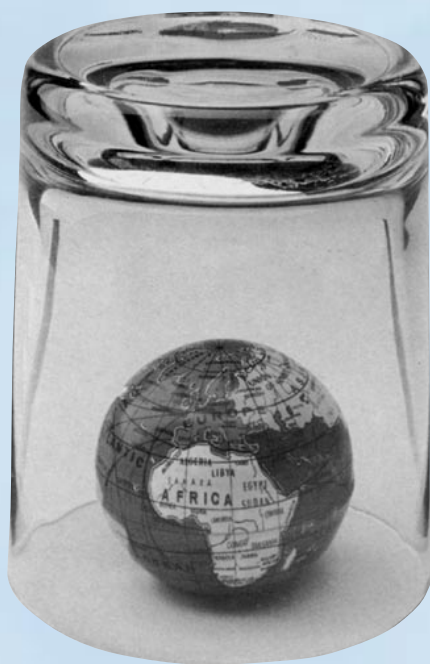


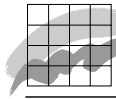


Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Dansk tilpasning til et ændret klima

Faglig rapport fra DMU, nr. 401





Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Dansk tilpasning til et ændret klima

*Faglig rapport fra DMU, nr. 401
2002*

*Jes Fenger
Povl Frich*

Datablad

Titel:	Dansk tilpasning til et ændret klima
Forfattere: Afdelinger:	J. Fenger ¹ og P. Frich ² Afdeling for Atmosfærisk Miljø ¹ Forsknings- og Udviklingssektion ²
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 401
Udgiver:	Miljøministeriet Danmarks Miljøundersøgelser©
Udgivelsestidspunkt: Redaktionen afsluttet:	August 2002 Juli 2002
Finansiell støtte:	Energistyrelsen
Bedes citeret:	Fenger, J. & Frich, P. 2002: Dansk tilpasning til et ændret klima. Danmarks Miljøundersøgelser, 33 sider. Faglig rapport fra DMU nr. 401. http://faglige-rapporter.dmu.dk Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Sammenfatning:	<p>Der er en stigende erkendelse af, at den fremtidige udvikling i verden indebærer et vist mål af menneskeskabte klimaændringer, hvis virkninger allerede er begyndt at vise sig. Mange lande har derfor foretaget undersøgelser af mulighederne for tilpasning til de klimaændringer, der forventes. Der ligger ikke heri nogen given op over for den basale målsætning om reduktion af udslip af drivhusgasser. Det er en forståelse af, at en rationel langsigtet planlægning kan afbøde mange skader og måske i visse henseender sikre direkte fordele af de klimaændringer, som trods alle anstrengelser synes uundgåelige.</p> <p>Som et udgangspunkt for den nødvendige analyse beskrives DMU's vurdering af Danmarks behov og muligheder for tilpasning til fremtidige klimaændringer. Rapporten er - bortset fra illustrationerne og deres tekst - stort set identisk med et notat, der i efteråret 2001 blev udarbejdet for Energistyrelsen og i foråret 2002 sendt til miljøministeren.</p>
Emneord:	Drivhuseffekt, klimaændringer, tilpasning, vandressourcer, landbrug, skovbrug økosystemer, fiskeri, kystbeskyttelse, sundhed, infrastruktur.
ISBN: ISSN (elektronisk):	87-7772-679-0 1600-0048
Sideantal:	38
Internet-version:	Rapporten findes kun som PDF-fil på DMU's hjemmeside http://faglige-rapporter.dmu.dk

Indhold

- 1 Indledning 5
- 2 Den komplekse problemstilling 6
- 3 Globale scenarier for fremtiden 9
- 4 Scenarier for Danmark 12
- 5 Danmarks vandforsyning 14
- 6 Landbrug 15
- 7 Skovbrug 18
- 8 Naturnære terrestriske økosystemer 20
- 9 Ferskvandsøkosystemer 21
- 10 Havmiljø og fiskeri 24
- 11 Kystlinien 25
- 12 Infrastruktur, produktion og forbrug 28
- 13 Sundhed og velvære 31
- 14 Samlet vurdering 32
- 15 Baggrundsmateriale 36

1 Indledning

Rapportens baggrund

Hidtil har dansk klimapolitik været fokuseret på begrænsning af udslip af drivhusgasser. Flere store miljøreddegørelser fra de senere år (Bichelrapporten om anvendelsen af pesticider, Wilhjelmrapporten om naturbeskyttelse og rapporteringen fra Vandmiljøplanens overvågningsprogram) har kun i baggrundsrapporter, ganske kort eller slet ikke behandlet muligheden for klimaændringer – de være sig naturlige eller menneskeskabte. Selvom en nylig rapport fra Det Trilaterale Vadehavssamarbejde grundigt diskuterer vandstandsstigninger, indeholder Esbjerg Deklarationen om Vadehavet kun en kort hensigtsklæring om holdningen til eventuelle problemer.

Klimaet er imidlertid under stadig forandring, og der er en stigende erkendelse af, at selv de mest optimistiske vurderinger af den fremtidige udvikling i verden indebærer et vist mål af menneskeskabte klimaændringer, hvis virkninger allerede er begyndt at vise sig. Mange lande har derfor foretaget undersøgelser af mulighederne for tilpasning til de klimaændringer, der forventes. Der ligger ikke heri nogen given op over for den basale målsætning om reduktion af udslip af drivhusgasser. Det er en forståelse af, at en rationel langsigtet planlægning kan afbøde mange skader og måske i visse henseender sikre direkte fordele af de klimaændringer, som trods alle anstrengelser synes uundgåelige.

Tidligere vurderinger

I Danmark har problemstillingen været behandlet i flere rapporter og bøger, senest i bogen *Climate Change Research – Danish Contributions* udgivet af Dansk Klimacenter. Disse tidligere arbejder har behandlet de videnskabelige sider af sagen, men de handlingsrettede konklusioner er ikke stået klart frem. Det har heller ikke været diskuteret, hvordan umiddelbare virkninger i en lille åben økonomi som Danmarks skal vurderes og imødegås i en verden under forandring. Danske forberedelser til klimaændringer har således hidtil været af beskedent omfang, og der eksisterer ikke nogen formelle handlingsplaner.

Naturrådet har i sin *Vismandsrapport 2000* anbefalet, at der opbygges et beredskab i forhold til klimaændringernes naturkonsekvenser; det foreslås baseret på faglige udredninger og bør følges op af en relevant naturovervågning.

Denne rapport

Som et udgangspunkt for den nødvendige analyse beskriver den foreliggende rapport DMU's vurdering af Danmarks behov og muligheder for tilpasning til fremtidige klimaændringer baseret på den seneste nationale og internationale litteratur. Rapporten er - bortset fra illustrationerne og deres tekst - stort set identisk med et notat, der i efteråret 2001 blev udarbejdet for Energistyrelsen og i foråret 2002 sendt til miljøministeren.

En generel indledning beskriver forskellige scenarier med særligt henblik på effekter i Danmark. På basis heraf behandles problemerne successivt, idet der i hvert enkelt tilfælde diskuteres umiddelbare virkninger for Danmark, vekselvirkninger med andre effekter samt forholdet til den ydre verden. De økonomiske konsekvenser har det som hovedregel kun været muligt at nævne rent kvalitativt. Det

samme gælder risikoen for drastiske klimaændringer som følge af pludselige ændringer af havstrømme i Nordatlanten.

De enkelte problemområders rolle som kilde eller dræn for drivhusgasser (og dermed koblingen til klimaet) berøres kort. I de få tilfælde, hvor der allerede er truffet forberedelser til klimatilpasning, nævnes det. Uden at give direkte politiske anbefalinger antyder notatet forskellige handlingsmuligheder og nævner mangler i vores beslutningsgrundlag.

Yderligere oplysninger

En rapport som denne tillader kun en yderst summarisk fremstilling af problemstillingen. En grundig videnskabelig gennemgang med henvisninger til originallitteraturen er givet af FN's klimapanel (IPCC), hvis tredje samlede vurdering udkom i tre bind med kortere resumeer for beslutningstagere i sommeren 2001. De væsentligste konklusioner er samlet i en såkaldt synteserapport, der - efter endelig godkendelse - blev offentliggjort i 2001. En kort litteraturliste bagerst i notatet indeholder baggrundsmateriale på forskellige niveauer med henvisninger til den originale faglitteratur.

Bidragydere

Under udarbejdelsen af det oprindelige notat har vi konsulteret en række relevante institutioner, herunder Kystdirektoratet, Danmarks Jordbrugsforskning, Den Kgl. Veterinær og Landbohøjskole, Danmarks Meteorologiske Institut, Københavns Universitet, Danmarks Fiskeriundersøgelser, Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut, Dansk Industri og ingeniørfirmaer samt flere institutioner under Miljø- og Energiministerierne.

2 Den komplekse problemstilling

Den globale vækst

Helt overordnet bestemmes den menneskelige påvirkning af miljøet af tre parametre: Vores materielle levestandard; den teknologi vi bruger til at fremskaffe den; og det antal mennesker, der skal have den. Indtil år 1800 steg Verdens befolkning kun langsomt til ca. 1 mia., men derefter begyndte det at gå hurtigt, og nu er den omkring 6 mia. Det globale energiforbrug er, med den stigende levestandard, vokset endnu hurtigere – og i særdeleshed efter 2. Verdenskrig. Da energien altovervejende er blevet fremstillet ved afbrænding af fossile brændsler, er udslippet af kuldioxid, der er et af slutprodukterne ved forbrændingen, vokset tilsvarende. Samtidig har væksten i den globale landbrugsproduktion givet et voksende udslip af metan og lattergas. Koncentrationerne i atmosfæren af disse tre stoffer er i løbet af de sidste par hundrede år steget med henholdsvis 31, 250 og 17%, og de viser ingen tegn på stabilisering.

Drivhuseffekt og klimaændringer

Drivhuseffekten, der er et naturligt fænomen, medfører ved hjælp af molekylære processer i atmosfæren, at solstrålingen opvarmer jordoverfladen ca. 35°C mere end den ellers ville have gjort. Det er en væsentlig forudsætning for liv. Problemet er blot, at de stigende koncentrationer af kuldioxid, metan og lattergas samt forskellige andre stoffer forøger drivhuseffekten og herigennem påvirker Jordens og atmosfærens varmebalance. Ændringen er kun få %, men det er nok til at give en yderligere opvarmning, der kan udløse et kompliceret

mønster af globale klimaændringer. En identifikation af det menneskeskabte bidrag vanskeliggøres dog af at sådanne ændringer er overlejret med naturlige variationer, der på forskellig tidsskala kan skyldes forandringer i Solens udstråling, svingninger i de globale systemer af vinde og havstrømme, større vulkanudbrud o.m.a.

Observerede effekter

I løbet af de seneste 100 år er den globale middeltemperatur steget ca. 0,6°C, og det er - som det fremgår af de seneste IPCC-rapporter - sandsynligt, at det meste af den observerede opvarmning gennem de seneste 50 år skyldes væksten i koncentrationerne af drivhusgasser.

På global skala sker der en afsmeltning af gletsjere, og oceanernes vand udvider sig med opvarmningen. Samlet medfører det en generel vandstandsstigning på 1-2 mm om året. Samtidigt har man mange steder set ændringer i dyrs udbredelse og en forlængelse af planterers vækstsæson, der svarer til en højere temperatur.

GLOBAL WARMING: Early Warning Signs

The Earth is heating up. The early warning signs are in. Click on the map to find out where it's happening.

This map illustrates the local consequences of global warming.

FINGERPRINTS: Direct manifestations of a widespread and long-term trend toward warmer global temperatures

- Heat waves and periods of unusually warm weather
- Sea level rise and coastal flooding
- Glaciers melting
- Arctic and Antarctic warming

HARBINGERS: Events that foreshadow the types of impacts likely to become more frequent and widespread with continued warming.

- Spreading disease
- Earlier spring arrival
- Plant and animal range shifts and population declines
- Coral reef bleaching
- Downpours, heavy snowfalls, and flooding
- Droughts and fires

Der er allerede observeret en række ændringer i naturen, som passer med en stigende temperatur. Noget af det mest spektakulære er en afsmeltning af gletsjere, der er en medvirkende årsag til at havenes vandstand stiger. En række eksempler kan ses på <http://www.climatehotmap.org/>

Fra observationer til fremskrivninger

Da klimaet har betydning for både natur og menneskelige aktiviteter, er vi på vej ind i en kæde af begivenheder: Menneskelige aktiviteter fører til udslip af drivhusgasser. Koncentrationen i atmosfæren stiger, det påvirker varmebalancen og dermed klimaet. Klimavariationer har umiddelbare effekter på fx landbrug og fiskeri, men i anden omgang afledte effekter på international handel, sikkerhed, befolkningsvandringer osv. I praksis er der en række koblinger mellem de enkelte led i kæden. Fx vil klimaændringer påvirke udslip af drivhusgasser fra såvel menneskeskabte som naturlige kilder. Hertil kommer vekselvirkninger med teknologiske, sociale og økonomiske faktorer samt andre miljøpåvirkninger.

Når vi bevæger os fra observationer i fortiden til forestillinger om fremtiden bliver konklusionerne derfor mere hypotetiske og må baseres på komplicerede modelberegninger. Med udgivelsen af IPCC's tredje samlede vurdering i sommeren 2001 er der dog – på basis af nye detaljerede beregninger - fremlagt en overbevisende argumentation for, at den menneskeskabte forøgelse af drivhuseffekten uundgåeligt vil medføre et vist mål af klimaændringer. Hvor store ændringerne vil blive, hvor hurtigt de vil forløbe, og hvordan de vil blive fordelt på Jorden er endnu usikkert. Og det vil i alle tilfælde afhænge af, i hvilket omfang det lykkes at få begrænset de globale udslip af drivhusgasser.

Forskellige skalaer

Uanset hvordan forløbet i fremtiden bliver, vil politiske beslutninger i relation til menneskeskabte klimaændringer vanskeliggøres af at en række fænomener har vidt forskellige tidsperspektiver. For klimasystemet, vores påvirkning af det, og de virkninger klimaændringer vil have på menneskelige aktiviteter og naturlige økosystemer strækker perspektivet sig fra sekunder i de basale processer til årtusinder i det endelige resultat.

Et lyn, der slår ned og i en brøkdelen af et sekund antænder en skovbrand i et tørkeramt område, kan få vidtrækkende konsekvenser for hele økosystemet i mange år derefter. Efterfølges branden af kraftig regn, som skyller den blotlagte jord i havet, er der tale om en irreversibel ændring.

En rationel tilpasning kan i visse tilfælde ske løbende (fx gennem valg af såsæd), men vil i andre tilfælde (fx ved større anlæg af infrastruktur) kræve planlægning hundrede år eller længere frem i tiden. Rækken af de lovgivningsmæssige og tekniske tiltag til begrænsning af udslip af drivhusgasser har et lignende spænd i perspektivet. Ofte kan der gå 10 år eller mere fra ide til gennemførelse.

Også i geografisk henseende er fænomenerne af vidt forskellig skala. Selvom begrænsningen i udslip af drivhusgasser sker lokalt, kræver det en global indsats for at give nogen mening. Tilpasningen til klimaændringer er i højere grad et lokalt problem, men den kan sjældent ske uden hensyntagen til den omgivende verden.

3 Globale scenarier for fremtiden

Globale scenarier for fremtiden

Ingen ved med sikkerhed, hvordan Verden vil udvikle sig, men vi kan på forskellig vis opstille mere eller mindre sandsynlige scenarier. Emissions(udslips)- og klimascenarier rækker sjældent længere frem end 100 år. Det skyldes dels usikkerheden i antagelserne om den teknologiske og samfundsmæssige udvikling, dels de begrænsninger, som sættes af den tilgængelige computerkapacitet.

Emissionsscenarier

IPCC har opstillet en række (såkaldte reference-) scenarier for den økonomiske, tekniske og demografiske udvikling frem til år 2100. De er opdelt i fire familier af "historier" alt efter om hovedvægten lægges på økonomi eller miljø og på globalt eller regionalt orienteret udvikling:

- A1. En fremtidig verden i meget hurtig økonomisk vækst. Verdensbefolkningen toppe i midten af århundredet, og der sker en hurtig introduktion af nye mere effektive teknologier. A1-familien omfatter tre "underfamilier" hvor der fortrinsvis anvendes fossile brændsler (A1F1), ikke-fossile energikilder (A1T) eller en balanceret blanding af alle former for energikilder (A1B).
- A2. En mere heterogen verden med fortsat stigning i verdensbefolkningen og langsommere teknologisk udvikling.
- B1. En verden, der i visse henseender minder om A1, men i højere grad satser på service og informationsbaseret økonomi samt bæredygtige teknologier.
- B2. En verden der har fortsat befolkningsvækst, men dog mindre end i A2 samt en langsommere og mere forskelligartet teknologisk udvikling end A1 og B1.

Tilsammen dækker scenarierne 40 kombinationer af vækst i verdensbefolkning (ca. 7-15 milliarder), vækst i globalt bruttonationalprodukt (ca. 11-26 gange), fordeling af energiproduktion på fossile og ikke-fossile energikilder m.m. Selvom nogle optimistiske scenarier indebærer et fald i udslippet af CO₂, indebærer alle en stigning i koncentrationen fra den nuværende på ca. 370 ppm (milliontedele) til – inklusive usikkerheden – fra under 500 til over 1000 ppm frem mod år 2100. Samtidig sker der ændringer i koncentrationen af de øvrige drivhusgasser – groft taget efter samme mønster.

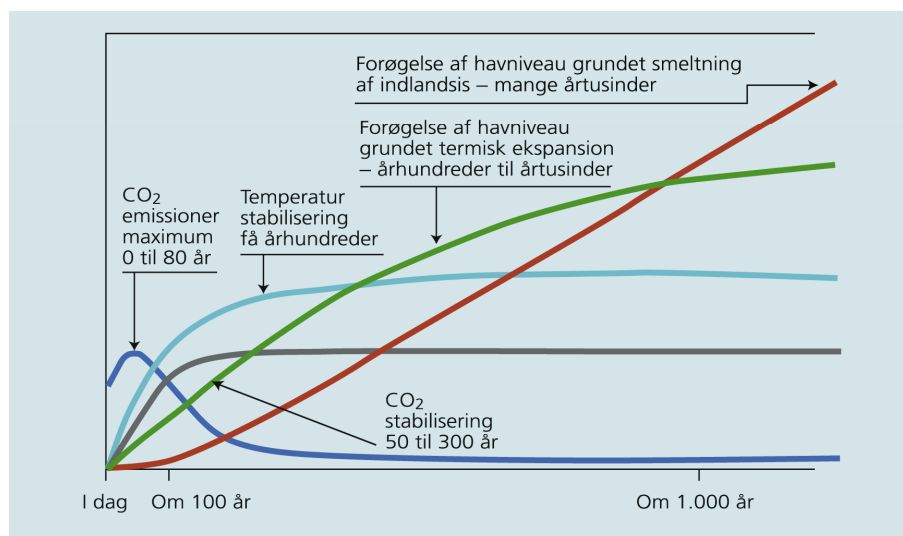
Klimascenarier

De tilsvarende stigninger i global middeltemperatur er beregnet til 1,4-5,8°C frem mod 2100. Den mindste opvarmning (omkring 2°C) findes ikke overraskende i B1-scenarierne, der beskriver en verden, hvor man lægger vægt på miljøbeskyttelse og globale løsninger, og i A1T hvor væksten baseres på ikke-fossile energikilder. Den største opvarmning (omkring 5°C) findes i A1F1, hvor der antages hurtig vækst baseret på fossile brændsler.

Med stigende temperatur stiger vandstanden i havene, dels på grund af afsmeltning af gletsjere, dels fordi vand udvider sig i varmen. Disse processer forløber meget langsommere end opvarmningen af atmosfæren. I år 2100 vil vandstanden være steget mellem 9 og 88 cm.

Usikkerheden er stor, men de enkelte scenariers centrale værdier er ikke meget forskellige (30-50 cm). I alle tilfælde vil stigningen fortsætte i mange århundreder.

Hvis klimaet skal stabiliseres, må CO₂-koncentrationen først stabiliseres. En stabilisering på 550 ppm, svarende til en fordobling af det naturlige niveau, kan opnås i B1 scenariet. En stabilisering på 600 ppm synes mulig i A1T scenariet. Sådanne udviklinger vil kunne give et forløb som vist i figuren. De øvrige scenarier giver umiddelbart ingen stabilisering på denne side af år 2100. Dette gælder også A2 og B2, der ofte anvendes til vurderinger af effekter af klimaændringer. For sådanne generelle verdensudviklinger kan man ved en ekstra indsats begrænse det globale udslip. Det er ikke gratis, og omkostningerne vokser selvfølgelig med forskellen mellem det umiddelbare scenario og det ønskede.



Selvom en fuldstændig forhindring af klimaændringer synes at være umulig, vil enhver opbremsning – både hvad angår opvarmningen og dens hastighed - lette en tilpasning, og i alle tilfælde må en ny ligevægtssituation tilstræbes. Figuren viser et muligt forløb, der går i klimaligevægt efter et par hundrede år. Fremstillingen er rent kvalitativ, men kunne fx vise en stabilisering på det dobbelte af det nuværende CO₂-niveau og en endelig global temperaturstigning på ca. 4°C. Den endelige vandstandsstigning kan efter årtusinder blive mange meter. (Efter IPCC's synteserapport, 2001).

Overraskelser i drivhuset

Det har i forskellige sammenhænge været diskuteret om en forøgelse af drivhuseffekten kunne udløse større, hurtige klimaændringer, fx gennem en ændring af de store havstrømme. På længere sigt og uden begrænsning af udslippet af drivhusgasser kan det ikke udelukkes. Specielt har det været diskuteret om en kollaps af Den Nordatlantiske Strøm (en udløber af Golfstrømmen) kunne bevirke, at Danmark fik et koldere klima i en ellers varmere verden. Sådanne ændringer i havstrømme vil også medføre ændringer i den lokale vandstand. De fleste modelberegninger viser dog, at der de første 100 år næppe bliver tale om mere end en afsvækning af strømmen, hvorved Danmark muligvis får en lidt mindre opvarmning, end vi ellers skulle forvente. Det skal dog understreges, at de mekanismer, der styrer Den Nordatlantiske Strøm, er ufuldstændigt forstået, samt at den nuværende computerkapacitet ikke er tilstrækkelig til nøjere undersøgelser.

Regionale forskelle og effekter

Selvom der i alle scenarier forventes en generel opvarmning, vil der blive store regionale forskelle, og de største ændringer vil ske på høje breddegrader. Samtidigt forventes ændringer i nedbørsforholdene. Da varmere luft kan indeholde mere vanddamp, vil den samlede globale nedbør antagelig forøges, men ikke nødvendigvis så meget, at det kan opveje den fordampning, der følger med stigningen i temperatur. Der beregnes generelt forøget nedbør om vinteren og reduktion om sommeren uden for troperne. I troperne er forholdene mere varierede. I de polare egne vil der generelt blive tale om en kraftig stigning i nedbøren, mens subtropiske områder kan blive ramt af en reduktion. Endvidere vil nedbørens intensitet og fordeling på årstider ændres, samtidigt med at mere nedbør falder som regn og mindre som sne. Alt i alt kan det betyde at mulighederne for udnyttelse af vandet reduceres.

En stigning i temperaturen kan påvirke vindsystemerne, og det kan bl.a. betyde, at der vil blive tale om regionale forskelle i vandstandsstigningerne. Hertil kommer, at det i praksis er den lokale, relative vandstand og risiko for ekstreme værdier, der har betydning for virkningerne. I den forbindelse skal det også tages i betragtning, at landmasserne af forskellige grunde bevæger sig i lodret retning.

Globale sikkerhedsaspekter

Klimaændringerne vil have både positive og negative virkninger, men jo større ændringerne er, og jo hurtigere de kommer, jo mere vil de negative virkninger dominere. De vil fortrinsvis ramme tropiske og subtropiske områder, og dermed ulande, der samtidigt har vanskeligt ved at tilpasse sig.

En moderat opvarmning vil næppe gøre livsbetingelserne på Jorden som sådan ringere, men alene de regionale forskydninger kan give alvorlige problemer. Udnyttelsen af vandressourcer giver således allerede nu konflikter mellem byer og bønder og mellem stater langs større floder. Vandressourcens kvalitet og mængde anses af en række internationale organisationer for at være klodens største problem i det 21. århundrede. De fremskrevne klimaændringer kan betyde, at millioner af mennesker bliver tvunget til at flytte fra områder, som ikke længere kan brødføde dem, eller som bliver oversvømmet. Den internationale Organisation for Emigration frygter at antallet af miljøflygtninge kan blive op mod en milliard i år 2100. Det kan medføre konflikter, der vil udløse yderligere flygtninge med afsmitning på hele verdenssamfundet.



Folk flygter ikke alene af politiske årsager, men også bl.a. på grund af et forringet miljø. Ofte er de villige til at sætte livet på spil.

Kilde: http://www.jesuits.ca/justicecr/JrsCda_Ic/JrsCda.html

4 Scenarier for Danmark

Danmarks klima indtil nu

Middeltemperaturen i Danmark er nu i gennemsnit godt 8°C efter at være steget knap 1°C siden 1870. Temperaturen i sommerkvartalet er i middel omkring 16°C og i vinterkvartalet omkring 0,5°C.

Den årlige målte nedbør er nu i gennemsnit omkring 730 mm, og den er dermed steget ca. 90 mm siden 1870'erne. Her er dog væsentlige regionale forskelle. Den største nedbør findes i Sydvestjylland (over 900 mm) og den mindste (godt 500 mm) på de østlige øer. Forskellene skyldes til dels terrænet, hvor der er en klar skillelinie langs hovedstilsandslinien fra den seneste istid.

Vandstanden i de danske farvande er generelt steget de sidste 100 år og især de seneste 30 år. Da Danmark vipper, sker den største relative stigning i den sydvestlige del af landet med omkring 1 mm pr. år.

Dansk klima i fremtiden

Når vi skal vurdere virkningerne af menneskeskabte klimaændringer, er udgangspunktet en antagelse om fremtiden med store usikkerhedsmomenter. Hertil kommer at klimamodellernes opløsning umiddelbart er for grov, når man skal se på mindre områder som fx Danmark.

Globale modelberegninger har kun en opløsningsevne på 3-500 km, men den kan forbedres ved indlejring af detaljerede beskrivelser af regionale områder i de globale resultater. Beregninger af denne type er bl.a. foretaget for Europa og Skandinavien på Danmarks Klimacenter, DMI, hvor man har forudsat middel emissionsscenarioer og vurderet ændringer i Danmarks klima frem mod 2100. Som i tilsvarende andre modelberegninger findes en generel opvarmning på omkring 4°C, der er størst i nordlige områder, om vinteren og om natten. Det betyder, at døgn- og årstidsvariationer generelt bliver mindre.

En analyse af den simulerede nedbør viser tendens til et lidt vådere vinterklima med hyppigere forekomst af kraftig nedbør, specielt om efteråret. For Danmark beregnes en stigning i årlig nedbør på 10% med den største vækst om vinteren (10-40%) og mulighed for et svagt fald om sommeren (10-25%). Alt i alt vil det ikke regne hyppigere, men når det regner vil det regne kraftigere. Således stiger den nedbørsmængde, der falder med en intensitet på over 15 mm/dag med ca. 50%. Det er specielt ved undersøgelser af ekstreme hændelser at regionale modeller er vigtige. Den generelle udvikling er derimod stærkt afhængigt af valget af scenario.

Den øgede nedbør vil have en direkte effekt på afstrømningen til vandløbene. For Danmark beregnes en forøgelse i perioden december-april på omkring 10%. En øget nedbør i Østersøregionen vil endvidere betyde at overfladevandet i Østersøen bliver mere ferskt. Det vanskeliggør en opblanding af bundvandet og forøger dermed risikoen for iltsvind (afsnit 10).

Der er i modelberegningerne fra Danmarks Klimacenter en tendens til lidt større stormaktivitet med hyppigere vinde fra vest, der kan forøge risikoen for stormfloder (afsnit 11).

Der er ikke i disse beregninger bestemt vandstandsstigninger, men på basis af kendte lodrette landbevægelser og en fremskrevet global vandstandsstigning anslås det, at den relative vandstand vil stige omkring 40 cm i løbet af de næste 100 år – mest i den sydvestlige del af Danmark. En forøget hyppighed og styrke af storme kan dog forøge virkningerne væsentligt.

I de efterfølgende afsnit er et sådant scenario brugt som udgangspunkt for effektvurderinger.

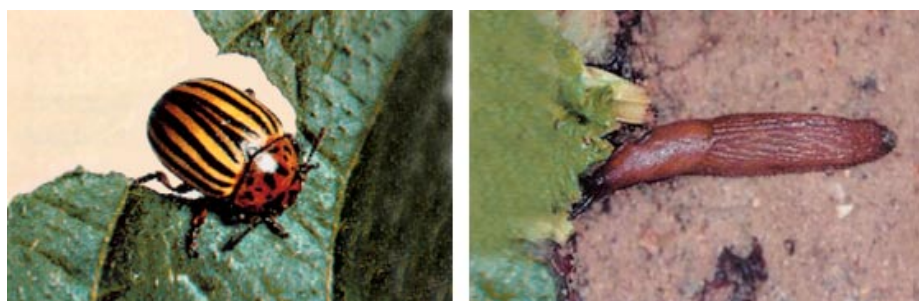
Antager vi en stabilisering af CO₂ koncentrationen svarende til omkring en fordobling, fås en situation som skitseret i figuren side 6. Der er ikke beregnet detaljeret for en sådan situation, men man kan forestille sig en halvering af de ovenfor nævnte klimaændringer frem mod år 2100 samt en stabilisering i løbet af nogle få hundrede år. Reduktionen af vandstandsstigninger vil dog blive væsentlig mindre.

Primære klimaeffekter i Danmark

Groft taget svarer en temperaturstigning på 1°C til at vi rykker 150 km mod ækvator. 4°C svarer derfor til 600 km eller forskellen mellem Danmark og Sydtykland. 2°C svarer til forholdene lidt nord for Berlin. Man må ikke lægge for meget i sådanne kontante sammenligninger, dels fordi bl.a. solhøjden og jordbunden ikke ændres, dels fordi spidsværdier i temperatur, nedbør, vindstyrke og vandstand kan være mere afgørende end gennemsnitsværdier. Det er dog betegnende, at disse områder klimamæssigt ikke afviger drastisk fra Danmark.

Hertil kommer imidlertid, at hastigheden hvormed ændringerne sker er afgørende for planters og dyrs muligheder for tilpasning. Scenariets opvarmning svarer til omkring 5 km om året, hvilket er mere end visse arter kan klare ved naturlig vandring; træarter vandrer således sjældent over 200-400 m om året.

Danmark er centralt placeret i det tempererede skovområde. Derfor er landets natur generelt set ret robust over for klimaændringer. Flere plante- og dyrearter har dog deres udbredelsesgrænse i eller omkring Danmark, og der kan derfor ske tab af nogle arter og indvandring af andre. Det gælder bl.a. skadedyr som coloradobillen, der har sin nordgrænse lige syd for Danmark. Også de senere års masseforekomst af den iberiske skovsnegl ("dræbersneglen") er sat i forbindelse med de senere års milde vintre.



Med Danmarks placering midt i det tempererede skovområde er naturen relativt robust over for klimaændringer. Der kan dog ske indvandring af sydligere arter, der ikke alle vil være lige velkomne. Fx som vist coloradobillen og den iberiske skovsnegl ("dræbersneglen").

Det største problem kan imidlertid være at økosystemernes enkelte arter ikke er lige nær deres udbredelsesgrænse og heller ikke vandrer lige hurtigt. Der er derfor risiko for svækkelse af økosystemer, som kommer ud af balance og dermed får reduceret artsdiversitet.

5 Danmarks vandforsyning

Danske vandressourcer

Vandressourcer er grundlaget for drikkevand samt vandindvinding til industri og landbrug, ligesom det danner et nødvendigt grundlag for både de terrestriske og de akvatiske økosystemer. Alene indvinding og bortledning af vand til husholdninger og erhverv koster årligt over 10 mia. kr. Desuden ofres der betydelige ressourcer på en langsigtet beskyttelse af landets grundvandsressourcer. De samlede nationale udgifter hertil opgøres af Finansministeriet til mere end 4 mia. kr./år i 2000.

Påvirkning af vandressourcerne

De resulterende vandressourcer påvirkes såvel af tilgængeligheden af vand fra naturens side som af forbruget. Med udsigten til varmere og mere tørre somre kan der forventes at komme en øget efterspørgsel efter vand til flere formål.

Husholdningsforbruget vil øges, hvis der ikke indføres restriktioner mod havevanding. Mere alvorligt er det at kombinationen af højere temperaturer og mindre nedbør om sommeren vil skærpe de nuværende interessekonflikter mellem beskyttelse af vandområder og landbrugets behov for markvanding. Det er dog vanskeligt at afgøre, hvordan vandbalancerne i vådområder vil udvikle sig, fordi de påvirkes af vandløbsafstrømning, grundvandstilskud og fordampning, og fordi de enkelte vådområder kan forventes at opføre sig forskelligt betinget af bl.a. lokale geologiske forhold.



Klimaændringer påvirker både vandressourcerne og vandforbruget. Specielle problemer kan opstå i relation til landbruget, der på en gang kan få et øget vandingsbehov og give en øget belastning af grundvandskvaliteten (Foto: Peter Warna – Moors, GEUS).

Påvirkning af grundvandsdannelsen

En permanent klimaændring kan forventes at påvirke arealanvendelsen gennem valg af andre afgrøder og længere vækstsæson (afsnit 6) og herigennem fordampningens størrelse. Ligeledes kan en ændring af nedbørsmønstret i form af øget intensitet forøge afstrømningen og dermed reducere grundvandsdannelsen.

Der er her en afgørende forskel mellem frie grundvandsmagasiner, hvor grundvandsdannelsen styres af nettonedbøren, og artesiske magasiner, hvor grundvandsdannelsen primært afgøres af trykforskelle mellem øvre og nedre magasiner. Generelt er moræneområder med artesiske grundvandsmagasiner, der dominerer i Østdanmark, meget mindre sårbare over for klimaforandringer end sandjordsområder med frie grundvandsmagasiner, der dominerer i Vestdanmark.

Påvirkning af grundvandskvalitet

Lige så vigtig som mængden af grundvand er dets kvalitet. Også her spiller klimaet – om end indirekte – en rolle. I Danmark produceres stort set alt forsyningsvand i drikkevandskvalitet og fra grundvand. Salt (NaCl) i vandet skyldes normalt aflejringer i undergrunden. Kun i få områder som mindre øer (fx Langeland og Samsø) og nær lavtliggende kyster (fx ved Køge Bugt) spiller indtrængning af havvand en betydende rolle. Med et stigende havniveau vil saltvandsindtrængningen blive forstærket og kan forventes at blive begrænsende for vandindvinding lidt flere steder end tilfældet er i dag.

Et væsentligt aspekt ved klimaændringer er deres indflydelse på landbrugsproduktionen (afsnit 6). Det kan medføre ændringer i grundvandets kvalitet i store områder. Udvasningen af nitrat kan eksempelvis forventes øget markant, hvilket vil modvirke de betydelige anstrengelser der i disse år gøres i forbindelse med vandmiljøplanerne.

Planlægning af vandressourcen

Klimaændringer kan således få indflydelse på såvel tilgængeligheden af rent vand som på vandforbruget. Planlægningen af vandressourcerne og de tilhørende milliard-beløb, som samfundet investerer i grundvandsbeskyttelse i disse år, sker med en tidshorisont på adskillige årtier. Set i det perspektiv er det afgørende at effekten af klimaændringer også tages i betragtning. Et godt udgangspunkt for sådanne analyser er en eksisterende national vandressourcemodel, som kan udbygges med indregning af konsekvenserne af klimaændringer.

6 Landbrug

Dansk landbrug indtil nu

I 1999 anvendte dansk landbrug og relaterede aktiviteter (fx gartneri) godt 26.000 km² svarende til to tredjedele af landets areal. Økonomisk udgør den primære landbrugsproduktion kun omkring 2% af bruttonationalproduktet, men - på grund af produktforædling - 18% af eksporten. Siden 1980 er antallet af landbrugsbedrifter mere end halveret (fra 119.155 i 1980 til 57.831 i 1999). Denne udvikling, der også indebærer at bedriftsstørrelsen stiger betydeligt, må forventes at fortsætte i retning af et mere industripræget landbrug.

Selvom udviklingen har betydet et fald i landbrugets betydning for beskæftigelse og samfundsøkonomi, er produktionen steget både i

omfang og i værdi. Det skyldes især en forventet fortsat voksende svineproduktionen (1,5% årligt).

Mælkeproduktionens størrelse er bestemt af EU's markedsordninger og ligger nogenlunde konstant. Da produktiviteten pr. dyr er stadig stigende, betyder dette et fald i kvægbestanden på ca. 1,8% årligt. Det samlede landbrugsareal reduceres med ca. 0,3%pr.år. I løbet af 1990'erne er interessen for økologisk jordbrug steget betydeligt, men det udgjorde i 1999 dog kun 2,2% af det dyrkede areal. De forventede klimaændringer forventes ikke umiddelbart at ville påvirke disse udviklingstendenser.

Tilpasningsmuligheder

Dansk landbrug har formentlig stor tilpasningsevne inden for den nuværende bedriftsstruktur, og de umiddelbare virkninger for erhvervet forventes at blive fordelagtige. Ændringer i sorts- og artsvalg samt dyrkningspraksis kan gennemføres med kort varsel, og produktionspotentialet forventes at vokse med voksende temperatur og CO₂-koncentration. For hvede således med ca. 20% frem mod 2050 alene som følge af stigningen i CO₂-koncentration.

Den konstaterede opvarmning har dog endnu ikke haft signifikante virkninger. Ganske vist har man set et skift i produktion af grovfoder i retning af majs, men det kan bl.a. være affødt af fremkomsten af sorter, der er mere egnede til et køligere klima.



Foderroer benyttes til vinterfodring i kvægholdet. Arealet med foderroer udgør dog en stadig mindre del af grovfoderarealet på danske malkekvægbrug. Til gengæld er arealet med majs til foder stigende. Majs høstes i oktober- november og lagres som ensilage. Majs kræver betydeligt mere varme end foderroer, og majsarealet kan derfor få stigende relativ betydning i et varmere klima (Foto: Margrethe Askegaard, Forskningscenter Foulum).

Sekundære effekter

Hvis væksten i potentialet for planteproduktion skal udnyttes med uændret plantekvalitet, vil det imidlertid føre til behov for øget anvendelse af kvælstofgødning. En stigende temperatur og fugtighed må også forventes at ville føre til stigende problemer med skadevoldere (svampe og insekter), og dermed til øget behov for anvendelse af bekæmpelsesmidler.

Forøget nedbør og et generelt fugtigere vejr om efteråret vil kunne give problemer med at høste korn med tilstrækkeligt lavt vandind-

hold samt øge risikoen for dannelse af mykotoxiner i kornet. På den anden side vil højere temperaturer fremskynde høsttidspunktet, således at høsten i de fleste kornafgøder formentlig vil ligge før de fugtige efterårsmåneder. I 2002 startede høsten af vinterbyg allerede i midten af juli.

De problemer der kan opstå vil derfor hovedsageligt være knyttet til landbrugets påvirkning på miljøet. De er således sekundære, men muligvis ganske alvorlige i form af øget risiko for udvaskning af kvælstof og øget forbrug af pesticider. Selvom en større afstrømning om vinteren kan medføre øget udvaskning af næringssalte fra dyrkede arealer, kan tendensen dog mindskes, hvis vintrene bliver så milde, at det bliver muligt at holde jorden dækket med en afgrøde, der kan optage næringssalte i en større del af vinterperioden. Om foråret er temperaturen stadig en væksthæmmende faktor, mens den lave solhøjde om efteråret betyder standsning i væksten inden temperaturen kommer under den kritiske grænse. På den anden side vil højere temperaturer i vintermånederne stimulere omsætningen af kvælstof og dermed øge mængden af nitrat, der frigøres i jorden.

Den nuværende regulering af landbrugets driftsmetoder er på mange områder en detailregulering. Der vil i lyset af forventede klimaændringer blive et behov for enten at indføre mere fleksible reguleringsmetoder eller at sikre en løbende revision af reguleringen.

Relationerne til udlandet

Dansk landbrug eksporterer en stor del af sin produktion (80% af kød, ost og smør), og erhvervet er derfor meget følsomt over for udviklingen i den øvrige verden. Som tidligere antydnet (afsnit 3) forventes det ikke, at den samlede globale produktion af fødevarer vil blive påvirket væsentligt af klimaændringer, men regionalt kan der ske betydelige ændringer med de mest negative effekter i de områder, som er mest følsomme over for tørke. I Europa vil der ske en forskydning af produktionen fra syd mod nord med de mest negative konsekvenser i Middelhavslandene og i Sydøsteuropa, og de mest gunstige i Nordvesteuropa. Det vil alt andet lige forstærke den nuværende tendens til intensivering af landbrugsproduktionen i Nordvesteuropa og ekstensivering i Syd- og Sydøsteuropa.

Klimaændringerne må derfor forventes at ville aftvinge ændringer i EU's landbrugspolitik. Dette er især en konsekvens af stivhed i markedsordningerne herunder bl.a. faste mælkekvoter for de enkelte medlemslande.

Arealanvendelse

Umiddelbart har landbruget gode muligheder for selv at tilpasse sig klimaændringer i form af justering af driftsmetoderne. På kort sigt (10-20 år) er der dog behov for at justere de virkemidler, der benyttes i såvel landbrugspolitikken som i miljøpolitikken for at sikre et bæredygtigt jordbrug. På længere sigt (50-100 år) vil der fortsat være behov for en afvejning af arealanvendelsen i Danmark, hvor et ønske om større produktion i sig selv vil føre til en skærpet konflikt mellem landbrugs- og naturhensyn. Det kan føre til strukturelle ændringer i landbruget, herunder i balancen mellem plante- og husdyrbrug. Grundlaget for vurdering af disse forhold er dog endnu meget spinkelt, da der ikke har været gennemført selvstændige danske undersøgelser på området.

Landbruget som kilde til drivhusgasser

Udtrykt i CO₂-ækvivalenter bidrager landbruget, især i kraft af metan fra dyrehold og lattergas fra anvendelse af kvælstofgødning, med ca. 18% af det samlede danske udslip af drivhusgasser. Hertil kommer landbrugets indirekte bidrag gennem energiforbrug, transport, fremstilling af kunstgødning m.m. Mulige ændringer i jordens kulstofindhold kan endvidere virke som lager for - eller som kilde til - CO₂. Især dyrkede organiske jorde (fx tidligere moseområder og engarealer) kan være en kilde.

Udledningen af drivhusgasser fra landbruget er faldet ca. 15% igennem de seneste ti år. Det skyldes især en reduktion af forbruget af kvælstofgødning som følge af Vandmiljøplanerne, og en større effektivitet i kvægholdet. Tendensen til faldende udslip forventes at fortsætte frem til år 2003, hvor Vandmiljøplan II er fuldt implementeret.

Hvis klimaændringer fører til større anvendelse af kvælstofgødning, kan resultatet blive større udslip af lattergas. Landbruget har dog betydelige yderligere muligheder for at reducere udslippene af drivhusgasser, bl.a. gennem bioforgasning af gyllen, dyrkning af energi-afgrøder og reduktion af intensiteten i jordbearbejdningen.

Vi ved endnu for lidt om de indirekte virkninger af klimaændringer gennem disse faktorer. Det er heller ikke afklaret, i hvilket omfang en ændret praksis vil påvirke landbrugets udsendelse af drivhusgasser.

7 Skovbrug

De danske skove

Skove har både rekreative og produktionsmæssige formål. Desuden har de en vigtig funktion ved sikring af grundvandsressourcen og den biologiske mangfoldighed. Danmarks skovareal er i øjeblikket godt 400.000 ha eller kun lidt over 10% af landets areal, men det planlægges fordoblet i løbet af de næste 100 år. Den resulterende kulstofbinding afhænger af træarter, klima, jordbund m.m., men det skønnes, at der samlet vil blive bundet 300 mio. tons CO₂. I de 100 til 150 år det tager, indtil skoven er fuldt udvokset, vil der således årligt kunne bindes mellem 3 og 5 % af Danmarks nuværende årlige udslip på 60 mio. tons CO₂. Hertil kommer, at en øget atmosfærisk CO₂ koncentration og temperatur i sig selv kan føre til øget binding af CO₂ via øget vækst. Hvis hyppigheden og styrken af storme øges, vil det øgede stormfald dog mindske de mulige fordele.

Direkte klimaeffekter

Dansk skovbrug er domineret af lange produktionstider bestemt af rotationsalderen af træer på mellem 50 og 180 år. Derfor udgør mulige klimaændringer på en gang en trussel og en udfordring for skovbruget. De træer og skove, vi planter i dag, må også kunne vokse og være stabile i det 22. århundredes klima. Langsigtet planlægning baseret på de mest egnede arter og genotyper i en optimal skovstruktur er følgelig nødvendig. En undtagelse herfra er dog den kortsigtede, eksportprægede produktion af juletræer og pyntegran, der har stor økonomisk betydning.

Danske felt- og drivhusstudier har vist, at de fremskrevne klimaændringer generelt vil fremme trævækst, i særdeleshed for de arter, der

har deres nordlige udbredelsesgrænse i Sydsandinavien. En faldende mængde nedbør om sommeren vil dog kunne begrænse fordelene. Den eneste træart, der med rimelig sikkerhed forventes at vise tilbagegang er rødgran (*Picea abies*) der med 40% af skovarealet pt. er Danmarks mest udbredte skovtræ. Allerede nu har den vist tegn på svækkelse med bl.a. nåletab – således sidst i 1989 til 1991. Det har tidligere været tilskrevet forsuring ("skovdød"), men en medvirkende årsag til de seneste svækkelser kan have været for høje vintertemperaturer i kombination med andre stressfaktorer.

Stormskader og skovbrande

Ændringer i stormmønstrene er en særlig usikkerhedsfaktor for skovene. Storme udgør under de herskende klimaforhold allerede den største trussel mod skovene, og selv små ændringer i hyppighed og styrke kan fremover få alvorlige konsekvenser. Det er specielt nåltræer i monokultur, der er udsatte for stormfald.

Skovbrande, der i sydligere lande vil blive hyppigere, vil næppe blive et større problem i Danmark. En reduceret nedbør kan måske øge brandrisikoen om sommeren, men generelt vil vådere klima kompensere for højere temperaturer.



Skovbruget er karakteriseret ved langsigtet omdrift. Mange af de træer man planter i dag skal passe til et klima om måske 100 år. Vores vigtigste nyttetræ, rødgran, har det allerede nu for varmt om vinteren. Det er derfor ikke velegnet og bør fases ud. Billedet viser en dansk rødgranplantage med væltede træer efter orkanen i december 1999. (Foto: Bruno Bilde Jørgensen, KVL).

Danske skove i fremtiden

De danske skove, der for det meste er dyrkede i monokulturer med en stor andel af nåltræer - herunder den særligt klimafølsomme rødgran - er således ikke særligt godt rustede til at imødegå de forventede klimatiske ændringer.

Skovbruget har derfor specielt taget fat på udviklingen af strategier til sikring af skovens robusthed. Dette arbejde er foreløbigt kulmineret i udarbejdelsen af nationale retningslinier for bæredygtig skovdrift. Disse retningslinier bygger på principperne for såkaldt "naturnær skovdrift". En skov i naturnær drift vil typisk bestå af en blanding af flere træarter i forskellige aldre. Sådanne skove vil ikke blot være mere fleksible og robuste overfor ændringer i klima, de vil også i højere grad tage hensyn til skovens naturindhold – herunder biodiversiteten.

En omlægning af skovdriften efter naturnære principper er dog en meget langsigtet affære, der skønsmæssigt kan strække sig over 50-100 år. Omlægningsfasen kan - afhængigt af udgangspunktet - være forbundet med forøgede omkostninger og dermed dårligere driftsøkonomi.

8 Naturnære terrestriske økosystemer

Det danske naturareal dækker kun ca. en tiendedel af landets areal. Størstedelen er stærkt præget af kulturpåvirkning og består af halvkulturer som græsningsområder, enge og overdrev, hvoraf nogle er foreslået at skulle indgå i naturparker. Et typisk eksempel er Mols Bjerge. Kun få % af naturarealet henligger i uberørt tilstand.

*Virksomheder af
klimaændringer*

Et varmere klima vil betyde, at arter vil indvandre sydfra, men det er et voksende problem, at naturens evne til at tilpasse sig forringes af den omfattende fragmentering af landskabet, der sker gennem bydannelser, anlæg af motorveje m.m. En naturlig tilpasning bør lettes med spredningskorridorer og faunapassager i form af levende hegn, enge og ådale.

Man skal på den anden side være varsom med direkte plantning eller udsætning af nye arter, der kan vise sig at være invasive. Det er i den forbindelse en fordel at det er foreslået, at 80% af ny skov ikke skal plantes direkte, men opstå ved naturlig dynamik.

Sikring af artsdiversitet kan ske i halvnatur ved justering af græsningsstrykket. En samtænkning af halvnaturpleje og dyrehold kan være nødvendig for at der kan komme økonomi i dyrehold, fx med får eller stude.

Der bør etableres løbende monitoring evt. permanente prøveflader til registrering af artssammensætning og vitalitet.

*Virksomheder af
vandstandsstigninger*

En væsentlig del af den uberørte danske natur ligger langs kysterne bl.a. i form af marskområder, strandenge og klitheder. De kan blive klemte eller vil helt forsvinde ved en stigning i vandstanden. Hvis denne natur skal bevares må den sikres både plads og dynamik. Hvis der er lavtliggende landområder bag kystlinjen, kan man lade naturen rykke tilbage (afsnit 11). Men er der stejle kystskrænter er dette ikke muligt. For tiden sker der en opgivelse af marginale jorder, men tendensen kan vende, hvis landbrugsproduktionen ønskes forøget.

Danmark er ifølge Habitatdirektivet og EF-direktivet om fuglebeskyttelse forpligtet til at udpege områder med stor biodiversitet, sjældne arter og stor tæthed af fugle. Udpegningen sker på basis af nogle specifikke arter, som man efterfølgende er forpligtet til at sikre gode forhold. Ved en stigning i havspejlet vil flere lavvandede områder blive ændret og hermed fx blive for dybe til at fuglene kan søge føde. Der skal i så fald udpeges alternative områder. Samtidigt må man forudse, at der bliver flere markskader fra ænder og gæs som æder afgrøder. Det kan formindskes ved, at man udpeger alternative arealer (evt. tidligere lavtliggende marker) til reservater for fuglene.



Meget lidt af det danske areal henligger som uberørt natur og en væsentlig del heraf findes langs kysterne herunder vadehavsområderne. Med en stigning i vandstanden kan lavtliggende områder, der er underlagt EF-fuglebeskyttelsesdirektivet, blive klemt eller helt forsvinde. Her ligger en konflikt mellem aktiv kystbeskyttelse og fortsat udvikling af en naturlig kystlinie med tilhørende økosystemer. (Foto: John Frikke, DMU)

Den generelle holdning

Selvom Wilhjelmrapporten kun perifert berører klimaproblematikken er en række af dens anbefalinger om "En rig natur i et rigt samfund" relevante ved at sigte mod en robust natur gennem etablering af større sammenhængende naturområder forbundet med brede korridorer samt naturovervågning og planlægning af naturkvalitet.

I visse tilfælde er en indgriben dog umulig. Fx har det vist sig, at ændringer i vindklimaet kan medføre ændrede trækruter for ænder og gæs. Det betyder, at vi i alle tilfælde kan få besvær med at bevare de bestande vi kender i dag. Generelt bør man derfor se i øjnene at den hidtidige naturbeskyttelse, der i mange henseender har været orienteret i retning af bevaring, må erstattes med en hjælp til udvikling tilpasset et klima i forandring, selvom det kan betyde nye arter og naturtyper. En nøglekompetence kan her kaldes "Naturforandringsrådgivning".

9 Ferskvandsøkosystemer

Danmark har ca. 120.000 søer og damme med et areal på mere end 100 m² og dermed efter Naturbeskyttelsesloven beskyttet mod ændringer. Tilsvarende er der ca. 64.000 km vandløb i Danmark. Heraf er 48.000 km dog små vandløb med en bredde på mindre end 2,5 m.

Naturkvaliteten i vandløb og søer i de områder, hvor klimaet er lidt varmere eller nedbørsmængde og -fordeling er lidt anderledes end i

Danmark, opfattes normalt ikke som dårligere eller markant anderledes. Derfor er der heller ikke grund til umiddelbart at forvente drastiske forringelser af de naturbetingede kvaliteter i de ferske vande. Derimod kan de kulturpåvirkninger, som vi udsætter vore ferske vande for, forstærkes. Det skyldes enten at der kommer en ny stressfaktor ud over de eksisterende, eller at kulturpåvirkningen øges.

Reduktion i artsdiversiteten

Begrænsede indvandringmuligheder begrænser tilpasning. Plante- og dyrelivet i de ferske vande kan derfor blive fattigere, måske ikke så meget fordi de generelle livsmuligheder bliver dårligere, men fordi nogle organismer ikke kan klare sig i konkurrencen under de ændrede klimatiske vilkår. Risikoen forstærkes af andre påvirkninger som fx eutrofiering eller udjævning af de forskelligartede fysiske forhold i vandløb. Der vil ganske vist være andre arter som kan udfylde de ledige nicher i økosystemerne, men indvandringen af nye ferskvandsarter hæmmes af, at den skal ske gennem luften, over land eller gennem havet. Det vil i en lang periode efter en klimaændring kunne medføre et fattigere dyre- og planteliv.

Mulige konkrete klimaeffekter

De økologiske ændringer kan naturligvis blot tages til efterretning, men vi bør overveje, om det er muligt – og ønskværdigt – at modvirke nogle af dem. For eksempel vil vandløbenes form skulle tilpasse sig det ændrede hydrologiske regime. Det vil ske ved en øget erosion i bund og brinker med en større sandtransport til følge. De forventede større flomme i vandløb vil også få konsekvenser for afvandingsforhold og frekvens af oversvømmelser mv.

Kombinationen af mindre sommervandføringer i vandløb (eventuel udtørring) og større maxima om vinteren vil også påvirke plante- og dyresamfundet i vandløb. En øget variation i vandføringen over året vil gøre vandløbene mere ustabile, end de er i dag, og antallet af egnede habitater for planter, smådyr og fisk vil reduceres både om sommeren og vinteren. Det kan forventes, at kanaliserede vandløb vil blive stærkest påvirket, fordi strømningshastigheden ændres mest, samtidig med at der mangler groft substrat og lignende strukturer, som kunne være refugier for smådyr og fisk.

Eksempler på indsats mod klimaændringer

En konkret indsats mod højere vandtemperaturer i vandløb kan være en større beskygning end i dag. Det kan ske både passivt ved at undlade at fjerne urter og stauder langs små vandløb og aktivt ved at plante elle- eller piletræer langs større vandløb.

En mulig foranstaltning, der kan modvirke eller dæmpe effekten af klimaforandringer, er allerede nu at tillade et større samspil mellem vandløb og ådal. Ådalen er en naturlig buffer i landskabet for både vand og stof og kan dermed medvirke til at forhindre/dæmpe oversvømmelser længere nedstrøms i systemerne, hvor mange af vore byer ofte ligger. Det vil selvfølgelig koste dyrkningen i ådalene, hvor vi må nøjes med afgræsning og høslæt. Det omvendte scenario vil være en fortsat intensiv brug af ådalene, der kræver en yderligere dræning af jordene i form af dybere nedskårne vandløb, kraftigere vedligeholdelse af vandløb mv. Det vil både koste resurser og være ødelæggende for de økologiske forhold.

Formindsket afstrømning gennem vandløb om sommeren kan nødvendiggøre en revision af den planlagte anvendelse af vand inden for et opland. Måske skal vandindvinding reduceres, eller der skal tilføres grundvand i særligt tørre perioder, for at vandløbsmålsætninger kan opfyldes.



Natur- og miljøforhold i et vandløb påvirkes af de menneskelige aktiviteter i oplandet, først og fremmest af vandløbsregulering og vedligeholdelse, spildevandsudledning og dyrkning af jorden. Klimaændringer kan yderligere forringe miljøforholdene. Konsekvenserne kan modvirkes ved at mindske de øvrige påvirkninger og derved holde den samlede påvirkning nede. En mulighed er at gengive vandløbene deres naturlige fysiske forløb. Fotografiet viser Skjern Å's nedre del under restaureringen i 1999-2002 (Foto: Skov- og Naturstyrelsen).

Eutrofieringsproblemer i søer vil forværres

Med øget nedbør vil søerne få tilført flere næringsstoffer. I næringsrige søer, som i dag er den mest udbredte søtype, kan der derfor forventes en øget algevækst i søvandet, herunder specielt blågrønner om sommeren. Dette i forbindelse med højere temperaturer vil favorisere flere arter af karpfisk på bekostning af blandt andet rovfisk som aborre og ørred. Herved øges algebegroningen yderligere, bl.a. med algebegroninger på undervandsplanter, der således får ringere vilkår. Resultatet er en ringere biologisk mangfoldighed. Samtidig vil der blive større risiko for iltvind om sommeren – både i søer og damme.

I disse år forsøges det at reducere næringsstofftilførslen til søerne for at forbedre deres miljøtilstand. En klimaændring må antages at modvirke effekten af disse tiltag og dermed forsinke eller helt forhindre den forventede forbedring i vandkvaliteten. Der kan derfor blive behov for yderligere tiltag over for tilførslen af næringsstof.

I søer, som er mindre næringsrige og har dominans af undervandsplanter, er der en risiko for, at de tipper over til den uklare tilstand med masseforekomst af alger. En karakteristisk søtype som lobeliesøer, kan derfor få sværere betingelser.

Konsekvenser af en indsats mod CO₂-udslip

Indsats mod emissioner af CO₂ til atmosfæren kan i visse tilfælde indirekte føre til øget vandforurening. Som eksempel kan nævnes, at en landbrugsmæssig dyrkning af afgrøder til biobrændsel vil medføre, at der fra disse arealer sker en dyrkningsbetinget udvaskning af næringsalte til grundvand og overfladevand. Uden dyrkning på disse arealer ville denne forurening ikke finde sted, og arealerne ville måske i stedet være eller kunne udvikle sig til værdifulde naturområder.

10 Havmiljø og fiskeri

Havmiljøet omkring Danmark er en vigtig økologisk, økonomisk og social ressource. Den er en forudsætning for den samlede danske fiskerisektor (eksklusiv akvakultur) i et omfang svarende til ca. en halv procent af Danmarks BNP og beskæftigelse.

Fiskerisektoren er afhængig af en vild ressource (dvs. naturlige populationer af fisk, samt velfungerende marine økosystemer) som grundlag for levering af råvarer. Forekomsten af denne ressource varierer især på grund af fiskeri, men også på grund af klimatiske og andre miljøfaktorer, som påvirker produktionen og fordelingen af fisk i de farvande, som udnyttes af danske fiskere.

Primære klimavirkninger

De forventede klimaændringer i Nordeuropa vil betyde generelt højere vandtemperaturer og - i Østersøen og Kattegat - faldende saltholdighed med stærkere lagdeling. Desuden kan der ske større udvaskning af kvælstof til vandmiljøet samt forøget tilførsel af ammoniak fra luften. Alt i alt vil det forøge de problemer, vi allerede kender i dag med opblomstring af alger og efterfølgende iltsvind.

Denne påvirkning af det biologiske grundlag for fiskeproduktion vil få markante virkninger. Specielt er biologisk produktion og artsfordelinger ved lavere led i fødekæden (fx plante- og dyreplankton) følsomme over for ændringer i havstrømme, og nogle ændringer er allerede undervejs. Koblingen mellem forskellige niveauer (fx rovdyrbyttedyr effekter) vil ændre sig og må forventes at tilpasse sig de nye klimatiske og hydrografiske forhold.

De klima-betingede ændringer i akvatiske fødenet ved lavere trofiske niveauer vil videreføres op igennem fødekæden til fisk og havpattedyr. Disse ændringer kan have lige så stor effekt på en bestemt fiskeart som de direkte effekter af nye hydrografiske forhold (fx vandtemperatur og saltholdighed) vil have på fiskens biologi. Desværre er den økologiske betydning af klimaændringers virkning på akvatiske fødenet og fiskeproduktion endnu ikke tilfredsstillende forstået.

Tilpasningsmuligheder

Fiskearternes udbredelsesområder vil forandres på grund af ændringer i overlevelse, vækst og reproduktion for lokale bestande samt ændringer i vandringsmønstre. Generelt forventes det, at varmere havvand vil være fordelagtigt for fiskearter, som har deres nordlige udbredelsesgrænse tæt på Danmark. Hvis disse arter har en anden økonomisk værdi end de arter, som danner grundlaget for nutidens danske fiskeri, vil det uundgåeligt påvirke fiskerierhvervets udbytte.

Det vil kræve, at fiskerisektoren tilpasser ikke alene fiskeriet, men også forædlings- og markedsføringsmetoderne til arter, som ikke traditionelt har været almindelige i danske farvande i de senere år. Disse ændringer skal indgå som en del af en bredere strategi, der har til formål at tilpasse hele den danske og europæiske fiskerikapacitet til niveauer, som sikrer en langsigtet bæredygtig udnyttelse af biologiske ressourcer og akvatiske økosystemer.

Hvis Danmark fx skal erstatte fiskeriet af torsk, der i dag udgør 20% af eksporten af hel saltvandsfisk, med fiskeri efter andre arter (fx

tyklæbet multe, der i de senere år er begyndt at yngle i danske farvande), kræver det en omstilling i den danske fiskerflåde samt en ændring af dansk madkultur i retning af større mangfoldighed af fiskeretter.



Ændringer i klimaet vil medføre ændringer i udbuddet af fisk og påvirke vores madkultur (Foto: Brian MacKenzie, DFU).

En strukturel tilpasning af den danske fiskerisektor til et ændret råvaregrundlag er betinget af fleksibilitet - såvel i forhold til regelgrundlaget for fiskeriet, som i forhold til de ændrede markedsmaessige forhold af lokal og global karakter. Umiddelbart er sektorens internationale orientering (ca. 90% af produktion afsættes til eksport og en stor del af råvaregrundlaget er importeret) et godt grundlag for fleksibilitet i forhold til justeringer på markedssiden. Her kan et ændret råvaregrundlag fortsat forventes at omfatte arter og produkter, der allerede indgår i det eksisterende verdensmarked for fisk. En tilpasning af fiskeriet til et ændret fangstgrundlag vil udover ændringer af regelgrundlaget (nye kvoter) være betinget af mulighederne for justeringer af det tekniske grundlag for fiskeri.

11 Kystlinien

De danske kyster

Den danske kystlinje har konstant ændret sig med relative landsænkninger og landhævninger siden afslutningen af den seneste istid for 10.000 år siden. Resultatet er blevet et lavtliggende land med mange øer og meget varierende kystlandskaber. Kystlinien er relativt lang, ca. 7400 km for et areal på 42.000 km². 80% af en befolkningen bor i byområder med forbindelse til kysten, og en stor del af Danmarks turistaktivitet er knyttet til kystzonen. De sårbare områder er i det væsentlige lavtliggende, inddæmmede arealer, hævet havbund og marskområder. I disse områder ligger i alt 60-70.000 ejendomme.

Effekter af vandstandsstigninger

Erosion er typisk for danske kyster med årlige tilbagerykninger fra 0-0,1 m på mindre udsatte indre kyster til 1-2 m på den udsatte jyske vestkyst. Hvis der ikke foretages yderligere beskyttelse vil en vand-

standsstigning af størrelsesordenen 0,5 m i løbet af 100 år resultere i en yderligere tilbagerykning på 25-150 m afhængigt af kystens karakter.

De alvorligste virkninger vil imidlertid ikke blot skyldes stigningen i vandstand som sådan, men også en større hyppighed af ekstreme vandstande - specielt stormfloder og exceptionelt høje bølger. Hyppigheden af stormfloder vil måske stige en faktor 5 på Jyllands vestkyst.

Stormfloder optræder dog ikke kun ved Vestkysten. Historisk har der været omfattende stormfloder ved de danske Østersøkyster og i Øresund. Her vil de samfundsmæssige omkostninger kunne blive betydelige ved en forøget størrelse og hyppighed.



En generel vandspejlsstigning vil ikke blot medføre forøget risiko for oversvømmelse af lavtliggende områder. Den vil også betyde en forøget kysterosion og en tilbagerykning af kysten, hvorved det allerede aktuelle problem med manglende strand foran strandbeskyttelser vil blive voldsomt forøget. På strækninger med eksisterende kystsikring, kan stranden forsvinde, og der opstår risiko for underminering af beskyttelsen, ligesom passage langs stranden ikke længere vil være mulig. Øresundskysten langs Strandvejen nord for København (Foto: Kystdirektoratet).

Kystbeskyttelse

De første klitfredningslove kom i 1700-tallet. En kystbeskyttelseszone på 100 m fra 1937 er nu af miljøhensyn udvidet til 300 m. Det vil samtidigt begrænse risikoen for materielle skader ved en eventuel vandstandsstigning.

Omkring 1800 km af kystlinien (25%) er nu beskyttet mod enten oversvømmelse eller erosion, heraf 700 km med faste anlæg. I flere tilfælde er kystbeskyttelsen med diger dog opgivet igen af miljømæssige grunde eller som led i braklægning. En medvirkende årsag er at landindvinding og lignende aktiviteter ikke har været nogen ubetinget succes. Der er således tabt 14% af den naturlige kystlinie og 180 af

1100 øer, samtidigt med at arealet af salte strandenge er blevet reduceret. I flere tilfælde har værdien af den indvundne landbrugsjord ikke kunnet stå mål med udgifterne til investering og vedligeholdelse.

Bløde tekniske løsninger, specielt kystfodring, anvendes i stigende omfang. Siden 1970'erne er kystfodringen på Jyllands vestkyst således steget en faktor 25.

Samfundsmæssige omkostninger

Omkostningerne ved skader som følge af stormflod er vanskelige at afgrænse, fordi de omfatter både direkte skader og indirekte skader i form af fx produktionstab. Stormflodsforsikringen, der kun dækker direkte oversvømmelsesskader, har de sidste 10 år, hvor der ikke har været tab af liv, udbetalt 100 mio.kr. Det skal dog bemærkes, at hvis orkanen i december 1999 havde kulmineret ved højvande i Vadehavet, kunne regnestykket have set helt anderledes ud.

Det er heller ikke muligt at opgøre de samlede danske udgifter til kystbeskyttelse, da en del - fortrinsvis i de indre farvande - foregår i privat regi. Hovedindsatsen ligger imidlertid på den jyske vestkyst og i Vadehavet.

Vestkysten

For den jyske vestkyst er det anslået, at løbende vedligeholdelse i det store og hele kan holde trit med de forventede vandstandsstigninger. Kystdirektoratet har vurderet at compensation med kystfodring for en forøget erosion på 120 km af Jyllands vestkyst (fra Lodbjerg til Nymindegab) i givet fald vil medføre en merudgift på ca. 80 mio. kr. pr. cm vandstandsstigning. En stigning på 0,5 m vil koste ca. 33 mio. kr. pr. løbende km. Over en 100-årig periode svarer det til ca. 0,3 mio. kr./år pr. km. Svarer det til at udgiften til kystfodring stiger 50% i forhold til i dag.

Til sammenligning er det i en nylig undersøgelse anslået at de europæiske fællesskaber har ca. 33.000 km udsat kystlinie, og at en stigning i vandstanden på 0,5 m uden yderligere beskyttelse vil betyde tab af ca. 2000 km² fastland og ca. 1600 km² vådområder. Det økonomiske tab afhænger af modelantagelser og er ikke klart defineret. Størrelsesordenen er dog 1 mio. kr./år pr. km udsat kystlinie.

Vadehavet

Helt specielle forhold gør sig gældende i Vadehavet. Det er det største sammenhængende, tidevandspåvirkede lavvandsområde i Europa og strækker sig over 500 km kystlinie med en største bredde på 37 km gennem Holland, Tyskland og Danmark. Den danske del af Vadehavet udgør omkring 700 km² med en nord-syd udstrækning på ca. 80 km. Mod Nordsøen er Vadehavet afgrænset af omkring 20 øer, halvøer og sandbanker. De lavtliggende arealer er beskyttet mod oversvømmelse af diger langs Vadehavskysten.

Gennem ebbe og flod sker der en konstant omlejring af materiale. Akkumulationen varierer fra omkring 0,5 cm/år på de ydre barrierer til over 2,5 cm/år på enkelte marskområder. Det betyder at aflejringen hidtil har kunnet holde trit med stigningen i vandstand. I en nylig rapport fra Det Trilaterale Vadehavssamarbejde skønnes det, at dette fortsat vil være tilfældet, selv ved en moderat accelereret stigning på 25 cm over 50 år, svarende til et centralt klimascenario (afsnit 3 og 4).

De nuværende danske udgifter til kystbeskyttelse i form af især digebeskyttelse i området vil dog blive forøget. Meget groft kan det skønnes, at hvis sikkerhedsniveauet skal opretholdes for en vandstandsstigning på 25 cm over 50 år, vil en forstærkning og vedligeholdelse koste 3-5 mio. kr. om året. Til sammenligning er de rene vedligeholdelsesudgifter nu omkring 1,4 mio. kr. om året.

Da Vadehavet er hjemsted for unikke økosystemer, herunder føde- og yngleplads for en række vadefugle er beskyttelsespolitikken tæt knyttet til spørgsmålet om naturbeskyttelse. Her er den generelle holdning, at der anbefales en videreudvikling af interdisciplinære retningslinjer for kystbeskyttelsespolitikken, som i højere grad sam-tænker kystbeskyttelses- og miljøinteresser (jf. afsnit 8).

Information og planlægning

Danske myndigheder har i en årrække drevet et stormflodsvarslings- og nødberedskab, men en direkte planlægning for vandstandsstigninger ud over den hidtidige (sekulære) stigning er endnu ikke foretaget.

Da det formodes at vandstandsstigningerne vil komme langsomt, er det holdningen at følge udviklingen og først handle, når signalet er utvetydigt. Denne policy vil blive baseret på 5-årige opdateringer af en eksisterende aftale om beskyttelse af Nordsøkysterne samt løbende overvågning af det relative havspejl.

12 Infrastruktur, produktion og forbrug

Kystnær infrastruktur

Ligesom ved kystbeskyttelse har der ved anlæg af kystnære infrastruktur generelt været tale om en "vent og se"-holdning. Økonomiske vurderinger har været uofficielle eller har helt manglet. Det er derfor nødvendigt at lokale myndigheder bevidstgøres om problemerne ved anlæg af havne, dokanlæg, mindre broer mm.

Ved projekteringen af de store danske infrastrukturprojekter: de faste forbindelser over Storebælt og Øresund samt Metroprojektet og Ørestaden i København har man dog medtaget forventede 100 års vandstandsstigninger i projekteringsgrundlaget.

Især for Metroen (COWI) og Ørestaden (Rambøll) er der foretaget meget omfattende baggrundsstudier for at fastslå det maximale højvande i de kommende 100 år. Heri indgår en statistisk maximal stormflodssituation med tillæg af et centralt skøn for de klimabetingede vandstandsstigninger (0,48 m) og fradrag af den forventede landhævning i Københavnsområdet (0,13 m) i samme periode.

Tilsvarende er foretaget studier af konsekvenserne af de forventelige højere regnintensiteter i fremtiden i forhold til placering og udformning af åbningerne til Metrosystemet.

Konklusionerne af disse undersøgelser har for Metrosystemet bl.a. betydet at alle op/nedgange, ventilationsåbninger etc. ligger mindst 2,20 m over daglig vande. Dette har for undergrundsstationer og nødskakter på Christianshavn og Amager gjort det nødvendigt at

hæve åbningerne og de omgivende pladsarealer til typisk 0,3 m over det oprindelige niveau. Endvidere tager opdriftberegninger på fundamenter og konstruktioner under grundvandsspejlet højde for den forventede fremtidige vandstand.



Ved projekteringen af nogle få store infrastrukturprojekter som Ørestaden og Metroen har man taget hensyn til forventede vandstandsstigninger. For Lergravsparken Metrostation og andre undergrundsstationer på Amager er konstruktionerne således hævet omkring 30 cm. over det oprindelige gadeniveau for at sikre mod fremtidige oversvømmelser. Dette vil ikke være synligt ved de færdige stationer, hvor også de omgivende arealer vil være hævet (Foto: Ørestadsselskabet I/S).

Ørestad anlægges på Amager på et område som indtil for ca. 60 år siden var strand og strandenge ved Amagers tidligere vestkyst. Det beskyttes nu af det ca. 12 km lange Kalveboddiget. Derfor er det oprindelige terræn i Ørestad relativt lavt beliggende med typiske koter i intervallet 0,5 - 1,5 m. Kalveboddiget er således bl.a. med til at sikre Ørestad, motorvej og jernbane til Sverige samt de store fredede arealer på Kalvebod Fælled mod oversvømmelse. I de risikovurderinger der er foretaget for at vurdere sandsynligheden for af Kalveboddiget i tilfælde af stormflod overskyldes, gennembrydes eller på anden måde passerer er der ligeledes taget højde for de ovenfor nævnte vandstandsstigninger.

Ved projekteringen af regnvandssystemer i Ørestad er der endvidere taget højde for en generel vandstandsstigning. Regn- og spildevandssystemerne afvander med gravitation til Københavns Havn og en generel vandstandsstigning i havnen er således af betydning for afledningssystemets kapacitet.

*Bolig- og
institutionsbyggeri*

I Danmark opføres årligt omkring 9 mio. m² etageareal, og de årlige udgifter til opvarmning er godt 60 mia. kr. Umiddelbart vil en generel temperaturstigning i Danmark på ca. 4°C betyde en reduktion i behovet for rumopvarmning på ca. 25%. Denne gevinst kan delvis tabes, hvis det bliver almindeligt med køling – som allerede er set i personbiler. En tendens til større huse med mere udstyr kan modsvarer af bedre isolering og energieffektivitet, men er strengt taget ikke et klimaproblem.

Byggestilen kan antagelig løbende tilpasses ændrede forhold. Relevante ombygninger, måske med henblik på mere udeliv, kan ske i

forbindelse med vedligeholdelse eller modernisering. Alt i alt forventes ingen væsentlige problemer. Det er dog nødvendigt med en løbende evaluering af nye bygningstyper og stilarter fx i forbindelse med bedre isolering eller anvendelse af solfangere, eventuelt med varmelagre, for at sikre maksimal effektivitet af bygningsmassen.

Industri

Danmarks industrielle infrastruktur er ikke i sig selv følsom over for klimaændringer, men ændringer på indenlandske og udenlandske markeder kan spille en afgørende rolle for flere brancher.

Ved bygning af virksomheders centrale produktionsanlæg kan tids-horizonten måske være flere årtier. Det kan få betydning for industrier, der forarbejder landbrugs- og industriprodukter. Også træindustrien kan blive berørt; dels hvis træarterne ændres, dels hvis anvendelse af træ fx i bygninger forøges som led i et forsøg på binding af kulstof.

Medicinalindustrien kan eventuelt med fordel satse på udvikling af præparater, der kan afhjælpe vejr- og klimabetingede lidelser (allergier mv.)

Energiproduktion og energiforbrug

Energisektorens relationer til klimaproblematikken vil fortsat i det væsentlige være på udslipssiden, med begrænsning af energiforbrug, ændrede produktionsmetoder, renere brændsler osv. Her vil ændringer i klimaet antagelig medføre et reduceret energibehov.

Hertil kommer imidlertid den påvirkning af selve produktionsprocessen, som klimaændringer kan medføre. Det har stort set ingen betydning for anvendelsen af fossile brændsler samt atomenergi. De fleste af de såkaldte vedvarende energikilder, vindkraft, bølgekraft, solenergi, biomasse og vandkraft, er imidlertid – direkte eller indirekte – et resultat af solindstråling. Ændringer i vindmønstret vil muligvis påvirke vind- og bølgeenergi i gunstig retning. Ligeledes vil produktionen af biomasse kunne forøges. For forskellige former for solenergi vil effekten afhænge af ændringer i skydække, som er et uafklaret spørgsmål. Vandkraft, der er stærkt afhængig af nedbørens størrelse og tidsmæssige fordeling, spiller ikke umiddelbart nogen rolle i Danmark, men i de nordiske lande som sådan produceres omkring halvdelen af elektriciteten med vandkraft; en forventet positiv virkning af forøget nedbør kan derfor få kraftig indflydelse på hele elektricitetsmarkedet.

Forsikringer

De fremskrevne klimaændringer må formodes at forøge forsikringsbelastningen som følge af hyppigere og kraftigere storme og en forøget risiko for stormfloder – en tendens, der allerede er set i USA. Her er det vigtigt at undgå yderligere eksponering for fx orkaner ved at begrænse byggeri i kystzonen.

Stormklimaet er imidlertid meget vanskeligt at fremskrive. Det er derfor ikke sikkert, at systemet med at sprede risikoen gennem genforsikringer vil være lige så effektivt som under et konstant klima. Det vil kræve at forsikringsbranchen udvikler nye metoder til vurdering af risiko i et klima under forandring.

13 Sundhed og velvære

Umiddelbare helbredsvirkninger

De fremskrevne klimaændringer vil i løbet af de næste 100 år næppe give Danmark et klima, som afviger væsentligt fra hvad man i dag har i fx Sydtyskland eller Sydengland. Direkte helbredsvirkninger i form af større risiko for hedeslag eller reduceret risiko for forkølelsesygdomme kan derfor ikke forventes. Heller ikke ændringer i nedbør og vindmønstre vil få nævneværdig betydning for den generelle sundhedstilstand..

Et varmere klima kan umiddelbart forøge risikoen for fotokemisk luftforurening. På den anden side vil en reduktion af emission af CO₂ ved reduktion af brugen af fossile brændsler også reducere udslip af andre luftforureninger, herunder de kvælstofoxider og kulbrinter, som danner den fotokemiske forurening. Amerikanske beregninger har vist, at nettoresultatet i visse byområder faktisk kan blive en signifikant forbedring af luftkvaliteten. Situationen i Danmark er derfor uafklaret.

Indirekte helbredsvirkninger

Helbredsvirkninger gennem påvirkning af fødevarerproduktion eller adgang til rent drikkevand kan blive et stort problem i U-lande, men vil være uden betydning i Danmark.

Derimod kan der optræde mere indirekte virkninger. Man har fx allerede observeret en væsentlig større pollenmængde og en fremrykning af pollensæsonen på flere uger. Det kan være en del af forklaringen på stigningen i registrerede tilfælde af allergi. Desuden kan risikoen for vektorbårne sygdomme blive større med indrykning af fx malariamyg eller borrelia-inficerede skovflåter.

Smitte som følge af ukontrolleret indvandring og uforudsete ændringer i turiststrømme vil kunne forøge risikoen ikke alene for "eksotiske" sygdomme, men også for sygdomme, som i øjeblikket er udryddet i Danmark, fx tuberkulose. Et veludbygget sundhedssystem burde kunne opfange problemerne, men en skærpet opmærksomhed over for udviklingen og en revurdering af vaccinationspolitikken vil være nødvendig.



Om 100 år har Danmark måske et klima som nu i Heidelberg. Det vil i sig selv næppe give større problemer. En forøget rejseaktivitet eller indvandring vil imidlertid forøge risikoen for "eksotiske" sygdomme og kan kræve en revurdering af vores vaccinationspolitik. (Foto: Jes Fenger, DMU)

En ændring af klimaet vil utvivlsomt påvirke klædedragt, fritidsaktiviteter mm. Disse forhold er imidlertid modeprægede med så kort tidshorizont at en tilpasning vil ske løbende – herunder også i produktionsleddet (afsnit 12). Ændrede spisevaner kan give anledning til sundhedsmæssige overvejelser, men en langsigtet planlægning er ikke aktuel.

Forskydningen af klimazonerne mod polerne vil antagelig give Danmark et behageligere klima i forhold til de nuværende feriemål i middelhavsområdet. Det kan blive en fordel for dansk turistindustri, som naturligt vil følge udviklingen. Der er dog så mange andre faktorer med kort tidshorizont der spiller ind (herunder økonomiske og sikkerhedsmæssige) at en langsigtet planlægning ikke er mulig.

14 Samlet vurdering

Beslutninger på et usikkert grundlag

Mange menneskelige aktiviteter og stort set alle processer i naturen er afhængige af klimaet. Ændringer i klimaet – de være sig naturlige eller menneskeskabte – kræver derfor en løbende tilpasning, som de enkelte lande nødvendigvis må forholde sig til. Her er det væsentligt at vide, i hvilken retning udviklingen går.

Selvom der benyttes komplicerede computermodeller til at fremskrive klimaet, fås endnu kun et stærkt forenklet billede af verden. Men der vil desværre som beslutningsgrundlag kun være en begrænset gevinst ved en yderligere forfinelse af modellerne. Det skyldes den basale usikkerhed i scenarierne for den teknologiske og socio-økonomiske udvikling – specielt i spørgsmålet om i hvilket omfang det lykkes at få begrænset de globale udslip af drivhusgasser.

Der skal altså træffes beslutninger på et usikkert grundlag, hvor man helst hverken skal tage en tendens for en variation ("det går nok over"), eller forveksle en variation med en tendens ("panikreaktion"). Det kræver en fleksibel planlægning og robuste beslutninger. En nødvendig forudsætning er en løbende monitoring af udviklingen, der kan gøre det muligt at skelne mellem kortvarige svingninger og generelle tendenser. Det er derfor nødvendigt med opbygning af observationssystemer og indsamling af tilstrækkeligt lange tidsserier, men det er en langsommelig proces, der kan vare flere årtier, før den giver brugbare resultater.

I videst muligt omfang bør man udvikle indikatorer, der kan anskueliggøre udviklingen såvel historisk som fremadrettet. Et væsentligt problem er dog her det store spænd i tidskonstanter i de indgående fænomener og processer.

For Danmark set isoleret er størrelsesordenen og hastigheden af de forventede klimaændringer ikke umiddelbart foruroligende. De næste 10-20 år vil der næppe ske dramatiske ændringer, og først om 50-100 år må man forudse større effekter.

Modebetingede fænomener som klædedragt og spise- og rejsevaner vil ganske automatisk tilpasse sig forholdene. I bygningssektoren vil der ske stilændringer i takt med forsøg på begrænsning af energiforbruget, men også arkitekturen er underkastet skiftende smag, og der sker alligevel så mange løbende ændringer i den eksisterende bygningsmasse, at en langsigtet planlægning efter de fremskrevne klimaændringer næppe vil være frugtbar. Det samme gælder til en vis grad industrien, hvor den hurtige teknologiske udvikling medfører en tilsvarende kort investeringshorisont. Man bør dog være opmærksom på ændringer i den primære produktion (landbrug, fiskeri og skovdrift) samt et muligt behov for udvikling af nye produkter – fx i medicinalindustrien.

På den teknologiske side vil de største problemer optræde i forbindelse med den stigende vandstand. Indregning af den konstaterede løbende vandstandstigning ved planlægning af kystnær infrastruktur er en veletableret praksis, men det er først i de senere år at man ved nogle få store anlæg har medtaget et "drivhusbidrag". Det har her vist sig at omkostningerne kan være beskedne, hvis situationen gennemtænkes allerede på planlægningsstadiet.

Så vidt det har kunnet oplyses, er det ikke sket ved mindre lokale anlæg som havne, kloakker m.m. Det er uheldigt, fordi mange anlæg kan forventes at få lang levetid og stigningen i vandstand vil kunne fortsætte i mange århundreder. En konkret bevidstgørelse om problemet på lokalt plan og en opdatering af kloakerings- og bygningsreglementer og krav til VVM-redegørelser anses for nødvendig.

Danmark er et lille land med et intensivt udnyttet og stærkt styret areal. Landbruget er måske ikke mere det vigtigste erhverv, men det beslaglægger fortsat to tredjedele af arealet. Oprindeligt findes kun i nogle få og små områder – typisk i ådale og nær kyster. Vi står derfor løbende over for en række modstridende interesser i anvendelsen af det danske landskab. Klimaændringer og et muligt ønske om større fødevarerproduktion kan forstærke de allerede eksisterende konflikter mellem landbrug og naturbeskyttelse gennem landbrugets brug af kvælstofgødning og pesticider, samt ved fastholdelse af vandløb i et reguleret forløb.

Et specielt tilfælde er kystbeskyttelse, hvor der er en voksende tendens til at lade havet udvikle en naturlig kystlinie, selvom det medfører tab af landbrugsareal.

En klimaændring vil være en yderligere belastning for vore vandområder. Den vil oftest mest hensigtsmæssigt kunne modvirkes ved at reducere de vigtigste kulturpåvirkninger, herunder de fysiske påvirkninger i form af vandløbsregulering, vedligeholdelse, dræning, rørlægning og tørlægning samt den eutrofiering, som følger af tilførsel af næringsalte fra spildevand og dyrkning af jorden.

Generelt bør fremtidens naturforvaltning i højere grad satse på hjælp til tilpasning til ændrede forhold end som nu på bevaring af de eksisterende. Det kan bl.a. ske gennem etablering af større sammenhængende naturområder, faunapassager mv. Man må se i øjnene at det

vil medføre ændringer i artssammensætningen i naturlige økosystemer, men det er nødvendigt, hvis deres stabilitet skal sikres.

Landbrug og Skovbrug

Landbruget har i sig selv stor tilpasningsevne og kan om nødvendigt skifte afgrøder næsten fra år til år. Den vigtigste virkning af klimaændringer vil antagelig blive ændringer i afsætningsforholdene. Med en voksende verdensbefolkning og reducerede afgrødepotentialer andre steder i verden vil afsætningsforholdene antagelig forbedres. Der kan derved opstå problemer i relation til det lokale miljø, som kan blive belastet af en øget produktion med en større udvaskning af næringssalte og bekæmpelsesmidler. Denne situation kan forværres med øget nedbør.

I skovbruget er den langsigtede planlægning mere kritisk. Danmark har besluttet at fordoble skovarealet i løbet af de næste 100 år, og de nye træer skal passe til et klima, der antagelig bliver væsentligt varmere. Løsningen synes at være såkaldt "naturnær skovdrift" med forsigtig udnyttelse og risikospredning gennem etablering af blandingsbevoksninger. I den forbindelse bør Danmarks nuværende vigtigste nyttetræ, rødgran, delvis udfases.

Vandressourcer og -forbrug

Generelt forventes mere nedbør, men højere temperaturer og muligvis mere tørre somre vil øge behovet for vand såvel i husholdningerne som i landbruget og naturen. Eksisterende konflikter mellem landbrugets ønske om markvanding og målsætningerne for vandløb kan derfor blive skærpet.

Allerede nu ofres milliardbeløb på grundvandsbeskyttelse. Det er derfor afgørende, at eventuelle klimaændringer tages i betragtning ved en fremtidig planlægning af vandressourcen.

Energiproduktion og -forbrug

Produktion og forbrug af energi er snævert forbundet med klimaet. Stigende temperaturer vil alt andet lige betyde mindre energiforbrug - fortrinsvis til opvarmning. Det vil i sig selv betyde reduceret udslip af drivhusgasser.



Forsøg på reduktion af udslip af CO₂ betyder stigende anvendelse af vedvarende energikilder - i Danmark fortrinsvis vindkraft, i andre nordiske lande vandkraft. Udbyttet fra disse kilder er imidlertid afhængigt af vejr og klima. Det gælder også det samlede energibehov. Der skal derfor udvikles nye styrings- og fordelingssystemer, så den vedvarende energi mest effektivt kan indpasses i energisystemet. Hertil kommer at der efterhånden er tale om så store anlæg at de har væsentlige miljøpåvirkninger, som skal medtages i en samlet vurdering (Foto: Flemming Hagensen, Risø).

Med forsøgene på opbremsning af klimapåvirkning vil vedvarende energikilder få stigende betydning. De fleste er afhængige af klimaet og generelt forventes virkningen at blive gunstig. Det vil specielt for vandkraft og vindkraft kunne have indflydelse på hele elektricitetsmarkedet. Et forøget potentiale for dyrkning af biomasse kan, ligesom ved dyrkning af fødemidler, medføre miljøproblemer og konflikter om arealanvendelse.

Lovgivning og oplysning

Der er ingen dansk eller international lovgivning vedrørende effekter af klimaændringer. På visse områder (kystzoneforvaltning og naturbeskyttelse) er der elementer der med fordel kan udbygges. På andre (landbrug) kræves en nytænkning med et internationalt perspektiv. På det helt lokale plan bør interessenter involveres hurtigst muligt gennem oplysning og rådgivning.

Den store sammenhæng

Endnu er vores viden kun baseret på fragmenteret forskning, men der er - som det er fremgået - en voksende erkendelse af, at klimaproblematikken skal ses under en helhedssynsvinkel med inddragelse af muligheder for tilpasning til både naturlige og menneskeskabte klimaændringer, hvor også andre miljøbelastninger kan spille en væsentlig rolle. Kun gennem en langsigtet overordnet planlægning kan man effektivt afbøde skadelige virkninger og udnytte eventuelle fordele. Samtidigt skal det tages i betragtning, at ændringer i klimaet og vores tilpasning til ændringerne kan påvirke udsendelsen af drivhusgasser.

Lige så vigtig som de konkrete klimaproblemer er den måde, de angribes på. På alle planer er der en risiko for, at kendte konflikter mellem forskellige samfundssektorer forstærkes. En rationel problemløsning kræver derfor smidighed og nytænkning.

Alt taget i betragtning vil Danmark under forudsætning af passende, langsigtet planlægning relativt let kunne tilpasse sig klimaændringer af den størrelse, man kan forvente i dette århundrede. De alvorligste problemer kan derfor blive socioøkonomiske og politiske i relation til en omgivende verden, som kan blive væsentligt ringere stillet. I den forbindelse kan det blive nødvendigt at revurdere det fremtidige behov for katastrofehjælp og vores støtte til ulande.

15 Baggrundsmateriale

Agger, P., Baagøe, J., Hamann, O. og Primdahl, J., 2000: Dansk naturpolitik - visioner og anbefalinger. Vismandsrapport 2000. Naturrådet, København. 86 sider. (Konkluderende rapport baseret på temarapporter 1 og 2.2000). (Naturrådets anbefalinger bl.a. vedr. klimaændringer).

Danmark Miljøundersøgelser (DMU) har i 1993, 1998 og senest i december 2001 udsendt såkaldte Miljøtilstandsrapporter. Bach, H., Christensen, N. og Kristensen, P. (red.), 2001: Natur og Miljø 2001. Påvirkninger og tilstand, Faglig rapport fra DMU nr.385. Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde. 368 sider.

Fenger, J., 2000: Drivhuseffekt og økologi – naturgrundlaget i fremtidens klima. Nucleus, Aarhus. 63 sider. (Populær indføring).

Frich, P., Alexander, L. V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein Tank, A. and Peterson, T., 2002: Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the 20th century. *Climate Research*, 19, 193-212. (En analyse af udviklingstendenser i indikatorer for Jordens ekstremklima).

IPCC, 2001: *Climate Change 2001*. Cambridge University Press, Cambridge

I. The Scientific Basis, 881 sider.

II. Impacts, Adaptations, and Vulnerability, 1032 sider.

III. Mitigation, 752 sider.

Synthesis Report, 397 sider.

Summaries for Policy Makers og henvisninger til specialrapporter kan findes på internettet: www.IPCC.ch

Jørgensen, A.M.K., Fenger, J. og Halsnæs, K. (red.), 2001: *Climate Change Research – Danish Contributions*. Dansk Klimacenter, København. 408 sider. (Grundig gennemgang af klimarelateret dansk forskning).

Parry, M. (red.), 2000: *Assessment of Potential Effects and adaptations for Climate Change in Europe*. The European Acacia Project. University of East Anglia, Norwich. 324 sider (Specialrapport om Europa som baggrund for IPCC's rapporter). Fås også i en kortfattet udgave.

National Environmental Research Institute

The National Environmental Research Institute, NERI, is a research institute of the Ministry of the Environment. In Danish, NERI is called *Danmarks Miljøundersøgelser (DMU)*.

NERI's tasks are primarily to conduct research, collect data, and give advice on problems related to the environment and nature.

Addresses:

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

National Environmental Research Institute
Frederiksborgvej 399
PO Box 358
DK-4000 Roskilde
Denmark
Tel: +45 46 30 12 00
Fax: +45 46 30 11 14

*Management
Personnel and Economy Secretariat
Research and Development Section
Department of Policy Analysis
Department of Atmospheric Environment
Department of Marine Ecology
Department of Environmental Chemistry and Microbiology
Department of Arctic Environment
Project Manager for Quality Management and Analyses*

National Environmental Research Institute
Vejløvej 25
PO Box 314
DK-8600 Silkeborg
Denmark
Tel: +45 89 20 14 00
Fax: +45 89 20 14 14

*Environmental Monitoring Co-ordination Section
Department of Terrestrial Ecology
Department of Freshwater Ecology
Project Manager for Surface Waters*

National Environmental Research Institute
Grenåvej 12-14, Kalø
DK-8410 Rønde
Denmark
Tel: +45 89 20 17 00
Fax: +45 89 20 15 15

*Department of Landscape Ecology
Department of Coastal Zone Ecology*

Publications:

NERI publishes professional reports, technical instructions, and the annual report. A R&D projects' catalogue is available in an electronic version on the World Wide Web.

Included in the annual report is a list of the publications from the current year.

NERI Technical Reports

- Nr. 366: On the Fate of Xenobiotics. The Roskilde Region as Case Story. By Carlsen, L. et al. 66 pp., 75,- DKK
- Nr. 367: Anskydning af vildt. Status for undersøgelser 2001. Af Noer, H. et al. 43 s., 60,00 kr.
- Nr. 368: The Ramsar Sites of Disko, West Greenland. A Survey in July 2001. By Egevang, C. & Boertmann, D. 66 pp., 100,- DKK
- Nr. 369: Typeinddeling og kvalitetselementer for marine områder i Danmark. Af Nielsen, K., Sømod, B. & Christiansen, T. 105 s. (elektronisk).
- Nr. 370: Offshore Seabird Distributions during Summer and Autumn at West Greenland. Ship Based Surveys 1977 and 1992-2000. By Boertmann, D. & Mosbech, A. 57 pp. (electronic)
- Nr. 371: Control of Pesticides 2000. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krongaard, T., Petersen, K.K. & Christoffersen, C. 28 pp., 50,00 DKK
- Nr. 372: Det lysåbne landskab. Af Ellemann, L., Ejrnæs, R., Reddersen, J. & Fredshavn, J. 110 s., 120,00 kr.
- Nr. 373: Analytical Chemical Control of Phthalates in Toys. Analytical Chemical Control of Chemical Substances and Products. By Rastogi, S.C. & Worsøe, I.M. 27 pp., 75,00 DKK
- Nr. 374: Atmosfærisk deposition 2000. NOVA 2003. Af Ellermann, T. et al. 88 s. (elektronisk primo december 2001)
- Nr. 375: Marine områder 2000 – Miljøtilstand og udvikling. NOVA 2003. Af Henriksen, P. et al. (elektronisk primo december 2001)
- Nr. 376: Landovervågningsoplande 2000. NOVA 2003. Af Grant, R. et al. (elektronisk primo december 2001)
- Nr. 377: Søer 2000. NOVA 2003. Af Jensen, J.P. et al. (elektronisk primo december 2001)
- Nr. 378: Vandløb og kilder. NOVA 2000. Af Bøgestrand, J. (red.) (elektronisk primo december 2001)
- Nr. 379: Vandmiljø 2001. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Af Boutrup, S. et al. 62 s., 100,00 kr.
- Nr. 380: Fosfor i jord og vand – udvikling, status og perspektiver. Kronvang, B. (red.) 88 s., 100,00 kr.
- Nr. 381: Satellitsporing af kongeederfugl i Vestgrønland. Identifikation af raste- og overvintringsområder. Af Mosbech, A., Merkel, F., Flagstad, A. & Grøndahl, L. 42 s., 100,00 kr.
- Nr. 382: Bystruktur og transportadfærd. Hvad siger Transportvaneundersøgelsen? Af Christensen, L. (i trykken)
- Nr. 383: Pesticider 2 i overfladevand. Metodeafprøvning. Af Nyeland, B. & Kvamm, B. 45 s. + Annex 1, 75,00 kr.
- Nr. 384: Natural Resources in the Nanortalik Area. An Interview Study on Fishing, Hunting and Tourism in the Area around the Nalunaq Gold Project. By Glahder, C.M. 81 pp., 125,00 kr.
- Nr. 385: Natur og Miljø 2001. Påvirkninger og tilstand. Af Bach, H., Christensen, N. & Kristensen, P. 368 s., 200,00 kr.
- Nr. 386: Pesticider 3 i overfladevand. Metodeafprøvning. Af Nyeland, B. & Kvamm, B. 94 s., 75,00 kr.
- Nr. 387: Improving Fuel Statistics for Danish Aviation. By Winther, M. 56 pp., 75,00 DKK

2002

- Nr. 388: Microorganisms as Indicators of Soil Health. By Nielsen, M.N. & Winding, A. 82 pp., 90,00 DKK
- Nr. 389: Naturnær skovrejsning – et bæredygtigt alternativ? Af Aude, E. et al. 47 s. (elektronisk)
- Nr. 390: Metoder til at vurdere referencetilstanden i kystvande – eksempel fra Randers Fjord. Vandrammedirektiv-projekt. Fase II. Af Nielsen, K. et al. 43 s. (elektronisk)
- Nr. 391: Biologiske effekter af råstofindvinding på epifauna. Af Lisbjerg, D. et al. 54 s. (elektronisk)
- Nr. 392: Næringssaltbegrænsning af makroalger i danske kystområder. Et samarbejdsprojekt mellem Ringkøbing Amt, Nordjyllands Amt, Viborg Amt, Århus Amt, Ribe Amt, Sønderjyllands Amt, Fyns Amt, Roskilde Universitetscenter og Danmarks Miljøundersøgelser. Af Krause-Jensen, D. et al. 112 s. (elektronisk)
- Nr. 393: Vildtudbyttet i Danmark i jagtsæsonen 2000/2001. Af Asferg, T. 34 s., 40,00 kr.
- Nr. 394: Søerne i De Østlige Vejler. Af Jeppesen, E. et al. 90 s., 100,00 kr.
- Nr. 395: Menneskelig færdsels effekt på rastende vandfugle i saltvandssøen. Af Laursen, K. & Rasmussen, L.M. 36 s., 50,00 kr.
- Nr. 396: Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1999-2000. Af Møller, P. et al. 53 s. (elektronisk)
- Nr. 397: Effekt af lystfiskeri på overvintrende troldeænder i Store Kattinge Sø. Af Madsen, J. 23 s. (elektronisk)
- Nr. 398: Danske duehøges populationsøkologi og forvandling. Af Drachmann, J. & Nielsen, J.T. 51 s., 75,00 kr.

Der er en stigende erkendelse af, at den fremtidige udvikling i verden indebærer et vist mål af menneskeskabte klimaændringer, hvis virkninger allerede er begyndt at vise sig. Mange lande har derfor foretaget undersøgelser af mulighederne for tilpasning til de klimaændringer, der forventes. Der ligger ikke heri nogen given op over for den basale målsætning om reduktion af udslip af drivhusgasser. Det er en forståelse af, at en rationel langsigtet planlægning kan afbøde mange skader og måske i visse henseender sikre direkte fordele af de klimaændringer, som trods alle anstrengelser synes uundgåelige.

Som et udgangspunkt for den nødvendige analyse beskrives DMU's vurdering af Danmarks behov og muligheder for tilpasning til fremtidige klimaændringer. Rapporten er - bortset fra illustrationerne og deres tekst - stort set identisk med et notat, der i efteråret 2001 blev udarbejdet for Energistyrelsen og i foråret 2002 sendt til miljøministeren.

Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

ISBN 87-7772-679-4
ISSN (elektronisk) 1600-0048