

# Hovedtræk fra konferencen ”Dansk Miljø- forskning 1999”

Danmarks Miljøundersøgelses  
jubilæumskonference

*Faglig rapport fra DMU, nr. 310*



# Hovedtræk fra konferencen ”Dansk Miljø- forskning 1999”

Danmarks Miljøundersøgelses  
jubilæumskonference

*Faglig rapport fra DMU, nr. 310*  
*Marts 2000*

*Karsten Secher (red.)*  
Forsknings- og Udviklingssektionen  
*Peter Koefoed Bjørnsen (red.)*  
Direktionen

# Datablad

Titel:	Hovedtræk fra konferencen "Dansk Miljøforskning 1999"
Undertitel:	Danmarks Miljøundersøgelsers jubilæumskonference
Redaktører:	Karsten Secher <sup>1)</sup> & Peter Koefoed Bjørnsen <sup>2)</sup>
Afdeling:	Forsknings- og Udviklingssektionen <sup>1)</sup> , Direktionen <sup>2)</sup>
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 310
Udgiver:	Miljø- og Energiministeriet Danmarks Miljøundersøgelser©
URL:	<a href="http://www.dmu.dk">http://www.dmu.dk</a>
Udgivelsestidspunkt:	Marts 2000
Layout og opsætning:	Pia Johnsen
Bedes citeret:	Secher, K. & Bjørnsen, P. K. (red.) (2000): Hovedtræk fra konferencen "Dansk Miljøforskning 1999". Danmarks Miljøundersøgelsers jubilæumskonference. Danmarks Miljøundersøgelser. S.104. Faglig rapport fra DMU, nr. 310.
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Abstract:	Rapporten indeholder bidrag fra konferencen "Dansk Miljøforskning 1999", afholdt 19.-20. august 1999, i anledning af DMU's 10 års jubilæum. Rapporten omfatter miljø- og energiminister Svend Auken's åbningstale, udvalgte nøgleforedrag samt en sammenfatning af hovedpunkterne fra de øvrige foredrag. Afhandlingerne er grupperet i kapitlerne "Miljø og natur" og "Samfund og miljø". Rapporten afsluttes med en status over Danmarks miljøforskning.
Frie emneord:	Dansk Miljøforskning 1999, konference, nøgleforedrag, miljøfremmede stoffer og organismer, terrestrisk natur, vandmiljø, atmosfæren, samfund og miljø, miljø og natur, samfund og miljø, forureningsbekæmpelse, miljøetik, forskning, miljøforvaltning, naturkvalitet, biodiversitet, overvågning, miljøøkonomi, modeller, bæredygtighed, risikovurdering, tværgående miljøforskning
Redaktionen afsluttet:	Marts 2000
ISBN:	87-7772-529-8
ISSN (trykt):	0905-815x
ISSN (elektronisk):	1600-0048
Papirkvalitet:	Cyclus Print 90 gr.
Tryk:	Scanprint, ISO 14001 Miljøcertificeret, EMAS miljøregistreret DK-S-0015
Sideantal:	104
Oplag:	600
Pris:	kr. 100,- (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)
Internetversion:	Rapporten kan også findes som PDF-fil på DMU's hjemmeside

Købes i boghandelen eller hos: Danmarks Miljøundersøgelser  
Postboks 358  
Frederiksborgvej 399  
DK- 4000 Roskilde  
Tlf.: 46 30 12 00  
Fax: 46 30 11 14  
Email: [dmu@dmu.dk](mailto:dmu@dmu.dk)  
<http://www.dmu.dk>

Miljøbutikken  
Information og Bøger  
Læderstræde 1  
DK-1201 København K  
Tlf.: 33 95 40 00  
Fax: 33 92 76 90  
Email: [butik@mem.dk](mailto:butik@mem.dk)  
<http://www.mem.dk/butik>

## Indhold

Forord	3
Summary	5
<b>1 Miljøforskning ved årtusindskiftet</b>	<b>7</b>
Indledning ved Svend Auken	9
1.1 Poul Harremoës	11
<b>2 Miljø og Natur</b>	<b>23</b>
2.1 Bo Jansson	25
2.2 Kevin Noone	33
2.3 Jesper Madsen	41
2.4 Ole John Nielsen	47
2.5 Katherine Richardson	51
<b>3 Samfund og Miljø</b>	<b>57</b>
3.1 Peder Agger	59
3.2 Arild Vatn	71
3.3 Peder Andersen	85
3.4 Hans Løkke	91
<b>4 Afsluttende betragtninger</b>	<b>99</b>
4.1 Peter Koefoed Bjørnsen	101



## Forord

Konferencen "Dansk Miljøforskning 1999" blev gennemført 19.-20. august 1999 i København med 350 deltagere fra Danmark og det øvrige Skandinavien. Anledningen var 10 års jubilæum for Danmarks Miljøundersøgelser - DMU. Konferencen er omtalt i DMU's nyhedsbrev DMUNyt 3/99 og på DMU's hjemmeside [www.dmu.dk](http://www.dmu.dk). Desuden er konferencen dokumenteret i to selvstændige publikationer.

Den ene publikation omfatter programoversigt og resumé af samtlige foredrag og posters, der blev fremlagt i fem parallelle sessioner:

- *Miljøfremmede stoffer og organismer*
- *Terrestrisk natur*
- *Vandmiljø*
- *Atmosfæren*
- *Samfund og miljø*

"Dansk Miljøforskning 1999 – resumé af foredrag og posters", er udgivet som særpublikation af DMU (samt som pdf-fil på DMU's hjemmeside [www.dmu.dk](http://www.dmu.dk)), august 1999, med et omfang på 120 sider.

Den anden - aktuelle - publikation "Hovedtræk fra konferencen "Dansk Miljøforskning 1999" udgives som en faglig rapport fra DMU Nr. 310, og omfatter miljø- og energiminister Svend Auken's åbningstale, udvalgte nøgleforedrag samt en sammenfatning af hovedpunkterne fra de øvrige foredrag. Bidragene er grupperet i kapitlerne "Miljø og natur" og "Samfund og miljø". Rapporten afsluttes med en status over landvindinger og udfordringer i danske miljøforskning i 10-året for DMU's etablering. Det bemærkes, at de fremførte synspunkter i de enkelte indlæg alene er forfatterens ansvar.

Rapporten afspejler variationen i konferencens indlæg, hvor der indledes med miljø- og energiministerens kontante understregning af betydningen af den tætte forbindelse mellem forskningsverdenen og miljøadministrationen. Indledningen er dernæst fulgt af en bearbejdet version af prof. Poul Harremoës (DTU) artistiske foredrag med belysning af perspektiverne i udviklingen fra "forureningsbekæmpelse til miljøetik".

Kapitlet "Miljø og natur" indeholder såvel prof. Bo Janssons (Stockholm Universitet) gennemgang af de antropogene stoffer i miljøet, samt prof. Kevin Noonan (Stockholm Universitet) understregning af, at tilstedeværelsen af organiske partikler antagelig har væsentlig større indflydelse på skyernes og dermed atmosfærens tilstand, end hidtil antaget. Kapitlet afsluttes med engagerede rapporteringer fra de faglige sessioner om "jord", "luft" og "vand", udført af hhv. seniorforsker Jesper Madsen (DMU), prof. Ole John Nielsen (Københavns Universitet) og prof. Katherine Richardson (Aarhus Universitet).

Kapitlet "Samfund og miljø" indledes af prof. Peder Aggers (RUC) indlæg, som beskæftiger sig med forholdet mellem natur og miljø,

hvor miljøforskningens fremtidige udfordringer sættes i relation til 90'ernes resultater. Refleksion og selvkritik nævnes her som ønskværdige nye elementer i dansk miljøforskning. Prof. Arild Vatn (Norges Landbrugshøjskole) præsenterer i sit indlæg "Samfunnsvitenskapene - en konfliktfylt arena mellom miljø og politikk" nogle af perspektiverne i forholdet mellem forskning og forvaltning - miljøfag og politik. Kapitlet rundes af med rapporteringer fra de faglige sessioner om "samfund & miljø" og "miljøfremmede stoffer og organismer" af sekretariatsleder Peder Andersen (Det økonomiske Råds sekretariat) og forskningschef Hans Løkke (DMU).

Det afsluttende kapitel giver plads til en status over landvindinger og udfordringer i dansk miljøforskning, hvor vicedirektør Peter Koefoed Bjørnsen (DMU) på basis af konferencens over 100 præsentationer konstaterer, at der er sket betydelige fremskridt i 1990'erne, men også at der venter store udfordringer i det næste 10-år. Overvågning, bæredygtighed, risikovurdering og faglig integration vil således være vigtige nøgleord i den fremadrettede miljøforskning.

## Summary

### **An outline of the conference “Danish Environmental Research 1999” the 10th anniversary of the National Environmental Research Institute**

*NERI Technical report no. 310*

*Karsten Secher and Peter Koefoed Bjørnsen  
National Environmental Research Institute  
Frederiksborgvej 399  
DK-4000 Roskilde  
Denmark*

On August 19 - 20 the conference "Danish Environmental Research 1999" was held in Copenhagen and attended by 350 participants from Denmark and the other Nordic countries. The conference was held as a part of the celebration of the 10th anniversary of the National Environmental Research Institute (NERI).

The present publication presents the opening address given by the Minister for Environment and Energy, Mr. Svend Auken, selected key note speeches, and a summary of the main points of the other papers. The report is divided in three chapters: "Environment and Nature", "Society and Environment" and a final chapter giving a status of the achievements and the challenges still facing Danish environmental research in year 10 after the establishment of NERI. It should be noted that the full responsibility for the view points presented in the papers relies with the individual authors.

The report reflects the diversity of the papers presented at the conference. The opening address strongly emphasise the importance of a close relationship between scientific research and environmental management. The following paper is a summarised version of the artistic presentation by Professor Poul Harremoës (Technical University of Denmark) illustrating the perspectives in the development from "pollution control to environmental ethics".

The chapter "Environment and Nature" includes Professor Bo Jansson's (University of Stockholm) presentation on antropogenic substances in the environment and Professor Kevin Noonan's (University of Stockholm) presentation emphasises the fact that the presence of organic particles probably affects the clouds and thus the atmospheric condition by far more than hitherto assumed. The chapter is wound up by dedicated reports from the technical sessions on nature, air and water prepared by Senior scientist Jesper Madsen (NERI), Professor Ole John Nielsen (University of Copenhagen), and Professor Katherine Richardson (University of Aarhus).

The chapter "Society and Environment" is introduced by Professor Peder Agger (University of Roskilde) deals with the relation between nature and the environment, comparing future challenges of environmental research with the results obtained in the '90s. Reflection



and self-criticism are mentioned as desirable new elements in Danish environmental research. In his paper, Professor Aril Vatn (Agricultural University of Norway) discusses some perspectives in the relation between research and management, environmental subjects and politics. The chapter is wound up by the reports from the technical sessions on "Society and the environment" and "Xenobiotics and genetically modified organisms" presented by Head of Secretariat, Peder Andersen (Danish Economic Council) and Director of Research, Hans Løkke (NERI) respectively.

The final chapter presents a status of the achievements and the challenges still facing Danish environmental research. On the basis of more than 100 papers presented at the conference, Deputy Director General of NERI, Peter Koefoed Bjørnsen concludes that the 90's have brought considerable progress but also that great challenges are still ahead in the next decade. Monitoring, sustainability, risk assessment, and disciplinary integration will be important keywords of future, visionary, environmental research.

# **1 Miljøforskning ved årtusindskiftet**



## Indledning

### Miljø- og Energiminister Svend Auken

---

Der har været røster fremme om, at der er for tætte forbindelser mellem dansk miljøforskning og miljømyndighederne. Det er altid godt, der sættes lup og kritisk lys på det bestående. Men samtidig er det vigtigt at bevare helhedsbilledet.

Den tætte forbindelse mellem forskningsverdenen og miljøadministrationen er en enorm styrke i dansk miljøpolitik. De politiske beslutninger bliver truffet på grundlag af en solid, tværgående og kvalificeret forskning. Der var aldrig opnået enighed om Vandmiljøplan II, hvis ikke dansk miljøforskning var i stand til at levere de faktuelle oplysninger - nærmest inden politikerne havde stillet spørgsmålene. Andre lande misunder os på dette område.

Miljøproblemerne er ofte utrolig komplekse, og der er sjældent enkle svar. Der vil altid være huller i vores viden. Men sektorforskningen giver lynhurtig adgang til den til enhver tid tilgængelige faglige indsigt. Samtidig sikrer sektorforskningsinstitutionerne en direkte forbindelse til andre hjemlige og - hvad der er allervigtigst - internationale forskningsinstitutioner. Det giver bedre beslutningsgrundlag og færre fejltagelser.

Derfor er der god grund til tæt dialog mellem miljøadministrationen og forskningsverdenen. Det ville være et klart tilbageskridt, hvis den direkte kontakt mellem administration og forskning blev brudt.

Men dialogen skal ikke føre til sammensmeltning. De tætte bånd forudsætter en række spilleregler:

**For det første** skal de forskningsmæssige kvalifikationskrav og ansættelsesprocedurer ske efter samme principper som ved universiteterne. Sektorforskningsinstitutionerne skal som universiteterne også forske og eksempelvis levere PhD-grader.

**For det andet** skal sektorforskningsinstitutionerne være uafhængige i deres tilrettelæggelse af arbejdet inden for de fastlagte, overordnede rammer. Det er de etablerede bestyrelser med til at sikre. Til gengæld må forskningsinstitutionerne være åbne for en konstruktiv - om nødvendig kritisk - dialog med opdragsgiverne. Uanset om det er ministeriets faglige styrelser eller andre.

Såvel forsker som administrator skal være bevidst om rollefordelingen. Forskeren skal acceptere ekstern kritik, og administratoren skal acceptere overraskende forskningsresultater, som sætter spørgsmålstegn ved den forudfattede mening. Ligeledes må forskningsinstitutionerne naturligvis være forberedt på uafhængige evalueringer i lighed med, hvad der foregår internationalt.

**For det tredje** må der være tilstrækkelige økonomiske midler til, at forskningsinstitutionerne kan iværksætte uafhængig forskning på eget initiativ. Og forholde sig mere kritisk til de mange programforskningsopgaver, der udbydes i disse år; fejlen ved mange af disse opgaver er, at de ikke dækker alle undersøgelsesomkostninger, men tærer på de almindelige bevillinger.

**For det fjerde** må forskningsinstitutionerne aldrig blive sig selv nok. De skal tværtimod være åbne for samarbejde - nationalt og internationalt.

Dansk miljøsektorforskning har fået fine internationale karakterer. Hvorfor forsøge at reparere på noget, der fungerer godt?

## 1.1 Fra forureningsbekæmpelse til miljøetik

**Poul Harremoës,  
Danmarks Tekniske Universitet,  
Institut for Miljøteknologi**

---

### *Abstract*

Miljødebatten startede som "forureningsbekæmpelse". Det var kun indledningen til en udvikling, som har bragt "miljø" ind i samfundsdebatten på linie med "økonomiske og sociale forhold". Denne udvikling er endnu ikke fuldendt. Fra at være en teknologipræget korrektion på det industrialiserede samfunds skader på omgivelserne er "miljø" blevet en del af samfunds-altet. Dette involverer alle videnskabelige discipliner. I begyndelsen var udfordringen at bringe indbyrdes forståelse og samarbejde mellem discipliner som ingeniørvidenskaberne og naturvidenskaberne (især biologien) - en proces, som er lykkedes i bemærkelsesværdigt omfang, under ofte upåagtet (end- og benægtet) gensidig påvirkning. Det seneste 10-års væsentligste udvikling har været integrationen fra delproblemer til totalbetragtninger, som samfundets stofbalancer og livscyklusanalyser. Dette har medført identifikation af løsninger, som ikke er teknologiprægede; men prægede af økonomiske instrumenter i reguleringen af samfundets påvirkninger af miljø. Dette fører direkte videre til de holdningsmæssige og etiske betragtninger omkring individets, erhvervenes og samfundets forhold til miljø, bæredygtighed og forholdet mellem individets rettigheder og forpligtelse i relation til natur og fremtidige generationers livsvilkår; i nationalt, europæisk og ikke mindst globalt perspektiv. Der er nok at arbejde videre med.

Titlen: "*Fra forureningsbekæmpelse til miljøetik*" er valgt for at indikere den fantastiske udvikling, der har fundet sted fra dengang der først blev opmærksomhed om en uheldig konsekvens af den materielle udvikling: *Forurening*; - til dagens situation, hvor miljø indgår i samfundsdebatten på lige fod med økonomiske og sociale forhold. Artiklen belyser de overordnede perspektiver i denne udvikling.

Der tages derefter udgangspunkt i en analyse af den samlede transport af stof ind og ud af det moderne bysamfund.



Første tese er: Alt forbrug fører til affald om ikke før, så siden. Det er illustreret ved dagligvarer, som er affald i løbet af dage og med modsætningen: Akropolis, som er en turistattraktion og ikke affald - endnu!

### 1.1.1 Kun fem muligheder

Denne analyse viser, at der kun er fem mulige løsninger på affaldsproblemet, som her er beskrevet ved fem verber:

- 1) Undlade
- 2) Genbruge
- 3) Omdanne
- 4) Deponere
- 5) Sprede

<i>Første mulighed: Undlade</i>	Vi kan <i>undlade</i> at introducere et uønsket stof ved at forbyde produktion, forhandling og/eller brug af stoffet. Historisk set var de <i>hårde detergenter</i> det første forbrugsgode, som blev forbudt - tidligt i 1960'erne. De hårde detergenter skabte vældige skumdannelser i de kommunale renseanlæg og i recipienterne. De blev erstattet med de <i>bløde detergenter</i> , som bedre nedbrydes i renseanlæggene. Siden da er mange andre stoffer blevet forbudt eller begrænset (DDT, PCB, etc.). Der vil komme mange flere sådanne forbud.
<i>Anden mulighed: Genbruge</i>	Ved <i>genbrug</i> genereres langt mindre affald. Det er fint. Emballage er et godt eksempel. Men; intet genbrug er 100%, så der vil altid være en rest, som skal håndteres!
<i>Tredje mulighed: Omdanne</i>	Der er med vilje valgt ordet: " <i>omdanne</i> ". Mange tror nemlig, at ved rensning forsvinder forureningen. Men reglen er, at forureningen omdannes til en anden form, f. eks. slam, aske eller luftforurening. Forureningen forsvinder ikke bare uden videre. Det er også en regel, at der vil altid være en rest. 100% rensning findes ikke.
<i>Fjerde mulighed: Deponere</i>	Mange tror at <i>deponering</i> kan undgås, men det er snarere omvendt: fast affald er et slutprodukt, som kan mindskes, men ikke undgås. Billedet er et eksempel på en losseplads fra 1960'erne, som stort set er så dårligt udformet som tænkes kan.
<i>Femte mulighed: Sprede</i>	At <i>sprede</i> er den sidste mulighed. Resterne i udløbet fra rensningsanlæggene og røgen fra skorstenene spredes i omgivelserne. Det er uundgåeligt. Slammet fra rensningsanlæggene spredes i omgivelserne; eller er det genbrug? Det afhænger af hvilket stof vi taler om. Der er ikke andre muligheder, bortset fra at skyde affaldet ud i rummet.
<i>Udviklingen fra 1960'erne</i>	Det interessante er, at udviklingen fra 1960'erne er gået nedefra og op. <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Sprede</i> og <i>deponere</i> i 1960'erne</li><li>• <i>Omdanne</i> og <i>genbruge</i> i 1970'erne</li><li>• <i>Undlade</i> i 1980'erne</li><li>• <i>Integration</i> i 1990'erne</li></ul>

Nu er det helheden, der er sagen. Pudsigt nok er "sprede" stadig et fyord; men det hindrer altså ikke, at det er en integreret, uundværlig del af helheden Tilsvarende er "omdanne" stadig foragtligt kaldet "end of pipe solution", men det er ligeså integreret.

**Styringsmidler**

- **Regler** (love, normer, påbud, osv.)
- **Konsensus** (høringer, interessegrupper)
- **Økonomi** (tilskud, skatter, afgifter)
- **Etik** (holdninger, moral, opførsel)

ph@imt.dtu.dk

### Nye holdninger

I samme periode har styringsmidlerne udviklet sig fra *regler*, over *konsensus* (to konsensuskonferencer), til *de økonomiske styringsmidler* (f. eks. 5 kr/m<sup>3</sup> afgift på vand) til *etik*. Det sidste er simpelthen udslag af den erkendelse, at de diffuse forureninger ikke kan tæmmes uden gennem ændret adfærd hos befolkningen. Der skal nye *holdninger* til.

#### 1.1.2 "Sindeligsetik - nytteetik"

Den etiske diskussion medfører et behov for at definere nogle filosofibegreber: *Deontologi* ("deon" er græsk: at gøre det rigtige), også kaldet "sindeligsetik". Det er holdningen og handlingen, som er afgørende. Modsætningen er *Utilitarisme*, også kaldet "nytteetik". Det er det optimerede resultat, som er afgørende.

De ekstreme formuleringer er valgt for at kridte banen op. Virkeligheden er en blanding af disse begreber fra den ene yderlighed til den anden. Dette er centrale begreber, som vi får brug for senere.

**Deontologi**  
Det etiske grundlag er holdningen og handlingen

**Utilitarisme**  
Det etiske grundlag er resultatet ud fra et nytte synspunkt

ph@imt.dtu.dk

### Miljøfag

På Danmarks Tekniske Universitet (DTU) - mit stædet - var faget "Teknisk Hygiejne", der nu er omdøbt til "Miljøteknologi", i 1969 et meget pragmatisk fag. De fleste hæftede sig ved holdningsændringen

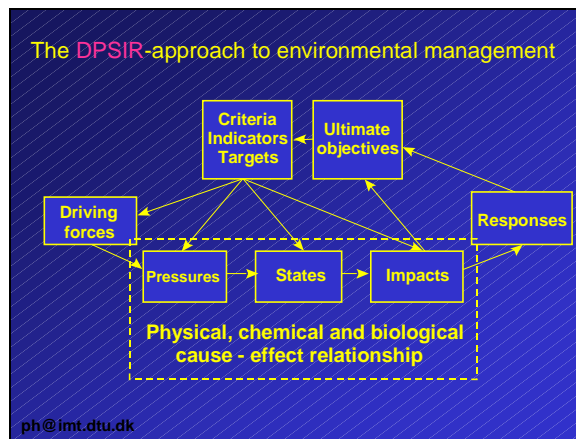


omkring 1970 til større miljøbevidsthed; men der skete en tilsvarende, lige så betydningsfuld ændring, nemlig en øget videnskabelighed. Det er værd at analysere nærmere:

Som ingeniør er der to måder at arbejde på: Den pragmatiske er baseret på erfaring. Det er *håndværk*. Det er utroligt, hvad man kan på rent pragmatisk grundlag, som f. eks. bygningen af middelalderens katedraller. Kineserne var langt forud for Europa, indtil den videnskabelige udvikling ændrede dette. Med den videnskabelige metode fik den vestlige civilisation helt anderledes greb om tingene: *Der opstod en teoretisk begrebsverden til fortolkning af observationer.*

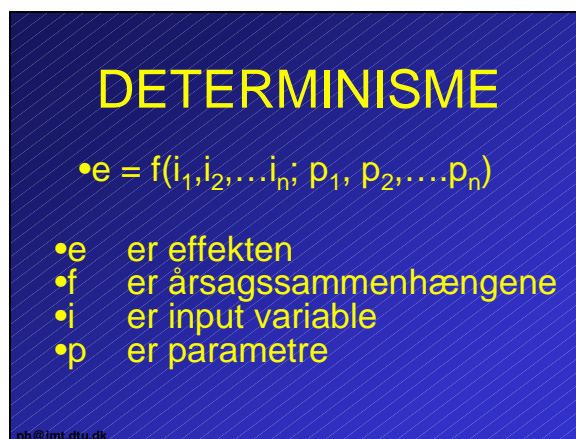
### 1.1.3 DPSIR

I "Det Europæiske Miljøagentur" arbejdes med integration og med årsagssammenhæng i et begrebsapparat kaldet *DPSIR*: Drivers, Pressures, States, Impacts and Responses.



### Årsagssammenhænge

Det er en systematik, som skaber den logiske ramme for analyse af større sammenhænge. Det er værd at fremhæve de tre midterste elementer: de fysiske, kemiske og biologiske processer som udgør "Årsagssammenhængen".



Hér er styrken. Kan man bestemme årsagssammenhængen, så kan man vælge indgrebene. I den matematiske beskrivelse kan det opskrives således. Effekt er lig en funktionsammenhæng, *Årsagsammenhængen*, baseret på viden om input og parametre. Det skulle have været så nemt: Fastlæg vores ønsker, find årsagen, find sammenhængen med effekten og bestem de nødvendige indgreb. Så nemt gik det dog ikke!

#### 1.1.4 Videnskabsteorien

*Deduktionen*

Her må man se lidt nærmere på videnskabsteorien: *Deduktionen* er logikkens begrebsverden. Den kan beskrives med absolut sikkerhed: Et bevis er et bevis! Men hvordan forholder det sig til den virkelige verden? *Induktion* er erfaring, For at det ikke skal blive den rene spekulation, må der forlanges observationer. Dét var renaissancens bud på videnskabelig nyskabelse, i modsætning til Aristoteles' logiske spekulationer.

*Induktion*

Dernæst starter vanskelighederne: At få teorierne til at passe med observationerne. Det fører uundgåeligt til usikkerhed - her beskrevet som et statistisk element – epsilon - på beskrivelsen. Problem: Epsilon kan være større end funktionsvariationen!!

**Usikkerhed**

- $e = f(i_1, i_2, \dots, i_n; p_1, p_2, \dots, p_n) + \varepsilon$
- $e$  er effekten
- $f$  er årsagssammenhænge
- $i$  are input variable
- $p$  are parametre
- $\varepsilon$  er **usikkerheden**

ph@imt.dtu.dk

*Usikkerheder*

Disse usikkerheder kan være knyttet til årsagsammenhængen, input variable og parametre. Min erfaring er, at disse usikkerheder er meget større end modelforskere ønsker at indrømme.

*Fejlkategorier*

Der er fem fejlkategorier:

- *Determinisme* (vi ved alt, hvilket er en idealisering)
- *Risiko* (vi kender usikkerheden statistisk)
- *Usikkerhed* (vi kan ikke kvantificere)
- *Uvidenhed* (vigtige sammenhænge kendes slet ikke)
- *Uforudsigelighed* (vi vil slet ikke kunne beskrive det, f. eks. kaotiske systemer)

### 1.1.5 Ubestemthedens anatomi

*Hvordan bliver "fremtiden"*

Figuren illustrerer, at vi har bevæget os fra solid tillid til determinisme og ned mod højre. Vi må simpelthen erkende, at det var meget vanskeligere at forudsige resultatet af udviklingen end vi troede. Vi må have en større ydmyghed overfor vor evne til at fremskrive som led i beslutningstagning.

Det er denne skepsis, som har ført til udsagn som bæredygtig udvikling, der er vist på figuren. Det må vække bekymring, da enhver relation til en årsagssammenhæng er opgivet. Det rejser spørgsmålet om vi har overgivet os til gætteeri, overtro eller astrologi? Kan det være forsigtighedsprincippet?

**Bevisbyrden**

Påstand: Stoffet er skadeligt

- Med besvær kan denne bevisbyrde løftes
- Blot et eksempel er tilstrækkeligt - da er tesen bevist.

ph@imt.dtu.dk

**Bevisbyrden**

Påstand: Stoffet er uskadeligt

- Denne bevisbyrde kan ikke løftes!
- Det kan aldrig udelukkes, at der er et tilfælde, som ikke er undersøgt.
- Det kan kun sandsynliggøres - ved induktion (erfaring).
- Blot ét modeksempel falsificerer tesen

ph@imt.dtu.dk

Dette giver anledning til en analyse af begrebet bevisbyrde:

- *Skadeligt stof*: Bevisbyrden kan løftes
- *Uskadeligt stof*: Bevisbyrden kan **ikke** løftes!

Vi kan ikke bevise uskadelighed, vi må sandsynliggøre og afveje fordele mod ulemper.

**Sandsynliggørelse**

- Der er således tale om sandsynliggørelse fra begge sider af skalaen
- Der bliver tale om afvejning af respektive hensyn
- Dette skal ske på en måde, som skaber tillid
- Den traditionelle risikoanalyse er for indforstået til at tilfredsstille dette krav

ph@imt.dtu.dk

### 1.1.6 Risikoanalyse

*Uskadelighed*

*Tillid* bliver det centrale begreb i risikoanalyse. Det nødvendiggør procedurer, som kan skabe tillid. I min fortolkning er konsekvensen, at det er forurenere som skal sandsynliggøre uskadelighed og skabe

tillid ved passende procedurer. Det er simpelthen ikke muligt for myndigheden at fare rundt i halen på initiativrige udviklere for at vise uskadelighed. Dette princip kendes fra medicinalindustrien som det administreres af FDA (Federal Drug Authority) i USA. Ergo: De to påstande må bedømmes med hensyn til konsekvens og det ender med en afvejning af goder kontra skader under hensyn til muligheden for at tage fejl.

**Påstande:**

- Uskadeligt:  
Hvad er usikkerheden og konsekvensen af at tage fejl? (den falske negative)
- Skadeligt:  
Hvad er usikkerheden og konsekvensen af at tage fejl? (den falske positive)

» Afvejning.

ph@imt.dtu.dk

### 1.1.7 Politikere og forskere

Beslutningen om risikoen er politisk. Det anser jeg for at være en in-diskutabel kendsgerning. I en demokratisk tradition skal sådanne beslutninger træffes af politikere, som vi har valgt og ikke af forskere, som vi ikke har valgt. Det andet punkt er en yderligere analyse værd. Findes der en objektivitet, en videnskabelig sandhed om miljø, som vi kan holde os til?

Med denne opstilling er her et bidrag til en aktuel akademisk debat: Der er to retninger inden for videnskabsfilosofien: Realisme kontra Konstruktivisme. Det er de yderpunkter, som kridter banen op.

**Realisme**  
Der er en objektiv sandhed, som beskriver naturen.

**Konstruktivisme**  
Der er ikke nogen objektiv videnskabelig sandhed.  
Al videnskab er subjektiv, dvs. politisk

ph@imt.dtu.dk

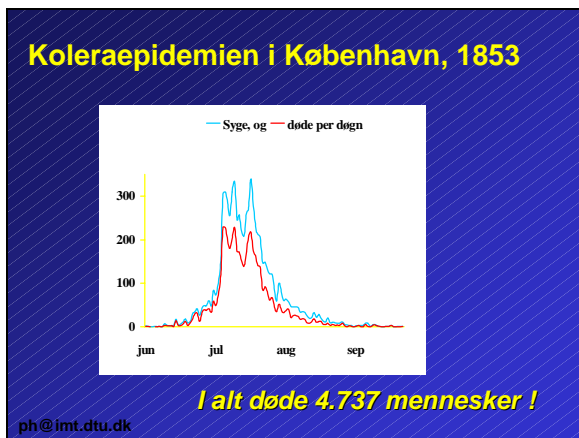
### *Faste holdepunkter*

Er der slet ikke faste holdepunkter?? Jo, det er der: patogene bakterier, Newtons love, termodynamik, massevirkningslove, osv. Men der er også løse ender; aktuelle emner, som alle er karakteriseret ved stor

ubestemthed: klimaeffekter, hormonlignende stoffer, vækstfremmere og resistens.

Et fast holdepunkt vil jeg illustrere med patogene bakterier: Koleraepidemien i København, 1853. Man havde ingen anelse om hvad det var.

De lærde skændtes om forklaringer på fænomenet. Når næsten 5000 personer døde på to måneder, kan der ikke være tvivl om befolkningens opmærksomhed og ønske om en forklaring. Det er i denne sammenhæng interessant at følge debatten i sidste århundrede: Den gamle by ser jo køn ud i dag (År 2000); men dengang var byen fyldt med skarn (år 1800).



### Miasme og kontagonisme

Der var to teorier: Miasme (sygdommen kom af ilde lugt og skarn i byen) kontra Kontagonisme (sygdommen kom af et stof, som kunne smitte). Forskerne var virkelig oppe at skændes. Miasmeteorien vandt, fordi man ikke kunne håndtere smittebegrænsning.



Faget “teknisk hygiejne” eller “miljøstrategi” startede således i 1865 på et begrebsmæssigt forkert grundlag, men førte til det rette resultat: Der er ikke vandbårne sygdomme i moderne byer. Det revolutionerende i tiltaget er vanskeligt at forstå i dag, hvor det er blevet til en selvfølge. Men det er ikke mere selvfølgeligt, end at epidemier er latente ved det mindste brud på princippet.

Hvem taler idag om miasme? INGEN! Hvem rejser tvivl om patogene bakterier som stof for smitsomme sygdomme? INGEN! Der er absolut faste holdepunkter, men det tog tid at opnå erkendelsen: 30-40 år.

### *Konstruktivisme*

#### **1.1.8 Politik kontra viden**

Af dette konkluderer jeg, at der er rigeligt plads til politik, når der mangler viden. Altså: Der er noget om "konstruktivismen". Forskningsmæssige udsagn kan være et resultat af forhandling mellem forskere, som gælder indtil man enes om noget andet.

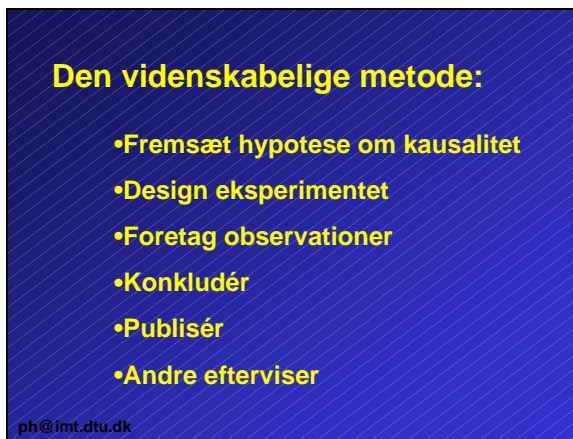
Konsensuskonference: Jeg var formand for juryen ved konsensuskonferencen om vandmiljøplanen i 1991. Man kunne enes om mange faste holdepunkter; men hvor der var store usikkerheder, der var konsensus baseret på langvarige forhandlinger og ikke på en "objektiv sandhed". Der er en blød overgang mellem realisme og konstruktivisme. Det afhænger især af det videnniveau som er knyttet til problemstillingen.

Det fører mig tilbage til fejlkategoriene, nævnt i starten af artiklen. I praksis opererer vi med problemstillinger i alle fem kategorier, fra forudsigelse af solformørkelse på sekundet til uforudsigeligheden af vejret og klimaet. Hører bæredygtighedsbegrebets hensyn til næste generationers ønsker og behov til det uforudsigelige? På dette grundlag konkluderer jeg med det udsagn, at der skal være meget større åbenhed om usikkerhed, både hos den som kommer med udtalelsen, og den som modtager informationen. F.eks.: Global opvarmning på 1 grad +/- 2 grader.



### *Objektivitet og politik*

Objektivitet bør tilstræbes af forskere, ellers bliver man politiker. Det skal være transparent. Tilnærmet objektivitet opnås ved udfoldelse af velkendt videnskabelig metode. Ulempen i politisk sammenhæng er, at det tager tid - ofte for lang tid i forhold til den politiske proces. Politik er nemlig at træffe beslutninger på ufuldkomment grundlag!



Tilbage er der så de to helt forskellige filosofiske udgangspunkter, som jeg vil illustrere ved et eksempel:

#### *Den akademiske debat*

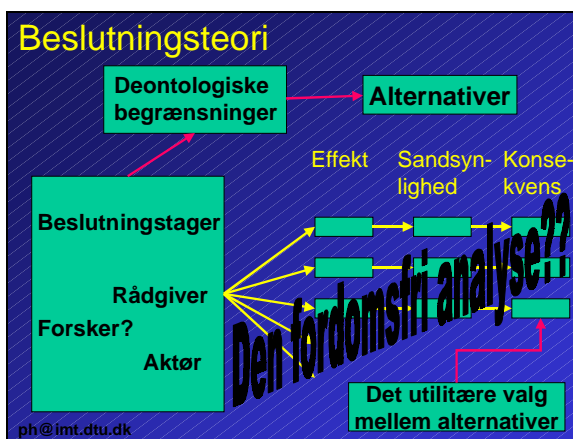
Det er privilegeret at kunne studere i et akademisk miljø, hvor debat er en ædel fægtekamp til analyse af argumenters lødighed. Oplevelsen omkring 1970 var at den akademiske debat blev moraliserende. Man skulle have den "rigtige" holdning. Debatten gik ikke på argumenterne, men på forudfattede holdninger. Det er ikke et konstruktivt akademisk klima for afprøvende debat.

Debatter domineret af fordomme præger stadig den aktuelle miljødebat. Jeg ville ønske at den blev mere frigjort og mindre fordømmende. Man kan faktisk godt lære noget af personer, selv om man er uenige med dem!

#### 1.1.9 Afsluttende bemærkninger

Til slut vil jeg tage udgangspunkt i beslutningsteori:

- *Beslutningstagere* (folketinget, miljøstyrelsen)
- *Rådgivere* (sektorrådgiverne, DMU, GEUS, ..)
- *Aktørerne* (industri, landbrug, kommuner...)



Den konventionelle opfattelse er, at der undersøges alternativer, hvorpå der træffes et utilitært valg ved politisk afvejning. **MEN:** En opdragsgiver definerer opgaven og giver de deontologiske begræns-

ninger: nogle delundersøgelser ønskes ikke gennemført, og visse resultater ønsker man ikke at høre! Hvordan rimer det med forskeren??? Hvor er der plads til den fordomsfri analyse? Jeg har ikke svaret, men....

### *Den frie forskning*

I min verden er gennemskuethed og åbenhed gennem kontinuert debat det bedste middel mod konflikter mellem afgrænsede opdrag til rådgivere og en fri forsknings udfoldelsesmuligheder. Det foreslår jeg som en ledesnor for de næste ti år for DMU.

Jeg vil ønske for DMU: direktion og medarbejdere, at der idelig må være en diskussion om, hvor grænsen ligger mellem den deontologiske begrænsning og den videnskabelige analyse.

Note:

Poul Harremoes's indlæg er redigeret af DMU, ud fra det anvendte foredragsmateriale.





## **2 Miljø og natur**



## 2.1 Antropogena ämnen i vår miljö

**Bo Jansson**

**Stockholms Universitet,**

**Institutet för tillämpat miljöforskning (ITM)**

---

Vi inbillar oss gärna att människan förr levde i samverkan med naturen och inte påverkade den. Det är nog inte riktigt sant, mänskliga aktiviteter har alltid påverkat miljön, men under det nuvarande seklet har påverkansgraden ökat kraftigt. Detta beror bland annat av att människorna blivit betydligt fler, men det beror också på en ökad industrialisering. Vi har också börjat tillverka ett stort antal kemikalier, av vilka en del inte alls eller i mycket små mängder funnits tidigare i naturen. Vi brukar kalla dessa ämnen antropogena och menar då att de är naturfrämmande. I det följande kommer vi att titta lite på hur dessa kommer från teknosfären ut i miljön och vad som händer där. Vi skall även se lite på hur vi skall kunna minska miljöpåverkan på grund av antropogena ämnen.

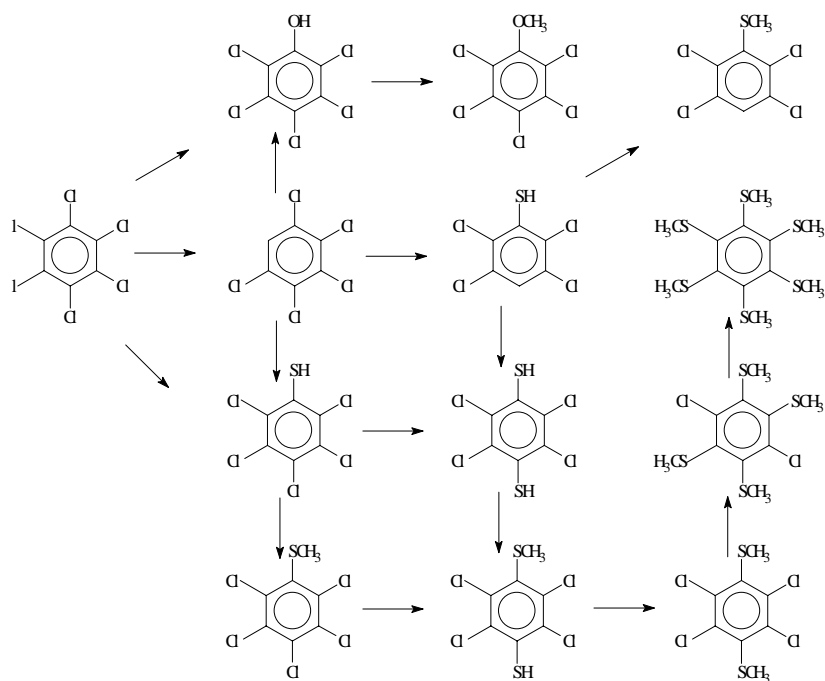
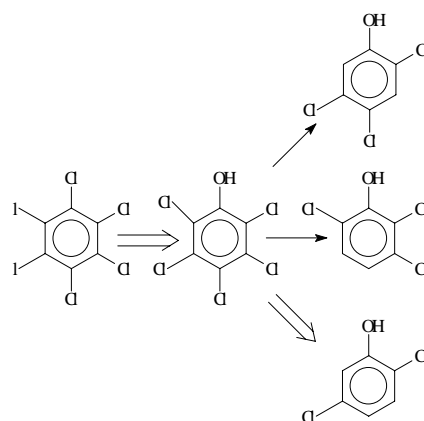
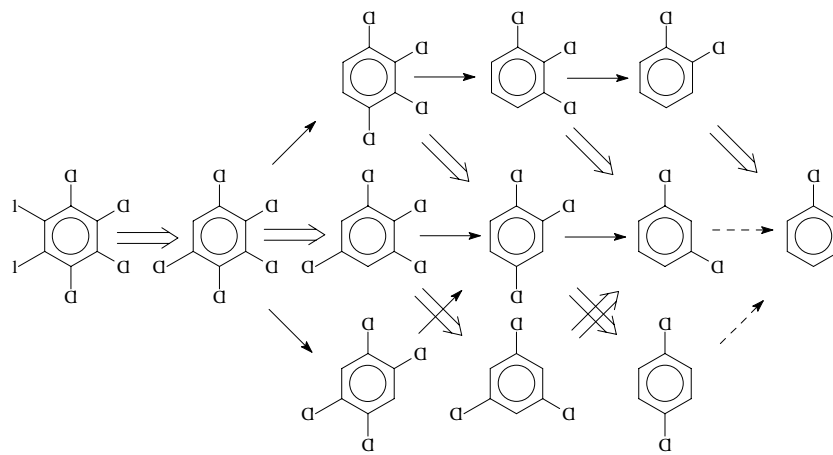
### 2.1.1 Varifrån kommer dessa antropogena ämnen?

*100.000 kemikalier*

Kemister sysslade fram till och med 1700-talet framför allt med ämnen som man hämtat i naturen. I början av 1800-talet ändras detta genom att man börjar förstå hur man i laboratoriet kan tillverka ämnen, även sådana som man inte kunde hitta i naturen. En del av dessa nya ämnen visade sig ha egenskaper som väl till pass i olika tekniska applikationer och de kom att tillverkas i stora mängder. Den stora utbyggnaden av kemiindustrin kom efter andra världskriget och det finns idag över 100 000 olika kemikalier registrerade på den Europeiska marknaden. Att flera av dessa kemikalier består av ett stort antal olika substanser gör ju inte situationen mindre komplicerad.

*Kilde til föroreningen*

Innan miljömedvetenheten vaknade för några decennier sedan var sannolikt de som tillverkade kemikalierna också de stora förorenarna. Idag är situationen en annan, åtminstone i den industrialiserade delen av världen. Producenterna har slutit sina processer och renar sina emissioner betydligt bättre än tidigare och för många ämnen är nu sannolikt emissionerna från användning och kvittblivning större än de från tillverkningen. Denna förskjutning av emissionsmönstret är givetvis mycket positiv eftersom den beror av att man minskat emissionerna vid tillverkningen. Att studera de nu dominerande diffusa källorna är dock betydligt svårare och de kan också vara svåra att åtgärda. Exempel på detta är de ämnen som vi bygger in i teknosfären och som kommer att sitta där under lång tid. PCB användes till exempel under en period i vissa byggmaterial och när vi nu försöker åtgärda kvarvarande PCB-källor får vi lov att för mycket stora kostnader byta ut de aktuella byggmaterialen.



Figur 2.1.1 Några föreslagna nedbrytningsvägar för hexaklorbensenen.

### Huvudkomponent och spårämngder

Det är inte endast huvudkomponenten i en kemikalie som kan utgöra miljöhot. I vissa fall kan föroreningar även spårämngder utgöra det stora hotet. Exempel på detta är innehållet av dioxiner i vissa klorfenolpreparat. Det är svårt att förutse alla tänkbara föroreningar i en viss kemikalie och åtminstone spårämngder kan vara svårt att analysera. Det är därför viktigt att effekttester som görs verkligen utförs med den kommersiella produkten med alla sina föroreningar.

### Huvudkomponent och dotterföreningar

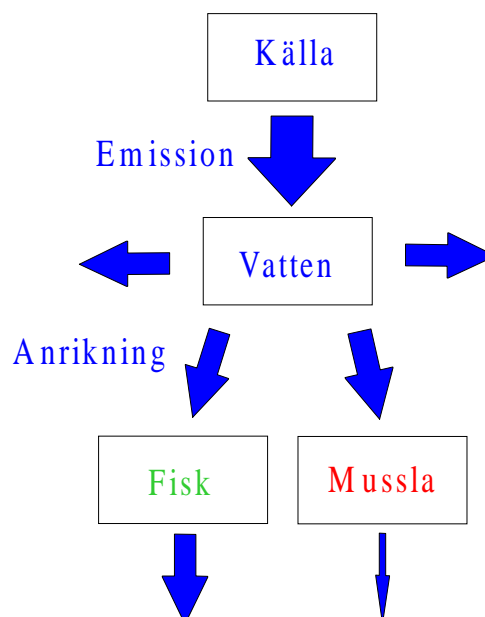
När man skall bedöma en kemikalies miljöpåverkan får man inte endast se till de effekter som huvudkomponent och föroreningar ger upphov till, utan man måste också ta hänsyn till de nya ämnen som kan bildas av dessa. Som ett exempel kan tas hexaklorbensenen (HCB) som ju är en kemikalie som består av en huvudkomponent. Av denna har det i litteraturen beskrivits åtminstone 43 olika dotterföreningar. I figur 1 beskrivs hur några av dessa kan tänkas uppstå.

För att kunna bedöma en kemikalies inverkan på miljön måste man alltså ta med inte bara huvudkomponentens effekter utan även de som kan åstadkommas av bi- och dotterprodukter. Att förutse dessa är en stor utmaning för kemisterna.

### 2.1.2 Vad händer med de antropogena ämnena när de kommer ut i miljön?

#### Fördelningen mellan luft-vatten-sediment-biota

När en substans kommer ut i miljön fördelas den mellan olika medier. Ämnets fysikaliskt-kemiska egenskaper kommer att bestämma fördelningen mellan t ex luft-vatten-sediment-biota. I figur 2 visas ett enkelt fall där emissionen går till vatten och hur ämnet tas upp av fisk och mussla. Fisken kan göra sig av med ungefär lika mycket som den får i sig, men musslan lyckas endast bli av med en mindre del och ämnets koncentration kommer att öka i musslan.



Figur 2.1.1 Fördelning av en organisk substans i en akvatisk miljö.

## Lång transport

Ämnen som inte bryts ned väldigt fort kommer att geografiskt transporteras med luft- och vattenströmmar. För ämnen som fördelar sig till luft och inte snabbt bryts ned där kan denna transport bli väldigt lång och miljörer långt från utsläppet kommer att kunna påverkas. Detta kan även gälla för partikelbundna ämnen med lågt ångtryck.

## Värdering av kemikalier

### 2.1.3 Är alla antropogena ämnen farliga?

Av alla de kemikalier vi idag använder, och därmed också delvis förlorar till miljön, finns det många som, så vitt vi vet idag, inte förorsakar några negativa effekter i miljön. Vi kan dock aldrig säga att ett ämne är otoxiskt, det enda vi kan säga att det inte givit respons för de effekter vi testat det för. Morgondagens kunskap kan avslöja att ämnen som idag anses oförargliga kan visa sig vara allvarliga miljöhot. Den senaste tidens upptäckter av hormonstörande ämnen är ett exempel på sådan omvärdering av kemikalier.

## Persistenta ämnen

Det finns speciella skäl att vara försiktig med ämnen med lång halveringstid i miljön. Ett av dessa är att ämnena kommer att finnas i miljön lång tid efter det att vi stoppat alla utsläpp, dvs vi har en lång bromssträcka. Ett annat skäl är att ämnena är så stabila att de kan transporteras ut över stora ytor och det är svårt att koppla deras effekter till bestämda källor. Om de persistenta ämnena dessutom är bioackumulerande kommer allt högre halter att kunna byggas upp i biota och risken för att effektnivåer uppnås förr eller senare är stor. *Sammantaget innebär detta att persistenta bioackumulerande ämnen måste hanteras med mycket stor försiktighet.*

### 2.1.4 Finns det miljöföroreningar vi inte känner till idag?

Vi identifierar med jämna mellanrum "nya" föroreningar i miljön. Detta kan vara resultatet av ett systematiskt sökande, men i de flesta fall är det sannolikt slumpen som gör att de nya ämnena observeras. Utveckling av ny eller befintlig analysteknik kan vara bidragande orsak till att vi får nya angreppsvinklar eller helt enkelt ökad känslighet i vårt sökande.

## "Nya" ämnen

Det finns alltså ingen anledning att tro att vi nu funnit alla miljögifter, det kommer med största sannolikhet att påträffas nya antropogena ämnen i miljön. Vi skall dock vara medvetna om att det är ett misslyckande varje gång vi gör detta eftersom det då visar att det är ytterligare ett miljöhot som vi inte lyckats förutse förrän det visar sig ute i miljön. Detta sökande efter "nya" ämnen är dock ett mycket viktigt skyddsnet för att påvisa de problem som vi inte lyckats förutse på annat sätt innan det uppträder i vår omgivning.

### 2.1.5 Hur skall vi undvika nya hot?

Genom att dra nytta av den kunskap vi skaffat oss från de kemikalier vi hittills undersökt kan man till viss del förutse hur "nya" ämnen kommer att uppträda i miljön. Om vi bestämmer dessas fysikalisk-kemiska egenskaper, empiriskt eller med struktur-egenskaps-samband, kommer kan vi att kunna prediktera deras fördelning i miljön och i viss mån också de effekter som de kan tänkas vara ansvariga för. Dessa uppskattningar kan vara mycket osäkra och

kräver verifierande studier om resultaten pekar på att det kan bli några problem.

#### *Riskvärdering*

För ämnen som kan förväntas ge miljö- och/eller hälsoproblem görs en mer utförlig *riskvärdering*. Denna består av en faroanalys och en exponeringsanalys. I faroanalysen bedöms dos-respons-samband för de effekter som konstaterats för den aktuella kemikalien. Dessa data jämförs sedan med den aktuella exponeringsanalysen för att bedöma om vi har tillräckliga säkerhetsmarginaler mellan aktuell exponering och effektdoser.

#### *Exponeringsanalyser*

*Exponeringsanalyser* görs i möjligaste mån med hjälp av hårda mätdata, t ex resultat från monitoringprogram och annan mätverksamhet. Det är dessvärre ofta mycket svårt att få fram dessa data, även från ibland väl etablerade monitoringprogram. Vi måste se till att våra resultat blir lätt tillgängliga, något som med dagens informationsteknologi inte är svårt.

#### *Modellering*

I den mån mätdata inte finns tillgängliga kan man med *modeller* estimeras även exponeringen via olika vägar om man känner produktions/användningsvolym och användningssätt för den aktuella kemikalien. Även här måste i de flesta fall de predikterade exponeringarna betraktas som uppskattningar som kan vara behäftade med avsevärda fel.

#### *Kombination av metoder*

För många av de ämnen som nu står på tur för omfattande riskvärderingar finns väldigt få data som beskriver exponeringen. Sannolikt vore det oekonomiskt, om det ens är möjligt, att börja ämnena i alla möjliga miljöer. En *kombination av modellering och mätverksamhet* inom arbetet med riskvärderingen är sannolikt ett mer optimalt resursutnyttjande. Detta skulle kunna göras så att tillgängliga (eller default-data) används i en preliminär riskvärdering och om det då visar sig att denna indikerar stora säkerhetsmarginaler kanske man inte behöver göra så mycket mer. Om det däremot visar sig att det kan finnas en anledning till oro så kan man gå in och göra strategiska mätningar för att verifiera de skattade exponeringarna.

### **2.1.6 Hur skall man prioritera studier av "nya" ämnen?**

En fullständig riskvärdering är mycket omfattande och tar många år att genomföra. Det program inom EU som skall riskvärdera existerande ämnen har under en femårsperiod fått fram fyra värderingar, och även om den takten kommer att öka något så måste man noga prioritera de ämnen som skall undersökas.

#### *OSPAR-konventionen*

Inom OSPAR har man funderat på hur man skall finna de farliga kemikalier som man på ministermødet i Esbjerg bestämde att de ej skall släppas ut om 20 år. De egenskaper man sagt att dessa ämnen skall ha är persistens, förmåga att bioackumuleras och toxicitet. En arbetsgrupp har tittat på ett mycket stort antal ämnen (>100 000) och rankat dessa med hjälp av både hårda och predikterade data. Ett stort bekymmer i dessa sammanhang är att vi inte har något lätt sätt att mäta persistens. Det bästa måttet är sannolikt halveringstid i olika medier, men det är svårt att bestämma och befintliga data vär ytterst begränsad. Man använder ofta (även i OSPAR-arbetet) i stället oför-



mågan hos ett nedbrytningstest att påverka ämnet som ett mått på hur persistent ämnet är. Genom att variera tröskelvärdena för denna och de andra två variablerna har man från den riktigt långa listan nu föreslagit flera alternativa "Preliminära listor" som innehåller mellan 59 och 1046 olika ämnen. Dessa listor kan även innehålla ämnen som inte uppfyller de tre kriterierna men som har andra allvarliga effekter (t ex är cancerframkallande). Avsikten är nu att man inom konventionen skall komma överens om vilken lista man skall arbeta vidare med. Den kommer då att gås igenom för bedömning av exponeringsmöjlighet och detta arbete kommer slutligen att resultera i en "List of substances of possible concern".

Tabel 2.1.1. Kemiska parametrar som föreslagits ingå i Water Framework Directive. I de tre listorna till höger finns endast ämnen som tillkommit utöver de som finns i den första listan.

Prioritet	Organiska ämnen analyserade i vatten	Organiska ämnen modellerade i vatten	Organiska ämnen analyserade i sediment	Metaller
1	PAH	Klorparafiner (C <sub>10-13</sub> )	Pentaklorbensen	Nickel
2	Pentaklorfenol	Bensen	Bromerade difenyletrar	Bly
3	Heptaklor	Nitrobensen		Kadmium
4	Klorpyrifos	DEHP		Koppar
5	Hexaklorbensen	Octyl/nonylfenoler		Arsenik
6	Klornitrobensener			
7	Triklorbensener			
8	Chlorfenvinphos			
9	Diruon			
10	Trifluralin			
11	Triklormetan			
12	Diklormetan			
13	1,2-Dikloretan			
14	Isoproturon			
15	Endosulfan			
16	Alachlor			
17	Hexaklorbutadien			
18	HCH			
19	Atrazin			
20	Simazin			

I arbetet med det inom EU föreslagna ramdirektivet för vatten har man också försökt finna objektiva vägar att identifiera de kemiska parametrar som man behöver för att bestämma kvaliteten i en vattenmiljö. Här har man i stor utsträckning försökt använda de mätdata som finns inom unionen för att göra prioriteringar. Man startade med en lista som var baserad på tidigare listor, vilket gör denna studie mindre bred än den inom OSPAR. Arbetet pågår även i detta projekt, men man har för närvarande kommit fram till den lista som visas i nedanstående tabell.

Även UNEP och UN-ECE arbetar med objektiva kriterier för att inkludera nya ämnen i de prioriteringslistor som man där satt upp.

### **2.1.7 Sammanfattning**

Vi känner ett stort antal kemikalier som utgör hot mot vår miljö. Det pågår fler försök att förutse vilka ytterligare ämnen som kan tänkas tillhöra denna grupp och vi kommer att få försöka ta fram underlag för att göra riskvärderingar av dessa ämnen. Det krävs både effektstudier och underlag för exponeringsbedömningar. Det kommer inte att vara möjligt att mäta allt överallt och vi måste finna metoder att prioritera analysverksamheten. En kombination av modellering och mätning torde vara det bästa sättet att optimalt nyttja givna resurser.

Bland de organiska substanserna är de största potentiella riskerna att finna bland de som är långlivade och bioackumulerande. Dessa ämnen borde inte användas.



## 2.2 Atmospheric Heterogeneous Chemistry and Clouds: Present Status and Challenges

Kevin Noone,  
Stockholm University, Department of Meteorology

---

The role of heterogeneous chemistry in the atmosphere and of heterogeneous processes in general has received increasingly more attention in the last decade. Clouds on average overlie about 50% of the earth's surface. Given their ubiquitous presence, it is somewhat surprising that we are only now beginning to realize the fundamental role they play in nearly all atmospheric processes from the basic hydrologic cycle to radiative transfer to acid rain. Clouds are a collection of millions of individual water droplets or frozen crystals. These cloud elements (as well as the aerosol particles on which they form) provide an aqueous solution in which or a surface on which chemical reactions can occur.

### 2.2.1 What are Heterogeneous Processes

#### *Definitions*

The term *heterogeneous* implies mixed or dissimilar constituents. This term can take on a multitude of different meanings when used in the context of atmospheric processes. Chemical reactions taking place on surfaces have been called *heterogeneous reactions*, while reactions taking place in cloud droplets have more often been called *aqueous-phase reactions*. In principle, both can be considered heterogeneous, since they require the presence of at least two distinct and dissimilar phases gas and condensed material. Given the broad nature of how the term heterogeneous has been used, it is prudent to specify its definition as it will be used here.

In this paper, we will use the term *heterogeneous* to mean any process that requires or involves at least two phases. Such processes include chemical reactions on the surfaces of crystals in cirrus clouds, as well as the formation processes of the clouds themselves.

### 2.2.2 Aerosol/Cloud Interactions

Each droplet in a warm cloud began its life as an aerosol particle. The case is essentially the same for cold clouds, even though there may be ice multiplication processes that can generate crystals that do not contain an aerosol residual. Cloud formation, since it requires aerosol particles and condensable gas-phase water, is therefore a heterogeneous process.

#### *Interactions between particles and cloud elements*

Within a cloud, heterogeneous processes modify the properties of both the cloud elements and of the aerosol particles that did not grow into the size range of droplets containing most of the condensed water. Additionally, collision and coagulation between the smaller *interstitial* aerosol particles and the larger cloud droplets or crystals can also change the distribution of material within a cloud. Here we will

consider the interactions between aerosol particles and cloud elements as one particular kind of heterogeneous process.

### 2.2.3 Examples of Heterogeneous Processes

We will use two kinds of clouds cirrus clouds in the upper troposphere and stratocumulus clouds in the marine boundary layer to illustrate some of the ramifications of heterogeneous processes in the atmosphere. We will attempt to illustrate some of the outstanding questions regarding heterogeneous processes and clouds.

### 2.2.4 Way Over Our Heads: Stratospheric and Upper-Tropospheric Processes

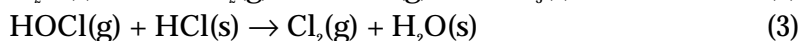
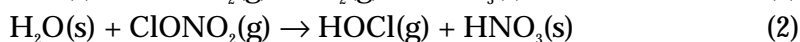
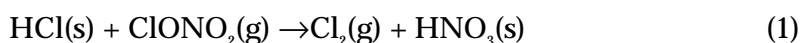
*Ozone hole*

The appearance of the Antarctic stratospheric ozone hole served as a wake-up call to everyone involved in the atmospheric sciences that we did not know as much as we thought we did about atmospheric chemistry and dynamics. The eventual proof that heterogeneous chemical reactions on the surfaces of polar stratospheric clouds (PSCs) were a causal link in the ozone hole phenomenon (Solomon 1990) was an illustration of the tremendous importance of heterogeneous chemical reactions. We will begin with a discussion of the reactions that occur in PSCs, and the possible effects that the same reactions may have in clouds lower down in the atmosphere.

### 2.2.5 Polar Stratospheric Clouds

*Chlorine and nitrate*

Polar stratospheric clouds provide the surfaces on which chemical reactions between relatively stable chlorine and nitrate compounds can proceed. These reactions generate more active forms of chlorine and nitrate, which can subsequently play a role in ozone destruction. While the nature of the PSCs themselves is a fascinating story, we will limit this discussion to three of the heterogeneous reactions that happen on the surfaces of PSCs:



In these reactions, (s) denotes a compound present on the surface of a PSC crystal, and (g) represents a reactant compound that diffuses from the gas phase to react on the surface, or product compound that diffuses from the surface to the gas phase.

In terms of stratospheric ozone destruction, the germane aspect of these reactions is that they convert relatively stable chlorine species to  $\text{Cl}_2(\text{g})$  which can be photolyzed and generate chlorine radicals. These radicals can then start a series of reactions that consume ozone while regenerating the chlorine radicals.

The nitric acid generated in reactions (1) and (2) remains associated with the condensed phase, and can eventually sediment out of the stratosphere, leading to denitrification there. We will discuss another aspect of the fact that nitric acid remains in the condensed phase in the following sections.

### 2.2.6 Heterogeneous Chemistry in Cirrus Clouds

#### *Reactions in the tropopause*

Recently, (Borrmann et al. 1996) showed in a model investigation that these same reactions may occur in the upper troposphere on the aerosols and cirrus clouds present there. Further model studies by (Solomon et al. 1997) expanded on this premise and suggested that heterogeneous reactions in the tropopause region could lead to ClO(g) concentrations that were an order of magnitude higher than those calculated to be present in the absence of clouds. Experimental evidence of elevated ClO concentrations in the vicinity of cirrus clouds and volcanic aerosol layers was found by (Borrmann et al. 1997). Clearly, the possibility exists that heterogeneous reactions can significantly affect chlorine chemistry in the tropopause region.

#### *Fate of nitric acid*

One aspect of these reactions that was not investigated in these studies, however, was the fate of the nitric acid generated in reactions (1) and (2). (Laaksonen et al. 1997) have shown that nitric acid vapor can affect the formation of crystals in cirrus clouds. They calculated that at elevated levels of gas-phase nitric acid, HNO<sub>3</sub> diffuses to the ambient aerosol, adding soluble mass to the aerosol particles. This additional mass allows the particles to activate and form cirrus cloud elements at lower supersaturations compared with similar conditions, but with lower nitric acid vapor concentrations.

The effect of the kinds of heterogeneous reactions described in (Borrmann et al. 1996) would be similar in nature. If the nitric acid generated by heterogeneous reactions remains in the aerosol phase after the cirrus cloud evaporates, then the additional solute that this nitrate represents could mean that the aerosol particle may more easily form a cirrus crystal the next time the air that contains the aerosol exceeds ice saturation.

### 2.2.7 Aircraft Emissions and Cirrus Clouds

Commercial aircraft emit oxides of nitrogen, water and particles. Commercial jet aircraft tend to fly in the tropopause region generally above the tropopause in the northern hemispheric mid-latitude and polar routes, and generally below in the tropical air corridors. Jet aircraft also cause contrails to form which often can persist for considerable periods and even expand into large cirrus sheets. A considerable amount of work has been done to assess the consequences of these emissions in terms of possible chemical perturbations in the lower stratosphere and upper troposphere (see Brasseur et al. 1998 for a review). However, none of the studies have specifically included the effects of the heterogeneous reactions described in (Borrmann et al. 1996) and (Solomon et al. 1997).

#### *Influence from aircraft emission*

In this respect, the following questions remain unresolved:

- What are the consequences of heterogeneous reactions in terms of affecting the behavior of aerosols that form cirrus cloud elements?
- How do aircraft emissions and contrails influence heterogeneous reactions and subsequent cirrus cloud formation?

These are but two examples of the kinds of questions we still must address regarding heterogeneous processes in the tropopause region.

### 2.2.8 Closer to Home: Boundary Layer Processes

We can examine another set of issues involving heterogeneous processes by descending from the rarefied air of the upper troposphere and lower stratosphere to a denser region closer to home, the marine boundary layer. Here we will examine a number of aspects of aerosol/cloud interactions and heterogeneous processes that relate to cloud albedo, sulfur cycling and aerosol organic material.

### 2.2.9 Cloud Droplet Formation and Indirect Radiative Effects

#### *Formation of cloud droplets*

Since the droplets in clouds form on aerosol particles, it follows that if human activity generates aerosols, we may also affect cloud droplet populations. For a given amount of liquid water and a fixed cloud thickness, increasing droplet number will lead to a smaller droplet size and a higher cloud albedo (Twomey 1974, Twomey 1991). Perhaps the first evidence of this *indirect radiative effect* came from early TIROS satellite imagery. (Conover 1966) observed anomalous cloud lines in marine stratiform clouds in satellite imagery. He attributed these cloud lines to the effects of the effluent plumes from ships on the marine clouds. In a comment on this article, (Twomey et al 1968) showed that aerosol particles emitted from the ships could lead to the observed increase in cloud albedo. These anomalous cloud lines curvilinear structures of increased albedo have subsequently become known as ship tracks.

An experiment (the Monterey Area Ship Tracks Experiment MAST) was carried out in 1994 aimed at testing a set of ten hypotheses regarding the formation and maintenance of ship tracks (Durkee in press (a)). This experiment was designed to determine exactly which property of the ship effluent was responsible for the observed albedo increase in the clouds. The results of the experiment showed that submicrometer aerosol particles from the ships stack effluent were responsible for the ship tracks (Durkee et al. in press (b); Hobbs et al. in press; Noone et al. in press (a); Noone et al in press (b)).

#### *Chemistry and size of particles*

The ships produced far more particles than those that led to an increase in cloud droplet number there were a substantial number of unactivated interstitial aerosol particles in the ship tracks. (Hallberg et al. 1994) had previously observed that particles of sizes sufficiently large to have grown to cloud droplets in continental clouds over central Germany were found as interstitial aerosol. They showed that for a given size of accumulation-mode particle, those that contained mostly soluble material were primarily found associated with the cloud droplets, while those containing mostly insoluble material were found primarily as interstitial particles. They concluded that there was a chemical effect on cloud droplet nucleation in the clouds in which they made their measurements. One of their hypotheses regarding their observations was that organic aerosol material could be responsible for some of the effects they saw.

The observation that particle chemistry and not only particle size has an influence on cloud droplet formation is an example of a heterogeneous chemical process that can ultimately be related to cloud radiative properties.

### 2.2.10 Organic Aerosols

#### *Organic compounds*

Our general picture of the clean background marine boundary layer has long been that aerosol number concentrations are typically between ca.  $10^1$  -  $10^2$   $\text{cm}^{-3}$ , and that by number about 80-90% of the particles are sulfate salts, while the remaining 10-20% are sea salt. Numerous observations of organic compounds have been made in urban or continental background locations, but it has generally been thought that organic material was not a significant component of the clean marine boundary layer aerosol.

In this respect, results from the MAST experiment were fairly surprising. Two different techniques for measuring organic aerosols were used. Single particle analysis was employed to determine the number of aerosol particles larger than  $0.1\mu\text{m}$  radius that contained organic material (De Bock et al. 1998). It was not possible with the single particle technique, however, to determine the composition of the organic material. Another method was used to determine the concentration and composition of polyaromatic hydrocarbon (PAH) material (Russell et al. 1997). Both techniques showed that organic material was present both in polluted and clean marine boundary layers, and that organic material was also found in the cloud droplet nuclei in the boundary layer clouds.

#### *Single particle analysis*

The results from the single particle analysis are particularly interesting in this regard. Samples were obtained of aerosol particles below cloud base, of cloud droplet residuals (aerosol particles left behind after cloud droplets were sampled and evaporated), and of above-cloud aerosols. Of all of the samples obtained, 78% (55/71) contained organic material. If one considered only the ambient cloud droplet residual samples, 80% (16/20) contained organic material. These results showed that organic particles were found in substantial numbers in both polluted and clean marine boundary layers, and that these organic particles were active in forming cloud droplets.

#### *Anthropogenic materials*

The category of particles that contained organic material and chlorine was particularly intriguing. Organic material and sea salt could be explained by coagulation of organic particles and sea salt particles (or of the droplets that formed on these kinds of particles), or by generation of this kind of particle from the sea surface. Similarly, the organic plus sulfur cluster could be explained by coagulation of organic and sulfate particles or droplets. It is not likely, however, that these processes could have resulted in particles that contained organic material and chlorine alone (without sodium). This type of particle could be anthropogenic in origin, as many PAHs contain chlorine. These particles were observed not only in the polluted boundary layers but also in clean conditions, making an exclusively anthropogenic source less likely.

#### *Natural processes as condensation nuclei*

Gribble (1992) has shown that marine algae can produce halogenated organic compounds, and that some of these compounds contain only chlorine. It is possible that marine algae could be responsible for this kind of aerosol cluster. Another possibility is that sea salt and acidic sulfate particles or droplets coagulate with each other, and that some of the chloride contained in the sea salt particles is driven off as HCl gas. This HCl could subsequently condense on an exclusively organic



particle, resulting in the organic plus chlorine clusters. While we cannot discern between these two processes, it is intriguing that the possibility exists that marine algae could produce organic material that eventually ends up serving as cloud condensation nuclei.

### 2.2.11 Future Challenges

#### *Processes in the atmosphere*

We have only begun to discover and appreciate the role that heterogeneous processes play in the atmosphere. Part of the reason that these processes are not well understood is that they are very difficult to measure and quantify in the ambient atmosphere. In many instances, simply quantifying the amounts of the various species taking part in heterogeneous processes is either difficult or impossible, making quantification of the processes themselves even more of a challenge.

We have discussed two examples of how heterogeneous processes may be important in terms of influencing cloud properties. These are two of the processes we know about - there are sure to be many more such processes left to be identified. We are challenged to identify the circumstances in which heterogeneous processes can have significant effects on atmospheric chemistry or on aerosol/cloud interactions. Another of the future challenges is to improve our analytical ability so that we can quantify these processes. Perhaps the most fundamental challenge is for us to realize that heterogeneity is the norm in the atmosphere and not an exceptional or negligible circumstance.

### References

Borrmann, S., Solomon, S., Avallone, L., Toohety, D. & Baumgardner, D. (1997). On the occurrence of ClO in cirrus clouds and volcanic aerosol in the tropopause region, *Geophys. Res. Lett.*, 24 (16), 2011-2014.

Borrmann, S., Solomon, S., Dye, J.E. & Luo, B. (1996). The potential of cirrus clouds for heterogeneous chlorine activation, *Geophys.Res.Lett.* 23 (16), 2133-2136, 1996. Conover, J.H., Anomalous cloud lines, *J. Atm. Sci.* 23 778-785.

Brasseur, G.P., Cox, R.A., Hauglustaine, D., Isaksen, I., Lelieveld, J., Lister, D.H., Sausen, R., Schumann, U., Wahner, A. & Wiesen, P. (1998). European Scientific Assessment of the Atmospheric Effects of Aircraft Emissions, *Atmos. Env.* 32 (13), 2329-2418.

De Bock, L.A., Noone, K.J., Pockalny, R.A. & Van Grieken, R.E. (1998). Single Particle Analysis of Aerosols Observed in the Marine Boundary Layer during the Monterey Area Ship Tracks Experiment (MAST) with Respect to Cloud Droplet Formation, *J. Atmos. Chem.* Submitted.

Durkee, P.A., Noone, K.J. & Bluth, R.T. (in press (a)). The Monterey Area Ship Track (MAST) Experiment, *J. Atmos. Sci.*, in press.

Durkee, P.A., Noone, K.J., Ferek, D.W., Johnson, D.W., Johnson, J.P., Garrett, T.J., Hobbs, P.V., Hudson, J.G., Bretherton, C.S., Innis, G., Frick, G.M., Hoppel, W.A., O'Dowd, C.D., Russell, L.M., Gaspaovic,

R., Nielsen, K.E., Tessmer, S.A., Ösström, E., Osborne, S.R., Flagan, R.C., Seinfeld, J.H. & Rand, H. (in press (b)). The Impact of Ship-Produces Aerosols on the Microstructure and Albedo of Warm Marine Stratocumulus Clouds: A Test of MAST Hypotheses 1.1a and 1.1b. *J. Atmos.Sci.*

Gribble, G.W. (1992) Naturally occurring organohalogen compounds - A Survey. *J. Nat.Prod.* 55 (10), 1353-1395.

Hallberg, A., Ogren, J.A., Noone, K.J., Okada, K., Heinzenberg, J., Svenningsson, I.B. (1994). The influence of aerosol particle composition on cloud droplet formation. *J. Atmos.Chem.* 19, 153-171.

Hobbs, P.V., Garrett, T.J., Ferek, R.J., Strader, S.R , Hegg, D.A., Frick, G.M., Hoppel, W.A., Gasparovic, R.F., Russell, L.M., Johnson, D.J., O'Dowd, C., Durkee, P.A., Nielsen, K.E. & Innis, G. (in press). Emissions from Ships with Respect to their Effects on Clouds, *J. Atmos. Sci.*

Laaksonen, A., Hienola, J., Kulmala, M. & Arnold, F. (1997) Supercooled cirrus cloud formation modified by nitric acid pollution of the upper troposphere. *Geophys.Res.Lett.* 24 (23), 3009-3012.

Noone, K.J., Johnson, D.W., Taylor, J.P., Ferek, R.J., Garrett, T., Hobbs, P.V., Durkee, P.A., Nielsen, K., Platnick, S., King, M.D., Öström, E., O'Dowd, C., Smith, P.A., Durkee, P.A., Nielson, K., Hudson, J.G., Pickanly, R.A., DeBock, L., Van Grieken, R., Gasparovic, R.F. & Pockalny, R.A. (in press (a)) A Case Study of Ship Track Formation in a Polluted Marine Boundary Layer. *J. Atmos. Sci.*

Noone, K.J., Öström, E., Ferek, R.J. Garrett, T., Hobbs, P.V., Johnson, D.W., Taylor, J.P., Russell, L.M., Flagan, R.C., Seinfeld, J.H., O'Dowd, C.D., Smith, M.H., Durkee, P.A., Nielson, K., Hudson, J.G., Pockanly, R.A., DeBock, L., Van Grieken, R., Gasparovic, R.F. & Brooks, I. (in press (b)). A Case Study of Ships Forming and Not Forming Tracks in Moderately Polluted Clouds, *J. Atmos. Sci.*

Russell, L.M., Noone, K.J., Ferek, R.J., Pockalny, R.A., Flagan, R.C. & Seinfeld, J.H. (in press (b)). Combusion Organic Aerosol as Cloud Condensation Nuclei in Ship Tracks. *J. Atmos. Sci.*

Solomon, S. (1990). Progress towards a quantitative understanding of Antartic ozone depletion. *Nature* 347 (27 September), 347-354.

Solomon, S., Borrmann, S., Garcia, R.R., Portmann, R., Thomason, L., Poole, L.R., Winker, D. & McCormick, M.P. (1997). Heterogeneous chlorine chemistry in the tropopause region. *J. Geophys. Res.* 102 (D17) 21411-21429.

Twomey, S. (1974). Pollution and the palnetaru albedo. *Atmos. Env.* 8, 1251-1256.

Twomey, S. (1991). Aerosols, clouds and radiation. *Atmos. Env.* 25A, 2435-2442.

Twomey, S., Howell, H.B. & Wojciechowski, T.A. (1968). Comments on "Anomalous cloud lines". *J. Atm. Sci.* 25, 333-334.



## 2.3 Terrestrisk Natur

Jesper Madsen

Danmarks Miljøundersøgelser, Afd. for Kystzoneøkologi

*Rapporteur for konferencesessionen: Terrestrisk natur*

---

*Hvor udføres forskningen*

Den terrestriske naturforskning og -overvågning udføres ved sektorforskningsinstitutioner, universiteter og amter, men det er karakteristisk, at forskellige naturhistoriske interesseorganisationer yder et stort bidrag med faunistisk og floristisk viden, som medvirker til at danne grundlag for beskrivelser af områder med særlige naturværdier og overvågning af bestande (f.eks. indspil til Rødlisten og overvågning af EF-fuglebeskyttelsesområder).

### 2.3.1 Bevægelse i forskningen de sidste 10-20 år

Nogle generelle karakteristika for forskningsudviklingen de seneste 10-20 år er sammenstillet i tabel 2.3.1. Der er naturligvis undtagelser fra disse tendenser.

*Naturforskningens miljøer*

Det er karakteristisk, at naturforskningen har været spredt på enkeltpersoner eller små miljøer, som ikke har arbejdet ud fra fælles indgangsvinkler eller mod fælles mål. Hovedvægten har ligget på beskrivelse af tilstande, oftest hos enkeltarter. Fra administrativ side har ønsker om viden primært været på enkeltartsniveau, med en udpræget tendens til at sætte ind på brændpunkter, hvor der har været politisk pres. For en række arter er der opbygget lange tidsserier af data, der kan belyse respons på ændrede miljøforhold eller forvaltning. I relation til udviklingslande har forskningen været foretaget ved udsending af eksperter uden vægt på lokal inddragelse.

*Tendenser i miljøforskningen*

Inden for perioden har der imidlertid været en tendens til, at forskningen er blevet mere helhedsorienteret, målrettet, tværfaglig og proaktiv i forhold til forvaltningsspørgsmål, omend forskningsindsatsen fortsat er præget af *ad hoc* problemstillinger. Forskningen er generelt blevet mere procesorienteret, hvilket har bidraget til en bedre forståelse af f.eks. naturens tålegrænser og har givet en kvalificering af miljøkonsekvensvurderinger. Endvidere er der sket en generel opskalering fra lokale studier af enkeltarter til biodiversitet, landskaber og metapopulationer. Udviklingen har bl.a. været drevet af udbudet af strategiske forskningsprogrammer, der har lagt vægt på tematisering af forskningen og tværfagligt samarbejde. Programforskningen har imidlertid den sideeffekt, at tidshorisonten for undersøgelser bliver kortere, hvilket sandsynligvis vil manifestere sig i en generel tilbageholdenhed m.h.t. iværksættelse af langtidsstudier. I relation til udviklingslandene har forskningen bevæget sig imod større grad af tværfagligt, bilateralt samarbejde med lokal inddragelse m.h.p. udvikling af forskningsmiljøer i udviklingslandene.

Inden for enkelte forskningsområder, f.eks. vedr. vandfugle og tropisk biodiversitet, er der udviklet større internationale samarbejdsprojekter.

### *National naturovervågning*

Der har været flere tilløb til udvikling af et nationalt naturovervågningsprogram, men bortset fra overvågning af enkeltarter og enkelte naturområder er det ikke lykkedes at iværksætte et bredt program for det terrestriske område, svarende til overvågningen på det akvatiske område.

**Tabel 2.3.1** Tendenser i naturforskningen de sidste 10-20 år

Fra	Imod
• "ambulance-tjeneste"	• effektstudier/tålegrænser
• beskrivelse af tilstand	• procesorientering/modellering
• enkeltarter	• biodiversitet/ biotoper /landskabsøkologi/ metapopulationer
• spredt forskning/heterogenitet (emnevalg)	• fokusering/tematisering
• specialistforskning	• tværfaglighed
• langtidstudier	• studier af kortere varighed
• ekspertbistand (U-lande)	• bilateralt samarbejde/systemeksport

### *Naturforvaltning*

Inden for naturforvaltningen har der været en parallel udvikling, som går imod helhedsorientering og integration mellem sektorområder og -interesser (f.eks. inden for fysisk planlægning) og internationalisering (f.eks. i forbindelse med EU Fuglebeskyttelses- og Habitatdirektiver). Både på forskningssiden og administrativt er der således en tendens til større skala og kompleksitet. Det øger behovet for formulering af klare målsætninger for naturområdet, som udmønter sig i målbarhed (jfr. det akvatiske område). Denne udvikling vil være afgørende for målretning og design af kommende forsknings- og overvågningsprogrammer, der skal sigte mod et bedre grundlag for forvaltningsmæssige beslutninger.

#### **2.3.2 Forskningsmæssige landvindinger de sidste 10 år**

I Tabel 2.3.2 er angivet forskningsområder, hvor der har været landvindinger, som har haft væsentlig indflydelse i naturpolitisk sammenhæng og/eller har givet ny forskningsmæssig perspektivering i form af metodeudvikling eller resultater. Listen er naturligvis ikke udtømmende.

### *Vildt forvaltning*

På forskningsområdet, der knytter sig til vildtforvaltning, har undersøgelser af reservatreguleringer og vandfugles reaktion på forstyrrelser fra rekreative aktiviteter haft afgørende betydning for den nationale implementering af jagt- og forstyrrelsesfrie kerneområder i EF-fuglebeskyttelsesområder. I forbindelse med problematikken om anskydning af vildt ved jagt har forskningen dokumenteret problemets omfang og analyseret årsager, hvilket har afgørende betydning for mulige anvisninger på løsninger. Forskningen har endvidere evalueret anvendeligheden af biologiske teorier for jagtens påvirkning af bestande, hvilket har medført et opgør med den klassiske

høstfilosofi. Analyser af trækkende vandfuglebestandes populationsbiologi har dannet grundlag for flere nationale og internationale forvaltningsplaner.

**Tabel 2.3.2.** Højdepunkter i dansk terrestrisk naturforskning de sidste 10 år.

- 
- Forskning vedr. vildtforvaltning (reservatnetværk, anskydninger, høstfilosofi)
  - Integration af natur- og samfundsvidenskab (nationalt og i u-lande)
  - Habitatfragmentering og mitigering
  - Udvikling af GIS som værktøj til landskabsøkologiske analyser og scenarieberegninger
  - Modellering af ammoniakdeposition og effekter på naturtyper
  - Udvikling af conservation biology
  - Udvikling af populationsbiologiske analyseværktøjer
  - Kvantitativ beskrivelse af plantesamfund og samling af data – nutid og fortid
- 

*Strategiske miljøforskningsprogrammer*

Inden for de strategiske miljøforskningsprogrammer er der dannet flere tværfaglige centre med natur- og samfundsvidenskabelig deltagelse, som er på vej med resultater. I flere projekter i udviklingslande har tværfagligt og bilateralt samarbejde resulteret i større lokal forståelse af og inddragelse i beskyttelsen af naturværdier.

*Landskabsøkologi*

Landskabsøkologien, som også i stigende grad er en tværfaglig disciplin, og udviklingen af Geografiske Informations Systemer (GIS), har givet mulighed for større rumlige beskrivelser af landskabets udvikling og analyser af processer, som påvirker naturindholdet. Habitatfragmentering og barrierer, bl.a. i forbindelse med større vejanlæg, og effekter af mitigerende tiltag (faunapassager), er belyst, hvilket har givet gennemslag i forhold til vejregelsæt.

Forskning vedr. ammoniakdeposition og påvirkning af skove og det åbne lands naturtyper har påvist kraftige overskridelser af naturens tålegrænser og har ført til anvisninger af behov og muligheder for reduktion fra forskellige kilder. Forskningen har haft afgørende betydning for udarbejdelse af en handlingsplan for reduktion af ammoniakudslip.

*“Conservation biology”*

På universiteterne er der sket en betydelig teoretisk videnopbygning vedrørende “conservation biology”, som imidlertid ikke er udnyttet anvendelsesorienteret i forhold til dansk naturforvaltning.

Udviklingen af nye kvantitative redskaber til analyser af bestandes dynamik har forbedret grundlaget for at vurdere årsagssammenhænge, f.eks. sammenhænge mellem bestandsændringer, klimaforandringer og menneskelig påvirkning af levestederne.

*Botaniske data*

Ligeledes har samling, systematisering og kvantitativ analyse af botaniske data forbedret grundlaget for vurdering af naturindhold og udviklingstendenser. De sammenstillede data og analyser har givet mulighed for udvikling af et indeks til vurdering af naturkvalitet. Pollenanalyser viser den langsigtede vegetationsudvikling og kan udnyttes til en vurdering af den nutidige kvalitet og autenticitet af forskellige naturtyper.

### 2.3.3 Forskningsmæssige udfordringer de kommende år

Denne oversigt omfatter dels de perspektiver, der blev fremlagt på konferencen, dels nogle emneområder, der ikke blev dækket på konferencen.

En summarisk oversigt over forskningsmæssige udfordringer er givet i Tabel 2.3.3.

#### *Bæredygtig udnyttelse*

Begreber som bæredygtig udnyttelse og integreret forvaltning kræver operationalisering for at kunne udnyttes effektivt som administrative redskaber. Forskningsmæssigt ligger der en stor tværfaglig udfordring i at afdække konflikter mellem forskellige afvejninger af interesser, påvise processer, som er nødvendige for at opnå integration, og definere kvantificerbare mål for, hvad der er bæredygtigt.

Specifikt er der behov for dokumentation af rekreative aktiviteters påvirkning af fugle og dyr, hvilket vil kunne bidrage til en mere nuanceret afklaring af behov for beskyttelse.

**Tabel 2.3.3.** Udfordringer for dansk naturforskning i de kommende år.

- 
- Operationalisering af begreber vedrørende bæredygtighed og integreret forvaltning
  - Samspil mellem friluftsliv og natur
  - Integration mellem medierne: akvatisk og terrestrisk forskning (herunder effekter af naturgenopretning)
  - Bro mellem landskabsøkologi og "conservation biology"
  - Procesorienteret udnyttelse af GIS i landskabsøkologiske analyser
  - Sammenhængende videnopbygning (kombination af beskrivende og forklarende studier)
  - Operationalisering af naturkvalitetsindeks
  - Integration og målretning af overvågning (tilpasning af DPSIR begrebsramme); bedre faglig udnyttelse af eksisterende data
  - Eksperimentel forskning (økosystemmanipulation)
  - Deposition af kvælstof- og kulstofforbindelser i forskellige naturtyper
  - Forskning vedr. introduktion og reintroduktion af arter
  - Bynære biotoper
- 

#### *Medier*

Forsknings- og forvaltningsmæssigt er der i dag et kunstigt skel mellem medierne, især de terrestriske og akvatiske. For at give helhedsorienterede vurderinger af sammenhænge er der et generelt behov for en større grad af integration. Det gælder specifikt for forskningsprojekter vedrørende effekter af naturgenopretning og oprettelse af våde enge i forbindelse med Vandmiljøplan 2.

#### *Forskningsværktøjer*

Landskabsøkologien har indtil videre været overvejende beskrivende, og der er et behov for at kombinere landskabsøkologi med "conservation biology" for at opnå bedre rumlige beskrivelser af f.eks. habitatfragmenterings effekt på små bestandes spredningsevne, levedygtighed og genetisk variation. GIS-værktøjet kan udnyttes mere procesorienteret til kvantificering og visualisering af forskellige landskabsøkologiske scenarier.

Der vil fra administrativ side fortsat være fokus på enkeltarter og bestandes trivsel, og forskning i enkeltartsbiologi (habitatkrav, bestandsregulering) og bestandsovervågning vil have stor betydning i forbindelse med effektivurderinger.

#### *Målsætninger*

Der er et stort behov for at målrette og udvide den nationale naturovervågning, men det forudsætter, at der udvikles målsætninger for naturområdet (habitater og arter). Naturkvalitetsindekset bør operationaliseres, så det kan anvendes i alle de danske naturtyper. DPSIR konceptet bør benyttes som ramme for et overvågningsprogram. En sådan målretning vil endvidere kunne være medvirkende til at give en bedre sammenhæng mellem den beskrivende og årsagsudredende forskning. Generelt tilbyder nye analyseværktøjer, f.eks. inden for landskabsøkologi og det populationsøkologiske område, at eksisterende dataserier kobles og revurderes. Nyttiggørelsen af den eksisterende viden kan medvirke til en målretning af et evt. kommende naturovervågningsprogram. En større grad af økosystemmanipulation, f.eks. m.h.p. afdækning af naturens tålegrænser, efterlyses.

#### *Fastsættelse af tålegrænser*

Vedrørende ammoniakudslip vil det forskningsmæssigt være væsentligt, at der fastsættes mere differentierede tålegrænser for danske heder og overdrev og at der gennemføres studier af effekter i skove og træklædte biotoper nær staldanlæg. Kvælstofstatus skal opgøres i relation til belastning og et dynamisk modelsystem bør udvikles for skove for at kunne vurdere betydningen af atmosfæriske deposition for stofbalance og skovsundhed. Endvidere er der stort forvaltningsmæssigt behov for at udvikle en metode til at fastsætte tålegrænser og belastninger helt lokalt. Der bør iværksættes forskning med intensive studier på et begrænset antal lokaliteter kombineret med mere ekstensive data der dækker lokal variation.

Der efterlyses forskning, som kan dokumentere effekter af indslæbning og udsætning af flora og fauna på den oprindelige natur.

#### *Fremtidige behov*

Bynære biotoper er underrepræsenterede forskningsmæssigt, og der ligger et behov for viden om, hvordan naturen trives i byer og hvordan planlægningen kan tage større naturhensyn.





## 2.4 Atmosfærisk miljø

Ole John Nielsen

Københavns Universitet, Kemisk Institut

### *Rapporteur for konferencesessionen: Atmosfæren*

---

Dette afsnit falder i to dele. I den første del uddrages hovedkonklusionerne fra de enkelte foredrag på konferencen. Der er her tale om konklusioner som ikke nødvendigvis er sammenfaldende med foredragsholderens konklusioner! I den anden del kommer forfatterne med betragtninger over udviklingen de seneste 10 år og hvorledes udfordringerne forventes de kommende 10 år.

#### 2.4.1 Konklusioner fra individuelle foredrag

*Heterogene processer i atmosfæren*

Kevin Noone brugte to eksempler til at illustrere de udfordringer der ligger inden for området heterogene processer i atmosfæren. Det første eksempel drejede sig om partikelemissioner fra skibe og deres betydning for reflektiviteten af lavt liggende marine skyer. Det andet eksempel drejede sig om mulige effekter af fly-partikelemissioner på skyer i den øvre troposfære og den nedre stratosfære. Sky-kemi og -fysik er ikke nye emner, men den organiske del er et nyt emne. Observationer har indikeret at organiske partikler er langt mere udbredte end tidligere antaget. Der er meget få (hvis nogen) atmosfæremodeller som inddrager organiske partikler. Organiske forbindelser kan ofte være den manglende del af budgettet for deposition til marine og terrestriske økosystemer.

*Ozon i troposfæren*

Christian Lohse omtalte at ozonkoncentrationen i troposfæren i Europa er steget 2-3 gange og er ansvarlig for signifikante skadevirkninger på både afgrøder og mennesker. Ozon er en såkaldt sekundær luftforurening som ikke udledes, men dannes via en række fotokemiske reaktioner, hvori der indgår flygtige organiske forbindelser (VOC:volatile organic compounds) og nitrogenoxider (NO og NO<sub>2</sub> tilsammen kaldet NO<sub>x</sub>). Emissionerne af VOC og NO<sub>x</sub> er steget voldsomt gennem de seneste 100 år. Derfor observeres der kraftige ozonepisoder i Central og Sydeuropa, hvor der er mere sol og mindre vind. Disse episoder har ført til overskridelse af grænseværdierne for ozon og der har i perioder været indført f.eks. restriktion for bilkørsel. VOC emitteres imidlertid også fra naturlige kilder: træer og planter. Det er væsentligt at kunne kvantificere både de biogene og de antropogene bidrag til den fotokemiske luftforurening. Myresyre og eddikesyre dannes ved de fotokemiske reaktioner i atmosfæren. Analyse af forholdet mellem <sup>14</sup>C og <sup>13</sup>C i syrerne opsamlet både i luft og regnvand synes at indikere, at biogene VOC'er er hovedansvarlige for den fotokemiske luftforurening. Ifølge disse resultater vil en reduktion i antropogent emitteret VOC'er kun have en meget begrænset effekt på reduktion af smog-episoderne. Resultaterne er endnu

foreløbige og der arbejdes videre bl.a med undersøgelser af  $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$  forholdet i atmosfæriske partikler.

#### *Luftforureningsprognoser*

Jørgen Brandt præsenterede et integreret low-cost luftkvalitets modelsystem som kan give prognoser helt ned på gadeniveau. Systemet er blevet udviklet ud fra lidt udsædvanlige kriterier: (a) Det skal være billigt, (b) det skal benytte vejrprognosedata som opdateres 4 gange i døgnet fra NCEP i USA og (c) systemet skal benytte validerede modeller. Det samlede system er dog endnu ikke valideret. Der blev præsenteret forskellige anvendelsesmuligheder bl.a. i forbindelse med varsling. Udviklingen i computerkapacitet kom tydeligt til udtryk i denne præsentation. Institutioner må ændre/revolutionere deres systemer for at kunne følge med internationalt. Der er flere udviklingsmuligheder bl.a. ved brug af målinger i modellerne og f.eks. ved kobling til modeller for uheldsudslip. Der blev ikke sammenlignet med tilgængelige målinger.

#### *Hav-luft udveksling af $\text{CO}_2$*

Lise Lotte Sørensen omtalte at en vigtig del af klimamodellering er kendskabet til kilder og dræn for drivhusgasser. Udvekslingen af  $\text{CO}_2$  mellem luft og hav er ikke tilstrækkelig kendt. Lise Lotte Sørensen viste at  $\text{CO}_2$  udvekslingen er episodisk og inhomogen. Det er nødvendigt at vide hvad det er der driver fluxen for at kunne parametrisere den bedre. Lise Lotte Sørensen præsenterede fluxdata fra Nordatlanten. Her er biologisk aktivitet en vigtig faktor i  $\text{CO}_2$  udvekslingen. Lise Lotte Sørensen konkluderede, at ikke nok med at de nuværende  $\text{CO}_2$  fluxdata er for simple – så er det også nødvendigt at forbedre fluxmålingerne.

#### *Depositionsmodeller*

Henrik Skov præsenterede en lang række forskellige dataserier og modelberegninger. For første gang findes nu en serie depositionsdata som viser stor år til år variation og ingen signifikant nedgang for de fleste forbindelser. ACDEP modellen støtter baggrundsovervågningsprogrammet godt så længe man holder sig på tidsskalaer større end en måned. Mere realistisk modellering er påkrævet på kortere tidsskalaer.

#### *Luftkvalitet gennem 20 år*

Niels Heidam fortalte at i landdistrikter er atmosfærens indhold af en række forureningskomponenter blevet målt siden slutningen af 1970'erne. NH præsenterede en lang række data for luft- og nedbørkoncentrationerne af svovl- og kvælstofholdige komponenter samt udviklingen gennem de seneste 20 år. Udviklingen i koncentrationen af forskellige tungmetaller og andre grundstoffer blev ligeledes præsenteret.

#### *Nedbrydningen af ozonlaget*

Bjørn Knudsen gennemgik baggrunden for forskellen i stratosfærisk ozonnedbrydning over Arktis og Antarktis. Det er kendt at den større ozonnedbrydning over Antarktis skyldes de særlige meteorologiske forhold der giver væsentlig lavere temperaturer. DMI har målt nedgangen i ozonlagets tykkelse på 8% i perioden 1979 –1998. En væsentlig årsag til den observerede ozonnedbrydning over Danmark er transport af ozonnedbrudt luft fra Arktis. For perioden marts 1995 til april 1997 præsenterede Bjørn Knudsen arealudfyldende trajektorieberegninger med 111 km gitterafstand med 7 dages bilinear ozonnedbrydnings interpolation til gitteret. Computersimuleringerne viser at der derved opnås en temmelig realistisk opblanding af luftmas-

serne, hvilket idag ikke kan opnås med store kemiske modeller. Forskellige resultater fra en fotokemisk boksmodele blev præsenteret. År til år variationer i modelbergninger af ozonnedbrydningen i en koldere stratosfære blev præsenteret. En følge af mulig forøget drivhuseffekt er køling af stratosfæren!

#### *Atmosfærisk deposition i skovøkosystemer*

Jørgen Bille-Hansen omtalte at, fra 1985 til 1999 er 16 skovøkosystemer blevet undersøgt for effekter af atmosfærisk deposition. Mikrometeorologi, våd- og tørdeposition, jordbundskemi, jordvandskemi, CO<sub>2</sub> balancer, intern næringsstofcirkulation, trækemi, nåle- og bladkemi er blevet undersøgt. JBH viste den store værdi af et langtidsprojekt som involverer mange danske forskningsinstitutioner. Det var tydeligt at ozonskader er noget der bør fokuseres på i fremtiden.

#### *GIS i anvendelse ved eksponering fra trafik*

Steen Solvang Jensens præsentation lignende Jørgen Brandts præsentation inden for modelsystemer. Geografiske informationssystemer (GIS) er et lovende værktøj til brug ved modellering af befolkningseksponering. GIS-teknologien udvikler sig hurtigt og bliver mere og mere brugervenligt. I Danmark eksisterer der gunstige betingelser for anvendelse af GIS, fordi få lande har så detaljerede registre med befolkningsoplysninger. Ydermere kan Global Positioning Systems (GPS) anvendes til at kortlægge forsøgspersonernes færden i tid og sted med henblik på at modellere den personlige eksponering. Integration af GIS, GPS og simuleringssystemer giver store perspektiver inden for f.eks. epidemiologisk forskning. Systemet vil blive integreret med det modelsystem som blev præsenteret af Jørgen Brandt.

#### *Luftkvalitet og sundhed*

Ole Hertel diskuterede sammenhængen og manglen på sammenhæng mellem luftforurening og dødelighed såvel som sygelighed. Konklusionen var den simple at man er nødt til virkelig at sætte systematisk ind på dette område.

#### *Luftens indhold af fine partikler*

Peter Wählin præsenterede de første danske data på ultrafine partikler. Stigende fokus knytter sig til luftens indhold af partikler som en sygelighedsfaktor, uden at man kender mekanismerne. Målingerne er fortaget på Jagtvej i København. Strørelsesfordeling og antal blev målt med en tidsopløsning på en time. Målingerne vil fortsætte.

#### *Forbedringer af dieselmotorer*

Ken Friis Hansen gennemgik muligheder for miljøforbedringer for dieselmotorer. Der er 3 forskellige overordnede strategier for at mindske emissionerne fra dieselmotorer: (a) ændring af dieselkvaliteter, (b) anvendelse af katalysatorer og/eller filtre, (c) konvertering fra diesel til gas. Projektet har vist at der er mulighed for at indføre en ny lav-svovl diesel-kvalitet på det danske marked. Der er dog også et betydeligt potentiale i montering af efterbehandlingudstyr på dieselmotorer. Projektet har dannet grundlag for en ny afgiftsstruktur pr. 1. januar 1999, som medfører introduktion af lav-svovl diesel på det danske marked.

#### *Fremskrivning af emission af drivhusgasser*

Jørgen Fenhamm viste hvorledes man fremskriver danske emissioner af direkte og indirekte drivhusgasser. Denne fremskrivning er relevant i forhold til Kyoto-protokollen, hvor Danmark er forpligtet til at reducere udslippet med 21% i forhold til 1990. Fremskrivningerne foregår efter nogle IPCC- retningslinier, der til tider virker komplice-

rede. De benyttede emissionsfaktorer er udarbejdet sammen med DMU.

#### **2.4.2 Betragtninger over de seneste og de kommende 10 år**

##### *Partikler i luften*

Partikler er et centralt emne indefor både sygelighed og mulige påvirkninger af jordens strålingsbalance. Partikler spiller en stor rolle inden for skydannelse. Heterogen kemi medtages normalt ikke i atmosfærekemiske modeller. Den organiske del af partikelfractionen hører til den mindste karakteriserede del af atmosfæren.

##### *Udveksling mellem atmosfæren og biosfæren*

Over hav må man bruge alternative metoder til måling af CO<sub>2</sub> fluxe fordi man ikke kan bruge en stabil platform. Der er alvorlige begrænsning i vor viden om flux specielt for CO<sub>2</sub> over hav.

##### *Modeller*

Modelområdet har været i voldsom vækst gennem de seneste 10 år og væksten vil fortsætte den næste 10 år. Mere integrerede systemer vil blive udviklet og valideret. Alle dele af de atmosfæriske problemstillinger vil blive sat sammen i modeller. Usikkerheder er et overset men ikke mindre vigtigt element i modellerne. Hvis ikke validering og usikkerhedsberegninger kommer op på et højere niveau vil modellerne ikke være acceptable som beslutningsstøtteværktøjer ! Brug af GPS og anden nyere teknologi vil spille en stigende rolle indenfor alle epidemiologiske studier. Igen vil "integrerede" studier blive mere almindelige. Klimamodeller var ikke et emne på miljøkonferencen, men skal alligevel nævnes her. Forudsigelser af ekstreme og hurtige klimaændringer er et spændende emne i stor udvikling i udlandet. Dette bør tages op i Danmark.

##### *Datahåndtering*

Vi vil få flere og flere data. Vores evne til at håndtere disse data bliver snart mere kritisk end selve tilvejebringelsen af data. Hvorledes opbevares de, så de kommer flest mulig til gavn? Hvordan kan vi validere dem? Hvad er usikkerheden på dem? Databaser og deres brug er et emne der forhåbentlig vil blive taget under grundig behandling de næste 10 år. En bedre viden om og tilgængelighed af data vil gøre at data kunne blive anvendt på relevante videnskabelige problemstillinger, i stedet for måske blot at ligge ubenyttede. Målinger i lange tidsserier er utrolig værdifulde, men svære at få penge til. Videnbehovet vil være umætteligt de kommende 10 år og vore evner til at prioritere vil blive sat på store prøver.

##### *Ozon i stratosfæren*

Forskningen i forbindelse med den stratosfæriske ozonnedbrydning har medført at vi i dag ved meget om hvordan forskellige stoffer nedbrydes i gasfasen. Brug af CFC-forbindelser er nu forbudt i følge Montrealprotokollen og dens forskellige udvidelser. Dette er den største succes indenfor den globale miljøhistorie. Monitoreringen af ozonlagets tilbagevenden mod "normale" tilstande vil øge vore viden om atmosfæren.

##### *Isotoper*

Undersøgelser der involverer alle stabile isotoper af C,N,O og S vil øge vore viden om enkeltprocesser, stoffers omsætning og samlede budget i atmosfæren.

##### *Samarbejde*

I de næste 10 år forudses et større samarbejde mellem erhvervsliv, myndigheder og den akademiske verden. Endvidere forventes en større bevågenhed omkring udviklingslandenes globale rolle.

## 2.5 Akvatisk miljø

**Katherine Richardson**  
**Aarhus Universitet, Biologisk Institut,**  
**Afdeling for Marin Økologi**

### *Rapporteur for konferencesessionen: Vandmiljø*

---

#### *Vandmiljødiscipliner*

"Vandmiljø" er et vidt begreb og dækker flere forskellige discipliner – biologi, kemi, og fysik - samt en række "miljøer", der er meget forskellige – grundvand, søer, vandløb, lavvandede fjordområder, kystzoner og det åbne hav. Alle konferencens indlæg var interessante og inspirerende, og de skitserede den nuværende viden inden for vidt forskellige aspekter af vandmiljøet. Sessionen har derfor været udbytterig for de deltagere, der har ønsket at få et bredt overblik over, hvor dansk vandmiljøforskning er i dag og hvor den er på vej hen. Som med så mange andre konferencer er den store gevinst, som deltagere tager med hjem, ikke ny viden inden for deres eget fagområde, men mere en ajourføring af den udvikling, der sker inden for andre fagområder.

#### *Vandmiljøforskningens emner*

##### **2.5.1 Dansk vandmiljøforskning gennem 10 år**

Betragtet som helhed fortæller indlæggene en del om udviklingen inden for dansk vandmiljøforskning i løbet af den sidste 10-årsperiode. Udviklingen har selvfølgelig været præget af danske forskeres egne interesser, i nogen grad påvirket af de politisk bestemte indsatsområder, men også i høj grad af den forskning, der finder sted uden for Danmark. Derfor ser man, at mange af de ændringer, der har fundet sted i emnevalget, også afspejler udviklingen på området i mange andre lande.

#### *Nye emner*

Hovedtemaet i dansk vandmiljøforskning i dag ser ud til at være "næringssaltbelastning", bedømt ud fra sessionens indlæg. Dette var også tilfælde for 10 år siden, da forskningsklimaet stadig var påvirket af den første hændelse med iltsvind i Kattegat. Nye emner er dog dukket op i løbet af de senere år; emner der næppe blev overvejet for 10 år siden fx som indlægget om "Fiskeriets effekt på det marine miljø".

#### *De store fisk forsvinder*

##### **2.5.2 Fiskeri og Vandmiljø**

Vores forståelse af vandmiljøet er i dag præget af en erkendelse af, at akvatiske økosystemer er meget komplekse. Det gælder også forskellige påvirkninger af vandmiljøet, som fx. fra fiskeri, der kan have uforudsete konsekvenser for funktionen af disse økosystemer. Henrik Gislason præsenterede i sit indlæg data, som dokumenterer en ændring i størrelsesfordelingen af fiskene i Nordsøen siden 1970erne. Der foreligger ikke bevis for at ændringer skyldes fiskeri, men det er en nærliggende tanke, når næsten 70 % af biomassen af de mest fiskearter fjernes fra Nordsøen hvert år! Fiskeriet har størst virkning

på de største individer i en population, og det er netop de større fisk der er forsvundet. Der er heller ikke bevis for at den faktiske ændring i størrelsessammensætningen af pelagiske fisk i Nordsøen har betydning for økosystemet. Der er dog næppe tvivl om, at et varmt emne indenfor vandmiljøforskningen i det næste 10-år bliver en kortlægning af økosystem-effekter fra fiskeriet og af konsekvenserne heraf.

### **2.5.3 Grundvand og vandmiljøforskning**

#### *Grundvand og pesticider*

Forurening af grundvandet var ikke noget man talte højt om i forbindelse med vandmiljøforskning for 10 år siden, men det er et område, som har opnået betydelig opmærksomhed i de senere år. I Bjarne Madsen's indlæg "Forskningsmæssige udfordringer på grundvandsområdet" og Hans-Jørgen Albrechtsen's indlæg "Transport og omsætning af pesticider i grundvand" fik man bl.a. en oversigt over det arbejde, der er udført under det Strategiske Miljøforskningsprogram. Flere og flere vandboringer viser sig at indeholde nitrat og pesticider i koncentrationer, der ligger over grænseværdierne. Et vigtigt arbejde er i gang for at kortlægge transportmekanismer og -tid for stoffernes bevægelse fra jordoverfladen til grundvandet.

#### *Forurening af grundvandet*

Det har vist sig, at bl.a. transporttid for stoffer til grundvandet er vanskeligere at forudsige end oprindeligt antaget, da transporten sker hurtigere i visse "sprækkefyldte" jordtyper, end i den omkringliggende jord. Det betyder også, at det er vanskeligt at overvåge transporten af pesticider og andre stoffer gennem jorden. Flere vigtige spørgsmål venter på at blive besvaret i de kommende år, herunder om der er utilsigtede miljømæssige konsekvenser ved en udnyttelse af dybe vandmagasiner.

### **2.5.4 Miljøfremmede stoffer og vandmiljøforskningen**

#### *Miljøfremmede stoffer og vandmiljøet*

Selvom de miljøfremmede stoffer udgjorde en selvstændig session på konferencen, var der dog to præsentationer i vandmiljøsessionen med aspekter af begge temaer repræsenteret. Dermed er det understreget, hvor vigtig det er at bygge broer mellem forskere fra de to områder.

#### *Miljøfremmede stoffer i økosystemet*

Miljøfremmede stoffer var i fokus i en poster af Elsebeth Glob. Der blev præsenteret resultater af undersøgelser af af 110 udvalgte stoffer i 66 forskellige havsedimentprøver fra fjorde, vige, nor, sunde og mere åbne havområder omkring Fyns, Sønderjyllands og Vejle Amter. Alle stofgrupper blev fundet, og i flere tilfælde i så høje koncentrationer, at skadelige effekter på marine organismer ikke kan udelukkes. Arbejdet understreger behovet for en bedre forståelse af, hvordan forskellige stoffer påvirker økosystemet.

#### *Biologiske effekter fra forureningen*

Én mulig overvågningsmetode, som evt. kunne lede på sporet af forurening, blev foreslået af Jette Rank: metode til monitorering af DNA-skader på blåmuslinger. Resultater af metodens anvendelse blev fremlagt, og det blev understreget, at fortolkning af resultaterne kræver en grundig forståelse af organismernes biologi og livscyklus. Disse undersøgelser er kun foreløbige, men der er et helt klart stort behov for metoder, hvorved man kan overvåge biologiske effekter af miljøfremmede stoffer i akvatiske miljøer. De næste 10 års vandmiljø-

forskning i Danmark og udlandet vil forhåbentlig resultere i udviklingen af sådanne metoder.

### 2.5.5 En mere nuanceret forståelse af belastningen fra næringsalte i vandmiljøer

#### *Næringsalte i vandmiljøet*

I kølvandet på den oprindelige Vandmiljøplan var der en del offentlig diskussion af planens (manglende) videnskabelige beslutningsgrundlag. De fleste vil i dag indrømme, at den faglige viden om næringsaltbelastning i de danske farvande var begrænset for 10 år siden. Indlæggene på konferencens vandmiljøsession viser heldigvis, at det forholder sig meget anderledes i dag. Der er nu gode beviser for næringsaltbelastningens betydning for forringelse af vandmiljøkvaliteten i Danmark.

#### *Næringsalte i lavvandede områder*

Scott Nixon (University of Rhode Island) understregede også dette ved indlægget "Nutrient enrichment of shallow marine ecosystems". Han demonstrerede, at mens det er muligt at beskrive nogle "regler" for, hvordan marine systemer med dybder større end 5 m, reagerer på øget næringsaltbelastning, forholder det sig anderledes for marine systemer med dybder mindre end 5 m. Her er det så godt som umuligt med den eksisterende viden at forudsige effekter af ændret næringsaltbelastning.

#### *Bunddyr i lavvandede områder*

En af grundene til at det kan være vanskeligt at forudsige indflydelsen fra en øget næringsaltbelastning i lavvandede områder, kan være den påvirkning, som filtrerende bunddyr er årsag til. Hans Ulrik Riisgaard viste med sit indlæg "Filtrerende dyr og plankton-dynamik", at påvirkningen under visse hydrografiske forhold, kan forårsage hurtige og store variationer i fyto- og zooplanktonsamfundene i Kertinge Nor. Den velkendte viden om hydrografiens betydning for vandmiljøet nuanceres således med den nye viden om, at filtrerende bunddyrs indflydelse afhænger af hydrografien!

#### *Indflydelsen fra blåmusling*

Modeller, der beskriver akvatiske økosystemer, må derfor tage hensyn til de filtrerende bunddyrs store betydning for plankton-dynamikken. Anja Skoldborg Hansen præsenterede en model af filtrering hos blåmusling, *Mytilus edulis*, som kan bruges til at opnå en bedre forståelse for ernæring hos disse dyr. Informationer kunne således bruges i kvantificering af dyrenes indflydelse på det øvrige økosystem.

#### *Kredsløbet i en arktisk fjord*

Den opnåede viden om næringsaltens kredsløb i akvatiske økosystemer kan nu overføres til områder udenfor Danmark, bl.a. i et forsøg på at kunne forudsige utilsigtede ændringer i miljøet inden "skaden er sket". Jens Würzler Hansen og Søren Rysgaard (DMU) viste et eksempel herpå fra Grønland med en poster, der beskrev "Kulstofkredsløbet i en arktisk fjord".

### 2.5.6 Restaurering af vandmiljøer efter eutrofiering

#### *Ændring af vandmiljøer*

For 10 år siden var opfattelsen, at hvis man blot reducerer på næringsaltens tilførsel til det danske vandmiljø, så ville tilstanden i disse miljøer hurtigt forbedre sig. Så enkelt har det dog vist sig ikke at være. Erik Jeppesen beskrev i sit indlæg "Søers reaktion på reducere-



ret næringsstofftilførsel” naturens ”træghed” når det gælder om at vende tilbage til en tidligere miljøtilstand. Den ”træghed” kan skyldes kemiske faktorer, fx. at næringsalte ophobes i sedimentet. Når næringssalttilførselen til systemet reduceres, kan frigørelse fra sedimentet modvirke reduktionen og fastholde næringssaltkoncentrationen i søen på et højt niveau. Træghed kan også skyldes biologiske faktorer. Sammensætningen i søernes makrofauna og flora er også vigtige parametre, der påvirker søens kapacitet til at ændre tilstand.

#### *Sørestaurering og ”biomanipulation”*

Erik Jeppesen og hans kollegaer fra DMU er blandt verdens førende forskere, når det gælder forståelsen af den biologiske strukturs betydning for søernes tilstand. Flere forsøg blev beskrevet i indlægget, hvor det er fx. er lykkedes at foretage kunstige indgreb i økosystemet ved udsætning af rovfisk, med det resultat, at søen hjælpes tilbage til en tidligere miljøtilstand. Sådanne indgreb kaldes for ”biomanipulation”, der forventes at være et vigtigt redskab i et fremtidigt restaureringsarbejde. Eksempler fra aktuelle sørestaureringsaktiviteter i Danmark blev præsenteret i flere posters ”Sørestaurering i Danmark” af Martin Søndergaard m.fl. og ”Restaurering af en næringsrig dansk sø (Engelsholm Sø) ved hjælp af opfiskning og udplantning af undervandsplanter” af Torben L. Lauridsen m. fl.

#### *Udretning af vandløb*

Mens biomanipulation viser sig at være et godt værktøj til restaurering af søer, kan vandløb hjælpes tilbage til en tidligere miljøtilstand, ved at udføre en såkaldt ”genslyngning” af vandløbene. Mange vandløb i Danmark er i tidens løb ”rettet” ud, med henblik på at maksimere forholdene for landbruget. Imidlertid har det vist sig, at denne udretning af vandløbene påvirker både den fysiske og biologiske struktur og nedsætter deres kapacitet til at tilbageholde kvælstof og fosfor. Brian Kronvang m. fl. præsenterede en poster, hvor den nuværende viden omkring vandløbsrestaurering i Danmark er opsummeret. Nikolai Friberg m.fl. præsenterede en poster, der viste, at der også i de vandløbsnære arealer (mindst 20 m op i ådalen) er en gunstig indvirkning på økosystemet. Det skyldes formentlig periodiske oversvømmelser af vandløbsnære arealer, der sker efter genslyngning.

#### *Forbedring af havmiljøet*

Mikael Hjort Jensen m.fl. fra Fyns Amt viste resultater, som er gode nyheder for farvandene omkring Fyn, og som bekræfter antagelsen af, at en reduktion i udledningen af lokale næringsalte kan forbedre havmiljøet i de indre danske farvande! Deres indlæg: ”Belastningsforhold, næringsstoffkoncentrationer og iltforhold i de fynske kystvande 1976 – 97” demonstrerede, at en reduktion af tilførselen af næringsalte til farvandene omkring Fyn, kan forventes at give anledning til hurtige forbedringer i havmiljøet. De lave nedbørsmængder i 1996 -1997 resulterede i en naturlig reduktion i næringssalttilførselen til de omkringliggende farvande, som hurtigt viste, at havmiljøet reagerede med mindre primærproduktion og renere vand.

#### **2.5.7 Kvantificering af næringsaltbelastning og effekter i danske vandmiljøer**

##### *Tab af fosfor*

Det er ikke kun vores forståelse af de biologiske processer i akvatiske miljøer der er blevet forbedret gennem de sidste 10 år. Vi ved nu meget mere om de mængder af næringsalte, der udledes til danske

vandmiljøer og hvor de kommer fra. Nyere undersøgelser : "Tab af fosfor fra landbrugsjord" præsenteret i poster af Ole Hørbye Jacobsen har vist, at ikke alene kvælstof, men også fosfor udledes til vandmiljøer. I kraft af, at fosforudledninger fra byer og spildevand er blevet nedsat i de senere år, er betydning af landbrugets udledninger blevet forholdsvis større.

#### *Kvantificering af kvælstofmængden i landbruget*

Når det gælder kvantificering af den mængde næringssalte, der udledes fra landbrug, er den vigtig for at forudsige effekten af forskellige tiltag, som iværksættes for at reducere udledningen af næringssalte. Man ved at nedbør og afstrømning er de faktorer, der styrer den faktiske transport af kvælstof fra markerne til vandmiljøet. Hidtil har regnestykket været foretaget på basis af gødningsbudgetter. Stig Eggert Pedersen viste ved sit indlæg "Udviklingen i kvælstofbalancen for fynsk landbrug sammenholdt med kvælstofafstrømningen i de fynske vandløb", at man får et bedre bud på kvælstofmængden ved at se på en kvælstofmassebalance for hele landbruget. Man er således ved at udvikle bedre redskaber til kvantificering af næringssaltene kildestørrelser til vandløbene, end man havde for 10 år siden.

#### *Søernes tilstand og udvikling*

Der er nu også data til en kortlægning af udviklingen i tilførslen af næringssalte til danske vandmiljøer. De bedste data findes for søer, idet søer er afgrænsede områder og relativt lette at overvåge. Jens Peder Jensen m.fl. præsenterede en poster, der gjorde rede for "Vandkvaliteten i danske søer: Den nuværende tilstand og udvikling". Det viser sig, at der har været en betydelig reduktion i næringssaltudledningen til danske søer i løbet af 1980erne og 1990erne. Alligevel er det kun 34% af søerne, der lever op til de aftalte miljømålsætninger. At så mange stadig mangler at nå målsætningen, skyldes den kemiske og biologiske "træghed", som tidligere beskrevet af Erik Jeppesen.

#### *Flux-modeller for næringssalte*

I starten af den offentlige miljødebat om vandmiljøet, brugte man kun simple redskaber til at analysere forskellige belastningsscenarier og effekter på miljøet. Diskussionen ved den første "Konsensuskonference om Vandmiljø" baserede sig på en enkle massebalanceopgørelser over næringssalttilførsler til de indre danske farvande. Forestillingen var i al sin enkelthed, at alle næringssalte påvirker systemet på samme måde. Det mere nuancerede billede, som vi har i dag om næringssalte og vandmiljø, har skabt grundlag for anvendelsen af nye redskaber (modeller), som giver en mere nøjagtig beskrivelse af næringssaltene omsætning og bevægelser i vandmiljøet. Henrik Fosning m.fl. præsenterede ved konferencen således en ny model, udviklet til at beskrive flux af næringssalte (og andet) mellem havbunden og den overliggende vandsøjle.

#### *Operationel oceanografi*

Det er ikke kun vores viden om næringssalte, der har ændret sig i de sidste 10 år. Moderne edb-maskiner har langt større beregningskapacitet end for blot 10 år siden og det giver selvsagt nye muligheder for at afprøve komplicerede hydrografiske og økologiske modeller. Jacob Steen Møller gav med et indlæg om "Operationel oceanografi og økologisk modellering" et overblik over igangværende arbejder med at udvikle tredimensionale modeller til beskrivelse af vandbevægelser i de indre danske farvande. Der er også visioner om at gøre data

om mere tilgængelig ("on-line real time data") for vandmiljøforskere og andre interesserede i de kommende år.

### 2.5.8 Udfordringer til Danmarks fremtidige vandmiljøforskning

#### *Samarbejde og modellering*

Torben Moth Iversen gennemgik "state of the art" med hensyn til vandløbsforskningen i Danmark. Derudover pegede han på de udfordringer, som vandløbsforskning står overfor i de kommende år. Hans visioner for fremtidens forskningsemner og samarbejde kan også siges at være af generel relevans for hele vandmiljøforskningen. Torben Moth Iversen pegede således på et behov for :

- et bedre samarbejde mellem marinbiologer, fiskeriforskere og miljøforskere
- en større internationalisering af dansk vandmiljøforskning
- en bredere opfattelse af miljøkvalitet og udvikling af indikatorer, der kan bruges til at vurdere "kvalitet"
- en bedre forståelse af miljøfremmede stoffers tilførsel til og betydning for kvaliteten i vandmiljøet (i bredeste forstand)
- en bedre forståelse for de faktorer der styrer vandmiljøets reaktion på ændret tilførsel af næringssalte og
- udvikling af nye og bedre modeller, der sammenkæder forskningsresultater fra forskellige forskningsområder, som derved kan være vigtige redskaber i forvaltningen og i den politiske beslutningsproces.

Torben Moth Iversens visioner dækkede således kernen af de forslag, som i denne session blev fremført om de fremtidige udfordringer til dansk vandmiljøforskning.

#### *Dansk vandmiljøforskning i fremtiden*

Der er ingen tvivl om at dansk vandmiljøforskning står stærk, også set med fremmede øjne. Det kan ses både fra resultater af internationale evalueringer og på de store bidrag fra videnskabelige publikationer om vandmiljø og akvatisk økologi, som danske forskere har leveret. Fokus for dansk vandmiljøforskning har i de seneste 10 år bl.a. været på næringssalte og eutrofiering . Det er derfor spændende og opmuntrende at deltage i en konference som den aktuelle, hvor så store vidensfremskridt skyldes danske vandmiljøforskere. Det bliver en stor og spændende udfordring for dansk vandmiljøforskning at udnytte denne platform til at sætte fokus på nye indsatsområder i den næste 10-årsperiode.

## **3 Samfund og miljø**



## 3.1 Forskning i terrestrisk natur, biodiversitet og landskab i 90'erne

**Peder Agger**  
**Roskilde Universitetscenter, TEKSAM**

---

### *Natur og samfund*

En historisk betinget skelnen mellem natur og miljø har næppe været til naturforskningens fordel. Og den evaluering af miljøforskningen, der blev gennemført i 1989, var meget snæver, både i sin opfattelse af hvad der er forskning, og hvad der er miljø. Dette er der dog rådet bod på med Det Strategiske Miljøforskningsprogram og den efterfølgende række af tværvideenskabelige programmer, som bl.a. forskningsrådene har stået for. Der er behov for en ny evaluering men denne gang så bred, at den samlede videnopbygning kommer i betragtning. For den terrestriske naturforskning er det f.eks. fortsat et problem, at overvågningen kun er meget svagt udviklet.

Ved at inddrage samfundsvidenskabelige og siden økonomiske studier lykkedes det miljøforskningen at udvide sin horisont i 90'erne. I det næste årti bør det være en ambition at ofre lidt mere opmærksomhed på refleksion og selvkritik. Det er udfordringen i et stadig mere globaliseret samfund.

### 3.1.1 Indledning

Det er ikke resultaterne af en analyse af, hvad det er som driver forskningen fremad der her fremlægges. Det er heller ikke en bedømmelse af alle de enkelte projekter og programmer, der frodigt er vokset frem over de sidste 10 år. I stedet er det forsøgt at indkredse især tre forhold, som trænger til at blive debatteret:

- Forholdet mellem natur og miljø
- Forholdet mellem forskning og anden videnopbygning
- Forholdet mellem miljøforskningens nuværende tyngdepunkt og de fremtidige behov

### 3.1.2 Natur

### *Natur og kultur*

Natur skal vi i denne forbindelse pragmatisk forstå som de spontane biogene og geogene processer og de strukturer de frembringer. Dette vel vidende, at denne natur kun sjældent kan adskilles, hverken fra de antropogene processer og strukturer vi påfører vores omgivelser, eller fra de koder og fortolkningsmønstre, der udgør de kulturens briller, som vi altid er tvunget til at iagttage vores omverden igennem.

Da denne session udover terrestrisk natur også inddrager både biodiversitet, arealanvendelse og landskab, er perspektivet landskabsøkologisk. Landskabsøkologiens genstand er landskabet forstået som

'The Total Human Environment' (Navéh 1993). Det består af geosfæren, biosfæren og technosfæren, der omfatter menneskets materielle omgang med naturen og endelig noosfæren, bevidsthedens rige.

### 3.1.3 Miljø

Miljø kan, som det delvis fremgår af denne konferences disponering, opfattes som en overgribende kategori i forhold til natur. - Man kunne også have hævdet det modsatte. Og heri ligger måske et problem.

#### *Miljø og natur*

I hvert fald er et indtryk, at dansk miljøforskning mere består af forskning i miljø end af forskning i natur.

Man kan dog i stedet, som foreslået anskue verden som integrerede sfærer.

Men udgangspunktet for ti år siden var immervæk en miljøforskningsstruktur, der endnu var præget af en relativ skarp opdeling mellem på den ene side, en konventionel naturhistorisk og økologisk forskning ved universiteterne, og på den anden side hhv. en traditionel erhvervsrettet anvendt forskning på de gamle sektorforskningsinstitutioner og en miljø-hygienisk medie-orienteret forskning på de unge laboratorier.

Som det også anføres i indbydelsen til konferencen, er noget af det vigtigste der er sket, at miljøforskningen har udviklet sig fra især at belyse naturtilstanden og miljøpåvirkninger til også at omfatte natur-, tekniske- og samfundsvidenskabelige studier.

Denne vandring fra geosfæren ind i biosfæren og technosfæren og endog på vej mod noosfæren er vigtig at fortsætte. Efterhånden som miljøproblemerne bliver mere komplekse, må miljøforskningen følge med.

### 3.1.4 Videnskabelighed og skabelse af viden

#### *Miljøforskning*

Efter et par årtier med voldsom ekspansion inden for visse dele af miljøforskningen, var det for 10 år siden tid for en samlet evaluering. Den der kom i 89 begrænsede sig dog til kun at se på den offentligt finansierede forskning med stort 'F'. Den gik uden om den private forskning, som ellers generelt udgør 60% af forskningen i Danmark. Endvidere udelukkede den både arbejdsmiljøet og den samfundsvidenskabelige miljøforskning, herunder planlægningen. Humaniora nævntes ikke med et ord (PFF 1989). Derudover lå der en begrænsning i evalueringspanelets meget eksperimentelle, kvantitative- og kausalitetssøgende syn på miljøforskning, herom senere.

En af de væsentligste bekymringer for evalueringspanelet og for forskningsadministratorerne på den tid var, om der skete en udvanding af videnskabeligheden i det samlede Forskning og Udviklings-system (FoU). En omfattende grå litteratur indebar, at resultaterne kun kom til opdragsgivernes kendskab, med manglende kvalitetskontrol og mangelfuld udnyttelse af de ofte unikke data til følge.

#### *Typer af forskning*

Det førte til en livlig diskussion om, hvad man skulle forstå ved forskning. Og man så en udglidning inden for det samlede FoU områ-

de: Fra grundforskning mod strategisk forskning, og videre mod anvendt forskning, udvikling og overvågning.

Skredet over mod ren rådgivningsvirksomhed i det samlede videnskabelses-system, har haft varianter i de enkelte miljøer. På universiteterne og i stigende grad også sektorforskningsinstitutionerne har det betydet forskydning fra basismidler til programmidler. I Miljøministeriet diskuteredes prioritering af overvågningen og andre former for ikke strengt forskningsmæssig videnopbygning, og hvor den hører hjemme.

Evalueringspanelet i 1989 var ikke i tvivl:

"Environmental monitoring ... is not research ... (but) ... could be enhanced by closer association with research." (PFF 1989, p.228)

### *Forskningsstrategi*

I tråd hermed understreger ministeriet senere i beskrivelsen af den nationale forskningsstrategi, at den udelukkende beskæftiger sig med forskning og ikke med samfundets behov for videnopbygning på miljø- og energiområdet generelt (MEM 1996).

Men uanset denne diskussion er det klart, at samfundet foruden det forskningen kan levere har nogle videnbehov, som er væsentlige for at understøtte miljøadministrationen og miljøpolitikken. Det drejer sig bl.a. om kortlægnings- og overvågningsaktiviteter, rapportering til f.eks. internationale organer, dataindsamling og -håndtering (MEM 1996).

### *Betydningen af data*

Dermed var diskussionen dog ikke stoppet. Selvom dataindsamling i sig selv ikke er forskning, så spiller den ofte en afgørende rolle for denne. Således skrev en tidligere vicedirektør i GEUS (nu Forskningsministeriet): "Kvalitetsbetonet forskning handler først og fremmest om at skabe et solidt datagrundlag og om at lagre disse data på en måde, så de kan anvendes i alle relevante sammenhænge (Hansen 1992).

Hvem der skal fremskaffe denne viden må løbende diskuteres. Og det er klart, at der er delte meninger om forskningsinstitutionernes lyst og kompetence hertil. I hvert fald er en af de overvejende tendenser, som har vundet frem i de seneste årtier, at skabelsen af viden i stigende grad spreder sig i samfundet. Udover i traditionelle, videnskabelige institutioner, sker den i øget omfang også i virksomheder, organisationer herunder NGO'er og i administrative og politiske dele af det samfundsmæssige netværk (Irwin & Wynne 1996).

Men for vores tema har det bidraget til to problemer:

### *Overvågning og forskning*

For det første har afskalningen af overvågningen bidraget til underprioritering af megen videnskabelse omkring terrestrisk natur.

For det andet har kyskheden mht. hvad der er rigtig forskning, måske bidraget til en politisk isolation af dele af især sektorforskningen bl.a. på DMU.

Måske er det ved at være på tide at få evalueret status og behov for den samlede videnopbygning på miljø- og energiområdet generelt og



ikke kun behovet for forskning med stort 'F'. Der kan være brug for at få udarbejdet en samlet national strategi for videnopbygning på miljøområdet, en strategi der også omfatter arbejdsmiljøet, samfundsfag, humaniora, privat forskning, overvågning og alt det øvrige, som miljøforskningsevalueringen fra 1989 manglede.

### 3.1.5 Miljøforskningens sammenhæng

Hvis videnskabeligheden var det ene store diskussionsemne for ti år siden, var manglen på koordination og sammenhæng det andet. 89-evalueringen fandt også den terrestriske miljøforskning fragmenteret og udført af små ukoordinerede forskergrupper.

#### *Lange tidsserier af data*

Udover manglen på sammenhæng på tværs af institutionerne, var der problemer med at fastholde den kontinuitet i tid, som kræves for kompetenceopbygning. For mange problemstillinger er der ellers behov for at kunne gøre iagttagelser over store tidsspænd f.eks. i botaniske successionsstudier.

Den tiltagende brug, man i jagten på hurtige resultater gjorde (og gør) af handlingsplaner, er en del af årsagen til problemet. De har bidraget til at korttidsprojekter udgør en stor del af den samlede forskning, hvilket modvirker kontinuitet og behovet for at nå til relevante konklusioner, siger bl.a. evalueringspanelet (PFF 1989).

#### *National strategi*

Endnu en vigtig anbefaling fra 89 var, at der burde fastlægges en klart formuleret national strategi for den samlede danske miljøforskningsindsats.

Strategien førte til den "gruppeforskning", som man havde efterlyst og til de store tværvideenskabelige forskningsprogrammer, som bl.a. forskningsrådene har initieret (Forskningsrådene 1991 og 1996).

Det er givet, at programmerne har skabt kontakter mellem forskellige fag og institutioner, kontakter som ikke tidligere eksisterede og dermed inspireret til nytænkning og en øget videnskabelig produktion.

#### *Kompetenceopbygning*

Men Det Strategiske Miljøforskningsprogram har haft mindre succes med at sikre en fastholdelse af erhvervede kompetencer efter programmets ophør (MEM 1996). Mangel på kontinuitet er ikke mindst et problem for den spinkle overvågning og forskning på det terrestriske område.

Et problem, som evalueringen ikke har haft øje for - fordi panelet kun havde 'et' - har været og er en næsten ensidig vægtning af videnskabens forklarende frem for beskrivende dele. Herom skrev FLUNA ellers allerede i 1983:

#### *Eksperimenter og teori*

"De naturvidenskabelige fag er ikke kun karakteriseret ved deres placering i vekselspillet mellem erkendelse og praksis; de er også karakteriseret ved deres forskellige placering i skellet mellem hovedsageligt forklarende og hovedsageligt beskrivende discipliner. De forklarende discipliner stiller især "hvorfor-" og "hvorved-" spørgsmål, hvor svarene typisk indvindes i en vekselvirkning mellem eksperimenter og teoretiske overvejelser, mens de beskrivende fortrinsvis

stiller "hvor-", "hvad-" og "hvor meget-" spørgsmål." (FLUNA 1983, s.17)

Min påstand er, at miljøforvaltningen fortrinsvis har brug den første type, den forklarende forskning, der kan fortælle, 'hvordan' der kan gribes ind.

#### *Miljø- og naturforvaltning*

Derimod har naturforvaltningen fortrinsvis brug for den beskrivende forskning, der kan hjælpe med at fortælle 'hvor' og 'hvornår' der skal gribes ind.

Naturforvaltningsproblemer er nemlig i højere grad samfundsmæssige end de er naturvidenskabelige problemer. Deres løsning kræver ikke nødvendigvis mere forskning men kortlægning, overvågning og handling.

Direktøren for det hollandske Naturdirektorat Paul De Jongh, der også er en ivrig fjeldvandrers bruger i sin beskrivelse af udviklingen af den hollandske miljøstrategi (Jongh 1999) et billede på, hvor galt det kan gå, hvis man ikke har både årsager og effekter for øje: Den fjeldvandrers, der har al sin opmærksomhed rettet mod, hvor han sætter fødderne, (eller den miljøekspert der kun interesserer sig for årsagerne) snubler ikke, men risikerer at fare vild. Den vandrers, der derimod hele tiden har blikket rette mod, hvor i landskabet han nu befinder sig (eller den miljøekspert der kun har øje for effekterne), farer ikke vild, men risikerer at falde og brække benet. Sådan er det også med miljøforskningen. Vi har behov for både dens forklarende og mere beskrivende dele. Vi har både brug for at vide, hvordan vi kommer frem, hvor vi er, og hvor vi skal hen.

#### **3.1.6 Terrestrisk naturforskning og SMP**

I 1983 anfører FLUNA, at den eksperimentelle biologiske forskning ved KU på en del områder foregik som enkeltpersoners forskning og kun på få områder i grupper. 89-evalueringen gør tilsvarende observationer. Ingen af de to har dog haft øje for den mere deskriptive biologi, og har derfor ikke opdaget de ganske vist fragmenterede men dog betydelige bidrag, som forskningen på de naturhistoriske museer gennem årene har bidraget med.

#### *Frivillige amatører*

Dertil kommer den omfattende indsats, som er leveret af frivillige amatører, som også den gang var betydelig. Og i de store ATLAS-projekter for krybdyr, padder, fugle og 'Flora Danica' er alt i alt og samlet set nok det vigtigste bidrag fra 90'erne til vores viden om den terrestriske natur.

Forskningen ved ÅU var eksperimentel. Den zoologiske forskning er koncentreret på populationsstudier i naturlige og kulturpåvirkede økosystemer. Og det store økosystem-studie af Hestehave Skov omtales for dets bidrag til forståelsen af invertebrat-populationer og habitat-strukturer (PFF 1989).

Ellers er det sparsomt, hvad evalueringspanelet fandt af forskning i terrestrisk natur udover en række forureningsorienterede studier på arts- og økosystemniveau. Fra KU nævnes vegetationsdynamik og populationsbiologi, ved KVL botaniske successionsstudier og plante-

patologi og langtidsstudierne af vegetationsændringer ved det forstlige forsøgsvæsen. På Kalø fandt man en god, men temmelig smal og meget praksisrettet og derfor måske noget ateoretisk forskning.

### *Strategisk Miljøforskningsprogram*

Det første og største program, der blev iværksat oven på evalueringen i 1989, var det Strategiske Miljøforskningsprogram, der kunne iværksætte 11 delprogrammer omfattende 15 centre (SMP 1996), hvoraf dog kun 2, Center for Terrestrisk Økosystemforskning og Center for Agerlandets Biodiversitet, eksplicit angik terrestrisk natur.

Det første af de to beskæftiger sig helt overvejende med deposition især af kvælstof i skovøkosystemer bl.a. i relation til skovtræernes vækst og sundhed. Og det andet drejede sig ikke, som den danske titel antyder, om landbrugslandskabets, men derimod om agerjordens biodiversitet. Vægten er lagt på skadedyrsregulering og ukrudt herunder effekten af nytteorganismer i afgrøderne (SMP 1995a).

Dvs. at ingen af de 15 centre behandler problemstillinger af umiddelbar interesse for natur- eller landskabsforvaltningen.

Skov- og Naturstyrelsen (hvor jeg selv med skam at melde var ansat og derfor ansvarlig på det relevante tidspunkt) må have sovet i timen.

### *Bæredygtig arealanvendelse*

I en ny fase af SMP blev yderligere 4 delprogrammer lanceret. Det ene, "Arealanvendelse - miljø, jordbrug og natur", har berøring med vores tema ("terrestrisk natur - biodiversitet, arealanvendelse og landskab"). Som hovedområder indenfor dette delprogram nævntes i oplægget (SMP 1995b) følgende 4: Samfund, økonomi og æstetik; landskabsøkologi; terrestriske og akvatiske økosystemer; og produktionsformer.

Og for perioden 1997-2000 iværksattes programmer af stor naturforvaltningsmæssig interesse: Et delprogram for Samfundsvidenskabelig natur-, miljø- og energiforskning, som omfatter studier af virkemidler, brugere og økonomiske modeller. Og et for "Bæredygtig arealanvendelse" der retter sig mod en bedre historisk forståelse af kulturlandskabets udseende og forandringsprocesser. Her er formeret tre centre: Et for bæredygtig arealanvendelse og forvaltning af miljøfremmede stoffer, kulstof og kvælstof; et for effekter og risici ved anvendt bioteknologi i planteproduktion; og endelig et for Strategiske Studier i Kulturmiljø, Natur og Landskabshistorie hvorunder naturkvalitet, fremtidsscenarier og arealanvendelsen i kystzonen indgår (SMP 1998). Under sidstnævnte er formeret temaer vedrørende

### *Fire temaer*

1. Strategiske studier i kulturmiljø og landskabshistorie
2. Fremtidsscenarier for kulturlandskabets udvikling
3. Naturkvalitet i terrestriske økosystemer
4. Bæredygtig arealanvendelse i kystnære områder

Alle er de af stor landskabsøkologisk og landskabelig interesse.

Men på trods af de sidstnævnte delprogrammer må det siges, at i sammenligning med de andre områder (f.eks. vandområdet) har SMP kun i relativt beskedent omfang tilgodeset terrestrisk natur, biodiversitet, arealanvendelse og landskab.

### *Tværvideenskabelige programmer*

#### **3.1.7 Menneske, Landskab og Biodiversitet**

De samvirkende forskningsråd (Forskningsrådene 1998) har til gengæld i 1990'erne iværksat eller medvirket til en række tværvideenskabelige forskningsprogrammer, hvoraf to er centrale for temaet under denne session. Det ene er Menneske, Landskab og Biodiversitet (MLB). Det andet er Det Agrare Landskab (DAL).

MLB er femårigt og startede i 1995. Det rummer tre delprogrammer: "Grænser i Landskabet", "Værdi, Landskab og Biodiversitet" og "Flora og Fortid". Programmet belyser kulturelle forhold og naturlige processer, som påvirker landskabsudformningen og reguleringen af økosystemer og biodiversitet. Analyser af natursyn, æstetik, etik og værdier på tværs af de traditionelle fagområder indgår også (Forskningsrådene 1996).

DAL omfatter 5 projekter for perioden 1998-2001 (Forskningsrådene 1998) vedrørende oldsagers og gravhøjes bevaringstilstand, fremtidens landbrugsbygninger, landskabsudviklingen over 2000 år, mennesker i det agrare landskab og matrikulære forandringer i landskabet.

De landskabsmæssige interesser synes vel varetaget i begge programmer. Terrestrisk natur spiller en væsentlig rolle i MLB, hvori mod Det Agrare Landskab overvejende orienterer sig mod kulturaspektet i landskabsudviklingen. Yderligere har regeringen iværksat en række forskningsprogrammer af en vis relevans for vores det terrestriske tema, herunder et om velfærdsforskning, som fra 1996-2000 opererer med 4 delprogrammer, hvoraf det ene, "Byudvikling, -integration og økologi", har betydning for denne ellers ofte oversete landskabstype.

### *Landmanden som naturforvalter*

I 1997 udskrev Landbrugs- og Fiskeriministeriet programmet "Landmanden som naturforvalter", hvis indhold overvejende tager udgangspunkt i den rolle, som landbrugeren kan udfylde i landskabs- og naturplejen.

Samlet har alle disse programmer ført til både vækst og faglig udvikling mange steder i landet. Og vi vil i den øvrige del af denne session få præsenteret et udsnit af gode eksempler.

#### **3.1.8 Udækkede forskningsbehov**

Danmarks forskningsindsats ligger lavt i sammenligning med andre OECD-lande (FPR 1990). Danmark bruger ligesom de øvrige nordiske lande ca. 1% af bruttonationalproduktet på forureningsbekæmpelse og regulering, hvilket også er lavt i forhold til de øvrige OECD-lande (OECD 1999). Så forskningsbehovet er både stort og mangearartet.

Det er ikke muligt at præstere noget, der bare ligner et katalog over alle disse opgaver. Det må blive ved nogle enkelte, generelle syns-

punkter suppleret med enkelte mere konkrete behov i snæver tilknytning til den terrestriske natur og landskabet.

### *Miljøforskningen gøres bredere*

Som det allerede er fremgået finder jeg det ønskeligt, at miljøforskningen fortsat gøres bredere, så den kommer til at omfatte endnu flere af de felter, som andre end de rent naturvidenskabeligt-tekniske discipliner dækker. Endvidere er det vigtigt at indsatsen gøres mere langsigtet og at initiativerne omfatter også andre former for videnopbygning end forskning i snæver forstand.

Hovedanbefalingen fra økosystem-panelet ved evalueringen i 1989 gik på en styrkelse af terrestrisk økosystemforskning og på at styrke sammenhængen i den økologiske forskning i øvrigt, dels gennem økosystemforskning dels gennem forskningens organisering. Af observerede huller nævntes dengang omsætningen af organisk stof, økosystem-grænse-overskridende processer, alternative dyrknings-systemer, GIS, effekter af klimaforandring, brug af tracer-teknik og jordbeskyttelse. Det er områder som siden er blevet taget op (PFF 1989), om end ikke alle i lige tilfredsstillende omfang, (f.eks. ikke klimaeffekter og jordbundsbeskyttelse).

### *Biodiversitet*

Vort kendskab til biodiversiteten er stadig meget sparsom, skrev SNF i 1993, og det er det stadig. F.eks. er kun en tredjedel af de danske arter kendt godt nok til, at de kan gøres til genstand for bestandsopgørelse og dermed indgå i arbejdet med rødlisten. Bevarelse af den biologiske diversitet kræver, at den på et eller andet niveau dokumenteres (Forskningsrådene 1991).

Dette problem, som er endnu mere udtalt på globalt plan, har fået øget aktualitet også for dansk miljøforskning, efter myndighederne har engageret sig i udviklings- og bistandsprogrammer. Stimulering af lokal forskning, teknologiudvikling og kapacitetsopbygning i udviklingslandene er måske den vigtigste opgave overhovedet, som vi bør tage på os i den sammenhæng.

Herhjemme er der derfor et udtalt behov for at få en kortlægning og løbende overvågning af de danske, overvejende terrestriske arters udbredelse og tæthed. En sådan forskning bør bygges op som en integreret del af etableringen af et sammenhængende terrestrisk overvågningsprogram, som igen løbende skal danne grundlaget for / udgøre en del af en sammenhængende naturbeskyttelsesstrategi, som vi også endnu venter på.

For landskabets biodiversitet, økologi og værdier i øvrigt har arealanvendelsen afgørende betydning. Men her er både forskningen og administrationen hæmmet af manglen på ordentlige arealstatistikker, hvilket OECD også gjorde opmærksom på i sin nylige evaluering af den danske miljøpolitik (OECD 1999). Gode arealstatistikker er en forudsætning for udnyttelsen af de mange fagre nye teknologier såsom GIS og det telemetriske område, ligesom de er en forudsætning for en hensigtsmæssig brug og planlægning af de mange nationale og overnationale tilskudsordninger i tilknytning til landbrug og miljø.

### *Byøkologi*

Byøkologien er ung, og derfor endnu svagt dækket forskningsmæssigt, selvom bylandskabet er der hvor ni tiendedele af befolkningen bor. Et særligt vigtigt, udækket delelement er de private haver.

Her foregår hovedparten af danskernes friluftsliv. Alligevel er biotopen som sådan hverken ordentligt undersøgt eller monitoreret.

I det hele taget er friluftslivet et område, der i betragtning af dets samfundsmæssige betydning, nu i årtier har været underforsynet med forskning. Og er det taget op, er det i reglen friluftslivets eventuelle skadelige påvirkning af naturen, snarere end det er det omvendte, altså naturens påvirkning af friluftslivet. Heller ikke samspillet, der burde være i fokus f.eks. i forbindelse med naturgenopretning, ofres der megen opmærksomhed.

#### *Miljøfremmede stoffer*

Et andet utilstrækkeligt dækket behov er det man kunne kalde de subkliniske effekter af miljøfremmede stoffer i miljøet. Har man f.eks. tilstrækkeligt tjek på, hvad selv lave koncentrationer af pesticider i regnvandet kan betyde for dyrs adfærd eller planters fænologi?

I takt med genteknologiens udvikling er behovet omkring biodiversitet på gen-niveauet og effekterne ved spredning af GMO'er i naturen blevet aktualiseret (MEM 1996b). Medens problemet omkring utilsigtet og tilsigtet indførelse af fremmede dyre- og plantearter er et gammelt, men ikke af den grund forsvarligt kortlagt og overvåget problem. I samme bevægelse er behovet for belysning af etiske aspekter ved forskellige produktionsformers miljø- og natureffekter samt ved naturforvaltningen selv blevet øget.

#### *Forskning og naturpolitik*

I evalueringen fra 1993 af Skov- og Naturstyrelsens FoU-virksomhed (SNS 1993) siges det med henvisning til styrelsens strategi (SNS 1989), at Skov- og Naturstyrelsen skal være i besiddelse af den viden, som er nødvendig for at opnå styrelsens mål, hvilket er at sikre en samlet, effektiv naturpolitik, hvori bl.a. indgår naturbevaring, naturgenopretning og naturovervågning. Det er en god anbefaling, som hermed er gentaget. Men den rækker ikke langt nok.

Balladen med Krudtpeter og ligesindede efterfølgere var en smuk demonstration af, at naturforvaltningen har god brug for at kunne trække på alle de videnskabelige hovedområder, ikke kun det teknisk-naturvidenskabelige. En anden indikator på noget af den samme kompleksitet er den stigende tilslutning til 'Dyrenes Befrielsesfront'. Hvilken forskning kan klæde administrationen på, så den kan give ministeren gode råd i slige sager?

#### *Forskning og selvkritik*

Jeg kender ikke opskriften, men det skal i hvert fald være en forskning, der viser lidt større interesse for selvreflektion. I 90'erne lykkedes det for miljøforskningen at udvide horisonten udover det teknisk-naturvidenskabelige univers – til stor nytte for politikken og forvaltningen. I det næste årti bør det være en ambition at ofre nogle af de dyrebare F&U midler på lidt mere refleksion og selvkritik.

Det er den store udfordring i en verden der bliver stadigt mere kompleks, sammenhængende og flerkulturel. Er f.eks. de såkaldte fremskridt nødvendigvis fremskridt? Findes der en – og kun én – offentlig mening? Er udvikling uafvendelig? Er bæredygtighed og vækst mulige på samme tid? Findes der altid eller nogensinde en objektiv sandhed?

Er miljøforskningen et magtmiddel til at udbrede en bestemt verdensopfattelse. Det kan være meget godt at have en videnbaseret natur- og miljøforvaltning. Men hvis det er magten der i vidt omfang definerer, hvad der er viden, er der noget at tænke over. Også det må forskningen kunne hjælpe os med!

### Referencer

Forskningspolitisk Råd (1990). Dansk forskning 1990 - sådan kommer vi videre.

Forskningsrådene (1991). Forskningsrådenes tværvideenskabelige samarbejde - Supplement til forskningsrådenes strategiplaner 1993-97.

Forskningsrådene (1996). Tværvideenskabelig forskning - Forskningsrådenes tværvideenskabelige arbejde - Supplement til forskningsrådenes strategiplaner 1998-2002.

Forskningsrådene (1998). <http://www.forskraad.dk/agrar/5-prog-980909.htm>

FLUNA, Fællesudvalget for Naturvidenskab (1983). Dansk naturvidenskab - status - perspektiver. Undervisningsministeriet.

Hansen, J.M.(1992). Universitetsforskningen trænger til et ansigtsløft. Information 12/11/92,s.2.

Irwin,A., B.Wynne, eds. (1996) Misunderstanding Science? - The public reconstruction of science and technology. Cambridge Univ.Press.

Jongh, P. De (1999). Our Common Journey - A Pioneering Approach to Cooperative Environmental Management. Zed Books. London & New York.

MEM, Miljø- og Energiministeriet (1996). Opgørelse over behovet for forskning på miljø- og naturområdet.

MEM, Miljø- og Energiministeriet (1996). National Strategi for Dansk Miljø- og Energiforskning.

Navéh,Z. and A.Lieberman (1993). Landscape Ecology - Theory and Application. Springer Verlag.

OECD (1999). Environmental performance reviews: Denmark. OECD.

PFF, Planlægningsrådet for Forskningen (1989): International evaluering af dansk miljøforskning. Forskningsdirektoratet.

SMP, Det Strategiske Miljøforskningsprogram (1995). Kerneområder for den sttrategiske miljøforskning efter 1996. Miljøforskning 19.

SMP, Det Strategiske Miljøforskningsprogram (1998). Præsentationsmappe.

SNS (1989). Skov- og Naturstyrelsens forsknings- og udviklingsvirksomhed: Status, målsætning og fremtidig strategi. notat, maj 1989.

SNS, Skov- og Naturstyrelsen (1993): Evaluering af Skov- og Naturstyrelsens anvendelse af driftmidler til forskning, udvikling, udredning og kortlægning/overvågning/registrering.





## 3.2 Samfunnsvitenskapene - en konfliktfylt arena mellom miljø og politikk

**Arild Vatn**

Norges landbrukshøgskole, Institutt for økonomi og samfunnsfag

---

Forholdet mellom fag og politikk er et meget omdiskutert tema. Ikke minst gjelder dette miljøområdet der verdier og faglige perspektiver nødvendigvis må være koblet sterkt sammen. Temaet er omfattende og kan på ingen måte ytes full rettferdighet i et relativt kort innlegg som dette. Jeg skal likevel prøve å kombinere det prinsipielle med det konkrete. Innlegget er i tre dele. Først vil jeg presentere noen perspektiver m.h.t. forholdet mellom fag og politikk. Deretter vil jeg presentere noen synspunkter på hva som kjennetegner miljøproblemene og hva det betyr for samfunnsfagenes rolle. Til slutt ser vi på et par 'cases' - det ene er verdsetting og det andre gjelder debatten om virkemidler til å redusere utslipp av næringssalter. Dette gjøres for å illustrere noen av de teoretiske poengene mer konkret.

### 3.2.1 Fag og politikk

Med skillet mellom "sak" og "vurdering" forsøkte den norske økonomen Ragnar Frisch å dra et klart skille mellom fag og politikk. Politikerne skulle trekke opp målene for samfunnsutviklingen. Med utgangspunkt i disse skulle fagfolkene (økonomene i Frisch sin modell) foreskrive virkemidler for å nå målene. Fagene var ut fra dette nøytrale instrumenter og samfunnsfagene generelt og økonomifaget spesielt kunne på linje med naturvitenskapene benyttes til å forme verden. Frisch sin modell var fast forankret innenfor det såkalte synoptiske (eller klassiske) planleggingsidealet, der styringen av samfunnet ble sett på som en teknisk-rasjonell prosess hvor man valgte mål og midler for iverksetting i en serie av konsistente og logiske beslutninger (Østerud 1979).

*Det instrumentelle og institusjonelle perspektivet*

*"Social ingeniørkunst"*

Denne ideen om en slags "sosial ingeniørkunst" (Weiss 1977) har lange tradisjoner og fanger fortsatt opp mye av den offentlige forvaltningens selv- bilde. Ideen er ikke fullstendig feil, men den er heller ikke et dekkende bilde hverken av hva som *er* forholdet mellom fag og politikk eller hva som *kan* enn si *bør* være forholdet de to domene- ne i mellom.

*Politikere og forskere*

En klar indikasjon på at modellen ikke er dekkende, er selvsagt at politikere ofte ikke følger rådene fra fagfolk når det gjelder hvilke virkemidler som bør benyttes. Dette fikk en annen kjent skandinavisk økonom - svenske Assar Lindbäck - til å konkludere at fagfolk burde si det motsatte av det de mente for å få gjennomslag for rådene sine. Om dette var en spissformulering, illustrerer utsagnet i det minste at politikere og forskere ikke alltid snakker samme språk. Samtidig kan

det være uttrykk for at politikere ofte oppfatter at fagfolk gir råd mer om målene enn om midlene.

### *Synoptisk planlegging*

Synoptisk planlegging og den *instrumentelle* bruken av kunnskap denne modellen bygger på, stiller sterke krav til forutsetningene. For det første krever modellen at målsettingene er konsistente. For det andre må virkemidlene fungere som nøytrale instrumenter i forhold til disse målene. Sist, men ikke minst, kreves det at alle viktige aspekter ved et problem kan forstås innenfor en og samme universelle modell.

Den *institusjonelle modellen* for handling representerer et alternativ til dette universelt rasjonalistiske synet. Her er utgangspunktet at de begreper og modeller vi benytter oss av må forstås ut fra at de er menneskeskapt og at ulike fag, politiske ideologier m.m. begrepsfester virkeligheten på ulike måter. "Fakta" taler ikke direkte til oss, men blir selvsagt formidlet og forstått gjennom det begrepsapparatet vi utvikler, de brillene vi ser med (Chalmers 1982).

### *Faglige kulturer*

Gitt dette utgangspunktet, vil en måtte akseptere at det kan eksistere ulike og gjerne konkurrerende modeller for å beskrive og forklare ett og samme fenomen. Vi behøver ikke gå så langt som til Kuhn (1970) og paradigmebegrepet for å se at det i en kompleks verden er en svært heroisk forutsetning å mene at fagene er ulike spesialiseringer som utfyller hverandre på en begreps- og innholdsmessig konsistent måte. I stedet blir det fornuftig å snakke om ulike *faglige kulturer* med sine egne normer for hva som er relevant og irrelevant, til og med hva som er sant og falskt. Vi kan snakke om såkalte *epistemologiske samfunn*.

### *Transepistemisk arena*

Slike samfunn kan være rent innenvitenskapelige. Men i følge mellom andre Knorr-Cetina (1981; 1982) lever vitenskapene i et samkvem med omverden på en måte som virker inn på innholdet i forskningen. Hun innfører begrepet *transepistemisk arena* (op.cit.) for mellom annet å fange opp at personer utenfor forskersamfunnet ofte er like viktige som kollegene for forskningsprosessen. Men samspillet virker også motsatt vei. Det blir etablert nettverk eller kulturer på tvers av forskning og politikk der felles perspektiv og moler utgjør en forutsetning for både kommunikasjon og handling. Dette er en logisk følge av at fagene er *forenklinger* av virkeligheten, der de bygger på hver sine ulike sett av forutsetninger. Det blir fornuftig å snakke om ulike faglige kulturer på tvers av fag og politikk som blir utviklet og vedlikeholdt ikke minst ved hjelp både av disiplin- og profesjonsutdanningene.

### *Segmentteorien*

Segmentteorien (Egeberg et al. 1988) fanger på sin måte opp dette aspektet ved den sterke vektleggingen av perspektivfellesskap som kjennetegn for de ulike segmentene i et samfunn. Disse har sine egne kriterier for hva som blir definert som relevant ekspertise. Men ideen går lenger. Siden politiske mål må bygge på forståelsen vår av virkeligheten - de er en funksjon av virkelighetsoppfatningen - blir det videre langt vanskeligere å skille mellom mål og middel. Vi kan i stedet snakke om mål-middel "konglomerat" slik vi finner det innenfor f.eks økonomisk politikk, helsepolitikk, miljøpolitikk, landbrukspolitikk etc.

### *Faglige og politiske modeller*

Kjernen i disse "konglomeratene" er profesjonen - økonomen, legen, biologen, agronomen etc. - med sine standard perspektiver (dvs. implisitte mål) og løsningsmodeller. Hypotesen er at i den grad det er sterkt *sammenfall mellom den faglige modellen for forklaring og den politiske modellen for handling* vil veien mellom fagkunnskap og politikk være kort. I så fall forklarer det hvorfor sektorer eller samfunnssegment med veldefinert ekspertise har god handlingsevne i standard saker, samtidig som de gjerne er sene til å endre handlingsmønstre.

### *Forskning i den politiske prosess*

#### **3.2.2 Bruk av forskning**

Gitt at fagene ikke bare er nøytrale instrumenter og at politikk ikke bare er en teknisk mål-middel prosess, kan vi identifisere ein rekke ulike funksjoner som forskning kan spille i den politiske prosessen. Vi kan skille mellom fire ulike bruksformer av forskning (se også Naustdalslid og Reitan (1994)):

- instrumentell
- strategisk
- symbolsk
- opplysende/begrepsdannende

### *Instrumentell og strategisk forskning*

Det instrumentelle perspektivet er allerede beskrevet. Med strategisk bruk tenker jeg på at forskning blir benyttet av en eller flere parter i en konflikt for å nå egne mål. Samfunnet blir ikke styrt ut fra en entydig målfunksjon. Politikk handler snarere om interesser i konflikt. Elzinga (1985) påpeker i forlengelsen av dette at vi står ikke barre ovenfor strategisk bruk, men også strategisk produksjon av forskning. Dette kan tolkes på ulike måter. Vi kan forstå det "instrumentelt" ved å legge vekt på at kunnskap blir produsert for å forsvare bestemte interesser. Vedeld og Krogh (1996, p. 28) framhever på den andre siden at "This does not necessarily mean conscious control over scientific assumptions, theories and methodologies, but rather development of common basic values, problem definition and solution procedures in an epistemological community existing of bureaucrats and researchers".

### *Symbol og handling*

Med symbolsk bruk blir ikke kunnskapen nyttet direkte som grunnlag for handling. Den er mer rettet mot vedlikehold av verdier, status m.m. Slik bruk av kunnskap tjener til å forsterke felles perspektiver og forståelsesmåter. Men også her kan vi benytte en strategisk eller instrumentell forståelse av begrepet. Forskning kan benyttes til å gi et symbolsk inntrykk av rasjonalitet og effektivitet, noe som normalt øker legitimiteten til ulike beslutninger.

### *Begrepsdannende forskning*

Med det opplysende og begrepsdannende aspektet er fokus rettet mot utvikling av modeller for å forstå et problem. Her er ikke kunnskapen sin rolle først og fremst å gi tekniske råd som grunnlag for politisk handling fra dag til dag, men mer å fore offentligheten med modeller til hjelp for å forstå utviklingen på ulike felter av samfunnet. Slik blir forskningens rolle først og fremst knyttet til den mer langsiktige utviklingen av problemforståelse og perspektiver. Den blir med dette også viktig som input i debatten om hva som er viktige

problemer i samfunnet. Forskningen får betydning for målformuleringsprosessen. Dette er ikke minst viktig på nyutviklede og komplekse områder som miljøpolitikken.

#### *Synoptiske og institusjonelle modeller*

Etter min vurdering fanger disse fire forståingsformene opp dimensjoner som alle har relevans for å forstå forholdet mellom fag og politikk. Men mens den synoptiske modellen - dersom vi utvider den til også å fange opp interesseaspektet<sup>1</sup> - vil legge avtakende vekt på de fire bruksformene fra det instrumentelle til det begrepsdannende, vil den institusjonelle modellen på sett og vis snu rangeringen motsatt vei. Men spørsmålet om vektlegging fanger bare en del av bildet. Vel så viktig er det at de to modellene peker mot en ulik forståelse av de forskjellige aspektene i listen vår. Mens den synoptiske modellen vektlegger det universelt formålsrasjonelle, vil den institusjonelle vektlegge at alle aktører handler ut fra sin begrensede og kulturelt definerte forståelse av problemet. Denne forståelsen kan i følge den samme modellen endres. Men dette stiller krav til at ulike fag og profesjoner møter hverandre og lar de ulike modellene konfronteres.

#### **3.2.3 Miljøproblemer, forskning og politikk**

De spørsmålene som er reist ovenfor, har spesiell relevans for miljøområdet. Dette skyldes ikke minst at man på dette feltet har å gjøre med betydelig kompleksitet og usikkerhet både når det gjelder de fysiske, biologiske og sosiale systemene.

#### **3.2.4 Kompleksitet og usikkerhet**

#### *Estetikk og funksjon*

Spørsmål vedrørende det fysiske miljøet omfatter både estetikk og funksjon. La meg for enkelthets skyld avgrense meg til de ulike fysiske og biologiske funksjoner naturen yter menneskene. Jeg betrakter da naturen som et funksjonelt hele som ikke minst ved sine biogeokjemiske sykluser på alle nivåer vedlikeholder vilkårene også for vår egen art. I det perspektivet ønsker vi å utnytte naturen, men ikke slik at noen av dens basale funksjoner opphører å virke.

#### *Naturens tålegrense*

I den forbindelse snakkes det gjerne om 'naturens tålegrense'. Dette er ikke noen lett operasjonaliserbar størrelse. Vi står ovenfor et komplekst system der det er meget vanskelig å si noe presist om utfallet av forskjellige hand-linger. Effektene blir ofte synlige først etter lang tid og selv da er det ofte usikkert hva som eventuelt har forårsaket endringen (Vatn og Bromley, 1994). Som forskere er vi trenet til å handtere visse former for usikkerhet, særlig det som benevnes risiko. Men når vi arbeider med miljøspørsmål, vil det ofte være radikal usikkerhet som dominerer<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Dvs. at vi har mange politiske aktører som "spiller" mot hverandre. Dette er en utvidelse som vi finner mange eksempler på i moderne økonomisk teori. Et klassisk eksempel er Johansen (1977).

<sup>2</sup> Med risiko menes gjerne at man kjenner sannsynligheten for ulike utfall. Med usikkerhet menes gjerne at man kjenner mulige utfall, men ikke sannsynligheten for dem. Med radikal usikkerhet tenkes det her på situasjoner der også hva slags utfall som kan oppstå er ukjent.

Vi vil kunne peke på viktige faktorer som f.eks kan endre ulike biologiske systemer. Vi vil videre kunne antyde grove grenseverdier for systemet sin tåleevne. Men presisjonen vil ofte være svært lav, konsekvensene til dels ukjente og således vil terskelverdiene være høyst uklare.

Videre er spørsmålet om tålegrense også et spørsmål om verdier. Det er ikke bare snakk om årsak - virkning, men om hvilke endringer i naturen vi aksepterer som etisk forsvarlige. Endringer behøver ikke nå det punktet at økosystemet skifter dynamikk for å bli oppfattet som verdimeessig problematiske.

#### *Perspektivdannere*

Tre bemerkninger bør gjøres i forhold til dette: For det første blir fagene og modellene deres i en slik situasjon relativt sett viktigere som *perspektivdannere* og mindre viktige som håndfaste empirisk funderte rådgivere enn før.

For det andre blir ulike fag i kraft av usikkerheten konkurrerende på en ny måte. Usikkerhet kan benyttes som argument mot enhver konklusjon som politikere eller andre ikke måtte like. Dette øker mulighetene for strategisk bruk av forskningsresultatene. Det vil alltid være mulig å finne fram til et faglig moment som svekker posisjonen til et synspunkt en ikke skulle like. Debatten om klimaproblemet og eutrofiering av Nordsjøen - som jeg skal komme tilbake til - er gode eksempler på dette.

For det tredje blir verdiene våre som forskere viktige. Forutsetninger i modellene og tolkningene vi gjør av resultatene blir ekstra sentrale når fenomenet er komplekst og resultatene usikre. Forskeren sin egen risikoaversjon vil, som et eksempel, både påvirke valg av forskningstema og tolkningen av resultatene.

#### **3.2.5 Verdier og samfunnsvitenskapenes rolle**

#### *Verdiforankring*

Med basis i det institusjonelle perspektivet er det lett å se at verdier er et viktig aspekt ved all forskning. De innomvitenskapelige normene for hva som er god forskning må ha en verdiforankring. Valget av problemstilling, men også forutsetninger i modellene våre innebærer normative valg. Disse momentene er selvsagt klart framme i samfunnsvitenskapene, men har relevans også for den naturvitenskapelige forskningen.

Videre, verdier blir spesielt sentrale innenfor miljøforskningen siden vi i stor grad har med temaer å gjøre som berører de naturlige systemenes framtidige bærekraft. I så måte handler studieobjektet om *fordeling* av muligheter over tid (Verdenskommisjonen for miljø og utvikling 1987, Amundsen et al. 1991, Toman et al. 1995). Det er således ikke rart at det instrumentelle skillet mellom fag og politikk blir særlig vanskelig å operasjonalisere. Forskningens strategi for å sikre objektivitet har i stor grad vært å redusere de verdimeessige forutsetningene for fagene til et minimum. Mitt eget fag økonomi er et godt eksempel på dette. Men det er ingen holdbar strategi (se f.eks. Bromley 1990), ikke minst når objektet er langsiktig bærekraft. Dess lenger en gir seg inn på denne veien, dess mer blir en tvunget til å orientere

forskningen mot de uviktige aspektene ved miljøproblemet. I stedet bør en akseptere at fag også er en verdibasert aktivitet og utvikle former for dialog fagene imellom og mellom fag og politikk som tar dette som en forutsetning.

### *Faser i miljøforskningen*

For ytterligere illustrere verdienes betydning, kan vi se kort på de ulike fasene der miljøforskning spiller en vesentlig rolle i politikktutforming:

a) Hvilke fysiske og biologiske sammenhenger finnes?

Hva skjer i naturen hvis ...?

b) Hvor viktige eller verdifulle er ulike utfall i naturen?

c) Hva kan gjøres for å sikre ønskede utfall?

d) Hvordan organisere oss slik at vi makter å fatte ønskede valg?

### *Sammenhengen i naturen*

Når det gjelder de naturvitenskapelige problemstillingene, så er de i all hovedsak knyttet til a). Her synes det å være relativt bred enighet om hovedmodellene både på tvers av og mellom fagene. De viktigste uenighetene er enten knyttet til tolkningen av usikkerhet eller valg av faglig fokus (systemavgrensning). Disse spørsmålene henger for øvrig sammen slik man kan observere i debattene omkring det internasjonale klimapanelets konklusjoner. I forlengelsen av dette er det åpenbart under utvikling en konflikt mellom reduksjonistiske og holistiske perspektiver.

### *“Rational choice”*

Punktene b - d berører alle samfunnsfagene og synes å være faglig langt mer kontroversielle. Et hovedskille går igjen mellom instrumentelle ('rational choice') og mer institusjonelt fokuserte perspektiver. Selv om 'rational choice' dominerer innen økonomifaget, finner vi også dette perspektivet innen deler av sosiologien og statsvitenskapen. Samtidig finnes det institusjonelt orienterte økonomer. Det institusjonelle perspektivet står likevel sterkere innen sosiologi, sosialantropologi og i noen grad innen statsvitenskapen.

Når det f.eks. gjelder verdsetting av miljøgoder (punkt b), vil et 'rational choice' perspektiv ta utgangspunkt i at alle relevante verdier finnes gitt hos menneskene. Siden miljøgoder ikke omsettes i markeder, vil forskere med dette perspektivet se behov for å måle dem monetært for å kunne inkludere dem i nytte-kostnadsanalyser. Institusjonelt orienterte forskere vil derimot se på verdier som et resultat (også) av sosiale prosesser. De utvikles gjennom dialog og læring på ulike nivåer i samfunnet. De verdiene som kommer fram, kan godt vise seg å være inkommensurable. Det kan videre være vel så mye snakk om hva som er rett og galt som å fastslå hva som er mest lønnsomt.

Også når det gjelder hva som kan gjøres for å nå ønskede tilstander - det være seg 'riktige' tilstander eller 'lønnsomme' - er også skillet mellom 'rational choice' og et institusjonelt perspektiv meget tydelig. Økonomer er talsmenn for å utnytte f.eks. produsentenes profittmotiv og således styre instrumentelt ved hjelp av økonomiske insentiver. Jurister tenker mer i form av riktige eller gale handlinger og vil re-

gulere ved hjelp av å foreskrive eller straffe. Pedagoger og i noen grad sosiologer ser på kommunikasjon og læring - dvs. endret innsikt og endrede verdier - som en viktig måte å styre på.

### 3.2.6 Forutsetningenes betydning – noen empiriske eksempler

For å illustrere noen av de teoretiske poengene, skal vi følge opp spørsmålet om verdsetting og valg av virkemidler noe mer i dybden.

#### *Verdsetting*

Monetær verdsetting av miljøgoder er et viktig og sterkt fokusert fagområde. I følge Vatn og Bromley (1994) har verdens ledende journaler innen miljø- og ressursøkonomi vært dominert av arbeider innen dette feltet. Resultatene fra slike arbeider benyttes både i offentlige beslutningsprosesser og i rettsaker (Portney 1994).

Modellen som benyttes som basis for slike verdsettingsstudier, bygger blant annet på forutsetninger om at aktørene er rasjonelle, at denne rasjonaliteten er uavhengig av kontekst, at godene det er snakk om kan betraktes som varer og at verdier kan 'komprimeres' til en dimensjon.

#### *Økonomisk rasjonalitetsbegreb*

Spørsmålet om hva som kvalifiserer til en rasjonell handling er meget omdiskutert i litteraturen. Verdsettingsanalyser baseres på det økonomiske rasjonalitetsbegrepet<sup>3</sup>. Samtidig kan man i verdsettingslitteraturen observere en rekke såkalte 'anomalier' - dvs. observasjoner som bryter med rasjonalitetsforutsetningene. Dette har resultert i utviklingen av en rekke hjelpehypoteser, dvs. hypoteser som skal forklare avviket uten at man behøver å gi opp selve grunnlaget: antakelsen om rasjonell atferd. Hovedforklaringen er at avvikene skyldes målefeil. Verdiene er der. Preferansene er videre konsistente. Problemet er å få dem fram på riktig måte. Det snakkes således om 'starting point bias,' 'position bias,' 'question order bias,' 'yea-saying,' 'framing effects' etc.

Nærmere analyser av dette viser at en stor del av disse hypotesene er ad hoc i sin karakter (dvs. de kan ikke testes) eller de er i konflikt med sentrale deler av den grunnleggende modellen selv (Vatn 1998). Dette har ført til at noen forfattere har forkastet hele prosjektet. Mennesker har ikke preferanser for miljøgoder (Diamond og Hausman 1994).<sup>4</sup> Andre mener den nye innsikten kan gi grunnlag for å etablere en ny modell for menneskelig handling og rasjonelle valg (Portney 1994).

#### *“Anomalier” i verdsetting*

Jeg skal her helt kort gi noen alternative forklaringer på hvorfor det dukker opp så mange tilsynelatende 'anomalier' i verdsettingslitteraturen. De peker alle i retning av at forutsetningene for analysen

---

<sup>3</sup> Valg er rasjonelle om de er basert på intransitive, kontinuerlige og komplette preferanser, samtidig som aktørene velger det som prefereres (se Hausman 1992).

<sup>4</sup> Det bør presiseres at Diamond og Hausman (1994) ikke snakker om miljøgoder generelt, men om ikke bruksgoder ('non-use values').



er høyst diskutabel - dvs. at de grunnleggende antakelsene bak modellen i høyeste grad spiller en rolle.<sup>5</sup>

#### *Verdienes avhengighet av konteksten*

Det er for det første ikke sikkert det er en god antakelse å betrakte rasjonaliteten og dermed verdiene som uavhengig av kontekst. Et eksempel på dette er de betydelige forskjellene som er observert i betalingsvillighet for samme gode avhengig av fordelingen av eierrettigheter. I litteraturen er det dokumentert variasjoner mellom 'willingness to pay' og 'willingness to accept compensation' i størrelsesorden 3 - 5 ganger. Dette er nivåer som går langt ut over de variasjoner som skulle forventes som følge av betalingens umiddelbare inntektseffekt.

#### *Verdsetting av miljøgoder*

Det er heller ikke sikkert at folk har lett for å akseptere eller forholde seg til at de godene det er snakk om framstilles som varer som kan kreve en pris. Dette berører både et teknisk og et etisk problem, som begge kan være årsak til at det nettopp ikke finnes markeder for disse godene. La meg først se på det tekniske. Svært mange miljøgoder omsettes ikke i markeder fordi de er vanskelige å avgrense og/eller fordi deres verdi ligger i å bevare dem der de er skapt. I den grad disse godene er funksjoner slik som de prosessene som sikrer ren luft og rent vann etc., er det snakk om sammenhengende systemer av prosesser som vanskelig lar seg avgrense på en meningsfylt måte. Man observerer da også i mange verdsettingsstudier at godet avgrenses eller forstås meget ulikt av ulike respondenter. Dette har gitt opphav til begrepet 'embedding effect'. Selv om mennesker skulle forstå godet som en avgrensbar enhet, står vi fortsatt overfor problemer knyttet til at dets verdier er knyttet til en serie dimensjoner som vanskelig lar seg måle langs en skala (inkommensurabilitet). Dette kan illustreres ved landskapets verdier av både estetiske, biologiske, historiske og rekreasjonsmessig art.

#### *For og imod verdsetting*

Dette at økonomisk verdsetting krever omsetting av verdier til bare en dimensjon, er selvsagt særlig viktig så snart etiske vurderinger står sentralt. I verdsettingslitteraturen støter vi ofte på at respondentene rett og slett protesterer mot hele undersøkelsen. Det er observert mange ulike årsaker til dette. Men en viktig grunn er å betale for dem - det å tenke på dem som varer - reduserer eller ødelegger deres verdi. Et ikke uvesentlig aspekt ved dette er respondentens etiske dilemma knyttet til nåtidig bruk og fremtidig bevaring.

Det må likevel fattes valg. Institusjonelt orienterte forskere gir anbefalinger som peker i andre retninger enn monetær verdsetting og nytte-kostnadsanalyse. De mener andre typer verdiartikulerende institusjoner som f.eks. multikriterieanalyse, fokusgrupper, folkejuryer etc. er mer kompatible med de problemene som skal studeres. Disse metodene gjør det mulig å handtere mangedimensjonaliteten mer eksplisitt, samtidig som fokus settes langt sterkere på selve valget gjennom dialog, verdiutvikling, og vurdering av hva som betraktes som rett og galt.

---

<sup>5</sup> For en mer grundig gjennomgang både av litteraturen og av argumentene, se Vatn (1998).

### 3.2.7 Virkemidler for reduserte utslipp av næringsalter

*Om å fastslå at det eksisterer et problem*

Det andre eksemplet jeg skal benytte er meget konkret. Det gjelder altså valg av virkemidler og er ment å belyse betydningen av faglig perspektiv, faglig usikkerhet og forvaltningskulturelle tradisjoner. Utgangspunktet er Nordsjødeklarasjonen fra 1987. Da ble landene omkring Nordsjøen mellom annet enige om å redusere utslippene av næringsalter (nitrogen (N) og fosfor (P)) til Nordsjøen med omlag 50 % innen utgangen av 1995 (Ministerdeklarasjonen 1987).

*Næringssaltene innlemmes*

Bakgrunnen for å innlemme næringssaltene i deklarasjonen var observasjoner knyttet til eutrofiering og oksygenvinn ikke minst i kystnære og grunne farvann. Menneskelig aktivitet - særlig som følge av endringer i transportsektoren, kommunal sektor og i landbruket - hadde over flere ti-år endret tilgangen på næringsalter i ulike biologiske systemer. Schlesinger (1991) og Vitousek (1994) viser f.eks. at fra siste verdenskrigen og fram til 1990 er tilgangen på biologisk nyttbart nitrogen i biosfæren omtrent fordoblet.

*“Nitrogen-problemet”*

Dette har ført til et gradvis skift i nivået på 'nitrogen-problemet' - til i det minste å bli betraktet som et regionalt problem mot slutten av 1980-tallet. Men de langsiktige effektene på ulike økosystemer av at den ofte mest begrensede faktoren for biologisk vekst har økt så mye, er fortsatt usikker og omstridt.

Dette kom ikke minst fram i den norske prosessen. Et sentralt punkt berørte fornuften i å vedta et slikt 'firkantet' krav. Man stilte spørsmål spesielt ved den vitenskapelige begrunnelsen. I Norges tilfelle kunne det bl.a. vises at utslippene fra norske kilder bare utgjorde noen ytterst få prosent av tilført N og P selv i de nordligste delene av Skagerak. En rensing av f.eks. alle kloakkutslipp i disse områdene ville derfor knapt ha noen målbar effekt, men kostnadene ville være store. At alle kilder i prinsippet er små (dvs. uten signifikant målbar effekt) ble ikke diskutert. Snarere ser det ut til at mange i det norske havforskningsmiljøet så på havene som en næringsfattig 'ørken' og at gjødsling i et område så nært Norskehavet like gjerne var en gunstig som en ugunstig handling.

*Striden om kunstgjødselavgifter*

Til tross for striden om fornuften i Nordsjødeklarasjonen, ble det etterhvert forholdsvis bred enighet i Norge om å redusere næringsaltutslippene fra jordbruket. Når det gjaldt nitrogen, var jordbruket den klart viktigste sektoren - større enn alle andre sektorer til sammen i følge Statens forurensningstilsyn sine beregninger (Statens forurensningstilsyn 1989). Det er i så henseende interessant å observere at 1980-tallet neppe representerte noe spesielt skift m.h.p. miljøeffekten av moderne jordbruk. Snarere er det grunn til å påstå at utslippene av næringsalter p.g.a. ulike tiltak faktisk var på vei ned midt på 1980-tallet sammenlignet med årene før. Likevel opplevde næringen at opinionen skiftet kraftig syn på disse spørsmålene.

*Faglig strid om løsningsmodell*

Med de høye ambisjonene som fulgte Nordsjødeklarasjonen - i det minste i første fase - var det klart at en ikke kunne nå målene uten betydelig opptrapping/endring av virkemiddelbruken også for jordbruket sin del. Samtidig opplevde vi på slutten av 1980-tallet en økt generell interesse for bruk av miljøavgifter. Dette førte til at det ble satt i gang forskning med sikte på å avklare om miljøavgifter med

fordel også kunne benyttes i jordbruket. Dette arbeidet utløste en heftig debatt mellom agronomer og (landbruks-)økonomer særlig om virkningen av å innføre en avgift på nitrogen i kunstgjødsl.

Jeg kan ikke gå i detalj om alle sider ved denne striden. For interesserte viser jeg til Krogh et al. (1998). Striden avdekte betydelig uenighet både om produksjonsmessige forhold i jordbruket, om forholdet mellom gjødsling og avrenning samt det basale synet på bonden som produsent.

#### *Det økonomiske resonnement*

Økonomene sitt resonnement tok utgangspunkt i at bonden sitt mål er å maksimere overskuddet fra drifta. Normalt sett ville en ut fra dette foreslå å avgiftslegge utslippene for på den måten å gjøre det lønnsomt for bonden å redusere disse. Men siden avrenningen fra jordbruket i hovedsak skjer i form av arealavrenning (diffus), var dette en uaktuell løsning. I stedet ble det foreslått å avgiftslegge nitrogenet i handelsgjødsel. Dette ville motivere bonden til å redusere gjødslinga samtidig som redusert gjødsling også ville føre til redusert avrenning. Videre ville økt pris på handelsgjødsel gjøre at bonden ville tjene på å utnytte nitrogenet i husdyrgjødsel bedre. Den billige handelsgjødsel hadde gjort dette til et rent avfall med tilsvarende store forurensninger. Analysene - som var basert på gjødslingsforsøk, avrenningsforsøk m.m. - viste at avgiftene måtte være høye for å få særlig effekt. Men da kunne mye oppnås med et enkelt grep.

#### *Agronomenes resonnement*

Alle ledd i dette resonnementet ble angrepet fra agronom-siden. For det første så de på bonden like mye som en 'verner' av jord og avling som en maksimerer av inntekt. Gjødsling ut fra plantene sine behov, var et begrep som gikk igjen. Videre tok de sterk avstand fra den typen funksjonelle samband mellom gjødsling og avling som økonomene benyttet. I motsetning til disse understreket agronomene at økt gjødselpris ikke ville redusere det økonomiske optimumet særlig. Økonomene baserte analysene sine på økonomisk produksjonsteori med avlingsfunksjoner kjennetegnet av jamnt avtakende grenseproduktivitet. Agronomene bygde synet sitt på et biologisk resonnement der man så på nitrogen som en begrensende faktor for plantevekst. Økt tilførsel ville gi lineært økende vekst opp til et punktet der andre faktorer ville bli begrensende med den følge at veksten ville stoppe opp (von Liebig's minimumslov). Gitt fornuften i dette, ville avgift ikke ha særlig effekt før den ble så høy at all gjødsling ble ulønnsom.

#### *Naturens styring av prosesserne*

Med utgangspunkt i det samme resonnementet ble det videre hevdet at avrenningen ikke ville stige så lenge nitrogenet var begrensende for veksten. Først ved gjødsling ut over dette nivået (noe bonden selv ville tape på), ville en få økt avrenning. Til slutt ble det pekt på at nitrogenlageret i jorda er mange ganger større enn den årlige tilførsel av nitrogen i gjødsel. Selv om dette nitrogenet er bundet i organisk materiale, blir en del frigjort. Om sommeren tar plantene opp dette nitrogenet. Tapene skjer høst og vår når det ikke er noen plantevekst til å 'fange' dette nitrogenet. På den måten var det naturen mer enn agronomien som styrte prosessene.

#### *Årlige variationer i avlingen*

Selv om en hadde et heller omfattende empirisk materiale, i alle fall vedrørende effekten av gjødsling på avling - skapte variasjoner i vær, jordforhold og små forskjeller i agronomisk praksis tilstrekkelig mye

støy til at statistiske analyser alene ikke kunne avgjøre striden. I den debatten som fulgte, kom ytterligere ulikheter i perspektiv fram, som f.eks. økonomene sin vektlegging av at bonden sine valg skjer med basis i *forventinger*. Avlingen varierer med været fra år til år. Det ble med basis i dette vist at selv om en aksepterte agronomenes 'knekte' avlingsfunksjoner, ville funksjonen for forventet avling like fullt ha de egenskaper økonomene la til grunn.<sup>6</sup>

#### *Avgiften økes – politisk trykk*

Spørsmålet om avgift ble selvsagt diskutert ved flere anledninger i Stortinget og i regjeringen. En mindre avgift ble innført alt i 1988 og ved behandlingen av statsbudsjettet for begge de to påfølgende årene, ble den hevet noe. Men nivået var fortsatt lavt i forhold til det som måtte til for å få noen særlig effekt.<sup>7</sup> I en større offentlig utredning om ny landbrukspolitik - som tilfeldigvis foregikk på samme tid - gikk et flertall inn for en kraftig økning i avgiften. Det var således betydelig politisk trykk i saken tidlig på 1990-talet.

#### *Avgiften avvises*

En slik økning ble likevel til slutt avvist i Stortinget. Analysene våre (Krogh et al. 1998) gir grunnlag for å hevde at den usikkerhet som fagdebatten hadde skapt, uten tvil influerte på konklusjonen. Men den potensielle inntektseffekten for bøndene var også viktig.<sup>8</sup> Sist, men ikke minst, gjorde forventede endringer i de internasjonale rammevilkårene for jordbruket med Uruguay-runden i GATT og norsk søknad om EU-medlemskap at regjering og Storting til slutt ble lite villige til å legge 'særavgifter' på norsk jordbruk. Men det er i og for seg en annen historie.

### **3.2.8 Konklusjon**

Analysene foran illustrerer blant annet at den uenighet som preger miljøpolitikken i vesentlig grad kan knyttes til tre forhold:

- kompleksitet/usikkerhet
- ulike/inkompatible faglige modeller
- interesse- og verdikonflikter

Ikke minst kombinasjonen av disse faktorene gjør miljøpolitikken til et særlig utfordrende og vanskelig felt. Samtidig understreker det betydningen av perspektivfellesskap mellom forskning og forvaltning - forskning og politikk - som en avgjørende forutsetning for å utløse handling.

---

<sup>6</sup> Tilsvarende debatt, med tilsvarende konklusjon, kan observere i den internasjonale faglitteraturen på denne tiden (Berck og Helfand 1990).

<sup>7</sup> Avgiften nådde i 1990 opp i 20 % av N-prisen.

<sup>8</sup> Effekten av dette er uklar, da reglene for jordbruksavtalen la grunnlag for at avgifta ville bli kompensert. Krogh et al. (1998) hevder likevel at avgiftssaka i betydelig grad bar prega av å være en 'skjult omkamp' om det såkalte inntektsmålet i jordbruket, dvs. en beslutning i Stortinget fra midten av 1970-talet som i prinsippet fastslo at bøndene skulle ha et inntektsnivå på linje med industriarbeiderne.

Dyp interessekonflikt kan samtidig 'låse' en sak på måter ingen faglig utvikling kan motvirke. Men fra mitt ståsted er det et poeng å understreke at forskjeller i faglige perspektiv spiller en *selvstendig* rolle her. Ofte opplever vi at faglig uenighet blir tolket som uttrykk for rene interessespill og at politiske interesser i noen grad misbruker forskningen. Strategisk bruk av forskning er en realitet. Ut fra en institusjonell forståelse er dette perspektivet likevel alt for snevert. Både forskere og forvaltning virker innenfor rammen av ulike faglige modeller, med mer eller mindre compatible trekk. Dette influerer videre inn på perspektivene til profesjoner og etater og de stridene som oppstår disse i mellom. Eneste måten å komme videre i forhold til dette på, er å ta de ulike posisjonene på alvor og la dem bli eksponert mot hverandre. Dette er et argument både for tverrsektorielt samarbeid og tverrfaglig forskning. Som engasjert på det siste området, må jeg bare konstatere at vi nok har kommet svært kort enda. Det positive med dette er at det eksisterer et betydelig potensiale.

### Referencer

Amundsen, G.B. Asheim, E. Moxnes og B. Sandvik, 1991. Hva er bærekraftig utvikling. *Sosialøkonomen*, 3:20-26.

Berck, P. og G. Helfand, 1990. Reconciling the von Liebig and Differentiable Crop Production Functions. *American Journal of Agricultural Economics*, 72:985-996.

Bromley, D., 1990. The ideology of efficiency: searching for a theory of policy analysis. *Journal of Environmental Economics and Management*, 17:181-194.

Chalmers, A.F., 1982. *What is this thing called Science?* Open University Press.

Diamond, P.A. og J.H. Hausman, 1994. Contingent Valuation: Is Some Number Better than No Number?. *Journal of Economic Perspectives*, 8(4):45-64.

Egeberg, M., J.P. Olsen og H. Sætren, 1988. Organisasjonssamfunnet og den segmenterte stat. I Olsen, P.: *Statsstyrer og institusjonsutforming*. Det Blå Bibliotek.

Elzinga, A., 1985. Research, Bureaucracy and the Drift of Epistemic Criteria. I Wittrock, B. og A. Elzinga (red): *The University Research System*. Almqvist og Wiksell.

Hausman, D.M., 1992. *The inexact and separate science of economics*. Cambridge, Cambridge University Press.

Johansen, L., 1977. Lectures on Macroeconomic Planning. 1. General Aspects. North-Holland.

Knorr-Cetina, K.D., 1981. The Manufacture of Knowledge. An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science. Pergamon Press.

- Knorr-Cetina, K.D., 1982. Scientific Communities or Transepistemic Arenas of Research? A Critique of Quasi-Economic Models of Science. *Social Studies of Science*, vol 12.
- Krogh, E., F. Gundersen, R. Hesjedal, A. Vatn og P. Vedeld, 1998. Spillet om nærings saltene. En studie av prosessene rundt valget av virkemidler for å begrense tapet av nærings salt fra norsk jordbruk. Melding, Institutt for økonomi og samfunnsfag, Norges landbruks-høgskole.
- Kuhn, T.S., 1970. *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press.
- Ministerdeklarasjonen, 1987. Londondeklarasjonen, London, 27. november 1987.
- Naustdalslid, J. og M. Reitan, 1994. Kunnskap og styring. Om forskningens rolle i politikk og forvaltning. Tano.
- Portney, P.R., 1994. The Contingent Valuation Debate: Why Economists Should Care. *Journal of Economic Perspectives*, 8(4):3-17.
- Schlesinger, W.H. 1991. *Biogeochemistry. An Analysis of Global Change*. Academic press Inc.
- Statens forurensningstilsyn, 1989. Langtidsplan 1990-1993. Hovedfelt vann .
- Toman M.A., J. Pezzey og J. Krautkraemer, 1995. Neoclassical Economic Growth Theory and 'Sustainability'. I Bromley, D.W., (red): *The Handbook of Environmental Economics*. Blackwell. s 139-165.
- Vatn, A., 1998. *Rationality, what does environmental valuation say?* Discussion paper #D--30/1998. Institutt for økonomi og samfunnsfag, Norges landbrukshøgskole. Ås.
- Vatn, A. og D. Bromley, 1994. Choices without Prices without Apologies. *Journal of Environmental Economics and Management*, 26:129-148.
- Vedeld, P. og E. Krogh, 1996. *Rationality in the eye of the actor. Economists and agronomists in a discourse over environmental taxes in agriculture*. Discussion paper #D-19/1996. Institutt for økonomi og samfunnsfag. Norges landbrukshøgskole.
- Verdenskommisjonen for miljø og utvikling 1987. *Vår felles framtid*. Tiden. Oslo.
- Vitousek P. M. 1994. Beyond global warming: Ecology and global change. *Ecology* 75(7):1861-1876.
- Weiss, C. H., 1977. *Using Social Research in Public Policy Making*. Lexington Books.
- Østerud, Ø., 1979. Det planlagte samfunn. Om sentralplanleggingens framvekst og grenser. Gyldendal, Oslo.



### 3.3 Samfund og Miljø

**Peder Andersen**

**Det Økonomiske Råds Sekretariat og Center for Analyser, Modeller og Regnskab**

***Rapporteur for konferencesessionen: Samfund og Miljø***

---

*Naturen set med  
samfundsojne*

Naturen er af central betydning for mennesker og skaber de ydre vilkår for menneskelig aktivitet herunder økonomisk aktivitet. Derfor er en analyse af naturen ud fra en samfundsvidenskabelig tilgang interessant af mange grunde. Naturen yder en række tjenester, som er afgørende for det økonomiske systems virkemåde, og hensyntagen til samspillet mellem samfund og natur er derfor af stor betydning politisk og økonomisk, når der skal prioriteres. Samtidig har udviklingen i den økonomiske aktivitet, herunder den måde samfundet er organiseret på, ført til en række tilfælde af forureningsproblemer og overudnyttelse af naturressourcer. Hvis der politisk er ønske om at ændre på forvaltningen af naturens ressourcer, kræver det indsigt i, hvordan det økonomiske system virker, herunder samspillet mellem regulering og adfærd og en indsigt i samspillet mellem økonomi og natur, for at reguleringen kan fremme den ønskede udvikling. Spillereglerne i det politiske og økonomiske system skal udformes under hensyntagen til sammenhængene i naturen eller det økologiske system.

#### 3.3.1 Forholdet mellem natur og økonomi

Den samfundsvidenskabelige tilgang til forholdet mellem natur og økonomi er kendetegnet ved, at naturens betydning for menneskelige levevilkår og tilfredsstillelse af menneskelige behov sættes i centrum. Dette udelukker naturligvis ikke, at menneskelige beslutninger og handlinger er styret af etiske principper, som tilgodeser andre hensyn, f.eks. sikring af den biologiske mangfoldighed.

*”Bæredygtig udvikling”*

Diskussionen omkring begrebet ”bæredygtig udvikling” udspringer af en bekymring for, at den nuværende økonomiske udvikling sker på bekostning af en nedslidning af naturen i et omfang, som truer fremtidige generationers levevilkår. Udnyttelsen af naturen har væsentlige konsekvenser for de muligheder, der overlades fremtidige generationer og dermed for fordelingen af velfærd mellem generationer. Hensynet til vore efterkommere bliver dermed et centralt spørgsmål for den nuværende generations udnyttelse af naturen.

*Miljøøkonomi*

Ressource- og miljøøkonomi har etableret sig som selvstændige discipliner inden for økonomi indenfor de sidste tre årtier. Der er en stigende tendens til, at det samme sker inden for andre samfundsvidenskabelige områder. Men både økonomi, politologi, sociologi og jura har i miljøpolitikken ikke været fremtrædende til trods for, at



miljøpolitiske beslutninger alene baseret på naturvidenskabelig erkendelser og politiske aftaler ofte er ganske usikre.

### *Mennesket i samspil med naturen*

Menneskelig aktivitet indgår i et kompliceret samspil med en række andre elementer i naturen og påvirker på afgørende måde en række balancer i naturen. F.eks. anvendes miljøøkonomiske modeller til at inddrage det økonomiske system som en del af et større system, således at både økonomiens virkninger på natur og miljø og konsekvenser af ændringer i naturen for det økonomiske system kan beskrives. Den økonomiske indsigt i, hvordan et økonomisk system fungerer, kombineres så med naturvidenskabelig indsigt i, hvordan naturen og økologiske systemer fungerer. Den samlede forståelse og indsigt kan så udnyttes til at beskrive mulige fremtidige forløb og muliggøre valg, som f.eks. afspejler et politisk ønske om at tage hensyn til fremtidige generationer. Analyserne af samspillet stiller meget betydelige krav til viden om bl.a. biologiske, økologiske, tekniske og økonomiske sammenhænge, men også politologiske og sociologiske reaktionsmønstre kan være vigtige. På grund af betydelig usikkerhed omkring disse forhold bliver analyser komplicerede og beslutningstagning særdeles vanskelig.

Det er således væsentligt, at man får indrettet det økonomiske politiske og lovgivningmæssige system på en sådan måde, at samfundets indretning sker under hensyntagen til natur- og miljøkonsekvenserne, dvs. at naturkonsekvenserne bliver synlige for beslutningstagerne.

### *Naturen – et kollektivt gode*

Miljø- og ressourceproblemer er ofte resultatet af, at markedssystemet ikke fungerer hensigtsmæssigt. Endvidere er natur- og miljøområdet præget af kollektive goder og eksterne effekter. Begge fænomener betyder, at markedet ikke uden hjælp giver hensigtsmæssige resultater. En smuk natur er et kollektivt gode, hvor en persons forbrug ikke reducerer andre personers muligheder for forbrug af samme gode, når man ser bort fra trængsel og nedslidning. I et markedssystem er det vanskeligt at få information om borgernes vurdering af kollektive goder og dermed sikre, at man frembringer dem i rette omfang. For den enkelte vil der være et incitament til ikke at afsløre sin interesse i disse goder, idet man dermed håber at komme til at betale en mindre andel af omkostningerne ved at frembringe goderne.

### *Eksterne effekter*

Eksterne effekter foreligger, når en producent eller forbruger ved sine handlinger påvirker andre producenters eller forbrugeres produktions- eller forbrugsmuligheder uden om markedssystemet. Eksterne effekter kan have både negative og positive konsekvenser for dem, som påvirkes heraf. Forurening er det væsentligste eksempel på en negativ ekstern effekt. Det er ofte vanskeligt at opkræve betaling for sådanne effekter, og der opstår derfor ikke et marked. Når der ikke opkræves betaling for eksterne effekter, vil disse ikke afspejles i omkostninger og priser, og en række beslutninger vil derfor blive taget på forkert grundlag.

### *Prissætning af miljøet*

Manglende specifikation af ejendomsret eller offentligt gode karakteren af mange miljøgoder kan være baggrunden for, at et passende marked ikke opstår eller kan fungere på sædvanlig vis. Der er derfor på miljø- og ressourceområdet en række argumenter for en eller an-

den form for offentligt indgreb for at korrigere tilstanden. Manglende prissætning af miljøgoder og miljøskader og dermed manglende krav om betaling kan ofte opfattes som grunden til, at en række uhenigtsmæssige beslutninger tages. Det viser sig f.eks. i form af overudnyttelse af de ydelser, som miljøet eller naturen stiller gratis til rådighed for det økonomiske system, eller i form af forringelser af naturkapitalen. Det er derfor en oplagt idé i miljøpolitikken at forsøge at korrigere markedssystemet, f.eks. ved at indføre en passende form for prissætning og evt. betaling på goder og effekter, som ikke hidtil har været prissat. På denne måde kommer disse effekter til at indgå i beslutningstagernes overvejelser.

#### *Politiske indgreb*

Tilsvarende kan politiske beslutninger om indgreb, indretning af institutioner og udformning af regler bidrage til skabelse af natur- og miljøproblemer. Sådanne politikfejl skyldes ofte indgreb, som er rettet mod andre mål og områder, men hvor natur- og miljøeffekterne ikke er blevet inddraget på passende vis.

En hovedpointe er således, at uden hensyntagen til samfundsvidenskabelige analyser af miljøpolitikken kan denne politik let blive ineffektiv, dyr eller direkte ødelæggende i forhold til formålet, nemlig at sikre en optimal miljøpolitik.

### **3.3.2 Teori, modeller og empiri**

Økonomiske overvejelser har historisk ikke eller kun i meget begrænset omfang spillet nogen rolle i miljøpolitikken i Danmark. Miljøøkonomisk teori er veludviklet og anvendelig for at forbedre grundlaget for rationelle beslutninger, medens andre samfundsvidenskabelige teorier endnu er under opbygning.

#### *Empiriske miljømodeller*

Empiriske miljømodeller er ikke veludviklede, især ikke når det drejer sig om at fastlægge det optimale forureningsniveau. Derimod er modeller til beregninger af konsekvenser af at opnå bestemte målsætninger ganske veludviklede, f.eks. input-output modeller og generelle ligevægtsmodeller. Men også disse modeller skal anvendes med ydmyghed. Men modellerne har et potentiale og kan være gode sparringspartnere. F.eks. består miljøøkonomiske modeller af naturvidenskabelige modeller, der beriges med samfundsøkonomiske sammenhænge, adfærdsreaktioner og -parametre. Der er stort set altid (og ofte meget stor) usikkerhed om de naturvidenskabelige modeller. Da der også er usikkerhed om de økonomiske modeller, bliver resultatet, at miljøøkonomiske modeller i princippet er mere usikre end de naturvidenskabelige modeller, i det omfang graden af usikkerhed overhovedet kan sammenlignes. Men det kan jo ikke retfærdiggøre, at de ikke anvendes.

#### *Prioritering*

Uden økonomiske modeller bliver prioriteringen let uigennemskuelig, ufuldstændig, usammenlignelig, tilfældig eller direkte forkert. Kun ved at vide, hvad forskellige tiltag koster, er der et udgangspunkt for prioritering, men selvfølgelig skal gevinsten ved reguleringen også helst inddrages.

#### *Samfundsvidenskabelig miljøforskning*

Samfundsvidenskabelig miljøforskning har det ikke godt i Danmark. Omfanget er lille og spredt ud på mange miljøer, og den grundlæg-

gende universitetsforskning er helt utilstrækkelig og kan slet ikke leve op til det behov, der pt. synes at være i sektorforskningen, styrelser, organisationer osv. Dette gælder nok især for ressource- og miljøøkonomi, fordi behovet her er så stort. Der må satses på at forbedre "fødekæden" fra universiteterne til brugerne, herunder ikke mindst satses på at intensivere den forskning, der kan forbedre og forøge empirisk og anvendt samfundsvidenskabelig miljøforskning.

#### *Erfaringer fra konferencen*

Indlæggende i session 5 på konferencen om Dansk miljøforskning 1999 viser, at der både mht. teoriudvikling, modeludvikling og -anvendelse og empiri er en positiv udvikling igang, men desværre er denne udvikling kommet relativt sent i forhold til beslutningstagerens behov. Desuden er det også tydeligt, at den empiriske del står overfor store udfordringer, hvis samfundsvidenskabelige analyser skal komme til at spille en central rolle i den politiske prioriteringsproces. Det er ligeledes karakteristisk for udviklingen i Danmark, at den grundlæggende forskning i samfundsvidenskabelig og miljøforskning ikke har et omfang, hvor den på markant måde via forskning og uddannelse af kandidater og ph.d.'er aktuelt kan præge sektorforskningen. Dertil er omfanget af universitetsforskning inden for området for småt. Det må være et centralt område at få rettet op på, men kan kun gennemføres, hvis der tages klare initiativer på det politiske niveau.

#### *Politik og faglighed*

Disse forhold ændrer selvfølgelig ikke ved, at der på konferencen blev forelagt spændende teoriudvikling, modeludvikling og resultater. Vatns diskussion (optrykt i denne publikation) om samfundsvidenskabernes specielle placering i det politiske beslutningsrum er vigtigt, men må ikke blokere for faglighed. Det er helt afgørende, at fagligheden på disciplinniveau er høj. Ligeledes giver Hanne Bach's korrekte synspunkter om behovet for tværfaglig forskning grundlag for endnu engang at præcisere, at uden en eller anden form for værdisætning eller rangordning af miljøpolitikens resultater, er det videnskabelige grundlag for prioritering ikke tilstede.

#### *Økonomisk tænkning i miljøpolitikken*

Netop behovet for økonomisk tænkning i miljøpolitikken blev tydeligt demonstreret i Lars Gårn Hansens indlæg. Til at forbedre vores indsigt kan historiske studier være ganske nyttige. Et sådant eksempel blev fremlagt af Henning Schroll i hans gennemgang af sammenhængen mellem miljøforskning og regulering i Danmark i perioden 1970 - 1988.

#### *Bæredygtighed*

De seneste års anvendelse af ordet bæredygtighed har givet anledning til mange vinkler på det begreb, men også unødigt forvirring. Bæredygtighed er i bund og grund et økonomisk begreb og kan gøres ganske operationelt, når det sættes ind i en økonomisk teoretisk ramme. Alex Dubgaards gennemgang af udviklingen i økonomisk teoribæredygtighedsopfattelse demonstrerede dette på en overbevisende måde.

#### *Miljøøkonomiske modeller*

De største resultater mht. at anvende samfundsvidenskabernes i prioriteringsbeslutningen er kommet i forlængelse af opbygningen af empirisk orienterede, policyrelaterede miljøøkonomiske modeller. Frits Møller Andersen, Berit Hasler og Poul Erik Morthorst gav fine eksempler på dette ved at gennemgå modelgrundlag og resultater fra

miljørelaterede satellitmodeller tilknyttet makroøkonomiske modeller, gennemgå en integreret analyse af miljø og økonomi ved liberalisering af landbrugspolitikken og i præsentationen af en analyse af virkemidler for regulering af vedvarende energi på et frit elmarked.

#### *Værdisætningsanalyser*

Et af det mest påtrængende områder mht. at intensivere miljøforskning er udviklingen af værdisætningsanalyser. Flemming Møller gennemgik teoretiske og praktiske aspekter af projektvurdering i forbindelse med naturgenopretning af Brede Å, og Thomas Bue Bjørner analyserede værdisætning, altruisme og præferencer for miljøgoder.

#### *Natursyn, adfærd og livsstil*

I de senere år er interessen for forskellige samfundsvidenskabelige tilgange til miljøforskning intensiveret. Eksempler på dette blev præsenteret af Suzanne Beckmann og Annemarie Christensen om natursyn og miljørationel adfærd i risikosamfundet og af Jeppe Læssøe om strategisk forskning i bæredygtig livsstil.

### **3.3.3 Afslutning**

#### *Naturinteressen*

De seneste års stigende interesse for vores natur og det stigende behov for prioritering på området er en udfordring for samfundsvidenskabelig forskning, herunder især for økonomer, der teoretisk og empirisk arbejder med ressource- og miljøøkonomi. Der er i dag ikke nævneværdig uenighed blandt økonomer om problemernes karakter, mulige løsninger m.v. Derimod viser det sig ofte at være vanskeligt at skabe forståelse blandt ikke økonomer for den tankegang og de analysemetoder, der anvendes indenfor ressource- og miljøøkonomi. Dette viser sig, både når der er tale om bæredygtighed og optimal udnyttelse og ved valg af reguleringsmetode. Den tilsvarende reservation over for andre samfundsvidenskabelige discipliner synes (endnu) ikke at eksistere.

De kommende år vil bestå af en række faglige udfordringer. I relation til at påvirke de politiske beslutninger er den største udfordring at få et bedre empirisk grundlag. Der er fortsat på en række områder mangelfuld naturvidenskabelig viden. Dette er alvorligt i relation til empirisk analyser, men også de empirisk samfundsvidenskabelige metoder er under diskussion og fortsat langt fra at være tilstrækkeligt udviklet til at kunne give rimeligt sikre svar på f.eks., hvad et optimalt forureningsomfang er, hvor stor biodiversiteten bør være, eller hvor høj en optimal forureningsafgift bør være.

#### *Samspeilet mellem natur og samfund*

En af de store udfordringer i de kommende år bliver at få forbedret metoderne til at afdække præferencer og til at gennemføre værdisætningsstudier med henblik på at sætte focus på optimal udnyttelse af miljø og natur. Men selv om dette ikke lykkes, er det vigtigt at videreudvikle modeller, der afspejler samspeilet mellem natur og samfund, herunder at få inddraget adfærdsændringer som konsekvens af økonomiske og ikke-økonomiske påvirkninger. Dette kan forbedre grundlaget for at gennemføre efficiente reguleringer, selvom målsætningerne er politisk fastlagte.

#### *Er det fornuftigt af forbedre miljøet?*

Når det er så vigtigt at intensivere den samfundsvidenskabelige forskning, bunder det i det forhold, at naturvidenskabens tankegange

og videnskabelige resultater ikke er tilstrækkelige til på et sagligt grundlag at kunne rådgive om prioriteringen af indsatsen for et bedre miljø. Faktisk kan naturvidenskaben ikke svare på det grundlæggende spørgsmål: Er det fornuftigt at forbedre miljøet?

## 3.4 Miljøfremmede stoffer og organismer

Hans Løkke

Danmarks Miljøundersøgelser,  
Afd. For Terrestrisk Økologi

*Rapporteur fra konferencesessionen: Miljøfremmede stoffer og organismer*

---

Der er megen utryghed og usikkerhed i befolkningen over for de miljøfremmede stoffer og organismer. Det nye begreb "forsigtighedsprincippet" har som følge heraf fået en central rolle i den sidste halvdel af perioden. Princippet, som indebærer, at der ageres på områder, hvor der er utilstrækkelig viden eller total mangel på viden, er således politisk og holdningsmæssigt i sin karakter.

### 3.4.1 Miljøfremmede stoffer

Definitionen på "miljøfremmede stoffer" er vanskelig, da langt de fleste kemiske stoffer menes at kunne optræde som følge af "naturlige" processer, fx forbrænding eller mikrobiel aktivitet. Den mest korrekte definition er derfor at tale om stoffer, som forekommer i unaturligt høje koncentrationer i et givet miljø. Denne definition omfatter således både helt "nye" syntetiske stoffer, fx pesticider, og stoffer, som kan være naturligt produceret, fx metaller og organiske opløsningsmidler. Denne definition omfatter således også nedbrydningsprodukter af kemiske stoffer.

*Hvad er miljøfremmede stoffer?*

*Forbrug = affald*

Temaet om miljøfremmede stoffer blev accentueret på konferencens første dag, hvor professor Poul Harremoës i sin indledningsforelæsning in plenum pointerede, at alt forbrug ender som affald. Han pegede på følgende 5 principielle muligheder for at komme problemerne med de miljøfremmede stoffer til livs:

1. Undlade brugen
2. Genbrug
3. Deponering
4. Omdannelse, fx forbrænding
5. Spredning (fortynding)

*Kemiske stoffer nedbrydes i naturen*

Professor Bo Jansson fra Stockholms Universitet, som holdt det indledende indlæg på sessionen om miljøfremmede stoffer og organismer, bragte et eksempel på det forholdsvis simple, persistente, syntetiske stof HCB (hexachlorbenzen), som kan omdannes til 43 kendte nedbrydningsprodukter. Også biprodukter, som følger de tekniske produkter, er interessante. Der menes i dag at være mere end 100.000 kemiske stoffer (herunder stofblandinger) i brug på globalt plan. Han fremførte tre egenskaber, som gør et stof farligt:

P Persistens  
+ B Bioakkumulation/Biotilgængelighed  
+ T Toksicitet

---

= PBT

#### *Det internationale arbejde*

De såkaldte PBT-stoffer indgår i internationale forhandlinger om reduktioner af den globale forurening, bl.a. i UNEP-regi. Der er ligeledes aktiviteter inden for UN-ECE's Genevekonvention ang. de såkaldte POPs (Persistent Organic Pollutants), som er en delmængde af PBT, inden for OSPAR (DYNAMIC-modellen) og EU's Water Framework Directive. De lipofile stoffer er mest interessante, men også biogene stoffer, bl.a. de som bindes til receptorer, bør have en høj prioritet. Flere stoffer bliver "interessante", og der fremkommer flere og flere lister i forbindelse med internationale konventioner. Det gælder for mange af disse stoffer, at der i dag er lille viden om deres skæbne og effekter i miljøet. Derfor er internationalt samarbejde vigtigt. Under diskussionen blev det fremhævet, at PBT-kriterierne ikke er nok, idet man også må se på stoffernes mobilitet for at forhindre grundvandsforurening. De bromerede flammehæmmere blev ligedes nævnt som PBT-kandidater, idet stofferne akkumuleres i modermælk, påvirker enzymer og forbindes med nedsat indlæringssevne hos børn.

#### *Erstatning af de kendte kemiske stoffer*

Bo Jansson fremhævede, at der ved substitution af kemiske stoffer ofte opstår den situation, at kendte (farlige) stoffer erstattes med mindre kendte stoffer, som senere kan vise sig også at være farlige. Når først stofferne er spredt, er det som regel for sent at bremse op, da der kan være tale om

- store mængder stof i teknosfæren
- stoffer, som befinder sig i produkter med stor udbredelse
- lang tid til at formindske koncentrationerne i miljøet.

#### *LAS fra vaskemidler*

Lars Elsgaard præsenterede sine undersøgelser af effekterne af det vaskeaktive stof LAS på mikroorganismer i jorden. Disse undersøgelser indgår i et større projekt, hvor DJF, DMU og VKI har arbejdet på at tilvejebringe en omfattende dokumentation for LAS's skæbne og effekter i spildevandsslam og jord. Lars Elsgaard viste, hvorledes LAS i laboratoriet påvirker en række mikrobielle funktioner og mikroorganismer. De koncentrationer, som giver målelige effekter i jorden, begynder på et niveau, der svarer til opblandingen af slam med indhold på og over afskæringsværdien for LAS i slam.

#### *Udvikling af miljøvenlige produkter*

Michael Hauschild gjorde status over arbejdet med livscyklusvurderinger (LCA), som primært er udført inden for Miljøstyrelsens store program: UMIP (Udvikling af Miljøvenlige Produkter). Problemet med at normalisere bidragene til miljøbelastningen er løst ved omregning til personækvivalenter. Vægtningen af belastningernes miljømæssige betydning sker ved en relation til de miljøpolitisk målsatte personækvivalenter. I den fremtidige udvikling inddrages økotoksiciteten og humantoksiciteten ved LCA-relevant modellering og opbygning af en stofdatabase. Der vil fremover blive arbejdet på at indarbejde holdninger og principper om bæredygtighed i vægtningen af miljøbelastningerne.

### *Modellering af måling*

Det går ikke at måle alt, og der må derfor udvikles modeller. Det er vigtigt at foretage en kombination af modellering og måling. Peter Sørensen fra DMU pointerede, at den optimale modelstruktur og kompleksitet afhænger stærkt af problemstillingen. Øges kompleksiteten, øges omkostningerne ligeledes. Simple modeller er typisk billige at anvende og input-parametrene er ofte få og nøjagtigt bestemte. Til gengæld er der en vis usikkerhed på selve modellen. På den anden side eksisterer der meget komplekse modeller, der principielt regner meget nøjagtigt, men hvor der skal anvendes et stort antal input-parametre, der ofte kun er tilgængelige i begrænset omfang, hvorfor man er henvist til standard- eller default-værdier. Udfordringen er at bestemme den optimale kompleksitet af modelkonceptet, så den samlede usikkerhed minimeres. Behovet skal derfor afstemmes efter de forhåndenværende ressourcer. Internationalt samarbejde er vigtigt, også på dette område.

### *Anvendelse af slam som gødning*

Kaj Henriksen præsenterede de foreløbige resultater fra "Center for Bæredygtig Arealanvendelse" under Det Strategiske Miljøforskningsprogram. Hovedresultatet er, at miljøfremmede stoffer i spildevandsslam ikke udgør en barriere for anvendelse af slammet som gødning i landbruget. Snarere virker slammet forbedrende på jorden. Der er dog brug for langtidsmarkforsøg med slam, bl.a. af hensyn til evt. hidtil ukendte problemstoffer.

### *Miljøfremmede stoffer i Århus' spildevand*

Der er i de senere år udført en række målinger af miljøfremmede, organiske stoffer i forskellige matricer. Paul Chr. Erichsen gennemgik hovedresultaterne af en omfattende undersøgelse af 72 enkeltstoffer i Århus Amt. Resultaterne lægger op til intensiverede undersøgelser af den atmosfæriske deposition, akvatisk biota og sedimenter, slamgødte marker, spildevandsrensning og vandløbsvand. Der er desuden lagt op til målinger af effekter på forskellige organismer og metodeudvikling med henblik på at udvikle indikatororganismer. Der er generelt behov for en koordinering af disse undersøgelser med andre undersøgelsesprogrammer.

### *Lysimeterforsøg*

Inge Fomsgaard viste resultaterne fra en række undersøgelser af ned-sivningen af chlorphenoxy-syre-herbiciderne mechlorprop-K-salt og mechlorprop-2-ethyl-hexylester i jord i lysimetre. Undersøgelserne, som udføres med <sup>14</sup>C-mærkede forbindelser, viser en betydelig udvaskning af K-saltet og kun en lille udvaskning af esteren. Der er lysimeterforsøg i gang med glyphosat og isoproturon, men der er endnu ingen resultater.

### *In-situ rensing af jord*

På det miljøtekniske område gennemgik Bjørn Jensen de danske erfaringer med *in situ*-afværgeforanstaltninger i jord og grundvand. Der er udviklet en række metoder, hvoraf nogle er lovende. Der er imidlertid endnu ikke præsteret tilstrækkelig dokumentation for deres anvendelighed.

### *Marin deponering af mineaffald*

Gert Asmund gennemgik miljøaspekterne ved marin deponering af tailings fra minen "Den sorte Engel" i Maarmorilik i Vestgrønland. Skønt havdeponering er kontroversiel, vil den i nogle tilfælde være den miljømæssigt bedste løsning.



### *Antibiotika i miljøet*

Bent Halling-Sørensen er projektleder for et tværinstitutionelt projekt, som belyser miljøeffekterne af antibiotika, der tilføres landbrugsjord via husdyrgødning. De foreløbige undersøgelser viser, at nogle af stofferne er meget mobile i jord, nogle er persistente, og de er generelt giftige for mikroalger. De bredspektrede stoffer har effekter på bakterier, men generelt er stofferne ikke direkte giftige for springhaler og enkytræer i jorden.

### *Testorganismer i naturen*

De potentielle problemer med hormonlignende stoffer belyses i et særligt forskningsprogram under Det Strategiske Miljøforskningsprogram. Ole Kusk beskrev anvendelsen af det marine krebsdyr *Acartia tonsa* som testorganisme. Som målevARIABLE anvendes ovarie-modningstiden og larveudviklingen. *A. tonsa* er en følsom marin test for toksiske stoffer og vil være velegnet til test af kemiske stoffer og udledninger til havet. Imidlertid er krebsdyrs hormonsystem ikke kendt. Under diskussionen blev det fremført, at hormeseffekter (dvs. en stimulation ved lavt koncentrationsniveau) næppe kan skelnes fra egentlige hormoneffekter i de udførte eksperimenter.

### *Risikovurdering af gensplejsede planter*

#### **3.4.2 Miljøfremmede organismer**

Beate Strandberg gennemgik de hidtidige erfaringer med risikovurdering af gensplejsede planter. Hun pegede på problemerne med pollenspredning til økologisk jordbrug, og pointerede, at der mangler basal forskning om horisontal genoverførsel. Der er desuden brug for bedre viden om den naturlige variabilitet og for vurdering af effekter på landskabsniveau. Der dukker til stadighed nye egenskaber op, idet teknikken tillader en forædling, som krydser artsbarriererne og afkorter forædlingstiden markant. Generelt fokuserer risikovurderingen på de nye planters fitness-fordele og på effekterne på mål/ikke-mål organismer.

### *Gensplejsede organismer i miljøets tjeneste*

Niels Kroer gennemgik de mange områder, hvor gensplejsede mikroorganismer kan indgå "i miljøets tjeneste", fx i forureningsbæmpelse, som erstatning for kemiske pesticider, som plantevækstfremmere eller -hæmmere, som probiotika eller som komponent i biosensorer eller på anden vis som indikatorer. Han gjorde status over erfaringerne med forsøg med udslip af mikroorganismer i naturen. Der er hidtil ikke påvist sikre effekter på de mikrobielle samfund i jorden. Det er vist, at *Bacillus thuringiensis* foreløbigt har overlevet i 6 år i et udsætningsforsøg, men det er et spørgsmål, om en sådan overlevelse skal betragtes som en "effekt"?

### *Befolkningens holdning til gensplejsede organismer*

Niels Kroer gav nogle betragtninger over forskernes og befolkningens holdninger og mente, at der med tiden vil ske en accept af de gensplejsede organismer, såfremt det bliver åbenbart, at de er gavnlige for forbrugeren.

#### **3.4.3 Landvindinger i de seneste 10 år på kemikalieområdet**

I tabellen er vist en oversigt over de væsentligste landvindinger igennem de seneste år, samt en opsummering af de udfordringer, miljøforskningen står overfor i de kommende 10 år inden for området miljøfremmede stoffer:

Miljøfremmede stoffer	Landvindinger i de seneste 10 år
Faglig status (state of the art) "Science push"	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hormonlignende stoffer</li> <li>• Makroporeflow</li> <li>• Terrestrisk økotoksikologi</li> <li>• Viden om slam</li> <li>• Ny kemisk analyseteknik</li> <li>• Modeller - QSAR</li> </ul>
Videnbehov "Society pull"	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forsigtighedsprincippet</li> <li>• LCA</li> <li>• Monitoringsdata</li> </ul>

### *Hormonlignende stoffer*

På det teoretiske område står erkendelsen af hormonlignende stoffers effekter centralt. De er et eksempel på, at ny viden og erkendelse kan dukke op på områder, hvor den eksisterende erkendelse og teoridannelse blev skønnet at være på vej mod en afrunding. Der er sat betydelige forskningsaktiviteter i gang på det humane område, og kun i beskedent omfang på miljøområdet. Betydningen af de endokrine effekter er ironisk nok ikke eftervist hos mennesker, medens der foreligger kraftige indikationer på miljøområdet, fx kønsskifte hos fisk og krybdyr, hormonforstyrrelser hos fugle og imposex hos snegle.

### *Kemiske stoffers mobilitet*

Et andet vigtigt område er erkendelsen af, at kemiske stoffers transport i jord i betydeligt omfang sker ved preferential flow i makroporer. Dette betyder, at vurderingen af pesticiders og andre kemiske stoffers mobilitet og skæbne i jordmiljøet ikke følger de lovmæssigheder, som 1980'ernes modelværktøjer byggede på. Der har især været fokus på forureningen af grundvandet med pesticider.

### *Slam som gødning*

Et af de mest omtalte miljøproblemer, som var i fokus i perioden, er anvendelsen af spildevandsslam som gødning i jordbruget. Der er i perioden foretaget omfattende undersøgelser af slams indhold af miljøfremmede stoffer, og der er gennemført eller igangsat forskningsprogrammer vedr. nedbrydning, akkumulationen og effekterne af de vigtigste stoffer eller stofgrupper, LAS, nonylphenol og ethoxylater, phthalater, PAH-forbindelser, antibiotika m.fl.

### *Analysemetoderne forfines*

På metodeområdet blev de kemisk-analytiske metoder udviklet og forfinet, således at meget lave koncentrationer af organiske stoffer kunne påvises, især i grundvandet. Der er desuden taget nye tekniker i brug som fx ELISA og kombineret væskechromatografi-massespektrometri (LC-MS). Der er især sket en udvikling af eksisterende kemisk-analytisk teknik til raffinerede og meget følsomme instrumenter. På det økotoksikologiske område blev en række terrestriske laboratorietestmetoder og feltprocedurer udviklet, og området blev understøttet af modeller for eksponering og effekter i samfund af interagerende organismer.

### *QSAR-modeller*

Endelig er modelområdet, herunder Quantitative Structure-Activity Relationships (QSARs) blevet videreudviklet vedr. stoffernes skæbne i vand- og jordmiljøer.

*Samspil mellem forskere og samfund*

De nævnte landvindinger er primært opnået ved "science push", dvs. forskerne har initieret forskningen. Senere har samfundet ("society pull") ønsket at få nogle af områderne yderligere belyst, fx øget viden om slam, pesticider i grundvand eller hormonlignende stoffer. Der er som respons herpå igangsat monitoringsprogrammer, fx af spildevandsslams indhold af organiske forureninger og monitoring af grundvandet for pesticider. Senest er NOVA-programmet igangsat, som omfatter vand, luft og jord.

*Kemiske stoffers effekt på miljøet*

#### **3.4.4 Udfordringer i de kommende 10 år på kemikalieområdet**

De fremtidige udfordringer drejer sig primært om vurderingen de mange kemiske stoffer, hvis effekter i miljøet endnu er så godt som ukendte. Det drejer sig i høj grad også om at få udpeget "nye" problemstoffer på et tidligt tidspunkt, inden der sker en omfattende spredning i miljøet. Som eksempel på nye problemstoffer kan nævnes de bromerede flammehæmmere, hvor det ser ud til, at man mere og mere nærmer sig evidens for deres skadelige påvirkninger. Fra samfundets side er der ønske om livscyklusvurderinger, især på emballageområdet, og herunder i højere grad at få inddraget økotoksikologiske effekter. Der her tale om "society pull". Nødvendigheden af at samle viden omfatter såvel stoffernes anvendelse i samfundet som deres effekter i en integreret risikovurdering.

*Indflydelse fra andre faktorer*

Skønt der mangler viden om de enkelte stoffer, er det en stor og vigtig forskningsmæssig udfordring at kunne forudsige effekter af kemiske blandinger, da stofferne sjældent forekommer enkeltvis. Desuden tyder ny viden på, at samspillet mellem kemiske stoffer og andre faktorer, klimatisk stress, forsurening eller næringsstoffer er væsentlig at få belyst, således at der kan udføres realistiske scenarier for givne miljøfremmede stoffer. Der er derfor behov for øget viden om kombinationseffekter. I lyset af samfundets ønske om i vidt omfang at anvende forsigtighedsprincippet, er der behov for at udvikle og forbedre det teoretiske grundlag for usikkerhedsfaktorerne set i bredeste forstand.

Miljøfremmede stoffer	Udfordringer i de kommende 10 år
Forskningsemner "Science push"	<ul style="list-style-type: none"><li>• Effekter af kemiske blandinger</li><li>• Kombinationseffekter</li><li>• Usikkerhedsfaktorer</li><li>• Kombination af modeller og målinger</li></ul>
Videnbehov "Society pull"	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nye problemstoffer</li><li>• Mekanistiske modeller for uvurderede stoffer</li><li>• Forbedrede LCA-modeller</li><li>• Risikovurdering</li></ul>

*Sammenhæng mellem målinger og modeller*

Forskerne har desuden et stort ønske om at kunne validere de udviklede modeller ved anvendelse af faktiske målinger, og ikke mindst er måledata og forskning vigtige for at kunne komme videre med udviklingen af teoretiske modeller for kemiske stoffers skæbne og effekter i miljøet.

### 3.4.5 Landvindinger i de seneste 10 år vedr. genetisk modificerede organismer

På det mikrobiologiske område er der udviklet redskaber til risikovurdering, og metoderne er beskrevet i testprotokoller. På planteområdet er der udviklet de første simple modeller for invasion af planter i naturen. Perioden har været kendetegnet af en rivende udvikling på det bioteknologiske område. Nye teknikker er udviklet, og den generelle viden om genflow er øget betydeligt. På falderebet af årtiet er ny viden kommet til om muligheden for fødekædeeffekter af insektresistente planter.

Genetisk modificerede organismer	Landvindinger i de seneste 10 år
Faglig status (state of the art) "Science push"	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nye teknikker</li><li>• Viden om genflow</li><li>• Identifikation af fødekædeeffekter</li><li>• Viden om naturlig mikrobiel diversitet</li></ul>
Videnbehov "Society pull"	<ul style="list-style-type: none"><li>• Testprotokoller</li><li>• Simple modeller for invasion</li><li>• Modeller for overlevelse og genspredning</li></ul>

### 3.4.6 Udfordringer i de kommende 10 år vedr. genetisk modificerede organismer

De forskningsmæssige udfordringer ligger for alle typer af genetisk modificerede organismer i at ekstrapolere fra simple forsøg i laboratoriet, klimakamre eller væksthuse til feltforhold og videre til landskabs- eller regionalt niveau. For planter er der et særligt behov for at forbedre modeller for introgression og invasion i naturen. Der er et forskningsmæssigt behov for øget viden om horisontal genoverførsel.

Genetisk modificerede organismer	Udfordringer i de kommende 10 år
Forskningsemner "Science push"	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ekstrapolation fra forsøgsskala til markforhold til regional skala</li><li>• Forbedrede modeller for introgression og invasion</li><li>• Funktionel diversitet af mikrobielle samfund</li></ul>
Videnbehov "Society pull"	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bioteknologi "i miljøets tjeneste"</li><li>• Monitering</li><li>• Værktøjer til risikovurdering</li><li>• Usikkerhedsfaktorer og variabilitet</li></ul>

På den ene side er der stor skepsis over for bioteknologien i samfundet. På den anden side åbnes gode muligheder for at udvikle ny bioteknologi "i miljøets tjeneste", fx i forureningsbekæmpelse, som erstatning for kemiske pesticider, som plantevækstfremmere eller -hæmmere, som probiotika eller som komponent i biosensorer eller på anden vis som indikatorer. Såfremt de gensplejsede planter introduceres i jordbruget, vil der fra samfundet være krav om, at planterne

nøje overvåges, således at evt. spredning og skadevirkning vil kunne opdages i tide og afværges. Der er desuden et stort behov for at forbedre de eksisterende værktøjer til risikovurdering og til at belyse de mange usikkerhedsfaktorer og den store naturlige variabilitet i henhold til forsigtighedsprincippet.

## **4 Afsluttende betragtninger**



## 4.1 Dansk miljøforskning – landvindinger og udfordringer

**Peter Koefoed Bjørnsen**  
**Danmarks Miljøundersøgelser,**  
**Direktionen**

### *Miljøforskning som fagområde*

Omkring 350 miljøforskere og brugere af miljøforskning deltog i konferencen "Dansk Miljøforskning 1999" på H.C. Ørsted Institutet i København. De 68 foredrag og 50 posterpræsentationer dækkede et meget bredt felt, og selv inden for de enkelte sessioner var der stor spredning med hensyn til emner og faglig tilgang. Dette afspejler at miljøforskningen stadig er et ungt forskningsområde. Ikke desto mindre viste konferencen at der er sket en betydelig udvikling gennem de seneste ti år mod at etablere sammenhængende og forenelige sæt af begreber, metoder, modeller og datagrundlag med henblik på en konsistent analyse af samspillet mellem samfund og økosystem. Dette har væsentligt forbedret mulighederne for at gennemføre tværgående analyser af komplekse miljøproblemer, på tværs af hovedmiljøerne og på tværs af de traditionelle fagdiscipliner. Der er således en proces i gang, hvor miljøforskningens fagområder gradvist vokser sammen.

### *Samarbejde mellem institutionerne*

Denne proces har bygget på et tæt samarbejde, både nationalt og internationalt, på tværs af de traditionelle institutionsgrænser mellem universiteter, sektorforskningsinstitutioner, GTS-institutter, konsulentfirmaer, private virksomheder og miljøforvaltningen. Disse institutionstyper var bredt repræsenteret ved konferencen, hvor der også blev præsenteret mange eksempler på samarbejdsprojekter. Det tvær-institutionelle samarbejde blev i 90'erne stimuleret af en række forskningsprogrammer, ikke mindst Det Strategiske Miljøforskningsprogram SMP. Ved udfasningen af disse forskningsprogrammer hviler der en særlig udfordring på institutionerne og de bevilgende myndigheder til fortsat at fremme samarbejdsmulighederne. Resourceknaphed kalder på stram koordinering og får ofte hegnspele- ne til at vokse, men det er vigtigt at give plads til en vis grad af overlap og fleksibilitet.

### *Tværfaglighed og faglighed*

Det er endvidere vigtigt, at tværfagligheden ikke udvikles på bekostning af fagligheden. Dansk miljøforskning skal fortsat leve op til de kvalitetskrav der stilles ved publicering i internationale tidsskrifter. Det er nødvendigt for at sikre kvaliteten af den videnbaserede rådgivning på miljøområdet. Det er ikke mindst nødvendigt for fremover at kunne hjemtage den nyeste viden på miljøområdet fra udenlandsk forskning.

Konferencens mange indholdsrige foredrag og poster-præsentationer giver mulighed for en pejling af, hvor den danske miljøforskning står - og hvor den skal hen.



## Landvindinger

De bidrag, som oven for er leveret af konferencens 5 rapporteurs, viser klart at dansk miljøforskning har gjort betydelige fremskridt i de seneste 10 år. Inden for følgende områder er resultaterne særligt iøjnefaldende:

- Udvikling af metoder til at påvise miljøfremmede stoffer, metoder der gør at vi i dag står langt bedre rustet til at undersøge forekomsten af stofferne i miljøet
- Påvisningen af at en række stoffer kan have hormonlignende effekter, fx visse sprøjtegifte og phthalater
- Udviklingen af nye og bedre luftforureningsmodeller som gør os i stand til at beregne eksponeringen af miljøet og befolkningen meget præcist og fx lave 3-døgns prognoser for luftforureningen
- Udviklingen inden for atmosfærekemien så forskerne i dag ved hvordan kemiske stoffer omsættes i atmosfæren
- Etableringen af et fagligt grundlag inden for vandmiljøet som politikerne har kunnet bruge til udarbejdelse af handlingsplaner, både de nationale vandmiljøplaner og de lokale planer for søer og vandløb
- Udviklingen af en økosystemforskning på vandområdet som gør os i stand til at vurdere biologi, fysik og kemi samlet
- Inden for terrestrisk økologi er der sat fokus på udvikling af metoder til at beskrive naturkvalitet
- Udvikling af et videnskabeligt grundlag for en regulering af jagen, så den ikke truer bestandene
- Udvikling af Geografiske InformationsSystemer (GIS) som et effektivt redskab i forskning og forvaltning
- Etablering af tværgående analyser til at beskrive hele kredsløbet fra ændringer i samfundets teknologi og struktur, over belastning og effekter i miljøet, til samfundets reaktioner i form af forebyggende foranstaltninger mv.
- Beskrivelse af samfundets påvirkning af miljøet, især fra landbruget og energiproduktionen

## NMPR

Samtidigt med konferencen blev regeringens Natur og Miljøpolitiske Redegørelse offentliggjort. Redegørelsen udsendes hvert 4. år og giver en samlet beskrivelse af de miljøpolitiske målsætninger og indsatsen for at opfylde disse. Redegørelsen fastholder princippet om at miljøpolitikken skal være videnskabelig, dvs. bygge på det bedste videnskabelige grundlag. Dette forudsætter, at videnbehovet bliver vurderet i forbindelse med udarbejdelse af strategier og handlingsplaner på miljøområdet.

Vurderinger og prioriteringer af den fremtidige forskningsindsats bør bygge på en dialog mellem brugernes videnbehov ("society pull") og

forskernes visioner om de faglige muligheder og udfordringer ("science push").

### Udfordringer

På baggrund af konferencens foredrag, posterpræsentationer og deltagernes diskussioner er det nærliggende at fremhæve følgende områder, hvor vi inden for de næste ti år kan forvente markante fremskridt for miljøforskningen:

- Skæbne og effekter af de mange nye kemiske stoffer hvis effekter i miljøet endnu er så godt som ukendte
- Viden om miljøfremmede stoffer som omfatter såvel stoffernes anvendelse i samfundet som deres effekter i en integreret risikovurdering
- Genmodificerede organismers mulige påvirkning af naturen
- Udviklingen af ny bioteknologi "i miljøets tjeneste", fx jordrensning eller som alternativer til antibiotika og kemiske sprøjtemidler
- Genetisk økologi, biomarkører og beskrivelse af biodiversitet
- Globale ændringer i klima og miljø
- Bedre beskrivelse af sundhedseffekter af forurening, herunder inddragelse af hidtil upåagtede forureninger samt kombinationseffekter med andre stressfaktorer
- Fortsat hastig udvikling indenfor computerteknologien som vil understøtte udviklingen af datahåndtering, modellering, neutrale netværk, beslutningsstøtteværktøjer og formidling
- Bedre udnyttelse og tilgængelighed af miljødata, herunder ikke mindst lange måleserier
- Udvikling af fremskrivningsmodeller i vandmiljøet, herunder sammenkobling af fysiske og biologiske modeller og koblede modeller for luft/land/ferskvand/hav
- Udvikling af operationel oceanografi
- Koblingen mellem fiskeri og vandmiljø
- Etablering af en målrettet og dækkende overvågning af miljø og natur på landjorden
- Operationalisering af bæredygtighedsbegrebet
- Videre udvikling af landskabsøkologien
- Beskrivelse af de enkelte sektors belastning af miljøet (transport, energi etc.)
- Integration af økonomi, sociologi og etik i miljøforskningen.

### *Bæredygtig udvikling*

Bæredygtighed står fortsat som et centralt mål i miljøpolitikken. Miljømæssig bæredygtighed er imidlertid ikke en absolut størrelse. Først og fremmest er definitionen af bæredygtighed politisk betinget. Endvidere er bæredygtighed nøje relateret til det til enhver tid eksisterende videngrundlag. Der kan gives talrige eksempler på, at ny viden har ændret vurderingen af, om en given praksis er bæredygtig eller ej. Blandt de aktuelle eksempler er fund af pesticider i grundvandet, opdagelse af sub-micron partikler fra miljø-diesel i byluft og hormonforstyrrende effekter af visse miljøfremmende stoffer. En miljømæssigt bæredygtig samfundsudvikling forudsætter således ikke blot, at der handles på grundlag af den eksisterende viden, men tillige at der hele tiden stræbes efter at forbedre videngrundlaget.

### *Miljøbistand*

Den danske miljøbistand har ændret sig markant gennem de seneste ti år. Fra at være ét blandt mange elementer i den danske bistandspolitik er miljøbistanden nu et væsentligt internationalt element i den danske miljøpolitik. Som miljøpolitikken i øvrigt bør også miljøbistanden være videnbaseret. Der ligger i de kommende år en væsentlig opgave for dansk miljøforskning i at bidrage til en videnbaseret miljøbistand gennem opbygning af viden om samarbejdslandenes miljøproblemer, aktiv deltagelse i konkrete miljøbistandsprojekter og etablering af langssigtede samarbejdsrelationer til miljøforskere i samarbejdslandene.

### *Rekruttering og forskeruddannelse*

En forudsætning for, at dansk miljøforskning kan løfte de store udfordringer er – udover naturligvis et tilstrækkeligt økonomisk grundlag – at der også fremover kan rekrutteres nok talentfulde og veluddannede forskere til miljøområdet. Generelt er rekrutteringsgrundlaget vigende, især inden for naturvidenskab. Samtidig er der voksende krav til at miljøforskningen skal være tværfaglig og løsningsorienteret. Disse krav rækker ud over universiteternes traditionelt disciplinorienterede og grundlagsskabende uddannelser. Det er en national opgave at sikre rekrutteringsgrundlaget for fremtidens miljøforskning.

### *Fortsat og styrket samarbejde*

Der er således mange og store udfordringer for dansk miljøforskning i de kommende år. Der er skabt et godt grundlag for at løfte dem. Konferencen demonstrerede at der er opbygget en solid faglig kompetence og et finmasket netværk. Der vil blive god brug for begge dele fremover!



# Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser  
Frederiksborgvej 399  
Postboks 358  
4000 Roskilde  
Tlf.: 46 30 12 00  
Fax: 46 30 11 14

*Direktion*  
*Personale- og Økonomisekretariat*  
*Forsknings- og Udviklingssektion*  
*Afd. for Systemanalyse*  
*Afd. for Atmosfærisk Miljø*  
*Afd. for Miljøkemi*  
*Afd. for Havmiljø*  
*Afd. for Mikrobiel Økologi og Bioteknologi*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Vejlsovej 25  
Postboks 314  
8600 Silkeborg  
Tlf.: 89 20 14 00  
Fax: 89 20 14 14

*Afd. for Terrestrisk Økologi*  
*Afd. for Vandløbsøkologi*  
*Afd. for Sø- og Fjordøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Grenåvej 12, Kalø  
8410 Rønne  
Tlf.: 89 20 17 00  
Fax: 89 20 15 14

*Afd. for Landskabsøkologi*  
*Afd. for Kystzoneøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Tagensvej 135, 4  
2200 København N  
Tlf.: 35 82 14 15  
Fax: 35 82 14 20

*Afd. for Arktisk Miljø*

## Publikationer:

DMU udgiver temarapporter, faglige rapporter, arbejdsrapporter, tekniske anvisninger, årsberetninger samt et kvartalsvis nyhedsbrev, DMUNyt. En oversigt over DMU's publikationer og aktuelle aktiviteter kan findes på DMU's hjemmeside. Årsberetning og DMUNyt er gratis.



## Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

- Nr. 285: Naturkvalitet - kriterier og metodeudvikling. Af Nygaard, B., Mark, S., Baattrup-Pedersen, A., Dahl, K., Ejrnæs, R., Fredshavn, J., Hansen, J., Lawesson, J., Münier, B., Møller, P.F., Risager, M., Rune, F., Skriver, J., Søndergaard, M. 116 s., 130,00 kr.
- Nr. 286: Chlorerede, phosphorholdige og andre pesticider i drikkevand. Metodeafprøvning. Af Nyeland, B. & Kvamm, B.L. 323 s., 150,00 kr.
- Nr. 287: The Danish CORINAIR Inventories. Time Series 1975-1996 of Emissions to the Atmosphere. By Winther, M., Illerup, J.B., Fenhann, J. & Kilde, N. 81 pp., 100,00 DDK.
- Nr. 288: Mere og bedre natur i landbrugslandet - dokumenteret grundlag for en ekstra indsats. Reddersen, J., Tybirk, K., Halberg, N. & Jensen, J. 109 s., 120,00 kr.
- Nr. 289: Atmosfærisk deposition af kvælstof 1998. NOVA 2003. Af Skov, H., Hertel, O., Ellermann, T., Skjødt, C.A. & Heidam, N.Z. 102 s., 110,00 kr.
- Nr. 290: Marine områder - Status over miljøtilstanden i 1998. NOVA 2003. Af Markager, S. et al. 161 s., 150,00 kr.
- Nr. 291: Søer 1998. NOVA 2003. Af Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T.L. & Sortkjær, L. 106 s., 125,00 kr.
- Nr. 292: Vandløb og kilder 1998. NOVA 2003. Af Bøgestrand, J. (red.) 130 s., 150,00 kr.
- Nr. 293: Landovervågningsoplande 1998. NOVA 2003. Af Grant, R. et al. 152 s., 150,00 kr.
- Nr. 294: Bilparkmodel. Beregning af udvikling og emissioner. ALTRANS. Af Kveiborg, O. 84 s., 75,00 kr.
- Nr. 295: Kvalitetsparametre for haglammunition. En undersøgelse af spredning og indtrængningsevne som funktion af haglenes størrelse og form. Af Hartmann, P., Kanstrup, N., Asferg, T. & Fredshavn, J. 34 s., 40,00 kr.
- Nr. 296: The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Report for 1998. By Kemp, K. & Palmgren, F. 64 pp., 80,00 DKK.
- Nr. 297: Preservatives in Skin Creams. Analytical Chemical Control of Chemical Substances and Chemical Preparations. By Rastogi, S.C., Jensen, G.H., Petersen, M.R. & Worsøe, I.M. 70 pp., 50,00 DKK.
- Nr. 298: Methyl t-Butylether (MTBE) i drikkevand. Metodeafprøvning. Af Nyeland, B., Kvamm, B.L. 51 s., 50,00 kr.
- Nr. 299: Blykontaminering af grønlandske fugle - en undersøgelse af polarlomvie til belysning af human eksponering med bly som følge af anvendelse af blyhagl. Af Johansen, P., Asmund, G. & Riget, F.F. 27 s., 60,00 kr.
- Nr. 300: Kragefugle i et dansk kulturlandskab. Feltundersøgelser 1997-99. Af Hammershøj, M., Prang, A. & Asferg, T. 31 s., 40,00 kr.
- Nr. 301: Emissionsfaktorer for tungmetaller 1990-1996. Af Illerup, J.B., Geertinger, A., Hoffmann, L. & Christiansen, K. 66 s., 75,00 kr.
- Nr. 302: Pesticider 1 i overfladevand. Metodeafprøvning. Af Nyeland, B. & Kvamm, B.L. 322 s., 150,00 kr.
- Nr. 303: Ecological Risk Assessment of Genetically Modified Higher Plants (GMHP). Identification of Data Needs. By Kjær, C., Damgaard, C., Kjellsson, G., Strandberg, B. & Strandberg, M. 32 pp., 50,00 DKK.
- Nr. 304: Overvågning af fugle, sæler og planter 1998-99, med resultater fra feltstationerne. Af Laursen, K. (red.). 81 s., 70,00 kr.
- Nr. 305: Interkalibrering omkring bestemmelse af imposex- og intersexstadier i marine snegle. Resultat af workshop afholdt den 30.-31. marts 1999 af Det Marine Fagdatacenter. Af Strand, J. & Dahl, K. (i trykken).
- Nr. 306: Mercury in Soap in Tanzania. By Glahder, C.M., Appel, P.W.U. & Asmund, G. 19 pp., 60,00 DKK.
- Nr. 307: Cadmium Toxicity to Ringed Seals (*Phoca hispida*). An Epidemiological Study of possible Cadmium Induced Nephropathy and Osteodystrophy in Ringed Seals from Qaanaaq in Northwest Greenland. By Sonne-Hansen, C., Dietz, R., Leifsson, P.S., Hyldstrup, L. & Riget, F.F. (in press)
- Nr. 308: Økonomiske og miljømæssige konsekvenser af merkedsordningerne i EU's landbrugsreform. Agenda 2000. Af Andersen, J.M., Bruun et al. 63 s., 75,00 kr.
- Nr. 309: Benzene from Traffic. Fuel Content and Air Concentrations. By Palmgren, F., Hansen, A.B., Berkowicz, R. & Skov, H. (in press)