13

MiljøBiblioteket

Klima ændringerne

– Menneskehedens hidtil største udfordring

Red. Hans Meltofte

Hovedland

”Vi er alle enige. Klimaforandringerne er reelle, og vi mennesker er hovedårsagen. Alligevel er det stadig de færreste, der til fulde forstår alvoren af denne trussel, og hvor overhængende den er (…) Jeg tror nu på, at vi står på randen af en katastrofe, hvis vi ikke handler.

FN's generalsekretær, Ban Ki-moon, Bali 2007

”2007 var det varmeste år på den nordlige halvkugles landmasser og 10-året 1998-2007 det varmeste overhovedet i de knapt 160 år, som vi har målinger fra.

Danmarks Meteorologiske Institut

”Ingen seriøse videnskabsmænd bestrider i dag, at hovedparten af den globale opvarmning skyldes CO_2 og andre drivhusgasser, som mennesket udleder.

Politiken, 14. december 2007

Tegning: Roald Als , Blæksprutten 119. årgang, 2007

”Jeg tror ikke, at det rigtig er gået op for folk, hvor store udfordringer, vi står over for. Selv små stigninger i den gennemsnitlige temperatur vil få store følgevirkninger for klimaet.

Ph.d. Anne Mette K. Jørgensen
leder af Danmarks Klimacenter, DMI

13 MiljøBiblioteket

Klimaændringerne:
Menneskehedens hidtil største udfordring

Redigeret af:
Hans Meltofte

Med bidrag af:
Susanne Lilja Buchardt
Jens Hesselbjerg Christensen
Jes Fenger
Kirsten Halsnæs
Bodil Harder
Connie Hedegaard
Eigil Kaas
Nethe Veje Laursen
Henrik Lund
Hans Meltofte
Signe Normand
Jørgen E. Olesen
Liva Vrist Rønn
Flemming Skov
Jens-Christian Svenning

Danmarks Miljøundersøgelser **2008** **Hovedland**

Klimaændringerne: Menneskehedens hidtil største udfordring

Redigeret af Hans Meltofte

Med bidrag af Susanne Lilja Buchardt, Jens Hesselbjerg Christensen, Jes Fenger, Kirsten Halsnæs, Bodil Harder, Connie Hedegaard, Eigil Kaas, Nethe Veje Laursen, Henrik Lund, Hans Meltofte, Signe Normand, Jørgen E. Olesen, Liva Vrist Rønn, Flemming Skov og Jens-Christian Svenning.

© 2008 Danmarks Miljøundersøgelser, forfatterne
og Forlaget Hovedland

Alle rettigheder forbeholdes.

Forlagsredaktion: Anne Drøgemüller Hansen
Billedvalg og fototekster: Hans Meltofte
Illustrationer og ombrydning: Juana Jacobsen,
Grafisk Værksted, Danmarks Miljøundersøgelser
Omslag: Grafisk værksted, Danmarks Miljøundersøgelser
Omslagsillustrationer: Thomas Lekfeldt/Polfoto (Jorden set fra rummet),
Mike Dobel/Masterfile (Trafik på Queen Elizabeth Way)
Tryk: Arco Grafisk, Skive
Indbinding: Jysk Bogbind

Denne bog er trykt på 130 gr. Galerie Art Silk (miljøcertificeret)
Overskydende papir er genbrugt.

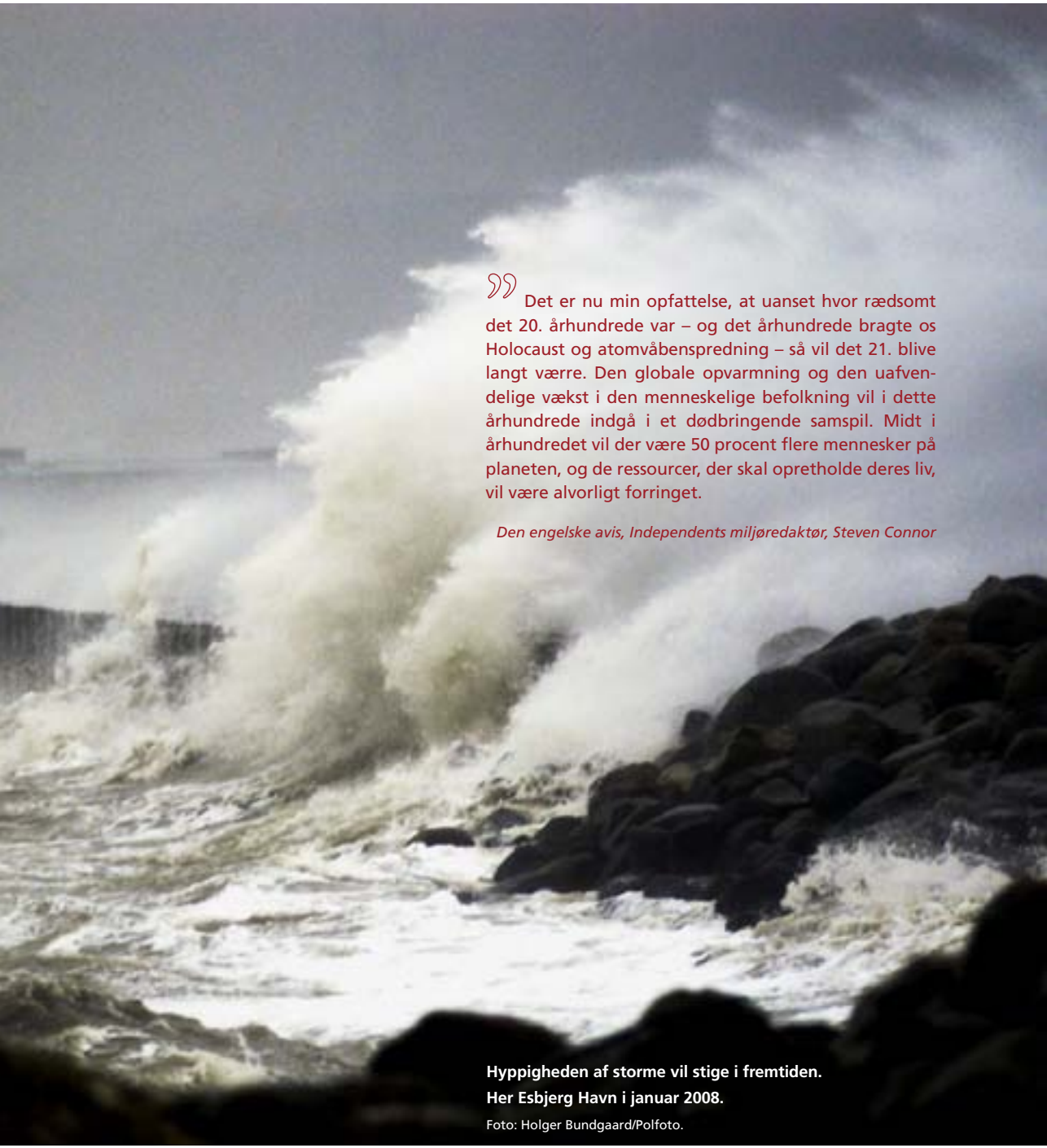
ISBN 978-87-7070-125-9

1. udgave, 1. oplag 2008

Nærværende bog er finansieret af Aarhus Universitets Forskningsfond
og Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet.

NORDISK MILJØMÆRKNING
NR. 541-618

Forlaget Hovedland
www.hovedland.dk
E-mail: mail@hovedland.dk

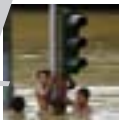


”Det er nu min opfattelse, at uanset hvor rædsomt det 20. århundrede var – og det århundrede bragte os Holocaust og atomvåbenspredning – så vil det 21. blive langt værre. Den globale opvarmning og den uafvendelige vækst i den menneskelige befolkning vil i dette århundrede indgå i et dødbringende samspil. Midt i århundredet vil der være 50 procent flere mennesker på planeten, og de ressourcer, der skal opretholde deres liv, vil være alvorligt forringet.

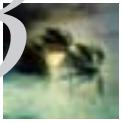
Den engelske avis, Independents miljøredaktør, Steven Connor

Hyppigheden af storme vil stige i fremtiden. Her Esbjerg Havn i januar 2008.

Foto: Holger Bundgaard/Polfoto.

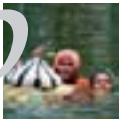
1 
Hvad sker der med Jordens klima i disse år – og hvorfor? 11

2
Hvad fortæller iskerner om fortidens klima? 23

3 
Hvad siger verdens mest avancerede klimamodeller om fremtiden? 31

4
Hvordan vil klimaændringerne påvirke Danmark? 41

5
Arktis opvarmes mest 51

6 
De fattige bliver hårdt ramt 61

7

Hvad sker der med naturen når klimaet ændrer sig? 75

8

Hvad kan vi gøre for at mindske klimaændringerne – og hvad koster det? 87

9

Et CO_2-neutralt Danmark 101

10

Sådan kan du mindske dit CO_2-udslip 113

11

Hvordan tilpasser vi os klimaændringerne? 125

12

Danmarks klimaindsats nationalt og internationalt 137

Debatskabende indlæg 8, 72, 98, 110, 122 og 123

Litteratur 146
Ordliste 148
Stikordsregister 150

“Vi har denne enestående chance”

De rige landes laden stå til over for klimakrisen indbyder til desperation, ikke mindst fordi det er de fattige, der betaler prisen, siger Veerle Vandeweerd, chef for miljø og energi i FN’s udviklingsorganisation. I dag har vi faktisk teknologi, viden og penge til at håndtere udfordringen. Den eneste knappe ressource er politisk vilje.

Af Jørgen Steen Nielsen

Man kan ikke se det, når Veerle Vandeweerd smiler til én.

Men hun siger det selv. Uden omsvøb. To gange.

“Jeg føler en desperation. Når jeg læser aviserne, når jeg iagttager, hvad folk lægger vægt på, når jeg registrerer, hvad der driver vores samfund, og når jeg så samtidig med videnskaben som grundlag ved, at menneskeheden står over for sin største udfordring nogensinde (…) Af en eller anden grund har vi ikke hidtil været i stand til at formidle denne følelse af bydende nødvendighed til offentligheden. Er det, fordi man ikke direkte kan se det, der sker? Er det, fordi himlen stadig er blå?”

“Jeg håber ikke, det er sandt, at menneskeheden kun formår at lære under dybe kriser. Hvorfor skal vi vente på oversvømmelserne, på at folk dør af hedebølgerne, når nu videnskaben giver os så klar besked om situationens alvor?”

“Dette er ikke et problem, der forsvinder, men det er heller ikke et problem, som vi ikke har redskaberne til at løse. Det har vi. Min desperation udspringer af, at der ikke handles,” siger Veerle Vandeweerd.

Den belgiske kvinde, biokemiker af uddannelse, er i København for at skabe handling. Efter en karriere med miljø- og udviklingsarbejde i Afrika og en position som koordinator og programchef i FN’s Miljøprogram UNEP er Veerle Vanderwerd i dag nytiltrådt chef for miljø og energi i FN’s Udviklingsprogram, UNDP’s udviklingspolitiske kontor. I København præsenterede hun i går dette års udgave af UNDP’s Human Development Report, der har klimatruslen som tema. Specielt det tema, at de første og hårdest ramte ofre for klimakrisen er denne verdens fattige, der hverken har lod eller del i problemets opståen.

“Det internationale samfund har vedtaget nogle globale udviklingsmål og skabt enighed om at halvere den globale fattigdom inden 2015. Men denne rapport viser, at hvis vi fortsætter som nu, vil alle vore fremskridt med at skabe udvikling for denne verdens fattige blive rullet tilbage. Først vil fremskridtene stoppe, og derefter vil der ske tilbageskridt,” siger Veerle Vandeweerd og henviser til UNDP-rapporten, der i usædvanlig skarpe vendinger advarer og kritiserer den hidtidige evne og vilje til at håndtere klimaudfordringen.

“Klimaforandringerne truer med at erodere menneskelig frihed og begrænse muligheden for at vælge. De anfægter oplysningsprincippet om, at menneskeskabte fremskridt vil få fremtiden til at se bedre ud end fortiden (…) I dag er vi førstehåndsvidner til, hvad der kan vise sig at være starten på betydelige tilbageslag for menneskelig udvikling i vor levetid,” hedder det i rapporten.

Human Development Report følger i kølvandet på den nylige synteserapport fra FN’s klimapanel IPCC.

“IPCC har givet os videnskaben, den britiske Stern-rapport gav os det økonomiske perspektiv. Denne rapport beskriver klimaforandringerne i et udviklingsperspektiv,” siger Veerle Vanderweeld. “Og ærligt talt: Hvis vi ikke handler nu, så er vi ikke nogen særlig begavet art. For hver dag, vi venter, ophobes der mere CO_2 i atmosfæren, og det forbliver der i meget lang tid. For hver dag, vi venter, bliver det dyrere at gribe ind.”

UNDP-rapporten påpeger, at verden hastigt rykker frem mod the tipping points, “de uforudsigelige og ikke-lineære hændelser, som kan åbne dørene for økologiske katastrofer – med det accelererede sammenbrud af Jordens store iskapper som ét eksempel.”

“Klimavidenskaben identificerer (en global opvarmning på) to grader som et potentielt tipping point,” skriver UNDP.

“At have en fifty-fifty chance for at begrænse temperaturstigningen til to grader over det præindustrielle niveau forudsætter, at vi stabiliserer koncentrationen af drivhusgasser

omkring 450 ppm CO_2-ækvivalenter," og det vil i sig selv forudsætte, "at de rige lande reducerer deres udledninger med mindst 80 pct. med en reduktion i 2020 på 30 pct. Udledningerne fra u-landene må toppe omkring 2020 og være reduceret med 20 pct. i 2050."

Men "på basis af den hidtidige udvikling og den aktuelle politik kan CO_2-udledningerne fra energiforbruget stige med mere end 50 pct. over 2005-niveauet i 2030."

"Hvis de næste 15 års udledninger følger kursen fra de seneste 15 år, vil farlige klimaforandringer være uundgåelige," konkluderer UNDP. Og tilføjer med henvisning til fifty-fifty chancen:

"Få mennesker ville i deres personlige liv bevidst foretage handlinger med en alvorlig risiko af denne størrelsesorden. Som globalt samfund løber vi imidlertid en meget større risiko med planeten Jorden."

Tilpasnings-apartheid

Deraf Veerle Vanderweerds tilbøjelighed til desperation. Hun har i mange år arbejdet og boet blandt nogle af Jordens fattigste og ved, hvor hårdt de vil blive ramt og allerede rammes af den globale opvarmning.

"På vore breddegrader og i vor generation kan vi klare os ved at bygge diger og installere aircondition. Jeg har også boet i Holland – de ved godt, hvordan man skal bygge diger, de skal nok klare at tilpasse sig. Men hvad med mennesker i Bangladesh, i Vietnam og mange andre steder? De har ikke vore ressourcer. De har ikke skabt klimaændringerne, har intet med problemets årsag at gøre, men de er allerede ofre for det. Der vil komme til at bo en milliard mennesker i kystnære områder, der er sårbare over for klimaændringer, oversvømmelser og storme. Jeg er helt enig med biskop Desmond Tutu, der i en tekst til rapporten taler om 'tilpasnings-apartheid.'"

Klimaændringerne kan føre til nye strømme af flygtninge.
Foto: Livio Anticoli/Scanpix.

Vanderweerd henviser til, at de rige lande indtil nu sammenlagt har doneret 26 mio. dollar til to FN-fonde, der skal finansiere forebyggelses- og tilpasningsindsatsen mod klimaforandringer i de fattige lande.

"Det beløb svarer til, hvad Storbritannien bruger på én uge til sit eget aktuelle program for oversvømmelsesbeskyttelse."

Og det handler ikke bare om havenes stigen og oversvømmelser. 2,6 mia. mennesker lever i dag for under to dollar om dagen, men en stor del af disse mennesker vil få deres udviklingsmuligheder og frihed yderligere begrænset, når tørke, voldsom nedbør, sygdomme og økosystemforandringer slår stærkere igennem.

"At leve for under to dollar betyder, at man fra dag til dag kæmper for at overleve. Hvis der kommer en særlig god høst, kan der måske blive råd til at sende et af børnene i skole. Men hvis der kommer en krise i form af tørke, må man sælge alt for at overleve. Den lille smule kapital, man evt. har bygget op, forsvinder, måske for altid. En nedadgående spiral af fattigdom starter," siger Veerle Vanderweerd.

Hun nævner, at 1,8 mia. mennesker kan komme til at lide under vandmangel, når tørke i Afrika og smeltede gletschere i landene omkring Himalaya og Andesbjergene forandrer de globale vandressourcer.

"Eller tag den befolkning langs Østafrikas kyst, der lever af fiskeri. Hvis fiskene bevæger sig nordpå på grund af havets opvarmning, så forsvinder livsgrundlaget for disse mennesker. Ethvert fremskridt i kampen mod fattigdom, som vi har opnået gennem de seneste årtier, kan nu blive eroderet af klimaændringerne."

Veerle Vanderweerd er klar over, at indgreb i de rige landes energiforbrug for at bremse klimaforandringerne af nogle opleves som indgreb i den personlige frihed.

Trykt med venlig tilladelse fra
Jørgen Steen Nielsen,
Information den 28. november 2007

Hvad sker der med Jordens klima i disse år – og hvorfor?

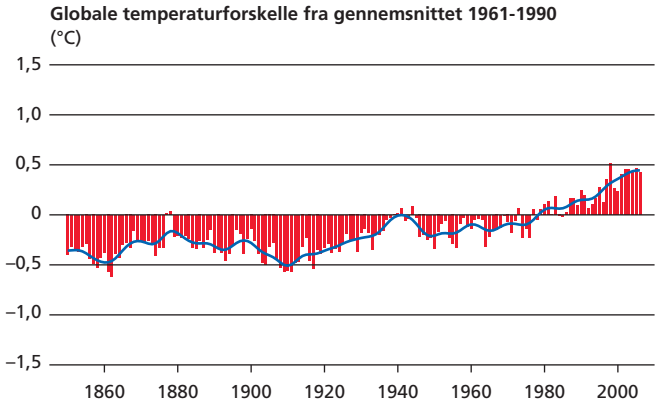
Af Eigil Kaas
Professor i Meteorologi, Niels Bohr Instituttet, Københavns Universitet

Den gennemsnitlige temperatur ved Jordens overflade er generelt stigende, og der er også andre tegn på klimaforandringer. Det er i høj grad grundlæggende fysiske mekanismer, der styrer variationer i Jordens temperatur. Selv om der også er naturlige processer, der kan medføre globale temperaturstigninger, viser mange undersøgelser, at menneskets aktiviteter – især udslippet af CO_2 – med stor sandsynlighed er hovedårsagen til den begyndende opvarmning af Jorden.

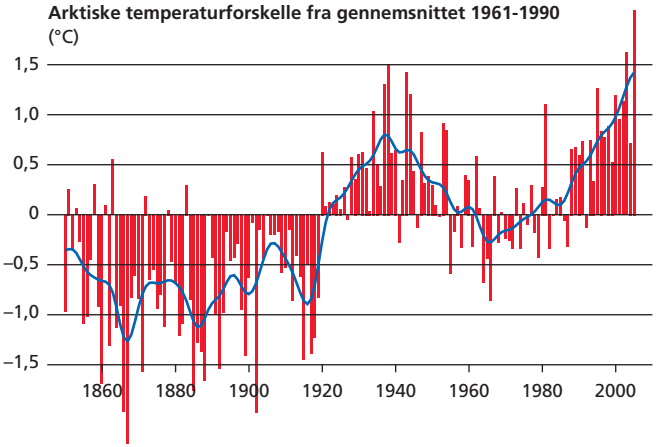
Skovfældning og andre landskabsændringer har ført til stadigt stigende hyppighed af oversvømmelser, og klimaændringerne vil øge hyppigheden yderligere.
Foto: Dita Alangkara/Polfoto.

Temperaturen på Jorden stiger

Der er ingen tvivl om, at temperaturen på Jorden er stigende. Figur 1-1 viser den målte globale gennemsnitstemperatur i luften lige over jord- og havoverfladerne siden 1850. Heraf fremgår, at den samlede temperaturstigning fra slutningen af 1800-tallet og frem til i dag har været på ca. 0,7-0,8 °C. Den globale opvarmning har primært fundet sted i to omgange: Temperaturen steg fra omkring 1910 til 1940, derefter var den ret konstant eller svagt faldende frem til ca. 1975, hvorefter den igen er steget. Temperaturstigningen har ikke været jævnt fordelt på Jorden. Udsvingene har været langt størst på land og i Arktis, dvs. de nordlige polare egne. Dette kan ses i figur 1-2, hvor kun de arktiske klimavariationer på land er vist.



Figur 1-1
Den globale gennemsnitstemperatur i luften lige over jord- og havoverfladen. De røde søjler viser afvigelser fra gennemsnittet (ca. 15 °C) i perioden 1961-1990. Den blå udglattede kurve viser glidende gennemsnit, dvs. de mere langsigtede ændringer.



Figur 1-2
Som figur 1-1, men for variationer i gennemsnitstemperaturen over de nordligste landområder nord for 65 °N.

Figur 1-3
Rekordlav is-udbredelse i Arktis den 25. september 2007. Den røde linje markerer den gennemsnitlige isudbredelse i september i årene 1971-2000. Den stiplede linje er Polarcirklen.

Kilde: National Snow and Ice Data Center, Boulder, CO.

Det er ikke kun temperaturen ved jordoverfladen, der er stigende. En lang række målinger og observationer understøtter billedet af, at det bliver varmere på Jorden i disse år. I den nederste del af atmosfæren, dvs. fra overfladen og op til ca. 10-15 km's højde, ser man således også generelle temperaturstigninger. Der er dog større usikkerhed om størrelsen af disse, og desuden er det først i de seneste årtier, man har fået tilstrækkelig gode satellitmålinger, der dækker hele Jorden. I forbindelse med de stigende temperaturer har man også set, at der sker en hastig reduktion i udbredelsen af is i Ishavet. I 2007 var dette særlig udtalt (figur 1-3).

Umiddelbart er det ikke så opsigtsvækkende, at temperaturen stiger. Klimaet på Jorden har nemlig altid varieret (se kapitel 2). Nogle gange, som fx under istiderne, har det således været koldere end i dag, medens det andre gange har været varmere. Det har også været således, at langt de største temperaturudsving i fortiden har fundet sted i de polare egne, ligesom vi har set det i 1900-tallet. I troperne har temperaturvariationerne været langt mindre, og her er der noget, der tyder på, at klimavariationer primært har vist sig som betydelige geografiske skift i de områder, hvor regnen falder.

Fysikken bag klimavariationerne

Fortidens klimaudsving har været langt større end det, vi har set de seneste 100 år, som derfor i et længere perspektiv kan betegnes som små klimavariationer. Klimaet varierer dog ikke 'uden grund', og det er her tingene begynder at blive 'interessante'. Skåret helt ind til benet er gennemsnitstemperaturen på Jorden *primært* bestemt af variationer i to størrelser:

1. *Den samlede mængde sollys, der opfanges i havene, på landjorden og i atmosfæren.*
   I det nuværende klima opfanges ca. 69 % af den samlede mængde sollys, der faktisk rammer Jorden. Resten af sollyset reflekteres blot tilbage til verdensrummet og medvirker derfor ikke til at opvarme Jorden. Den reflekterede andel, der også kaldes albedoen, er i høj grad bestemt af mængden og typen af skyer og af overfladens farve. Fx reflekterer lave tætte skyer samt sne og is det meste af sollyset (se også boks 5-1 på side 52).
2. *Styrken af drivhuseffekten.*
   Drivhuseffekten virker i praksis som et isolerende lag, der holder temperaturen oppe. Uden drivhuseffekten ville temperaturen ved jordoverfladen være ca. 34 °C lavere, end den faktisk er, og Jorden ville dermed være nærmest ubeboelig. Drivhuseffekten skyldes primært tilstedeværelsen af drivhusgasserne vanddamp og kuldioxid (CO_2) samt skyer, der består af meget små vanddråber eller iskrystaller – især højtliggende kolde skyer er vigtige. Vanddamp er den vigtigste drivhusgas, og dens bidrag til drivhuseffekten er mere end dobbelt så stort som bidraget fra CO_2, der igen har ca. samme 'drivhusbidrag' som skyerne. Der er også andre drivhusgasser, men deres betydning er noget mindre.

Når man skal se på mere generelle og langsigtede klimaændringer, er det derfor altid disse to størrelser, der på den ene eller anden måde er i spil. Hvis fx Solen begynder at lyse kraftigere, vil temperaturen på Jorden stige, fordi der absorberes mere sollys og dermed mere varme på Jorden. Variationer i Jordens bane om Solen kan også medføre, at der sker ændringer i de mængder af sollys, der absorberes på Jorden (se boks 2-2 på side 27). For drivhuseffekten vil

Boks 1-1

Feedbacks og klimafølsomhed

Den umiddelbare opvarmning, der finder sted som følge af fx tiltagende menneskeskabt drivhuseffekt eller tiltagende solaktivitet, vil blive forøget eller dæmpet af såkaldte feedbacks. Dette er følgevirkninger af den umiddelbare opvarmning, som enten ændrer albedoen og/eller styrken af drivhuseffekten. To af de vigtigste feedbacks er vanddamp- og is-albedo-feedback:

- Atmosfæren kan indeholde mere vanddamp, jo varmere den er, og da vanddamp er den vigtigste drivhusgas, stiger temperaturen yderligere.
- Når temperaturen stiger, vil der generelt ske en afsmeltning af is og sne. Det medfører, at albedoen reduceres, altså at der kastes mindre sollys tilbage til verdensrummet, hvormed temperaturen stiger yderligere, så der opstår en selvforstærkende effekt. Ved afkøling af klimaet gælder naturligvis det modsatte (se også boks 5-1 på side 52).

Det er i høj grad feedbackmekanismer, som udformer karakteren af klimaændringer, dvs. hvor store de bliver, og hvor de indtræffer. Feedbackmekanismerne er mangfoldige, de vekselvirker med hinanden gennem klimasystemets komponenter, og vi forstår ikke dem alle lige godt. Det er således ikke muligt på simpel vis at inkludere dem i en beregning over fremtidens klimaændringer. Derfor må man ty til beregninger med såkaldte globale klimamodeller. Dette er modeller, der er baseret på grundlæggende fysik, og som derfor i princippet 'automatisk' bør simulere mange forskellige feedbacks (se også kapitel 3).

Foto: Erik Thomsen.

en stigning i atmosfærens indhold af drivhusgasser selvfølgelig give et opvarmende bidrag til vores planet, fordi det isolerende lag så at sige bliver tykkere. Der er tillige en række feedbacks (se boks 1-1), som kan forstærke eller dæmpe de grundlæggende klimapåvirkninger. Alle feedbacks involverer enten albedoen og/eller drivhuseffekten.

Man kan tilnærmelsesvis beregne den energi, der bliver tilført eller fjernet fra Jorden i forbindelse med en klimapåvirkning, som fx en menneskeskabt stigning i atmosfærens indhold af CO_2. Denne udtrykkes i watt pr. kvadratmeter (W pr. m^2) og kaldes også strålingspåvirkning. Størrelsen af strålingspåvirkningen bestemmer i høj grad, hvor stor klimaændringen bliver. Ved beregningen af strålingspåvirkning undlader man så vidt muligt at inddrage effekten af feedbacks (fra fx vanddamp), da dette i høj grad er 'automatiske' klimafølgevirkninger af den egentlige påvirkning.

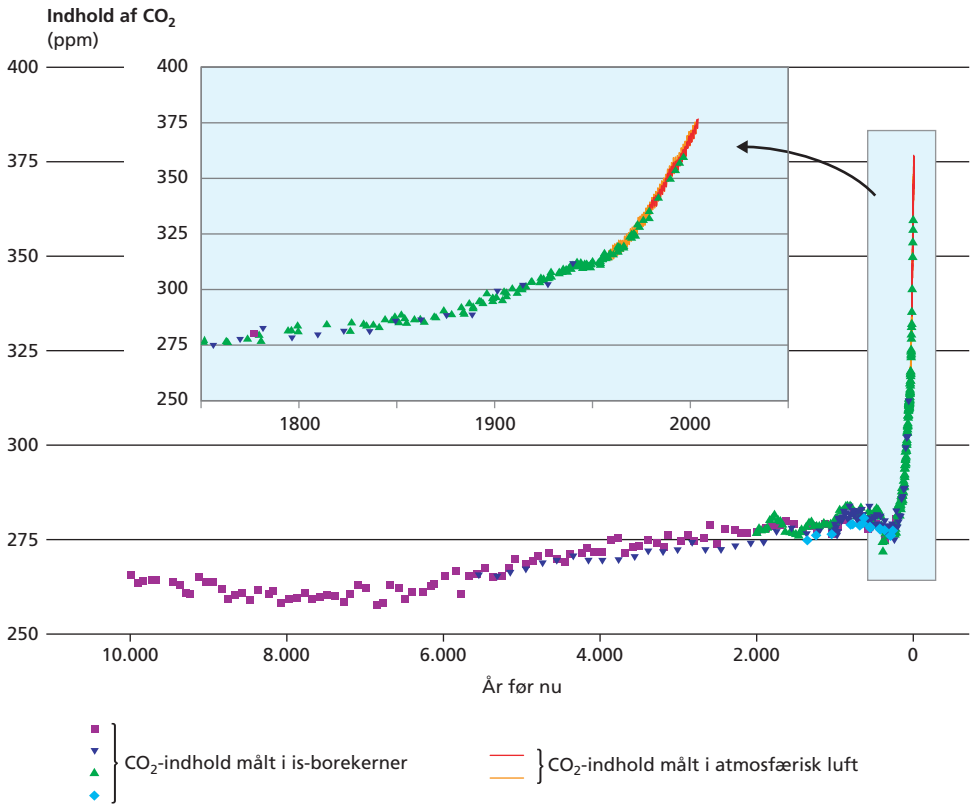
> ”Hver tredje dansker mener, at klimaproblemerne er naturskabte. Hertil siger Bjørn Lomborg. "Der må man bare sige, at det er i modstrid med kendsgerningerne. Der er en tredjedel af danskerne galt afmarcheret.
>
> *Berlingske Tidende den 1. maj 2008*

Årsagen til observerede klimavariationer de seneste 100 år

Afbrændingen af fossile brændsler (kul, olie og gas) samt cementproduktion og skovrydning medfører, at atmosfærens indhold af CO_2 stiger (se figur 1-4). CO_2 udgør kun ca. 0,4 ‰ (promille) af Jordens atmosfære, men koncentrationen er vokset med ca. 35 % siden den industrielle revolution i midten af 1700-tallet. Metanindholdet (CH_4) i atmosfæren har også været stigende op igennem 1900-tallet, og det skyldes ligeledes menneskets aktiviteter.

Både CO_2 og CH_4 er drivhusgasser, og derfor giver menneskets bidrag til disse gasser helt utvetydigt en opvarmende effekt, altså en positiv strålingspåvirkning, som kan beregnes ganske nøjagtigt. Oven i denne er der også mindre positive strålingspåvirkninger fra andre, primært menneskeskabte, drivhusgasser. Forbrændingen af især kul og olie medfører desuden udslip af en række små partikler i atmosfæren, der generelt set virker afkølende, fordi de forøger albedoen.

Ud over de menneskeskabte strålingspåvirkninger har der været meget store, men ret kortvarige, afkølende bidrag i forbindelse med store vulkanudbrud, fordi der udsendes



Figur 1-4

Udviklingen i atmosfærens indhold af kuldioxid (CO_2) efter afslutningen af sidste istid målt i luftbobler i is-borekerner fra Antarktis. Venstre akse viser koncentrationen i ppm (parts per million), dvs. antallet af CO_2-molekyler for hver million luftmolekyler. De forskellige symboler viser resultaterne fra forskellige borekerner. De røde og orange linjer angiver direkte målinger af koncentrationen i atmosfæren (altså ikke fra is-borekerner). Det forstørrede udsnit viser koncentrationen i perioden 1750-2005. CO_2-koncentrationen var kun ca. 180 ppm ved sidste istids maksimum for omkring 20.000 år siden.

små partikler fra vulkaner, som forøger albedoen. Endelig har variationer i Solens udstråling også givet en mindre stigning i strålingspåvirkningen i første halvdel af 1900-tallet. Der har været ganske meget fokus på indirekte solpåvirkninger, dvs. påvirkninger, hvor variationer i Solens aktivitet påvirker andre processer, der så igen påvirker klimaet (se boks 1-2).

Boks 1-2

Indirekte klimapåvirkninger fra Solen

Der er især to mulige indirekte fysiske mekanismer, der har tiltrukket sig opmærksomhed i forbindelse med Solens påvirkning af klimaet:

1. Der sker en absorption (opvarmning) fra ultraviolet (UV) solstråling i stratosfærens ozonlag (i 15-30 km's højde). Mængden af UV-stråling fra Solen varierer over en 11-års periode (også kaldet solpletperioden). Variationen giver større stratosfærisk opvarmning ved solpletmaksimum end ved minimum. Der er et tydeligt og veldokumenteret stratosfærisk 'respons' hen over 11-års perioden, som kan tilskrives denne mekanisme. Nogle undersøgelser peger på, at dette respons kan forplante sig ned i den nedre del af atmosfæren og derigennem måske give anledning til variationer i skydækket.

2. Den danske geofysiker Henrik Svensmark og andre har foreslået en anden indirekte mekanisme, hvor variationer i Solens aktivitet kan påvirke dannelsen af ioner i atmosfæren og dermed muligvis dannelsen af de små partikler, som is og vand kondenserer på, så der dannes skyer. Da især lavtliggende skyer har en ganske kraftig afkølende effekt på klimaet, kan solvariationer måske på denne måde indirekte give klimavariationer. Der er lavet eksperimenter, som har dokumenteret, at der kan dannes meget små partikler ved høj 'kunstig' kosmisk stråling. Problemet er, om disse partikler kan 'smelte sammen' og blive så store (inden de 'fordamper'), at de kan virke som skykondensationskerner.

Uanset hvilken indirekte solpåvirkning, man ser på, er der dog intet, som tyder på, at der har været generelt opvarmende tendenser pga. solaktiviteten de seneste ca. 50 år – i de seneste årtier snarere tværtimod. Der har været variationer i forbindelse med Solens 11-års cyklus, og det er også dokumenteret, at disse faktisk 'passer med' nogle samtidige 'op- og nedture' i atmosfæres temperatur. I første halvdel af 1900-tallet har der dog været en opadgående tendens i solaktiviteten. Det kan derfor ikke helt udelukkes, at en større andel end hidtil antaget af opvarmningen fra ca. 1910-1940 kan hænge sammen med indirekte påvirkninger fra Solen.

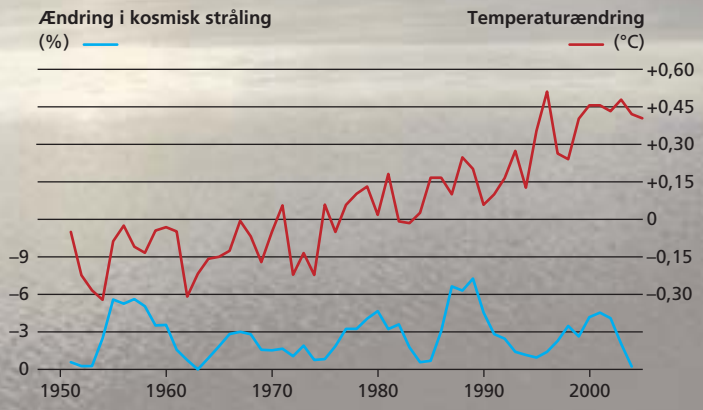
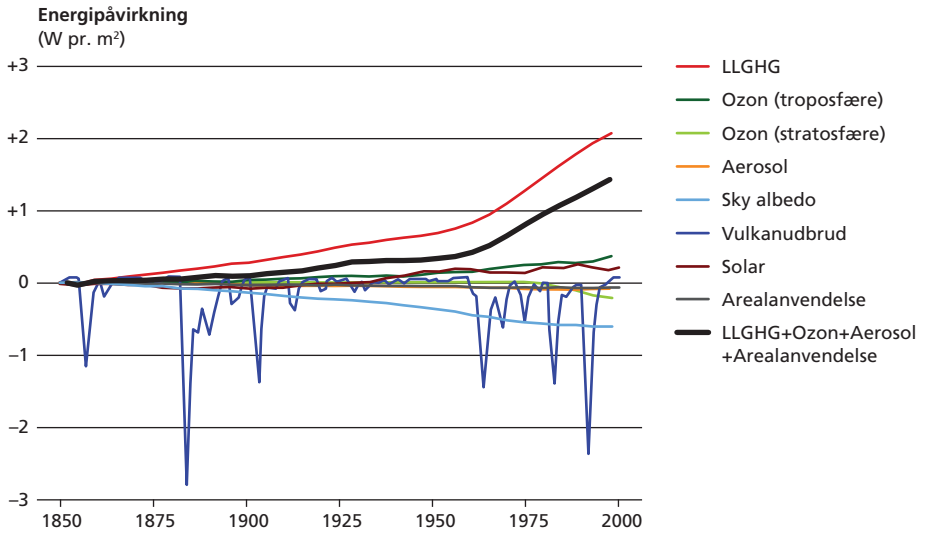


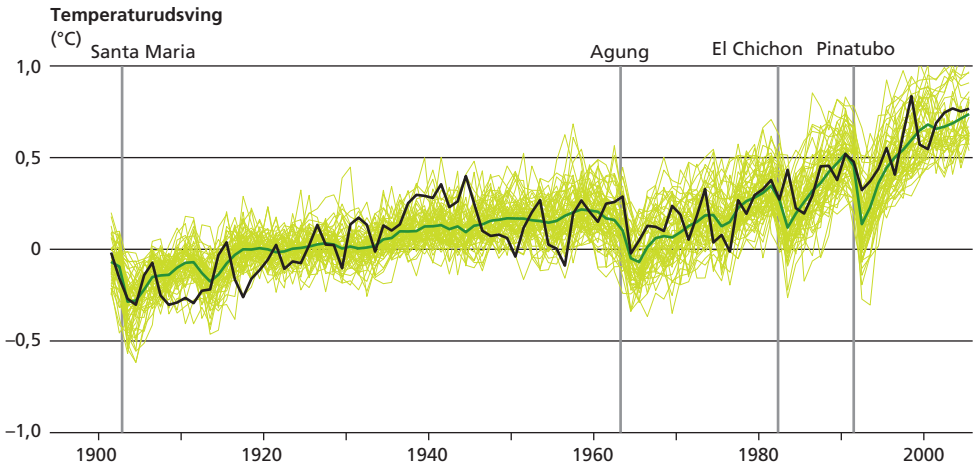
Foto: CDanmark.



Figur 1-5
Estimeret udvikling i ernergi-påvirkningen på Jorden siden 1850 fra forskellige menneskeskabte og naturlige kilder. Med LLGHG (long-lived greenhouse gases) menes drivhusgasser, der har så lang levetid, at de er stærkt opblandede i atmosfæren. Der er ikke taget højde for alle indirekte aerosoleffekter, ligesom mulige indirekte solpåvirkninger via stratosfærens ozonlag eller via galaktisk kosmisk stråling ikke er medtaget.

Figur 1-5 viser en ret simpel beregning med en global klimamodel (se kapitel 3) af udviklingen i strålingspåvirkning i perioden 1850-2000 fra de vigtigste kilder. Andre beregningsmetoder eller andre klimamodeller simulerer ikke præcis samme strålingspåvirkning. Det er specielt i forbindelse med beregning af bidraget fra menneskeskabte aerosoler (dvs. små partikler) og disses effekt på skydannelsen, at der er forskel og usikkerhed i sådanne beregninger. I store træk giver figuren dog et ganske repræsentativt billede. For drivhusgassernes vedkommende er usikkerheden således nede på omkring 10 %. Et karakteristisk træk i figur 1-5 er de meget store, men kortvarige afkølende bidrag fra vulkaner. Det skyldes, at visse eksplosive vulkanudbrud efterlader sulfat-aerosoler i 15-30 km's højde, og at disse tilbagekaster noget af sollyset til rummet (altså forøger Jordens albedo). Det seneste store vulkanudbrud, Pinatubo i Filippinerne i 1991 (se foto side 21), gav en afkøling på mere end 2 W pr. m^2, som formentlig var medvirkende til, at sommeren 1992 var kold i store dele af Arktis.

Et meget væsentligt spørgsmål er, om de strålingspåvirkninger, der er vist i figur 1-5, kan forklare den klimaudvikling, der har fundet sted i 1900-tallet? I det omfang de kan, giver figuren faktisk svaret på, hvad der har forårsaget temperaturudviklingen, som er vist i figur 1-1.



Figur 1-6
Sammenligning mellem den observerede og simulerede globale gennemsnitstemperatur i luften lige over overfladen fra år 1900 til 2005. Den sorte kurve viser observationer (samme som i Figur 1-1), de lysegrønne kurver repræsenterer individuelle modeller og den grønne gennemsnittet af disse modeller. Vulkanudbrud med stor energipåvirkning er markerede med lodrette streger.

Klimaforskerne benytter simuleringer med globale klimamodeller for at undersøge dette bedst muligt. Der er således blevet anvendt en række forskellige klimamodeller til at simulere perioden fra ca. 1850 og frem til nu. Undervejs i simuleringerne forsynes hver klimamodel løbende med information om de aktuelle koncentrationer af forskellige drivhusgasser, om udslip af menneskeskabte sulfat-aerosoler, om variationer i vulkansk aktivitet og solaktivitet mv. På basis heraf opnås et modelbillede af hele klimaudviklingen i 1900-tallet alle steder i atmosfæren, i havet og på landjorden.

Figur 1-6 sammenligner den observerede globale temperatur (samme som i figur 1-1) med resultaterne fra en lang række sådanne beregninger. Det kan ses, at modellerne generelt kan forklare klimaudviklingen. Dette er et af hovedargumenterne for, at Det Internationale Klimapanel (IPCC) i sin seneste rapport har vurderet, at det er meget sandsynligt, at mennesket er hovedansvarlig for den opvarmning, der har fundet sted siden midten af 1970'erne. Det hører med til historien, at der også er gennemført simuleringer, hvor der udelukkende er medtaget naturlige klimapåvirkninger (dvs. sol og vulkaner), og at der ifølge disse ikke skulle have været nogen opvarmning – faktisk snarere et lille fald i temperaturen – siden 1960.

En nærmere analyse af klimaudviklingen viser, at de høje observerede temperaturer omkring 1940 især skyl-

des meget høje temperaturer i det arktiske område. Dette hænger sandsynligvis sammen med en naturlig variation i Atlanterhavets nordgående transporter af varme – altså en omfordeling af varme på Jorden, som via lokale feedbacks slår så stærkt ud på høje nordlige breddegrader, at det kan ses på den globale gennemsnitstemperatur (se også boks 2-3 på side 28). Man kan ikke forvente, at klimamodellerne kan simulere tidspunktet for en sådan variation i verdenshavene korrekt, da det ville kræve, at modellerne blev forsynet med præcis information om havets aktuelle tredimensionelle struktur i årene før 1940.

Da man altså nu har ganske godt styr på årsagerne til den observerede klimaudvikling, er det næste spørgsmål, hvad der kan tænkes at ske inden for de kommende år med den tiltagende globale opvarmning. Umiddelbart kunne man tro, at opvarmningen blot ville fortsætte jævnt. De nyeste undersøgelser peger dog på, at verdenshavenes tilstand lige nu i 2007 medfører, at der kan komme nogle år, hvor opvarmningen går langsommere. Regionalt kan man således forvente faldende temperatur. På længere sigt er der dog intet, som tyder på, at den globale opvarmning ikke vil tiltage. Der vil således efterhånden kunne ses en række ganske store regionale klimaændringer og på længere sigt også væsentlige stigninger i havniveauet. Dette beskrives nærmere i kapitel 3.

Da vulkanen Pinatubo på Filipinerne kom i udbrud i 1991 medførte det, at sommeren 1992 blev usædvanligt kold i store dele af Arktis.
Foto: Bullit Marquez/Polfoto.

Hvad fortæller iskerner om fortidens klima?

Af Ph.d.-studerende, Susanne Lilja Buchardt
Center for Is og Klima, Niels Bohr Instituttet, Københavns Universitet

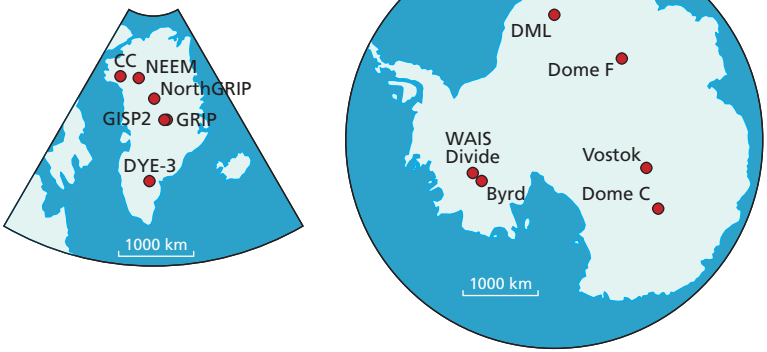
Når man skal vurdere betydningen af og årsagerne til de klimaændringer, vi oplever i dag, er det vigtigt at have en stor viden om fortidens klima. Uden at vide hvordan klimaet opfører sig naturligt, kan man nemlig ikke afgøre, om det, vi ser i dag, adskiller sig væsentligt herfra. Iskernerne fra Grønland og fra Antarktis giver en uvurderlig viden om klimaets variationer over de sidste mange hundrede tusinder år.

Den grønlandske indlandsis er en tre kilometer tyk iskappe af sammenpresset sne, der ligger i en 'skål' mellem høje bjerge langs Grønlands kyster.
Foto: David Keaton/Scanpix.

De store iskapper

Både Grønland og Antarktis er næsten helt dækket af tykke iskapper. Disse to ismasser udgør tilsammen mere end 99 % af den is, der ligger på land. Nogle steder er de over 3 km tykke, og de udgør et helt unikt arkiv over fortidens klima. De er dannet gennem tusinder af år, ved at lag efter lag af sne er blevet aflejret oven på hinanden år efter år. Når et snelag bliver begravet under nye lag, bliver det efterhånden presset sammen til is under vægten af den sne, der ligger ovenpå. På denne måde er der dannet et arkiv af is, hvor den ældste is ligger ved bunden og den yngste ved overfladen af iskappen. Hvis man udborer en iskerne fra toppen og helt ned til bunden, kan man udtage prøver af isen fra alle dybder. Figur 2-1 viser et stykke af en sådan iskerne, der netop er blevet hentet op. Den ældste is med uforstyrrede lag, som man har udboret fra Grønlands indlandsis, er ca. 123.000 år gammel og stammer fra North-GRIP-borestedet i Nordgrønland. Man regner dog med, at man kan finde endnu ældre is i Grønland, og derfor påbegynder man i 2008 en ny iskerneboring ved NEEM i Nordvestgrønland. Figur 2-2 viser placeringen af en række iskerneboresteder i Grønland og på Antarktis.

Figur 2-1
Til venstre: Iskerneboret i borehallen på NorthGRIP gøres klar til at blive sendt ned i borehullet. Boret er ca. 10 m langt og kan hente ca. 3 m iskerne op ad gangen. Til højre: En del af NorthGRIP-iskernen. Iskernen har en diameter på 10 cm.



Figur 2-2
Nogle vigtige iskerneboresteder i Grønland og på Antarktis.

I de indre dele af Antarktis falder der betydeligt mindre sne end i Grønland, hvilket medfører, at årlagene er meget tyndere. Derfor kan man på Antarktis finde langt ældre is end i Grønland. Iskernen fra Dome C indeholder fx is, der er over 800.000 år gammel. De tynde lag gør dog, at man ikke kan opnå en lige så høj detaljeringsgrad i klimahistorien, som man kan fra grønlandske iskerner. Så selvom de grønlandske iskerner ikke rækker lige så langt tilbage i tiden som nogle af de antarktiske, så giver de ofte et meget mere detaljeret billede af klimaets opførsel i den periode, de dækker.

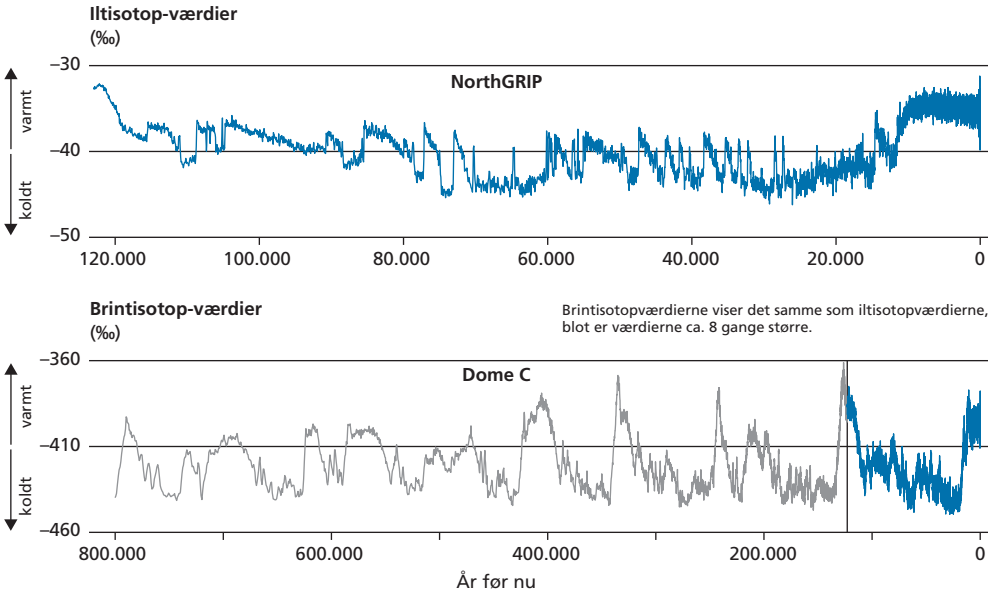
Iskerner

Ved at undersøge iskernerne fra Grønland og Antarktis kan vi få viden om fortidens klima. Forholdet mellem tunge og lette vandmolekyler i isen indeholder nemlig information om temperaturen på det tidspunkt, da sneen faldt (se boks 2-1). Når man måler dette forhold hele vejen ned gennem en iskerne, får man en kurve, der viser, hvordan temperaturen har ændret sig gennem tiden. To sådanne kurver fra NorthGRIP i Grønland og fra Dome C på Antarktis er vist i figur 2-3. På en skala af hundrede tusinde år varierer klimaet mellem en kold og en varm tilstand: Istid og mellemistid. Man ved fra undersøgelser af sedimenter på havbunden, at denne skiften mellem istid og mellemistid har stået på i flere millioner år. Årsagen hertil menes at være små ændringer i Jordens bane omkring Solen og i jordaksens hældning og retning. Dette kaldes den astronomiske teori (se boks 2-2). En istid varer typisk omkring 100.000 år, mens en mellemistid varer 10.000-15.000 år. Vi befinder os på nuværende tidspunkt i en mellemistid, der har varet ca. 11.700 år. Både i vores nuværende mellemistid og i tidligere mellemistider har det været varmere, end det er i dag. Gennemsnitstemperaturen i Grønland var fx ca. 1 °C varmere end i dag, dengang vikingerne bosatte sig på

Boks 2-1

Isotoptermometeret

Vandmolekyler består af to brintatomer og et iltatom. Langt de fleste iltatomer har 8 protoner og 8 neutroner i kernen og har derved en atomvægt på 16 (^{16}O), men der findes også nogle iltatomer, der har to ekstra neutroner i kernen, hvilket øger deres atomvægt til 18 (^{18}O). Med et massespektrometer kan man i smeltede isprøver måle hvor stor en andel af vandmolekylerne, der har et tungt iltatom. Derved kan man få noget at vide om, hvad temperaturen har været tilbage i tiden, for jo mindre der er af den tunge slags ilt, jo koldere har det været, da sneen faldt.



Figur 2-3

Øverst: Klimakurven fra NorthGRIP i Grønland. Nederst: Samme slags kurve fra Dome C på Antarktis. Kurverne viser forholdet mellem lette og tunge vandmolekyler gennem tiden. Dette forhold er et mål for temperaturen tilbage i tiden. Læg mærke til, at kurven fra NorthGRIP repræsenterer de sidste 123.000 år, mens kurven fra Dome C rækker 800.000 år tilbage i tiden. Den blå del af den nederste graf angiver de 123.000 år, der også er repræsenteret i den øverste graf.

Kilder: North Greenland Ice Core Project members, Nature 431, 147-151 (2004) og J. Jouzel et al. Science 317, 793-797 (2007).

vestkysten af landet for omkring 1.000 år siden, og under forrige mellemistid for ca. 120.000 år siden var klimaet i Grønland ca. 5 °C varmere end i dag. Under sidste istid var klimaet imidlertid omkring 20 °C koldere og temmelig ustabilt i forhold til det nuværende klima i Grønland.

I de grønlandske iskerner har man fundet spor af 25 hurtige og voldsomme klimasvingninger (kaldet Dansgaard-Oeschger events) i løbet af sidste istid. Ved en sådan klimasvingning kan temperaturen stige med 5-10 °C eller mere inden for få årtier, hvorefter den aftager igen over 500-2.000 år. Man mener, at ændringer i havstrømmene spiller en vigtig rolle i forbindelse med disse kraftige udsving (se boks 2-3).

Boks 2-2

Den astronomiske teori

Den astronomiske teori, der også er kendt under navnet Milankovitch-teorien, er den mest anerkendte forklaring på klimaets skiften mellem istid og mellemistid. Den forklarer klimavariationerne ud fra små periodiske svingninger i tre af Jordens baneparametre. Disse svingninger er forårsaget af tyngdekraften fra de andre planeter i solsystemet og fra Solen og Månen.

- *Jordbanens eccentricitet*
  Jordens bane omkring Solen ændrer form fra næsten cirkulær til en smule mere elliptisk og tilbage igen i løbet af ca. 100.000 år. Når banen ændrer form, ændres Jordens afstand til Solen, og derved ændres den samlede energi, som Jorden modtager fra Solen – men kun en lille smule.

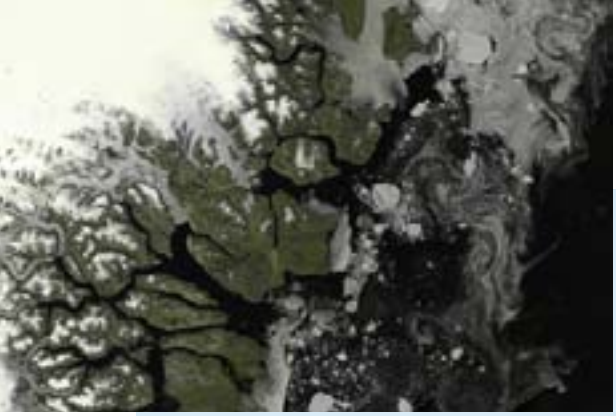
- *Jordaksens hældning*
  Hældningen af Jordens omdrejningsakse i forhold til en akse vinkelret på Jordens bane om Solen varierer mellem ca. 21° og 24° med en periode på ca. 41.000 år. For tiden er hældningen ca. 23°. Ændringer i jordaksens hældning giver ikke anledning til ændringer i den totale energi, som Jorden modtager fra Solen, men det ændrer fordelingen af energien mellem de forskellige breddegrader på Jorden. Når aksehældningen er stor, bliver forskellen på sommer og vinter på de høje breddegrader større (varmere somre og koldere vintre). Koldere somre på høje breddegrader som følge af en lav aksehældning menes at kunne være medvirkende til starten af en istid.

- *Jordaksens retning i rummet*
  Rotationsaksens retning i rummet ændrer sig med en periode på ca. 21.000 år. I øjeblikket er det sommer på den nordlige halvkugle, når Jorden befinder sig tættest på Solen i sin bane. Om ca. 10.500 år vil det derimod være sommer på den sydlige halvkugle, når Jorden er tættest på Solen. Rotationsaksens retning i rummet ændrer ikke på den totale solindstråling, men den har indflydelse på størrelsen af årstidsvariationen i temperaturen og dermed på klimaet.

Det er altså kun ændringerne i eccentriciteten, der fører til ændringer i den totale energi, som Jorden modtager fra Solen, og disse ændringer er så små, at de ikke i sig selv kan forklare istiderne. Men selv små ændringer kan starte nogle selvforstærkende mekanismer (såkaldte positive feedbackmekanismer) internt i Jordens klimasystem, som forstærker effekten af ændringerne. To af de vigtigste feedbackmekanismer, nemlig den for atmosfærens indhold af vanddamp og den for Jordens albedo, er beskrevet i boks 1-1 på side 15.

Jordens bane omkring Solen ændrer sig over en periode på ca. 100.000 år, og det kan sætte gang i en kædereaktion i Jordens klima, som kan være årsagen til istiderne.

Foto: Spacephotos/Polfoto.



Satellitbillede af Nordøstgrønland i juli måned, hvor Indlandsisen ses til venstre, og den drivende polaris i havet til højre. Det er her nedsynkningen af koldt og saltholdigt overfladevand driver 'Oceanernes Kolde Hjerte.'
Foto: NASA.

Boks 2-3

Den termohaline cirkulation

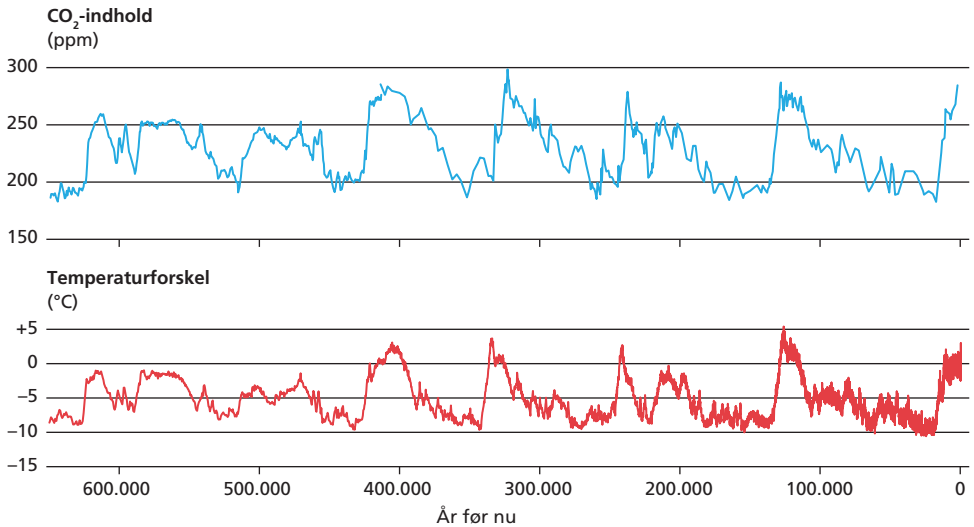
Jorden modtager mest energi fra Solen på de lave breddegrader nær ækvator, men strømme i atmosfæren og i havet transporterer energi mod de høje breddegrader nær polerne. I denne sammenhæng spiller den termohaline cirkulation i havet en vigtig rolle for klimaet i området omkring Nordatlanten. Den termohaline cirkulation bliver drevet af forskelle i vandets massefylde, der er bestemt af temperaturen (termo) og af saltindholdet (haline). Jo mere salt der er i vandet, jo tungere er det, og jo koldere vandet er, jo tungere er det.

I det nordlige Atlanterhav køles overfladevandet af vinden. Når luften bevæger sig hen over vandet, får den nemlig noget af vandet til at fordampe, hvilket afkøler havvandet, ligesom når man puster på en våd hånd. Desuden fjerner fordampningen kun vandmolekylerne og lader saltet blive tilbage. Derved stiger saltholdigheden i det tilbageværende vand. Noget lignende sker, når der dannes havis, da det her også kun er selve vandet, der 'fjernes' i form af is. Disse processer gør altså, at overfladevandet bliver koldere og mere saltholdigt og dermed tungere, så det synker til bunds. Det 'trækker' varmere overfladevand op sydfra, hvilket udgør den 'pumpe', som man kalder Oceanernes Kolde Hjerte.

Dette skaber et forholdsvis mildt klima omkring Nordatlanten. Man mener, at en pludselig opstart i nedsynkningen af tungt saltholdigt vand kan forklare de hurtige opvarmninger under sidste istid. De efterfølgende nedkølinger forklares på lignende vis med, at store smeltevandsmasser fra iskapperne er strømmet ud i havet og har 'fortyndet' saltvandet i området så meget, at det ikke længere har været tungt nok til at synke til bunds. Derved er der ikke blevet pumpet så meget varmt vand mod nord, og klimaet omkring Nordatlanten er blevet koldere.

Gasser i iskerner

Iskernerne giver en enestående mulighed for at studere atmosfærens indhold af CO_2 og andre drivhusgasser tilbage i tiden. Da isen i de store iskapper er dannet ved, at sne er blevet presset sammen, indtil det er blevet til is (og altså ikke fra flydende vand, der er frosset), indeholder den nogle bittesmå luftbobler. Disse luftbobler har været isoleret fra atmosfæren, siden de blev indesluttet i isen og er således forseglede prøver af atmosfæren fra dengang, luften blev fanget i isen. Ved at analysere luften i boblerne i iskerner fra Antarktis har man fået en kurve over, hvordan CO_2-koncentrationen i atmosfæren har ændret sig gennem tiden. Figur 2-4 viser sådan en kurve for de sidste 650.000



Figur 2-4
Øverst: Atmosfærens CO_2-indhold gennem de sidste 650.000 år målt i luftboblerne i antarktiske iskerner. Bemærk, at CO_2-stigningen over de sidste par hundrede år ikke er vist på denne graf.
Nederst: Temperaturforskellen fra den nuværende temperatur på Antarktis for samme periode.

Kilder: J. R. Petit et al. Nature 399, 429-436 (1999), U. Siegenthaler et al., Science 310, 1313-1317 (2005) og J. Jouzel et al., Science 317, 793-797 (2007).

år sammen med temperaturændringerne på Antarktis i samme periode. Man kan se, at der er en tæt sammenhæng mellem de to kurver. Når det er varmt, er der mere CO_2 i atmosfæren, end når det er koldt. Iskernestudier viser, at i de fleste tilfælde stiger temperaturen og derefter CO_2-koncentrationen ved overgangen fra en istid til en mellemistid. Det vil dog være forhastet derfra at konkludere, at det er temperaturstigningen, der forårsager CO_2-stigningen. Modeller for klimaet kræver nemlig en stigning i CO_2-indholdet for, at temperaturen kan stige nok til, at klimaet skifter fra istid til mellemistid. Det er altså meget svært at afgøre, om den ene af stigningerne er årsag til den anden.

Af figur 2-4 kan man også se, at gennem de sidste 650.000 år har CO_2-indholdet i atmosfæren aldrig været højere end 300 ppm (parts per million). Figur 1-4 på side 17 viser imidlertid, at CO_2-koncentrationen i løbet af de sidste 200 år er steget fra omkring 280 ppm til ca. 380 ppm. Så selvom nogle af de forrige mellemistider har været varmere end vores nuværende, så har CO_2-indholdet i atmosfæren ikke været nær så højt, som det er i dag. Den kraftige stigning i CO_2-koncentrationen over de sidste 200 år skyldes hovedsaglig menneskets afbrænding af fossile brændstoffer, og uden den øgede CO_2-mængde i atmosfæren kan man ikke forklare størrelsen af den observerede temperaturstigning i samme periode.

3 Hvad siger verdens mest avancerede klimamodeller om fremtiden?

Af Jens Hesselbjerg Christensen
Forskningsleder, Danmarks Meteorologiske Institut

Klimamodeller er klimaforskerens laboratorium. Med en matematisk beskrivelse af atmosfæren, havene, isen og landjorden bliver computeren pludselig til en tumleplads for beregninger af, hvordan klimaet har ændret sig fra sidste istid og til i dag. Men også de forandringer, der vil finde sted over de kommende århundreder som følge af menneskets afbrænding af fossile brændstoffer og den fortsatte fældning af regnskovene, kan studeres i detaljer.

Hyppigheden, intensiteten og varigheden af ekstreme vejrsituationer vil øges med de fremtidige klimaændringer.
Foto: H. Mall/Polfoto.

Til brug for beregning med klimamodeller kræves nogle af verdens kraftigste computere. Her ses et udsnit af DMI's supercomputer, som har været anvendt til vejr- og klimaberegninger siden 2002.
Foto: Flemming Jensen, DMI.

Et kompliceret system

Menneskets aktiviteter påvirker atmosfæren og dermed det globale klima. Den mest kendte opvarmende bivirkning af vores aktiviteter stammer fra udledningen af drivhusgasser ved forbrænding af fossile brændstoffer som kul, olie og gas. Fænomenet – kaldet den menneskeskabte drivhuseffekt – er medvirkende til den globale opvarmning (se kapitel 1).

Forståelsen af denne påvirkning er blevet stadig mere detaljeret, og dette er sket ikke mindst pga. den forsatte udvikling af klimamodeller, der giver en enestående mulighed for at studere de mange indviklede processer og sammenhænge, som indgår i Jordens samlede klimasystem. Der er tale om et system, som omfatter atmosfæren, havene, søer og floder, landoverflader, iskapper og gletsjere. Det er med andre ord et meget komplekst system, og det kræver ekspertise inden for mange discipliner for overhovedet at kunne lave detaljerede beregninger af, hvordan dette system opfører sig som følge af ændringer i indre eller ydre påvirkninger. Det er derfor også et resultat af mange menneskers indsats, at matematisk formulerede

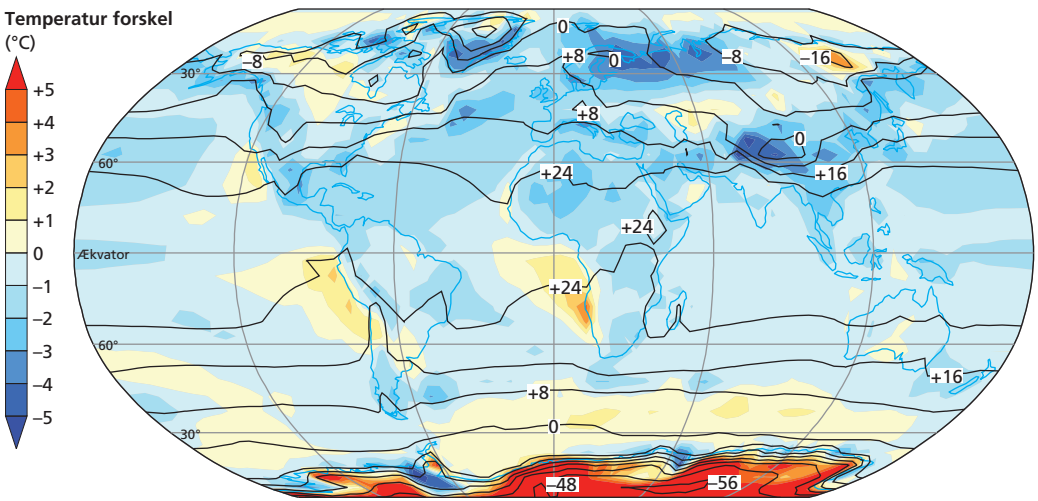
Tropiske orkaner er smukke set fra verdensrummet, men skaderne på jorden er ofte betydelige og kan medføre tusinder af dræbte og lemlæstede. Orkanen Isabel ud for det østlige USA i 2003.
Foto: NASA.

modeller til beskrivelse af disse komponenter og deres indbyrdes samspil overhovedet kan fungere og omsættes til computerkode. I sidste ende kræver det adgang til nogle af verdens allerhurtigste computere for at kunne anvende disse modeller til at simulere Jorden klima.

Modelverdenen

For at sikre, at klimamodellerne giver troværdig information om den sandsynlige fremtidige udvikling, er det nødvendigt også at kunne efterligne væsentlige træk af den klimatiske udvikling indtil nu. Et vigtigt arbejde med klimamodellerne består derfor i at lave simuleringer af det nuværende klima og analysere, i hvilken grad modellernes simulering af det nuværende klima er i overensstemmelse med det klima, vi reelt observerer. Kvaliteten af klimamodellerne bliver til stadighed forbedret, og samlet set kan de godt tyve forskellige avancerede klimamodeller, som i dag findes på verdensplan, beskrive de geofysiske sammenhænge i klimasystemet tilfredsstillende. Derfor må vi anse beregninger for fremtidens klima i en verden med et stadigt stigende niveau af drivhusgasser for at være meget realistiske under forudsætning af, at vi beskriver den fremtidige udvikling i drivhusgasser realistisk.

Modellerne bygger på fysikkens love og giver en matematisk beskrivelse af klimasystemets forskellige dele: atmosfære, oceaner, biosfære (alt det levende), is og sne samt den faste jord. I modellerne er atmosfære, jordoverflade og oceaner delt op i et tredimensionalt gitter, og i hvert gitterpunkt beregner man, hvordan temperatur, fugtighed, vind, havstrøm etc. ændrer sig med tiden. Det eneste tidspunkt, hvor modellen bliver fodret med information om klimasystemet, er, når beregningen skal starte. Her bliver modellen fodret med informationer om et øjebliksbillede af hele systemet. Det skal tages helt bogstaveligt, idet man eksempelvis tager udgangspunkt i vejret en ganske bestemt dag: Resten er op til modellen. Figur 3-1 viser en sammenligning mellem det beregnede klima foretaget med en klimamodel og en analyse af observationer fra hele Jorden af den årlige middeltemperatur. Afvigelsen fra den observerede temperaturfordeling begrænser sig med enkelte undtagelser til nogle få grader. De største afvigelser ses i egne med sne og is.



Figur 3-1

På dette verdenskort er der lavet en sammenligning mellem de beregnede temperaturer ifølge en klimamodel og de faktiske observationer af middeltemperaturerne fra hele Jorden. Det ses, at modellens afvigelse fra den observerede temperaturfordeling med enkelte undtagelser begrænser sig til nogle få grader (de lyse farver). De største afvigelser ses i egne med sne og is, hvor modellen fx giver for lave temperaturer i Nordrusland og for høje temperaturer på Antarktis. Konturlinjerne angiver den observerede temperaturfordeling.

Kilde: IPCC, WGI.

Scenarier – mulige fremtider

Med klimamodellerne kan man altså regne sig frem til hvilke elementer af klimaet, der vil ændre sig og i hvor høj grad i årene fremover. Stiger temperaturen? Og hvis temperaturen stiger, hvor meget stiger den så? Og er det så en generel stigning, eller stiger den mere visse steder og på bestemte årstider?

Der er dog en stor ubekendt faktor i modelleringerne: Hvordan udvikler samfundet sig de kommende 100 år? Vi mangler svar på spørgsmål som: Vil miljøbevidstheden fortsat være stigende? Finder vi gode alternativer til kul og olie? Kan vi bekæmpe klimaændringer ved fx at trække drivhusgasser ud af atmosfæren igen, eller i det mindste pumpe drivhusgasserne fra kraftværkerne ned i jorden i stedet for ud i luften?

Det Internationale Klimapanel (IPCC) har forsøgt at fastlægge en række alternative fremtider med hver sin teknologiske udvikling og udledning af stoffer, som direkte eller indirekte påvirker klimaet. Fremtiderne kaldes for scenarier, og de rækker fra det bæredygtige samfund, der primært får energi fra alternative kilder til det storforbrugende samfund, der skruer yderligere op for udslippet af forskellige stoffer i forhold til i dag. IPCC har opstillet en række forskellige hovedscenarier. Vi vil her fremhæve tre af dem:

A1-scenarierne bygger på et fremtidsbillede, der er karakteriseret ved høj økonomisk vækst, lav befolkningsvækst og hurtig introduktion af effektive teknologier, der medfører lavt udslip af drivhusgasser. Scenarierne forudsætter også en globalisering af økonomierne og stor indkomstudjævning mellem regionerne. Samlet er resultatet i A1-scenarierne høj økonomisk vækst og en moderat stigning i drivhusgasudslip.

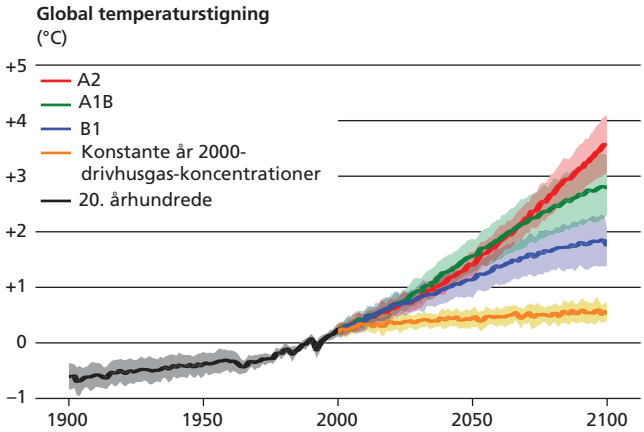
A2-scenarierne forudsætter en lille global økonomisk integration og en langsommere teknologisk udvikling. Samtidig forudsætter scenariet fortsat en høj befolkningstilvækst. Resultatet af disse forudsætninger er en markant mindre økonomisk vækst end i A1, men lige så store drivhusgasudslip.

B1-scenarierne forudsætter i lighed med A1 en høj økonomisk vækst og teknologisk udvikling i en verden præget af globalisering. I forhold til A1 forudsætter B1 også, at fremtidens forbrug bliver mindre ressourceintensivt, og at der bliver introduceret meget miljøvenlige teknologier. Dermed opnås en høj økonomisk vækst med relativt lille miljøbelastning.

Omfanget af de fremtidige klimaændringer afhænger i høj grad af, hvordan vi mennesker vælger at udvikle vores samfund overalt på Jorden.
Foto: Martin Rasmussen/Scanpix.

Med udgangspunkt i disse scenarier er der regnet fremad med de mange klimamodeller. Figur 3-2 viser den globale temperaturstigning frem til år 2100 for tre af IPCC's scenarier: A1B, A2 og B1. Hertil kommer endnu et scenario, hvor drivhusgasserne er fastholdt på år 2000-niveauet hele vejen frem til 2100. Også perioden 1900 frem til 2000 er modelbaseret. De anvendte modeller giver ikke helt de samme resultater. De fede kurver er middelværdier baseret på alle modelresultater, mens de lyse nuancer angiver usikkerheden for temperaturudviklingen for det enkelte scenario. Alle værdier er angivet i forhold til middeltemperaturen for perioden 1961-1990. Omkring år 2100 vil temperaturen eksempelvis globalt stige 3-4 °C, hvis verden udvikler sig som antaget under IPCC's A2-scenario, 2,4-3,4 °C, hvis verden udvikler sig efter A1B eller 1,4-2,4 °C, hvis verden udvikler sig som i B1. Hvis der ikke længere

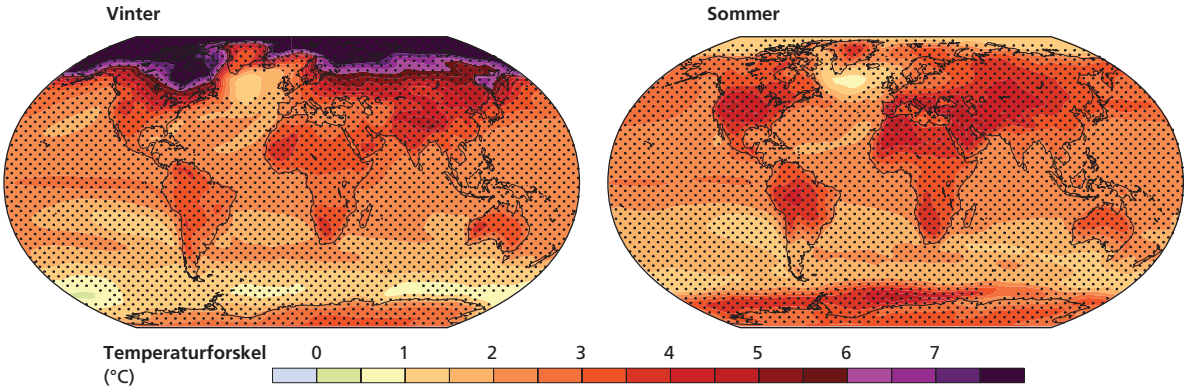
Figur 3-2
Modelberegninger af den globale temperaturstigning i °C fra 1900 og frem til år 2100. Beregninger er vist for tre af IPCC's udslipscenarier samt for en utopisk situation, hvor luftens indhold af drivhusgasser forbliver konstant på år 2000-niveau. Alle værdierne er sat i forhold til middeltemperaturen for perioden 1961-1990. Se yderligere i teksten.
Kilde: IPCC WGI.



blev tilført drivhusgasser til atmosfæren, ville temperaturen alligevel stige med 0,4-0,8 °C (den gule kurve med rød middelværdi). Det skyldes, at Jordens klima endnu ikke er i balance med det nuværende drivhusgasniveau, og derfor vil temperaturen fortsat stige i løbet af de næste 100 år, uanset hvordan verden udvikler sig.

Geografisk fordeling

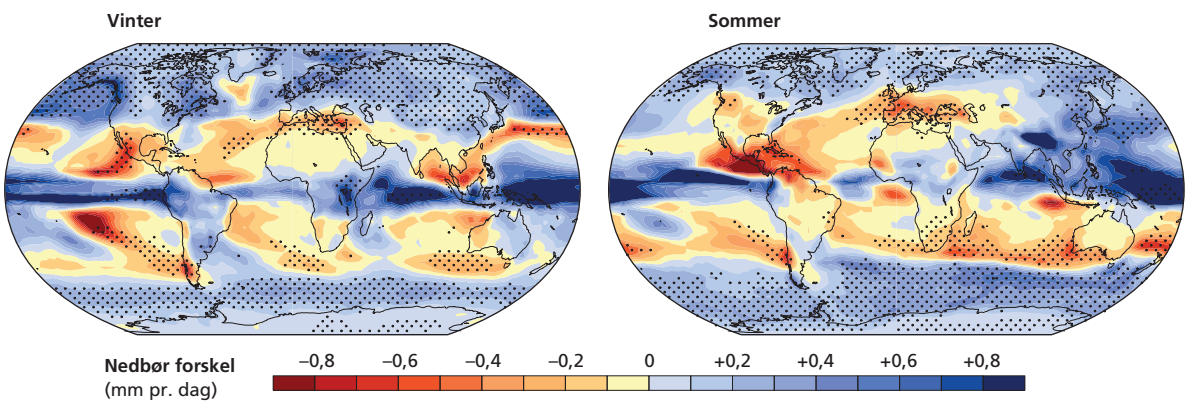
Nu er det jo ikke den globale temperaturstigning, der i sig selv er afgørende for, hvad der vil ske af ændringer omkring os. Det er det fingeraftryk, som bliver afsat i den regionale udvikling i temperatur og nedbør – ikke mindst ændringer i ekstreme vejrbegivenheder som tørke eller skybrud – der er afledt af en global opvarmning. Her er klimamodellerne igen leveringsdygtige. Figur 3-3 viser,



hvorledes middeltemperaturen og nedbøren vil ændre sig over de næste hundrede år, hvis vi forestiller os en verden, der udvikler sig som forudsat i A1B-scenariet. Det fremgår, at der i dette scenario vil ske markante regionale forandringer i klimaforholdene overalt på Jorden. Umiddelbart kan man fremhæve, at opvarmningen over land er markant højere end over vand og dermed også højere end det globale middel. Typisk er temperaturstigningen over land 4-5 °C mod 3 °C for det globale middel. Endvidere er opvarmningen meget større om vinteren i Arktis, over 7,5 °C, hvilket til dels skyldes store reduktioner i mængden af is og sne i en varmere verden (se kapitel 5).

Der sker også markante ændringer i nedbørsfordelingen. Det generelle billede er, at der bliver endnu mere tørt, hvor det allerede i dag er tørt, og der kommer endnu mere vand, hvor det i dag regner meget. Det er samtidig sådan, at de tørre områder breder sig, hvorfor man må forvente en øget risiko for tørke mange steder. Hvor det kommer til at regne mere, bliver der større risiko for oversvømmelser. I Danmark er resultatet, at vintrene bliver vådere, mens somrene bliver noget tørrere. Ændringerne i overfladetrykket med et noget lavere tryk nær polerne og et højere tryk på de mellemste breddegrader betyder tillige, at stormbanerne bliver skubbet lidt imod polerne. Da mange lavtryk med høje vindstyrker allerede passerer Danmark og syd herfor, kommer det til at betyde, at vi ikke skal forvente nogen væsentlig ændring i antallet af storme. Til gengæld tyder anden forskning på, at den maksimale stormstyrke bliver forøget over hav, og at den maksimale vandstand ved Vestkysten derfor stiger (se yderligere i kapitel 4).

Figur 3-3
Verdenskort med modellerede ændringer for temperatur (side 36) og nedbør (side 37) for vinter og sommer. Ændringerne er for A1B-scenariet for perioden 2080-2099 i forhold til 1980-1999. De prikkede områder markerer, at resultatet genfindes i alle klimamodellerne.
Kilde: IPCC WGI.



De forventede klimaændringer vil mange stedet medføre mere nedbør, hvor der i forvejen falder meget, og mere tørke, hvor der i forvejen ofte er tørt.
Foto: Scanpix.

Mere ekstremt vejr

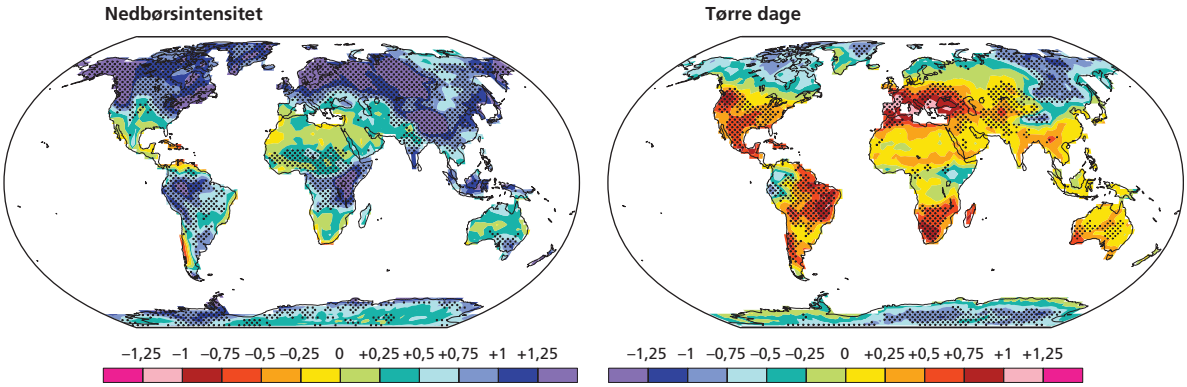
En øget drivhuseffekt fører ikke blot til et generelt varmere klima, men også til ændringer i hyppigheden, intensiteten og varigheden af ekstreme vejrbegivenheder. Beregningerne viser fx, at vi vil få flere og længerevarende hedebølger, men samtidig vil vi få kraftigere nedbørshændelser. Figur 3-4 viser, hvordan den geografiske fordeling i ændringen i nedbørsintensiteten og antallet af sammenhængende tørvejrsdage ændrer sig for A1B-scenariet i løbet af dette århundrede. Det fremgår, at der overvejende vil ske en ændring i retning af kraftigere nedbørshændelser over det meste af Jorden, men også at antallet af tørvejrsdage bliver forøget. Ved at sammenholde disse informationer med ændringerne i middelnedbør og temperatur, som vist i figur 3-3, kan man se, at risikoen for både oversvømmelser og tørke bliver forøget mange steder på Jorden. Visse steder bliver risikoen endda større for begge dele – men naturligvis ikke samtidig!

I Danmark er billedet meget i tråd med denne generelle udvikling. Både sommer og vinter vil der være en forøget risiko for kraftige regnvejr (sne bliver et temmelig sjældent

fænomen), og om sommeren vil der være en betydelig øget risiko for, at der opstår egentlige tørkesituationer (se yderligere i kapitel 4).

Udviklingen i klimaet i Danmark er karakteristisk for det meste af Nordvesteuropa. Vi skal dog ikke længere væk end til det nordlige Skandinavien eller Middelhavsområdet, før vi finder væsentlige afvigelser. Nordpå stiger både temperatur og nedbør gennemsnitligt noget mere end hos os. Sydpå bliver nedbøren reduceret markant, og blandt andet Spanien, Portugal og Grækenland vil opleve decideret tørke i sommerperioden.

Figur 3-4
Verdenskort med ændringen i nedbørsintensitet (venstre) og ændringen i tørvejrsperioder (højre). Ændringerne er for A1B-scenariet for perioden 2080-2099 i forhold til 1980-1999. Skalaerne er standardiserede, men positive og negative værdier repræsenterer hhv. øgning og reduktion i forhold til det nuværende klima.
Kilde: IPCC WGI.



4 Hvordan vil klimaændringerne påvirke Danmark?

Af Jørgen E. Olesen
Forskningsprofessor, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet

Danmark og danskerne vil generelt få fordele af et varmere klima. Landbruget vil kunne øge produktionen, og vi vil reducere udgifterne til boligopvarmning. Ulemperne er især knyttet til flere storme, mere intens nedbør, mere vinternedbør og vandstandsstigninger. Det øger risikoen for oversvømmelser og skader, som kan være meget tabsgivende.

Hyppigheden af oversvømmelser i Danmark vil stige i en fremtid med mere nedbør om vinteren og kraftigere skybrud om sommeren samt hyppigere storme med høj vandstand langs kysterne.
Foto: John Cancalosi/FOCI.

Sne bliver en sjældenhed i fremtidens danske klima.

Foto: J.S. Sira/Polfoto.

Varmere somre, mildere vintre og hyppigere storme

Danmark vil ikke alene blive påvirket af de stigende temperaturer. Det vil i lige så høj grad være ændringer i nedbørsmønstre og vandstandsstigninger, der bliver afgørende for vores leveforhold og for landbrugets produktionsgrundlag under et ændret klima. Vi er dog begunstigede af et mildt klima i udgangssituationen, og vi vil generelt opleve en del af ændringerne som positive med varmere somre og mildere vintre. Der er dog også betydelige negative konsekvenser, især knyttet til hyppigere storme, vådere vintre og kraftigere nedbørhændelser (se tabel 4-1).

Tabel 4-1
Sandsynlige klimaændringer i Danmark frem mod år 2100.
Kilde: Danmarks Meteorologiske Institut.

Temperaturstigning	+ 3-5°C
Sommernedbør (især sensommer)	– 10-25 %
Ekstrem sommernedbør	+ 10-20 %
Vinternedbør	+ 20-40 %
Vinternedbør som sne	– 70-90 %
Vandstandsstigning	+ 0,5 m
Stormaktivitet	moderat stigning

Danmark er kendetegnet ved et forholdsvis fladt landskab med en meget lang kyststrækning (7.400 km i alt) og en intensiv udnyttelse, hvor mere end 60 % af landet bliver benyttet til landbrug. Det er i international sammenhæng en meget høj andel. Landbrugsarealet er dog faldende som følge af byudvikling, nye veje og retablering af skove og naturområder. Skovene udgør for nuværende ca. 10 % af landets areal.

Mere grundvand

I Danmark er vi begunstigede af en forholdsvis stor og ren grundvandsressource, som gør, at vi kan anvende grundvandet urenset som drikkevand. Den forventede større vinternedbør vil medføre en øget grundvandsdannelse og dermed et stigende grundvandsspejl. På grund af forskelle i geologi vil det især være i det sandede Vestjylland, at grundvandstanden stiger, mens det især er afstrømningen i vandløbene, der vil blive påvirket på det lerede Sjælland.

Vi forventer, at somrene bliver mere tørre, og det vil øge behovet for kunstvanding. Dette vil nok ikke blive det store problem i landbruget, hvor kunstvandingen især er lokaliseret på de sandede jorder i Jylland. Her vil den øgede vinternedbør sikre tilstrækkelige grundvandsressourcer til

kunstvanding. Det kan blive et større problem for golfbaner og haver i Østdanmark, hvor et øget vandforbrug kan give et større pres på både grundvand og overfladevand. Desuden kan et stigende havspejl på nogle øer medføre stigende problemer med saltvandsindtrængning i drikkevandet.

Større landbrugsproduktion

Dansk landbrug vil være gunstigt stillet med hensyn til de forventede klimaændringers virkninger på produktionspotentialet. Udnyttelse af dette potentiale forudsætter dog tilpasninger i landbrugets dyrkningspraksis. Der vil især være mulighed for at dyrke nye afgrøder (fx majs og solsikke), som kan give større udbytter end de nuværende afgrøder. Det vil desuden være nødvendigt at øge mængden af gødning. Danske landmænd er allerede i fuld gang med at tilpasse valg af afgrøder og sorter til de nye klimaforhold. Det ses fx i det stærkt stigende areal med majs i Danmark, som skyldes den varmere og længere sommer, der favoriserer majsen.

De problemer, der kan opstå i landbruget, vil hovedsageligt være knyttet til landbrugets påvirkning af miljøet. De er således sekundære, men muligvis ret alvorlige i form at øget risiko for tab af kvælstof og fosfor til vandmiljøet (se boks 4-1) og øget forbrug af pesticider (se boks 4-2).

Boks 4-1

Større risiko for iltsvind

De danske vandområder er karakteristiske ved at være forholdsvis lavvandede systemer, som pga. et intensivt udnyttet landskab er kraftigt påvirkede af fysiske forstyrrelser og udledningen af næringsstoffer fra landbrug og byer. Vandområderne er derfor meget følsomme for yderligere påvirkninger, som fx klimaforandringer.

Den øgede temperatur, nedbør og vandafstrømning vil alt andet lige få udvaskningen af næringsstoffer fra land (fosfor og kvælstof) til at stige. Det vil true den økologiske tilstand i danske søer, fjorde og åbne farvande, da mere næring sammen med en øget temperatur vil øge algevæksten og dermed risikoen for iltsvind og forekomst af giftige blågrønalger. Det øger derfor også presset på landbrug og renseanlæg for at reducere udledningerne af kvælstof og fosfor til vandmiljøet yderligere.

Vi risikerer, at iltsvind og fiskedød vil forekomme endnu hyppigere i fremtiden.
Foto: Bent Lauge Madsen.

Dyrkning af majs er allerede stigende herhjemme, og den vil øges yderligere i fremtiden.

Foto: Jørgen E. Olesen.

Boks 4-2

Flere pesticider i landbruget

De fleste sygdoms- og skadedyrsproblemer i landbrugets planteavl er nært knyttede til værtsafgrøde og klima. Omfanget og karakteren af sygdoms- og skadedyrsproblemer vil derfor ændre sig, når klimaændringer medfører, at man begynder at dyrke nye afgrøder. Højere temperaturer vil mindske generationstiden hos både sygdomme og skadedyr, og mildere vintre kan også øge overlevelsen af både skadedyr og deres naturlige fjender. Højere temperaturer vil også give nye ukrudtsarter, fx opret amarant, der er et alvorligt ukrudt i majsmarkerne syd for grænsen.

Det er sandsynligt, at højere temperatur vil øge planteværnsproblemerne i landbruget og dermed behovet for pesticider. Landbruget har allerede nu vanskeligheder med at overholde Pesticidplanens målsætning om reduktion i pesticidanvendelsen. En af årsagerne hertil er forekomst af nye skadegørere, og klimaændringerne vil blot forværre dette, så Pesticidplanens målsætninger måske må opgives eller revideres.

Coloradobillen kan igen blive et problem i de danske kartoffelmarker.

Foto: Lars Monrad Hansen.

Problemer med rødgran

Dansk skovbrug er domineret af lange produktionstider, som afhængig af træart ligger på mellem 50 og 180 år. Klimaændringerne er i den sammenhæng en stor udfordring, fordi de træer og skove, vi planter i dag, også skal kunne vokse og være stabile i det 22. århundredes klima. Det vil især være rødgran, der får tilbagegang, da høje vintertemperaturer er medvirkende til skovdød i rødgranplantager.

En øget hyppighed af kraftige storme udgør en særlig trussel for skovene. Det er især nåletræsplantager i monokultur, der er udsatte for stormfald. Man er derfor i skovbruget i færd med at omlægge til 'naturnær skovdrift', hvor man i højere grad satser på en blanding af flere træarter i forskellige aldre. Dette giver en bedre stabilitet over for ændringer i klimaforholdene, samtidigt med at det øger skovenes naturindhold.

Det varmere klima og det øgede indhold af CO_2 i atmosfæren vil i øvrigt fremme væksten hos de træarter, der trives i et varmere klima.

Nye fiskearter

Klimaændringerne betyder højere havtemperaturer og – i Østersøen og Kattegat – faldende saltholdighed med stærkere lagdeling. En større lagdeling mindsker opblandingen af vandmasserne og dermed ilttilgangen fra luften. Samtidigt vil øgede temperaturer øge algeopblomstringen. Tilsammen vil dette øge de eksisterende problemer med iltsvind i de indre danske farvande. Algeopblomstringen skyldes også en høj næringsstofbelastning med kvælstof og fosfor, og klimaændringerne forstærker derfor behovet for at reducere næringsstofbelastningen fra landbruget (se boks 4-1).

Fiskebestandene afhænger af et komplekst samspil mellem de forskellige led i havets fødekæde, og den biologiske produktion på alle niveauer vil blive påvirket af klimaet. Det er derfor svært at forudsige, hvad konsekvenserne vil være for fiskeriet. Der er dog ingen tvivl om, at der vil ske en indvandring af sydligere fiskearter. Torskefiskeriet vil formentlig blive delvis erstattet af fiskeri efter tyklæbet multe, som i de senere år er begyndt at yngle i de danske farvande. Dette indebærer naturligvis en omstilling af det danske fiskeri.

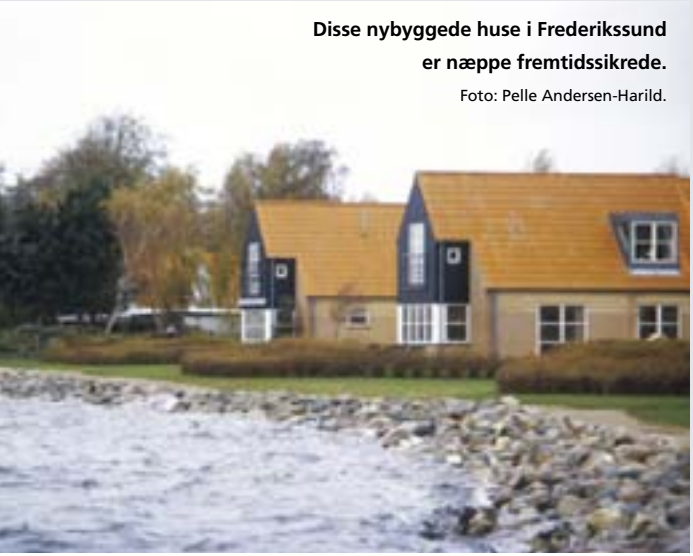
Øget kystnedbrydning

Kysterne vil blive påvirket af både et stigende vandspejl og af kraftigere storme, som fører til højere vandstande under stormfloder. Ekstreme højvande, som tidligere forekom i gennemsnit med 100 års mellemrum, kan i fremtiden forventes med 5-15 års mellemrum. Det betyder en forøget risiko for oversvømmelse samt en forøget risiko for erosion på mange kyststrækninger, således at havet æder sig ind i landet. Konsekvenserne vil være vidt forskellige på den jyske vestkyst, i Vadehavet og langs kysterne i de indre danske farvande.

80 % af den danske befolkning bor i byområder med tilknytning til kysten, og en stor del af turismen er knyttet til kystzonen. Omkring 25 % af kystlinjen er beskyttet mod oversvømmelse eller erosion med faste anlæg, og andre foranstaltninger (fx kystfodring ved udpumpning af sand) bliver i stigende omfang anvendt for at undgå erosion. Disse foranstaltninger vil skulle udbygges fremover for at beskytte kyster, og i en del områder vil det formentlig være relevant at lade kysterne rykke tilbage (se boks 4-3). Med de forventede klimaændringer vil havet i gennemsnit rykke 14 meter længere ind i landet i år 2100.

Boks 4-3

Byggeri rykker væk fra kysten



Disse nybyggede huse i Frederikssund er næppe fremtidssikrede.
Foto: Pelle Andersen-Harild.

Oversvømmelser af huse og anden fast ejendom medfører store omkostninger, da de ofte giver betydelige ødelæggelser af både bygninger og inventar. Staten lægger nu op til at øge den nuværende sokkelkote for nybyggeri med op til 0,7 meter for at tage højde for fremtidige vandstandsstigninger. Sokkelkoten angiver sokkelens højde over havet, og den har bl.a. betydning for, om man i tilfælde af stormflod kan få erstatning fra Stormflodsrådet. Hvis byggeriet ligger for lavt, kan man ikke få erstatning. En ny og meget præcis højdemodel af hele landet giver kommunerne et godt værktøj til at udpege de områder, der opfylder disse betingelser. Konsekvenserne kan blive, at ellers meget attraktive områder langs kysten må opgives til boligformål.

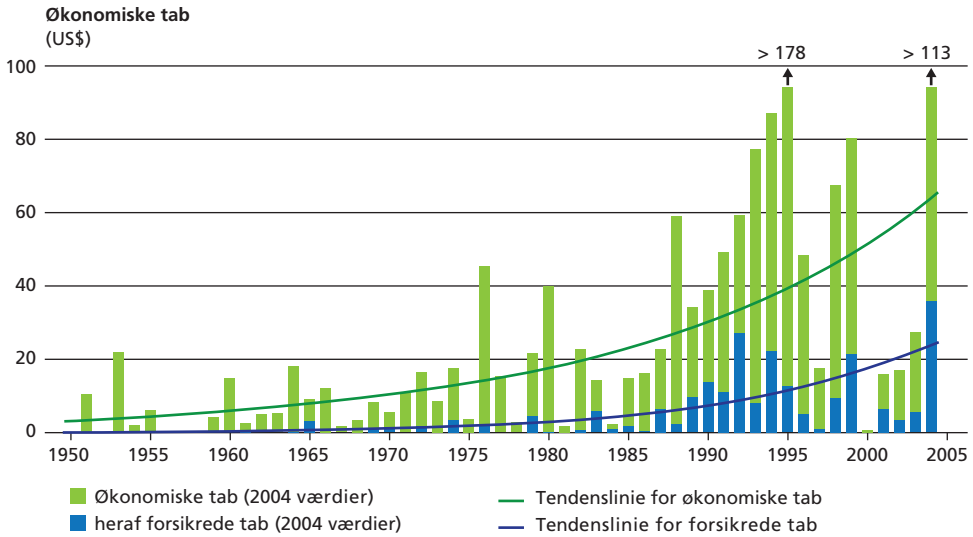
Infrastruktur under pres

I byerne er der både fordele og ulemper ved klimaændringerne. En temperaturstigning på 4 °C vil reducere behovet for rumopvarmning med ca. 25 %. Denne gevinst kan dog hurtigt blive ædt op, hvis det bliver mere almindeligt med afkøling (aircondition) i både biler og bygninger. Der vil derfor være behov for at isolere bygningerne bedre mod både varme og kulde udefra. Det kan også blive nødvendigt at stille nye krav til standarderne for nybyggeri, så husene er bedre sikrede mod kraftigere storme med højere vindhastigheder (se også kapitel 11).

Veje, broer, tunneler og jernbanestrækninger vil være sårbare over for øget nedbørintensitet, grundvandstand, temperatur og stormfald. Denne infrastruktur påvirkes meget forskelligt af ændringer, men der vil skulle tages højde for klimaændringerne ved renoveringer og nyetableringer.

Stadigt kraftigere nedbørhændelser fører til flere og større oversvømmelser af terræn og kældre. Dette forstærkes i byerne af stadig mere asfaltering mv., således at en større del af regnvandet skal ledes bort via kloakkerne. Der er derfor behov for at øge kloakkernes dimensioner i forbindelse med renoveringer og nyanlæg (se også kapitel 11).

Limfjorden vil endnu hyppigere forårsage oversvømmelser i fremtiden som her ved Feggesund.
Foto: Mick Anderson/Polfoto.



Figur 4-1
Diagrammet viser udviklingen siden 1950 i de globale økonomiske tab samt i den del af tabene, der er forsikret imod, omregnet til nutidsværdier. De krumme gennemsnitskurver bekræfter stigningen i tab i forbindelse med katastrofer siden 1950.
Kilde: Munich Reinsurance Company AG.

Dyrere forsikringer

Klimaændringerne vil forøge forsikringsbelastningen som følge af hyppigere og kraftigere storme, mere intense nedbørhændelser og flere stormfloder. Det er en af årsagerne til, at man bør undgå nybyggeri på lavtliggende arealer langs vandløb, søer og fjorde. Det kan nemlig blive dyrere og måske endda vanskeligt at få disse værdier forsikret fremover. Forsikringspræmierne vil ikke alene afhænge af udviklingen i Danmark. Hvis de store internationale genforsikringsselskaber bliver ramt af skader andre steder i verden, kan det smitte af på de danske forsikringsselskabers muligheder for at genforsikre klimafølsomme danske risici (se figur 4-1).

Mere allergi

De sundhedsmæssige effekter af klimaændringer i Danmark vil formentlig især være af indirekte karakter. Der er således allerede observeret en væsentlig større mængde pollen, og pollensæsonen er fremrykket med flere uger. Det kan være en del af forklaringen på stigningen i tilfælde af allergi. Klimaændringerne giver grundlag for, at nye plantearter kan trives i Danmark, og her udgør bynkeambrosia en særlig stor risiko for pollenallergikere (se boks 4-4).

Boks 4-4

Bynkeambrosia – et nyt allergiproblem

Bynkeambrosia er en plante, der oprindeligt stammer fra Nordamerika, hvor den hedder ragweed. Det er en såkaldt invasiv art, som har spredt sig til mange lande i Europa. Den er også fundet i Danmark, men den er endnu ikke almindelig her, da den blomstrer for sent på året til at kunne danne levedygtige frø. Et varmere klima vil give levedygtige frø og dermed opformering af bynkeambrosia i Danmark. Dermed har vi et nyt ukrudtsproblem.

Bynkeambrosia er et stort problem for folk med pollenallergi. Det skyldes bl.a. at pollensæsonen er meget lang (6-8 uger). I de områder, hvor planten gror, er den skyld i ca. halvdelen af alle astmaanfald.

Bynkeambrosia.

Foto: J.C. Schou/Biopix.

5

Arktis opvarmes mest

Af Hans Meltofte
Seniorrådgiver, Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet

Istider og mellemistider har vekslet mellem hinanden i mere end 2 millioner år og har sat deres tydelige præg på polarområderne. Både i Arktis og i Antarktis er der stadig store iskapper, og store havområder er dækket af is året rundt. De kommende klimaændringer vil endnu engang medføre betydelige ændringer i levevilkårene for mennesker, flora og fauna i Arktis. Mange mennesker vil få forbedrede muligheder, mens mange dyr og planter kan blive hårdt trængt.

Isen i Det Arktiske Ocean består af sammenskruede ismasser. Det er her isbjørnen fanger sæler, mens den føder sine unger i huler i store snedriver på land.
Foto: Erling Krabbe.

10 grader varmere om vinteren

Den opvarmning, der sker over store dele af Jorden i disse år, er særlig tydelig i Arktis. Her stiger temperaturen dobbelt så hurtigt som gennemsnittet for hele Jorden. Det hænger sammen med, at Solens stråler bliver opsuget af jorden og havet, når sneen og isen forsvinder. Herved bliver det endnu varmere, så der opstår en selvforstærkende effekt (se boks 5-1).

Boks 5-1

Hvorfor sker klimaændringerne hurtigere i Arktis?

Når de arktiske områder bliver opvarmet dobbelt så hurtigt som resten af Jorden, hænger det primært sammen med udbredelsen af is og sne. Is og sne reflekterer nemlig omkring 80 % af solindstrålingen tilbage imod verdensrummet, hvilket alle, der har været på skiferie har oplevet: Man bliver ikke alene solbrændt af strålerne direkte fra Solen, men også af alle dem, der bliver reflekteret fra sneen.

Men når sneen og isen er væk, fordi den globale opvarmning har smeltet noget af den, er det kun omkring 15 % af solindstrålingen, der bliver reflekteret tilbage mod verdensrummet af jordoverfladen og havet. Mere end fire gange så meget af solstrålingen bliver nu optaget i jorden og vandet som varme. Herved bliver det endnu varmere, hvorefter der smelter endnu mere is og sne, og så videre. En selvforstærkende *feedback*-mekanisme er sat i gang.

En medvirkende årsag er, at en given opvarmning på fx 3˚C fører til en væsentlig større stigning i luftens indhold af vanddamp i troperne end i de polare egne, idet der er en eksponentiel sammenhæng mellem temperatur og atmosfærens evne til at indeholde vanddamp. Hermed bliver forskellen på vanddampindholdet mellem troperne og Arktis forøget, hvilket medfører, at atmosfærens transport af vanddamp til høje breddegrader bliver større, og når vanddampen fortætter oppe mod nord, frigives der varme. På den måde bliver der afsat mere varme end i det nuværende klima i atmosfæren på høje breddegrader fra vandmolekyler, der er fordampet fra varmere breddegrader. Dette giver et ekstra opvarmende bidrag på høje breddegrader, hvilket gør, at temperaturen i praksis stiger mere (end de oprindelige 3˚C) på høje breddegrader. Se også boks 1-1 på side 15.

Enhver, der har løbet på ski i solskin, har oplevet, hvordan 80 % af solstrålingen kastes tilbage fra sneen – den såkaldte albedo.

Foto: Alec Pytlowany/Scanpix.

Også klimaforskernes modeller for den mulige fremtidige opvarmning viser, at opvarmningen af de arktiske områder vil blive særlig voldsom (se figur 3-3 på side 36-37). Man forventer således, at den årlige middeltemperatur vil stige med omkring 8°C i Arktis. Den største stigning ventes om vinteren, hvor middeltemperaturerne kan blive 10 grader højere. Resultatet er, at vi allerede inden for dette århundrede kan komme til at opleve Det Arktiske Ocean uden is om sommeren. For modsat Antarktis, som er et stort isdækket kontinent, så ligger Nordpolen i et hav, der har været permanent dækket af flere meter tyk is i mange tusinde år.

Isen smelter

Isen i Det Arktiske Ocean er i permanent bevægelse. Storme bryder isflagerne op og skruer dem sammen i vældige isformationer, så kun de allerstørste isbrydere kan gå igennem dem. Isens udbredelse er størst i marts-april og mindst om efteråret efter sommerens afsmeltning (se figur 1-3 på side 13). Klimamodellerne for de næste hundrede år forudsiger, at Det Arktiske Ocean stadig vil fryse til om vinteren, men om sommeren vil størstedelen af isen smelte bort på grund af de højere temperaturer, og fordi isen ikke når at fryse nær så tyk i løbet af de meget mildere vintre i fremtiden.

Det er dog en helt anden is, de fleste tænker på, når det handler om smeltende is i Arktis – nemlig den grønlandske indlandsis. Modsat isen på Nordpolen, som består af frosset havvand, så består Indlandsisen af sammenpresset sne (se kapitel 2). Den har helt ufattelige dimensioner, idet den er op til 3 km tyk, og hvis det hele smelter, vil havene stige syv meter. Det bliver dog ikke i vores levetid, idet der er så meget is, at det vil tage mange hundrede år at smelte den, selv ved de værste scenarier for global opvarmning. Men en lille afsmeltning er alvorlig nok, idet klimaforskerne forudsiger, at afsmeltningen af Indlandsisen og andre gletschere kan betyde en fordobling af den stigning i havene, som er et resultat af, at havvandet udvider sig, når det bliver varmere.

Folk i Arktis får det varmere

Et varmere klima i Arktis er på mange måder en fordel for befolkningerne. Stærk kulde er et problem i sig selv, og mindre kulde betyder mindre udgifter til opvarmning og mindre problemer af mange forskellige slags. Den del af året, hvor man kan sejle, bliver længere, så samfærdselen bliver lettere. Landbrug bliver muligt længere mod nord, og det bliver lettere at udvinde råstoffer og udnytte vandkraft. Især kan det tænkes, at der er store muligheder for at bore efter olie i havområder, som i dag er dækket af tyk is.

Omvendt bliver det vanskeligere at færdes på isdækkede søer og fjorde, idet isen bliver mere uforudsigelig og usikker. Men de største problemer bliver nok med smeltende permafrost. Mange steder i Arktis er jorden nemlig frossen i flere hundrede meters dybde, så det kun er mindre end én meter på jordoverfladen, der tør op hver sommer. Mange huse, veje og anden infrastruktur er bygget på permafrost, og når den smelter, synker vejene sammen og husene slår revner. Nogen steder vil der tillige ske en øget nedbrydning af kysterne, efterhånden som havet stiger, og bølgerne ikke mere bliver dæmpet af et isdækket hav.

Grønland får flest fordele

Grønland er det rigeste og mest moderne samfund af oprindelige folk i Arktis. Da langt de fleste byer og anden infrastruktur i Grønland er bygget på fast klippegrund, bliver der væsentligt færre problemer med smeltende permafrost i Grønland end i mange andre dele af Arktis. Nedbrydning af kysterne bliver heller ikke et problem ret mange steder.

Grønland kan oven i købet drage betydelige fordele af et varmere hav, idet der er mulighed for, at torsken kan vende tilbage i stort tal og give et stærkt forbedret fiskeri. Det kan til gengæld gå ud over rejefiskeriet, idet torskene æder store mængder rejer, og de grønlandske dybhavsrejer i det hele taget vil forsvinde, når vandtemperaturen stiger. Fiskerierhvervet i Grønland må altså være forberedt på store forandringer.

Også landbrug og gartneri vil få forbedrede muligheder, specielt i Sydgrønland, hvor der allerede foregår en landbrugsproduktion.

Det moderne Grønland kan få mange fordele af klimaforandringerne bl.a. i form af forbedret fiskeri.

Foto: Scanpix.

Den arktiske natur bliver den store taber

Planter og dyr i Arktis er igennem årtusinder tilpasset de ekstreme forhold, og mange arter er direkte afhængige af is og sne. Isbjørnene lever næsten udelukkende af at jage sæler på havisen, og når den forsvinder om sommeren, kan bjørnene ikke skaffe sig noget at æde. Det ser vi allerede nu, hvor flere hundrede isbjørne hver sommer 'strander' på øgruppen Svalbard nord for Norge, idet isen omkring øerne smelter væk, så der er flere hundrede kilometer ud til iskanten. På øerne lever de en kummerlig tilværelse, og mange dør ganske enkelt af sult eller æder hinanden.

Isbjørnen er nok en af de arter, der vil blive hårdest ramt af opvarmningen af Arktis, men også mange andre arter, der er tilknyttet havisen vil få problemer. På land vil der blive tilsvarende problemer, efterhånden som tundraen gror til med buske og træer. Klimamodellerne viser således, at omkring halvdelen af den arktiske tundra vil blive til krat og skov inden for dette århundrede. Det vil fortrænge alle de planter og dyr, der er tilknyttet den lave plantevækst på tundraen.

Højarktis bliver hårdest ramt

Tilgroningen af tundraen og isens forsvinden vil selvfølgelig gavne de arter, som får mulighed for at brede sig mod nord, men det er oftest arter, der i forvejen er almindelige og vidt udbredte i områderne syd for Arktis. Efterhånden, som de breder sig mod nord, vil de fortrænge de arktiske arter, som tilsvarende vil brede sig mod nord de steder, hvor der er mulighed for det. Men det er netop her problemet ligger, for planterne og dyrene på land kan ikke brede sig længere end til kysterne af Det Arktiske Ocean, og de arter i havet, der er afhængige af isen, har ingen steder at flytte hen, hvis isen forsvinder om sommeren.

Den højarktiske zone (se boks 5-2) vil blive særlig hårdt ramt, idet den de fleste steder udgør en forholdsvis smal bræmme klemt inde mellem den lavarktiske zone mod syd og Det Arktiske Ocean mod nord (se kortet i boks 5-2). Det betyder, at de arter, der lever på den ekstreme højarktiske tundra vil forsvinde eller i det mindste aftage betydeligt i antal og udbredelse.

Det varmere vinterklima i Højarktis vil også betyde, at der kommer flere perioder med tøvejr midt om vinteren. Det betyder, at der dannes isskorper i snedækket, som gør det vanskeligt eller umuligt for moskusokserne og de andre planteædere at nå ned til vegetationen. Der er derfor risiko for, at de uddør over store områder.

Moskusokserne i højarktisk Grønland er afhængige af stabile vintre uden regn og tøvejr, som overiser landskabet og de planter, som okserne skal leve af.
Foto: Niels Martin Schmidt.

Boks 5-2

Hvad er Arktis?

Arktis har navn efter stjernebilledet Store Bjørn, som hedder *Arktos* på græsk, og som Karlsvognen er en del af. Det er områderne nord for trægrænsen, dvs. det land, der er dækket af tundra. Her er middeltemperaturen i den varmeste måned under +12˚C, så der ikke kan gro andet end lave buske, græs og urter.

Den del af Arktis, der ligger længst mod nord, kalder man Højarktis i modsætning til det mildere Lavarktis (se kortet). I Lavarktis er buskene op til en halv meter høje, mens planterne i Højarktis sjældent er mere end 5-10 cm høje.

Længst mod nord er der faktisk ørken. Her er meget af landet uden plantedække, og sne og regn giver tilsammen ikke mere nedbør end i Sahara. Modsat hvad de fleste nok tror, falder der nemlig mindre og mindre sne, jo længere man kommer nordpå fx i Grønland.

Fangerkulturen er trængt

Hvor en frodigere natur og en længere vækstsæson vil være en fordel af mange mennesker i Arktis, vil fangerkulturen blive yderligere trængt. I Grønland er det især befolkningerne i Øst- og Nordgrønland, der oprindeligt levede af fangst af sæler, isbjørne, hvalrosser og andre dyr. Vi kan ganske vist forvente, at nogle fangstdyr vil brede sig mod nord, men fangerkulturen i Øst- og Nordgrønland er i høj grad baseret på fangst fra sikker is på fjordene og havet om vinteren, og isen vil blive vanskeligere at færdes på. Hvor man fx tidligere drev fangst og fiskeri fra isen i Diskobugten i Vestgrønland, er det nu mere end 10 år siden, at der var sikker is.

Men spørgsmålet er, om ikke fangerkulturen allerede er dødsdømt og vil forsvinde længe inden klimaforandringerne gør traditionel fangst fra isen umulig. Fangere og andre bygdefolk i Grønland er nogle af de dårligst stillede mennesker i landet, og de sociale problemer er langt større her end i byerne. Børn og unge vokser op i disse små samfund med dårlige sociale forhold og dårlig uddannelse, så de har væsentligt vanskeligere ved at klare sig i et moderne samfund.

Hertil kommer, at det er en mindre og mindre del af befolkningen, der lever af fangst, og at hele økonomien omkring fangsten og bygderne er stærkt statsstøttet, så det er svært at se, at fangerkulturen og bygderne har nogen fremtid – med eller uden klimaændringer.

Flere og flere går over til at bruge snescootere i stedet for hundeslæder, og fangerkulturen er i det hele taget for nedadgående i Grønland og resten af Arktis.
Foto: Layne Kennedy/Scanpix.

Boks 5-3

To klima-forskningsstationer i Grønland

De arktiske nationer har et politisk og videnskabeligt samarbejde i Arktisk Råd (Arctic Council). Her aftaler man fælles forskningsprogrammer bl.a. omkring forurening, klimaændringer og forvaltning af de levende ressourcer i Arktis. Et af Danmarks væsentligste bidrag til klimaforskningen i Arktis er to forskningsstationer i Grønland, hvor der kører permanente forsknings- og moniteringsprogrammer, som overvåger ændringer i naturen. Stationerne er henholdsvis den højarktiske Zackenberg Forskningsstation i det centrale Nordøstgrønland og den lavarktiske Kobbefjord Forskningsstation nær Nuuk / Godthåb i Vestgrønland. Mens Kobbefjordstationen først blev startet i 2007, blev Zackenberg startet allerede i 1995, og resultaterne herfra viser, at tidspunktet for snesmeltningen om foråret er en af de mest afgørende faktorer for hele det højarktiske økosystems funktion. Klimaændringernes påvirkning af snesmeltningen bliver derfor af afgørende betydning for den højarktiske naturs fremtid.

'Source or sink?'

Et af de store spørgsmål omkring Arktis og klimaændringer, som der bl.a. bliver arbejdet med i Zackenberg, er, om de store tørvelag, som findes i de arktiske områder, vil frigive drivhusgasser, når det bliver varmere. Omkring 20 % af verdens biologisk bundne kulstof er ophobet i metertykke tørvelag i Arktis. Tørv, som er dødt plantemateriale, bliver ophobet i arktiske områder, fordi det er så koldt, at de døde planter ikke rådner. Men når det bliver varmere, vil bakterier og andre mikroorganismer kunne nedbryde tørven, så der bliver frigivet kulstof i form af kuldioxid (CO_2) og metan (CH_4), som begge er aktive drivhusgasser. Resultatet kan blive, at tundraen bliver en 'source', dvs. en kilde til yderligere drivhuseffekt.

Omvendt vil de højere temperaturer også resultere i frodigere plantevækst og en længere vækstsæson. Planter optager kulstof, når de vokser. Hvis plantevæksten bliver tilstrækkelig kraftig, vil den måske kunne optage mere kulstof, end tørvelagene frigiver, når de rådner. I så fald bliver tundraen en 'sink', der reducerer mængden af drivhusgasser i atmosfæren.

CO_2-målestation ved Zackenberg. Foto: Mikkel Tamstorf.

Zackenberg Forskningsstation i Nordøstgrønland. Foto: Hans Meltofte.

6 De fattige bliver hårdt ramt

Af Nethe Veje Laursen
Økonom, Forskningscenter Risø, Danmarks Tekniske Universitet

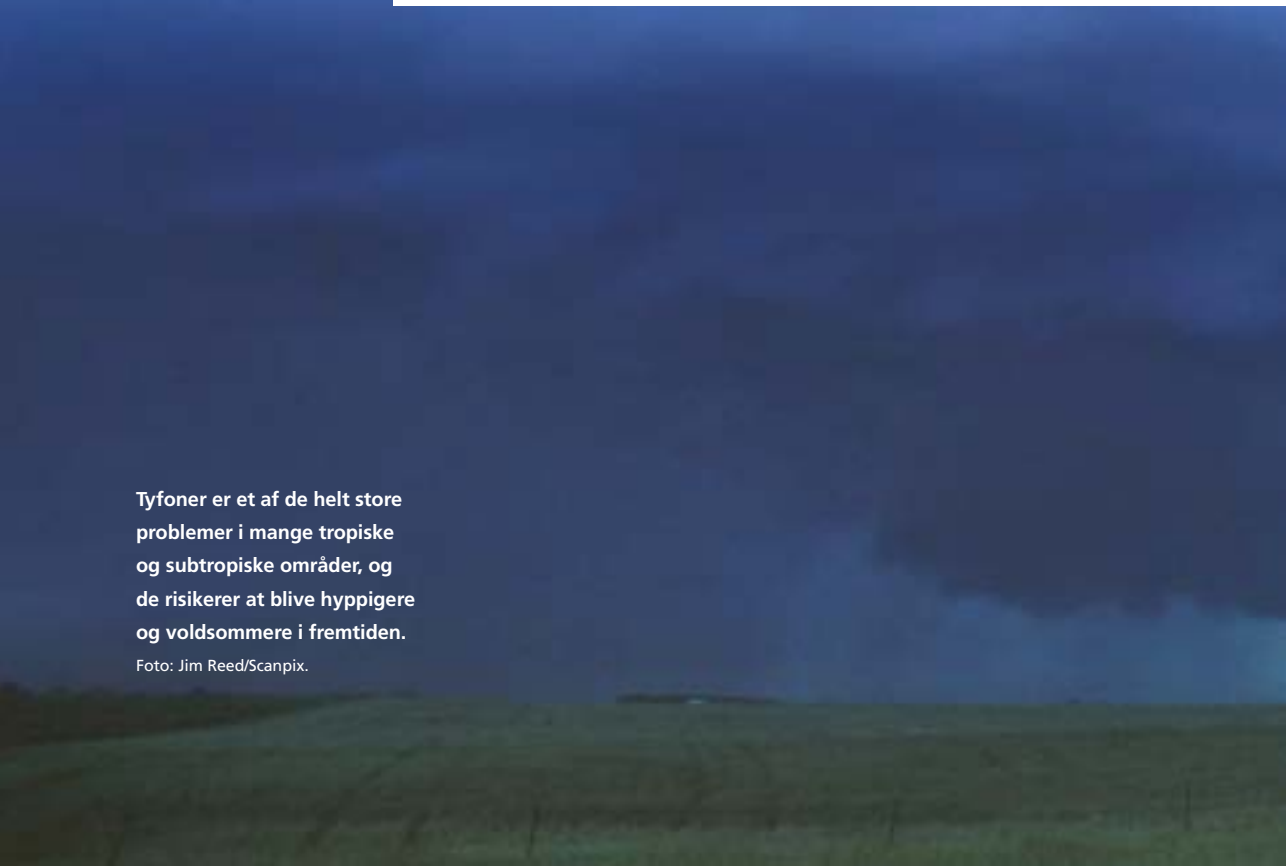
Klimaforandringer berører hele klodens befolkning, men de har specielt stor betydning for levevilkårene i verdens fattigste lande. Befolkningen er her yderst afhængige af naturressourcer for at overleve, og den stigende hyppighed og intensitet af naturkatastrofer samt en øget variation i klimaet stiller store krav til forvaltningen af disse ressourcer, hvis befolkningens indkomst skal opretholdes.

I Bangladesh og andre lavtliggende lande vil oversvømmelser blive endnu hyppigere og alvorligere i et fremtidigt varmere klima.
Foto: Jewel Samad/Polfoto.

Hyppigheden og intensiteten af naturkatastrofer stiger

Klimaet er under forandring, og forandringerne vil berøre os alle. Usikkerheden og de potentielt meget store konsekvenser gør, at klimaforandringer er en af de største udfordringer, verden står over for. Overalt på kloden er ændringerne så vidtgående, at indbyggere og regeringer bliver tvunget til at reagere. Næsten dagligt ser og hører vi nyheder om ekstremt vejr, men også vejret fra dag til dag ændrer sig – variationen i klimaet forandrer sig, hvilket vi ser fx som ændringer i minimums- og maksimumstemperatur, ændringer i nedbør og hyppigere ekstremt vejr. Hver dag sker der ting, der sætter vores stigende sårbarhed over for klimaet i fokus. Alt dette tydeliggør nødvendigheden af at finde måder, hvorpå vi både kan minimere de nuværende og de fremtidige sårbarheder i befolkningernes levevilkår.

Ud over en generel stigning i gennemsnitstemperaturerne forandrer klimaet sig også på andre måder: Fx bliver variationen i klimaet større, hyppigheden og intensiteten af naturkatastrofer stiger, og årstidernes længde og starttidspunkt ændres.



Tyfoner er et af de helt store problemer i mange tropiske og subtropiske områder, og de risikerer at blive hyppigere og voldsommere i fremtiden.

Foto: Jim Reed/Scanpix.

Klimaet har altid forandret sig, og verdens befolkning har gradvist tilpasset sig de nye forhold, men dette er i dag besværliggjort af, at de aktuelle klimaforandringer samt den forventede udvikling i det 21. århundrede foregår med en sådan hast, at det er svært at nå at tilpasse sig de nye forhold. Det er især problematisk i områder, hvor der ikke er så meget overskud – hverken økonomisk eller menneskeligt. Tilpasningen bliver yderligere vanskeliggjort af nutidens komplicerede bysamfund, samt at folk bliver tvunget til at bo i udsatte områder på grund af befolkningstilvæksten. Ekstreme vejrforhold er allerede en stor byrde for udviklingslande, hvor tabene af menneskeliv og de økonomiske skader, relativt set, er særligt store. Trods mange negative følger af klimaforandringer vil der dog på nogle områder blive skabt nye muligheder. Nogle typer af landbrug kan fx blive muliggjort i områder, som det hidtil ikke har været muligt at dyrke pga. lave temperaturer. Nogle lande vil opleve færre dødsfald som følge af kulde, samt et mindsket energiforbrug til opvarmning. Disse muligheder er dog hovedsageligt koncentreret i rigere lande på de nordlige breddegrader.

De enorme forskelle, der er på energiforbruget og dermed CO_2-udledningen mellem verdens lande, illustreres af dette sammenklippede satellitfoto, der viser nattelyset overalt på Jorden. Således forbruger blot 20 % af verdens befolkning næsten 60 % af verdens energiforsyning, mens kun 15 % af befolkningen i Afrika har adgang til elektricitet.
Foto: Polfoto.

Mens klimaforandringerne er et globalt fænomen, er der forskel på de enkelte landes medvirken til klimaforandringerne, ligesom sårbarheden over for konsekvenserne også er forskellig. Ironisk nok er de lande, der har medvirket mindst til udledningen af drivhusgasser og dermed klimaforandringerne, også de lande, der bliver hårdest ramt af konsekvenserne af klimaforandringerne. En høj – og vedvarende – andel af fattige samt manglende offentlig infrastruktur er to elementer, der er med til at øge de økologiske, sociale og økonomiske konsekvenser af klimaforandringer i udviklingslandene.

Størst konsekvenser for fattige befolkningsgrupper

Fattige befolkningsgrupper har ofte dårlige levevilkår, med midlertidige huse lavet af blik, ler og plastic, hvilket gør dem udsatte over for skiftende vejrforhold. Også infrastrukturen er ofte af en dårlig kvalitet i fattige og udsatte områder, og den kan derfor ikke nødvendigvis modstå fx kraftige regnskyl eller storme. Samtidig er der ingen eller kun en meget lille kapacitet til at forbedre forholdene, de lever under, eller til at imødegå fremtidige klimaforandringer og -ekstremer.

Naturressourcer er specielt vigtige for fattige og sårbare befolkningsgrupper, da den primære indkomstkilde for mange husholdninger ofte er landbrug, skovbrug, kreaturer, fiskeri, jagt og anden primær produktion. Indkomsterne er derfor meget sårbare over for ændringer i klimaet, og det er svært præcist at forudsige, hvad klimaforandringerne kommer til at betyde. Det er samspillet mellem mange former for ressourcer, der bestemmer, hvor godt mennesker indretter sig til de nye forhold med et forandret klima. Det er ikke kun de økonomiske ressourcer, der spiller en rolle, men også hvorvidt der er personligt overskud og uddannelse – dvs. evne til at indsamle informationer fx om risikoen for naturkatastrofer. Det generelle udviklingsniveau i landet har også en betydning for en succesfuld tilpasning. – Eksisterer der et socialt sikkerhedsnet, eller er advarselssystemet under naturkatastrofer godt nok?

Verden bliver mere ulige

Ændringerne i levevilkårene vil være forskellige og have forskellige konsekvenser alt efter regionale ændringer i klimaforholdene. Ændringerne vil være tydeligere i nogle regioner end i andre. Især ændringer i de ekstreme vejrforhold som fx flere oversvømmelser, mere tørke, flere hedebølger og mere intense tropiske cykloner vil få betydning for størrelsen af de menneskelige omkostninger. Andre konsekvenser af klimaforandringerne er en stigning i verdenshavene, hvilket er en trussel for folk bosat i kystområder, en stigning i antallet af storme, hurtigere ørkendannelse samt større fare for sygdomsudbrud og epidemier. Det er ikke kun den geografiske placering, der har betydning for konsekvenserne af klimaforandringerne, men også den kapacitet, de enkelte lande har til at klare disse nye forhold, spiller en væsentlig rolle. Nogle områder på kloden vil derfor blive ramt meget hårdere af klimaforandringerne end Danmark. Regionale konsekvenser afhænger ikke kun af miljømæssige forhold, men også af den økonomiske og sociale situation i landet eller regionen. Tilsammen betyder disse faktorer, at ulande vil blive hårdest ramt af konsekvenserne, hvilket også illustreres af, at 98 % af de 262 millioner mennesker, der var berørt af naturkatastrofer i perioden 2000-2004, var bosat i udviklingslande.

> Vi er den første generation, der påvirker det globale klima, og den sidste som undslipper konsekvenserne.
> *Norsk Bræmuseum*

Sårbarheden over for alle de potentielle konsekvenser af klimaforandringerne er i de forskellige regioner langt hen ad vejen bestemt af de tilstedeværende ressourcer, informationer og teknologier, samt stabiliteten og effektiviteten af de nationale og lokale institutioner. Dette betyder, at muligheden for at opnå en bæredygtig udvikling vil være mere negativt berørt i ulande og blandt udsatte befolkningsgrupper end i udviklede lande. Klimaforandringerne kan således gøre det sværere for disse befolkninger at tilfredsstille basale behov, både på kort og langt sigt. Det biver derfor endnu sværere for ulande at komme ud af en situation med høj fattigdom og lav økonomisk

Box 6-1

Case-Bangladesh

Foto: Ami Vitale, CARE.

Lavtliggende lande som Bangladesh, Vietnam og små ø-samfund vil være yderst udsatte, hvis vandstanden i verdenshavene stiger. Bangladesh er et af de tættest befolkede lande i verden og samtidig et af de fattigste. Bangladesh vil blive hårdt ramt af vandstandsstigninger og hyppigere oversvømmelser, da Bangladesh både er lavtliggende og ligger i et område, der er udsat for mange naturkatastrofer fx i form af cykloner. På grund af en høj befolkningstæthed er der mange bosættelser i områder, hvor der er hyppige oversvømmelser. Allerede nu oversvømmes omkring en fjerdedel af landet hvert år, og en vandstandsstigning på 45 cm, som man forventer i 2050, vil betyde et tab af 15.000 km^2. Det vil få betydning for 11 % af Bangladeshs befolkning, mens en vandstandsstigning på 1 meter bl.a. vil betyde, at en femtedel af Bangladesh vil være under vand, og 10-15 millioner mennesker vil miste deres hjem og indkomstgrundlag.

Allerede i dag er store dele af Bangladeshs befolkning bekendt med katastrofer. I maj 2007 blev Bangladesh ramt af oversvømmelser og jordskred, hvilket berørte millioner af landets indbyggere. I november blev landet igen hårdt ramt, denne gange af en cyklon, og hundrede tusinder mistede deres hjem, mens flere tusind omkom. Samtidig vil der være en stor risiko for at landets afgrøder går tabt, og mange indbyggere står uden mad og indkomst. Dette er kun eksempler på de mest ekstreme katastrofer. Antallet, der bliver berørt af katastroferne, vil ikke mindskes, med mindre man sætter aktivt ind for at hjælpe befolkningen med at tilpasse sig de nye ekstremer og sikre levevilkår trods svære vilkår.

vækst, og hen mod fattigdomsbekæmpelse og bæredygtig udvikling. På den måde kan man sige, at klimaforandringerne kan øge forskellen mellem rig og fattig og gøre verden mere ulige.

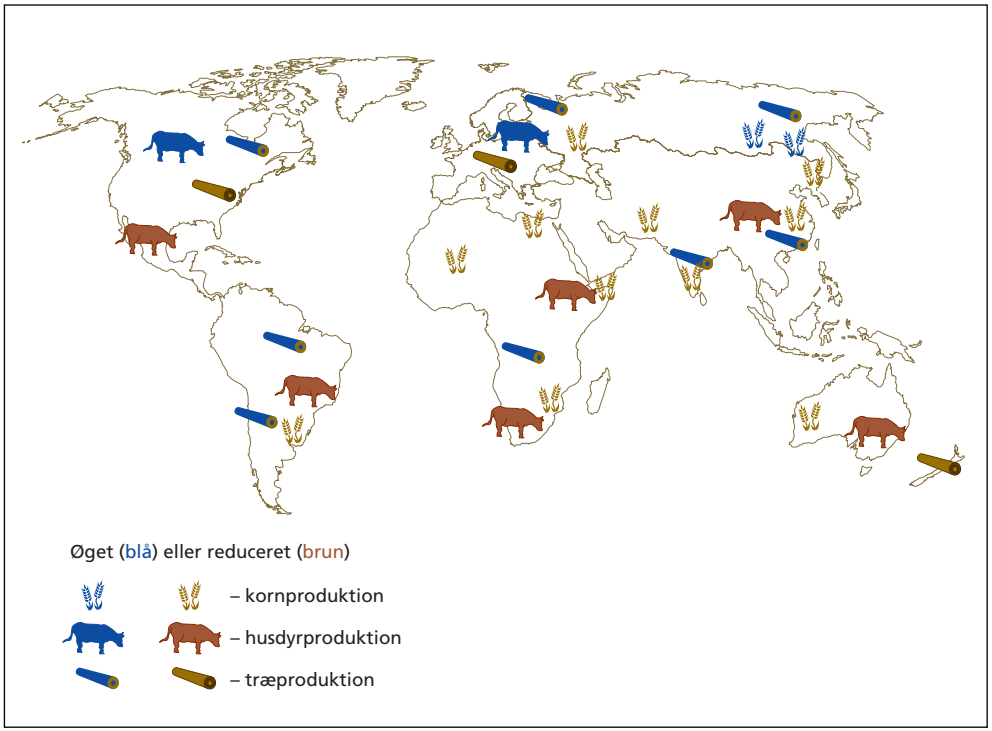
Afrika er den region, der er mest sårbar over for konsekvenserne af klimaforandringer – dette til trods for, at det er den region, der er mindst medvirkende til udledning af drivhusgasser. Andre regioner kan være mere udsatte, hvis vi udelukkende ser på klimaforandringerne, men kombinationen af underudvikling, fattigdom og få ressourcer gør, at den samlede sårbarhed bliver høj i Afrika.

Den rige del af verden slipper lettest igennem de fremtidige klimaændringer, på trods af at det er her, det største ressourceforbrug og den største CO_2-udledning sker. Bedre bliver det ikke af, at verdens befolkning er tidoblet på de sidste 200 år.
Foto: Mike Randolph/Scanpix.

Mange steder er der allerede i dag så stor mangel på vand, at der er problemer med at dyrke jorden.
Foto: Karsten Schnack/Scanpix.

Landbrug og fødevaresikkerhed

Fødevaresikkerhed er et af de vigtigste emner i ulande, idet der sjældent er mulighed for at importere fødevarer fra andre lande, hvis den nationale høst slår fejl. Uanset hvilke produktionsmuligheder, der er til rådighed, vil produktionen afhænge af tilgængeligheden af vand og næring i jorden, samt temperaturer og nedbør. Nye forhold vil naturligvis kræve tilpasninger af den måde, man dyrker på, og disse tilpasninger er ikke nødvendigvis lige for. Vand er et andet aspekt af fødevaresikkerheden. Vand og vandforsyning er i høj grad afhængig af nedbør og fordampning, som begge bliver påvirket af klimaforandringerne. De fleste studier peger i retning af, at de positive effekter ved klimaforandringerne er koncentreret på de højere breddegrader, mens de negative effekter vil være på lavere breddegrader – områder, der i forvejen har problemer med hungersnød og fødevaresikkerhed.



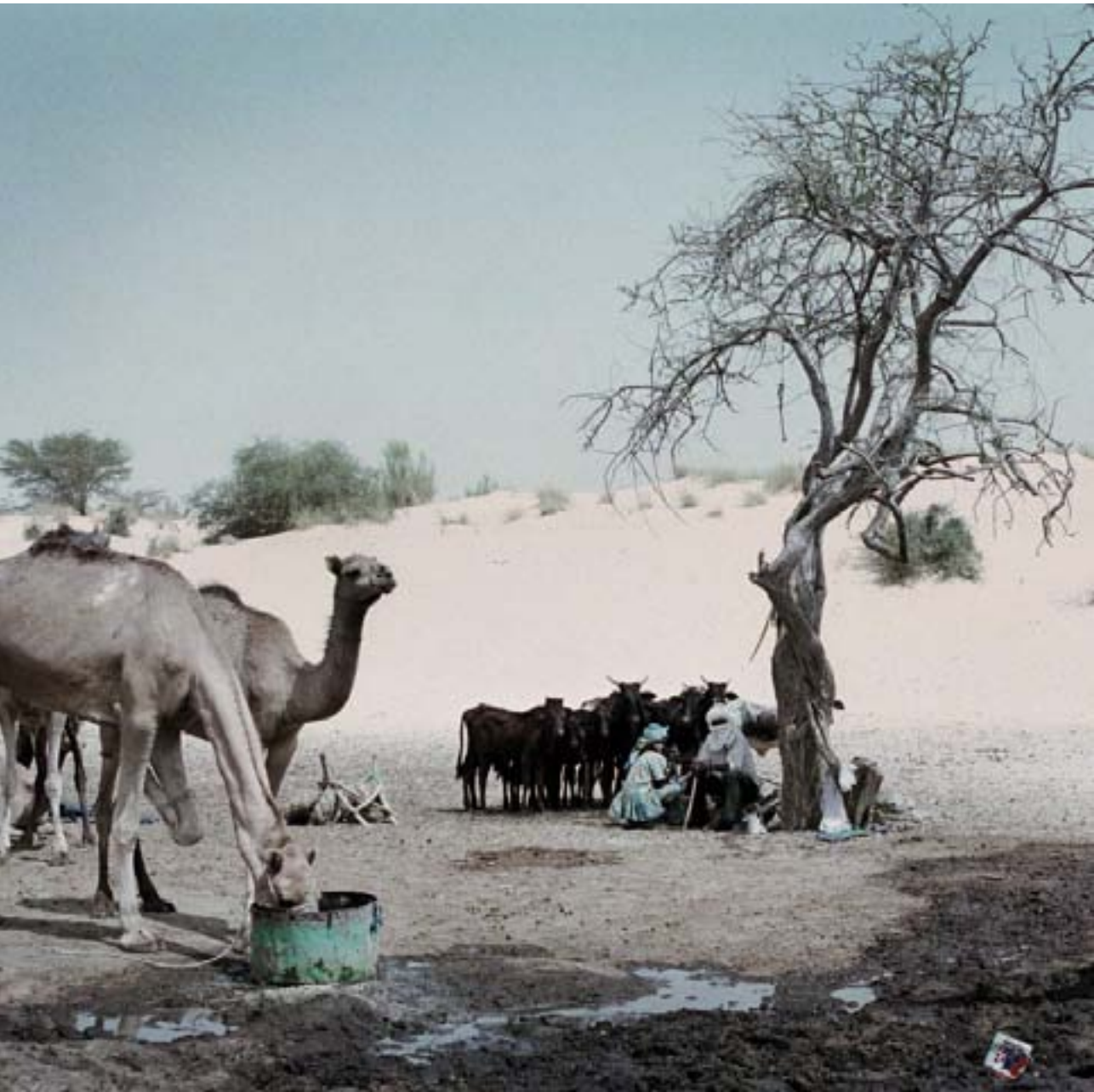
Figur 6-1
Verdenskort med de forventede ændringer i produktion af udvalgte fødevarer/indtægtskilder som følge af klimaforandringer, hvis der ikke sker nogen tilpasning. Her ses på korn, kreaturer og skovbrug. Blå viser øget produktivitet, brun mindsket produktivitet.
Efter IPCC WGII, 2007.

I lyset af de forventede demografiske og socioøkonomiske ændringer vil ændringer i klimaforhold være en seriøs udfordring for en bæredygtig udvikling. Ser vi specifikt på landbrugssektoren, der er yderst sårbar over for klimaforandringer, så lever 65 % af befolkningen i Afrika syd for Sahara af landbrug, mens det kun drejer sig om 3 % i Danmark. Konsekvenserne af klimaforandringerne vil således berøre mange flere mennesker i Afrika. Økonomisk set er landbrugssektoren naturligvis også meget vigtigere i Afrika, end det er tilfældet i Danmark.

Ifølge FN's klimapanel vil Afrika syd for Sahara desuden risikere at opleve et fald i landbrugsproduktionen. Nogle lande kan risikere et fald i afgrøder på mere end 50 % fra 2000-2020, hvis man ikke gør noget. I Asien er der nogle områder i øst og sydøst, hvor beregninger viser en stigning i afgrøder på op til 20 %, mens et fald på op til 30 % er forudsagt i det centrale og sydlige Asien frem mod 2050 (figur 6-1).

Frygt for vandmangel

Der er mange områder, som vi må forvente bliver tørrere fremover, specielt Afrika og Middelhavslandene, samt det nordlige Latinamerika og det meste af Asien. Samlet set kan vi forvente *mindre* problemer med vandforsyningen på 20-29 % af Jorden, mens problemerne med vandmangel vil blive *øget* på 62-76 % af Jorden. Det betyder, at vandfor-



Ørkendannelsen forventes at stige i fremtiden, hvor tørre områder vil blive endnu mere tørre, og våde områder vil få endnu mere regn.
Foto: Tine Harden, CARE Danmark.

syningen vil komme under yderligere pres i mange områder, inklusivt områder, hvor vandet stammer fra gletsjere. Når gletsjerne smelter, vil der i første omgang være mere vand, hvorefter vandet langsomt vil forsvinde. Dette ses både i Asien, Afrika og Latinamerika. Mere end en sjettedel af verdens befolkning bor i områder, hvor vandforsyningen afhænger af gletsjere. Hvis man her skal sikre den fremtidige vandforsyning, er det nødvendigt at finde nye forsyningskilder. En fjerdedel af Afrikas befolkning – ca. 200 millioner mennesker hovedsageligt i det østlige og sydlige Afrika – oplever allerede i dag, at der er mangel på vand. Man forventer, at dette tal vil stige til 75-200 millioner i 2020, og helt op mod 350-600 millioner i 2050. Dette vil naturligvis også få konsekvenser for landbruget, og dermed fødevaresikkerheden og indkomsten. Et andet aspekt ved vand som en knap ressource er den øgede kamp om vandet. Vi kan risikere, at der opstår konflikter mellem indbyggere, der har brug for vand til forbrug, og dem, der skal bruge vand til landbrug og industriel produktion. I det hele taget er der risiko for, at kampen om knappe ressourcer i fremtiden kan blive årsagen til et stigende antal væbnede konflikter og krige.

Tilpasning til nye forhold

Klimaforandringerne får betydning for, hvordan man mobiliserer en husholdnings ressourcer for at skabe indkomst og møde de basale behov. Jo flere forskellige former for indtægter, des mindre sårbar er husholdningen over for uforudsete ændringer i klimaet eller naturkatastrofer. Hvis fx afgrøderne forsvinder i en stormflod, men husholdningen også har noget skovbrug eller husdyrhold, vil der stadig være muligheder for at have noget, man kan sælge, så man kan købe basale fornødenheder.

På grund af den store afhængighed af naturressourcer kan en bedre forvaltning af ressourcerne være en måde at sikre ressourcerne, så man også kan bruge dem til at genere en indkomst i fremtiden. Dette kræver viden om klimaforandringerne, ressourcerne, samt hvordan de bruges. Det er derfor en opgave, der ligger ud over, hvad den enkelte husholdning selv kan klare.

Interview med Veerle Vanderweerd, chef for miljø og energi i FN's udviklingsorganisation, UNDP

Forbrug og atter forbrug

"Vi taler om frihed og ret til udvikling, men hvad er det for en frihed, det handler om? Er det friheden til at vælge mellem tusinder af bilmodeller, som alle forurener for meget? Vi har insisteret på friheden til at forbruge på en fuldstændig uholdbar måde på bekostning af friheden for alle medlemmer af menneskeheden til at opnå udvikling. Af en eller anden grund er vi fuldstændig opslugt af forbrug, forbrug, forbrug – som om det var den gyldne vej til lykken. Over et vist niveau gør mere forbrug ikke folk mere lykkelige. Der er grænser for, hvor mange biler man kan køre, hvor mange værelser man kan benytte, hvor mange ferier man kan holde."

"UNDP taler ikke for at stoppe udvikling, tværtimod. For hvis man ikke via udvikling kan sætte mad på bordet, hvis man ikke kan sende sine børn i skole, så er der ingen lykke. Jeg har levet op og ned ad denne fattigdom i 10 år, og der var ingen lykke. Og det er stadig 2,6 mia. menneskers skæbne. Det er deres ret til udvikling og frihed, vi skal tale om, for det er den, vi med klimaforandringerne er ved at sætte over styr."

Årets Human Development Report taler om "en moralsk fiasko uden sidestykke i historien," hvis det internationale samfund fejler over for klimaudfordringen.

"En af de sværeste lektier, som klimaforandringerne lærer os, er, at den økonomiske model, som driver væksten, samt det hæmningsløse forbrug i de rige lande der følger med den, ikke er økologisk holdbart."

> "En af de sværeste lektier, som klimaforandringerne lærer os, er, at den økonomiske model, som driver væksten, samt det hæmningsløse forbrug i de rige lande der følger med den, ikke er økologisk holdbart.
>
> *Veerle Vanderweerd, chef for UNDP.*

"Man kan ikke forestille sig nogen større udfordring for vores opfattelse af fremskridt end den at bringe den økonomiske aktivitet og forbruget i overensstemmelse med de økologiske realiteter," hedder det i rapporten.

I Veerle Vanderweerds terminologi betyder det, at vi må finde vejen til det 'postkonsume samfund'.

"Vi er nødt til at finde en balance, hvor vi ikke lader os overvælde af det frie marked og opsluge af det at købe, men tager stilling til, hvad det egentlig vil sige at være menneske. Hvad vil det sige at være lykkelig, at nære omsorg for andre? Hvordan kan vi skabe andre udviklingsmodeller, som kan gøre alle mennesker frie og mere lykkelige? Én ting, vi i dag ved, er, at vores hidtidige energisystem er grundlæggende fejlbehæftet og ikke længere kan fungere."

UNDP-chefen erkender, at hun er "bekymret, ekstremt bekymret."

"Vi har fra miljøhold længe sagt: Verden har teknologien, pengene og den nødvendige viden til at bremse klimatruslen. Det eneste, vi ikke har, er politisk vilje. Det er muligt at bremse opvarmningen inden for to graders grænsen. Det vil koste nogle penge, men i forhold til, hvad verden bruger på fx militæret, er det ikke noget uoverstigeligt beløb."

"Det er anden gang i min karriere, at vi står med denne mulighed for at ændre udviklingens retning. Første gang var Rio-topmødet om miljø og udvikling i 1992, og der fejlede vi. Der blev talt store ord, men bagefter gjorde vi, hvad der passede os. Nu har vi denne anden mulighed, og denne gang har vi større viden og bedre værktøjer. Tænk, hvis vi for en gang skyld kan være begavede nok til at gribe denne enestående mulighed og ved at håndtere klimakrisen forandre samfundet, så det

bliver reelt bæredygtigt, også hvad angår vore værdier og relationerne mellem mennesker."

Veerle Vanderweerde overgiver sig ikke til det, UNDP kalder 'den resignerede pessimisme', selv om den ifølge rapporten kan synes velbegrundet.

"Den resignerede pessimisme er en luksus, som verdens fattige og kommende generationer ikke har råd til," skriver UNDP.

"At klare udfordringen kræver en række meget dristige beslutninger. Dristige, men ikke umulige," siger Vanderweerd.

"Vi må blive ved at forsøge. Og hvis det ikke virker, så må vi prøve igen. Prøve at få budskabet ud. Jeg har altid ment, at bæredygtighed burde være et fag i skolen. Ligesom man lærer matematik, må man lære, hvad der er denne planets grænser."

Trykt med venlig tilladelse fra Jørgen Steen Nielsen, Information den 28. november 2007 Foto: Scanpix.

Hvad sker der med naturen når klimaet ændrer sig?

Af Flemming Skov[1], Jens-Christian Svenning[2] og Signe Normand[3]
Danmarks Miljøundersøgelser[1] og Biologisk Institut[2,3], Aarhus Universitet

Klimaet er bestemmende for udbredelsen af plantebælter på Jorden og har dermed stor indflydelse på biodiversiteten. Den globale opvarmning, vi står over for, er af en størrelsesorden, der ikke er set de sidste mange millioner år. Hvordan vil det påvirke biodiversiteten globalt, og hvad vil der ske med naturen og arterne i Danmark?

Langt den største artsrigdom findes i de tropiske regnskove, og her forventes den globale opvarmning at medføre store ændringer.
Foto: Andoni Canela/Scanpix.

Klimaet har stor betydning for arternes udbredelse

Bevæger vi os fra ækvator mod polerne vil klimaet ændre sig gradvist og dermed også den dominerende vegetation og den tilknyttede biodiversitet. Omkring ækvator finder vi de artsrige tropiske regnskove med tusindvis af arter, der trives i det varme og fugtige klima. På hver side af ækvator er der ørkener med lav biodiversitet, da der ikke er mange arter, der trives hvor der både er tørt og varmt. Når vi nærmer os polerne, bliver det gradvist koldere og stedsegrønne skove, som vi ser omkring Middelhavet, bliver afløst af løvfældende, tempererede skove. På den nordlige halvkugle bliver disse så igen erstattet af vidtstrakte nåleskove endnu længere mod nord. I Arktis er det den ekstreme kulde og den korte vækstsæson, der begrænser antallet af arter. Vi finder tilsvarende mønstre i havet, hvor dog også de store havstrømme påvirker temperaturen og fordelingen af næringsstoffer og dermed algevæksten, der danner grundlaget for livet i havet.

Vi kan sammenligne koralrevene i tropiske, kystnære områder med de tropiske regnskove på land. Op mod 25 % af det samlede antal arter i havene findes i dette fascinerende og farvestrålende økosystem. Der er altså en klar sammenhæng mellem klima og biodiversitet, således at både det samlede antal arter og sammensætningen af arter i høj grad er bestemt af klimaet. Det kan derfor virke relativt enkelt at forudsige effekterne af et ændret klima. I praksis er det dog meget svært, da vores viden om vigtige biologiske processer og mekanismer er mangelfuld.

> Der er et kæmpe potentiale for CO_2-optag i genvækst af ødelagte tropeskove, som kan udnyttes til at afbøde klimaændringerne.
> *The International Union for Conservation of Nature*

Vi ved, at Jordens klima og betingelserne for liv konstant har forandret sig gennem millioner af år. De seneste 2 mil-

Op til mellem 15 % og 37 % af verdens plante- og dyrearter kan uddø som følge af klimaændringerne. Orangutang på Borneo.
Foto: Scanpix.

lioner år har været kendetegnet af, at den ene istid har afløst den anden. Som følge heraf er arter uddøde – især var der en massiv uddøen, da istiderne satte ind. Men nye arter er også udviklet gennem årtusinder, og deres fordeling på Jorden har konstant været i forandring som følge af miljøændringer og konkurrence fra andre arter. Historien viser altså, at livet på Jorden – overordnet set – er ganske robust. Det er dog karakteristisk, at de globale klimaændringer, vi nu står over for, forventes at give os et varmere klima, end Jorden har oplevet i flere millioner år – og det blot i løbet af 100 år. Vi står over for en ny type klimaændring, og den vil forløbe med en hastighed, der overstiger, hvad der tidligere er set.

Naturen er hårdt trængt i forvejen

Selvom vi ikke kan drage en direkte parallel til den klimaændring, vi nu står over for, og de ændringer, der er sket gennem historien, kan vi dog drage visse konklusioner. Vi må forvente, at der sker betydelige biologiske ændringer, herunder også tab af arter. De klimaændringer, vi forudser, vil ske så hurtigt, at det ikke er muligt for arterne at tilpasse sig evolutionært. Derfor er deres eneste mulighed, at de må ændre deres udbredelsesområde i takt med klimaændringerne for ikke at uddø.

Situationen bliver kompliceret af, at økosystemer ikke kun bliver udsat for klimatiske forandringer. Den voldsomme befolkningsvækst, der især er sket gennem de seneste 100 år og det dermed hastigt stigende behov for landbrugsvarer, tømmer og andre produkter, har været og er den væsentligste årsag til, at mange af Jordens arter i

dag er truet af udryddelse. Store arealer er inddraget til landbrug, bebyggelse og veje, og det har medført, at naturen mange steder er blevet opdelt i små, isolerede områder, som mange dyr og planter har svært ved at sprede sig imellem. Ydermere er mange af disse områder påvirket af forurening eller andre former for menneskelig aktivitet og derfor ikke så velegnede som levesteder for vilde dyr og planter som før.

Hvad enten klimaændringerne kommer eller ej, må vi altså forvente et tab af biodiversitet som følge af menneskets påvirkning af kloden. Paradoksalt nok har bestræbelserne på at imødegå klimaændringerne ved brug af vedvarende energi i form af biobrændstof, forøget presset på mange af Jordens økosystemer (se side 110).

Omfattende konsekvenser af klimaændringerne

Men hvad betyder det så – i forhold til disse velkendte problemer – at klimaet nu også forventes at forandre sig? FN's klimapanel opsummerer i deres seneste rapport fra 2007 resultaterne fra en lang række videnskabelige undersøgelser. Det kan være svært at drage en endelig konklusion, da det videnskabelige grundlag stadig er mangelfuldt, men visse mønstre er begyndt at tegne sig:

De tropiske koralrev er havenes 'regnskove', hvad rigdom på arter angår. Stigende temperaturer og øget forsuring af havene kan dræbe mange af disse koralrev.
Foto: Scanpix.

- I de områder, der i dag er stærkt påvirkede af skovrydning, opdyrkning og forurening, forventer man, at det er disse påvirkninger og ikke klimaændringer, der vil være hovedårsagen til tab af biodiversitet over de næste 40-50 år. Klimaændringerne vil imidlertid forværre situationen med yderligere tab af arter til følge.
- Omvendt vil klimaændringerne være den dominerende drivkraft på steder, der ikke er så påvirket af mennesker. Det gælder for eksempel områder med tundra og polaris, de store nåleskovsområder i det nordlige Europa og Rusland, visse områder med middelhavsvegetation, ørkener, savanner og tropiske regnskove.
- Flere nordlige områder, der i dag er kendetegnet af udstrakte nåleskove med en naturlig lav biodiversitet, vil over meget lang tid (mange hundrede år) kunne udvikle sig til løvskovsområder og dermed potentielt få en højere biodiversitet, end de har i dag.
- De tropiske regnskove, der huser en meget stor del af Jordens biodiversitet, er især følsomme over for ændringer i nedbørsmængderne. Bliver dele af skovene mere tørre, som klimamodellerne forudsiger, vil mange arter ikke kunne overleve, og det alene vil kunne resultere i et massivt tab af arter.
- Man forventer også, at temperaturen i verdenshavene vil stige, og det vil påvirke fordelingen af havis og næringsstoffer og medføre en øget risiko for iltsvind i kystnære områder. De tropiske koralrev er specielt sårbare, og de har en enorm betydning for oceanernes biodiversitet og dermed også for det fiskeri, som en stor del af verdens fattige befolkning er afhængig af. Døde koralrev er iagttaget hyppigere og hyppigere gennem de sidste 20 år, og forudsigelser baseret på klimamodellerne viser, at størstedelen af de tropiske koralrev vil være i farezonen inden år 2050.
- Hertil kommer, at den forsuring af verdenshavene, som luftens øgede CO_2-indhold medfører, vil give problemer for alle kalkskallede organismer samt for mange fiskearters æg, som ikke kan overleve under mere sure forhold.
- Det store flertal af arter har kun en lille geografisk udbredelse, og der findes områder på Jorden – såkaldte biologiske hotspots – hvor der af forskellige årsager findes specielt mange af disse arter. Eksempler på hotspots er Kap-provinsen i Sydafrika, Madagaskar, Kaukasus og Californien. Sådanne områder kan være særligt sårbare over for klimaændringer, ikke mindst hvis de også er udsat fra andre trusler som fx ødelæggelser af habitater.
- Der er gjort flere forsøg på at beregne, hvor mange arter vi totalt risikerer at miste som følge af klimaændringerne. Til det formål er der udviklet flere forskellige modeller, der dog stadig er behæftet med meget store usikkerheder. Modelresultaterne svinger meget, men de mest pessimistiske forudsiger, at mellem 15 og 37 % af alle verdens arter kan være i fare for at uddø som følge af global opvarmning.

Mange arter rykker mod nord

Beregninger baseret på IPCC's scenarier for klimaudviklingen (se kapitel 3) viser, at de klimatiske grænser for en lang række dyre- og plantearter kan flytte sig mellem 700 og 1.400 km mod nord i Europa over de næste 100 år. Nogle arter vil derfor få sværere ved at klare sig og måske helt forsvinde. Andre vil få bedre levevilkår, og nye arter vil kunne indvandre.

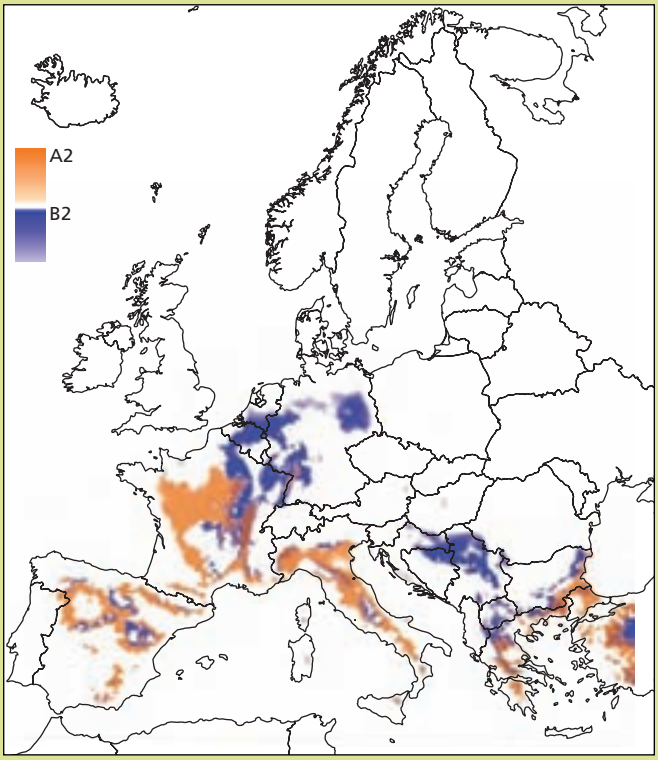
Den temperaturstigning, der er set siden midten af 1900-tallet, har allerede påvirket naturen. I Danmark er det således konstateret, at planternes vækstperiode er blevet længere, og vi har kunnet iagttage, hvordan mange fænomener såsom løvspring, blomstring og ynglefuglenes ankomst bliver tidligere og tidligere. Herudover finder man flere og flere nye 'sydlige' arter.

Fremtidens natur i Danmark

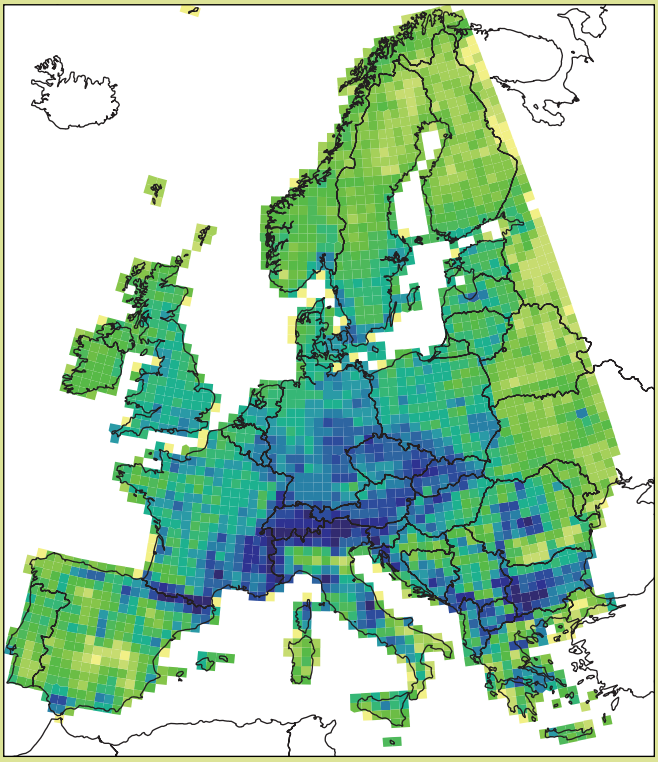
Når vi skal forsøge at forudsige, hvad der vil ske med biodiversiteten i Danmark, er det nærliggende at se på den biodiversitet, der findes i de områder, der i dag har det klima, som vi forventer i Danmark i fremtiden. De to kort i figur 7-1 viser, at Danmark om 100 år vil have et klima, som ligner det, vi i dag hovedsageligt finder i det nordlige og centrale Frankrig, eller – hvis CO_2-udledningen fortsætter med samme hast som nu – et vejrlig, som i det centrale og sydlige Frankrig og bjergene i det nordlige Spanien og i Italien.

Hvilke arter finder vi så i disse områder, og kan vi uden videre forvente, at vi vil få de samme arter og den samme artsdiversitet i Danmark? Kortet i figur 7-2 viser antallet af plantearter forskellige steder i Europa. Det ses, at vi i dag finder det højeste antal arter i et område langs de sydlige skråninger af Alperne, Pyrenæerne og i Balkanområdet. Tilsvarende mønstre tegner sig for andre grupper af organismer. Kortet viser, at de områder, der i dag har et klima svarende til det, der er forudsagt for Danmark i år 2100, har en artsrigdom af samme størrelse eller lidt større end den, vi har i Danmark i dag.

Men naturen i Danmark og det centrale Frankrig udviser betydelige forskelle. En del arter er fælles, bl.a. de fleste af vores træarter, såsom bøg, ask og begge danske arter af eg, men mange er forskellige. Det endelige resultat af klimaændringerne vil afhænge af mange faktorer, bl.a.



Figur 7-1
Hvor i Europa finder man i dag fremtidens danske klima? Kortet viser, hvor der i dag findes et klima, der svarer til det, som to af FN's klimapanels scenarier (A2 og B2; se kapitel 3) forudsiger for Danmark i år 2100. Jo mørkere farven er, jo mere ligner klimaet det, vi kan forvente i Danmark.
Data fra Atlas Florae Europaeae.



Figur 7-2
Fordelingen af artsrigdom for planter i Europa. Farverne viser antallet af arter for hvert område på 50×50 km, der er undersøgt. Skala fra gul (0-100 arter) over grøn (100-400 arter) til mørkeblå (400-700 arter).
Data fra Atlas Florae Europaeae.

hvorvidt arterne vil være i stand til at overleve eller tilpasse sig klimaændringerne på stedet, eller sprede sig i et tempo, der svarer til den rate, hvormed klimaet ændrer sig. Mange organismer kan sprede sig hurtigt. Det gælder fx de fleste fuglearter og mange flyvende insekter, og vi må forvente, at de fra år til år vil kunne følge med det ændrede klima. Mange planter derimod spreder sig uhyre langsomt med få meter pr. år. Vi må forvente, at de enkelte arter reagerer forskelligt, og vi er derfor nødt til at vurdere dem enkeltvist for at få det samlede billede af effekten af klimaændringer i Danmark, og til det arbejde bruger man i stigende grad forskellige former for modellering.

Bakkenelliker.

Foto: Peter Wind.

Boks 7-1

Modeller forudsiger, hvor arterne kan findes

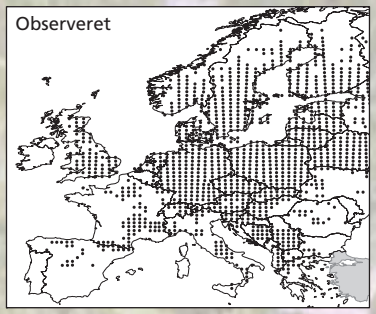
Bioklimatisk modellering er en fællesbetegnelse for en række forskellige metoder, der alle tager udgangspunkt i den observerede udbredelse af en art. De fleste metoder arbejder ud fra den antagelse, at artens udbredelse har opnået en vis grad af ligevægt med klimaet, dvs. at klimaet således i betydeligt omfang afgrænser udbredelsen af arten. Vi kan derfor bruge den observerede udbredelse til at beregne artens klimatiske 'rum' eller niche. Der er mange måder at beskrive det klimatiske rum på, men i langt de fleste modeller indgår temperatur og fugtighed. Fx indgår nedbør og graddage, der er et mål for den mængde energi, der er til rådighed for planters vækst, samt minimums-vintertemperaturen, da mange organismers udbredelse er begrænset af deres tolerance over for vinterkulde.

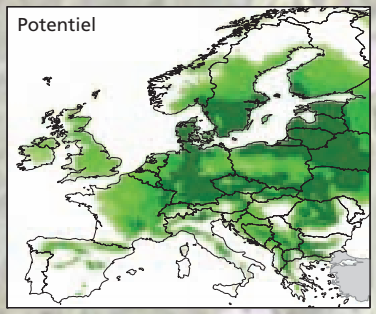
Kortene over for viser den nuværende udbredelse af bakkenellike i Europa og den modellerede potentielle udbredelse (dvs. hvor i Europa, der er passende klimatiske betingelser til, at den kan opretholde vedvarende bestande) samt den potentielle udbredelse ifølge to fremtidige klimascenarier (B2 & A2; se kapitel 3). Jo mørkere grøn farve, jo bedre betingelser. Bakkenellike er en art, der må forventes at kunne klare klimaændringerne i Danmark, men sandsynligvis vil gå tilbage i sydligere dele af Europa.

Nogle arter får det bedre – andre værre

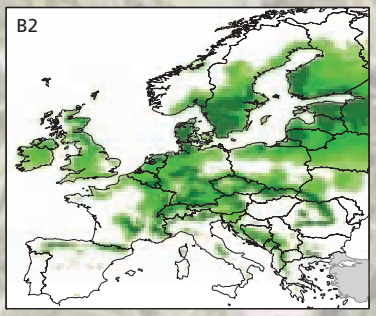
Den mest anvendte metode er den såkaldt bioklimatiske model (se boks 7-1). Det er en temmelig simpel model, og det er vigtigt at være klar over, når man vurderer resultaterne, at modellering aldrig giver præcise svar på, hvad der vil ske i fremtiden. Vi har i dag endnu ikke viden nok til at opbygge modeller, der realistisk beskriver, hvordan størstedelen af arterne rent fysisk spreder sig gennem landskabet, eller hvordan de forskellige arter påvirker hinanden. Modellerne giver os derfor kun et fingerpeg om, hvad der vil ske.

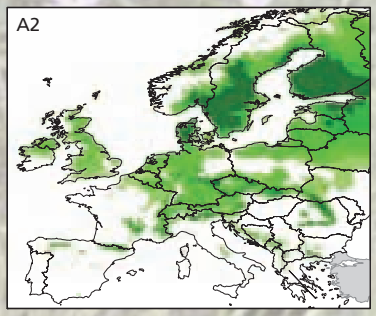
Nuværende udbredelse af Bakkenellike i Europa





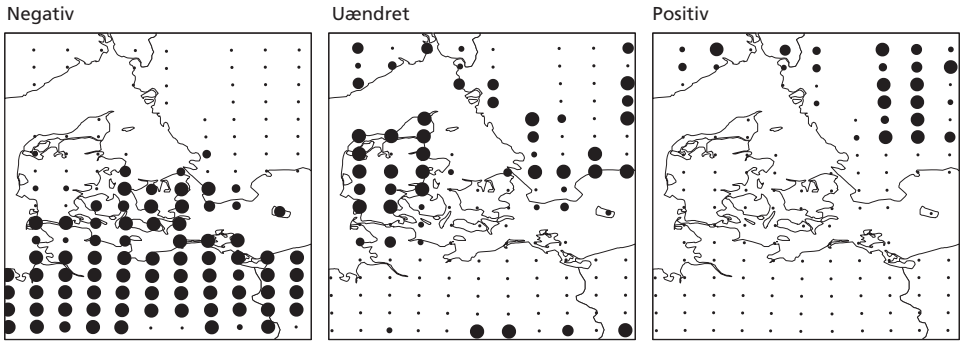
Potentiel udbredelse år 2100





Stor fladstjerne vil i fremtiden opleve et mindre egnet klima i det sydøstlige Danmark.

Foto: Flemming Skov.



Figur 7-3

Modelresultater for stor fladstjerne. Kortene viser hhv. hvor arten forventes at blive påvirket negativt af klimaændringerne (venstre kort) eller positivt (højre kort), eller hvor tilstanden hverken vil blive forbedret eller forværret (kortet i midten).

Stor fladstjerne er et eksempel på en art med stor udbredelse i Europa. Planten findes almindeligt i løvskove i Danmark, hvor den blomstrer i det sene forår. Modellerne viser, at de forventede klimaforandringer vil have forskellige effekter i forskellige dele af Danmark. I det sydøstlige Danmark, der har et efter danske forhold lunt og tørt klima, vil levevilkårene blive forringede (figur 7-3 venstre). I det vestlige Danmark er effekten neutral (figur 7-3 midt), mens man skal helt til Sverige før man forventer, at betingelserne bliver bedre (figur 7-3 højre).

De samlede effekter

Hvis vi laver modeller som vist ovenfor for en lang række arter, vil det samlede resultat kunne sige noget om, hvordan floraen og faunaen som helhed vil reagere på klimaændringerne. Vi har således lavet en større undersøgelse af danske plantearter, der viser, at 67-78 % vil få det værre i Danmark i et varmere klima. Heraf vil der være en mindre del, der med stor sandsynlighed vil uddø i Danmark. Kun 10 % af arterne vil få bedre vilkår.

Den bioklimatiske modellering viser ydermere, at vi må forvente, at en lang række sydlige arter, der ikke i dag forekommer naturligt i Danmark, kan trives i den danske natur i år 2100 under de to mest sandsynlige klimascenarier. Det drejer sig ikke blot om arter, der i dag er vidt udbredte i Mellemeuropa, fx ægte valnød og ægte kastanie, men også udpræget sydeuropæiske arter som strandfyr og stedsegrønne løvtræer som laurbær og steneg. I hvilket omfang sådanne arter vil indvandre, vil i høj grad afhænge af, om arterne kan sprede sig hertil fra deres nutidige udbredelsesområde på den tid, der er til rådighed. På samme vis vil spredningen være af afgørende betydning for, om arter, hvis klimaområde bliver forskudt til nord for Danmark, vil kunne følge med derop. Generelt forventer man, at en art skal kunne sprede sig med mindst 2-4 km pr. år for at følge med klimaændringerne, og det er så hurtigt, at de færreste arter vil kunne følge med. En vigtig undtagelse er arter, der tilsigtet eller utilsigtet bliver spredt af mennesker, fx træarter, der bliver benyttet i skovbruget eller i parker og haver.

8 Hvad kan vi gøre for at mindske klimaændringerne – og hvad koster det?

Af Kirsten Halsnæs
Forskningsspecialist, UNEP Risø Centre, Risø/DTU

En stabilisering på højst to graders temperaturstigning kræver store drivhusgasreduktioner og hurtig handling, hvilket indebærer store krav til teknologisk udvikling og økonomisk indsats. En international indsats med deltagelse af verdens store lande som USA, Kina og Indien er et nøgleelement, og herudover er det afgørende at have alle sektorer og drivhusgasser med lige fra energi til transport, industri, landbrug, skovbrug og affaldshåndtering.

Solen leverer enorme mængder af energi til Jorden, og hvis vi kan udnytte den mere effektivt, så kan vi spare meget fossilt brændstof og dermed reducere CO_2-udslippet. Solpaneler. Foto: Wernher Krutein/Scanpix.

Globale økonomiske modeller

I forbindelse med den nyeste videnskabelige rapport fra FN's klimapanel (IPCC) er der foretaget en række vurderinger og beregninger af, hvordan vi kan nå forskellige målsætninger for begrænsning af de globale temperaturstigninger. Studierne gennemgår mulighederne for reduktioner i udslippet af drivhusgasser gennem anvendelse af renere teknologier, adfærdsændringer, lovgivning og internationalt samarbejde.

Dette afsnit giver et kort overblik over konklusionerne fra disse internationale studier over drivhusgasreduktioner. Det starter med overordnede globale studier over stabilisering af temperaturændringerne i det 21. århundrede på niveauer mellem 2 °C og 7 °C mere end i dag, og behandler dernæst de mere kortsigtede teknisk-økonomiske studier og makroøkonomiske analyser af mål for drivhusgasreduktioner indtil år 2030.

Stabilisering af de globale temperaturændringer

En række naturvidenskabelige studier har undersøgt konsekvenserne af klimaændringer ved forskellige globale temperaturstigninger, og IPCC's arbejdsgruppe om klimaændringer og sårbarhed har på den baggrund peget på, hvornår klimaændringerne begynder at se rigtigt alvorlige ud. De fremhæver her, at ændringer i den globale gennemsnitstemperatur, som er større end 2 °C, kan risikere at udløse en række ændringer i naturlige systemer og menneskelige levevilkår af meget alvorlig karakter. Eksempler på disse ændringer er fald i fødevareproduktionen i Jordens fattigste lande, vandmangel, oversvømmelser, tab af op til 37 % af alle plante- og dyrearter, samt øget forekomst af malaria og andre sygdomme som følge af forurenet vand.

> I det lange løb står det klart: Olien vil forsvinde – om det så bliver i 2030, 2040 eller 2050. En dag er det definitivt forbi. Og vi bør efter min mening forlade olien, før den forlader os. Det bør være vores motto.
>
> *Cheføkonom i International Energy Agency, Fatih Birol*

Med udgangspunkt heri har en bred gruppe af økonomer, ingeniører og andre eksperter ved hjælp af store globale modeller analyseret mulighederne for at gennemføre drivhusgasreduktioner svarende til at stabilisere klimaændringerne på forskellige temperaturniveauer.

På en måde kan man sige, at der er tale om en slags baglæns beregning, hvor man starter med at se på, hvordan

Tabel 8-1

Globale temperaturstigninger og tilsvarende krav til reduktion af drivhusgasser.

Kilde: IPCC.

Mål for global temperaturstigning (°C)	Årstal hvor verdens udslip skal begynde at falde	Reduktion i udslip i 2050 i % i forhold til 2000-niveau
2,0-2,4	2000-2015	–85 til –50
2,4-2,8	2000-2020	–60 til –30
2,8-3,2	2010-2030	–30 til +5
3,2-4,0	2020-2060	+10 til +60
4,0-4,9	2050-2080	+25 til +85
4,9-6,1	2060-2090	+90 til +140

Note: Der angives intervaller for tidspunkter og reduktioner, fordi forskellige modeller og scenarier har varierende resultater – intervallerne viser her, hvad der kræves, hvis målet skal nås med 50 % sikkerhed.

hele verdens drivhusgasudslip vil udvikle sig i de næste hundrede år, hvis der ikke bliver sat ind med reduktionspolitik. IPCC har her anvendt en række alternative scenarier for drivhusgasudslippene, som bygger på forskellige forudsætninger om økonomisk vækst, teknologisk udvikling, befolkningsvækst, globalt samarbejde og prioritering af bæredygtig udvikling. Disse fremskrivninger bliver sat ind i en klimamodel, som beregner, hvor store temperaturændringer, udslipsscenarierne vil medføre, og hvor store reduktioner, der skal til for at begrænse temperaturændringerne til et givet niveau. Tabel 8-1 er baseret på IPCC's 4. rapport om drivhusgasreduktioner og giver et overblik over reduktionsmålsætningerne.

Tabellen viser, hvilke drivhusgasreduktioner, der skal til inden 2050, hvis vi skal begrænse verdens temperaturstigninger til at være inden for seks intervaller mellem 2,0 °C og 6,1 °C igennem det 21. århundrede. Hvis vi fx tager udgangspunkt i en målsætning om, at temperaturen ikke må stige mere end 2 °C i forhold til det førindustrielle niveau, vil dette mål kræve, at verdens udslip skal begynde at falde senest i år 2015, og udslippene skal så være mellem 85 % og 50 % lavere i 2050, end de var i år 2000.

Hvis man i stedet tager udgangspunkt i, at temperaturændringerne godt må ligge på et noget højere niveau fx mellem 2,8 °C og 3,2 °C over det førindustrielle niveau, er det først nødvendigt, at udslippene skal begynde at falde mellem år 2010 og år 2030.

Kina og Indien spiller en meget vigtig rolle i fremtidens udvikling

Vanskelighederne ved at nå disse målsætninger kan illustreres i forhold til den store vækst, der lige nu er i økonomi, energiforbrug og dertil knyttede drivhusgasudslip i Indien og Kina. Disse to landes årlige økonomiske vækstrater ligger i øjeblikket på 10 % eller derover, og man skønner, at elforbruget alene er vokset med op mod 15 % i Kina alene i 2007. Som resultat heraf skønner det Internationale Energiagentur (IEA) i den nyeste World Energy Outlook, at Kinas CO_2-udslip fra energisektoren vil mere end fordobles indtil år 2030, mens Indien udslip vil tredobles.

Alene i kraft af størrelsen af Kinas og Indiens befolkninger og økonomier er det umuligt at forestille sig en virkningsfuld global klimapolitik, hvis disse to lande ikke er med. Samtidig er det en meget stor udfordring at gennemføre en stor og hurtig opbremsning i Kinas og Indiens drivhusgasudslip, da energiforbruget spiller så afgørende en rolle i landenes udviklingsfase her og nu, hvor store dele af befolkningerne har en meget begrænset energiadgang, og hvor en stor opbygning af industrivirksomheder foregår.

Hvis vi skal holde temperaturstigningerne inden for ca. 2 °C, som er målsætningen bl.a. for EU, så skal verdens CO_2-udslip begynde at falde senest i år 2015.
Foto: Scanpix.

Tabel 8-2

Omkostningerne ved at stabilisere de globale temperaturstigninger og tilsvarende reducere drivhusgasudslip i 2050 baseret på IPCC's arbejdsgruppe 3.

Mål for globale temperaturstigninger i °C	Medianen for reduktion i verdens bruttonationalprodukt i %	Interval for reduktion i verdens bruttonationalprodukt i %[1]
3,2-4,0	0,5	–1 til +2
2,8-3,2	1,3	Mindre end 0 til 4
2,0-2,8	Ikke tilgængelig[2]	Mindre end 5,5

Note 1. Intervallet over reduktionen i verdens bruttonationalprodukt angiver yderpunkterne for skønnene i de underliggende studier.
Note 2. Medianen er ikke tilgængelig, da der er relativt få studier over disse temperaturændringer.

Overkommelige meromkostninger

De globale modeller har også været anvendt til at analysere de samfundsmæssige omkostninger ved at gennemføre forskellige mål for stabilisering af globale temperaturændringer. Princippet i sådanne økonomiske analyser er, at man sammenligner, hvad det vil koste i form af investeringer, brændsels- og andre driftsudgifter at gennemføre energiforsyning, fødevareproduktion, skovbrug og andre aktiviteter, hvis der ikke er nogen mål for drivhusgasreduktion, og hvad ekstraomkostningen vil være, hvis vi skal indføre renere teknologier, nye produktionsmetoder eller lavere forbrug med lavere drivhusgasudslip. En af måderne at opgøre disse omkostninger på er at vise, hvor meget hele verdens bruttonationalprodukt vil blive påvirket af forskellige målsætninger om temperaturændringer og tilsvarende reduktion af drivhusgasudslip, som det er vist i tabel 8-2.

> Forbedret energieffektivitet er det billigste og mest fornybare af alle brændstoffer.
>
> *Dow Chemicals vicepræsident*

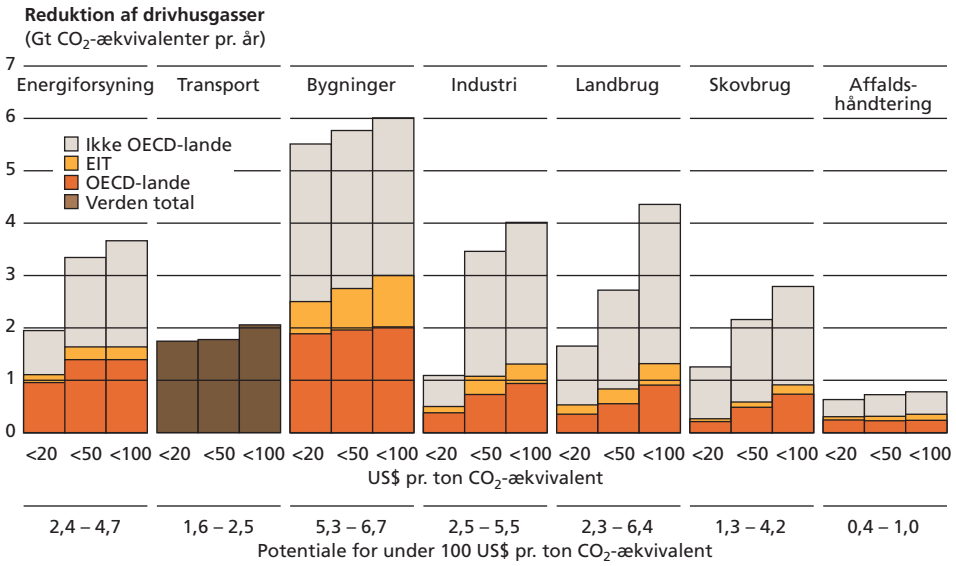
Som det ses af tabellen, vokser verdens samlede omkostninger ved reduktion af drivhusgasudslip markant, når vi øger målsætningerne fra at være temperaturændringer på op mod 4 °C til at være nede på mellem 2,0 og 2,8 °C i det 21. århundrede. I tilfældet med de 4 °C er der tale om, at verdens bruttonationalprodukt vil være 0,5 % lavere i år 2050 sammenlignet med ingen reduktionsindsats, mens målsætningen på mellem 2,0 og 2,8 °C er meget mere krævende og kan indebære et fald i bruttonationalproduktet på op mod 5,5 %. Hvis vi prøver at sætte et sådant fald på 5,5 % i forhold til Danmarks bruttonationalprodukt pr.

indbygger i dagens penge, vil det svare til en årlig udgift pr. dansker på i størrelsesordenen 17.000 kr., hvilket jo ikke er en totalt ligegyldig udgift, men samtidig også ligger indenfor, hvad der er muligt, især når man tænker på, hvor meget rigere vi må regne med at være i år 2050.

En af grundene til, at reduktionsomkostningerne vokser markant, når vi strammer målsætningerne for temperaturstigningerne, er, at lave temperaturstigninger som vist i tabel 8-1 kræver hurtige og meget store reduktioner af drivhusgasudslippene. Hvor 4 °C-målsætningen indebærer, at verdens udslip først skal begynde at falde senest i år 2060, skal dette allerede ske senest i år 2015, hvis temperaturstigningerne højst må være 2,0-2,8 °C. Meget hurtige og store reduktioner stiller store krav til investeringer og kan være meget teknologisk krævende, da der ikke er så meget tid til fx at indfase nye og renere kraftværker, når de alligevel skal skiftes ud, og til at sætte forsknings-, udviklings- og demonstrationsprojekter i gang.

Stor forskel på potentialet i forskellige økonomiske sektorer

En lang række detaljerede tekniske og økonomiske studier har belyst mulighederne for at opnå de nødvendige reduktioner i drivhusgasudslippene inden for en tidshorisont op til år 2030, og en oversigt over resultaterne er givet i rapporten fra IPCC's arbejdsgruppe. Her er der foretaget en opgørelse af reduktionsmulighederne inden for energiforsyning, transport, bygninger, industri, landbrug, skov og affaldshåndtering. Metoden er at gennemgå alle internationalt publicerede arbejder over teknologiske muligheder inden for de syv sektorer, og så foretage en sammenligning af, hvad det koster at reducere drivhusgasser. Resultaterne af den samlede analyse for hele verden er vist i figur 8-1, der illustrerer, hvor stor en drivhusgasreduktion, vi kan opnå i de forskellige sektorer for en reduktionsomkostning på henholdsvis 20 US$ pr. ton CO_2-ækvivalent, 50 US$ pr. ton CO_2-ækvivalent og 100 US$ pr. ton CO_2-ækvivalent i 2030 (CO_2-ækvivalenter er et udtryk for en sammenvejning af det atmosfæriske varmepotentiale i forskellige drivhusgasser). Yderligere viser figuren fordelingen af reduktioner mellem OECD-lande, ikke OECD-lande og overgangsøkonomier, EIT (østeuropæiske tidligere socialistiske lande).



Figur 8-1
Opgørelse af sektorvise potentialer og omkostninger ved drivhusgasreduktion i år 2030 af IPCC's arbejdsgruppe 3. Figuren viser den samlede drivhusgasreduktion, som er mulig i forskellige dele af verden for en omkostning på henholdsvis under 20 US$ pr. ton drivhusgas, under 50 US$ pr. ton drivhusgas og under 100 US$ pr. ton drivhusgas.
Kilde: IPCC.

Reduktionerne skal naturligvis ses i forhold til, hvordan udviklingen ellers vil være i et referencescenario uden drivhusgasreduktion. Alt efter valg af scenario kan man sige, at realiseringen af alle de reduktioner, som er tilgængelige for en ekstraomkostning på op til 50 US$ pr. ton CO_2-ækvivalent, vil indebære, at verdens samlede udslip i år 2030 kan holdes konstante eller måske være svagt faldende i forhold til, hvad de var i år 2000. Det skal her bemærkes, at et sådant reduktionsscenario må skønnes at være mindre vidtgående end, hvad der er nødvendigt for at komme ned på et tilstrækkeligt lavt udslipsniveau til, at vi kan holde os under målsætningen om at begrænse den globale temperaturstigning til omkring de 2 °C i det 21. århundrede, som det blev omtalt ovenfor.

Bygningssektoren kommer ud som topscoreren med de størst mulige og billigste reduktionsmuligheder, og det skønnes endda, at op mod 30 % af reduktionerne her vil give et økonomisk overskud, fordi værdien af for eksempel varmebesparelser overstiger udgiften til at investere i isolering eller andre tekniske løsninger. Andre områder, som kan give direkte økonomiske besparelser inden for bygningssektoren, kan være udskiftning af gamle varmeforsyningsanlæg eller fornyelse af ineffektive husholdningsapparater.

De voldsomme stigninger i transportsektorens bidrag til CO_2-udslippene overalt i verden udgør en særligt stor udfordring.
Foto: Ron Stroud/Scanpix.

Energi- og transportsektorerne helt afgørende

Energiforsyningssektoren byder også på store muligheder for drivhusgasreduktioner, og især mere effektive produktions- og distributionssystemer er meget økonomisk attraktive. Man skønner, at den vedvarende energis andel af verdens energiforsyning kan stige fra det nuværende niveau på 7-8 % til at være 30-35 % i 2030, hvis man gennemfører reduktioner af drivhusgasudslippene op til et omkostningsniveau på 50 US$ pr. ton CO_2-ækvivalent. Det er værd at bemærke, at energiforsyningssektoren samlet set stadig vil være præget af en bred vifte af teknologier indtil år 2030 i disse scenarier, hvor både renere kulteknologier, kulstoflagring, naturgas, olie, atomkraft og vedvarende energi spiller en rolle.

Industrien og landbruget er også sektorer, der kan komme til at spille en væsentlig rolle i verdens samlede reduktionspolitik. Inden for industrien kan der være tale om effektiviseringer af energiforbrug og genanvendelse af procesenergi og om at genanvende materialer og intro-

ducere nye materialer. I landbruget vil der være store muligheder for at øge kulstofbindingen i jord og afgrøder gennem nye dyrkningsmetoder og for at reducere metanudslip (CH_4) fra dyrehold og rismarker, ligesom man kan formindske udledningen af kvælstofoxider (NO_x) ved et mere effektivt gødningsforbrug.

Inden for transportsektoren er der nogle særligt vanskelige udfordringer i at bremse den meget store igangværende vækst i vejtransport med lette og tunge køretøjer. Nogle af mulighederne for at reducere drivhusgasudslippene vil ligge i at indføre normer for mere effektive motorer og i indførelse af hybridbiler, biobrændstoffer og elbiler. Yderligere har transportsektoren en række grænseoverskridende problemer, nemlig flytrafik, skibe og anden godstransport, som kræver en internationalt baseret regulering. EU-kommissionen er her i en proces med at implementere kvoter for drivhusgasudslip for luftfart og skibe.

Relativt beskedne omkostninger

Mulighederne for at reducere drivhusgasudslip inden for en tidshorisont op til år 2030 er også blevet belyst med en række såkaldte makroøkonomiske modelberegninger. Princippet i sådanne analyser er, at modellerne giver et overordnet billede af samfundsøkonomiske sammenhænge mellem investeringer, erhvervsstruktur, beskæftigelse, skatter og energiforsyningsteknologier på et meget generelt plan.

De makroøkonomiske modelberegninger viser ligesom de detaljerede sektorstudier, at der er gode muligheder for at reducere drivhusgasudslip indtil år 2030 for relativt beskedne omkostninger. Målt i et makroøkonomisk perspektiv svarer omkostningerne i år 2030 ved reduktionerne i sektoranalyserne, som blev vist i figur 8-1, til at være omkring et fald på 0,6 % i verdens bruttonationalprodukt ved at holde udslippene konstant eller svagt faldende. I nogle tilfælde kan der endog være tale om økonomiske gevinster ved at gennemføre reduktioner af drivhusgasudslip, hvis man fx indfører CO_2-skatter, og man kan bruge provenuet fra disse skatter til at nedbringe indkomstskatter og øge beskæftigelsen. Virkningen af sådanne skatteomlægninger er dog helt afhængig af landenes skattesystem og arbejdsmarkedssituation.

Udfordringerne er udslipsreduktioner på globalt plan

Ifølge konklusionerne fra IPCC's arbejdsgruppe 3 om globale muligheder for at reducere drivhusgasudslip er der altså mangfoldige tekniske og økonomiske muligheder for at imødegå meget alvorlige klimaændringer. Selv meget store reduktionsmuligheder er behandlet i scenarierne og er skønnet mulige under forudsætning af, at vi kan iværksætte store teknologiske ændringer, og at vi iværksætter en massiv international koordineret indsats. På den måde kan man godt sige, at klimapolitikkens store udfordring nu ligger i selve implementeringsfasen.

Det er her vigtigt at se i øjnene, at den information, som er tilgængelig fra de store globale modelstudier over drivhusgasreduktioner, i sagens natur har en masse begrænsninger, og de er vigtige at holde sig for øje, når vi skal omsætte resultaterne til klimapolitik. Rent teknisk bygger studierne på forudsætninger om, at der er fri overførsel af teknologier mellem alle verdens lande, og at de økonomiske systemer fungerer på en måde, så det er muligt at gennemføre udslipsreduktioner, hvor det er billigst muligt.

Der skal skrues ned for verdens forbrug af fossile brændstoffer, og vores livsstil skal lægges om, hvis de værste klimaændringer skal undgås.
Foto: Scanpix.

Et sådant internationalt scenario kan fx understøttes af handel med udslipskvoter på tværs af landegrænser og ved udbredt projektsamarbejde om drivhusgasreduktion mellem udviklingslande og industrialiserede lande. Også den internationale handel skal ske uden en overførsel af store udslipskilder til fx udviklingslande, hvis vi indfører begrænsninger i andre dele af verden. Disse internationale samarbejdsmuligheder om drivhusgasreduktion kan kun fungere, hvis vi etablerer et internationalt samarbejde om klimapolitik, hvor en vigtig næste begivenhed bliver klimatopmødet i København i 2009.

Nødvendigt med grundlæggende ændringer i vores livsstil

Teknologisk udvikling kan som tidligere sagt gøre en masse for at afhjælpe klimaproblemerne, især hvis det lykkes hurtig at overføre nye effektive teknologier mellem landene, og hvis vi gennemfører projekter inden for forskning, demonstration og innovation, som hurtigt fremmer lavere drivhusgasudslip. Det ser dog ikke ud til, at selv den mest lovende teknologiudvikling kan løse problemerne alene, da verdens befolkning både i industrialiserede lande og i udviklingslande vil blive meget rigere i fremtiden og vil øge deres forbrug. Tænk bare på væksten, som vi i dag ser inden for transportsektoren, som verdens hurtigst voksende økonomier såsom Indien og Kina kun er i den absolutte startfase på. I Indien er der i dag kun 10 millioner personbiler til en samlet befolkning på over 1 milliard. Denne bilpark vil i løbet af ganske få år vokse til flere 100 millioner.

Konklusionen er, at der bliver behov for at understøtte teknologiske ændringer med store livsstilsændringer i alle dele af verden. Livsstilsændringerne kan komme til at gribe ret grundlæggende ind i vores livsformer både set i forhold til planlægning af by og land, transportbehov og -strukturer samt valg af forskellige forbrugsgoder. Den slags vidtgående ændringer kræver, at en masse rammer for kollektiv og individuel beslutningstagning er på plads lige fra landsplanlægning, grønne investeringsprofiler, miljøafgifter, informationssystemer til kulturelt og socialt betingede adfærdsmønstre.

De gode viljer og de gale veje

Af Klaus Illum

I foråret 2007 lancerede Miljøministeriet i samarbejde med Transport- og Energiministeriet kampagnen '1 ton [CO_2] mindre' som en folkesag, der skal forpligte den enkelte til at formindske sit bidrag til truslen mod vores planet med en tiendedel. Samtidigt kunne den af regeringen nedsatte Infrastrukturkommission fortælle, at dens transportforskere har beregnet væksten i samfundets behov for mobilitet og varetransport. Deres beregninger viser, at person- og varebilstrafikken om 20 år vil være 35-55 % større end i dag, og at lastbiltrafikken forøges dobbelt så meget. En sådan vækst indebærer, at CO_2-udslippet i løbet af de næste 10 år forøges med mindst 1 ton om året per indbygger.

Her står vi så med to folkesager i åbenbar modstrid med hinanden: hin enkeltes personlige forpligtelse '1 ton mindre'; og vækstsamfundets fordring: '1 ton mere'. For de enorme investeringer i nye veje, motorveje og broer, der skal til for at holde én million flere biler og dobbelt så mange lastbiler kørende, må jo om noget være en folkesag.

På den ene side: Du skal huske at slukke lyset, tage cyklen og spise økologisk for at spare på energien og beskytte miljøet. På den anden: Du skal arbejde mere for at producere mere og forbruge mere for at sikre den økonomiske vækst, der øger energiforbruget og miljøbelastningerne.

Al Gore's medieshows i filmen 'Den ubekvemme sandhed' og Live Earth koncerterne har skabt bekymring, forstærket af de klimafænomener, som nu ikke kun rammer Jordens fordømte, men også USA, England, Sjælland og andre områder i Europa. Bekymringen skal have afløb ad kanaler, der afleder den fra tanker, der fører til tvivl om samfundsgrundlagets bæredygtighed. '1 ton mindre' kampagnen er en sådan afledningskanal. Det er også vigtigt stadigt at befæste troen på, at den af forskningen og markedet befordrede teknologiske udvikling finder løsninger på problemerne. Det sker ved at gøre den politiske problemstilling til et spørgsmål om finanslovens forsknings- og udviklingsbevillinger til biobrændstoffer og brint til biler og andre teknologiske fix, der skal sikre fortsættelse af den evige økonomiske vækst.

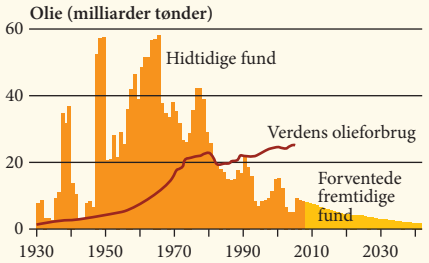
På den måde bliver der ro på bagsmækken under kørslen ind i blindgyden. Flere motorveje, Femernbro og andre broprojekter til den evigt voksende biltrafik fremtræder som en naturlig udvikling, der ikke giver anledning til alvorlig bekymring, endsige politisk debat og spørgsmål om, hvad for en slags køretøjer der om 20 år skal køre på alle de nye veje og broer, og hvad det er, vi vil med al den trafik. Det er jo ikke meningen, at '1 ton mindre' kampagnen skal formindske salget af biler og campingsvogne og autocampere, begrænse lastbiltransporterne og ferierejserne med fly ud over alle grænser eller på anden måde formindske det materielle forbrug, der holder den økonomiske vækst i gang.

Blandt Søren Kierkegaards smertelige aforismer i Enten-Eller, findes én, der taler til os i denne tid:

"Det hændte på et Theater, at der gik ild i Coulisserne. Bajads kom for at underrette Publicum derom. Man troede, det var en Vittighed og applauderede; han gentog det; man jublede endnu mere. Således tænker jeg, at Verden vil gaae til Grunde under almindelig Jubel af vittige Hoveder, der troe, at det er en Witz."

Det globale Live Earth teater med Al Gore som bajads. Applaus. De vittige hoveder forstår det som optakt til den økonomiske vækstkomedies næste akt, nu med aktørerne i grønne kostymer. The show must go on.

Men det gør det nok alligevel ikke. For en anden ubekvem sandhed, fortrængt af de vittige hoveder, er, at olie bliver en knap og dermed dyr ressource. Regeringen glæder sig over, at dens beregnere finder økonomisk balance i en Femernbro, når de regner med en råoliepris på 50 dollar per tønde i de næste 20 år. Og Infrastrukturkommissionen foreskrev, at de konsulenter, de i dyre domme betalte for at lave trafikprognoser, skulle lave to regnestykker: ét med en fremtidig råoliepris på 30-40 dollar per tønde og ét med 60. Uanset at prisen i tre år har været støt stigende og nu har rundet 90 dollar per tønde, og den amerikanske finansbank Goldman



Sachs regner med, at prisen skal op på omkring 135 dollar per tønde, før storforbrugerne i verdens rige enklaver begynder at dæmpe deres forbrug. Det vil sige, at når olieproduktionen ikke længere kan følge med efterspørgslen, kommer prisen op i intervallet 100-200 dollar per tønde.

Dette kan vi komme til at opleve inden så længe. Det Internationale Energiagentur (IEA) forudser i dets Medium-Term Oil Market Report (juli 2007), at OPEC-landenes reservekapacitet i 2012 vil være nede på 1,6 % af det globale forbrug (der er ingen nævneværdig reservekapacitet udenfor OPEC). Internationale finansbanker forudser, at den kommer helt ned på nulpunktet, fordi produktionen udenfor OPEC falder. Det er nye tider. For få år siden androg reservekapaciteten 10-12 % af forbruget.

Dette er imidlertid ikke en overvejelse, der falder ind under Infrastrukturkommissionens kommissorium. De udfordringer, kommissionen skal beskæftige sig med udtrykkes i sætningen: "Den økonomiske vækst, den øgede internationale samhandel, den demografiske udvikling og nye transportmuligheder betyder, at trafikmængderne og trængslen vil udvikle sig yderligere i de kommende årtier". The show must go on.

Der hersker således en urokkelig tro på, at når der ikke længere er olie nok, finder forskerne på noget andet, der kan drive 3 millioner biler og varebiler og hundrede tusinder af lastbiler afsted på de nye danske motorveje og broer. At det kun er et spørgsmål om forskningsbevillinger til udvikling af brintsamfundet og biobrændsler og el-biler med batterier. At moderne teknologi løser alle problemer.

Men nej, det gør den ikke. Brintbiler med tilhørende brintproduktion, distribution og lagring ligger langt ude i fremtiden og bliver så dyrt, at dette kompleks kun kommer på tale, hvis alt andet glipper. Biobrændsler i mængder, der har en mærkbar betydning for olieforsyningen, vil øge CO_2-udslippet snarere end formindske det og derudover medføre omfattende miljøødelæggelser og prisstigninger på fødevarer. El-biler og de såkaldte hybridbiler, der har deres eget lille olie- eller naturgasdrevne elværk under motorhjelmen, er det bedste bud på fremtidens bil. Men hvad end det måtte blive til, trænger nye, mere energieffektive biler ikke ind på verdensmarkedet i stort tal de første halve snes år.

Den uomtvistelige, ulykkessvangre logik er, at jo længere det lykkes olieindustrien at dække et stigende forbrug, jo længere fortsætter fejlinvesteringerne i olieafhængige transportinfrastrukturer, og jo mere afhængig af olie vil verdensøkonomien være blevet, når olieproduktionen stagnerer og derpå uafvendeligt begynder at falde. Den forbrugsvækst på 2,2 % om året i de kommende år, som IEA nu regner med, skyldes, at bilfabrikkerne øger den årlige produktion fra de nuværende 50 millioner brændstofslugende biler om året til 100 millioner om få år, at lastbilfabrikkerne øger produktionen tilsvarende, og flyfabrikkerne sender tusinder af nye fly i luften.

Olien bliver ved med at være billig (90 dollar per tønde er billigt), så længe produktion kan følge med forbrugsstigningen. Og så længe olien er billig, fortsætter bilfabrikkerne med at producere brændstofslugende biler. Olien skal jo forbruges lige så hurtigt, som den produceres. Når så olieproduktionen ikke længere kan dække efterspørgslen – og det punkt kan som ovenfor nævnt være meget tæt på – tager det lang tid for bilfabrikkerne at omstille produktionen til de meget mere energiøkonomiske el-biler og hybridbiler. En global bilpark på én milliard brændstofslugende biler, bliver ikke skrottet fra den ene dag til den anden. Men bilerne kommer til at køre mindre, der bliver færre flyrejser, og lastbiltransport fra land til land og by til by bliver indskrænket i en tid med voldsomt svingende, men stadigt stigende oliepriser.

Så bilkøerne i gader og på motorveje forsvinder nok af sig selv. Forhåbentligt før vor tids efterladenskaber af forvitrende betonveje og broer i landskaberne bliver endnu mere omfattende. Og så bliver CO_2-udslippet formindsket med mere end 1 ton for hver af os. Af markedskræfterne ved vækstens grænser.

Kronik i Information den 25. oktober 2007, gengivet med tilladelse

9

Et CO_2-neutralt Danmark

Af Henrik Lund
Professor i energiplanlægning ved Aalborg Universitet

Det er den danske regerings mål, at Danmarks energiforsyning på langt sigt skal være 100 % vedvarende energi. Det er godt for forsyningssikkerheden. Det er godt for samfundsøkonomien. Og det er godt for miljøet. Vedvarende energi har nemlig ingen CO_2-emission. Danmark er kommet godt fra start, og vi har store udfordringer foran os, men det kan lade sig gøre, hvis vi vil. Og hvis vi spiller vores kort rigtigt, kan vi samtidig udvikle og eksportere nogle af de teknologier, som hele verden får brug for.

Vindmøllerne på Middelgrunden ud for Københavns Havn er blevet et af byens vartegn.
Foto: Stephan Camilla/Polfoto.

CO_2 og vedvarende energi

I Danmark såvel som i resten af verden stammer størstedelen af CO_2-udslippet fra afbrændingen af fossile brændstoffer som kul, olie og gas. Hvis vi skal have et CO_2-neutralt Danmark, gælder det derfor i høj grad om at udbygge vores energiforsyning med vedvarende energi (VE). Vedvarende energi i form af sol, bølger, vind og vandkraft har ikke noget CO_2-udslip. Vedvarende energi i form af afbrænding af biomasse som halm, træ og energiafgrøder er CO_2-neutrale, da planterne optager den samme mængde CO_2, når de vokser op, som de afgiver, når de bliver brændt eller rådner. Dog skal man være opmærksom på, at selve dyrkningen kan have andre miljøkonsekvenser, alt efter hvordan den bliver tilrettelagt.

I sin åbningstale til Folketinget i 2006 formulerede statsminister Anders Fogh Rasmussen et mål om, at Danmark på langt sigt skal stoppe brugen af fossile brændstoffer. Ifølge statsministeren skal vi heller ikke satse på atomkraft, men helt gå over til vedvarende energi.

Vedvarende energi er ikke kun godt for CO_2-udslippet og klimaet. Vedvarende energi betyder samtidig, at vi i fremtiden bliver uafhængige af olie og gas fra andre lande. En massiv satsning på de vedvarende energiteknologier kan endvidere være med til at skaffe eksport og højvidens-arbejdspladser.

Men hvordan kan vi omlægge til 100 % vedvarende energi? Kan det lade sig gøre? Hvad vil det koste? Og hvad vil det indebære?

Danmark kan være stolt

Energipolitiske mål realiserer ikke uden videre sig selv. Det kræver en målrettet og aktiv indsats. Det viser erfaringerne fra den danske energipolitik siden oliekriserne i 1970'erne. Heldigvis viser erfaringerne også, at en aktiv politik nytter noget. Det kan lade sig gøre at ændre energisystemerne.

På flere områder har Danmark som et resultat af en lang og sammenhængende aktiv energipolitik kunnet fremvise bemærkelsesværdige resultater. Først og fremmest er det lykkedes Danmark at holde det samlede energiforbrug konstant i 35 år. Vi har i dag stort set det samme energiforbrug, som vi havde i 1972 lige før den første oliekrise, men

hvor olie dengang dækkede over 90 % af energiforbruget, dækker den i dag kun 40 %. Et konstant energiforbrug samtidig med økonomisk vækst er en enestående dansk bedrift set i forhold til resten af verden, hvor energiforbruget er steget med over 70 % i samme periode (se boks 9-1 og 9-2).

Boks 9-1

Store energienheder

Dette kapitel beskriver det samlede danske energiforbrug, og der anvendes derfor meget store energienheder:

Energienheden 1 PJ (Peta Joule) svarer til 1.000.000.000.000.000 Joule.

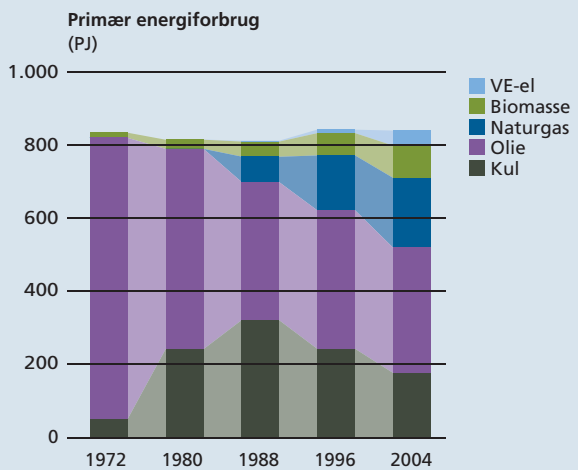
Energienheden 1 TWh (Tera Watt-time) svarer til 1.000.000.000 kilowatttimer (kWh).

1 TWh er lig med 3,6 PJ.

Når brændsel bliver omsat til elektricitet i dagens kraftværker, sker det med en nyttevirkning på 40-50 %. Brændsel kan derfor ikke sammenlignes direkte med elektricitet fra en vindmølle. Derfor er det i dette kapitels figurer valgt at gange elektricitet fra vedvarende energi med en faktor to, når der sammenlignes med brændsler.

Boks 9-2

Danmarks primære energiforbrug



I mere end 30 år har Danmarks samlede energiforbrug været konstant, samtidig med at vi har haft økonomisk vækst. Der er tale om en enestående bedrift set i forhold til resten af verden, hvor energiforbruget i samme periode er vokset med over 70 %. Målt pr. indbygger er verdens gennemsnitlige energiforbrug vokset, mens det er faldet en lille bitte smule i Danmark. I 1972 udgjorde olie 92 % af den danske energiforsyning. I dag udgør olie kun 40 %.

Kilde: Energistyrelsen.

Dette positive resultat skyldes til en vis grad, at meget af den energitunge produktion af vores forbrugsvarer i dag foregår i andre lande såsom Kina og Rusland. Der er dog ingen grund til at antage, at dette er særligt gældende for Danmark til sammenligning med andre vesteuropæiske lande, hvor energiforbruget i samme periode er vokset markant, mens det som nævnt er holdt konstant i Danmark.

Hovedforklaringen på Danmarks stabile energiforbrug er, at vi har efterisoleret vore boliger og udbygget energiforsyningen med kraft-varme-værker. Her bliver elektricitet og fjernvarme produceret på samme værk. Derved opnår man en meget brændselseffektiv energiproduktion. I dag er mere end halvdelen af vores varmebehov dækket med kraft-varme. Sammen med efterisoleringen betyder det, at vi i dag opvarmer halvanden gang så meget boligareal med et brændselsforbrug, der kun er to tredjedele af, hvad det var i 1972.

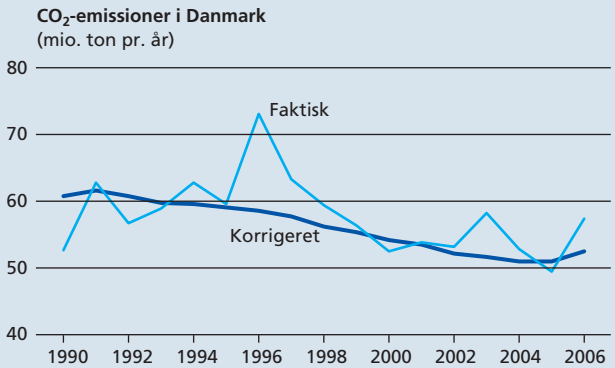
Samtidig er der udbygget med vedvarende energi, så vindkraft i dag producerer 20 % af den samlede elproduktion. Sammen med biomasse dækker vedvarende energi 16-17 % af det samlede danske energiforbrug.

Danmark har således vist, at det kan lade sig gøre at nedbringe forbruget af fossile brændsler og dermed forureningen. Men det kræver en aktiv energipolitik. I de senere år har Danmark ført en passiv energipolitik, og vi kan nu se resultatet i form af, at vindmølleudbygningen gik i stå i 2003, og i 2006 steg CO_2-emissionen for første gang i mange år (se boks 9-3).

Der er kun olie i Danmarks del af Nordsøen til få årtiers produktion, så det vil under alle omstændigheder være klogt at satse på vedvarende energi.
Foto: Peter Christopher/Scanpix.

Boks 9-3

Danmarks faldende CO_2-emission



Den faktiske CO_2-emission fra den danske energiforsyning varierer meget fra år til år pga. store forskelle i import/eksport af elektricitet samt forskelle mellem milde og hårde vintre. For at kunne vurdere, om udviklingen går i den rigtige retning, udregner Energistyrelsen derfor en korrigeret CO_2-emission. For første gang i mange år steg den korrigerede CO_2-emission i Danmark i 2006.

Kilde: Energistyrelsen.

Dagens udfordringer

Danmark står over for tre særlige udfordringer, hvis vi ønsker at fortsætte med at nedbringe afbrændingen af fossile brændstoffer og gradvist erstatte dem med vedvarende energi. Den første udfordring er transporten, den anden er den stærkt svingende energi fra især vindmøller, og den tredje er, om vi i det hele taget kan finde vedvarende energikilder nok.

Transportens energiforbrug er stadig stigende, og efterhånden tegner transportsektoren sig for den helt afgørende del af Danmarks olieforbrug. Hvis udviklingen skal forsætte, skal vi på en eller anden måde ændre bilerne, så de kan køre på vedvarende energi. Det kan vi gøre på flere forskellige måder. Vi kan lave benzin af planter, det såkaldte biodiesel eller bioætanol, eller vi kan køre på elektricitet fra vindkraft i en elbil eller en brintbil, hvor brinten er fremstillet vha. elektrolyse.

Den anden væsentlige udfordring ved at basere meget store dele af elproduktionen på kraft-varme og vindkraft er den tekniske indpasning. Vindmøllerne producerer el, når vinden blæser, mens kraft-varme-værkerne producerer el og dermed varme, når der er et varmebehov. Det passer bare ikke altid med, hvornår der er brug for elektriciteten. På en blæsende nat, med et lavt elforbrug, kan vindmøllerne og kraft-varme-værkerne producere mere el, end der er brug for. Jo mere vi sparer på elektriciteten samtidig

med, at vi udbygger med kraft-varme og elproducerende VE-anlæg, jo større bliver udfordringen.

Den sidste væsentlige udfordring er, om vi kan finde vedvarende energikilder nok. Hvis det skal lykkes, er det afgørende, at overgangen til vedvarende energi bliver suppleret med store besparelser og effektiviseringer i vores energisystemer. I mange tilfælde er det i det lange løb fx billigere at efterisolere en bygning, vælge et energieffektivt elapparat eller erstatte et oliefyr med kraft-varme, end det er at blive ved med at købe fossilt brændstof år efter år.

Hvad skal der til?

Der foreligger p.t. ikke noget officielt regeringsudspil til, hvordan vi kan omlægge Danmark til 100 % vedvarende energi. Forskellige organisationer, foreninger og forskere er dog kommet med deres bud. I 1998 udgav Organisationen for Vedvarende Energi (OVE) og Samvirkende Energi- og Miljøkontorer (SEK) visionen 'Vi har energien', og senest i 2006 gav Ingeniørforeningen i Danmark (IDA) deres bud i forbindelse med udgivelsen af 'IDA Energiplan' 2030. Ingeniørforeningens energiplan er baseret på 'Energiår 2006', hvor der blandt foreningens godt 60.000 medlemmer blev afholdt over 40 seminarer med mere end 1.600 deltagere. Planen indeholder dels et forslag om at øge andelen af vedvarende energi frem til år 2030 samt et bud på, hvordan vi i år 2050 kan forsyne Danmark udelukkende med vedvarende energi. Herudover har en række forskere (blandt andet forfatteren til dette kapitel) i 2005 i forskellige sammenhænge givet deres bud på, hvordan det kan gøres. Principperne i alle forslagene er de samme, nemlig at vi skal kombinere besparelser og effektiviseringer af vores energisystemer med en kraftig udbygning med vedvarende energi primært baseret på vindkraft og afbrænding af biomasse. I det følgende gennemgås det konkrete indhold i Ingeniørforeningens forslag.

> "Atomkraften fortsætter sin årtier lange kollaps på den globale markedsplads, fordi den er voldsomt ukonkurrencedygtig, unødvendig og forældet. Den er så håbløst uøkonomisk, at man egentlig ikke behøver diskutere, om den er ren og sikker.
>
> *Amory Lovins, energianalytiker, Rocky Mountains Institute*

IDA energiplan 2030

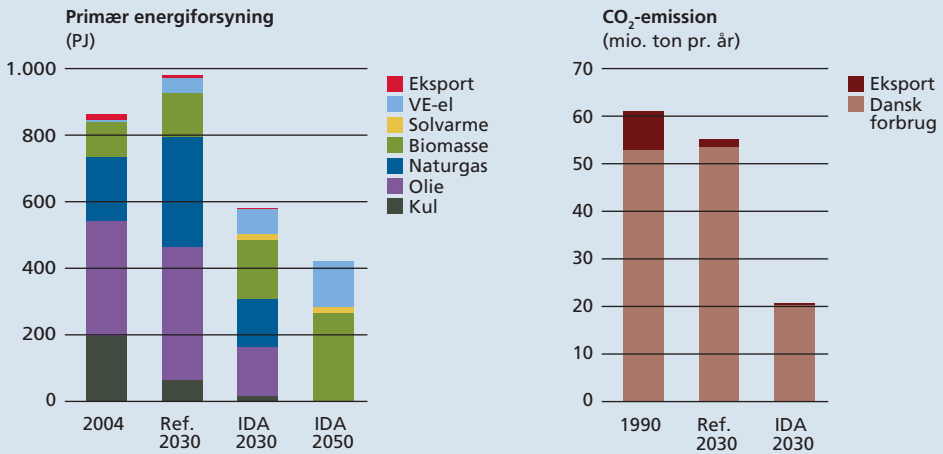
Ingeniørforeningens plan indeholder omfattende investeringer i bygningsrenoveringer, elbesparelser og effektiviseringer i private husholdninger såvel som i industrien og servicesektoren. Planen foreslår, at vi skal udbygge el- og

Boks 9-4

Ingeniørforeningens to scenarier for fremtidens energiforsyning i Danmark

Ingeniørforeningen i Danmark (IDA) udnævnte 2006 til energiår og lavede en energiplan med et bud på, hvordan vi kan forsyne Danmark 100 % med vedvarende energi i år 2050. Første skridt på vejen er omfattende bygningsrenoveringer, effektiviseringer samt en udbygning med vedvarende energi frem til år 2030. I figuren er IDA 2030- og 2050-forslagene sammenlignet med det nuværende brændselsforbrug og CO_2-emission, samt hvad der forventes at være tilfældet i 2030, hvis vi ikke fører en aktiv energi- og miljøpolitik. CO_2-emissionen omfatter kun energisektoren, som udgør ca. 80 % af de nuværende samlede danske drivhusgasser. Resten kommer fra andre kilder.

Kilde: IDA.



varmeforsyningen med mere brændselseffektive værker, der blandt andet er baseret på den nye teknologi med brændselsceller. Vi skal erstatte naturgasfyr med kraftvarme dels i form af små brændselscelle-kraft-varme-enheder og dels i form af en udvidelse med fjernvarme.

Hvad angår transportsektoren tror man i planen ikke på nemme enkeltløsninger. Det er nødvendigt at satse over en bred kam med såvel begrænsninger i stigningen i transportarbejdet fx i form af omlægninger fra lastbil til tog og skib. Endvidere skal vi satse på el-, brint- og biobenzin-biler.

Med hensyn til vedvarende energi foreslår Ingeniørforeningen en markant udbygning med bølgekraft, solceller og solvarme. I den samlede forsyning er biomasse og vindkraft imidlertid de dominerende energikilder, og planen lægger op til en diskussion af, hvorvidt vi primært

vil basere os på biomasse eller på vind-, sol- og bølgekraft. Planen gennemregner og præsenterer to yderpunkter. I det ene yderpunkt nøjes Danmark med at fordoble vindkraften fra de nuværende 3.000 MW til 6.000 MW, mens resten af energibehovet vil blive dækket af biomasse. Det kræver imidlertid, at vi har en biomasseressource på 335 PJ, hvilket kun kan lade sig gøre ved at involvere landbruget kraftig i form af afgrødeomlægninger. I det andet yderpunkt vil Danmark øge vindkrafteffekten til fem gange den nuværende kapacitet, nemlig 15.000 MW. I det tilfælde kan vi nedbringe biomasse-forbruget til 200 PJ, hvilket nogenlunde svarer til de ressourcer, der vil være til rådighed uden væsentlige afgrødeomlægninger. Ingeniørforeningen har valgt at fremlægge en midterversion med 10.000 MW vindkraft og 270 PJ biomasse (se boks 9-4).

Hvad så når vinden ikke blæser?

Som nævnt er en af de væsentligste udfordringer ved et vedvarende energisystem, der er baseret på store mængder vind-, sol- og bølgekraft, at sikre den nødvendige sammenhæng mellem produktion og forbrug. Hvordan skal vi forsyne forbrugerne, når vinden ikke blæser, og Solen ikke skinner? Og hvad skal vi gøre med strømmen, når vindmøllerne producerer mere, end der er brug for? For at tage højde for denne problemstilling har Ingeniørforeningen fået foretaget en række omfattende energi-system-analyser af forskere fra Aalborg Universitet. I disse analyser er energiforsyningen gennemregnet time for time gennem et år, og systemet er tilpasset således, at der hver time er balance i systemet samtidigt med, at det er brændselseffektivt.

Disse analyser har ført til, at forslaget blandt andet indeholder en række varmepumper i tilknytning til kraftvarme-værkerne, ligesom der er sat fokus på mulighederne for at regulere produktionen af el og varme ved hjælp af brændselsceller. I systemerne med meget vindkraft indeholder forslaget desuden en række elektrolyseanlæg, der i visse situationer omsætter vindkraft til brint. Hertil kommer, at en delvis omlægning til elbiler og brintbiler gør brug af at kunne oplade batterierne og producere brinten, når der er overskud af vindmøllestrøm. Og når vinden ikke blæser, kommer strømmen fra de biomassebaserede kraft- og kraft-varme-værker.

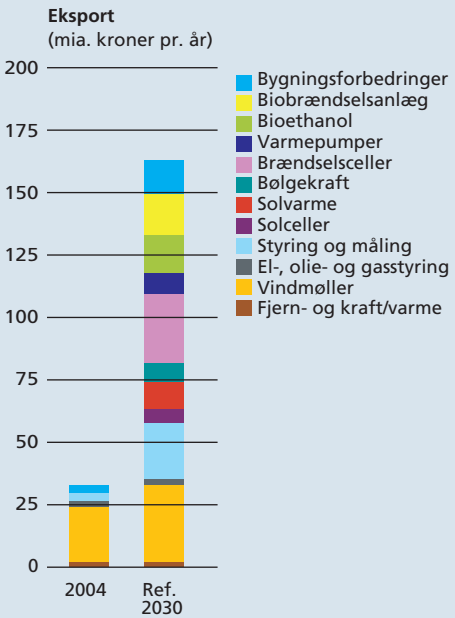
Hvad koster det?

Der er stor uenighed om, hvad en omlægning af energiforsyningen koster for samfundet. Uenigheden går ikke så meget på, hvad de enkelte anlæg koster i investering og drift, men derimod på, hvordan vi skal beregne konsekvenserne for samfundet. Nogle beregninger forudsætter, at al vedvarende energi kræver øgede statstilskud. Sådanne tilskud ødelægger markedet og giver anledning til såkaldte 'skatte-forvridningstab'. Disse beregninger kommer typisk frem til, at en omlægning til mere vedvarende energi er meget dyr for samfundet. Andre beregninger fokuserer derimod på de sparede miljøomkostninger og de øgede erhvervspotentialer. Disse beregninger kommer frem til, at der er store gevinster for samfundet ved at gå over til vedvarende energi (se boks 9-5). Hertil kommer, at valget af rente har stor betydning for langsigtede investeringer, og at der også mellem beregningerne kan være store forskelle på forventningerne til den fremtidige oliepris.

Boks 9-5

Når olien i Nordsøen slipper op

Energiforbruget har stor økonomisk betydning for det danske samfund. Oliekrisen ramte Danmark hårdt i 1970'erne, hvor energiforsyningen var baseret på olie. I dag er Danmark mere end selvforsynende med olie og naturgas, og i 2006 blev der taget olie og gas op fra Nordsøen til en værdi af 60 milliarder kroner, hvoraf 50 % landede i statskassen i form af skatter og afgifter. Men produktionen af olie og gas toppede i 2005, og der er kun reserver til få årtier i den danske del af Nordsøen. Imidlertid har Danmark samtidig haft en betydelige vækst i eksport af vedvarende energiteknologier, som i 2006 udgjorde over 40 milliarder kroner. Erhvervspotentialerne ved at satse kraftigt på disse teknologier vurderes til at være betydelige. Figuren er fra Ingeniørforeningens energiplan år 2030, og den viser en forventning til, at vi kan firdoble eksporten af grønne energiteknologier, hvis regeringen satser helhjertet og fører en aktiv energi politik.



Kilde: IDA.

Er bio-brændstof en del af løsningen?

Brugen af afgrøder til fremstilling af biobrændstof er et af de mest kontroversielle emner i debatten om, hvordan vi slipper ud af klimakrisen. Anklagerne går på, at produktionen får verdensmarkedspriserne på fødevarer til at stige til skade for de fattige, at dyrkning af biomasse i troperne sker på bekostning af regnskove og andre truede naturtyper samt fattige bønder, og at afgrøder i det hele taget skal bruges til mad og ikke til at hælde på biler.

Af Hans Meltofte

Afbrænding af træ og anden biomasse er i princippet CO_2-neutralt, da træer og andre vækster optager lige så meget CO_2 under deres opvækst, som de frigiver, når vi brænder dem af. Det bliver nu udnyttet til fremstilling af biobrændstof (bioætanol og biodiesel), der kan bruges som hel eller delvis erstatning bl.a. for benzin og dieselolie. Fremstillingen foregår især på basis af majs, sukkerrør, raps og palmeolie, men også korn og andre afgrøder udnyttes.

Det er imidlertid en sandhed med modifikationer, at biobrændstof er CO_2-neutralt. Et af de mange problemer er, at dyrkningen af afgrøderne i troperne ofte sker på arealer, der er ryddet for skov og anden naturlig vegetation, eller at der ryddes skov til andre afgrøder for at kompensere for de arealer, som dyrkningen af biomasse beslaglægger. Da den naturlige vegetation jo også optager CO_2, opstår der herved et tab, som vi skal modregne i biobrændstoffernes CO_2-regnskab. Og gør vi det, viser det sig, at en skov under opvækst binder 2-9 gange så meget CO_2, som vi sparer ved at bruge biobrændstoffer fra det samme areal. CO_2-regnskabet er i disse tilfælde altså direkte negativt.

Endelig kunne råvarerne være brugt til mad for mennesker og husdyr, eller de samme arealer kunne være brugt til dyrkning af madvarer. Biobrændstofferne kommer dermed let til at konkurrere med menneskers ernæring – med det resultat, at fødevarepriserne stiger til skade for fattige befolkninger.

Derfor arbejder man nu på en certificeringsordning, så vi kan hindre biomasse, der er dyrket på ikke-bæredygtig måde, adgang til fx EU-landene. Problemet er, at man så blot kan dyrke biomasse til andre lande eller formål på de arealer, der ryddes for skov, og så er man lige vidt. Løsningen kunne være en certificeringsordning for hele lande, der beskytter deres skove mv., men det mener EU er at gå for vidt.

For at overkomme de mange problemer arbejder man nu på at udvikle såkaldte 2.-generations-biobrændstoffer baseret på affald såsom halm, træflis og almindeligt husholdningsaffald. Man er dog endnu ikke nået frem til en rentabel fremstilling af 2.-generations-biobrændstof, og man diskuterer, om ikke det meste af dette affald bliver bedre udnyttet ved at blive brændt i kraftvarmeværker.

Tyve procent af den menneskeskabte CO_2 kommer fra rydning og afbrænding af skov især i troperne – hvilket er mere end udslippet fra hele transportsektoren – og det gør Indonesien til verdens 3.-største CO_2-udleder efter USA og Kina. Nu medfører efterspørgslen på biobrændstof, at rydning af tropeskov er accelereret for at skaffe plads til bl.a. oliepalmeplantager med det resultat, at CO_2-udslippet bliver øget yderligere – stik imod hensigten.

Store arealer i troperne ryddes og afbrændes hvert år for at skaffe plads til dyrkning af bl.a. biomasse.
Foto: Søren Wium Andersen.

Tag ansvar for fremtiden
– nedsæt dit CO2-udslip
Så meget fylder
1 TON CO2
Grib udfordringen
- prøv selv at spare et ton i år
www.1tonmindre.dk

10

Sådan kan du mindske dit CO_2-udslip

Af Bodil Harder og Liva Vrist Rønn
1 ton mindre-sekretariatet, Klima- og Energiministeriet

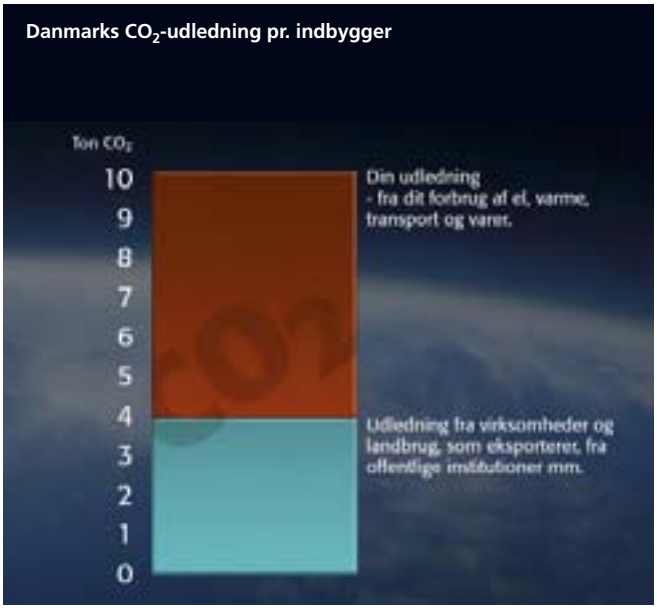
Klimaforandringerne er et problem, vi alle er en del af. For vi er alle sammen med til at udlede den drivhusgas, der truer klimaets stabilitet. Men vi kan også alle sammen blive en del af løsningen. Det kræver, at vi hver især nedsætter vores personlige udledning af CO_2. Men hvad er det egentlig, vi kan gøre? Og hvor meget nytter det?

Denne ballon viser, hvor meget 1 ton CO_2 fylder som luftart.
Vores personlige udslip i Danmark er 6 ton i gennemsnit om året.
Foto: Jeppe Gudmundsen-Holmgreen/Schiller.

En dansker udsender dobbelt så meget CO_2 som en kineser

I 2006 udledte Danmark 10 ton CO_2 pr. indbygger. Det er mere end dobbelt så meget som en kineser. Over halvdelen, nemlig 6 ud af de 10 ton, skyldes vores personlige forbrug af energi og varer. Resten er udledning fra bl.a. virksomheder, som producerer varer til eksport, og offentlige institutioner (se figur 10-1).

Vores høje CO_2-udslip skyldes, at omkring 3/4 af vores elektricitet bliver lavet af kraftværker, der fyrer med kul, olie eller naturgas, og at vi er rige og derfor køber flere biler, varer, flyrejser og store huse end andre folk på kloden. Men det høje udslip betyder også, at vi blot ved at ændre en smule i vores daglige rutiner, kan mindske vores CO_2-udslip markant.



Figur 10-1
Danmarks samlede CO_2-udledning er på lidt over 50 millioner ton og vi er lidt over 5 millioner danskere. Danmark udleder altså ca. 10 ton CO_2 pr. dansker. 6 af de 10 ton stammer fra energiforbruget i vores boliger, fra vores personlige transport og fra vores vareforbrug. Resten stammer fra kilder, som vi ikke individuelt kan påvirke fx – anlæggelse af veje, opvarmning af offentlige bygninger, fabriksmaskiner, eksportvarer osv.

I dette kapitel vil vi se på, hvordan vi som privatpersoner kan nedsætte vores personlige CO_2-udslip ved at træffe andre valg i det daglige. Vi vil kigge på, hvordan du ved indretning af din bolig kan leve mere eller mindre klimavenligt. Endelig vil vi kigge på forskellige muligheder for at 'købe' sig til CO_2-reduktioner.

En klimavenlig dagligdag

Fra du står op om morgenen, til du går i seng om aftenen, foretager du dig en masse forskellige ting, som har betydning for dit CO_2-udslip. Hvor længe står du under bruseren? Hvordan kommer du til arbejde eller skole? Pakker du madpakken ind i stanniol eller madpapir? Alt sammen beslutninger, der gør en forskel.

Det varme vand i vandhanen er som regel varmet op af et fyr eller et kraftværk, der bruger olie eller et andet fossilt brændstof. Derfor betyder det noget, hvor længe du står under det varme vand, og hvis du fx korter dit bad af med 5 minutter, kan du spare atmosfæren for omkring 155 kg CO_2 om året.

Transporten til arbejde eller skole har stor betydning for dit personlige CO_2-regnskab. For nogle måneder siden bragte TV-Avisen et indslag om, at unge danskere er ligeglade med miljø og klimaændringer. De kører i bil til gymnasiet hver morgen – i hvert fald dem, som journalisten snakkede med. En af de interviewede, en ung mand, lånte sin fars store bil, fordi han boede 2-3 kilometer væk og gerne ville undgå regnvejr. En sådan adfærd beløber sig nemt til et ekstra udslip på omkring 170 kg CO_2 om året.

Selv når du ikke kan undvære bilen, har det stor betydning, hvordan du bruger den. Du kan spare meget CO_2 ved at køre sammen med en kollega til arbejde. 'Blærerøvskørsel' med hårde opbremsninger og kraftig acceleration slipper langt mere CO_2 ud end en glidende og hensynsfuld kørsel. Konsekvent 'miljøkørsel' kan spare atmosfæren for flere hundrede kg CO_2 om året. Hold derfor en konstant hastighed uden for mange overhalinger og kør i højest mulige gear. Tjek desuden bilens dæktryk, da kørsel med blot 0,5 bar for lavt tryk øger brændstofforbruget.

Selv små beslutninger betyder noget. Det kræver meget energi at fremstille stanniol af aluminium, så ved at skifte til smørrebrødspapir til madpakken kan du spare atmosfæren for ca. 10 kg CO_2 om året. Det er ikke nemt at have klimaet med i alle beslutninger i løbet af dagen, og den enkelte handling tæller da heller ikke så meget i det store regnskab. Men det er jo summen af alle de små handlinger, der tilsammen gør, at vi har så højt et personligt udslip i Danmark.

Når arbejdsdagen er forbi, skal du tit købe ind og lave mad. Og om aftenen kan det være du skal ordne praktiske ting som tøjvask, eller du har måske tid til at sidde ved computeren eller se fjernsyn. Og der skal naturligvis helst være varmt og lyst inden døre. Alt sammen noget som skaber CO_2.

Brug pæren, når du handler

Når du er ude at handle, træffer du mange valg, der kan øge eller mindske dit CO_2-udslip. Et af de vigtigste er: Hvor meget kød skal I have til middag? En gris eller en ko spiser flere gange sin egen vægt, inden den bliver slagtet, og meget af det, den spiser, kunne i princippet spises af os mennesker i stedet. Hver gang du spiser 1 kg kød, slipper du omkring 25 gange så meget CO_2 ud i atmosfæren, som hvis du i stedet spiste 1 kg grøntsager. Men der er stor forskel på CO_2-udslippet fra de enkelte produkter – drivhustomater dyrket om vinteren i Danmark har fx også et ret højt udslip af CO_2. Hvis du vil spise klimavenligt, er det bedste råd derfor at skrue ned for kødforbruget og op for forbruget af årstidens grøntsager. Springer du kødet over en dag om uge, sparer du omkring 40 kg CO_2 om året.

Genbrug mindsker produktionen af emballage. Du kan derfor spare CO_2 ved at aflevere flasker og dåser i pantautomater og ved at tage en taske med til dine indkøb i stedet for at købe nye plastikposer ved kassen. Ved at bruge indkøbsnet i stedet for plasticposer fire gange om ugen sparer du 16 kg CO_2 og 400 kr. om året.

Klimavenlig tøjvask

Du bruger også vand og energi, når vaskemaskinen kører, og dermed er der CO_2 at spare her. I mange tilfælde er det uden betydning for vaskekvaliteten, om du vasker ved 30, 40 eller 60 grader. Tøjet bliver lige rent, og du reducerer CO_2-udslippet ved at vælge de laveste grader. Der findes særlige 'koldt-vands-vaskepulvere', der er gode til at vaske rent ved lave temperaturer.

Når tøjet er vasket, kan du måske være fristet til at tørre det i en tørretumbler, men det er langt mere klimavenligt at hænge det ud og tørre. Ud over at tøjet bliver mindre slidt og ikke krymper, kan du ved at droppe tørretumbleren tre gange om ugen reducere sit CO_2-udslip med 200 kg om året.

Et klimavenligt hjem

Du kan gøre meget ved at træffe andre valg i det daglige. Men den afgørende faktor for det personlige CO_2-regnskab er, hvordan du i det hele taget har indrettet dit liv – og det vil først og fremmest sige dit hjem. De helt afgørende forhold er, hvor langt du skal transportere dig hver dag, hvor stor din bolig er, hvilket varmesystem, den har, og om den er velisoleret eller ej. Det betyder meget, om du har bil, hvilken bil og hvor meget du bruger den. Derefter kommer antallet af el-forbrugende apparater, og hvor energieffektive de er.

Mange danske huse bliver i dag opvarmet med oliefyr. Det giver en højere udledning af CO_2 end de fleste alternativer – og jo ældre fyret er, jo højere bliver udledningen. Faktisk er omkring 200.000 danske oliefyr ældre end 15 år, og i et parcelhus på 120 kvadratmeter udsender de hver omkring 6 ton CO_2 om året. Man kan udskifte det gamle oliefyr med et nyt, men man kan bringe CO_2-udledningen endnu længere ned, hvis man går over til et naturgasfyr, varmepumper eller fjernvarme. Med en jordvarmepumpe eller fjernvarme vil man kunne spare 3-4 ton CO_2 om året. Man kan også installere en solfanger og spare omkring 800 kg CO_2 om året. En anden mulighed er at forbedre hus-isoleringen. Har man et hus på ca. 120 km^2, der går fra ingen til fuld isolering, kan man spare flere ton CO_2 og halvere sin varmeregning.

Mange penge at hente ved at spare på strømmen

I mange hjem bruger fjernsyn, computere og andet elektronisk udstyr strøm i mange flere timer, end de bliver brugt. Enten fordi de står tændt, eller fordi de står på standby og ikke er slukket på stikkontakten. Det anslås, at dette nytteløse strømforbrug udgør ca. 10 % af strømforbruget hos en gennemsnitsfamilie. Der er altså meget at spare ved at huske at slukke efter sig. Dette gælder også forbruget af varme. Husker du at slukke for radiatoren, når du åbner vinduet for at lufte ud? Og at skrue ned du forlader dit værelse for længere tid?

Der kan fx være stor forskel på strømforbruget, når du spiller computerspil. En undersøgelse fra Elsparefonden viser, at en energibesparende konsol som Nintendos Wii

BURNING PANDA

Tag ansvar for fremtiden – nedsæt dit CO_2-udslip

Ovenfor ses to logoer fra hhv. Energistyrelsens '1 ton mindre' kampagne og fra WWF Verdensnaturfondens tilsvarende kampagne 'Burning Panda.' De to kampagner 'taler' til delvis forskellige befolkningsgrupper, idet '1 ton mindre' forsøger at tale til ansvarsbevidstheden i hver enkelt af os, mens WWF Verdensnaturfonden specielt prøver at nå de unge – i hård konkurrence med alle de andre, der forsøger at fange unge menneskers opmærksomhed med reklamer og andre budskaber.

kun bruger 36 watt, når du spiller en time, hvor du med andre spilkonsoller bruger omkring 400 watt. Spiller du blot en time om dagen, kan du altså spare 70 kg CO_2 om året ved at vælge den mest energibesparende model. Når forbrugerne vælger de mest energieffektive apparater, sender det et vigtigt signal til producenterne, der vil kappes om at udvikle endnu mere energibesparende modeller.

En anden besparelse i både CO_2, strøm og penge, kan du få ved det elektriske lys. Halogenlamper er den værst tænkelige belysning, når det gælder miljøet, da de bruger store mængder strøm. Derimod er det en stor fordel at bruge elsparepærer. I forhold til en almindelig pære kan de holde længere og bruger en del mindre strøm. Nogle vil nok komme til at tænke på lyset fra et lysstofrør, når sparepærer kommer frem på nethinden. Men lyset er blevet forbedret, så du ofte ikke længere kan se forskel fra en almindelig pære. Det vil kun tage kort tid at skifte alle dine pærer ud, og det betyder meget for dit personlige CO_2-regnskab.

En ferie under sydens sol står højt på de flestes ønskeseddel, men den er dyr i CO_2. Er man klimabevidst, kan man dog købe CO_2-kompensation eller CO_2-kvoter.
Foto: Dansk Folkeferie.

Ferier og flyrejser

Rejser er et område, hvor vores livsstil virkelig har forandret sig i de sidste 30 år. Og priserne på flybilletter er kommet så langt ned, at det for mange er let at tage en ekstra weekendtur til London for at købe julegaver. Samtidig udleder fly enorme mængder CO_2. Hvis du fx skal flyve tur-retur til Thailand, må du lægge 1,9 ton til i sit CO_2-regnskab. Det virker ikke rimeligt at bede folk om at droppe deres livs drømmerejse af hensyn til CO_2-udslippet, når priserne falder og falder. Og der er ingen tvivl om, at skal CO_2-udslippet fra fly for alvor reduceres, kræver det en samfundsmæssig regulering. Men kan du springe en flyrejse over eller bruge alternative transportmidler, er det virkelig noget, der batter i dit personlige CO_2-regnskab.

Køb dig til CO_2-reduktionen

Ud over at nedsætte dit CO_2-udslip ved at spare på dit forbrug af fossil energi, som stort set alle rådene ovenfor går ud på, findes der forskellige måder, hvorpå du som privatperson kan købe dig til CO_2-reduktioner. SAS tilbyder fx, at du ved at betale ekstra for din flybillet kan gøre din rejse CO_2-neutral. I følge SAS vil en rejse fra Skandinavien til en europæisk hovedstad for en person resultere i et CO_2-udslip på ca. 300 kg, og det vil koste 35-40 kr. at kompensere udledningen.

> Det formindsker min velfærd, hvis jeg skal tage bad i kortere tid eller presses til at køre i en bil, jeg ikke har lyst til at køre i.
>
> *Bjørn Lomborg, Kristeligt Dagblad 11. august 2008*

For det indbetalte beløb får du en CO_2-reduktion, der svarer til din flyrejse eller flytransport, fx ved at pengene går til at opføre en vindmøllepark i Indien. Alle SAS' projekter går ud på at erstatte kul eller anden fossil energi med vedvarende energi. Andre projekter går ud på at plante træer, der trækker CO_2 ud af atmosfæren, når de vokser. Mange hjemmesider tilbyder CO_2-kompensation. De er forskellige mht., hvordan CO_2-reduktionen opstår, hvordan det kontrolleres, at CO_2-reduktionen finder sted, og der er forskel på prisen. Det er ikke nemt at vurdere de enkelte udbydere og projekter. Størst sikkerhed for at projekterne 'holder, hvad de lover', får man, hvis de lever op til FN's (UNFCCC) standarder for de såkaldte JI og CDM-projekter. Omkring 50 internationale organisationer står desuden bag den såkaldte 'Gold Standard'. Gold Standard-projekter skal ud over at reducere CO_2 leve op til krav, der skal fremme en bæredygtig udvikling.

Forskellige virksomheder tilbyder, at man som privatperson kan købe CO_2-kvoter. En CO_2-kvote er en tilladelse til at udlede 1 ton CO_2. Virksomheder, der er underlagt kvoteregulering, hvilket omkring 380 danske virksomheder er, må ikke udlede mere CO_2, end de har kvoter til. Hvis de gør det, må de købe flere kvoter på det europæiske kvotemarked. På markedet findes kun et bestemt antal kvoter – på den mådes sikres det, at udledningen bliver holdt under et loft. Loftet bestemmer, hvor meget virksomhederne må udlede, når EU skal overholde sin forpligtelse i Kyotoprotokollen til at reducere den samlede CO_2-udledning med 8 % inden år 2012. Når man køber en kvote som privatperson, fjerner man en udledningstilladelse uden selv at bruge den, og virksomhederne kan derfor udlede et ton mindre.

'Grøn strøm'

Flere elselskaber tilbyder 'grøn strøm', dvs. strøm fra vindmøller eller andre former for vedvarende energikilder. Det koster som regel lidt ekstra. Til gengæld får man et bevis på, at den strøm, man har købt, er VE-strøm. Fysisk set er det dog den samme strøm, der kommer ud af stikdåsen, som det hele tiden har været, nemlig en strøm, der nogen gange – når det blæser – stammer fra vindmøller, og andre gange er produceret af kulkraftværker. Men VE-strømmen tildeles – på papiret – de kunder, der har valgt 'grøn strøm'. I øjeblikket er 16 % af strømmen i det danske el-net VE-strøm. Der kan altså sælges 'grøn strøm' så længe, der ikke er flere, der beder om det, end at de 16 % af strømmen kan dække deres behov. Efterhånden som flere køber 'grøn strøm', får resten af kunderne på papiret mere og mere strøm, der er baseret på fossile brændstoffer. Og der kommer ikke umiddelbart mere VE-strøm, selv om efterspørgslen skulle stige, for mer-prisen for 'grøn strøm' kan på ingen måde betale for en udbygning. Der vil gå mange år, inden den kan betale for en vinge på en havvindmølle. Det er andre forhold, der afgør, om der bliver bygget flere vindmøller. Nytten af at købe 'grøn strøm' er derfor et omdiskuteret emne.

Der er også forskellige holdninger til, om det er en god ide at købe CO_2-kompensation og CO_2-kvoter. Mange ser det som et supplement: Når man har reduceret sit udslip så meget, som man selv synes, man kan gennem besparelser, kan man supplere denne indsats med at købe kompensation eller kvoter. Det er i princippet det samme, som Danmark gør som land: Nogle reduktioner foretages i Danmark, andre køber staten eller virksomhedernes sig til gennem klimaprojekter i andre lande. Og for klimaet batter reduktionen lige meget, hvor den end sker.

Hvad ved danskerne – og hvad gør de?

Engang var det sådan, at miljøbudskaber var forbeholdt en lille gruppe af økologiinteresserede entusiaster. Det har ændret sig. I dag er miljøbevidstheden sneget sig ind overalt, og de fleste har nu en mening om miljøet, klimaet og Jordens fremtid. Flere undersøgelser viser, at 4 ud af 5 danskerne er enige i, at den enkelte borger bør spare på CO_2. Tallene er et tydeligt tegn på, at danskerne har stor folkelig

Boks 10-1

Sådan kan du spare på dit CO_2-udslip

Her er nogle forslag til, hvad du kan gøre, hvis du gerne vil nedsætte dit personlige CO_2-udslip. Der er flere forslag på www.1tonmindre.dk. På hjemmesiden kan man desuden beregne sit personlige udslip af CO_2 og afgive et løfte om at reducere sit udslip.

		Reduktion i kg CO_2 pr. år	Besparelse i kroner
1	Skru en grad ned for radiatorerne	110	850
2	Udskift tre almindelige 60 Watts pærer, der er tændt i 4 timer om dagen, med elsparepærer	110	550
3	Sluk helt for tv, stereoanlæg og DVD frem for at lade dem stå på standby	60	200
4	Tag korte brusebade på max 5 minutter hver dag i stedet for 10 minutter	115	975
5	Tag mobilopladeren ud af stikket, når den ikke bruges	10	30
6	Aflever 5 sodavandsdåser om ugen i pantautomaten i stedet for at smide dem i skraldespanden	10	260
7	Gå eller tag cyklen 2½ km til skole eller arbejde i stedet for at køre i bil	170	1.800

vilje til handling. Vi har ikke lyst til at læne os tilbage og være passive. Vi er godt klar over, at vi må gøre noget, før det er for sent. Men mange er stadig usikre på, hvad de skal gøre, og hvad det egentlig hjælper. Det kan man få hjælp til på www.1tonmindre.dk. Her er et samlet overblik over, hvordan man helt konkret kan reducere i sit personlige CO_2-udslip fx som teenager, som familie, når man handler ind, bruger transportmidler eller er derhjemme (se boks 10-1). På kampagnens hjemmeside kan man desuden beregne sit personlige udslip af CO_2 og afgive et løfte om at reducere sit udslip. Ved midtvejsevalueringen havde næsten hver anden voksne dansker hørt om kampagnen og hver sjette angav, at kampagnen havde fået dem til sænke deres CO_2-udslip. Mange tusinde borgere har afgivet løfte om at nedsætte deres CO_2-udslip med ca. 1 ton i gennemsnit, og 82 % af danskerne er parate til at gøre mere for at nedsætte deres CO_2-udslip. Kampagnens budskab må derfor siges at have vundet gehør i befolkningen. Klimaændringerne er et problem, vi alle er en del af. Men vi kan også alle sammen blive en del af løsningen.

Det er skønt at cykle. Foto: Bardur Eklund/Scanpix.

En smart familie

Vi bor i en 3-værelses lejlighed i København, og vi har et sommerhus ca. 60 km væk. Begge voksne har arbejde, men jeg arbejder på nedsat tid, så der også er tid til alle de andre ting, jeg gerne vil bruge mit liv på. Alligevel har vi penge nok – masser af penge. Se her hvorfor.

Vi sparer på mange ting til daglig, så vi altid har råd til det, vi virkelig ønsker os. Det at spare oplever vi ikke som en sur pligt, men som en helt selvfølgelig ting, som man bare skal vende sig til, så det bliver en helt naturlig del af dagligdagen. Lad os tage de ting, som betyder noget for miljøet og CO_2-regnskabet:

Alt dette gør, at vi sparer så mange penge, at vi altid har penge nok til alle de ting, som vi virkelig gerne vil. Det giver os et andet miljøproblem, som truer med at ødelægge hele CO_2-budgettet: Vi elsker at rejse! Det koster dyrt i CO_2-udslip fra bl.a. flyrejser, men vi CO_2-kompenserer alle vores flyrejser, hvor pengene går til de samme Gold Standard vindmølleprojekter i Indien, som

1. Vi har en lille bil, der kører langt på literen.
2. Vi kører rimelig roligt, så vi undgår energislugende accelerationer etc.
3. Jeg tager for det meste tog og bus på arbejde. Så kan jeg få læst en masse og slappe af undervejs.
4. For det meste cykler eller går vi, når vi kun skal til en anden del af byen.
5. Vi opvarmer kun nogle af værelserne i lejligheden. Derfor holder vi dørene mellem værelserne lukkede i fyringssæsonen.
6. Alle yderdøre og vinduer er forsynede med tætningslister.
7. Om natten lukker ejendommens fyr for det varme vand, ligesom temperaturen i radiatorerne sættes ned.
8. Vi har el-sparepærer næsten overalt.
9. Vi slukker lyset, når vi forlader et værelse i længere tid.
10. Vi slukker alle apparater – radio, fjernsyn, ladere mv. – på væggen, så der ikke er nogen standby-lamper tændt.
11. Vores køleskab og fryser er lavenergi-fabrikater.
12. Vi har ikke opvaskemaskine. Faktisk hygger vi os med at vaske op – men selvfølgelig ikke under rindende varmt vand!
13. Vi har ikke kaffemaskine – der skal stå tændt i lang tid.
14. Vi har ingen mikrobølgeovn.

CO_2-kompensationen fra vores bilkørsel. Det koster kun 75 kr. for en tur til London og 500 kr. for en tur til New York.

Vi er altså langtfra engle, men vi er bevidste om vores energiforbrug og miljøbelastning, og vi synes, at vi tager vores del af ansvaret for at undgå spild og miljøødelæggelser. Gør du?

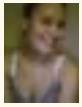
Selv om mange flere gjorde det samme, ville det selvfølgelig ikke løse alle klimaproblemerne. Her skal regeringerne for alle de store lande gribe helt anderledes radikalt ind med reguleringer og afgifter for at begrænse CO_2-udslippene og udvikle CO_2-neutrale energiformer. Men den enkelte vælgers bevidsthed og vilje til at bidrage er en forudsætning for, at regeringerne kan handle.

For ikke at det skal se ud, som om vi ønsker at pudse glorien, får I ikke vores navne. Vi er bare en smart familie i dagens Danmark. Hvor smart er du?

15. Vi tager kun brusebad 2-3 gange om ugen med vandsparebruser og aldrig karbad.
16. Vi køber så vidt muligt økologiske varer.
17. Vi smider stort set aldrig mad ud, men sørger for ikke at købe mere, end vi kan få spist i tide.
18. Vi bruger vores ting til de er godt slidte, i stedet for hele tiden at købe nyt.
19. Vi køber ikke ret meget af alt det junk, som mange mennesker fylder deres liv med.
20. Vi tager kun elevatorer, når vi skal have tunge ting med. Så får vi også lidt motion op og ned af trapperne.
21. Både lejligheden og sommerhuset er tilsluttet et elselskab, der opkøber ekstra CO_2-kvoter for en lille ekstrabetaling.
22. Vi har en solfanger på taget af sommerhuset, så huset altid er lunt.
23. I øvrigt fyrer vi mest med træ i sommerhuset.
24. Vi har desuden aktier i et stort vindmøllelaug, så vores CO_2-udslip fra opvarmning af lejligheden også er kompenseret.
25. Vi betaler CO_2-kompensation for vores bilkørsel, som går til Gold Standard[1] vindmølleprojekter i Indien. Det koster kun ca. 500 kr. om året for ca. 15.000 km's kørsel.

[1] Gold Standard er en international standard for kvaliteten af CO_2-projekter af samme type som miljømærker etc.
Se http://www.cdmgoldstandard.org/rationale.php

Kan og vil du sætte forbruget markant ned?



Renna Rose Agger Jørgensen, 17 år, Kbh.
Går i 2.G.

Ja, selvfølgelig vil jeg nedsætte mit forbrug, og selvfølgelig kan jeg. Men hvorfor er det så lige, at jeg ikke gør det? Er det fordi jeg skal give afkald på en masse ting, eller er det ren og skær dårlig vane?

I virkeligheden er jeg rigtig dårlig til at skåne miljøet. Faktisk er det eneste, jeg konsekvent gør, at spise økologisk. Jeg glemmer at slukke fjernsynet, før jeg går ud af døren, vasker mit tøj på flere grader end nødvendigt, og det er kun sjældent, jeg husker at slukke lyset, når jeg er den sidste, der går i seng. Det er dårlige vaner, der kun venter på at blive smadret til jorden – for helt ærligt, det kan ikke være så svært. Så er der andre ting som f.eks. at køre i bil. Hvis jeg kan slippe af sted med det, vil jeg til hver en tid foretrække bilen frem for cyklen. Jeg vil ikke på stående fod sige nej tak til tre dage i Paris, fordi flyveren forurener, og jeg vil have ret svært ved at vinke farvel til en fed bluse for ingen penge.

Måske er det, fordi jeg ikke umiddelbart kan se resultaterne, og så er det svært at forholde sig til. Når man f.eks. holder op med at ryge, går der ikke lang tid, før det ikke længere er hårdt at cykle i skole, og man får sin lugtesans igen, så der kan man med det samme mærke den forskel, man gør. Måske sker der mere, når jeg flytter hjemmefra og derfor selv betaler vand, strøm osv. For så vil jeg med det samme kunne mærke, at jeg får flere penge mellem hænderne.

Men det er ikke, fordi jeg ikke interesserer mig for klimaet og global opvarmning, og jeg bliver ked af at se billeder af Indlandsisen, der smelter, så jeg skal bare i gang, og det skal være nu. Det eneste, jeg nok ikke vil være klar til at give op, er at rejse rundt i verden med fly, men ud over det skal min samvittighed og miljøet renses – og helst fra i dag.

Trykt med tilladelse fra Information, 25. januar 2008

11 Hvordan tilpasser vi os klimaændringerne?

Af Jes Fenger
Adjungeret seniorforsker i Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet

Danmark kan forventes at slippe relativt billigt fra de næste hundrede års klimaændringer. I visse tilfælde som landbrug og turisme er der endda tale om direkte fordele, som kan udnyttes ved passende initiativer. Men der er en række risikomomenter, hvor der skal planlægges i tide, og hvor det vil blive nødvendigt med ganske store investeringer. Endelig kan ændringer i andre dele af verden medføre øget pres på Europa i form af flygtninge og konflikter.

Vi må vænne os til flere og større oversvømmelser i fremtiden.
Foto: Thomas Lekfeldt/Polfoto.

Moderne samfund er afhængige af et stabilt klima

Jordens klima er under forandring, og de første virkninger er allerede så småt begyndt at vise sig – planterne har ændret vækstsæson, og gletsjerne smelter. Men vi ved ikke præcist, hvad der vil ske i fremtiden. Den globale gennemsnitlige temperaturstigning kan, efter de seneste vurderinger fra IPCC (Det Internationale Klimapanel), blive mellem 1,1 og 6,4 °C i løbet af dette århundrede, alt efter hvilke antagelser man gør om den økonomiske og teknologiske udvikling. Den globale vandstandsstigning i havene bliver mellem 0,18 og 0,59 m.

Gennem milliarder af år har Jorden adskillige gange oplevet ændringer af samme størrelse, men vores moderne samfund – og meget af plante- og dyrelivet – har indrettet sig efter, at forholdene på Jorden er relativt stabile, så selv små ændringer vil kunne give store problemer.

Vi ved, at der vil ske forandringer og stort set også i hvilken retning, de vil gå. Vi ved også, at ændringerne efter al sandsynlighed bliver så store, at det er nødvendigt at forholde sig til dem. Men vi er nødt til at træffe beslutninger under en væsentlig usikkerhed. Denne usikkerhed spiller meget forskellige roller i forskellige sektorer og forskellige steder på Jorden. I nogle tilfælde bør vi allerede nu træffe foranstaltninger, som vi vil hænge på i hundrede år eller længere. I andre tilfælde kan vi løbende foretage en tilpasning efterhånden, som verden udvikler sig.

Problemstillingen i dette kapitel bliver hovedsagelig behandlet ud fra en dansk synsvinkel.

Ændret vandforsyning

En række internationale organisationer vurderer, at mangel på rent vand bliver vores største problem i dette århundrede. I Danmark vil der dog næppe blive de store problemer med mængden af drikkevand, da det hovedsageligt dækkes af grundvand.

Med hensyn til tilgængeligheden af vand i almindelighed kan det blive et spørgsmål om balancen mellem mere nedbør og højere temperatur – og dermed større fordampning. Der kan blive problemer med oversvømmelser af lavtliggende landbrugsområder i vinter- og forårsmånederne, mens der på den anden side kan blive vandmangel om sommeren og dermed øget behov for kunstvanding af

afgrøderne på markerne. Alt efter udviklingen bør myndighederne overveje at etablere lagringsmuligheder for vand, der falder som nedbør på uhensigtsmæssige tidspunkter eller i form af kraftigere byger. Dette kan evt. kombineres med naturgenopretningsprojekter.

Større landbrugsproduktion

Når vi taler om problemet med vandressourcer er det relevant at se på spørgsmålet om fødevarer til den voksende verdensbefolkning. Fødevareproduktionen på verdensplan har indtil nu kunnet holde trit med befolkningstilvæksten. Det skyldes i høj grad anvendelsen af kunstgødning og kunstvanding. I Danmark vil fødevareproduktionen formentlig stige på grund af højere temperatur og luftens forhøjede indhold af CO_2, som har en gødende effekt. Det kan dog blive nødvendigt at dyrke nye afgrøder, fx majs, og kunstvanding kan blive mere anvendt (se kapitel 4).

En af de fremtidige afgrøder kan blive energiafgrøder såsom korn, majs og 'energipil' til fremstilling af biobrændsel. Det er dog et kontroversielt emne, da det kan medføre højere fødevarepriser, og desuden vil det være i konflikt med forskellige miljøinteresser (se side 110).

Det kan tillige blive nødvendigt at anvende flere bekæmpelsesmidler, fx mod nye skadedyr, der vil indvandre. Det vil medføre en øget udvaskning af kemikalier, der vil belaste ferskvandssystemerne og på længere sigt grundvandet.

Landbruget vil få mulighed for større udbytte, men det vil kræve ændring af afgrøder og mere kunstvanding.
Foto: Palle Hedemann.

Alt i alt er landbruget i Danmark dog relativt hurtigt til at omstille sig, og en løbende tilpasning er derfor mulig.

Store dele af den øvrige verden er ikke så gunstigt stillet. I Sydeuropa, hvor der allerede nu er vandmangel, vil problemerne stige, ligesom skovbrande kan blive endnu hyppigere.

Mange af de træer, man planter i dag, skal passe til klimaet om måske 100 år. Skovejere er begyndt at udfase rødgran, vores mest almindelige nyttetræ, da det allerede nu er påvirket af temperaturstigningerne. Ved orkanen i 1999 var det fortrinsvis grantræer, der væltede.
Foto: Jan Kofod Winther.

Mere løvtræ i skovbruget

Hovedparten af Danmarks skove er produktionsorienterede ligesom landbruget, men sammenlignet med landbruget har skovdriften en meget længere tidshorisont. De træer, vi planter i dag, skal passe til et klima om 50 eller måske 100 år.

I Danmark er skovejerne således begyndt at udfase vores mest almindelige nyttetræ, rødgranen, som allerede nu har det for varmt, og tillige er meget lidt modstandsdygtig over for stormfald (se kapitel 4).

I disse år sker der endvidere en udbygning af det danske skovareal til såkaldt naturnær skovdrift, hvor skovejerne primært satser på blandede plantninger af løvtræer af mange forskellige arter for at sikre robusthed over for et spektrum af mulige klimaændringer.

En fragmentering af landskabet, dvs. opdeling af naturområderne i små og spredte arealer, forhindrer dyr og planter i at sprede sig, så de kan følge med klimaændringerne. Vi kan modvirke dette ved at etablere spredningskorridorer eller et tæt netværk af naturlige 'trædesten'.

Foto: Jan Kofod Winther.

Fragmenteret natur

I Danmark er naturen sjældent overladt helt til sig selv, og der er kun ganske få områder, ofte nær kysterne, der ikke er mere eller mindre kulturpåvirkede. Dansk naturbeskyttelse er derfor i nogen grad præget af en 'museumsholdning', hvor man har forsøgt at bevare status quo. Det er ikke holdbart i det lange løb. Vi er nødt til at lade naturen udvikle sig, så den kan tilpasse sig det ændrede klima. Generelt set vil mange af verdens dyre- og plantearter flytte sig mod polerne. I Danmark vil der således ske en vandring mod nord, så nogle arter forsvinder, mens andre indvandrer sydfra (se kapitel 7).

Desværre gør samfundsudviklingen en sådan vandring vanskelig, fordi landbrug og infrastruktur har fragmenteret naturområderne, så de ofte udgør små isolerede 'øer' i kulturlandskabet. Det er derfor nødvendigt, at myndighederne arbejder på at etablere større sammenhængende naturområder med spredningskorridorer eller et tæt netværk af 'trædesten' i form af små naturområder.

Større belastning af det marine miljø

Temperaturerne i havene omkring Danmark vil stige, og havområderne vil formentlig få en øget tilførsel af næringsstoffer fra land. Foruden udvaskning fra landbruget vil udvaskningen af kvælstof fra de svenske og finske skove vokse med stigende temperatur og øget nedbør. Vi må også formode, at moderniseringen af polske og østtyske landbrug vil resultere i en øget udvaskning. Kombinationen af højere temperaturer og flere næringsstoffer vil forøge risikoen for iltsvind i de indre farvande. Det er derfor vigtigt, at arbejdet med at reducere udvaskningen af næringsstoffer bliver intensiveret.

I de indre danske farvande vil en større tilførsel af ferskvand fra landjorden sænke saltindholdet. Det kan fx betyde, at torsken forsvinder fra Østersøen. På grund af sin isolerede placering, har nye arter derimod vanskeligt ved at indvandre til Østersøen, men udskiftning af ballastvand fra skibe risikerer at indføre uhensigtsmæssige arter, der kan trives i det varmere vand. Der arbejdes på en international konvention for at begrænse denne risiko.

Danske fiskere må indstille sig på en ændret sammensætning af fangsten og danske forbrugere på et ændret vareudbud. Det vil medføre betydelige investeringer og skal ske løbende, men det er ikke utænkeligt, at hele fiskerier vil kunne bryde sammen.

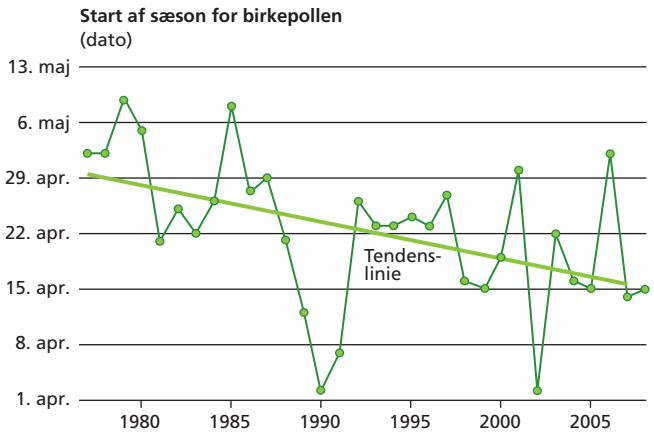
Ændringer i klimaet betyder, at vi får mere vinternedbør. Det er til skade for havmiljøet, da mere nedbør bl.a. betyder, at flere næringsstoffer bliver vasket ud til havet.
Foto: CDanmark.

Mere pollenallergi

Et ændret klima vil ændre livsbetingelserne i Danmark, men foreløbig vil betingelserne næppe blive væsentligt anderledes end i fx Sydengland.

En temperaturstigning på nogle få grader vil næppe give en større belastning i form af hedeslag. Det moderne sundhedssystem kan i princippet også klare en forøget risiko for sygdomme som fx malaria.

Derimod kan vi forvente større problemer med pollenallergi, idet planterne og træernes vækstsæson bliver længere (figur 11-1).



Figur 11-1
Det lunere klima har medført, at sæsonen for bl.a. birkepollen nu starter tre uger tidligere end for 25 år siden. Det har også medført en stigning i mængderne af pollen fra både el, hassel, birk og græs, med hvad det betyder af øgede gener for pollenallergikere.
Kilde: Alex Rasmussen, DMI 2008.

Billigst at tilpasse infrastruktur og byggeri i tide

Broer, veje, kloakanlæg osv. bliver i reglen bygget med en forventet levetid på måske 100 år. Her er man nødt til at skønne sig til en udvikling. I forbindelse med byggeri spiller nedbør, vandstandsstigninger og storme ofte en større rolle end temperaturen, og her er det vigtigere at se på maksimumværdierne end middelværdierne.

Temperaturstigninger kan have betydning for fx vores byggestil, men ikke mere end vi kan klare med en løbende tilpasning. Byggestilen undergår i disse år en ændring i retning af store vinduesflader, og man skal her sikre, at det ikke ødelægger indeklimaet og øger behovet for energislugende airconditionering. Samtidig vil det være en stor fordel, hvis man allerede nu begynder at indbygge solfangere og andre energibesparende elementer i byggeriet. Vi har således

endnu til gode at se langt mere energirigtigt byggeri herhjemme, både hvad angår boliger og kontorbygninger.

Ved større byggerier, fx de omfattende byggerier af boliger, der i disse år sker på uudnyttede havnefronter, skal vi i forbindelse med udformning af kældre og fundamenter tage hensyn til stigende vandstand. Det er muligt at tage disse forhold i betragtning med en marginal omkostning, hvis vi vel at mærke gennemfører dem nu. Hvis vi først vælger at gennemføre dem, når de er tvingende nødvendige, kan de blive en bekostelig affære.

Vores kloakanlæg, der i visse tilfælde er 100 år gamle, trænger i høj grad til en renovering, der så småt sat i gang. Man skal i den forbindelse tage hensyn til en forøget belastning i forbindelse med hyppigere skybrud om sommeren. Allerede nu har kloakkerne vist sig at være underdimensionerede, og kommunerne må i fremtiden i højere grad anlægge områder, der under regnskyl kan fungere som reservoir for regnvand, indtil det er muligt at lede vandet bort på sikker vis.

Med en stigende risiko for ekstreme hændelser som skybrud og stormflod vil hyppigheden af skader på bygninger og infrastruktur stige. Det bliver en belastning for forsikringsselskaberne, som vil hæve priserne (se kapitel 4).

Energiproduktionen står over for store forandringer

Den væsentligste årsag til menneskeskabte klimaændringer er anvendelsen af fossile brændsler. Man forsøger derfor at erstatte de fossile brændsler med vedvarende energikilder. Vedvarende energikilder er imidlertid oftest afhængige af klimaet.

Vindkraft er den vigtigste vedvarende energikilde i Danmark. Vi kan forvente en svag forbedring som følge af kraftigere vind, der også vil have indflydelse på designet af vindmøllerne. Formentlig vil den teknologiske udvikling dog have større betydning, og levetiden af møllerne vil være så kort, at det løbende er muligt at tilpasse møllernes teknologi til klimaændringerne.

Industrien har en kort horisont for investering og er vant til hurtige omstruktureringer. Tilpasninger inden for dette område kan derfor ske løbende. Det kan muligvis blive nødvendigt at omstille produktionen, men ikke mere end hvad der svarer til en generel teknologisk udvikling.

Udsatte kystområder

Der er en vis usikkerhed omkring, hvor meget vandstanden vil stige som følge af klimaforandringerne, og den lokale vandstandsstigning vil tillige afhænge af vind og strøm samt landhævning og -sænkning. Hertil kommer, at det ikke er middelværdien af vandstandsstigningen, der er afgørende, men risikoen for ekstremværdier ved stormflod, der kan blive forøgede som følge af en stigende stormaktivitet.

Vandstandsstigninger kan betyde, at lavtliggende områder med stor biodiversitet bliver klemt eller helt forsvinder. Her ligger en konflikt mellem aktiv kystbeskyttelse og en fortsat udvikling af en naturlig kystlinje med tilhørende økosystemer. Unge sortklirer samt højvandsrastende islandske ryler, almindelige ryler og strandhjejler i Vadehavet.

Foto: Lars Gejl/Scanpix og Jan van de Kam.

Ved lavtliggende naturområder langs kysterne må vi afgøre, om vi ønsker at beskytte kysterne med diger, hvorved vi mister den oprindelige natur, eller om vi skal lade naturen gå sin gang, hvorved vi taber areal. I Danmark er flere diger allerede opgivet, fordi kystbeskyttelsen visse steder har vist sig ikke at være økonomisk forsvarlig. Der er derfor brug for en planlægning af, hvor vi vil sikre det bagvedliggende land, og hvor vi vil lade naturen råde. Det samme gør sig gældende for lavtliggende landbrugsområder i ådale mv., hvor det også kan komme på tale at lave naturgenopretning. Dette er specielt aktuelt i Danmarks mange internationale naturbeskyttelsesområder, hvor vi er retsligt forpligtede over for EU til at opretholde fuglebestande mv.

Vi får mere tørre somre i fremtiden, men også voldsommere skybrud med store nedbørsmængder.
Foto: John Foster/Scanpix.

Øget turisme og flere folkevandringer

Umiddelbart vil de forventede temperaturstigninger turistmæssigt være en fordel for Danmark, der kan blive mere attraktivt end det efterhånden 'overophedede' Sydeuropa. En tilpasning i form af hotelbyggeri m.m. vil kunne ske løbende.

Der er ingen risiko for, at Danmark med en stigende fødevareproduktion og et konstant antal indbyggere umiddelbart vil få problemer med at brødføde befolkningen. Der er heller ikke udsigt til, at Danmark vil lide tab af uacceptabelt store landarealer som følge af oversvømmelse. Men sådan er det absolut ikke i andre dele af verden. Allerede på nuværende tidspunkt er oversvømmelser et stort problem i større deltaområder og i små ø-stater. I sådanne tilfælde vil en tilpasning sjældent være økonomisk gennemførlig, og på længere sigt kan det blive nødvendigt at opgive visse områder. Sammen med øget tørke i store dele af verden kan det betyde et forøget indvandringspres med alle de problemer, som vi allerede kender i dag.

Udviklingen bør overvåges nøje

En overordnet planlægning for, hvordan vi skal tilpasse os klimaændringerne, er ikke ensbetydende med, at vi giver op over for den globale målsætning om at bremse klimaændringerne mest muligt. Det er blot en erkendelse af, at det ikke kan lade sig gøre at nå et befolkningstal på 10 milliarder i løbet af dette århundrede og give dem alle en rimelig materiel levestandard, uden at det giver nogle alvorlige bivirkninger.

Vi er nu nået til det punkt, hvor vi skal til at træffe nogle vigtige beslutninger på et usikkert grundlag, og hvor vi helst ikke 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 for den fremtidige planlægning er, at vi løbende følger udviklingen i klimaet og de følgevirkninger, der kan gøre det muligt at skelne mellem kortvarige svingninger og generelle tendenser. Det er derfor nødvendigt at opbygge globalt koordinerede observationssystemer og indsamle tilstrækkeligt lange tidsserier.

Uanset hvilken tidshorisont man anlægger for den nødvendige tilpasning, vil der være tale om økonomiske investeringer under betydelig usikkerhed. Det vil i større eller mindre grad være et spørgsmål, hvor meget man skal ofre for at imødegå en mulig udvikling. Man må derfor udvikle samfundsøkonomiske modeller, der kan hjælpe til at træffe omkostningseffektive beslutninger. Samtidig må man udbygge en information, der kan få befolkningen til at acceptere langsigtede beslutninger.

Umiddelbart forekommer de næste hundrede års klimavirkninger imidlertid ikke at være ligeså foruroligende for Danmark som for store dele af resten af verden. I visse tilfælde som landbrug og turisme er der endda tale om direkte fordele, som kan udnyttes ved en rationel planlægning. I en stadig mere globaliseret verden kan en lille åben økonomi som den danske imidlertid ikke ses isoleret. Og negative virkninger i den store verden vil uvægerligt smitte af på os.

12

Danmarks klimaindsats nationalt og internationalt

Af Connie Hedegaard
Klima- og Energiminister

Klimaforandringerne er den største miljøpolitiske udfordring, som verden står over for i dag. For at begrænse deres skadevirkning arbejder Danmark for en ny bindende international klimaaftale på verdens klimakonferencer. Samtidigt søger vi på den nationale klimascene at begrænse vores drivhusgasudslip gennem lovgivning, kvoteregulering og klimakampagner rettet mod den enkelte borger. For at løfte byrden og redde Jorden, må vi tænke globalt, men handle lokalt.

Vi ved ikke, om orkanen Katrina over Lousiana i august 2005 og cyklonen Nargis over Myanmar i maj 2008 var udtryk for øget styrke og hyppighed af tropiske storme, men det er et af de mulige scenarier for de fremtidige klimaændringer med deraf følgende voldsomme ødelæggelser og tusinder af dræbte. Lousiana, august 2005. Foto: John Cancalosi/Scanpix.

"Hvis man fortier et spøgelse, vokser det"

Klimaforandringerne udvikler sig langt hurtigere end hidtil forventet. Det mærker vi især i Arktis: Gletsjere trækker sig tilbage i højt tempo, havis udtyndes og Indlandsisen smelter. At invitere verdens miljøministre til Grønland, som vi gjorde i 2005, er med til at åbne verdenssamfundets øjne for de helt uoverskuelige konsekvenser, klimaforandringerne kan få. Også i Danmark mærker vi de begyndende konsekvenser af klimaforandringerne i form af fx øget nedbør og mere ekstremt vejr. På længere sigt vil klimaforandringerne vokse i styrke og medføre naturkatastrofer, klimaflygtninge og hurtigere spredning af sygdomme. Vi kender problemerne, og vi har redskaberne til at løse dem. Det er blot et spørgsmål om vilje og mod til at handle.

> "Menneskeheden er skabt til at reagere hurtigt på umiddelbare farer: Du ser en slange foran dig, og du løber væk. Du kan lugte, at der er røg i dit hus og ser efter, om der er flammer. Men hvad nu hvis faren ikke kan ses, høres, smages, lugtes eller mærkes på huden? Så kan det være svært for Homo sapiens at indse, at den kan være alvorlig.
>
> *Al Gore, tidligere vicepræsident i USA*

Et grønlandsk ordsprog lyder: "Hvis man fortier et spøgelse, vokser det". Sådan er det også med de globale klimaforandringer. Hvis vi skal begrænse dem, kræver det, at vi i fællesskab tager den miljøpolitiske udfordring op. I Danmark må staten, virksomhederne såvel som den enkelte borger bidrage til kampen mod klimaforandringerne. Samtidig er det afgørende at opbygge en global politisk vilje, der strækker sig over landegrænser og kontinenter for at komme problemerne til livs.

Klimakonference fra Bali til København

I december 2007 sluttede klimakonferencen på Bali, og Danmark fik, hvad vi kom efter: En køreplan for, hvordan verdens lande skal arbejde for at blive enige om en ny bindende klimaaftale, der skal efterfølge Kyotoprotokollen. Selvom Kyotoprotokollen var en politisk milepæl i kampen mod den globale opvarmning, skal den erstattes af en ny klimaaftale, der indeholder krav om større reduktioner i drivhusgasudledningen, hvis vi for alvor skal bekæmpe klimaforandringerne. Går alt, som vi håber, vil den nye klimaaftale blive besluttet på klimakonferencen i København i 2009.

Grunden til, at det var nødvendigt at blive enige om en køreplan for forhandlinger allerede to år før konferencen i København, er, at der er mange sten på vejen mod en ny

og mere ambitiøs klimaaftale. Store lande som Kina, Indien og ikke mindst USA er fortsat skeptiske. Der skal derfor mange og lange forhandlinger til, før vi når målet. Men vi tror på, at det med gode argumenter – og et vedholdende politisk pres – kan lade sig gøre.

Det bliver svært at overbevise Kina og Indien om nødvendigheden af, at de skal reducere deres energiforbrug, så længe USA ikke går foran. New York City.

Foto: Fernando Gallardo/Scanpix.

I dialog med verden

Bindende internationale aftaler er det eneste mulige grundlag for klimaindsatsen. Hvis nogle lande fortsætter med at forurene, kan vi ikke bekæmpe klimaforandringerne. Tilmed høster de lande, der står uden for aftalerne, fordele i den globale konkurrence, fordi deres industri ikke er pålagt reduktionsforpligtigelser. Derfor er det nødvendigt, at så mange lande som muligt går sammen i forpligtigende internationale aftaler – så alle deler byrden og goderne i fællesskab.

Kyotoprotokollen var det første meget vigtige skridt i retning af at håndtere de store udfordringer, som verden står over for. Med Kyotoprotokollen forpligtigede de af verdens industrialiserede lande, der valgte at underskrive protokollen, sig til at reducere deres udledning af drivhusgasser i perioden 2008-2012. I november 2007 havde 174 lande, herunder 36 industrialiserede lande, underskrevet aftalen. Lande som Indien, Kina og USA valgte imidlertid at stå udenfor. USA ville ikke være med, når ulandene ikke også forpligtigede sig til at begrænse deres udledning af drivhusgasser. På den anden side mente ulandene, at de vestlige lande, som bar hovedansvaret for de historiske udledninger, også skulle bære den største del af byrden for at kæmpe imod klimaforandringerne.

For at nå til enighed om en ny klimaaftale, er det nødvendigt, at alle verdens lande viser vilje til at se ud over deres nationale særinteresser og går på kompromis. De rige lande må hjælpe de fattige på vej ved at bidrage med teknologi og penge, så de fattige lande vælger miljøvenlige løsninger. Samtidigt må ulandene acceptere, at der må

sikres mekanismer, som på den ene side giver udviklingslande fortsat mulighed for vækst og økonomisk udvikling – men på den anden side ikke belaster vores miljø mere, end det kan tåle.

EU har sammen med Danmark spillet en vigtig rolle, når der skal lægges pres på USA og andre skeptiske lande i forbindelse med de internationale forhandlinger. Det bliver sværere for de skeptiske lande at stå imod, når vi er mange. Forhandlingerne på den sidste dag på klimakonferencen på Bali viste netop, at den politiske pris for at blokere en aftale er steget. Der var ikke nogen af de centrale spillere, der havde lyst til at tage ansvaret for, at processen mod en ny klimaaftale faldt på gulvet. Hverken USA, udviklingslandene eller andre. Det viser, at det koster stadig mere politiske kapital at gå imod de gode argumenter og stå udenfor. Derfor er der håb endnu.

Internationale værktøjer

Det internationale samarbejde er ikke kun nødvendigt for at muliggøre kampen mod klimaforandringer – det giver os også nogle konkrete værktøjer, der gør det lettere at reducere udledningen af drivhusgasser på en effektiv måde. Kyotoprotokollen indeholder således en række fleksible mekanismer, der tillader os at reducere vores udledning af drivhusgasser på den mest omkostningseffektive måde. De fleksible mekanismer lader os på den ene side opnå en del af vores reduktionsforpligtelse gennem klimaprojekter, der reducerer udledningen af drivhusgasser i andre lande. Det drejer sig om ulandene og nogle af de central- og østeuropæiske lande. På den anden side kan de industrialiserede lande købe eller sælge retten til at udlede drivhusgasser af hinanden. EU-landene har udvidet denne mekanisme til et regulært kvotemarked, hvor virksomheder direkte kan købe og sælge drivhusgaskvoter af hinanden. Målet med begge mekanismer er, at reduktionerne vil ske, der hvor det er billigst. Derved bliver der råd til at gøre mere i kampen mod klimaforandringerne.

Den hjemlige klimascene

Selvom de internationale aftaler er et nødvendigt grundlag for at bekæmpe klimaforandringerne, så er det herhjemme, at aftaler bliver til handling. For at Danmark kan efterleve

sin reduktionsforpligtelse i Kyotoaftalen skal udledningen af drivhusgasser i perioden 2008 til 2012 reduceres med 21 % i forhold til niveauet i 1990. Det er en af de hårdeste forpligtelser, som noget land i verden har påtaget sig. Til sammenligning skal EU som helhed reducere udledningen med 8 %. Danmarks reduktionsforpligtigelse er derfor ambitiøs og kræver en indsats fra staten, virksomheder og den enkelte borger. Men vi når det!

Danmark har en lang tradition for fornuftige miljø- og klimapolitikker. I forlængelse af denne tradition har regeringen i 2008 indgået en ambitiøs aftale med en række partier for at mindske udledningen af drivhusgasser og nå Danmarks krævende reduktionsforpligtigelse. Hovedbudskabet i aftalen er at reducere anvendelsen af fossile brændsler, øge andelen af vedvarende energi og sætte skub i energispareindsatsen. Konkret er der taget en lang række forpligtende beslutninger: Opsætning af nye vindmøller, mere favorable afregningspriser på både vind, biogas og

En stor del af det danske CO_2-udslip kommer fra transportsektoren, og det er stigende. Her bliver fremtidens trafikplanlægning helt afgørende, så vi ikke havner i samme situation som USA.

Foto: Peter Christopher/Scanpix.

Danmark er langt fremme med vedvarende energi. Horns Rev Vindmøllepark leverer således strøm til 160.000 husstande i Vestjylland.
Foto: DONG Energy.

biomasse, opstilling af mål for øget energieffektivitet, og reduktion af energiforbruget i bygninger.

Desuden skal en vigtig del af Danmarks reduktionsforpligtelse opnås gennem vores deltagelse på EU's kvotemarked. På kvotemarkedet får de danske virksomheder tildelt en mængde kvoter, der er mindre end deres forventede udledning af drivhusgasser. Herigennem forpligtes de danske virksomheder til at reducere deres udledning af drivhusgasser eller købe kvoter af andre virksomheder, der så må reducere deres udledning.

For at styrke kampen mod klimaforandringer på længere sigt har vi også øget indsatsen med hensyn til forskning i miljø og energiteknologi. Et nyt tiltag kaldet EUDP (Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram) skal sætte fokus på nye forskningsresultater, og nye teknologier skal afprøves. Samtidig skal EUDP bidrage til at etablere og udvikle innovative partnerskaber mellem virksomheder, offentlige institutioner og universiteter, så forskningsresultaterne hurtigst muligt bliver brugt i praksis.

Klimaprojekter i udlandet

Ud over at reducere vores udledning af drivhusgasser herhjemme, gennemfører Danmark også klimaprojekter i udlandet for at nå vores reduktionsmål. Når vi laver klimaprojekter i udlandet, bruger vi Kyotoprotokollens fleksible mekanismer. Ved at lave klimaprojekter i udlandet, kan man reducere udledningen af drivhusgasser, der hvor det er billigst. For eksempel er det billigere og mere effektivt at modernisere palmeolieindustrien i Malaysia end at øge effektiviteten i et moderne dansk kraft-varme-værk. Vi får mere miljø for pengene ved at fokusere en del af klimaindsatsen på de lande, hvor forureningsbekæmpelse er mindre udviklet. Samtidigt bidrager vi til at udbrede klimavenlige højteknologiske løsninger til lande, som ikke har den nødvendige ekspertise eller mulighed for at finansiere projekterne.

I flere af de udenlandske klimaprojekter arbejder den danske stat sammen med danske virksomheder og teknologileverandører. Staten medfinansierer klimaprojekterne, mens virksomheder bidrager med højteknologiske løsninger, der sikrer, at den bedst mulige miljø- og energiteknologi bliver anvendt. Virksomheder kan også på egen hånd

eller gennem fonde deltage i klimaprojekter i udlandet. Hvis de gør det, får de CO_2-kreditter, der kan sælges på EU's kvotemarked.

Når vi investerer i klimaprojekter i udlandet, er det nødvendigt, at vi sikrer os, at der er tale om reelle reduktioner af drivhusgasser. Ellers er indsatsen forgæves. Til det formål har FN en række organer og procedurer, der sikrer, at klimaprojekterne er 'additionelle'. Det vil sige, at de reduktioner, der sker i udlandet, ikke ville være sket, hvis det ikke var for Danmarks indsats. Alle Danmarks klimaprojekter bliver løbende godkendt af FN.

Klimatilpasning

Selvom vi gør meget for at nedbringe vores udledning af drivhusgasser, og selvom det lykkes at få forhandlet en ambitiøs klimaaftale på plads i 2009 i København, vil der allerede være sket en ophobning af drivhusgasser i atmosfæren, som gør, at der *vil* ske klimaforandringer. Vi vil derfor fx se kraftigere regnskyl, oversvømmelser, storme og hedebølger. Overalt er der konsekvenser at forholde sig til. Klimaændringerne har betydning for den måde, vi bygger huse og kloakker på, men de vil også have betydning for landbrugets afgrøder og vores håndteringen af spildevandet fra huse og erhvervsliv. Sektor for sektor skal hele samfundet tage bestik af klimaforandringerne. Det er fx en dårlig idé at bygge børnehaver og skoler i områder, hvor der fremover vil være større risiko for oversvømmelser. Opgaven er stor og kompliceret, fordi effekterne af klimaforandringerne er så store, og fordi der stadigvæk er en del usikkerhed om præcis hvordan, de vil slå igennem. Alle har et ansvar for at tilpasse sig de ændringer, som vi allerede ser slå igennem i dag.

"FN's klimapanel angiver, at der er mindre end 10 % chance for, at klimaændringerne ikke er menneskeskabte. Om denne usikkerhed siger Kathrine Richardson, formand for regeringens klimakommision: "Hvem ville tage et fly, hvor der kun er 10 % sandsynlighed for, at det når frem?"

I 2008 fremlagde regeringen en klimatilpasningsstrategi, som bygger på analyser af, hvordan Danmark vil blive påvirket af klimaforandringerne. Strategien undersøger sektor for sektor, hvor udsat Danmark er over for klimaforandringer, og hvad der skal gøres for at fremme klimatilpasningsindsatsen. Den giver også bud på, om der inden for hvert område kan være behov for ny lovgivning eller ændret regulering, som sikrer, at tilpasningen

bliver så effektiv som muligt. På naturområdet er man fx allerede ved at ruste de danske statsskove til at imødegå klimaforandringerne ved omlægge skove med rødgran til naturnær skov. For at sikre, at den nødvendige viden om hvordan man bedst kan tage højde for klimatilpasningerne, er frit tilgængelig, indeholder strategien etablering af en koordinationsenhed for forskning i klimatilpasning og et videncenter. Herigennem tilvejebringes et løbende opdateret data- og videngrundlag for fremtidig klimatilpasning, som formidles til samfundet igennem en nyoprettet internetportal: www.klimatilpasning.dk.

Vores personlige ansvar

Selvom Danmark er aktiv på den nationale og internationale klimascene, kræver det en indsats fra den enkelte borger at stoppe klimaforandringerne, da vi personligt står for en stor del af udledningen af drivhusgasser. Mange er måske skeptiske over for påstande om, at man kan være med til redde jorden, hvis man fx sparer på strømmen, lader bilen stå eller afleverer dåser og flasker til genanvendelse. Men svaret er, at det kan man! Hvis vi alle gør blot en lille indsats, vil det gøre en stor forskel, fordi vi er så mange.

Her i landet får vi varmere og mere solrige somre, men vi får også en lang række problemer, som det vil være dyrt at løse.
Foto: Klaus Tiedge/Scanpix.

For at oplyse om, hvordan den enkelte med en lille indsats kan gøre en stor forskel, har regeringen lanceret klimakampagner og sparetiltag. Ideen er ikke, at vi alle sammen skal flytte i halmhuse og sælge bilen. De, der gør det, fortjener tak fra os andre. Men for det store flertal, som lever en ganske almindelig tilværelse, er det ikke et realistisk alternativ. Til gengæld er det realistisk, at vi ændrer vores vaner. Det vil være nogle få, men vigtige skridt i den rigtige retning. Det er ikke kompliceret videnskab – men sund fornuft.

> Den værste konsekvens af at handle overilet er, at vi får et samfund med renere teknologi.
>
> *Klima- og Energiminister Connie Hedegaard, Jyllandsposten 25. februar 2008*

Hvad bringer fremtiden?

Klimaproblematikken er en af verdens største udfordringer lige nu. Skal den løses, kræver det en indsats fra Danmark på både den internationale og nationale klimascene – og fra den enkelte borger. Vi har taget de første spæde skridt, men der er lang vej endnu.

Efter 2012 udløber forpligtelserne under Kyotoaftalen og en ny klimaaftale skal være på plads. Efter Balikonferencen har vi fået en køreplan frem mod klimakonferencen i København 2009. Her kan der forhåbentlig vedtages en ny international og historisk aftale, der kan erstatte Kyoto-aftalen. Men verdens lande er stadig langt fra enige, så det bliver en kolossal udfordring, som kun kan løses med pres fra Danmark og EU.

Selvom Danmark er et lille land, kan vi i kampen mod globale klimaforandringer være med til at gøre en forskel, der er større end vores befolkningstal indikerer. Det kan vi gøre ved at gå forrest og vise verden vejen med eksemplets magt. Vi skal fortsætte med at være dem, der presser hårdest for forpligtende internationale aftaler om reduktion af drivhusgasudledning. Vi skal fortsætte med at reducere vores udledning af drivhusgasser gennem satsning på vedvarende energi, energieffektivisering og teknologisk udvikling. Og vi skal fortsætte med gennem klimaprojekter i udlandet at udbrede vores højteknologiske, klimavenlige løsninger. Samtidigt er det nødvendigt, at den enkelte virksomhed og borger fortsat gør blot en lille ekstra indsats. For når vi alle er med, er effekten stor.

Litteratur

Dahlager, L. & Rothenborg, M. 2007.
Global feber – kampen om klimaet.
Politiken, København.

European Environment Agency 2004.
Impacts of Europe's changing climate. An indicator-based assessment.
EEA Report No.2/2004, EEA, København.

Fenger, J. (red.) 2007.
Impacts of climate change on renewable energy sources.
Nordisk Ministerråd, Nord 2007:003, København.

Fenger, J. & Frich, P. 2002.
Dansk tilpasning til et ændret klima.
Faglig rapport fra DMU nr. 401. Danmarks Miljøundersøgelser.
http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR401.pdf

Ibsen, C., Gundermann, J. & Bruun, H.P. (red.) 2004.
Tilpasning til fremtidens klima.
Miljø-Tema nr. 28. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen, København.
http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2004/87-7614-179-9/pdf/87-7614-180-2.pdf

Illum, K. 2006.
I Drivhuset.
Fagligt Fællesforbund.

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007.
Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (red.). IPCC, Geneva, Switzerland.
http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-syr.htm

International Energy Agency. 2007.
World Energy Outlook – China and India Insights.
OECD publishing. Paris.

Jørgensen, A.M.K., Halsnæs, K. & Fenger, J. 2002.
Den Globale Opvarmning – bekæmpelse og tilpasning.
Gads Forlag, København.

Lykke-Andersen, A. et al. (red.). 2006.
Vejr, klima og klimaændringer. *Naturgeografi – Jorden og mennesket*.
Geografforlaget, Odense, 145-184.

Mikkelsen, M. (red.) 2005.
Nordisk Naturforvaltning i et ændret klima.
Nordisk Ministerråd og Danmarks Miljøundersøgelser.

Nielsen, J.S. 2008.
En lille guide til Overlevelse.
People's Press.

Rasmussen, E. & Aarø-Hansen, M. (red.) 2003.
Climate changes in Greenland. *Denmark's Third National Communication on Climate Change. Under the United Nations Framework Convention on Climate Change*.
Miljøstyrelsen, København, 118-124.
http://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2003/87-7972-677-1/pdf/87-7972-679-8.pdf

Skov, F. & Svenning, J.-C. 2004.
Potential impact of climatic change on the distribution of forest herbs in Europe.
Ecography 27: 366-380. (Erratum: *Ecography* 27: 827-828).

Skov, F., Svenning, J.-C. & Normand, S. 2006.
Sandsynlige konsekvenser af klimaændringer på artsudbredelser og biodiversitet i Danmark. Potentielle konsekvenser af klimaændringer for artsudbredelser og biodiversitet i Danmark med karplanter som eksempel.
Miljøprojekt 1120. Miljøstyrelsen, København.
http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2006/87-7052-247-2/pdf/87-7052-248-0.pdf

Svenning, J.-C. & Skov, F. 2006.
Potential impact of climate change on the northern nemoral forest herb flora of Europe.
Biodiversity & Conservation 15: 3341-3356.

Søndergård, M. et al. (red.). 2006.
Vand og vejr om 100 år.
Forlaget Hovedland, Århus.

Tell, J. 2008.
100 måder at redde verden.
Nyt Nordisk Forlag.

Walker, G. & D. King 2008.
Klimakrisen.
Jyllands-Postens Forlag.

Hjemmesider

Danmarks Meteorologiske Institut:	http://www.dmi.dk/dmi/index/viden/klimamodeller.htm
Center for Is og Klima:	http://www.isogklima.nbi.ku.dk
Klima- og Energiministeriet:	http://www.kemin.dk
Aarhus Universitets Klimasekretariat:	http://klima.au.dk
DMU's klimaportal:	http://klima.dmu.dk
Arctic Climate Impact Assessment:	http://www.acia.uaf.edu
Intergovernmental Panel on Climate Change:	http://www.ipcc.ch

Ordliste

Aerosol: Luftbåren partikel mindre end 1 µm (mikrometer = 10^{-6} m).

Albedo: Den procentvise andel af Solens stråler, som bliver reflekteret fra en overflade.

Arktis: Den nordligste skovløse del af Jorden.

Atmosfæren: Luften omkring Jorden.

Bakterie: Stor gruppe af encellede eller trådformede organismer, som mangler cellekerne og organeller (prokaryoter).

Bekæmpelsesmiddel: Se pesticid.

Bestand: Gruppe af dyr eller planter af samme art, der lever adskilt fra andre grupper af samme art (også benævnt population).

Biodiversitet: Den samlede mangfoldighed af levende organismer, økosystemer og genetisk variation inden for et givet område.

Blågrønalger: Encellede, trådformede og kolonidannende prokaryoter, som udfører fotosyntese (cyanobakterier).

Bruttonationalprodukt: Indkomster, der optjenes af en nation, fx af danske selskaber og enkeltpersoner her i landet og i udlandet.

Brændselscelle: Et element, der laver elektricitet ved en kemisk reaktion af fx brint, metan eller metanol med ilt.

CDM-projekter: Clean Development Mechanism. En grøn udviklingsmekanisme under FN's klimaaftale, Kyotoprotokollen.

CH_4: Se metan.

CO_2: Se kuldioxid.

Cyklon: En tropisk hvirvelstorm med meget høj vindstyrke.

Demografi: En bestands (planter, dyr eller mennesker) alders- og kønsmæssige sammensætning.

Drivhuseffekt: Drivhusgasser er luftformige forbindelser i Jordens atmosfære. De er i stand til at opsuge varmestråling. Nogle af de vigtigste er kuldioxid, CFC-gasser, kvælstofilter, metan og ozon. Den vigtigste af alle drivhusgasser er vanddamp.

Drivhusgas: Stoffer i atmosfæren som vanddamp, kuldioxid (CO_2), metan (NH_4) og kvælstofilter (NO_x), der absorberer Jordens varmeudstråling.

Elektrolyse: En metode til at spalte et stof fx vand til brint og ilt ved hjælp af elektricitet.

Erosion: Nedslidning og fjernelse af jordoverfladen forårsaget af vand, vind eller is.

Fossilt brændstof: Organisk materiale, som under tryk er omdannet til olie, kul og gas.

Fødekæde: En række af organismer, der som led i en kæde følger efter hinanden, fordi de henholdsvis ædes af eller æder hinanden; led 1 føder led 2, som føder led 3.

Gletsjer: Tyk is- og snemasse der findes i fjeld- eller bjergområder som ligger over snegrænsen, eller i polare egne med indlandsis.

Habitat: Veldefineret område, hvor en organisme lever (synonym: levested og biotop).

Højarktis: Den nordligste del af Arktis.

Iltsvind: Mangel på ilt fx i vandområder; oftest forårsaget af forrådnelse af organisk materiale.

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change, dvs. De Forenede Nationers Mellemstatslige Klimapanel.

JI-projekter: Joint Implementation. Fælles klimaprojekter i industrialiserede lande under FN's klimaaftale, Kyotoprotokollen.

Klimabælte: Et større område med samme naturlige beplantning.

Klimaeffekter: Følgevirkningerne af at klimaet forandrer sig.

Klimasvingninger: Periodevise forskelle i klimaet.

Konvention: International overenskomst mellem stater om et fælles anliggende.

Kuldioxid: Luftart (CO_2), der udskilles ved ånding, gæring, forrådnelse og forbrænding af kulstofforbindelser. Naturligt forekommende i atmosfæren. Forøgelse af atmosfærens indhold af kuldioxid medvirker til drivhuseffekten. Udnyttes af plantecellernes klorofyl til gennem fotosyntesen at opbygge sukkerstoffer, kulhydrater.

Kulstof: Et fast grundstof (C), som er en vigtig bestanddel i alt organisk materiale.

Kvælstof: En farve- og lugtløs gasart som er et grundstof (N), og som udgør ca. 78 % af Jordens atmosfære, og er et vigtigt næringsstof for planter.

Kvælstofoxid: (NO_x), forbindelser af kvælstof og ilt (NO og NO_2), der dannes ved al forbrænding. Kvælstofoxider er sundhedsfarlige i høje koncentrationer og kan i atmosfæren omdannes til salpetersyre, der øger nedbørens surhedsgrad. NO_x'er dannes bl.a. ved forbrænding af fx olie, benzin, kul og gas. NO_x'er er opløselige i vand eller kan reagere med vandet – eller stoffer i vandet – og omdannes til nitrat.

Langbølget varmestråling: Elektromagnetiske stråler med så lav frekvens, at de opleves som varme og ikke lys.

Lavarktis: Den sydlige del af Arktis.

Levende ressourcer: Planter og dyr.

Makroøkonomi: Studiet af de overordnede linjer i samfundsøkonomien.

Marin: Vedrørende havet.

Median: Geometrisk middelværdi. Dvs. det punkt (tal), hvor halvdelen af værdierne ligger på hver sin side uanset deres størrelse.

Metan: En brændbar gasart som dannes ved forrådnelse af organisk materiale, og som forekommer i store mængder i naturgas og biogas; kemisk formel CH_4.

Mikroorganisme: En levende organisme som kun kan ses i mikroskop, fx en bakterie.

Molekyle: En gruppe af atomer der tilsammen danner den mindste del i en kemisk forbindelse der indgår i en kemisk reaktion.

Monokultur: Udtryk for, at der på et givet sted kun findes en art, en kultur, som fx en rapsmark.

MW: Mega watt (10^6 watt = 1.000.000 watt).

Naturressource: Se levende ressource.

Niche: En kombination af miljøfaktorer som temperatur, fugtighed, føde o.l. der sikrer at en biologisk art overlever og reproducerer sig.

Ozonlag: Et lag af stoffet ozon ca. 25 km over Jordens overflade som beskytter livet på Jorden mod ultraviolette stråler fra Solen.

Partikel: En meget lille del af et stof.

Permafrost: Jordlag der permanent er frosset.

Pesticid: Et middel til bekæmpelse af uønskede eller skadelige organismer.

Pesticidplanen: En national dansk handlingsplan for reduktion af brugen af giftstoffer i landbrug, skovbrug mv.

Scenario: Konstrueret fremtidsbillede (tænkt situation).

Sediment: Aflejret, løst materiale. Bundmaterialer i søer, vandløb eller havområder. Kan som fx ler, sand og grus være aflejret fra et medium (fx vand, vind eller is), der har transporteret materialet til aflejringsområdet. Kan også som fx kalk være udfældet kemisk eller i form af skaller fra levende organismer.

Skybrud: En kortvarig, men meget voldsom regnbyge.

Socioøkonomi: Den økonomiske og sociale struktur af et samfund, dets skattesystem og udvikling.

Skovdød: Det at træerne i skovene går ud pga. forurening (skyldes især syreregn).

Skykondensationskerner: Meget små partikler i luften som vanddamp kan kondensere på, så der dannes skyer eller tåge.

Solpletperioden: Antallet af år mellem maksimal forekomst af mørke pletter på Solens overflade: oftest ca. 11 år.

Status quo: Det at bevare den nuværende tilstand.

Stedsegrøn: Om planter som bærer grønne blade hele året.

Stormflod: Oversvømmelser i lave kystområder forårsaget af vandstandsstigninger som følge af kraftig vind.

Stratosfære: Den del af atmosfæren der ligger over troposfæren, dvs. i ca. 10-50 km's højde.

Tempererede områder: Klimazonen mellem Arktis/ Antarktis og subtroperne.

Tendens: Noget som giver et fingerpeg, fx om retningen i en udvikling.

Tundra: Vegetationsdækkede områder i Arktis, dvs. områder nord for trægrænsen.

Tæthed: Antallet af planter, dyr el. mennesker pr. arealenhed.

Tørv: Jordart der er opstået ved, at nedbrydningen af plantemateriale er standset.

Ultraviolette stråler: Kortbølget stråling fra Solen som ikke kan ses af øjet og som kan være skadelig for levende organismer.

UNDP: United Nations Development Programme. FN's udviklingsprogram for fattige lande.

UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change. En FN-konvention, der blev vedtaget under miljøkonferencen i Rio de Janeiro i 1992.

Økosystem: Et økosystem er en samling af organismer, bakterier, svampe, planter og dyr i et afgrænset område, hvorfra stoffer kun i mindre grad krydser grænserne til andre, tilstødende dele. Omfatter både de levende og de ikke-levende bestanddele. Eksempler er en skov og en sø.

Stikordsregister

A

Aerosoler · 19
Afrika · 70
  klimaændringer · 67
Al Gore · 98
Albedo · 14, 19, 27
Algeopblomstringer · 45
Allergi · 48, 49, 131
Antarktis · 24, 29
Arktis · 57
  klimaændringer · 52, 55, 59
  temperaturstigninger · 12, 52
  udbredelse af is · 13
Arktis Råd (Arctic Council) · 59
Arktiske Ocean · 53
Asien · 70
Astronomisk teori · 25, 27
Atlanterhavet · 28
Atmosfære, CO_2-indhold · 16, 17, 28, 29, 45

B

Bali, klimakonference · 138
Bangladesh · 7, 66
Bekæmpelsesmidler · 127
Biobrændsel · 109, 110
Biodiesel · 105, 110
Biodiversitet
  Danmark · 80
  klimaændringer · 76, 78, 79
Bioklimatiske modeller · 82, 83
Biomasse · 102, 103, 107
Bioætanol · 105, 109, 110
Brintbiler · 105, 108
Brændselsceller · 107, 108, 109
Burning Panda · 117
Bølgekraft · 107, 109

C

CH_4 · 16
CO_2 · 14, 16
  atmosfærisk indhold · 16, 17, 28, 45
CO_2-kompensationer · 119
CO_2-kvoter · 119
CO_2-regnskab · 115
CO_2-udslip · 64, 102
  Danmark · 105, 114
  flyrejser · 118
  personlig reduktion · 115, 121, 122, 144
Cykloner · 65, 66

D
Danmark
biodiversitet · 80
CO_2-udslip · 105, 114
energiforbrug · 103
energiforsyning · 107
energipolitik · 102, 104
fremtidens klima · 81
fremtidens natur · 80
klimapolitik · 141
klimaændringer · 42
Dansgaard-Oeschger events · 26
Det Internationale Energiagentur (IEA) · 90, 99
Det Internationale Klimapanel (IPCC) · 6, 20, 34, 78,
Drivhuseffekt · 14, 15, 32, 59
Drivhusgasser · 14, 16, 19, 28, 32
reduktioner · 88, 89, 140
reduktionsomkostninger · 91, 93, 95
reduktionspotentialer · 92, 93
udfordringer · 96

E
Elbiler · 105, 108
Elektrolyseanlæg · 108
Elsparepærer · 118
Energi, vedvarende · 102
Energiforbrug · 64
Danmark · 103
Energiforsyning
Danmark · 107
drivhusgasreduktioner · 94
omlægningsomkostninger · 109
udvikling · 132
Energipolitik · 141
Danmark · 102, 104
Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP) · 142
Energiår 2006 · 106
Epidemier · 65
Èt ton mindre · 98, 117, 121
EUDP · Se Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram

F
Feedbacks · 15, 16, 27, 52
Fjernvarme · 104, 109, 117
Flyrejser, CO_2-udslip · 118
FN's klimapanel · Se Det Internationale Klimapanel
Folkevandringer · 134
Forbrug · 72
Forsuring · 79
Fosfor · 43, 45
Fossile brændstoffer · 16, 132
afbrænding af · 29, 32, 102
reduktioner · 105
Fødevareproduktion · 88
klimaændringer · 68

G
Gas · 16, 32, 102
Gennemsnitstemperatur · 34
global · 12, 20
udvikling · 37
Gletsjere, afsmeltning · 7, 71, 126
Global opvarmning · 12, 36
Gold Standard-projekter · 119
Grundvand · 42
Grøn strøm · 120
Grønland · 24
klimaændringer · 55

H
Halogenlamper · 118
Hedebølger · 38, 65
Hotspots · 79
Human Development Report · 6
Højarktis · 57
klimaændringer · 56
Højarktisk zone · 56

I
IDA · Se Ingeniørforeningen i Danmark
IDA Energiplan 2030 · 106
IEA · Se Det Internationale Energiagentur
Iltsvind · 43, 45, 79, 130
Indien · 90, 139
Indlandsis · 28
afsmeltning · 53
Indonesien · 111
Industri, drivhusgasreduktioner · 95
Ingeniørforeningen i Danmark (IDA) · 106, 107
IPCC · Se Det Internationale Klimapanel
Isbjørne · 56
Ishavet · 13
Iskapper · 24
Iskerner · 17, 25
gasindhold i · 28
Isotoptermometer · 25
Istider · 25, 27, 29, 77

J
Jordvarmepumper · 117

K
Kattegat · 45
Kina · 90, 111, 139
Klimakrise · 6
Klimamodeller · 20, 33, 34, 37
Klimapolitik, Danmark · 141
Klimaprojekter · 140, 142
Klimatilpasninger · 71, 131, 135, 143
livsstilsændringer · 97
teknologisk udvikling · 97
Klimatiske grænser · 80
Klimatopmøde, København · 97, 138, 145
Klimavariationer · 14, 26, 27
Klimaændringer · 6
Afrika · 67
Arktis · 52, 55, 59
biodiversitet · 76, 78, 79, 85
Danmark · 41, 42
fangerkultur · 58
fisk · 45
forsikringsbelastning · 48, 132
fødevareproduktion · 68, 69
grundvand · 42
Grønland · 55
Højarktis · 56
infrastruktur · 47
konsekvenser · 64, 65
kystsikring · 46, 133
landbrug · 43, 68, 127
marine miljø · 130
natur · 77, 129
naturkatastrofer · 62
skovbrug · 45, 128
sundhedsmæssige konsekvenser · 48, 131
træproduktion · 69
udvikling · 135
udviklingslande · 7, 64
vandforsyning · 126
vandmangel · 70
Klimaaftale · 138, 139, 145
Kobbefjord Forskningsstation · 59
Koralrev · 76, 78
Kraftvarme · 109
Kraft-varme-værker · 104, 108
Kul · 16, 32, 102, 103, 107, 114
Kuldioxid · Se CO_2
Kunstvanding · 42, 126
Kvælstof · 43, 45, 130
Kyotoprotokollen · 119, 138, 139, 140
Kystbeskyttelse · 46, 134
København, klimatopmøde · 97, 138, 143, 145

L

Landbrug
drivhusgasreduktioner · 95
klimaændringer · 43, 68, 127
Latinamerika · 70
Lavarktis · 57
Lavarktisk zone · 56
Limfjorden · 47
Livsstilsændringer,
klimatilpasninger · 97

M

Malaria · 88, 131
Mellemistider · 25, 27, 29
Metan · Se CH_4
Milankovitch-teorien · 27
Miljøkørsel · 115

N

Natur, fragmentering · 129
klimaændringer · 77
Naturgas · 103, 107, 114
Naturgasfyr · 117
Naturkatastrofer · 66
klimaændringer · 62
udviklingslande · 65
Naturnær skovdrift · 45
Naturressourcer · 65
Nedbør · 7
Danmark · 42
fordeling · 37
intensitet · 38
udvikling · 37
Nedbørshændelser · 38
Nordpolen · 53, 57
Nordsøen · 104, 109
Næringsstoffer · 79, 130
belastning · 45
udledning · 43

O

Oceanernes Kolde Hjerte · 28
Olie · 16, 32, 102, 103, 104, 107, 109, 114
Oliefyr · 117
Oliekrise · 102, 109
Opvarmning, global · 12
Organisationen for Vedvarende Energi (OVE) · 106
OVE · Se Organisationen for Vedvarende Energi
Oversvømmelser · 38, 46, 65, 66, 88, 134
Ozon · 19

P

Permafrost · 55
Pesticider · 43, 44
Polaris · 28, 79

R

Regnskove · 76, 79
Rio-topmødet · 72
Rødgran · 45, 128

S

Samvirkende Energi- og Miljøkontorer (SEK) · 106
Savanner · 79
Scenarier · 34
SEK · Se Samvirkende Energi- og Miljøkontorer
Skadedyr · 44, 127
Skovbrug, klimaændringer · 128
Skovdød · 45
Skybrud · 132
Solceller · 107, 109
Solfangere · 117, 131
Solpletperioder · 18
Solvarme · 107, 109
Standbystrøm · 117
Storme · 65
Danmark · 42
Stormfald · 45
Stormfloder · 46, 132
Strømforbrug · 117
Strålingspåvirkning · 16, 18
udvikling · 19
Svalbard · 56
Sygdomsudbrud · 65

T

Temperaturstigninger · 12, 89
Arktis · 12, 52
Danmark · 42
modelberegning · 36
stabilisering · 88
Temperaturvariationer · 13
Termohalin cirkulation · 28
Transport, drivhusgasreduktioner · 95
Trægrænse · 57
Tundra · 57, 59, 79
tilgroning · 56
Tørke · 7, 38, 65, 134
Tørvejrsperioder · 38

U

Udvaskning · 43, 130
Udviklingslande
klimaændringer · 64
naturkatastrofer · 65
Ultraviolet stråling · 18
USA · 111, 139

V

Vanddamp · 14
Vandforsyning · 68, 70
klimaændringer · 126
Vandmangel · 70, 88
Vandstandsstigninger · 66, 133
Danmark · 42
Varmepumper · 108, 109, 117
Vedvarende energi · 102, 103, 107, 132
Vejrbegivenheder, ekstreme · 38
Vietnam · 7, 66
Vindkraft · 132
Vindmøller · 105, 109
Vulkanudbrud · 16, 19, 20

W

World Energy Outlook · 90

Z

Zackenberg Forskningsstation · 57, 59

Æ

Ækvator · 76

Ø

Ørkener · 79
Østersøen · 45

”Stigningen i udledningerne af klimagas er i dag tre gange højere, end da Kyoto-protokollen blev vedtaget for snart 10 år siden.

Bjarne Lundager Jensen, Direktør i Vindmølleindustrien

USA har længe været “fodslæbende” i forsøgene på at begrænse CO_2-udslippene, men nu er der tegn på større villighed til at gøre en indsats sammen med resten af verden.

Tegning: Mette Dreyer, Politiken 14. december 2007

”For global opvarmning er det … projekt med det største potentiale en målrettet investering i forskning og udvikling af energiteknologier med lavt indhold af CO_2.

Bjørn Lomborg, Berlingske Tidende 21. maj 2008

Klimaændringerne
– Menneskehedens hidtil største udfordring

Red. Hans Meltofte

Klimatruslen er kommet øverst på den politiske dagsorden. Overalt i verden er mennesker i gang med projekter og politiske initiativer til at afværge de værste trusler. Samtidig er der gang i diskussionerne om, hvordan vi afbøder de ulykker, som vil komme under alle omstændigheder – og måske allerede er i gang – samt hvilke fordele, klimaændringerne også kan indebære.

I denne bog tager vi udgangspunkt i FN's klimapanels seneste rapport, som fastslår, at de menneskeskabte klimaændringer er en realitet. Bogens primære målgruppe er gymnasieelever og andre med interesse på tilsvarende niveau. Den er skrevet, så den både kan bruges i den samfundsfaglige undervisning og i naturfag, idet de mest tekniske emner er trukket ud i bokse.

Bogen består af 12 korte kapitler om forskellige aspekter af klimaproblematikken strækkende sig fra klimamodellerne til politiske udmeldinger om, hvad der skal gøres. Hertil kommer en række journalistiske artikler og debatindlæg, som skal problematisere emnet.

Forfatterne er nogle af landets bedste specialister på de forskellige felter, herunder tre medlemmer af FN's klimapanel, samt samfundsdebattører inklusive Klima- og Energiminister Connie Hedegaard.

Bogen kan downloades gratis fra www.dmu.dk/pub/mb13.pdf

Danmarks Miljøundersøgelser
Aarhus Universitet