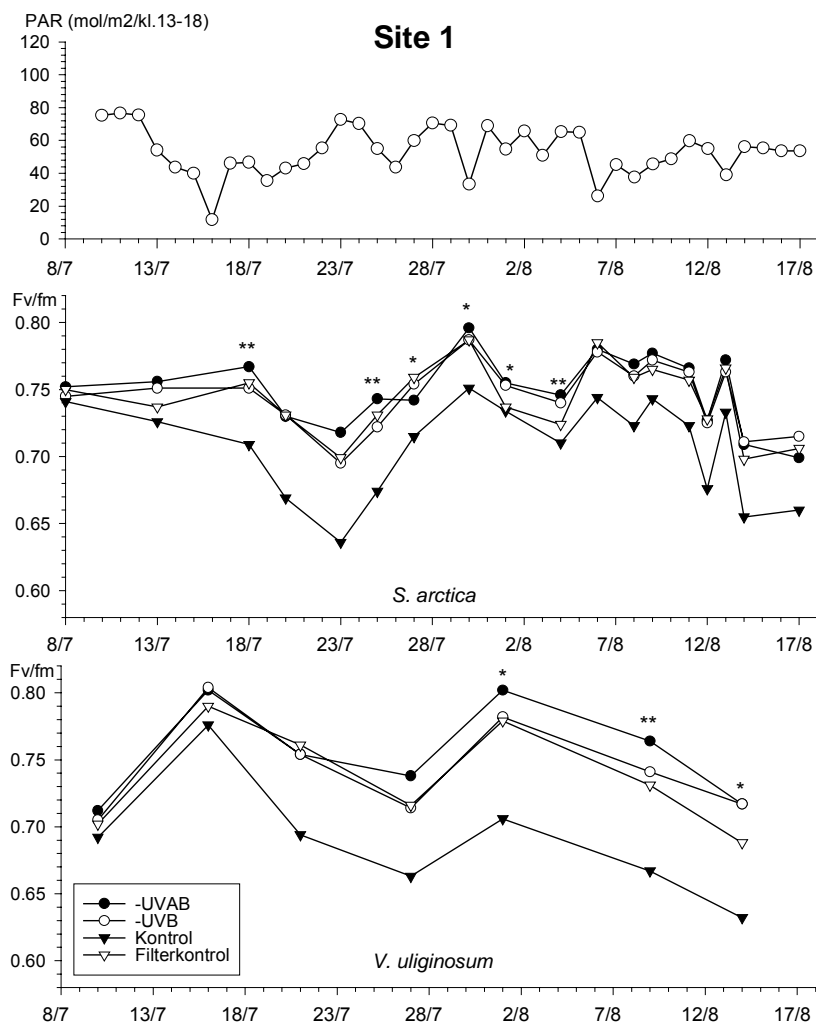
Ved hjælp af to teknikker, klorofylfluorescens og gasudveksling, undersøgte grønne blades potentielle og aktuelle CO<sub>2</sub>-optagelse på to plantearter: *Vaccinium uliginosum* og *Salix arctica*. Målingerne blev foretaget med måleparametrene fv/fm og netto CO<sub>2</sub>optag gennem hele vækstsæsonen fra først i juli til sidst i august på to sites. Resultater fra det ene site vises her:

### Resultater

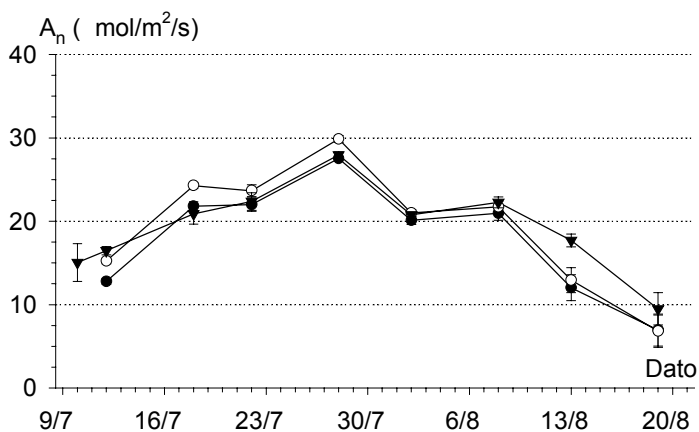
Over hele sæsonen ses signifikante reduktioner af fv/fm i kontrolbehandlingen i forhold til behandlingerne med filter. Filterkontrolbehandlingen har ofte signifikante reduktioner af fv/fm i forhold til behandlingen, som fjerner UVA og UVB i kombination, men kun få dage med signifikante

reduceringer i forhold til –UVB-behandlingen. Forskellene er mere udtalte på dage med høj solindstråling (figur 1).

Resultaterne fra 2001 sæson bliver sammenlignet med andre arktiske UVB eksperimenter.



Figur 1. Bladenes potentielle CO<sub>2</sub>-optagelse (Fv/Fm) pr. treatment pr. måledag på de to arter samt akkumuleret PAR på site 1. Enkelte dage er der signifikante forskelle mellem filterbehandlingerne (2-faktor ANOVA). Dage med signifikans er afmærket med \* når  $p < 0.05$ ; \*\* når  $p < 0.01$  eller \*\*\* når  $p < 0.001$ .



Figur 2. Nedenfor. CO<sub>2</sub>-assimilationen ( $A_n$ ) ved 1200  $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ , 360 ppm og 20°C gennem sæsonen. Middelværdier  $\pm$  1 SE.

CO<sub>2</sub>-assimilationsmålingerne viste ingen signifikante forskelle mellem behandlingerne. Det kan skyldes, at de enkelte blade vendte i forskellige retninger, og dermed modtog de også forskellige UVB doser, som bevirkede at variationen steg. I alle behandlinger viser CO<sub>2</sub>-assimilationen en tydelig sæsonvariation over den korte vækstsæson (Figur 2). Bladene udvikles frem til slutningen af juli, hvorefter det lysmættede optag falder. Senescensprocesserne indtræder allerede i begyndelsen af august

### **Referencer**

Björn L.O., Callaghan T.V., Gehrke C., Gwynn-Jones D., Lee J.A., Johanson U., Sonesson M. og N.D. Buck.

1999. *Effects of ozone depletion and increased ultraviolet-B radiation on northern vegetation*. Polar Research 18(2):331-337.

Caldwell M.M., Björn L.O., Bornman J.F., Flint S.D., Kuladaivelu G., Teramura A.H. og M. Tevini. 1998.

Effects of increased solar ultraviolet radiation on terrestrial ecosystems. J. of photochem and photobiol B: Biology 46:40-52.

Pyle J.A. 1997. Global ozone depletion: observations and theory. I: Lumsden P.J. (ed.) Plants and UV-B:

Responses to environmental change. Society for experimental biology. Seminar Series 64. Cambridge University Press. UK , pp. 3-11.



## POSTER

## Hvad betyder den atmosfæriske ozonkoncentration for ozonoptagelsen i planter? - belyst ved mikrometeorologiske målinger over en nåleskov

Teis N. Mikkelsen<sup>1</sup>, Helge Ro-Poulsen<sup>2</sup>, Niels Otto Jensen<sup>1</sup>, Mads F. Hovmand<sup>3</sup> og Kim Pilegaard<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Forskningscenter Risø, PRD-309, Postboks 49, 4000 Roskilde

<sup>2</sup>Botanisk Institut, Københavns Universitet, Øster Farimagsgade 2D, 1353 København K.

<sup>3</sup>Forskningscentret for Skov & Landskab, Hørsholm Kongevej 11, 2970 Hørsholm

### Introduktion

Ozon er den mest planteskadelige gasformige luftforurening i Danmark. Ozon dannes når sollys reagerer med flygtige organiske stoffer (VOC'er) og nitrogenoxider (NO<sub>x</sub>). Emissionen af VOC'er og NO<sub>x</sub> skyldes både naturlige og menneskeskabte (antropogene) kilder.

Naturlige kilder:

VOC: Vegetation, dyr, mm.

NO<sub>x</sub>: Vegetation, mikrobiologisk omdannelse i jord, mm

Antropogene kilder:

VOC: Brændstof, maling, opløsningsmidler, pesticider mm.

NO<sub>x</sub>: Transportmidler (biler, skibe, tog, knallerter, etc.), kraftvarmeværker, mm.

De højeste ozonkoncentrationer i Danmark forekommer samtidig med at planterne vokser (forår og sommer) og der hvor planterne er (uden for byerne). Dette "sammenfald" med tid og sted bevirker at der kan mistes op til 10 % (afhængig af den aktuelle ozondannelse og ozonoptagelse) af den årlige (til)vækst inden for landbrugsafgrøder, skovbrug og naturlige økosystemer – **altså et tab i milliardklassen!**

### Skader på planter

Planter der vokser i ozonholdig luft påvirkes negativt, og det ses som skader på mange forskellige niveauer f.eks.: Ændringer i cellestrukturer og enzymer, formindsket fotosyntese, døde bladceller, formindsket vækst, mindre udbytte, accelereret aldring, etc. I andre lande hvor ozonkoncentrationerne er højere end i DK ses tillige synlige skader og døde planter, som direkte er udløst af høje ozonkoncentrationer f.eks. i skove omkring Mexico City og Los Angeles og afgrøder som kunstvandes omkring Athen.

### "Critical levels"

På baggrund af en række kontrollerede forsøg i "open-top" kamre, som blev gennemført over hele Europa i 1990'erne, med både afgrøder og træer, blev der opstillet nogle kritiske ozonluftkoncentrationer og doser (AOT40) (Kärenlampi & Skärby 1996). Overskridelse af disse niveauer vil udløse vækstreduktioner på minimum 10%. Open-top kammer forsøgene blev gennemført under betingelser, som på visse punkter, var meget forskellige fra de forhold, som planter oplever under naturlige betingelser f.eks. oplevede planterne ikke tørke og der var hele tiden turbulent luft omkring bladene. Det bevirkede sandsynligvis, at planterne i open-top kamrene optog mere ozon end planter som vokser uden mere naturlige betingelser.

### Ozonoptagelse i planter

Ozons skadevirkning er størst når den optages via bladenes spalteåbninger og dermed direkte eller indirekte kommer i kontakt med cellerne inde i bladet. Hvis spalteåbningerne er lukkede sker der kun moderat skade på bladoverfladerne. I f.eks. Sydeuropa er den vegetation som ikke kunstvandes i en slags dvale tilstand med lukkede spalteåbninger p.g.a. tørke når ozonkoncentrationerne er højest, og det bevirker at AOT40 overestimerer ozonskaderne.

For at bedømme, om den aktuelle ozonkoncentration er skadelig for planter skal man kunne bedømme optagelsen, og det kan ske indirekte på tre forskellige måder:

### **Bestemmelse af ozonoptagelsen**

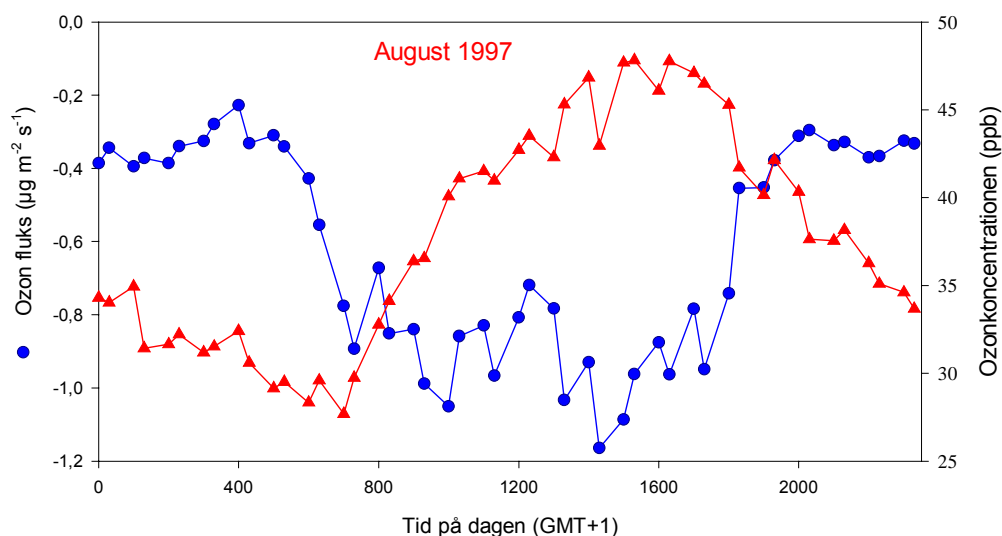
På bladniveau kan optagelsen bestemmes ved vanddampudvekslingsmålinger. Ud fra transpirationen, grænselag og bladtemperaturen kan spalteåbningernes åbningsgrad bestemmes og sammenholdes disse oplysninger med ozonkoncentrationen kan diffusionen ind i bladet estimeres (f.eks. Mikkelsen & Ro-Poulsen, 2002).

På økosystemniveau (i dette projekt en nåleskov) kan optagelsen bestemmes ved ozonkoncentrations målinger i to højder (18 og 36 m) over skoven som kombineres med mikrometeorologiske målinger. Dermed kan man måle, hvor meget ozon der optages eller omdannes i økosystemet (se senere) (Mikkelsen et al, 2000).

På regionalniveau anvendes ozonspredningsmodeller kombineret med vegetations og jordbundsdata (Emberson et al., 2000).

### **Ozonoptagelsen i en nåleskov**

Vi har siden 1996 foretaget kontinuerlige ozon depositions målinger over en nåleskov i Ulborg skovdistrikt i Vestjylland. Disse målinger viser at sammenhængen mellem ozonkoncentrationen og ozonoptagelsen (ozon fluks) varierer med årstiden, tid på dagen og den tidsopløsning man vælger at undersøge sammenhængen i. På figuren kan man f.eks. se at økosystemets ozonoptagelse stiger ved solopgang (mere negativ), mens ozonkoncentrationen er uændret i endnu nogle timer.



### **Referencer**

Emberson, L.D., Simpson, D., Tuovinen, J.-P., Ashmore, M.R., and Cambridge, H.M., (2000), Towards a model of ozone deposition and stomatal uptake over Europe. EMEP MSC-W Note 6/00.

Kärenlampi L. and Skärby L. (Editors) 1996. Critical Levels for Ozone in Europe: Testing and Finalizing the Concepts. UN-ECE Workshop Report (363 pp.). Published by University of Kuopio, Department of Ecology and Environmental Science

Mikkelsen TN & Ro-Poulsen H. 2002. In situ autumn ozone fumigation of mature Norway spruce - effects on net photosynthesis. Phytion (Horn, Austria) special issue - "Responses of Plant Metabolism to Air Pollution and Global Change" in press.

Mikkelsen TN, Ro-Poulsen H, Pilegaard K, Hovmand MF, Jensen NO, Christensen CS, Hummelshøj P. 2000. Ozone uptake by an evergreen forest canopy: temporal variation and possible mechanisms. Environmental Pollution, 109 (3): 423-429.

## POSTER

**Klima og fødekæder i Arktiske søer – et eksempel fra Nordøstgrønland**Kirsten Christoffersen<sup>1</sup> og Erik Jeppesen<sup>2</sup><sup>1</sup> Ferskvandsbiologisk Laboratorium, Københavns Universitet, Helsingørgade 51, 3400 Hillerød,<sup>2</sup> Danmarks Miljøundersøgelser, Vejlsøvej 25 8600 Silkeborg**Resumé**

Sne- og isdækkets varighed i mindre søer i Zackenberg-området, Nordøstgrønland har stor betydning for vandtemperaturen og for mængden af næringsstoffer, som frigives fra det terrestiske miljø. I år hvor isen smelter sent, hvilket vil sige langt inde i juli, bliver planteplanktonets fotosyntese begrænset af mangel på lys og næringsstoffer. Dermed produceres der mindre føde for næste led i fødekæden, dvs. vandlopper og dafnier. Disse vil samtidigt vokse langsomt ved lavere vandtemperaturer, og sammenlagt betyder det at der bliver et ringere eksistensgrundlag for fjeldørreden, som er top-prædator i søerne.

Dette er kort fortalt resultaterne, som er opnået gennem en standardiseret overvågning af to søer i området – hhv. med og uden fisk. Overvågningsprogrammet omfatter dog kun 5 år (1997-2001), men der har været både "varme" og "kolde" somre og dét billede der tegner sig kan give et fingerpeg om hvordan klimaet påvirker sø-økologien også i fremtiden. Sø-overvågningsprogrammet er en del af et langt større program for hhv. de biologiske og geografiske forhold i området (den første rapport om emnet er netop udkommet se [www.dmu.dk](http://www.dmu.dk)).

Søer og damme i Nordøstgrønland er islagte det meste af året. Isens tykkelse er op til 2 m på søerne i området detaljeret, men i flere søer blev haft en tykkelse på 1,5-1,7 m målt i starten af juni 1998, og det er meget sandsynligt, at den maksimale tykkelse er omkring 2 meter. Det betyder at søer og damme der er mindre end 2 meter dybe er bundfrosne gennem hele senvinteren og foråret. Isen kan være dækket af et lag sne på 0,5-1 m - især når vinterstormene har flyttet rundt på snemasserne.

I disse arktiske søer og damme findes forskellige grupper af plante- og dyreplankton, fisk, vandplanter samt mikroorganismer som bakterier og protozoer. De to søer, som er udvalgt til at indgå i overvågningsprogrammet er relative små i areal (1-2 ha) og kun op til ca. 6 m i maksimumdybde. I den ene sø (Langemandssø) findes en bestand af fjeldørreder, mens den anden (Sommerfuglesø) er uden fisk. Der bliver hver sæson indsamlet oplysninger om islægning, vandtemperatur, vandkemiske forhold og forekomster af plante- og dyreplankton. Fiskebestanden er blevet undersøgt én gang perioden 1997 og skal undersøges igen i 2002.

De klimatiske forskelle mellem årene har haft stor betydning for mængden af næringsstoffer i søerne. Vandtemperaturen er højere i de år hvor der er tidlig afsmeltning. Vandtemperaturen er mere knyttet til snetykkelsen i forsommeren og afsmeltningstidspunktet end til lufttemperaturen om sommeren. Koncentrationen af fosfor og ikke mindst kvælstof i søerne følger temperaturerne nøje, og mængden af næringsstoffer var således højst når vandtemperaturen var høj. De højere koncentrationer af næringsstoffer i varme år skyldes formentlig at der er en øget tilførsel af næringsalte og humusstoffer fra søernes nære omgivelser.

Samfundet af planteplankton i de to søer er typisk for næringsfattige arktiske søer. Der er repræsentanter for slægter af især furealger og gulalger, og der synes at være en dominans af sidstnævnte når gennemsnitlige vandtemperatur er høj. Sammensætningen af dyreplanktonet i de to søer er først og fremmest styret af tilstedeværelsen af fisk. I søen med en bestand af dværgforamen af fjeldørred er der et totalt fravær af større dafnier (*Daphnia pulex*), som fiskene æder. Derimod er der vandlopper i nogenlunde samme mængde i de to søer, men der er stor forskel på antallet af hjuldyr. Disse nyder sandsynligvis godt af at deres største konkurrenter, dafnierne er udryddet af fiskene, men at de selv er for små til at blive fanget af fisk.

Resultaterne fra de første 5 år viser altså, at forandringer i klimaet resulterer i markante ændringer i både fysisk-kemiske og biologiske forhold i søerne. De forskellige planktongrupper reagerer således hurtigt på ændringerne tilsyneladende uden store forsinkelser. Hvis klimaet udvikler sig, som det pt. forudsiges, så vil området blive udsat for bla. mere nedbør og dermed et koldere klima,

Det vil medføre en større mængde sne og deraf følgende senere snesmeltning kan føre til længere islæg og lavere vandtemperatur som igen betyder en kortere vækstsæson og lavere næringsstofftilførsel. En kortere vækstsæson medføre at der er mindre tid til rådighed når dyr eller planter skal gennemføre en livscyklus. Desuden bliver dyreplanktons væksthastighed mindre, fordi de får mindre føde, men vil formentlig stadig kunne gennemføre mindst en reproduktionscyklus. Andre følger af mere nedbør om sommeren er en større afstrømning og dermed større udvaskning af næringsstoffer men også silt (ler) i de søer der har tilløb af gletchervand. Flere næringsstoffer giver mulighed for øget planteproduktion. Dette kan på længere sigt give problemer med iltsvind under isen om vinteren og dermed føre til at fjeldørrederne forsvinder – ikke mindst i lavvandede søer, hvor vandvolumenet under isen er beskedent. Mere nedbør om sommeren eller tidlig sneafsmeltning vil også betyde øget tilførsel af humustoffer som dog kan have dén positive effekt af virke mod UV-stråling for især dyreplankton og fiskeyngel.



## POSTER

**Sea level rise in Denmark - technical and political aspects**Jes Fenger<sup>1</sup>, Erik Buch<sup>2</sup> and Per Roed Jakobsen<sup>3</sup><sup>1</sup>Danish National Environmental Research Institute, Frederiksborgvej 399. 4000 Roskilde<sup>2</sup>The Danish Meteorological Institute, Lyngbyvej 100. 2100 Copenhagen Ø<sup>3</sup>Danish Coastal Authority Højbovej 1, 7620 Lemvig**Resumé**

Denmark is a fairly flat country with raised beaches and wide marine forelands in the North and an archipelago in the South. It has therefore a coastline, where erosion is a general feature. 1800 km (25%) of the coastline is protected, of these 700 km with hard structures. Softer solutions, especially coast nourishment are increasingly used. Direct planning for a sea level rise above the current secular movements has been nearly absent. A new town district on the partly reclaimed island Amager east of Copenhagen is one of a few exceptions.

Nearly all Freshwater is produced from ground water in drinking quality. Salt in the water is therefore normally due to deposits in the underground. Penetration of salt seawater is only a problem at smaller islands and near low-lying coasts, but it may increase with a rise in sea level.

An important aspect is the impacts on near shore ecosystems, some of which are important habitats for i.a. wading birds. Here the response depends on a weighing of economic, sociological and biological interests and options. Society must choose between protection and a natural dynamics, which will result in living dune and salt marsh ecosystems at the cost of area. Since Denmark has a surplus of agricultural production already some marginal areas have been sacrificed.



## Session 7 Miljøøkonomi, miljøsociologi, integrerede analyser og indikatorer

### Programkomite:

Hanne Bach/Danmarks Miljøundersøgelser, Alex Dubgaard/Den Kongelige Veterinær- og Landbohøjskole og Peter Bosch/European Environment Agency

### Indholdsfortegnelse for session 7

Borgerdeltagelse på miljøområdet – miljøsociologiske bidrag og danske erfaringer .....	219
<i>Jeppé Læssøe</i>	
Mobilitet og miljø .....	223
<i>Mette Jensen</i>	
Miljømærknings betydning for forbrugerens valg .....	225
<i>Thomas Bue Bjørner og Lars Gårn Hansen</i>	
Natur og miljøforvaltning baseret på frivillige aftaler .....	227
<i>Egon Noe</i>	
Towards a holistic assessment and consideration of environmental problems .....	229
<i>Thomas G. Whiston</i>	
Prioritering af miljøindsats .....	231
<i>Peter B. Sørensen, Trine S. Jensen, Patrik Fauser, Marianne Thomsen, Steen Gyldenkerne og Dorte Lerche</i>	
Værdisætning af pesticidanvendelsens natureffekter .....	233
<i>Berit Hasler, Jesper S. Schou, Pernille Kaltoft, Henrik Vetter, Anna Bodil Hald og Christian Andreasen</i>	
Nyt økonomisk værktøj til regulering af transport .....	235
<i>Ole Kveiborg</i>	
Økonomisk værdisætning af de samfundsmæssige effekter ved affaldsbehandling .....	237
<i>Niels Dengsøe</i>	
Regionale fordelingsvirkninger af miljø- og energiafgifter .....	239
<i>Henrik Klinge Jacobsen</i>	
Videnskab og politik - om vilkårene for videnskabelig rådgivning i et politisk system .....	241
<i>Peder Agger</i>	
Biodiversitetsbeskyttelse og økonomi – en effektivitetsanalyse .....	243
<i>Niels Strange, Jacob Kahl Jepsen, Carsten Rahbek og Mette Palitzsch Lund</i>	



## **Borgerdeltagelse på miljøområdet – miljøsociologiske bidrag og danske erfaringer**

Jeppe Læssøe

Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

### **Indledning**

Hvad enten man spørger erhvervsorganisationer, miljø-NGO'er, den danske regering eller EU-kommissionen om udfordringerne for de kommende års miljøpolitik, så kommer nødvendigheden af at sikre befolkningens aktive deltagelse ud som en af de højest prioriterede opgaver. Det har der stort set været konsensus om siden Brundland-kommissionens rapport, og det vil givet blive et centralt tema på Rio + 10 topmødet om miljø og udvikling i Johannesburg. I Danmark er det senest blevet accentueret af, at miljøministeren har gjort folkeligheden – styrkelsen af dialogen mellem myndigheder og befolkning om miljøforvaltningen - til et koncernmål i ministeriet.

Dette bidrag forholder sig først kritisk til nogle strategiske og teoretiske positioner i forhold til borgerdeltagelse og fokuserer derefter på erfaringerne fra forsøg på at fremme borgerdeltagelsen i Danmark. Dette sker hovedsageligt på baggrund af et 4-årigt følgeforskningsprojekt til ordningen "Grønne Guider", ud fra hvilke der angives nogle muligheder for at udvikle en brugbar strategi, som overskrider nogle af de begrænsninger, som ligger i de indledningsvist kritiserede teoretiske positioner.

### **Bidrag og begrænsninger i miljøsociologiske teorier om borgerdeltagelse**

Ligesom hos de ovennævnte aktører opfattes borgernes inddragelse i bæredygtig udvikling også som væsentlig ud fra et miljøsociologisk synspunkt (jf. Nelkin 1975, s. 37 & Læssøe 2000, s. 225). De miljøsociologiske bidrag har imidlertid samtidig været kritiske overfor måden som borgerdeltagelsen opfattes og praktiseres på af myndigheder og eksperter (jfr. Irwin 1995; Wynne 1996; Jamison 1998). Kritikken handler om, at der er tale om en top-down tilgang. Borgernes inddragelse kommer ud fra denne opfattelse til at handle om at formidle videnskabelige informationer på en måde som sikrer accept og faciliterer implementering af de tekno-videnskabelige løsninger. Ud fra Irwins og andre sociologers demokrati-synsvinkel kritiseres denne top-down opfattelse for ikke blot at negligere den videnskabelige videns usikkerhed, men også for at udgrænse borgernes erfaringsbaserede viden. Hertil kommer, at de kan have etiske og politiske synspunkter, som den videnskabscentrerede tilgang også risikerer at udelukke.

Problemet i disse bidrag er ikke kritikken i sig selv, men at de mere eller mindre direkte forfalder til at konkludere "at hvis top-down er noget skidt, så må bottom-up være godt". For det første mangler de en sociologisk undersøgelse af dette alternativ: Kan og vil borgerne under de givne socio-kulturelle vilkår overhovedet deltage i en bottom-up organiseret borgerinddragelse på miljøområdet? For det andet fastlåses den sociologiske fantasi vedr. mulige strategier, organisationsformer og metoder for borgerdeltagelsen af den simple modstilling i enten top-down eller bottom-up.

Hvad angår borgernes interesse for deltagelse kan der til en vis grad trækkes på viden fra to former for miljøsociologisk forskning – men begge disse er samtidig begrænsende i deres måde at tematisere deltagelsen på:

Forskning i miljøbevægelsernes udvikling viser, at den folkelige deltagelse i miljøbevægelsen har ændret sig meget gennem de seneste 35 år, og at miljøorganisationerne for at følge professionaliseringen af miljøsagen selv er blevet professionaliserede som selvstændige mediatorer, der fortolker videnskabelig viden og formidler den til offentligheden (Jamison et al. 1990; Dekker et al. 1998). Denne professionalisering af miljødebatten og forandringen af miljøorganisationerne har givet hæmmet mulighederne for folkelig deltagelse, men samtidig indebærer fokuseringen på den organiserede miljøbevægelse, at denne forskning ikke har indfanget udviklingen i befolkningens miljøinteresse og engagement i øvrigt – fx. i hverdagslivet.

Forskningen i risikokommunikation beskæftiger sig direkte med, hvordan borgerne kan inddrages som aktiv part i dialog med professionelle aktører (jfr. Renn, Webler og Wiedemann 1995). Som

sådan rummer den viden om, hvilke metoder der er gode til at inddrage borgerne i forskellige typer sager. Begrænsningen ligger dog samtidig i denne fiksering på metoderne. Det indebærer, at borgerdeltagelse bliver tematiseret som et spørgsmål om teknik, når man har en sag, hvor borgerne bør inddrages. Borgerdeltagelsen bliver gjort lig med enkeltstående begivenheder. Overfor denne afgrænsning af borgerdeltagelsen til dialogmetoder i fora for problembearbejdning vil jeg stille en synsmåde, hvor borgerdeltagelsen ansues som socio-kulturelle læreprocesser. De implicerer selvfølgelig dialog-metoder, men handler i høj grad også om organisering af, og ressourcestøtte til, borgernes aktive deltagelse i udviklingsprojekter, som ikke begynder og slutter med et givet dialog-med-eksperter arrangement, men er udviklings- og læreprocesser, som kan være år. Dette vil jeg i det følgende betegne som 'empowerment'.

### ***Borgerdeltagelse og empowerment i Danmark***

Den danske befolknings engagement i miljøspørgsmål er ifølge statistiske undersøgelser svækket i løbet af 90'erne. Det kommer bl.a. til udtryk i, at de meget bekymrede for forureningen er dalet fra 77% i 1987 til 40% i 1999 (Thulstrup m.fl 2000) og samtidig er der tegn på en vis mæthed i forhold til miljøinformation, idet 2/3 angiver at de mener, at de ved nok, og idet gennemsnittet for hvor mange der sjældent læser eller ser udsendelser om miljø på en skala fra 1 (= helt uenig) til 5 (= helt enig) er steget fra 2,57 i 1991 til 3,42 i 1999 (Beckmann & Brokmose 2000). Samme undersøgelse viser, at den svækkede interesse kan hænge sammen med en større tillid til regeringens miljøindsats, idet gennemsnittet her er steget fra 2,24 i 1991 til 3,61 i 1999 (ibid). Der er dog behov for nærmere undersøgelser for at kunne forklare denne udvikling.

Indenfor samme periode som denne tilsyneladende svækkelse i det folkelige engagement i miljøproblematikken har den danske regering aktivt forsøgt at styrke det folkelige engagement gennem nogle initiativer og ordninger (jfr. Læssøe 1995 & Læssøe 2000). Den seneste af disse – den lokale miljøvejlederordning "Grønne Guidere" har været et interessant eksperiment, fordi ca. 100 sådanne grønne guider igennem 3-6 år på fuld tid har været ansat til at styrke borgerdeltagelsen i miljøindsatsen lokalt. Erfaringerne viser bl.a. , at sådanne forsøg på "Empowerment" kan styrke den lokale folkelige miljøindsats, men at det er en langvarig proces, som handler om at indsatsen skal integreres i de eksisterende sociale netværk og aktiviteter, snarere end om at opbygge helt nye netværk omkring miljø sagen. Desuden viser de, at de grønne guides styrke har været, at de har kunnet fungere som "fri spiller" på den lokale arena, dvs. ikke entydigt bundet til myndighederne, foreningslivet eller andre lokale aktører, men i stedet som mediatorer der fra en relativ neutral position har kunnet bruge deres ressourcer på at hjælpe de forskellige aktører og skabe dialog og samarbejde på tværs af dem i konkrete sager. Herigennem udvikles gradvist personlige relationer og et organisatorisk grundlag som får borgerdeltagelsen til at fungere og udvikle sig (Læssøe 2001).

Dermed ikke sagt at "Grøn Guide" ordningen viste vejen. Betingelserne for borgerdeltagelsen ændrer sig hele tiden, og evalueringen rejser spørgsmål ved om grundprincipperne om handleorientering, konsensus, lokal afgrænsning og miljøcentrering, som har præget indsatsen i 90'erne, stadig er tidsvarende. Der argumenteres for, at der tværtimod er behov for at tematisere dilemmaer og valgmuligheder, for at aktivere omkring problemstillinger og løsninger der overskrider det lokale niveau – og for at erstatte den grønne missioneren med en socialøkologisk tilgang, som medtænker de sociale og kulturelle aspekter i borgeraktivering og i udviklingen af løsninger.

Udover at empowerment-tilgangen tematiserer borgerdeltagelsen på en mere omfattende måde end de omtalte miljøsociologiske positioner, viser erfaringerne med de grønne guider, at en udvikling af indsatsen for borgerinddragelse på miljøområdet ikke behøver at vælge mellem top-down eller bottom-up, men måske i stedet burde satse på udviklingen af en 3-part funktion, som kan virke som både ressourcestøtte for borgerdeltagelsen og som proceskatalysator for dialogen mellem de forskellige aktører.

### ***Referencer***

Beckmann, S.; S. Brokmose; R. L.Lind (2001): *"Danske forbrugere og økologiske fødevarer"*, Handelshøjskolens forlag. København.

- Dekker, K.; M. Diani; A. Jamison; L. Kvande (1998): Representing the Public: New Roles for Environmental Organizations, pp. 49-80 in Jamison, A. (Ed.): *Technology Policy Meets the Public*, PESTO Papers 2, Department of Development and Planning, Aalborg University, Denmark.
- Irwin, A. (1995): *Citizen Science – A Study of People, Expertise and Sustainable Development*, Routledge, London & New York.
- Jamison, A; R. Eyerman; J. Cramer, with J. Læssøe (1990) : *The Making of the New Environmental Consciousness – A Comparative Study Of The Environmental Movements in Sweden, Denmark and the Netherlands*, Edinburgh University Press.
- Jamison, A. (1996): The Shaping of the Global Environmental Agenda: The Role of the Non-Governmental Organisations, pp. 224-245 in Lash, S., B. Szerszynski & B. Wynne (ed.); *Risk, Environment & Modernity*, Sage, London/Thousand Oaks/New Delhi.
- Læssøe, J. (1995): "Borgerinddragelse: Mellem åbenhed og styring", artikel in Lübcke, P. (ed): *Miljøet, markedet og velfærdsstaten*, pp. 334 – 363, Fremad, Copenhagen
- Læssøe, J. (2000): Folkelig deltagelse i bæredygtig udvikling, i Holten-Andersen, J et al. (Ed): *Dansk Naturpolitik i bæredygtighedens perspektiv*, pp. 224-236, Naturrådet, København.
- Læssøe, J. (2001): *Evaluering af Grøn Guide ordningen 1997 – 2000*, Rapport udgivet af Den Grønne Fond/Miljøstyrelsen.
- Nelkin, D. (1975): The political impact of technical expertise, *Social Studies of Science* 5
- Renn, O.; T. Webler; P. Wiedemann (ed) (1995): *Fairness and Competence in Citizen Participation*, Kluwer, Dordrecht/Boston/London.
- Thulstrup, J, m.fl. (2000): *"Danskerne 2000"*, Institut for Konjunkturanalyse.
- Wynne, B. (1996): May the Sheep Safely Graze? A Reflexive View of the Expert-Lay Knowledge Divide, pp. 44 – 83 in Lash, S., B. Szerszynski & B. Wynne (ed.); *Risk, Environment & Modernity*, Sage, London/Thousand Oaks/New Delhi.





## Mobilitet og miljø

Mette Jensen

Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

### Resumé

Moderne mennesker og mobilitet hænger uløseligt sammen. Og mobilitet eller transport udgør samtidig et af de største miljøproblemer i vor tid – både lokalt og globalt. Der har i miljøforskningen og –debatten været sat fokus på luftforurening og CO<sub>2</sub>-udslip fra og muligheden for økonomisk regulering af transporten, hvorimod de sociale sammenhænge transport og mobilitet indgår i har været underbelyst. Det har en undersøgelse af mobilitet og miljø i et sociologisk perspektiv forsøgt at råde bod på ved at kaste lys over mobilitetens betydning for moderne menneskers hverdagsliv, samtidig med at den rejser en diskussion af forudsætningerne for at gøre noget reelt ved problemerne. Undersøgelsens resultater er publiceret i bogen *Tendenser i tiden – en sociologisk analyse af mobilitet, miljø og moderne mennesker* og baserer sig på såvel kvalitative som kvantitative interview. Bogen er udgivet på Samfundslitteratur i oktober 2001.

Undersøgelsen sætter fokus på to befolkningsgrupper i byen. Den ene gruppe er unge mellem 16 og 24 år. De ses som 'bærere af fremtiden' forstået på den måde at det er deres generation der skal præge fremtidens moderne samfund. Den anden gruppe er travle voksne, dvs. voksne mellem 25 og 55 år, der er i arbejde og som selv oplever hverdagen som travl. De ses som 'bærere af tendenser i tiden'. Begge grupper repræsenterer det 'moderne' i den forstand at de lever et aktivt liv med job, uddannelse og karriere, familie- og fritidsaktiviteter, men også i den forstand at de har vanskeligt ved at vælge (fra) og give afkald på blot nogle af de mange muligheder moderne samfund tilbyder.

Et af undersøgelsens resultater er at mange mennesker er bevidste om de miljøproblemer der stammer fra transporten. Men selvom de fleste har en forståelse for transportens miljøproblemer, forbinder de dem ikke i særligt stort omfang med deres egen daglige mobilitet. Man ser problemerne, men ønsker ikke at se sig selv som en direkte årsag til dem; desuden er ens egen bilkørsel en 'dråbe i havet'. Et andet problem er at de fleste har vanskeligt ved at se hvordan de skulle få deres hverdag til at hænge sammen hvis de ikke havde bil til rådighed. Selvom de bor i byen forekommer kollektiv transport ikke altid at være et brugbart alternativ til privatbilen når dagens mange aktiviteter skal nås.

Et andet resultat er at tid og tidspres spiller en vigtig rolle for mobiliteten. Der er nemlig sket en acceleration af tiden og hastigheden på alle fronter – i såvel arbejdslivet som familien, fritiden og transporten. Det er blevet en tendens i tiden at den skrumper. Rastløsheden er gået folk i blodet og stadig flere aktiviteter proppes derfor ind i en i forvejen forstoppet hverdag. Og her spiller mobiliteten eller transporten en aktiv rolle fordi den i sig selv er med til og en del af det generelt stigende tempo. En tredje pointe er at moderne mennesker måske er ved at nå grænsen for hvor stort et tidspres de kan holde til, og behovet for en forandring af tidens acceleration presser sig derfor på. Undersøgelsen viser at mange moderne mennesker længes efter et enklere liv hvor langsomheden er større og der er mere tid til eftertanke – samtidig med at de er stræbsomme og ønsker at gøre karriere fordi dette på sin side giver et vigtigt bidrag til deres identitet. Det er i dette spændingsfelt mellem fart og langsomhed, og moderne menneskers ønske om begge dele, at kampen for en forandring kan og evt. vil finde sted. Og udfaldet af denne kamp er igen forudsætningen for alvor at ændre/reducere mobiliteten, og de miljøproblemer der følger af denne. Undersøgelsen belyser og diskuterer disse problemstillinger – dog uden at nogen færdige svar bliver givet eller grydeklare løsninger skitseret. Dertil er problemerne for store og komplicerede.



## Miljømærknings betydning for forbrugerens valg

Thomas Bue Bjørner og Lars Gårn Hansen

Amterne og Kommunernes Forskningsinstitut, Nyropsgade 37, 1602 København V

### Indledning

Information til forbrugerne om miljøkonsekvenserne af deres forbrugsadfærd bruges i stigende omfang som styringsmiddel med henblik på opfyldelsen af miljømæssige målsætninger. Tilvejebringelsen af informationen sker for eksempel i form af generelle kampagner eller forskellige former for mærkning. Et eksempel på sidstnævnte er ordningen med svanemærkning af miljøvenlige produkter, som Danmark tilsluttede sig i 1997. Siden 1997 har svanemærkede produkter tegnet sig for en stigende andel af markedet, hvilket dog for en stor dels vedkommende kan tilskrives det forhold, at flere og flere eksisterende produkter på markedet med tiden er blevet mærket. I hvilket omfang Svanemærket rent faktisk har fået forbrugerne til at ændre deres adfærd har derimod været mindre oplagt. En undersøgelse fra AKF beskriver denne problemstilling.

Der er gennemført en analyse af virkningen af Svanemærket for knap 2.000 forbrugeres valg af toiletpapir, køkkenruller og (kompakt) vaskepulver fra starten af 1997 til 1. februar 2001. Analysen viser, at Svanemærket har haft en betydelig indflydelse på forbrugernes valg mellem forskellige typer toiletpapir og vaskepulver, mens mærket har haft mindre betydning for valg af køkkenruller. Analysen er foretaget ved at beregne, hvorledes forbrugerne reagerer på ændringer i forskellige produktkarakteristika (fx pris og Svanemærke), når de vælger mellem forskellige typer produkter.

I slutningen af år 2000 blev svanemærket toiletpapir foretrukket på 31% af de indkøbsture, hvor der blev købt toiletpapir. Virkningen af Svanemærket kan illustreres ved at beregne, hvor ofte de samme typer toiletpapir ville være blevet valgt, hvis de ikke var blevet svanemærket. Her viser analysen, at de miljørigtige typer toiletpapir – uden svanemærkning – kun ville være valgt ved 24-25% af indkøbsturene. Således kan omkring en femtedel af den nuværende købsfrekvens (6-7%) tilskrives Svanemærket, der signalerer en miljørigtig produktionsmåde til forbrugerne.

I samme periode blev svanemærket kompakt vaskepulver valgt ved 25% af de indkøbsture, hvor der blev købt kompakt vaskepulver. Uden den positive effekt af miljømærket, ville købsfrekvensen for svanemærket vaskepulver falde til 21% (dvs. et fald i købsfrekvensen på 4%). Således kan en sjettedel af købsfrekvensen af svanemærket vaskepulver tilskrives miljømærket. For køkkenruller er effekten af Svanemærket mindre, idet faldet (uden mærkning) ville være på 1-2%.

Effekten af Svanen kan også illustreres ved at beregne forbrugernes afvejning mellem pris og miljømærket. Her viser analysen, at forbrugerne er villige til at betale 10-17% mere for toiletpapir og vaskepulver, som bærer Svanemærket, sammenlignet med tilsvarende produkter, som ikke er miljømærkede. Betalingsvilligheden for køkkenruller er mindre (positiv men generelt ikke statistisk signifikant).

Analysen er baseret på oplysninger om faktiske forbrugsvalg, som er udtrukket fra *GfK Danmarks* forbrugerpanel, der indeholder oplysninger om knap 2.000 husholdningers ugentlige dagligvareindkøb. I analysen er taget højde for ændringer i prisen af de forskellige produkter og ændringer i produktudbuddet i forskellige detailkæder. Der er også taget højde for effekten af markedsføring ved brug af *Gallup Adfacts* indeks for reklameudgifter i fjernsyn og trykte medier. En forbrugertest af color-vaskemidler, som under betydelig mediebevågenhed blev offentliggjort i Råd og Resultater i 1999, udpegede to svanemærkede typer vaskemidler som vindere. Denne forbrugertest gav en stor stigning i markedsandelen for de pågældende svanemærkede vaskemidler. I beregningen af effekten af Svanemærket for valg af vaskemiddel er der imidlertid taget højde for de stigninger i købsfrekvensen, som kan tilskrives forbrugertesten og medieomtalen heraf. Forbrugernes stigende kendskab til Svanemærket i perioden er også inddraget i analysen.

Analysen dækker som nævnt købshandlinger foretaget frem til 1. februar 2001. Senere i 2001 har der været gennemført større informationskampagner om betydningen af Svanemærket. I 2001 er det europæiske miljømærke (Blomsten) også blevet mere udbredt på det danske marked som supplement/alternativ til Svanemærket. Effekten af informationskampagnerne er således ikke medtaget i analysen præsenteret i denne rapport, og den potentielle effekt af disse kan der

således kun gisnes om her. Kampagnen har tilsyneladende øget kendskabet til Svanemærket blandt forbrugerne, hvilket formentlig vil øge effekten af Svanemærket i forhold til det her beskrevne. Det er dog ikke oplagt, at de fundne effekter skal opskaleres proportionalt med det øgede kendskab til Svanemærket som følge af kampagnen. Man kan fx forestille sig, at de mest »grønne« forbrugere også har været blandt dem, som først har tilegnet sig kendskab til betydningen af Svanemærket allerede før kampagnerne i 2001.

### **Referencer**

1) Bjørner, Thomas Bue; Lars Gårn Hansen, Clifford S. Russell og Tore Olsen 2002). *The Effect of the Nordic Swan Label on Consumers'*. AKF forlaget. København  
(<http://www.akf.dk/eng2002/pdf/swan.pdf>)

2 Vedrørende effekten af kampagnen henvises til *Evaluering af Miljømærkekampagnen 2001*, som er udgivet af Miljøstyrelsen.

## Natur og miljøforvaltning baseret på frivillige aftaler

Egon Noe

Danmarks Jordbrugsforskning, 8830 Tjele

### **Indledning**

Indgåelse af fornuftige, holdbare og frivillige aftaler mellem myndighed og landmænd er en stor udfordring, der kræver kommunikation. En forudsætning for en god kommunikation med landmændene er at forstå, hvorledes landbrugsproduktionen er skruet sammen.

Landbrugsproduktion i dag er komplekst, det involverer mange parter og er underlagt mange forskellige hensyn og restriktioner. Den enkelte bedrift må skabe en intern sammenhæng i denne kompleksitet gennem værdier og produktionslogik. Der findes mange forskellige måder at organisere en bedrift på, og det er en forudsætning, at de indgåede aftaler tager udgangspunkt i den enkelte bedrift, og at aftalerne involverer landmanden mest muligt i at opnå de ønskede mål.

### **Et landbrug som et selvorganiserende system**

På en moderne landbrugsbedrift er der mange elementer, der skal fungere sammen og løbende justeres i forhold til hinanden, for at produktionen kan forløbe. Et landbrug består således af et netværk af relationer, ikke kun inden for, men også mellem bedriften og den omkringliggende verden. På en harmonisk bedrift med en sund økonomi er der gennem landmandens beslutningstagning opretholdt en nøje sammenhæng mellem alle forhold på bedriften (Noe, 2002).

Det er således op til landmanden og de personer, der er tilknyttet bedriften, at skabe og udvikle denne sammenhæng på bedriften. Denne orden skabes og udvikles gennem en række mere eller mindre bevidste valg. Nogle af disse valg er mere grundlæggende for bedriften og knytter sig til den overordnede strategi. Karakteristisk for de mere grundlæggende valg for bedriften er, at de knytter sig til værdier, mål/visioner og produktionslogik.

I en dynamisk verden er denne selvorganisering af systemet en proces, og der vil hele tiden være en vis ubalance og inkonsistens, som bedriften godt kan eksistere med. Men samtidig vil landbrugsbedriften som et system hele tiden forsøge at opretholde denne orden.

### **Hensynet til mange perspektiver på landbruget**

Landbrugets rolle som effektiv fødevarerproducent er ikke længere tilstrækkelig, og der er ikke længere bred accept af de traditionelle forestillinger om godt landmandskab (Halberg, 1998). En række andre mål eller værdier så som livskvalitet, arbejdsglæde, lokale sociale sammenhænge, husdyrvelfærd, miljøpåvirkning, natur og landskabsværdier er fokus. Så når man søger at indgå i frivillige aftaler med den enkelte landmand på et bestemt område, skal man således være opmærksom på at der er mange andre hensyn som landmanden nødvendigvis må inddrage i beslutningstagningen.

### **Hvilke typer aftaler er det man skal indgå?**

Grundlæggende er der to typer aftaler, man kan indgå med landmændene. Den ene type aftaler går på at regulere landmandens adfærd, som vi kender inden for miljøreguleringen i dag. Den anden type aftaler går på at opnå bestemte resultater, som vi kender det fra resultatkontrakter.

Under den første type aftaler antages det ud fra generelle betragtninger, at de konkrete handlinger fører til det ønskede resultat. I den anden type aftaler er man principielt uinteresset i, hvorledes målene nås. Det overlades til den enkelte bedrift og de personer, der er involveret i at vælge de nødvendige midler. Denne type aftaler kræver, at der opstilles konkrete mål for den enkelte bedrift, og at man kan måle på de resultater, man ønsker at opnå.

To forhold taler for resultatorienterede aftaler i indsatsområderne: Det første er, at de strengere krav, som man må forvente, der stilles i disse områder, vil kræve meget strenge adfældsrestriktioner for at være sikker på at opnå de ønskede mål. Det andet er, at der med

baggrund i en systemisk opfattelse af landbruget, er et stor teknisk potentiale i at lade systemet selv vælge de midler, som skal føre til de ønskede resultater.

Resultatbaserede aftaler kræver, at der noget målbart at navigere efter, men giver samtidig systemet mulighed for at vælge de bedste løsninger til at opnå målene, under hensyn til bedriftens egen logik og de andre samfundshensyn, som bedriften også forventes at leve op til. Det kræver dog at der kan udføres en troværdig overvågning af, om målene nås. På nuværende tidspunkt er der *ikke* opstillet enkle, operationelle metoder til overvågning af, om målene nås. Der er således behov for et hjælpeværktøj og indikatorer, som kan visualisere landbrugsdriftens effekt på det omgivende miljø.

Ulempen ved en adfærdsorienteret regulering er, at den ikke belønner godt landmandskab i forhold til at opnå de ønskede mål. Det gør, at reguleringen bliver tung og usmidig for den enkelte landmand, og at manøvrerummet indsnævres. Det kan være medvirkende til, at der skabes mistillid, utilfredshed, og at det ønskede mål ikke nås (Noe og Halberg, 1999; Noe, 1999, Noe, 2001). Adfærdsorienteret regulering kan også i højere grad føre til uforudsete og negative effekter, som kan medføre sidereguleringer. Dette kan resultere i et uigennemskueligt netværk af regler og administration.

### **Referencer**

Halberg, N. 1998. Researching farmers' possibilities of and motivation for including environmental aspects in their management. 3<sup>rd</sup> AFSRE symposium, Rural and farming systems analyses: Environmental perspectives. Hohenheim, March, 1998.

Noe, E. & H. Alrøe 2002. Luhmann and Actor-network theory combined: Farm enterprises as self-organizing systems Paper to be presented on the XVth ISA World Congress of Sociology, Brisbane, Australia. RC51 Sociocybernetics

Noe, E. 2001. Goal orientated regulation – Mobilising farmers' resources. Paper presented on the 5<sup>th</sup> Nordic Environmental Research conference: The ecological modernisation of Society, Århus, Denmark 14-16, June 2001.

Noe, E. 1999. Værdier, rationalitet og landbrugsproduktion. Belyst ved en microsociologisk undersøgelse blandt danske økologiske og konventionelle kvægbrugere. Ph.d.-afhandling 198pp + app.

Noe, E. & Halberg, N. 2000. Research Experience with Tools to Involve Farmers and Local Institutions in Developing More Environmentally Friendly Practices. In press in Berlin Co-operative Studies. Proceedings of the 64<sup>th</sup> EAAE-Seminar: Co-operative Strategies to cope with Agri-Environmental problems" Berlin, October 27-29, 1999.

## Towards a holistic assessment and consideration of environmental problems

Thomas G. Whiston

Department of Environment, Technology and Social Studies, Roskilde University, DK - 4000 Roskilde.

### **Resumé**

This paper attempts to bring together several approaches and methodologies influencing any discussion or furtherance of a more *holistic* assessment of environmental problems and the subsequent setting or formulation of environmental regulations.

*Inter alia* it is argued that we need to:

- I. Move from first-order environmental indicators toward *second-order* and *third-order indicators*. Examples of what is implied by these terms together with the difficulties and opportunities of this approach are explored;
- II. That through the use of life cycle costing, LCC, (note – not life cycle analysis) and *total systems costing*, TSC, the extension of the realm of analysis to include a greater boundary network of externalities is possible – methodologically, if not always in realpolitik terms;
- III. That the *temporal dimension* is an important consideration in any integrative or realistic assessment of economic life cycle costing. (This has been applied to good effect in national policy terms in the consumer durable sector, automobiles and also in the energy production sector). Examples will be discussed.
- IV. That present day *integrative assessment* has many operational and methodological difficulties essentially relating to the "apples and oranges" problems of multi-dimensional combination of different mediums. In part this may be overcome by a reliance on more stringent single dimension standards plus a priority/ranking schemata of multi-dimensions plus the interactive effects of the different media; and,
- V. A better prognosis for the future may be considered if we try to develop *holistic rather than integrative assessment* procedures. However, there are many political, as well as methodological difficulties, attached to this latter endeavour. Holism has to be carefully demonstrated both as a concept and also in its realistic societal mechanisms if it is to gain credit and legitimacy.

The latter is influenced as much by the actions of 'environmental activists' as it is by conceptual academic approaches. There are both strengths and weaknesses to that dual influence which will be commented upon.

### **Some relevant literature:**

Beck, U (2000) *The risk society and beyond: critical issues for social theory*. (eds. B. Adams, U. Beck and J. van Loon) Sage London.

Ferguson, E and Whiston T.G. (1983) *Product life and the automobile – a policy perspective for the Netherlands*. TNO The Hague

Smith, A. (1997) *Integrated Pollution Control* Ashgate. Aldershot.

Whiston, T.G (1990) *The global environment : technical fix or radical change?* Monograph ENED and WWF Brighton UK 31pp ISBN 1 872682 01 4

Whiston, T.G. (2000) *Environmental consciousness and the challenges and barriers to communicating environmental knowledge and indicators. Environmental behaviour and quality of life : ecological, psychological and communicational indicators of*. Proceedings. Austrian Research Centers. Seibersdorf. (Ed. Buchinger et al ) p 91 – 104.

Whiston.T.G. (1992) *Global Perspective 2010 – tasks for science and technology*. Volume 1 (Synthesis Report) 145 pp. European Commission.Brussels.

Whiston. T.G. (2001) Global sustainability : rhetoric and reality,analysis and action – the need removal of a knowledge-apartheid wrold. Chapter 4.8 in *Our Fragile World : challenges and oportunites for development* pp 1859 – 1877. EOLSS Publishers Oxford. Volume II (Ed. M.K.Tolba) UNESCO Encyclopaedia of life support systems.



## Prioritering af miljøindsats

Peter B. Sørensen, Trine S. Jensen, Patrik Fauser, Marianne Thomsen, Steen Gyldenkærne og Dorte Lerche

Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

### Resumé

Kortlægning, monitoring, samt strategier for tiltag er typiske problemer indenfor miljøområdet, der alle kræver en eller anden form for planlægning under ofte ret stramme økonomiske rammer. Et centralt element i en sådan planlægning er prioritering både i forhold til hvorhen en indsats skal rettes og hvad der skal undersøges for, men ofte er det imidlertid problematisk at finde metoder, som kan håndtere en sådan prioritering. En væsentlig udfordring i denne sammenhæng udspringer af behovet for kvantificering. En relevant miljøpåvirkning er typisk et resultat af komplekse sammenhænge, der vanskeligt lader sig beskrive kvantitativt og derfor har svært ved at indgå troværdigt i en prioritering. Derfor bliver der på Danmarks Miljøundersøgelser arbejdet med udvikling af metodikker, der på grundlæggende vis tager udgangspunkt i at vidensgrundlaget er spinkelt for beslutningstageren. Selve valget af metode bliver kritisk når vidensgrundlaget er spinkelt da der under disse omstændigheder stilles krav til:

Robusthed overfor usikkerhed. En metode må ikke blive påvirket af den konkrete usikkerhed i en grad, der gør den ubrugelig som beslutningsgrundlag.

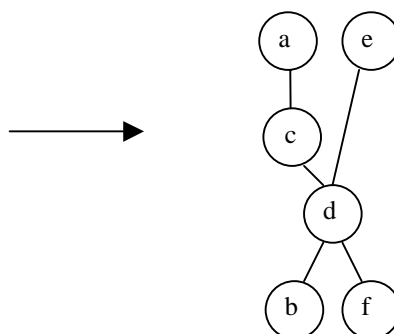
Transparent håndtering af usikkerhed. Den usikkerhed, der er tilstede i den endelige prioritering skal være tydeligt angivet i resultatet så beslutningstageren kan se og forstå den.

En prioriteringsmetode, der bygger på såkaldt delvis orden har vist sig lovende i forhold til disse krav. Metoden præsenteres kort i det følgende afsnit gennem eksempler. Lad os antage at der er 6 objekter, der skal prioriteres indbyrdes og som benævnes: a,b,c,d,e,f og lad os antage at der skal tages højde for to miljøparametre samtidig, der hver beskriver vigtige forhold ved miljøbelastningen og hvor en høj værdi betyder stor miljøbelastning. De to miljøparametre holdes adskilt forbi der måske ikke er viden nok til at sammenlægge dem, eller også afspejler de to fundamentalt forskellige forhold, der begge er væsentlige. Dette er illustreret med talværdier i det følgende.

Objekter med tilhørende miljøparametre

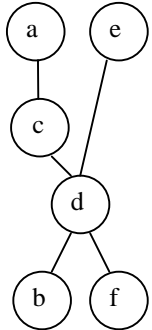
objekt	Miljøparameter 1	Miljøparameter 2
a	8	6
b	2	1
c	7	6
d	3	2
e	4	9
f	1	3

Grafisk præsentation af delvis orden

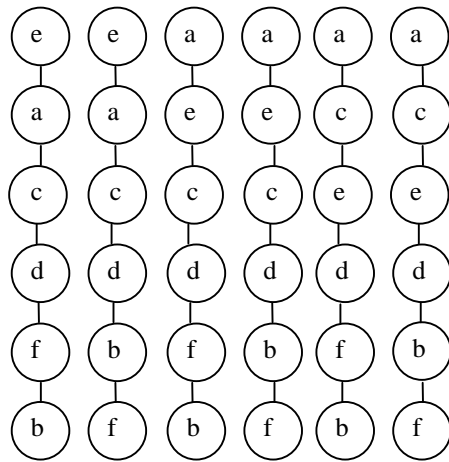


Den delvise orden mellem disse 6 objekter kan vises grafisk som ovenfor. I denne fremstilling ses de ordenrelationer, der er alment gyldige under hensyntagen til begge miljøparametre, f.eks. er  $a > b$  fordi  $8 > 2$  og  $6 > 1$ . En delvis orden som vist her kan indgå direkte som beslutningsstøtte, men en yderligere analyse med brug af såkaldte lineære ekstensioner kan bringe mere brugbar viden frem. Princippet bag hvordan lineære ekstensioner dannes ud fra den delvise orden og igen anvendes til bestemmelse af sandsynligheden for en given rang illustreres i det følgende med anvendelse af foregående eksempel. Ud fra den delvise orden findes alle de mulige lineære ekstensioner, i form af rangordninger, der ikke er i konflikt med den partielle orden. I det viste eksempel er a f.eks. over c i den delvise orden så der vil ikke være nogle lineære ekstensioner, hvor c er over a, mens e både kan være over og under a, da de ikke sammenlignes i den delvise orden. Dette opsummeres i følgende figur:

Delvis orden



Mulige lineære ekstensioner



Sandsynlighed for rangorden

Rang	a	b	c	d	e	f
6	$\frac{2}{3}$	0	0	0	$\frac{1}{3}$	0
5	$\frac{1}{3}$	0	$\frac{1}{3}$	0	$\frac{1}{3}$	0
4	0	0	$\frac{2}{3}$	0	$\frac{1}{3}$	0
3	0	0	0	1	0	0
2	0	$\frac{1}{2}$	0	0	0	$\frac{1}{2}$
1	0	$\frac{1}{2}$	0	0	0	$\frac{1}{2}$

Ved at tælle hvor mange gange et objekt opholder sig på en given rang fremkommer en sandsynlighed for at et objekt er netop på den betragtede rang. På den måde ses det i eksemplet ovenover at både objekt a og e kan ligge øverst med rimelig stor sandsynlighed, men objekt a har den største sandsynlighed, mens objekt c har største sandsynlighed for at ligger på rang 4. Med de få objekter, der er vist i eksemplet her giver det ikke megen ekstra viden at bruge lineære ekstensioner, men for problemer med mange objekter er det en helt anden sag. I sådanne tilfælde kan de lineære ekstensioner være meget nyttige.

Et eksempel på en håndtering af mange objekter (254.000 stk.) vil blive gennemgået i præsentationen og resultatet vises på figuren til højre, hvor pesticiders miljøbelastning prioriteres i forhold til vandlevende organismer. Der tages både hensyn til fisk, dafnier og alger efter de principper, der er beskrevet ovenfor. Forbruget beregnes for hvert aktivstof lokalt (5-20 ha parceller) ud fra afgrødeoplysninger i Det Generelle Landbrugsregister kombineret med en database over historiske registrerede pesticiddoseringer. Toksikologiske oplysninger for hvert aktivstof i forhold til hver organismegruppe indgår til beregning af et belastningsindeks for hhv. fisk, dafnier og alger. Derved fremkommer tre miljøbelastningsindeks, der behandles med brug af delvis orden og lineære ekstensioner. I figuren svarer mørke farver til høj rang (større belastning).

Der vil desuden i præsentationen blive fremsat retningslinjer for hvordan problemstillinger med miljøfarlige stoffer kan håndteres generelt.

## Værdisætning af pesticidanvendelsens natureffekter

Berit Hasler<sup>1</sup>, Jesper S. Schou<sup>2</sup>, Pernille Kaltoft<sup>2</sup>, Henrik Vetter<sup>3</sup>,  
Anna Bodil Hald<sup>2</sup> og Christian Andreasen<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Amternes og Kommunernes Forskningsinstitut, Nyropsgade 37, 1602 København V

<sup>2</sup> Danmarks Miljøundersøgelser, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

<sup>3</sup> Statsbiblioteket, Universitetsparken, 8000 Aarhus

<sup>4</sup> Den Kongelige Veterinær- og Landbohøjskole, Bülowvej 17, 1870 Frederiksberg

### Introduktion

Mulighederne for at værdisætte komplekse årsag-virknings-forhold, som ofte kendetegner effekterne af pesticidanvendelse, undersøges i projektet "Værdisætning af pesticidanvendelsens natur og miljøeffekter". Projektet omfatter både analyse af forudsætninger, præmisser og metoder relateret til økonomisk værdisætning, og litteraturstudie vedrørende de naturvidenskabelige årsag-virknings-sammenhænge, som værdisætningsstudier på pesticidområdet kan baseres på. Vi analyserer også, hvilke forudsætninger der bør være til stede for at udføre benefit transfer, dvs. overførsel af resultater fra gennemførte studier til nye policy relevante områder. Projektet udføres ved litteraturanalyse og ved et pilotstudie. I pilotstudiet søger vi at opgøre befolkningens betalingsvilje for de natureffekter, som følger af ændret sprøjtning med pesticider i randzoner såvel som i marken som helhed.

### Natureffekter af pesticidanvendelse – et review

Generelt viser gennemgangen af den naturvidenskabelige litteratur, at antallet af dyr og planter i og i nærheden af markfladerne (det dyrkede areal) vil forøges ved nedsat sprøjtning eller pesticidfri dyrkning (Andreasen & Kjær, 2001). Effekterne kan dog ikke forventes at stige proportionalt med fx. km randzone, der dyrkes pesticidfrit, da virkningen også afhænger af topografi, jordbundsforhold, forekomst af forskellige biotoper, frøpulje i jorden mv. Effekterne kan derfor variere meget fra sted til sted. I nogle tilfælde vil der være kulørte farver fra blomstrende planter med et rigt insektliv med deraf følgende mulighed for et rigere fugleliv end tidligere. I andre tilfælde vil der komme en relativ ensartet grøn vegetation bestående af f.eks. græsser. Det samme gælder faunaen – den vil også variere fra sted til sted, bl.a. som konsekvens af forskelligt fødegrundlag.

### Mulighederne for at udføre værdisætningsstudier på pesticidområdet

På grundlag af den naturvidenskabelige litteraturgennemgang har vi konkluderet, at der er muligheder for at opstille kvantitative årsag-virknings-sammenhænge for natureffekterne af ændret pesticidanvendelse, men at det ofte vil være nødvendigt at popularisere og forenkle fremstillingen af effekterne som led i undersøgelsen. Det er således ofte nødvendigt at gå på kompromis med præsentationen af detaljerne og forbeholdene i de naturvidenskabelige baggrundsdata, herunder de usikkerheder der er forbundet med effekterne.

Det er en central forudsætning for økonomisk værdisætning, at beskrivelsen af natureffekterne bygger på indikatorer, der er forståelige og bekendte for de interviewede (respondenterne). Formuleringer, opgørelsesmetode, enheder etc. for de kvantitative effekter er derfor væsentlige aspekter i en vurdering af, om kvantitative naturvidenskabelige resultater er egnede som data til værdisætningsstudier.

Valg af værdisætningsmetode er et andet væsentligt aspekt. Værdien ved mange goder, der ikke er markedsomsatte, kan kun opgøres ved anvendelse af hypotetiske værdisætningsmetoder, hvor man opstiller hypotetiske markedsvalg. Hvis naturgodet er koblet til et markedsomt gode kan man bruge de såkaldte hedoniske metoder, hvor man afleder værdien for et ikke markedsomt gode fra relaterede markedsomsatte goder. Et eksempel er at aflede husejeres betalingsvilje for natur (fx. nærhed til skov eller sø) fra de salgspriser, husejerne reelt har betalt for deres huse (jf. Hasler et al. 2002). Der er imidlertid mange brugs- og ikke brugsværdier som ikke kan kobles til markedsomsatte goder, og til værdisætning af disse goder findes der en række hypotetiske metoder. Disse metoder bygger på direkte interview og spørgsmål om betalingsviljen, bl.a. såkaldt

Contingent Valuation (betinget værdisætning). Andre metoder går ud på, at forskerne opstiller valgsituationer hvor man søger at efterligne almindelige markedssituationer. En af disse metoder er Contingent Ranking. Denne metode afprøves i pilotstudiet.

### **Pilotstudiet**

I pilotstudiet afprøves, om vi kan estimere betalings-viljen for ændrede natureffekter i de dyrkede marker ved Contingent Ranking metoden. Det naturvidenskabelige grundlag for pilotstudiet er et studie af natureffekterne af ændret sprøjtning og gødskning i randzoner i kornmarker (Hald & Lund 1994).

Som led i afprøvningen af spørgematerialet er der udført tre fokusgruppeinterview. Resultaterne fra disse interview har bl.a. vist, at både baggrundsinformation, generelle spørgsmål og de muligheder, der er for rangordning, skal være så enkle som muligt for at sikre en reel forståelse for det gode, der forsøges værdisat. Men samtidig skal der gives tilstrækkelig og objektiv information om de undersøgte natureffekter og omkostningerne. Endelig har fokusgruppe interviewene også vist, at det er væsentligt for rangordningen om pesticider nævnes som årsagsfaktor eller ej. At nævne pesticider medfører, at rangordning ændres i forhold til, hvis pesticider ikke er nævnt, selv om natureffekterne er de samme. Det skyldes, at respondenterne inddrager andre effekter af ændret sprøjtning med pesticider i rangordningen, fx hensynet til egen sundhed, grundvand etc. Disse problemstillinger er uddybet i Schou (2002) og Schou et al. (2002 b).

Pilotstudiet bidrager, sammen med den generelle litteraturanalyse, med en forbedret viden om potentialer og problemer i relation til værdisætning af naturproblemstillinger og komplekse årsags-virknings-sammenhænge, som pesticider repræsenterer. Endvidere vil mulighederne for at anvende benefit transfer blive belyst.

### **Referencer**

Andreasen, C. & N. Kjær (2001) Litteraturreviu vedr. naturvidenskabelige studier af effekterne ved ændret pesticidanvendelse. Upubliceret notat, KVL.

Hald, A.B. & T. Lund (1994): Fire sprøjtefridriftsmetoder af markers randzoner. Konsekvenser for vilde planter, insekter og økonomi. DMU Faglig rapport nr.103, Roskilde.

Hasler B., C. Damgaard, E.H. Erichsen, H.E. Kristoffersen & J.J. Jørgensen(2002): Værdien af skov, sø og naturgenopretning. AKF rapport.

Schou, J (2002) Årsrapport. Upubliceret notat, DMU, Roskilde.

Schou, J. ; P. Kaltoft & B. Hasler (2002) : Valuing biodiversity effects of pesticide use – what does perception of uncertainty mean for survey design? Paper for the conference on risk and uncertainty in Environmental and Ressource Economics. June 5-6, Wageningen.

## Nyt økonomisk værktøj til regulering af transport

Ole Kveiborg

Danmarks Transportforskning, Knuth-Wintherfeldts Allé, 2800 Kgs. Lyngby

### Resumé

Transport er udover at være bindeleddet mellem stort set alle aktiviteter i samfundet, også årsagen til en række problemer. De typiske problemer i relation til transport er *trængsel*, *ulykker*, *støj* og *luftforurening*, eller *eksternaliteter* betegnet under et.

Eksternaliteter opstår når der skabes omkostninger ved en given aktivitet (forbrug, produktion eller lignende) som ikke medtages i valget af denne aktivitet. Dette betyder, at de givne ressourcer ikke udnyttes optimalt. I transport kan dette f.eks. betyde at der gennemføres ture, der skaber større omkostninger for andre (forsinkelser, skader på helbred mv.) end gevinsten ved at turen gennemføres (på den valgte måde).

I det ovenstående ligger en implicit antagelse om at målsætningen for den økonomiske aktivitet i samfundet er at maksimere den gevinst (nytte), der kan opnås ud fra de givne ressourcer. Dette er en målsætning, der både im- og eksplicit anvendes i vurderingen af om et givent tiltag er gunstigt for samfundet. I det følgende antages det, at dette er målsætningen for samfundet.

Et traditionelt økonomisk værktøj, der løser problemet med eksternaliteter og sikrer det optimale niveau af de aktiviteter, der generer eksternaliteterne givet at der ikke er andre markedsfejl, er såkaldte Pigou skatter. Pigou skatten fastsættes optimalt så de er lig med summen af de marginale eksterne omkostninger som en tur (i bil) giver anledning til. Når denne skat/afgift på transport indføres betyder det, at individerne tager genererede eksternaliteter med i deres valg af transportløsning. Dette omtales ofte som, at eksternaliteterne er internaliseret.

Problemet med Pigou skatter er at få fastlagt den optimale størrelse af skatten. Dette kræver, at den centrale myndighed ("Planlæggeren") måler alle individernes præferencer for eksternaliteterne og samt de goder og aktiviteter, der giver anledning til eksternaliteterne. For at kunne sætte de optimale skatter må planlæggeren have perfekt og fuldstændig information.

Dette kompliceres yderligere, når de konstante dynamiske ændringer i samfundet inkluderes. Dette indebærer en kontinuert vurdering af præferencerne og opdatering af Pigou skatterne. Derudover vil planlæggeren være usikker på om præferencerne er målt korrekt eller om de enkelte individer har misrepræsenteret deres præferencer for f.eks. at påvirke planlæggeren til at sætte en lavere skat på lige nøjagtig den tur de efterspørger. Dvs. planlæggeren ved ikke om et optimum rent faktisk er nået, selvom skatterne er baseret optimalt på målte præferencer.

Et alternativ hertil er mekanisme design, og i denne specifikke sammenhæng *kompensations mekanismen* først foreslået i Varian (1994) og generaliseret samt analyseret i relation til transport i Kveiborg (2002b). En kortere sammenfatning findes i Kveiborg (2002a).

Generelt virker mekanismen således at de enkelte trafikanter gives incitamenter til at afsløre deres sande præferencer samt derefter at agere på en samfundsoptimal måde.

Mere specifikt består kompensations mekanismen af to trin., et annonceringstrin (trin1) samt et valgtrin (trin 2).

I trin 1 annoncerer hvert individ hvor meget det vil betale i kompensation for de eksternaliteter, der genereres ved den tur individet efterspørger. Derudover annonceres hvor meget individet selv skal kompenseres for de eksternaliteter, der genereres af de andre individers transportvalg. Disse annonceringer foretages med viden om, hvad konsekvenserne af højere eller lavere annonceringer er for valget af transport og andre varer i trin 2.

I trin 2 vælger individerne, hvor meget transport de vil udføre samt hvor meget af andre varer de vil efterspørge. Dette valg foretages givet en budgetbegrænsning, hvor indtægterne bestemmes af løn samt udbetalte kompensationer fra de andre trafikanter. Udgifterne udgøres af udgiften til transport og andre goder samt kompensationer betalt til andre trafikanter for de eksternaliteter ens valg

medfører. Derudover reduceres indtægten ved et strafled, der sikrer, at annonceringerne af, hvor meget man vil betale i kompensation svarer til det som de andre individer vil have.

Denne kompensations mekanisme sikrer, at individerne annoncerer værdien af en marginal ændring i transport gennemført af de andre trafikanter. Den samlede kompensation, der skal betales bliver derved lig med summen af de marginale eksterne omkostninger genereret af den valgte transport. Dette niveau er ækvivalent med niveauet for Pigou skatterne.

Det vil sige, at det alternative instrument opnår en optimal udnyttelse af ressourcerne. Fordelen ved det nye instrument er at det ikke kræver at en central planlægger skal måle de enkelte individers præferencer samt at det sikrer, at en optimal situation opnås.

Der er dog en række ulemper ved dette instrument. Dels kræver det, at de enkelte individer selv deltager i optimeringsprocessen gennem deres annonceringer. Individerne kan kun lave optimale annonceringer, hvis de har kendskab til deres medtrafikanters ønsker. Denne viden kan opnås gennem gentagelser af den samme situation mange gange (f.eks. pendling til og fra arbejde), ved blot at benytte den realiserede transport i den forgangne periode.

På grund af fordelene og ulemperne ved dels kompensations mekanismen og ved anvendelse af Pigou skatter er det ikke muligt at konkludere entydigt, at den ene er bedre end den anden. Ud fra en teoretisk vinkel virker kompensations mekanismen dog som et lovende instrument.

### **Litteratur:**

Kveiborg, O. (2002a) Using Modern Welfare Economics to Solve Congestion. In Sucharov, L.J., C.A. Brebbia, and F. Benitez (2002) *Urban Transport VIII. Urban Transport and the Environment in the 21<sup>st</sup> Century.*, WIT press, Southampton, UK., pp. 429-439

Kveiborg, O. (2002b) *Regulating Road Transport using Mechanism Design*. Ph.D. thesis, Institute of Economics, University of Copenhagen.

## Økonomisk værdisætning af de samfundsmæssige effekter ved affaldsbehandling

Niels Dengsøe

Danmarks Miljøundersøgelser, Grenåvej 12, 8410 Rønde

### Indledning

Effekterne af de forskellige former for affaldsbehandling på miljø og sundhed har været diskuteret i de fleste vestlige lande i løbet af 1990'erne. Især spørgsmålet, om man bør foretrække genanvendelse eller forbrænding af affaldet med dertil hørende energiudnyttelse, har været centralt i diskussionerne. Til trods for at antallet af undersøgelser ved hjælp af økonomisk værdisætning ('economic valuation') nærmest er eksploderet i de senere år, er der kun gennemført forholdsvis få kvantitative undersøgelser af de samfundsmæssige gevinster og omkostninger ved de forskellige former for affaldsbehandling. Af nyere undersøgelser kan dog nævnes Brisson (1997), COWI (2000a og b) og ECON (2000).

### Prioritering og valg af virkemidler

Økonomiske værdisætningsundersøgelser af effekterne ved affaldsbehandling kan bl.a. bruges til at foretage en prioritering af de forskellige former for affaldsbehandling, som det kommer til udtryk i det såkaldte affaldsbehandlingshierarki. Ifølge dette bør affaldsforebyggelse og -minimering generelt foretrækkes frem for affaldsbehandling, og blandt det affald, der produceres, bør genanvendelse af affaldet foretrækkes frem for forbrænding, der igen foretrækkes frem for deponering af affaldet.

Undersøgelserne kan imidlertid også bruges til at fastsætte den korrekte udformning af slutbehandlingsafgifter på affald. Forud for indførelsen af slutbehandlingsafgifterne på affald i de nordiske lande synes der kun at være foretaget værdisætningsundersøgelser af den norske afgift. Da de gennemførte værdisætningsstudier har afsløret store forskelle i de estimerede værdier for de samfundsmæssige skadesomkostninger ved affaldsbehandling, er det ikke muligt at konkludere entydigt på undersøgelsesresultater i forhold til satserne for afgifterne på slutbehandlingen af affald i de nordiske lande.

### Livscyklusanalyse og økonomisk værdisætning

Med indførelsen af en afgift på deponeringen af affald i Sverige i 2000 er der nu indført en afgift på slutbehandlingen af affald i fire nordiske lande. De nordiske slutbehandlingsafgifter på affald kan opfattes som de nationale beslutningstageres forsøg på at prissætte de samfundsmæssige skadesomkostninger ved affaldsbehandling. En viden om de samfundsmæssige gevinster og skadesomkostninger ved affaldsbehandling er i den forbindelse en vigtig forudsætning for at kunne sikre en korrekt prissætning og dermed give de rigtige incitamenter til at reducere produktionen af affald eller til at genanvende det affald, der produceres.

Blandt de anvendte metoder i en række undersøgelser af miljø- og sundhedseffekterne ved affaldsbehandling, der er identificeret i forbindelse med projekter for henholdsvis Miljøstyrelsen og Nordisk Ministerråd, synes en kombination af en livscyklusanalyse og en økonomisk værdisætningsundersøgelse af udledningerne og restprodukter fra de forskellige affaldsbehandlingsformer at være den bedste fremgangsmåde (se f.eks. Craighill og Powell (1996) og van Beukering *et al.* (1999/2000)).

### Manglende viden og usikkerhed

De mange forskellige udledninger og restprodukter, der er forbundet med genanvendelse, forbrænding eller deponering, gør, at det generelt er vanskeligt at kvantificere de samlede miljø- og sundhedseffekter ved de forskellige former for affaldsbehandling. Endvidere er det forbundet med en ikke ubetydelig usikkerhed at gennemføre en økonomisk værdisætning af effekterne pga. den mangelfulde kvantificering af udledningerne og restprodukterne ved affaldsbehandling og pga. vanskelighederne med at opgøre de samfundsmæssige skadesomkostninger ved udledningerne og restprodukterne.

## 'Benefit transfer'

Da det er forbundet med mange ressourcer (tid og penge) at gennemføre originale værdisætningsundersøgelser af befolkningernes vurdering af effekterne ved affaldsbehandling, er en simpel og ofte anvendt løsning at overføre eksisterende værdier fra undersøgelser, der er gennemført i andre lande eller for andre sektorer (f.eks. energi og transport). Benefit transfer kan gennemføres som overførslen af simple estimater fra et enkelt studie eller et gennemsnit af eksisterende studier. En mere avanceret måde er dog at overføre de funktioner, der er blevet anvendt til at beregne estimaterne. Listen over faktorer, der skal korrigeres for i forbindelse med overførsler af værdier fra et land/område til et andet kan imidlertid blive meget lang. Det er derfor vigtigt, at man ikke har urealistiske forventninger til, hvad man kan opnå ved at overføre eksisterende værdier for miljø- og sundhedseffekter fra undersøgelser af bl.a. affaldsbehandling i andre lande til danske forhold. Ifølge Desvousges *et al.* (1998) er overførslen af eksisterende estimater til brug for fastsættelsen af udledningsafgifter imidlertid den form for benefit transfer, der kræver den største nøjagtighed.

## Borgerdeltagelse

Et af problemerne med mange værdisætningsundersøgelser er endvidere, at 30-40 pct. af de adspurgte af forskellige grunde svarer, at deres betalingsvillighed er 0! En måde at reducere dette antal på kunne f.eks. være at øge de adspurgtes informationsniveau ved hjælp af en såkaldt 'deliberative approach to environmental valuation' (se f.eks. Spash (2001)). Metoden bygger bl.a. på en øget form for borgerdeltagelse, som det f.eks. har været praktiseret i forbindelse med Teknologirådets konsensuskonferencer.

## Referencer

- Brisson, Inger E. (1997), *Externalities in Solid Waste Management: Values, Instruments and Control*, (SØM publikation nr. 20), København: AKF Forlaget
- COWI Consulting Engineers and Planners AS (2000a), *A Study on the Economic Valuation of Environmental Externalities from Landfill Disposal and Incineration of Waste*, (Final Main Report), European Commission, DG Environment
- COWI Consulting Engineers and Planners AS (2000b), *A Study on the Economic Valuation of Environmental Externalities from Landfill Disposal and Incineration of Waste*, (Final Appendix Report), European Commission, DG Environment
- Craighill, Amelia L. og Jane C. Powell (1996), 'Lifecycle assessment and economic evaluation of recycling: a case study', *Resources, Conservation and Recycling*, **17**, 75-96
- Desvousges, William H., Johnson, F. Reed og H. Spenser Banzhaf (1998), *Environmental Policy Analysis with Limited Information. Principles and Applications of the Transfer Method*, Cheltenham, UK: Edward Elgar
- ECON Senter for økonomisk analyse (2000), *Miljøkostnader ved avfallsbehandling*, (Rapport 85/00), Oslo: ECON Senter for økonomisk analyse
- ECON Senter for økonomisk analyse (2001), *Utslippsavgift på forbrenning av avfall*, (Rapport 28/01), Oslo: ECON Senter for økonomisk analyse
- Spash, Clive (2001), *Deliberative Monetary Valuation*, paper for presentation at 5th Nordic Environmental Research Conference, Aarhus, Denmark, 14th-16th June (<http://www.au.dk/~cesamat/ecolo-papers.html>)
- Van Beukering, Pieter, Dobson, Philippa, Heyde, Michael, Nurrenbach, Till, Oosterhuis, Frans, Ponsford, Carolyn, Spaninks, Frank og Michael Sturges (1999/2000), *The Multiple Pathway Method. A guide to the application of the methodology developed through the research project: A Combined Methodology to Evaluate Recycling Processes based on Life Cycle Assessment (LCA) and economic Valuation Analysis (EVA)*, (A part EU funded multi-national R&D project, European Commission Directorate General XII Science, Research and Development, Environment and Climate Programme 1994-1998 (ENV4-CT95-0091), Leatherhead, Surrey (UK): Pira International



## Regionale fordelingsvirkninger af miljø- og energiafgifter

Henrik Klinge Jacobsen

Risø, Afd. for Systemanalyse, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

### ***Miljøafgifter har fordelingseffekter i lighed med andre afgifter og skatter.***

Danmark har indført en lang række miljøafgifter og provenuet af disse afgifter udgør efterhånden et betydeligt bidrag til de samlede offentlige indtægter. Provenuet udgør i dag omkring 10% af de samlede offentlige skatte- og afgiftsindtægter.

En af de problemstillinger der knytter sig til den øgede vægt på miljøafgifter er de fordelingsmæssige virkninger af afgifterne. Internationale resultater peger på en regressiv virkning af specielt energiafgifterne og der er ligeledes tidligere resultater for Danmark der peger i samme retning.

I et projekt finansieret af energistyrelsens Energiforskningsprogram EFP, har Risø i samarbejde med Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) og Amternes og Kommunernes Forskningsinstitut (AKF) gennemført en empirisk analyse af fordelingskonsekvenser af diverse miljøafgifter. Analysen baserer sig på et meget omfattende datamateriale og en sammenkædning af forskellige datakilder i form af Danmarks Statistiks forbrugsundersøgelse, Lovmodeldata samt input-output matricer fra Danmarks Statistik.

Projektet tager udgangspunkt i de direkte såvel som de indirekte afgiftsvirkninger der optræder via forbrugernes køb af dansk producerede varer. Hovedformålet med analysen er at se på afgiftsbelastning for indkomstgrupper i samfundet. Derudover analyseres muligheden for en ulige belastning af samfundsgrupper baseret på bopæl, familiestørrelse eller socioøkonomisk gruppering. Dette emne vil blive belyst gennem nærværende indlæg.

De eventuelle konsekvenser af afgifterne gennem beskæftigelses- og indkomst-påvirkninger er ikke inddraget i analysen. Det samme gælder de eventuelle fordelingsvirkninger af de formodede positive miljøeffekter fra afgifterne.

### ***Resultaterne peger på en regressiv virkning af miljøafgifter***

Miljøafgifter er som gennemsnit regressive afgifter. Hvis der ses på belastningen af indkomstdeciler (personer inddelt i 10 grupper med lige mange personer og efter stigende husstandsindkomst) udgør afgiften en faldende andel af den disponible indkomst med stigende indkomst. De laveste indkomstgrupper bruger 10,1% af den disponible indkomst på miljøafgifter, mens den tilsvarende andel for den højeste indkomstgruppe er 7,1%. I gennemsnit anvender husholdningerne 8,1% af deres disponible indkomst til miljøafgifter. Hovedparten af afgiftsbelastningen kan henføres til den direkte afgift (7%), mens den indirekte betaling kun udgør en mindre del (1,1%).

Virkningen af forskellige miljøafgifter varierer betydeligt med bosættelsesmønsteret

Der er en betydelig forskel på virkningen af forskellige miljøafgifter. Dette gælder både mht. typen af afgift samt afhængigt af hvor husholdningerne er bosat.

Hvis afgifterne inddeles i tre hovedkategorier, bilrelaterede afgifter (benzin-, registrerings-, vægt- og udligningsafgift), grønne afgifter (vand, CO<sub>2</sub>, pesticid, emballage mv.) samt energiafgifter er der betydelig forskel i afgiftsprofilen set over indkomstdecilerne.

Bilafgifters belastning af husholdningerne stiger med indkomst, mens belastningen fra både grønne afgifter og energiafgifter falder med indkomsten. Da bilafgifterne udgør en så betydelig del af de samlede miljørelaterede afgifter fås en kun svagt regressiv tendens af de samlede miljøafgifter.

## ***Energiafgifter og afgift knyttet til opvarmning varierer betydeligt geografisk i Danmark***

Opvarmning betragtes i lighed med vand og el som et basalt forbrugsgode. Afgift knyttet til opvarmning er om helhed regressiv, men der er nogen variation mellem afgifter som følge af forskellig udbredelse af opvarmningsformer. Her er den betydelige forskel mellem opvarmningskilder i landområder og i byområder en væsentlig faktor, men denne forstærkes af afgiftsstrukturen i Danmark der i højere grad belægget fyringsolie og elvarme med afgift end fjernvarme og til dels naturgas.

Elvarme har sin højeste udbredelse i høj-indkomstgrupper, ligesom naturgas også er mere udbredt i denne indkomstgruppe. Dette modsvares af en større udbredelse af fjernvarme blandt de lavere indkomstgrupper. Derfor vil afgift på elvarme og naturgas belaste højindkomster mest, hvor en højere afgift på fjernvarme vil belaste lavere indkomster i højere grad. For samlet opvarmning er afgifterne af regressiv virkning svarende omtrent til virkningen af grønne afgifter og energiafgifter som gennemsnit.

For landbefolkningen er det uheldigt med de højere afgifter på fyringsolie og dette modsvares kun til dels af afgiftsfriheden for biomasse som halm og træpiller mv. Da indkomstvariationen i landområderne er af næsten samme omfang som i byerne vil specielt lavindkomstfamilier i landområder blive hårdt belastet af energiafgifterne.

En yderligere skæv belastning af befolkningsgrupper knytter sig til transportbehov og bosætning. Jo længere ud på landet man kommer des mere er husholdningerne belastet af afgifterne, da alternativerne til befording med personbil nærmest er ikke eksisterende.

Den højere afgiftsbelastning af folk bosat i landområder er selvfølgelig også relateret til en større miljøbelastning i og med energiforbruget er højere. Denne sammenhæng er dog ikke entydig for selv om CO<sub>2</sub> belastningen er højere i landområder er der betydelige dele af miljøeffekterne, der i højere grad er knyttet til lokal forurening. Således vil energiforbrug der resulterer i høj lokal partikel emission have større negative miljøeffekter i tæt befolkede områder i forhold til på landet.

Afslutningsvis må det anføres at miljøafgifters fordelingsmæssige effekt ikke bør vurderes uafhængigt af den positive miljøeffekt og de effekter der optræder via beskæftigelses og indkomstændringer.

## Videnskab og politik - om vilkårene for videnskabelig rådgivning i et politisk system

Peder Agger

Roskilde Universitetscenter, 4000 Roskilde

### **Indledning**

I en stadig mere kompleks og globaliseret verden øges behovet for troværdig videnskabeligt baseret rådgivning. Samtidigt skrider videnskabens grænser både mht. hvem der skaber viden og mht. videnskabens monopol på at levere en værdifri beskrivelse af verden. Naturrådets historie viser, at det er en udfordring både for det politiske system og for videnskaben.

### **Fra naturfredning til bæredygtighed**

Ligesom i mange andre lande, hvor industrialiseringen og et stadigt mere effektivt jordbrug vandt frem, voksede en bekymring for natur og landskab i Danmark frem i 1800-tallet. På det naturvidenskabelige fakultet på universitetet i København dannedes forskellige naturhistoriske selskaber, som i 1905 gik sammen om at danne "Udvalget for Naturfredning". Udvalget bidrog til at øge opmærksomheden for naturen og landskabet, der sammen med en stigende interesse for at fremme friluftslivets muligheder førte til vedtagelsen af den første Naturfredningslov i 1917. Blandt meget andet indeholdt denne lov en bestemmelse om, at der skulle nedsætte et Naturfredningsråd, som kunne rådgive myndighederne i fredningssager (Madsen 1979).

Under skiftende navne og varierende sammensætning har rådet bestået lige siden (se dog nedenfor). Og det dobbelte formål, på en gang at beskytte naturen og fremme friluftslivet har eksisteret lige så længe, i dag formuleret i udtrykket "at benytte og beskytte". Myndighedernes behov for rådgivning, har dog på andre måder undergået markante ændringer. Især har hele miljøreformen i 1970'erne og de efterfølgende år ført til kraftig vækst i myndighedernes egen kompetence. Med hundredevis af biologer, geografer og landskabsarkitekter indenfor egne fagkontorer og forskningsafdelinger faldt behovet for faglig bistand udefra. Til gengæld voksede behovet for en fagligt-politisk rådgivning.

Efter et interregnum i midten af 1990'erne, hvor det siddende råd (Naturbeskyttelsesrådet) i mangel på seriøse opgaver lagde sig skindød, nedsatte den daværende miljø- og energiminister et nyt råd i februar 1998. Ved revisionen fik rådet både nyt navn, struktur og øgede midler samt et ændret kommissorium. Hvor forgængeren havde bestået af 12 medlemmer valgt fra universiteter og højere læreranstalter, samt et halvt årsværks sekretærbistand fra Skov- og Naturstyrelsen, kom Naturrådet nu til at bestå af fire vismænd, serviceret af et sekretariat på 6-7 personer og fulgt af et repræsentantskab på 40 medlemmer, som bredt repræsenterede myndigheder, erhvervs- og interesseorganisationer samt dele af videnskaben som supplement til vismændenes faglighed.

Med denne indretning var det klart, at man havde taget bestik af Det Økonomiske Råd, som efterhånden med stor succes, havde bidraget til den fagligt-politiske debat på et tilgrænsende område i mere end 25 år. Dette hentydes der da også til i Naturrådets kommissorium, hvis centrale del lyder:

Naturrådet skal være med til at sætte dagsordenen for debatten om en bæredygtig udvikling af naturen og landskabet og sikre at disse emner får samme placering i samfundsdebatten som f.eks. økonomi.

### **Fra objektivitet til oplyst subjektivitet**

Om ikke før så i hvert fald med dette kommissorium blev det slået fast, at rådgivning om naturbeskyttelse og friluftsliv ikke svæver i et objektivt videnskabeligt univers men indgår i en politisk kontekst. Det bliver den ikke mindre berettiget af, men det kræver en anden adfærd af rådet, såvel som af det politisk-administrative system, der vil betjene sig af det.

For det første må rådet blive bevidst om sin egen rolle og gøre op med den illusion om videnskabens objektivitet, som endnu eksisterer i vide kredse. Objektivitet er et ideal man kan

stræbe efter, men det eksisterer ikke i den virkelige verden, end ikke "videnskabelige facts" kan tages for rent objektive. Enten er der tale om, hvad der kan kaldes 'institutional facts' dvs. omstændigheder, der er en bred enighed om, men som dog kan diskuteres, eller om 'crude facts' der selvom de er indiskutable så dog altid indgår i en eller anden samfundsmæssig og dermed værdiladet kontekst (Turner & Wynne 1992).

Naturrådet prøvede i stedet for idealet om objektivitet at henholde sig til idealet om oplyst (og uafhængig) subjektivitet. Dvs. ikke pretendere objektivitet, men i stedet stå ved grundlaget for rådgivningen ved at lægge præmisserne åbent og gennemskueligt frem. Dette være sagt naturligvis med den tilføjelse, at rådgivningen eller rettere rådgiverne så vidt muligt skal være uafhængige, og at rådgivningen så vidt muligt skal være videnskabsbaseret, helt ned til der hvor den videnskabelige diskussion hører op og politikken må tage over (Kærsgård 1996).

### ***Fra videnskab til politik***

For politikerne stilles der også krav om en større redelighed. Måden hvorpå viden bliver brugt i komplekse spørgsmål kan bedst betegnes som politisk kamp, eller i det mindste brugt til en konfrontation af forskellighed i problemopfattelse, til en måde at forhandle på og en støtte til dannelse af alliancer (Veld 2000). Den videnskabelige kittel forsøges ofte brugt til at legitimere politisk handlen eller afståelse fra at gøre noget. Derfor er videnskabens rolle til stadig diskussion. Den er det så meget des mere i det moderne komplekse samfund, hvor viden skabes mange andre steder end i elfenbenstårnet, f.eks. i mere eller mindre uafhængige ministerielle forskningsinstitutioner, i konsulentfirmaer, i fagkontorer etc.

Helt op til overfladen har politiseringen været i forløbet omkring Naturrådet, og den siddende regerings beslutning om at nedlægge det. Den 11 januar blev vismændene frataget deres instruktionsbeføjelser overfor sekretariatet, hvis ansatte blev enten overført til andet arbejde eller fyret. Rådets lokaler blev efterfølgende overtaget af det Institut for Miljøvurdering, som samtidigt blev vedtaget efter en hastebehandling i Folketinget.

Dette forløb skete ikke uden protester. Naturrådet har nægtet at lade sig nedlægge. De fire vismænd har besluttet at fortsætte arbejdet, så godt de kan, og i hvert fald indtil de ved årets udgang har afholdt en statuskonference over regeringens naturpolitik. I Folketinget var der megen debat om, hvad der måtte være argumenterne for Naturrådets nedlæggelse og Miljøvurderingsinstitutets oprettelse. Den samlede opposition stillede ligefrem beslutningsforslag om, at Naturrådet skulle genoprettes.

På intet tidspunkt er der fra regeringens side offentligt givet udtryk for, at det var kvaliteten af Naturrådets arbejde der var noget i vejen med. Den holdning man frembærer går i retning af, at man er nødt til at prioritere, og råd på det naturpolitiske område er ikke det man fra regeringens side føler sig mest i bekneb for. Så mummespillet fortsætter. I hvert fald er der noget der tyder på, at de videnskabeligt rådgivende organer vil blive nedlagt og oprettet i takt med de skiftende regeringer. Det er naturen og demokratiet næppe tjent med.

### ***Referencer:***

Kærsgård(1996): Økonomiske vismænd – politiserende økonomer eller objektive eksperter. Nationaløkonomisk Tidsskrift 134: 113-128.

Madsen,F.K.(1979): Naturfredningssagens historie I Danmark. Odense Universitetsforlag.

Turner,G. and B.Wynne (1992): Risk communication. In Durant,J.(ed.): Biotechnology in public – a review of recent research. Science Museum for the European Federation of Biotechnology. Pp 109-141

Veld,R.J.(ed.): Willingly and Knowingly – the roles of knowledge about nature and the environment in policy processes. RMNO, Advisory Council for Research on Nature and the Environment. 2000, Lemma Publ. infodesk@lemma.nl

## POSTER

**Biodiversitetsbeskyttelse og økonomi – en effektivitetsanalyse**Niels Strange<sup>1</sup>, Jacob Kahl Jepsen<sup>1</sup>, Carsten Rahbek<sup>2</sup> og Mette Palitzsch Lund<sup>2</sup><sup>1</sup> KVL, Institut for Økonomi, Skov og Landskab, Rolighedsvej 23, DK-1958 Frederiksberg C.<sup>2</sup> Zoologisk Museum, Universitetsparken 15, DK-2100 København Ø.**Indledning**

I det sidste århundrede er arealanvendelsen i Danmark ændret, således at levesteder for dyr og planter er reduceret kraftigt. Det har ført til en øget indsats for at beskytte biodiversiteten i Danmark - en indsats vi også har forpligtiget os til gennem ratificering af internationale konventioner om biodiversitetsbeskyttelse. Den danske forvaltning af naturbeskyttelse er for nylig blevet kritiseret af OECD (1999) for at:

- Mangle en overordnet strategi om beskyttelse af biodiversitet
- Fravær af monitorings- og prioriteringsredskaber.

Naturforvaltningsindsatsen har store omkostninger. Det Økonomiske Råd har beregnet at den offentlige sektor årligt anvender omkring 2.5 mia. kr. på naturforvaltning. Derudover følger de indirekte omkostninger landbruget og skovbruget pålægges af den offentlige regulering. Der er begrænsede midler til naturforvaltning, og derfor må der prioriteres. Spørgsmålet er blot efter hvilke principper bør der prioriteres? Denne poster illustrerer et eksempel på et princip, der sikrer at biodiversitetsmål nås med færrest mulige økonomiske midler. Posteren viser at med ganske enkle værktøjer kan den danske naturforvaltning nå sine mål på en samfundsøkonomisk hensigtsmæssig måde. Dette giver yderligere mulighed for at forbedre naturbeskyttelsen uden at tilføre flere midler, og derved uden at det går ud over andre områder i velfærdsstaten. Tilsvarende danske analyser er tidligere præsenteret i Lund og Rahbek (2000) og Jepsen og Sørensen (2001).

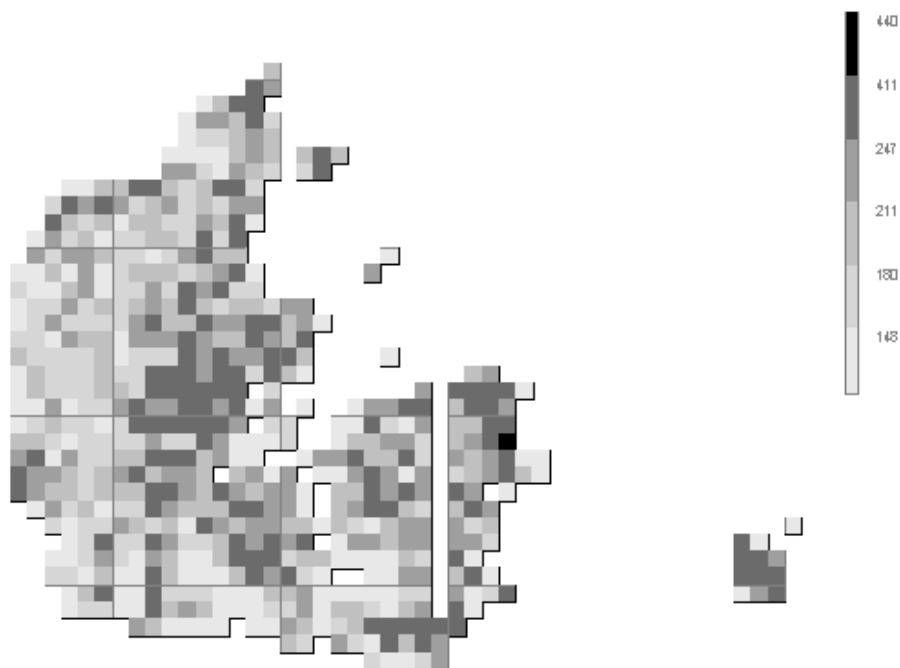
**Metode**

Danmark inddeles i et kvadratgridnet på 10 x 10 km. Vi anvender Atlas data for 763 land- og ferskvandslevende arter (figur 1). Inden for hver celle er landarealet blevet yderligere stratificeret i tre kategorier: Beskyttede områder (NBL §3-områder, Arealfredninger, EF- habitat og fuglebeskyttelsesområder), By- og sommerhuszone og ikke-beskyttede områder (typisk landbrugsjord). Stratificeringen inden for kvadratet er foretaget ved brug af AIS (Areal Information System).

Vi anvender statistisk materiale over priser på indgåede handler af jordbrugsejendomme til at beregne en opkøbspris ved beskyttelse af naturområder i de enkelte kvadrater (Danmarks Statistik 2001).

Hvis naturforvaltningen skal være effektiv er det vigtigt at belyse, hvor godt det eksisterende system af naturforvaltede områder er til bevarelse af den biologiske mangfoldighed, og hvordan man mest hensigtsmæssigt kan supplere det eksisterende netværk. Det spørgsmål kan besvares ved en såkaldt gap analyse. Analysen går i korthed ud på at sammenholde eksisterende naturforvaltede arealer med data for artsudbredelser. Derved kan 'huller' (gaps) i netværket identificeres.

Til udpegning af den mest effektive beskyttelsesstrategi bruges software programmet WORLDMAP (Williams 1999).



Figur 1. Intensiteten af registrerede arter fordelt på 633 kvadrater á 100 kvadrat km. Her vises resultatet af sammenføringen af de hidtidige digitaliserede registreringer af atlasundersøgelserne. Det biologiske data udgør 763 land- og ferskvandslevende arter, hvilket er knap 3 % af Danmarks anslåede 30.000 arter. Det ses af figuren, at der er en tendens til en øget artsdiversitet fra vest gående mod øst.

### Resultater

Ifølge vores antagelse anser vi kvadrater med >30 % naturforvaltet areal for naturforvaltede og arterne i de pågældende kvadrater for beskyttede. Der forekommer 171 kvadrater, hvor mere end 30 % af arealet er naturforvaltet, og indenfor disse beskyttes sammenlagt ca. 97 % af alle registrerede arter i analysen. Den billigste udvidelse af netværket således at de resterende arter kan antages for beskyttede involverer opkøb af arealer i 16 kvadrater til en samlet pris på ca. 2 milliarder (figur 2).



Figur 2: Gap analyse af det eksisterende netværk af naturforvaltede områder. Her præsenteres det billigste opkøb af arealer til naturforvaltning der sikrer beskyttelse af alle arter indenfor 30 % naturforvaltede områder. De lysegrå kvadrater repræsenterer det eksisterende netværk, der opfylder 30 % kriteriet. De sorte og mørkegrå kvadrater er kvadrater hvor der kræves en udvidelse af det naturforvaltede areal.

De biologiske data er baseret på lånte data fra atlasundersøgelser i Danmark. Tak til H. Baagøe (flagermus), K. Fog (padder & krybdyr), M. Grell og Dansk Ornitologisk Forening (fugle), S. Kaaber (sværmer & spindere), O. Martin (smældere), M. Stolzte (dagsommerfugle).

### **Referencer**

Danmarks Statistik 2001. Danmarks Statistik databank. <http://www.dst.dk>.

Jepsen, J.K. og Sørensen, C.K. 2001. Brug af algoritmer som redskab til evaluering og planlægning af naturbeskyttelse. Specialrapport ved Institut for Økonomi, Skov og Landskab, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, 124 pp.

Lund, M.P. og Rahbek, C. 2000. En kvantitativ biologisk analyse af dansk naturforvaltning med fokus på biologisk mangfoldighed. Arbejdsrapport 2000:1, Det Økonomiske Råds Sekretariat, 65 pp.

OECD 1999. Environmental performance reviews (1<sup>st</sup> cycle). Conclusions and recommendations 32 countries. OECD, 299 pp.

Williams, P.H. 1999. WORLDMAP 4 WINDOWS: software and help document

4.1. London: distributed privately and from <http://www.nhm.ac.uk/science/projects/worldmap/>.





Program for Natur- og Miljøforskningskonferencen  
H.C. Ørsted Institutet den 22.-23. august 2002

<b>Torsdag den 22. august 2002</b>				
09:00-10:00	Registrering, ophængning af posterpræsentationer, kaffe/the m.v.			
10:00-10:30	Åbning af konferencen ved Miljøminister <b>Hans Christian Schmidt</b> samt 2 velkomsttaler á 10 min. ved direktør <b>Sten Nørskov Laursen</b> , Fyns amt og direktør <b>Henrik Sandbech</b> , Danmarks Miljøundersøgelser			
10:30-11:30	Fælles indledningssession: (2 fagligt-filosofiske indlæg á 20 min., fulgt af 20 min. diskussion)  <i>"Miljø- og Natur - mellem forskningens og politikens Scylla og Charybdis"</i> ved <b>Per Christensen</b> , professor ved Ålborg Universitet og vismand i Naturrådet  <i>"Det misantropiske versus det kyniske natursyn"</i> ved <b>Jens Morten Hansen</b> , adjungeret professor ved Københavns Universitet og direktør i Forskningsstyrelsen			
11:30-13:00	Frokost/posterpræsentationer			
13:00-15:15	Session 1 <b>Biodiversitet og naturkvalitet i det danske landskab</b>  (Auditorium 1)	Session 2 <b>Natur og miljø i søer og vandløb</b>  (Auditorium 2)	Session 3 <b>Økotoxikologi og risikovurdering i jord og vand</b>  (Auditorium 3)	Session 7 <b>Miljøøkonomi, miljøsociologi, integrerede analyser og indikatorer</b>  (Auditorium 4)
15:15-15:45	Kaffepause			
15:45-17:30	Session 1 (fortsat)	Session 2 (fortsat)	Session 3 (fortsat)	Session 7 (fortsat)
19:00-23:00	Konferencemiddag			

<b>Fredag den 23. august 2002</b>				
09:00-10:55		Session 4 <b>Natur og miljø i fjord og hav</b>  (Auditorium 2)	Session 5 <b>Luft, miljø og sundhed</b>  (Auditorium 3)	Session 6 <b>Effekter af globale miljø- og klimaforandringer</b>  (Auditorium 4)
10:55-11:20	Kaffepause			
11:20-13:00	Session 3 (fortsat) <b>Økotoxikologi og risikovurdering i vand</b>  (Auditorium 1)	Session 4 (fortsat)	Session 5 (fortsat)	Session 6 (fortsat)
13:00-14:00	Frokost/posterpræsentationer			
14:00-15:00	Afslutningssession (7 journalistiske indlæg á 2:30 min. fulgt af 30 min. diskussion, samt afrunding ved arrangementskomitéen)			

Hver af de faglige sessioner indledes af en inviteret miljøjournalist, som giver en vurdering af de indsendte bidrag og fortæller om sin forventning til sessionen. Derefter er der mulighed for en kort replik. Varighed i alt 15 min. Der er afsat 20 min. til hvert foredrag, incl. tid til diskussion. Der er i alt accepteret 105 bidrag, fordelt på 78 foredrag og 27 posters. Posterpræsentationer må maksimalt fylde 120 cm x 120 cm.

**Torsdag den 22. august 2002 kl. 13:00-17:30**  
**Auditorium 1**

<b>Session 1 Biodiversitet og naturkvalitet i det danske landskab</b>			
Ordstyrere: Jesper Fredshavn/DMU, Christian Tønnesen/Fyns Amt og Karsten Raulund Rasmussen/FSL			
13:00-13:15	<b>Indledning</b> ved freelance journalist Jan Skriver		
13:15-13:35	ALMaSS – landskabsøkologiske modeller i naturforvaltning	Chris Topping, Peter Odderskær og Jane Uhd Jepsen DMU, Afd. for Landskabsøkologi	1.1
13:35-13:55	Hvor galt står det til med naturen i det åbne land? - resultater fra Danmarks længste tracéstudie	Signe Nepper Larsen, Martin Vestergaard og Ole Geertz-Hansen COWI A/S	1.2
13:55-14:15	Kan vi forudsige sandsynligheden for specifikke økologiske scenarier?	Christian F. Damgaard DMU, Afd. for Terrestrisk Økologi	1.3
14:15-14:35	Naturen i det agrare Landskab - et historisk bidrag til landskabsanalyse og -vurdering	Bernd Münier <sup>1</sup> , Pia Frederiksen <sup>1</sup> , Bent Odgaard <sup>2</sup> og Jørgen R. Rømer <sup>3</sup> <sup>1</sup> DMU, Afd. for Systemanalyse <sup>2</sup> Aarhus Universitet <sup>3</sup> Hasseriis Gymnasium	1.4
14:35-14:55	Naturplaner som metode til at identificere agerlandets naturkvaliteter	Knud Tybirk DMU, Afd. for Landskabsøkologi	1.5
14:55-15:15	Naturkvalitet i strandenge, moser og overdrev i Fyns amt	Erik Vinther <sup>1</sup> Henrik Tranberg <sup>2</sup> , Nina Kjær Pedersen <sup>1</sup> og Rasmus Ejrnæs <sup>3</sup> <sup>1</sup> Fyns Amt <sup>2</sup> Naturconsult <sup>3</sup> DMU, Afd. for Landskabsøkologi	1.6
15:15-15:45	<b>Kaffe/the</b>		
15:45-16:05	Referencebaseret naturkvalitetsvurdering over internettet	Rasmus Ejrnæs DMU, Afd. for Landskabsøkologi	1.7
16:05-16:25	Betydningen af genetisk modificerede afgrøder for biodiversiteten og naturindholdet i agerlandet	Niels Elmegaard, Beate Strandberg og Marianne Bruus Pedersen DMU, Afd. for Terrestrisk Økologi.	1.8
16:25-16:45	Genetiske aspekter af habitatfragmentering og udsætning hos løvfrø, <i>Hyla arborea</i> , belyst ved hjælp af variation i DNA-mikrosatellitter. Preliminære resultater	Liselotte Wesley Andersen <sup>1</sup> , Kåre Fog <sup>2</sup> og Christian F. Damgaard <sup>3</sup> , <sup>1</sup> DMU, Afd. for Kystzoneøkologi, <sup>2</sup> 3670 Veksø, <sup>3</sup> DMU, Afd. for Terrestrisk Økologi	1.9
16:45-17:05	DanBIF - Danmarks nationale knudepunkt for GBIF (Global Biodiversity Information Facility)	Henrik Enghoff og Isabel Calabuig, DanBIF, c/o Zoologisk Museum, Københavns Universitet	1.10
17:05-17:30	<b>Diskussion</b>		

## Torsdag den 22. august 2002 kl. 13:00-17:30

### Auditorium 2

<b>Session 2 Natur og miljø i søer og vandløb</b> Ordstyrere: Kurt Nielsen/DMU, Poul Nordemann Jensen/Århus Amt og Kaj Sand-Jensen/KU			
13:00-13:15	<b>Indledning</b> ved journalist Pauli Andersen, Berlingske Tidende		
13:15-13:35	Nitrat i vand under skove	Per Gundersen, Karin Hansen, Annemarie Bastrup-Birk, Inger K. Schmidt, Lars Bo Pedersen, Ingeborg Callesen, Lars Vesterdal og Karsten Raulund Rasmussen Forskningscentret for Skov & Landskab	2.1
13:35-13:55	Fosfor i åer, søer og fjorde: Hvad betyder landbruget som forureningskilde?	Brian Kronvang, Ruth Grant og Hans L. Iversen DMU, Afd. for Ferskvandsøkologi	2.2
13:55-14:15	Landbrugets fosforbidrag til Mariager Fjord – transportveje og indsatsmuligheder?	Lisbeth Wiggers Århus Amt, Natur og Miljøkontoret	2.3
14:15-14:35	Vandrammedirektivet – kan implementeringen blive lettere?	Hanne Kaas og Merete Styczen DHI - Institut for Vand og Miljø,	2.4
14:35-14:55	Habitater i vandløb	Morten Lauge Pedersen og Nikolai Friberg DMU, Afd. for Ferskvandsøkologi	2.5
14:55-15:15	Habitatmodeller kan anvendes ved vandløbsplanlægning	Flemming Møhlenberg, Jørgen K. Jensen og Flemming Hansen DHI – Institut for Vand og Miljø	2.6
15:15-15:45	<b>Kaffe/the</b>		
15:45-16:05	De fysiske forhold i mindre vandløb - tilstandsvurdering som praktisk redskab i kommunernes planlægning	Erik Jørgensen Hedeselskabet	2.7
16:05-16:25	Restaurering af Furesøen	Morten Jepsen, Peter Bandholtz Jørgensen og Ida Dahl-Nielsen Frederiksborg Amt	2.8
16:25-16:45	Udsætning af geddeyngel som redskab i restaurering af uklare søer: to mulige årsager til ringe effekt	Christian Skov, Søren Berg og Lene Jacobsen Danmarks Fiskeriundersøgelser, Afdeling for Ferskvandsfiskeri	2.9
16:45-17:05	Benthisk og pelagisk mikroalgeproduktion i to lavvandede søer med forskellig næringsstofindhold	Lone Liboriussen og Erik Jeppesen DMU, Afd. for Ferskvandsøkologi	2.10
17:05-17:25	Brakvandssøer: Struktur og funktion	Martin Søndergaard, Erik Jeppesen, Susanne Amsinck, Jens Peder Jensen, Torben L. Lauridsen, Frank Landkildehus og Kurt Nielsen DMU, Afd. for Ferskvandsøkologi	2.11
17:25-17:30	<b>Diskussion</b>		

Posterpræsentationer Session 2 Natur og miljø i søer og vandløb			
	Bestemmelse af Søers Historiske Udvikling	Peer Bo Mortensen, Louise Schlüter, Arne Jensen DHI – Institut for Vand og Miljø	P2.1
	Development of the cladoceran community in Dallund Sø, Denmark, during the last 7000 years – based on macrofossils in the sediment	L. Johansson <sup>1</sup> , E. Bradshaw <sup>2</sup> , E. Jeppesen <sup>1</sup> og Peter Rasmussen <sup>2</sup> <sup>1</sup> DMU, Afd. for Ferskvandsøkologi <sup>2</sup> GEUS	P2.2
	Distribution and Ecology of <i>Cladocera</i> in Brackish Lakes – Evidence from Surface Sediments	Susanne Lildal Amsinck, Erik Jeppesen, og Frank Landkildehus DMU, Afd. for Ferskvandsøkologi	P2.3
	Lake restoration by aluminium addition – a full scale experiment	Kasper Reitzel <sup>1</sup> , Jonas Hansen <sup>1</sup> , Frede Ø. Andersen <sup>1</sup> , Henning S. Jensen og Kjeld S. Hansen <sup>2</sup> <sup>1</sup> Syddansk Universitet, Biologisk Institut <sup>2</sup> Fyns Amt	P2.4
	Erfaringer fra restaurering og pleje af Kollelev Mose	Erik Jørgensen og Søren Gabriel Hedeselskabet	P2.5
	Multivariate analysis of phytoplankton communities in 37 Danish lakes studied during 12 years	J. P. Jensen, E. Jeppesen og R. Bjerring Olsen DMU, Afd. for Ferskvandsøkologi	P2.6
	Multivariate analysis of rotifer communities in 35 Danish lakes studied during 7 years	R. Bjerring Olsen, J. P. Jensen og E. Jeppesen DMU, Afd. for Ferskvandsøkologi	P2.7
	Grødeskæring reducerer invertebratsamfundenes artsdiversitet	Lars-Henrik Heckmann DMU, Afd. for Ferskvandsøkologi	P2.8

## Torsdag den 22. august 2002 kl. 13:00-17:30

### Auditorium 3

#### Session 3 Økotoksikologi og risikovurdering i jord og vand

Ordstyrere: Hans Løkke/DMU, Nils Bull/Kbh.s. Amt og Alex Sonnenborg/GEUS og Poul Bjerregaard/SDU

13:00-13:15	<b>Indledning</b> ved journalist Erik Sander, Danmarks Radio		
13:15-13:35	Assessing risks of chemicals to ecological systems – can we do it?	Valery E. Forbes Roskilde Universitetscenter, Institut for Biologi og Kemi	3.1
13:35-13:55	Kobberforurennet jord: Hvordan vurderer man farligheden?	Marianne Bruus og Janeck J. Scott-Fordsmænd DMU, Afd. for Terrestrisk Økologi	3.2
13:55-14:15	Partiel rangordning på baggrund af QSAR genererede data. Et værktøj til prioritering af kemikalier	Lars Carlsen <sup>1</sup> , Peter B. Sørensen <sup>2</sup> og Dorte B. Lerche <sup>2</sup> <sup>1</sup> Awareness Center, 4000 Roskilde <sup>2</sup> DMU, Afd. for Systemanalyse	3.3
14:15-14:35	Biotest med <i>Acartia tonsa</i> - screening af hormonlignende og andre specifikt toksiske stoffer	Leah Wollenberger, Jane Bergstrøm og K. Ole Kusk Miljø & Ressourcer DTU	3.4
14:35-14:55	"Baltic Carrier" oliekatstrofen	Gunnar Pritzl, Maria Pécseli, Asger B. Hansen, Jan H. Christensen, Ellen Christiansen og Charlotte D. Jensen DMU, Afd. for Miljøkemi og Mikrobiologi	3.5
14:55-15:15	DNA skader - et vigtigt effektmål i økologisk risikovurdering	Jette Rank Roskilde Universitetscenter, Institut for Miljø, Teknologi og Samfund,	3.6
15:15-15:45	<b>Kaffe/the</b>		
15:45-16:05	En ny metode til prioritering af oprensning af forurenende grunde	Trine S. Jensen, Dorte B. Lerche og Peter B. Sørensen DMU, Afd. for Systemanalyse	3.7
16:05-16:25	Effekt af metalforurening på regnorme	Vibeke Simonsen og Janeck Scott-Fordsmænd DMU, Afd. for Terrestrisk Økologi	3.8
16:25-16:45	Udvaskning af glyphosat og metribuzin, vurderet ud fra danske markforsøg	Jeanne Kjær <sup>1</sup> , Jørgen Ole Jørgensen <sup>2</sup> og Preben Olsen <sup>3</sup> <sup>1</sup> GEUS, Geokemisk Afdeling <sup>2</sup> DMU <sup>3</sup> DJF, Afd. for Jordbrugssystemer	3.9
16:45-17:05	Biologiske processer i tjæreforurennet jord	Carsten Suhr Jacobsen GEUS	3.10
17:05-17:25	Naturlige plantetoksiner i jorden – thujon under <i>Thuja plicata</i>	Bjarne W. Strobel og Hans Christian B. Hansen Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole	3.11
17:25-17:30	<b>Diskussion</b>		

Torsdag den 22. august 2002 kl. 13:00-17:30

**Auditorium 4**

**Session 7 Miljøøkonomi, miljøsociologi, integrerede analyser og indikatorer**

Ordstyrere: Hanne Bach/DMU, Alex Dubgaard/KVL og Peter Bosch/EEA

13:00-13:15	<b>Indledning</b> ved journalist Ebbe Sønderriis, Information		
13:15-13:35	Borgerdeltagelse på miljøområdet – Miljøsociologiske bidrag og danske erfaringer	Jeppe Læssøe DMU, Afd. for Systemanalyse	7.1
13:35-13:55	Mobilitet og miljø	Mette Jensen DMU, Afd. for Systemanalyse	7.2
13:55-14:15	Miljømærknings betydning for forbrugerens valg	Thomas Bue Bjørner og Lars Gårn Hansen AKF	7.3
14:15-14:35	Natur- og miljøforvaltning baseret på frivillige aftaler	Egon Noe DJF, Afd. for Jordbrugssystemer	7.4
14:35-14:55	Towards a holistic assessment and consideration of environmental problems	Thomas G. Whiston Roskilde Universitetscenter, Institut for Miljø, Teknologi og Samfund	7.5
14:55-15:15	Prioritering af miljøindsats	Peter B. Sørensen, Trine S. Jensen, Patrik Fauser, Marianne Thomsen, Steen Gyldenkærne og Dorte Lerche DMU, Afd. for Systemanalyse	7.6
15:15-15:45	<b>Kaffe/the</b>		
15:45-16:05	Værdisætning af pesticidanvendelsens natureffekter	Berit Hasler <sup>1</sup> , Jesper S. Schou <sup>2</sup> , Pernille Kaltoft <sup>2</sup> , Henrik Vetter <sup>3</sup> , Anna Bodil Hald <sup>2</sup> og Christian Andreasen <sup>4</sup> <sup>1</sup> AKF <sup>2</sup> DMU, Afd. for Systemanalyse <sup>3</sup> Statsbiblioteket <sup>4</sup> KVL	7.7
16:05-16:25	Nyt økonomisk værktøj til regulering af transport	Ole Kveiborg Danmarks Transportforskning	7.8
16:25-16:45	Økonomisk værdisætning af de samfundsmæssige effekter ved affaldsbehandling	Niels Dengsøe DMU, Afd. for Systemanalyse	7.9
16:45-17:05	Regionale fordelingsvirkninger af miljø- og energifgifter	Henrik K Jacobsen Roskilde Universitetscenter	7.10
17:05-17:25	Videnskab og politik. Om vilkårene for videnskabelig rådgivning i et politisk system	Peder Agger Roskilde Universitetscenter	7.11
17:25-17:30	<b>Diskussion</b>		
<b>Poster Session 7 Miljøøkonomi, miljøsociologi, integrerede analyser og indikatorer</b>			
	Biodiversitetsbeskyttelse og økonomi – en effektivitetsanalyse	Niels Strange <sup>1</sup> , Jacob Kahl Jepsen <sup>1</sup> , Carsten Rahbek <sup>2</sup> og Mette Palitzsch Lund <sup>2</sup> <sup>1</sup> KVL, Institut for Økonomi, Skov og Landskab <sup>2</sup> Københavns Universitet, Zoologisk Museum	P7.1

## Fredag den 23. august 2002 kl. 10:55-13:00

### Auditorium 1

<b>Session 3 (fortsat) Økotoksikologi og risikovurdering i vand</b>			
Ordstyrere: Hans Løkke/DMU, Nils Bull/Kbhs. Amt, Alex Sonnenborg/GEUS og Poul Bjerregaard/SDU			
10:55-11:20	<b>Kaffe/the</b>		
11:20-11:40	Pesticider i vandløb og søer: Koncentrationer og effekter	Torben L. Lauridsen, Nikolai Friberg, Brian Kronvang og Hans L. Iversen DMU, Afd. for Ferskvandsøkologi,	3.12
11:40-12:00	Forekomst af pesticider i 24 vandhuller i Århus Amt	Henrik Skovgaard Århus Amt, Natur- og Miljøkontoret	3.13
12:00-12:20	En undersøgelse spildevands hormonale påvirkning af kønsorganerne hos skalle og bækørred i Århus Amt	Lisette Bachmann Christiansen og Thomas Plesner, Århus Amt, Natur og Miljøkontoret	3.14
12:20-12:40	Bortrensning af steroidøstrogener i et moderne biologisk spildevandsrens anlæg	Henrik Andersen Danmarks Farmaceutiske Højskole	3.15
12:40-13:00	Økotoksikologiske effekter af kemiske stoffer i regnbetingede udledninger	Anne Munch Christensen og Anders Baun Miljø & Ressourcer DTU	3.16
<b>Posterpræsentationer Session 3 Økotoksikologi og risikovurdering i jord og vand</b>			
	Plantebiomarkørmønster – Vurdering af vandplanters følsomhed overfor herbicidet metsulfuron methyl	Charlotte V. Kristensen <sup>1</sup> , Helle Weber Ravn <sup>1</sup> og Nina Cedergreen Forchhammer <sup>2</sup> <sup>1</sup> DMU, Afd. for Terrestrisk Økologi, <sup>2</sup> Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole	P3.1
	Plantebiomarkørmønster – et screeningsprogram	Trine F. Christensen <sup>1</sup> , Brigitte Diedrichsen <sup>1</sup> , Anne Adersen <sup>2</sup> , Helle Weber Ravn <sup>1</sup> og Jan Buch Andersen <sup>3</sup> . <sup>1</sup> DMU, Afd. for Terrestrisk Økologi <sup>2</sup> Danmarks Farmaceutiske Højskole <sup>3</sup> Biotech Line A/S	P3.2
	Plantebiomarkørmønster - vurdering af herbicideksponering i randzoner	Helle Weber Ravn <sup>1</sup> , Ingelise Lauridsen <sup>1</sup> , Hans Løkke <sup>1</sup> og Annette Baatrup-Pedersen <sup>2</sup> <sup>1</sup> DMU, Afd. for Terrestrisk Økologi <sup>2</sup> DMU, Afd. for Ferskvandsøkologi	P3.3
	Videoregistrering af sublethale insekticideffekter hos dafnier	Ursula Friberg-Jensen, Kirsten Christoffersen og Gösta Nachman Københavns Universitet, Zoologisk Institut	P3.4
	Bromerede flammehæmmere – toksiske effekter på invertebrater	Leah Wollenberger <sup>1</sup> , Magnus Breitholtz <sup>2</sup> , Laurence Dinan <sup>3</sup> , K. Ole Kusk <sup>1</sup> og Bengt-Erik Bengtsson <sup>2</sup> <sup>1</sup> Miljø & Ressourcer DTU <sup>2</sup> Stockholm University, Institute of Applied Environmental Research <sup>3</sup> University of Exeter, Department of Biological Science	P3.5

## Fredag den 23. august 2002 kl. 9:00-13:00

### Auditorium 2

<b>Session 4 Natur og miljø i fjord og hav</b>				
Ordstyrere: Bo Riemann/DMU, Harley Bundgaard Madsen/Fyns Amt og Katherine Richardson/AaU				
09:00-09:15	<b>Indledning</b> ved journalist Lars From, Jyllandsposten			
09:15-09:35	Marin økotoxikologi – baggrund og udfordringer	Ingela Dahllöf DMU, Afd. for Marin Økologi		4.1
09:35-09:55	Polycykliske aromatiske hydrocarboner i marine biota fra Grønland	M. Pécseli <sup>1</sup> , G. Pritzl <sup>1</sup> , J. Carstensen <sup>2</sup> , G. Asmund <sup>3</sup> og J. Tang Christensen <sup>4</sup> <sup>1</sup> DMU, Afd. for Miljøkemi og Mikrobiologi <sup>2</sup> DMU, Afd. for Marin Økologi <sup>3</sup> DMU, Afd. for Arktisk Miljø <sup>4</sup> Århus Universitet		4.2
09:55-10:15	Bundfaunasammensætning afslører miljøfarlighed af belastede sedimenter	Flemming Møhlenberg DHI - Institut for Vand og Miljø		4.3
10:15-10:35	Metode til biologisk screening af råstofvindingsområder, havvindmølleparker, havdambrug, stenrev mm.	Henrik Lyng og Jan F. Nicolaisen Hedeselskabet		4.4
10:35-10:55	Vidensopsamling til beslutningstagere via avanceret matematisk modellering	Jesper Dørge og Ian Sehested Hansen DHI - Institut for Vand og Miljø		4.5
10:55-11:20	<b>Kaffe/the</b>			
11:20-11:40	Dyreliv på havbunden nu og for 100 år siden	Elsebeth Glob Fyns Amt		4.6
11:40-12:00	Reduktioner af næringsstofsbelastningen og vegetationsændringer i Odense Fjord.	Nanna Rask <sup>1</sup> , Mikael Hjorth Jensen <sup>1</sup> , Stig E. Pedersen <sup>1</sup> og Michael Bo Rasmussen <sup>2</sup> <sup>1</sup> Fyns Amt, <sup>2</sup> DMU		4.7
12:00-12:20	Påvirkning af stofomsætningen i hav- og fjordbunden under reduceret organisk belastning	Henrik Fossing <sup>1)</sup> og Peter Berg <sup>2)</sup> <sup>1)</sup> DMU, Afd. for Marin Økologi <sup>2)</sup> University of Virginia, Department of Environmental Sciences		4.8
12:20-12:40	Overvågning og forvaltning af europæiske havgræsser	Jens Borum Københavns Universitet, Ferskvands-Biologisk Laboratorium		4.9
12:40-13:00	Kvælstofdeposition til danske farvande i 2010	Thomas Ellermann, Ole Hertel og Carsten Ambelas Skjøth DMU, Afd. for Atmosfærisk Miljø		4.10
<b>Posterpræsentationer Session 4 Natur og miljø i fjord og hav</b>				
	Danmarks Marine Datakort	Karsten Dahl og Martin Larsen DMU, Afd. for Marin Økologi		P4.1
	AQUABASE – marinbiologisk database	Henrik Lyng Hedeselskabet		P4.2
	Næringssaltbegrænsning af søsalat ( <i>Ulva lactuca</i> ) i danske fjorde	Dorte Krause-Jensen <sup>1</sup> , Morten Foldager Pedersen <sup>2</sup> , Claus Jensen <sup>1</sup> og Kurt Nielsen <sup>3</sup> <sup>1</sup> DMU, Afd. for Marin Økologi <sup>2</sup> Roskilde Universitetscenter, Institut for Biologi og Kemi <sup>3</sup> DMU, Afd. for Ferskvandsøkologi		P4.3



## Fredag den 23. august 2002 kl. 9:00-13:00

### Auditorium 3

Session 5 Luft, miljø og sundhed			
Ordstyrere: Ole Hertel/DMU, Anders Carlsen/Embedslæge i Viborg og Steffen Loft/Københavns Universitet			
09:00-09:15	<b>Indledning</b> ved journalist Jesper Tornbjerg, Politiken		
09:15-09:35	De nye EU direktiver om luftkvalitet	Finn Palmgren DMU, Afd. for Atmosfærisk Miljø	5.1
09:35-09:55	Fremskrivningsmodeller for luftemissioner	Jytte Boll Illerup <sup>1</sup> , Katja Birr-Pedersen <sup>1</sup> , Mette Hjort Mikkelsen <sup>1</sup> , Morten Winther <sup>1</sup> , Henrik Gundorph Bruun <sup>1</sup> og Steen Gyldenkærne <sup>1</sup> og Jørgen Fenhann <sup>2</sup> , <sup>1</sup> DMU, Afd. for Systemanalyse. <sup>2</sup> Forskningscenter Risø	5.2
09:55-10:15	Use of exposure simulation models and health registers integrated with GIS	Arne Poulstrup og Henrik L. Hansen Embedslægerne, Vejle Amt	5.3
10:15-10:35	Modellering af personlig eksponering for trafikskabt luftforurening vha. GIS og GPS	Steen Solvang Jensen <sup>1</sup> , Ole Hertel <sup>1</sup> , Martin Hvidberg <sup>1</sup> , Uffe Kousgaard <sup>2</sup> og Henning Sten Hansen <sup>2</sup> <sup>1</sup> DMU, Afd. for Atmosfærisk Miljø <sup>2</sup> DMU, Afd. for Systemanalyse	5.4
10:35-10:55	DEHM - et modelværktøj til vurdering af luftforurening	Lise M. Frohn, Jesper H. Christensen, Jørgen Brandt, Camilla Geels og Kaj Mantzius Hansen DMU, Afd. for Atmosfærisk Miljø	5.5
10:55-11:20	<b>Kaffe/the</b>		
11:20-11:40	Luftforureningsudsigter og trafikscenarier	Jørgen Brandt <sup>1</sup> , Jesper H. Christensen <sup>1</sup> , Lise M. Frohn <sup>1</sup> , Camilla Geels <sup>1</sup> , Martin Fischer <sup>2</sup> og Michael Bloksgaard Christensen <sup>2</sup> <sup>1</sup> DMU, Afd. for Atmosfærisk Miljø <sup>2</sup> Aalborg Kommune, Teknisk Forvaltning, Trafik- og vejafdelingen	5.6
11:40-12:00	Eksponering for luftforureningskomponenter målt med biomarkører i en skiferoliemine i Estland	Lisbeth E. Knudsen, Annie Jensen, Mette Sørensen, Jason Poole, Vladimir Muzyka og Steffen Loft, Københavns Universitet, Institut for Folkesundhedsvidenskab	5.7
12:00-12:20	Helbredseffekter af partikulær luftforurening i Danmark - et forsøg på kvantificering	Ole Raaschou-Nielsen, <sup>1</sup> Finn Palmgren, <sup>2</sup> Steen Solvang Jensen, <sup>2</sup> Peter Wählin, <sup>2</sup> Ruwim Berkowicz, <sup>2</sup> Ole Hertel, <sup>2</sup> Marie-Louise Vrang <sup>3</sup> og Steffen Loft <sup>3</sup> <sup>1</sup> Kræftens Bekæmpelse <sup>2</sup> DMU, Afd. for Atmosfærisk Miljø <sup>3</sup> Københavns Universitet, Institut for Folkesundhedsvidenskab	5.8
12:20-12:40	Hvordan beskriver vi partikelforureningen i relation til sundhed?	Peter Wählin og Finn Palmgren DMU, Afd. for Atmosfærisk Miljø	5.9
12:40-13:00	Luftforurening og akut sygelighed i Odense.	Torben Sigsgaard <sup>1</sup> , Ole Hertel <sup>2</sup> , P. Kjærsgaard <sup>3</sup> og Arne Høst <sup>3</sup> <sup>1</sup> Århus Universitet, Institut for Miljø- og Arbejdsmedicin <sup>2</sup> DMU, Afd. for Atmosfærisk Miljø <sup>3</sup> Odense Universitetshospital	5.10

## Posterpræsentationer Session 5 Luft, miljø og sundhed

	Personlig eksponering for fine partikler	Anne Frøsig Asthma-Allergi Forbundet	P5.1
	Akkumulering af atmosfærisk kviksølv i Arktis	Henrik Skov <sup>1</sup> , Michael E. Goodsite <sup>1</sup> , Michael R. B. Larsen <sup>1</sup> , Jesper Christensen <sup>1</sup> , Anders Feilbergh <sup>2</sup> og Gerald Geernaert <sup>3</sup> <sup>1</sup> DMU, Afd. for Atmosfærisk Miljø <sup>2</sup> Forskningscenter Risø <sup>3</sup> Los Alamos National Laboratory, Institute of Geophysics and Planetary Physics	P5.2
	Afdrift og fordampning af 10 herbicider efter sprøjtning	Sandra C.K. Carlsen og Niels Henrik Spliid Danmarks JordbrugsForskning, Forskningscenter Flakkebjerg	P5.3

## Fredag den 23. august 2002 kl. 9:00-13:00

### Auditorium 4

#### Session 6 Effekter af globale miljø- og klimaforandringer

Ordstyrere: Jes Fenger/DMU, Per Roed Jakobsen/Kystdirektoratet, Ib Johnsen/KU og Poul Harremoës/DTU

09:00-09:15	Indledning ved journalist Jan Dahlmann, Ingeniøren		
09:15-09:35	Modelsimuleringer af atmosfærisk CO <sub>2</sub> over Europa	Camilla Geels, Jesper H. Christensen, Jørgen Brandt og Lise M. Frohn DMU, Afd. for Atmosfærisk Miljø	6.1
09:35-09:55	Kulstofbinding i skov- og landbrugsøkosystemer	Kim Pilegaard <sup>1</sup> , Niels Otto Jensen <sup>1</sup> , Teis N. Mikkelsen <sup>1</sup> og Helge Ro-Poulsen <sup>2</sup> <sup>1</sup> Forskningscenter Risø <sup>2</sup> Københavns Universitet, Botanisk Institut	6.2
09:55-10:15	Towards the systematic use of marine paleo climate data for improving global change projections by climate models	Christoph Heinze DMU, Afd. for Marin Økologi	6.3
10:15-10:35	Regionale simuleringer af drivhuseffektens påvirkning af temperatur- og nedbørsfordeling	Ole Bøssing Christensen og Jens Hesselbjerg Christensen Danmarks Meteorologiske Institut	6.4
10:35-10:55	Økologisk modellering af konsekvenserne af vejr- og klimaforandringer i de danske farvande: Præsentation af et koncept baseret på Farvandsmodellen	Karen Edelvang, Anders Erichsen, Kim Gustavson og Karl Iver Dahl-Madsen DHI – Institut for Vand og Miljø	6.5
10:55-11:20	<b>Kaffe/the</b>		
11:20-11:40	Interaktioner mellem forurening og klima: Hvad betyder miljøfremmede stoffer for organismers evne til at tolerere ekstremt klima?	Martin Holmstrup og Christian F. Damgaard DMU, Afd. for Terrestrisk Økologi	6.6
11:40-12:00	Konsekvenser af vejr- og klimaforandringer for vandmiljøet. Et projekt under initiativet: Større Tværgående Forskergrupper	Morten Søndergaard Københavns Universitet, Ferskvandsbiologisk Laboratorium	6.7
12:00-12:20	UV-B strålingens betydning for den højarktiske vegetation i Nordøstgrønland	Teis N. Mikkelsen <sup>1</sup> , Helge Ro-Poulsen <sup>2</sup> og Linda Bredahl <sup>2</sup> <sup>1</sup> Forskningscenter Risø <sup>2</sup> Københavns Universitet, Botanisk Institut	6.8
12:20-12:40	Konsekvenser af klimaændringer for havmiljøet omkring Danmark	Erik Buch Danmarks Meteorologiske Institut	6.9
12:40-13:00	Konsekvenser af klimaændringer for europæisk landbrugspolitik	Jørgen E. Olesen Danmarks JordbrugsForskning	6.10

## Posterpræsentationer Session 6 Effekter af globale miljø- og klimaforandringer

	Dansk tilpasning til et ændret klima	Jes Fenger og Povl Frich DMU	P6.1
	Ændret klima vil påvirke vore naturlige økosystemer – hvordan undersøger vi det ? VULCAN – et fælleseuropæisk projekt	Claus Beier <sup>1</sup> og Inger Kappel Schmidt <sup>2</sup> <sup>1</sup> Forskningscenter Risø, <sup>2</sup> Forskningscentret for Skov & Landskab	P6.2
	Hedeøkosystemet er sensitivt overfor forhøjet temperatur og forlænget sommertørke	Inger Kappel Schmidt <sup>1</sup> , Claus Beier <sup>2</sup> og Torben Riis-Nielsen <sup>1</sup> <sup>1</sup> Forskningscentret for Skov & Landskab <sup>2</sup> Forskningscenter Risø	P6.3
	Plantefysiologiske effekter af UV-B stråling på to arter i Nordøstgrønland	Linda Bredahl <sup>1</sup> , Teis N. Mikkelsen <sup>2</sup> og Helge Ro-Poulsen <sup>1</sup> <sup>1</sup> Københavns Universitet, Botanisk Institut <sup>2</sup> Forskningscenter Risø	P6.4
	Hvad betyder den atmosfæriske ozonkoncentration for ozonoptagelsen i planter?	Teis N. Mikkelsen <sup>1</sup> og Helge Ro-Poulsen <sup>2</sup> , Niels Otto Jensen <sup>1</sup> , Mads F. Hovmand <sup>3</sup> og Kim Pilegaard <sup>1</sup> <sup>1</sup> Forskningscenter Risø <sup>2</sup> Københavns Universitet, Botanisk Institut <sup>3</sup> Forskningscentret for Skov & Landskab	P6.5
	Klima og fødekæder i arktiske søer - et eksempel fra Nordøstgrønland	Kirsten Christoffersen <sup>1</sup> og Erik Jeppesen <sup>2</sup> <sup>1</sup> Københavns Universitet, Ferskvandsbiologisk Laboratorium <sup>2</sup> DMU, Afd. for Ferskvandsøkologi	P6.6
	Sea level rise in Denmark - technical and political aspects	Jes Fenger <sup>1</sup> , Erik Buch <sup>2</sup> og Per Roed Jakobsen <sup>3</sup> <sup>1</sup> DMU, Afd. for Atmosfærisk Miljø <sup>2</sup> Danmarks Meteorologiske Institut <sup>3</sup> Kystdirektoratet	P6.7

## Forfatter index

Adersen, Anne.....	107
Agger, Peder .....	241
Amsinck, Susanne Lildal, sla@dmu.dk.....	51, 57
Andersen, Frede Ø.....	59
Andersen, Henrik, henrik@ndersen.net.....	101
Andersen, Jan Buch.....	107
Andersen, Liselotte Wesley, lwa@dmu.dk .....	23
Andreasen, Christian.....	233
Asmund, Gert, gas@dmu.dk.....	123
Bastrup-pedersen, Annemarie .....	29
Baun, Anders, anb@er.dtu.dk.....	103
Beier, Claus.....	203, 205
Bengtsson, Bengt-Erik .....	115
Berg, Peter .....	137
Berg, Søren, sbe@dfu.min.dk.....	47
Bergstrøm, Jane, jab@er.dtu.dk .....	77
Berkowicz, Ruwim, rb@dmu.dk .....	167
Birr-Pedersen, Katja, kgp@dmu.dk .....	153
Bjørner, Thomas Bue.....	225
Borum, Jens, JBorum@zi.ku.dk.....	139
Bradshaw, E.....	55
Brandt, Jørgen, jbr@dmu.dk.....	161, 163, 181
Bredahl, Linda, lindabredahl@yahoo.dk.....	195, 207
Breitholtz, Magnus .....	115
Bruun, Henrik Gundorph, hgb@dmu.dk .....	153
Bruus, Marianne, mbp@dmu.dk .....	73
Buch, Erik, ebu@dmi.dk .....	197, 215
Baatrup-Birk, Annette.....	111
Calabuig, Isabel, icalabuig@zmuc.ku.dk .....	25
Callesen, Ingeborg .....	29
Carlsen, Lars, lc@AwarenessCenter.dk.....	75
Carlsen, Sandra C.....	177
Carstensen, Jacob, jac@dmu.dk.....	123
Christensen, Anne Munch, amc@er.dtu.dk .....	103
Christensen, J. Tang.....	123
Christensen, Jan H., jch@dmu.dk .....	81
Christensen, Jens Hesselbjerg, jhc@dmi.dk .....	187
Christensen, Jesper H., jc@dmu.dk .....	161, 163, 175, 181
Christensen, Lisette Bachmann .....	99
Christensen, Mikael Bloksgaard .....	163
Christensen, Ole Bøssing, obc@dmi.dk.....	187
Christensen, Trine F., tfc@dmu.dk .....	107
Christiansen, Ellen .....	81
Christoffersen, Kirsten, kchristoffersen@zi.ku.dk.....	113, 213
Dahl, Karsten, kda@dmu.dk .....	143
Dahlöf, Ingala, ind@dmu.dk.....	121
Dahl-Madsen, Karl Iver .....	189
Dahl-Nielsen, Ida.....	45
Damsgaard, Christian F., cfd@dmu.dk.....	9, 23, 191
Dengsøe, Niels, nde@dmu.dk.....	237
Diedrichsen, Brigitte, brd@dmu.dk .....	107
Dinan, Laurence.....	115
Dørge, Jesper, jed@dhi.dk .....	129
Edelvang, Karen, kae@dhi.dk .....	189
Ejrnæs, Rasmus, rej@dmu.dk.....	15, 19
Ellermann, Thomas, tel@dmu.dk .....	141
Elmegaard, Niels, ne@dmu.dk .....	21
Enghoff, Henrik, HEnghoff@zmuc.ku.dk .....	25
Erichsen, Anders.....	189
Fausser, Patrik, paf@dmu.dk .....	231

Feilbergh, Anders	175
Fenger, Jes, jfe@dmu.dk	201, 215
Fenhann, Jørgen	153
Fischer, Martin	163
Fog, Kåre	23
Forbes, Valery E., vforbes@ruc.dk	71
Forchhammer, Nina Cedergreen	105
Fossing, Henrik, hfo@dmu.dk	137
Frederiksen, Pia, pfr@dmu.dk	11
Friberg, Nikolai, nfr@dmu.dk	39, 95
Friberg-Jensen, Ursula, urfribergjensen@fbl.zi.ku.dk	113
Frich, Povl, pof@dmu.dk	201
Frohn, Lise M., lmf@dmu.dk	161, 163, 181
Frøsig, Anne, af@astma-allergi.dk	173
Gabriel, Søren	61
Geels, Camilla, cag@dmu.dk	161, 163, 181
Geernaert, Gerald, geernaert@lanl.gov	175
Geertz-Hansen, Ole, ogh@cowi.dk	5
Glob, Elsebeth, erg@anv.fyns-amt.dk	131
Goodsite, Michael E., mgo@dmu.dk	175
Grant, Ruth, rg@dmu.dk	31
Gundersen, Per, pgu@fsl.dk	29
Gustavson, Kim, kig@dhi.dk	189
Gyldenkærne, Steen, sgy@dmu.dk	153, 231
Hald, Anne Bodil, abh@dmu.dk	233
Hansen, Asger, aha@dmu.dk	81
Hansen, Flemming	41
Hansen, Hans Christian	93
Hansen, Henning Sten, hsh@dmu.dk	157
Hansen, Henrik L.	155
Hansen, Ian Sehested, ish@dhi.dk	129
Hansen, Jonas, jonashansen45@hotmail.com	59
Hansen, Kaj Mantzius	161
Hansen, Karin	29
Hansen, Kjeld S.	59
Hansen, Lars Gårn	225
Hasler, Berit, bh@akf.dk	223
Heckmann, Lars-Henrik, lhh@dmu.dk	67
Heinze, Christoph, che@dmu.dk	185
Hertel, Ole, oh@dmu.dk	157, 167, 171
Holmstrup, Martin, martin.holmstrup@dmu.dk	191
Hovmand, Mads F.	211
Hvidberg, Martin, mhv@dmu.dk	157
Høst, Arne	171
Illerup, Jytte Boll, jbi@dmu.dk	153
Iversen, Hans	31, 95
Jacobsen, Carsten Suhr, csj@geus.dk	91
Jacobsen, Henrik Klinge, henrik.jacobsen@risoe.dk	239
Jacobsen, Lene, lj@dfu.min.dk	47
Jakobsen, Per Roed, kdi@kyst.dk	215
Jensen, Arne	53
Jensen, Charlotte D.	81
Jensen, Claus	147
Jensen, Henning S.	59
Jensen, J. P.	63, 65
Jensen, Jens Peder, jpj@dmu.dk	51
Jensen, Jørgen K.	41, 89
Jensen, Mette, mje@dmu.dk	223
Jensen, Mikael Hjort	133
Jensen, Niels Otto	183, 211
Jensen, Steen Solvang, ssj@dmu.dk	157, 167
Jensen, Trine S.	85, 231
Jensen, Annie	165

Jeppesen, Erik, ej@dmu.dk .....	49, 51, 55, 57, 63, 65, 213
Jepsen, Jane Uhd, juj@dmu.dk .....	3
Jepsen, Morten .....	45
Jepsen, Jacob Kahl .....	243
Johansson, L. ....	55
Jørgensen, Erik, eje@hedeselskabet.dk .....	43, 61
Jørgensen, Jørgen Ole .....	89
Jørgensen, Peter Bandholtz .....	45
Kaltoft, Pernille .....	233
Kjær, Jeanne, jkj@geus.dk .....	89
Kjærgaard, P. ....	171
Knudsen, Lisbeth E. ....	165
Kousgaard, Uffe .....	157
Krause-Jensen, Dorte, dkj@dmu.dk .....	147
Kristensen, Charlotte V. ....	105
Kronvang, Brian, bkr@dmu.dk .....	31, 95
Kusk, K. Ole, kok@er.dtu.dk .....	77, 115
Kveiborg, Ole, kveiborg@mobilixnet.dk .....	235
Kaas, Hanne, hka@dhi.dk .....	37
Landkildehus, Frank .....	51, 57
Larsen, Martin, mml@dmu.dk .....	143
Larsen, Michael R. ....	175
Larsen, Signe Nepper, sla@cowi.dk .....	5
Lauridsen, Ingelise .....	111
Lauridsen, Torben L. ....	51, 95
Lerche, Dorte B., dbl@dmu.dk .....	75, 85, 231
Liboriussen, Lone, lol@dmu.dk .....	49
Loft, Steffen, steffen.loft@farmakol.ku.dk .....	165, 167
Lund, Mette Palitzsch .....	243
Lynge, Henrik, hly@hedeselskabet.dk .....	127, 145
Læssøe, Jeppe, jep@dmu.dk .....	219
Løkke, Hans, hlo@dmu.dk .....	111
Mikkelsen, Mette Hjort, mhm@dmu.dk .....	153
Mikkelsen, Teis N., teis.mikkelsen@risoe.dk .....	183, 195, 207, 211
Mortensen, Peer Bo, pbm@dhi.dk .....	53
Muzyka, Vlademir .....	165
Münier, Bernd, bem@dmu.dk .....	11
Møhlenberg, Flemming, flm@dhi.dk .....	41, 125
Nachman, Gösta .....	113
Nicolaisen, Jan F. ....	127
Nielsen, Kurt, kni@dmu.dk .....	51, 147
Noe, Egon, Egon.Noel@agrsci.dk .....	227
Odderskær, Peter, po@dmu.dk .....	3
Odgaard, Bent .....	11
Olesen, Jørgen E., JorgenE.Olesen@agrsci.dk .....	191
Olsen, Preben .....	89
Olsen, R. Bjerring .....	63, 65
Palmgren, Finn, fpj@dmu.dk .....	151, 167, 167
Pécseli, Maria, pec@dmu.dk .....	81, 123
Pedersen, Lars Bo .....	29
Pedersen, Marianne Bruus, mbp@dmu.dk .....	21
Pedersen, Morten Foldager .....	147
Pedersen, Morten Lauge .....	39
Pedersen, Nina Kjær .....	15
Pedersen, Stig E. ....	133
Pilegaard, Kim, kim.pilegaard@risoe.dk .....	183, 211
Plesner, Thomas .....	99
Poole, Jason .....	165
Poulstrup, Arne, arp@vej.eli.dk .....	155
Pritzl, Gunnar, gp@dmu.dk .....	81, 123
Rahbek, Carsten .....	243
Rank, Jette, jr@ruc.dk .....	83
Rask, Nanna, nr@anv.fyns-amt.dk .....	133

Rasmussen, Karsten Raulund, krr@fsl.dk .....	29
Rasmussen, Michael Bo .....	133
Rasmussen, Peter .....	55
Ravn, Helle Weber, her@dmu.dk .....	107
Reitzel, Kasper, reitzel@biology.sdu.dk .....	111
Riis-Nielsen, Torben .....	59
Ro-Poulsen, Helge, helgerp@bot.ku.dk .....	205
Rømer, Jørgen R. ....	183, 195, 207, 211
Raaschou-Nielsen, Ole, ole@cancer.dk .....	167
Schlüter, Louise, lsc@dhi.dk .....	53
Schmidt, Inger Kappel, iks@fsl.dk .....	29, 203, 205
Schou, Jesper S. ....	233
Scott-Fordsmand, Janeck, jsf@dmu.dk .....	73, 87
Sigsgaard, Torben .....	173
Simonsen, Vibeke, vs@dmu.dk .....	87
Skjøth, Carsten Ambelas, cas@dmu.dk .....	141
Skov, Christian, ck@dfu.min.dk .....	47
Skov, Henrik, hsk@dmu.dk .....	175
Skovgaard, Henrik, hsk@ag.aaa.dk .....	97
Spliid, Niels Henrik .....	177
Strandberg, Beate, bst@dmu.dk .....	21
Strange, Niels .....	243
Strobel, Bjarne W., bjwe@kvl.dk .....	93
Styczen, Merete, mes@dhi.dk .....	37
Søndergaard, Martin, ms@dmu.dk .....	51
Søndergaard, Morten, MSondergaard@zi.ku.dk .....	193
Sørensen, Peter Borgen, pbs@dmu.dk .....	75, 85, 231
Sørensen, Mette .....	165
Thomsen, Marianne, mth@dmu.dk .....	231
Topping, Chris, cjt@dmu.dk .....	3
Tranberg, Henrik .....	15
Tybirk, Knud, kty@dmu.dk .....	13
Vesterdal, Lars .....	29
Vestergaard, Martin .....	5
Vetter, Henrik .....	233
Vinther, Erik, ev@anv.fyns-amt.dk .....	15
Vrang, Marie-Louise .....	167
Whiston, Thomas G. ....	229
Wiggers, Lisbeth, lwn@ag.aaa.dk .....	35
Winther, Morten, mwi@dmu.dk .....	153
Wollenberger, Leah, lew@er.dtu.dk .....	77, 115
Wählin, Peter, pew@dmu.dk .....	167, 167



## Konferencen

Amterne og Danmarks Miljøundersøgelser har taget initiativ til at holde en national Natur- og Miljøforskingskonference på H.C. Ørsted Institutet i København i dagene 22.-23. august 2002. Der er indkommet i alt 105 bidrag til konferencen, hvoraf 78 er udvalgt som foredrag.

Dette bind indeholder de accepterede sammendrag og giver et indtryk af konferencens foredrag og posterpræsentationer. Det er karakteristisk at mange bidrag har et tværfagligt emne og integrerer viden fra flere fagdiscipliner og institutioner. Dette er en positiv udvikling, som vidner om den professionalisering og netværksdannelse, der er nødvendig for at have en effektiv og smidig rådgivning af samfundet på natur- og miljøområdet.

Konferencen er målrettet til forskere og brugere af forskning på natur- og miljøområdet. Forfatterlisten inkluderer forskere fra universiteter og sektorforskningsinstitutioner, administratorer i stat, amter og kommuner samt rådgivere og konsulenter i private virksomheder. Dertil kommer repræsentanter fra en række interesseorganisationer og medier.

Formålet med konferencen er at bidrage til udveksling af viden mellem danske miljøforskere, samt at formidle nye forskningsresultater til beslutningstagere og det øvrige samfund. De indsendte sammendrag er udvalgt af syv programkomitéer, primært ud fra videnskabelige kriterier. Til hver session er der inviteret en miljøjournalist, som ud fra egne kriterier vælger en tophistorie fra programmet. Journalisterne præsenterer deres indslag for de knapt 400 deltagere ved konferencens afslutning.

Sammendragene repræsenterer udelukkende de anførte bidragsyders viden og synspunkter på det tidspunkt hvor materialet er sendt til trykning.

