

Miljøprojekt Nr. 763 2003

Kortlægning af dansk forskning på klimaområdet og forslag til styrkelse af indsatsområder

Center for Økonomisk Analyse

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

BAGGRUND OG KONKLUSIONER	5
RESUMÉ	5
BAGGRUND	5
PROBLEMSTILLING	7
KONKLUSIONER OG ANBEFALINGER	7
1 KORTLÆGNING AF DANSK KLIMAFORSKNING	9
1.1 GRUNDLÆGGENDE VIDENBAGGRUND	10
1.1.1 <i>Emner</i>	10
1.1.2 <i>Aktører</i>	11
1.1.3 <i>Kommentar</i>	15
1.2 KONSEKVENSER AF KLIMAÆNDRINGER	16
1.2.1 <i>Emner</i>	16
1.2.2 <i>Aktører</i>	16
1.2.3 <i>Kommentar</i>	18
1.3 BEGRÆNSNING AF MENNESKESKABTE KLIMAÆNDRINGER	19
1.3.1 <i>Emner</i>	19
1.3.2 <i>Aktører</i>	19
1.3.3 <i>Kommentar</i>	23
1.4 TILPASNING TIL KLIMAÆNDRINGER	23
1.4.1 <i>Emner</i>	23
1.4.2 <i>Aktører</i>	24
1.4.3 <i>Kommentar</i>	24
1.5 ROBUSTHED, USIKKERHED OG SYNTSE	24
1.5.1 <i>Emner</i>	24
1.5.2 <i>Aktører</i>	25
1.5.3 <i>Kommentar</i>	25
1.6 FORMIDLING	25
1.6.1 <i>Formidling af forskningsresultater gennem videnskabelige publikationer</i>	25
1.6.2 <i>Formidling af forskningsresultater til offentligheden</i>	25
1.6.3 <i>Netværk</i>	26
1.7 KLIMAFORSKNINGEN TOTALT SET	27
2 IDEER TIL SÆRLIGE INDSATSOMRÅDER	29
2.1 BAGGRUND	29
2.2 FORSLAG TIL SÆRLIGE INDSATSOMRÅDER	30
2.2.1 <i>Klimaforskning med fokus på den nordatlantiske region</i>	30
2.2.2 <i>Tilpasning og sårbarhed i relation til natur og miljø</i>	32
2.2.3 <i>Emissionsforhold i jordbruget med henblik på reduktion af drivhusgasemissionen</i>	35
2.2.4 <i>Analyse af ekstreme hændelser i relation til drivhuseffekten</i>	37
2.2.5 <i>Udbygning af klimamodeller med fokus på feedback-processer</i>	38
2.2.6 <i>Langsigtet stabilisering af atmosfæriske drivhusgaskoncentrationer og mål for drivhusgasudledning</i>	39
2.2.7 <i>Klimaændringers indflydelse på vedvarende energi</i>	40

3	ORGANISERING, SAMARBEJDE OG NETVÆRK	41
4	KILDER	43
	Bilag	45

Baggrund og konklusioner

Resumé

Denne første kortlægning af dansk klimaforskning viser, at der er en stor diversitet i en forholdsvis omfattende forskning, som først og fremmest er koncentreret om den grundlæggende videnbaggrund, konsekvenser af klimaændringer og forskning om begrænsning af menneskeskabte klimaændringer. På den baggrund indstiller Klimagruppen, at der foretages en overordnet, samlet vurdering af hvilke områder inden for klimaforskningen i bred forstand, der bør tilføres øgede bevillinger fra de statslige forskningsråd eller fra andre offentlige støtteordninger. Arbejdsgruppens forskerrepræsentanter peger i den forbindelse på en række mulige indsatsområder

- *Klimaforskning med fokus på den nordatlantiske region*
- *Tilpasning og sårbarhed i relation til natur og miljø*
- *Emissionsforhold i jordbruget med henblik på reduktion af drivhusgasemissionen*
- *Analyse af ekstreme hændelser i relation til drivhuseffekten*
- *Udbygning af klimamodeller med fokus på feedback-processer*
- *Langsigtet stabilisering af atmosfæriske drivhusgaskoncentrationer og mål for drivhusgasudledning*
- *Klimaændringers indflydelse på vedvarende energi*

Endelig foreslår Arbejdsgruppens forskerrepræsentanter, at der fremover sættes mere på tværfagligt samarbejde, opbygning af netværk nationalt og internationalt, formidling af resultaterne og at klimaforskningen fremover får en tydeligere plads i regeringens forskningspolitik.

Supplerende oplysninger kan fås hos Arbejdsgruppens formand, professor Niels I. Meyer (tel. 45 25 19 30)

Baggrund

Arbejdsgruppen for et Dansk Klimaforskningsprogram blev nedsat under den tidligere regering på baggrund af et bredt politisk ønske om at styrke dansk klimaforskning, herunder at kortlægge den eksisterende forskning på området. I *Klima 2012 – Status og perspektiver for dansk klimapolitik* opsummeres det således: *Forskningen har været karakteriseret ved, at den er opstået i allerede eksisterende rammer som en naturlig udvikling af institutionens virksomhed. Kun i få tilfælde har der været tale om en bevist prioriteret strategi, som fx. med DMI's etablering af Dansk Klimacenter.*

Baggrunden er desuden, at

- ændringer i klimaet har indflydelse på en række samfundsforhold og stort set alle sektorer i det danske samfund

- Klimakonventionen fokuserer på dette område, og lægger vægt på den nationale indsats
- der er behov for at skabe en større indsigt i og forståelse af klimaproblemet i Danmark, herunder de nordatlantiske og grønlandske aspekter
- der et ønske om og behov for at forbedre rammerne for at indgå i en international sammenhæng.

Arbejdsgruppen for et Dansk Klimaforskningsprogram blev nedsat af den daværende miljø- og energiminister og IT- og forskningsminister i efteråret 2001 med det formål at kortlægge den eksisterende danske klimaforskning og udarbejde forslag til rammer for et eventuelt kommende nationalt klimaforskningsprogram.

Efter valget i november 2001 og den nye regerings tiltrædelse blev arbejdet indstillet, men Miljøministeriet foranledigede i august 2002 en færdiggørelse af Arbejdsgruppens arbejde, dog i et reduceret omfang.

Det har specielt været nødvendigt at undlade en detaljeret projektbeskrivelse af de særlige indsatsområder, som forskerrepræsentanterne i Arbejdsgruppen har peget på. Det bør også nævnes, at der har været vanskelige afgrænsningsproblemer i den forbindelse. Arbejdsgruppen har således valgt ikke at pege konkret på energiområdet som et særligt indsatsområde, selvom der gennemføres en betydelig forskning og udvikling på dette område i et stærkt dansk miljø. Begrundelsen har været, at forskning og udvikling på energiområdet også har en række andre formål udover at bidrage til løsningen af klimaproblemerne.

Formand for Arbejdsgruppen har været professor Niels I Meyer og derudover har følgende deltaget: Jørgen E. Olesen og Bent Tolstrup Christensen, Danmarks JordbrugsForskning, Anne Mette Jørgensen, DMI, Jes Fenger DMU, Klaus Rosenfeldt Jacobsen, Elkraft System, Hans Jürgen Stehr, Energistyrelsen, Anders Christiansen, Fødevareministeriet, Richard Bradshaw, GEUS, Maria Skov, IT- og Forskningsministeriet, Axel Walløe Hansen, KU, Ole John Nielsen, KU, Kirsten Halsnæs, RISØ, Poul Holm, Syddansk Universitet, Sune I Schou, Trafikministeriet, Niels Heltberg, Udenrigsministeriet, 92-gruppen ved Tarjei Haaland, DI, samt Undervisningsministeriet.

Camilla Rosenhagen, Energistyrelsen, Povl Frich, DMU, Jens Hesselbjerg og Ole Bøssing, DMI har udgjort Arbejdsgruppens sekretariat frem til begyndelsen af 2002. Analyse- og rådgivningsfirmaet ECON har færdiggjort kortlægningen, samt redigeret og skrevet rapporten i samarbejde med Arbejdsgruppens formand.

Repræsentanterne fra de involverede ministerier har den anmærkning, at de ikke har haft mulighed for at forholde sig specifikt til de forskellige anbefalinger, som har politiske eller økonomiske implikationer.

Kortlægningen er udført på baggrund af eksisterende viden hos gruppens medlemmer, deres forbindelser til den danske forskningsverden, samt gennem en elektronisk spørgeskemaundersøgelse. Det er derfor muligt, at der er forskningsaktiviteter, som ikke er kommet med i denne kortlægning. Kortlægningen omfatter årene 1998, 1999, 2000 og 2001.

Problemstilling

Der eksisterer ingen nyere samlet kortlægning af den forskning, der foregår på klimaområdet i Danmark, og det søges der rådet bod på med denne kortlægning. Kortlægningen anses for at være en nødvendig baggrund for udarbejdelsen af de fremtidige rammer for den danske klimaforskning.

Forskning på klimaområdet dækker en lang række forskningsdiscipliner. Fra naturvidenskabelig forskning til vurdering af virkemidler og samfundsmæssige perspektiver og aspekter. Som baggrund for kortlægningen er derfor valgt en meget bred klimaforskningsdefinition. Til arbejdsgruppens brug er klimaforskningen defineret som forskning, hvis hovedformål er klimaforskning og undersøgelse af:

- selve klimasystemet, og naturlige og menneskeskabte ændringer af dette
- virkningerne på miljø, produktion og levevilkår af et ændret klima, samt mulighederne for tilpasning
- hvordan ændringerne bedst imødegås gennem initiativer til reduktion af klimagasudledningerne
- hvordan tilpasningen bedst optimeres økonomisk og socialt
- samspillet mellem effekter, politikker og andre miljøbelastninger.

Nærværende rapport fokuserer på en kortlægning af de eksisterende aktiviteter inden for klimaforskningen i Danmark, samt en række ideer til særlige indsatsområder og forslag til organisering, samarbejde og netværk, som alt i alt vurderes at kunne styrke den danske klimaforskningens nytteværdi, både nationalt og internationalt. Kortlægningen af aktørernes aktiviteter er baseret på samlede aktiviteter, dvs. både basisaktiviteter og projekter finansieret af forskningsråd- og nationale og internationale forskningsprogrammer.

Konklusioner og anbefalinger

Kortlægningen viser en mere omfattende klimarelevant forskning end hidtil vurderet, f.eks. i Klima 2012. Det skyldes dog til dels den brede definition af klimarelateret forskning, der er anvendt i nærværende rapport. Det har desuden i stort omfang været overladt til de enkelte institutioner selv at vurdere hvilken forskning, der kan betegnes som klimarelateret, hvilket har givet anledning til en betydelige variation i materialet fra kortlægningen.

I perioden 1998-2001 er der årligt anvendt i gennemsnit omkring 180 årsværk til klima- og klimarelateret forskning i Danmark, med en jævn stigning i perioden på omkring 10%, således at der var 185 årsværk i 2001. I 2001 udgjorde den udenlandske finansiering, specielt støtte fra EU, omkring 28% af den totale finansiering, svarende til omkring 28 mio. kr. En væsentlig forudsætning for den udenlandske finansiering har været bidrag fra danske forskningsmidler.

Også hvad angår antallet af Ph.d. studerende og antallet af reviewede publikationer, er der sket en øgning i den periode, kortlægningen har omfattet, ikke mindst hvad angår antallet af publikationer, som er steget fra 184 i 1998 til 301 i 2001.

Langt den største del af indsatsen har ligget på den grundlæggende videnbaggrund, konsekvenser af klimaændringer og begrænsning af menneskeskabte klimaændringer, hvorimod forskning i de øvrige områder, især vedrørende tilpasning til klimaændringer ligger på et meget lavere niveau. På flere af disse områder, herunder konsekvenser af klimaændringer, har der i perioden ikke været noget stigning i indsatsen.

På baggrund af kortlægningen er der gennemført en generel debat blandt gruppens medlemmer om mulige ideer til særlige indsatsområder. Dette har resulteret i 7 forslag til områder inden for klimaforskningen i bred forstand, som kan indgå i en overordnet, samlet vurdering af hvilke områder inden for klimaforskningen, der bør prioriteres. Listen er på ingen måde udtømmende, ligesom emnerne ikke er forsøgt indsat ind i en tværfaglig national eller international sammenhæng. Rækkefølgen i listen er ikke udtryk for en prioritering af indsatsområderne:

- Klimaforskning med fokus på den nordatlantiske region
- Tilpasning og sårbarhed i relation til natur og miljø
- Emissionsforhold i jordbruget med henblik på reduktion af drivhusgasemissionen
- Analyse af ekstreme hændelser i relation til drivhuseffekten
- Udbygning af klimamodeller med fokus på feedback-processer
- Langsigtet stabilisering af atmosfæriske drivhusgaskoncentrationer og mål for drivhusgasudledning
- Klimaændringers indflydelse på vedvarende energi
-

Organisatorisk foreslås det, at der fremover satses mere på tværfagligt samarbejde, opbygning af nye netværk både nationalt og internationalt, og at klimaforskningen får en tydeligere plads i regeringens forskningspolitik. Arbejdsgruppen foreslår derfor, at det vurderes at reaktivere Dansk Klimaforum, og at gennemføre en årlig konference for at sætte fokus på den danske klimaforskning. Endelig at vurdere, at formidlingen opprioriteres, således at der eventuelt etableres et fælles formidlingsorgan eller som minimum en fælles internet-portal for dansk klimaforskning.

1 Kortlægning af dansk klimaforskning

Anbefalingerne i denne rapport tager udgangspunkt i kortlægningen af den eksisterende klimaforskning og de behov for viden, som er identificeret igennem arbejdsgruppens arbejde. For at gøre kortlægningen så fuldstændig som muligt er oplysningerne fra arbejdsgruppens medlemmer suppleret med en spørgeskemaundersøgelse.

Det er et vigtigt udgangspunkt for kortlægningen, at materialet kan inddeles i enkle grupperinger, og at oplysningerne giver mening for ikke-eksperter, samt at kortlægningen beskriver de områder, hvor der foregår klimaforskning i Danmark.

Kortlægningen tager udgangspunkt i 5 hovedgrupper. Grupperne er udvalgt som en syntese mellem de 3 traditionelle IPCC arbejdsgruppeinddelinger, de 9 hovedspørgsmål i IPCC's seneste synteserapport og det brede klimaforskningsfokus, der er beskrevet i Arbejdsgruppens kommissorium. Mange danske klimaforskere er vant til at indtænke deres forskning i forhold til IPCC's 3 arbejdsgrupper. Disse grupper anses dog for at være for snæver en "kassedeling" i en kortlægning som denne, hvor sammenhængene også på tværs af de traditionelle discipliner gerne må fremstå tydeligt.

IPCC's brede klimaforskningsdefinition svarer nogenlunde til den, som er valgt i kommissoriet for Arbejdsgruppen, og denne definition er derfor brugbar som udgangspunkt. Nogleproblemstillingerne i IPCC's synteserapport er så centrale, at de forventes at have lang holdbarhed, og de er i det følgende sammenfattet til 5 hovedgrupperinger:

- Grundlæggende videnbaggrund
- Konsekvenser af klimaændringer
- Begrænsning af menneskeskabte klimaændringer
- Tilpasning til klimaændringer
- Robusthed, usikkerhed og syntese

Som udgangspunkt for kortlægningen er valgt at anvende spørgeskemaer, som er udsendt til alle kendte forskningsmiljøer med klima eller klimarelateret forskning. Denne metode er anvendt for at få et så bredt kendskab som muligt til klimaforskningen i Danmark. Under kortlægningsarbejdet har der vist sig mange afgrænsningsproblemer. Modtagerne af spørgeskemaerne er blevet bedt om kort at beskrive den del af deres forskning, hvor hovedformålet er klimaforskning. Dette kan imidlertid være svært at afgrænse, og der eksisterer forskning, hvis formelle formål ikke er klimaforskning, men hvor hovedindholdet kan defineres som klimaforskning. Der må derfor generelt tages forbehold overfor de angivne antal årsværk og budgetter, hvorimod antallet af Ph.d. studerende og antal reviewede publikationer må vurderes at være udtryk for de reelle forhold. Man skal dog være opmærksom på, at publikationerne har meget forskellig karakter.

Spørgeskemaundersøgelsen giver oplysninger om et bredt udsnit af den klimarelaterede forskning, ud over den snævert fokuserede klimaforskning – uden at det på den anden side kan forventes at al dansk klimarelateret forskning er dækket ind.

Der har også været et afgrænsningsproblem, mht. hvem undersøgelsen skulle rettes imod. Således er det fx valgt generelt ikke at medtage konsulentbranchen. I forhold til Trafikministeriets forskning og vidensopbygning er dette imidlertid et problem, fordi man i stort omfang har valgt at benytte konsulenter til denne type opgaver. Med oprettelsen i 2001 af Danmarks Transportforskning er der imidlertid ændret på dette billede.

I den efterfølgende beskrivelse af kortlægningens resultater gives indledningsvis en oversigt over de enkelte gruppers arbejdsområder. Derefter angives de væsentligste aktører inden for grupperne, ligesom der gives en oversigt over årsværk, antal Ph.d.-studerende, budgetter og antal reviewede publikationer. Der afsluttes med en kommentar om forskningsaktiviteterne inden for gruppen. En række aktører i den danske klimaforskning dækker flere grupper. De er i størst muligt omfang søgt fordelt på de enkelte grupper, men i en række tilfælde har dette ikke kunnet lade sig gøre, hvorefter aktørerne er placeret der, hvor de vurderes at have størst volumen.

1.1 Grundlæggende videnbaggrund

1.1.1 Emner

Gruppen omhandler forståelsen af klimasystemet, samt vurderinger af den fremtidige størrelse af klimavariationer og klimaændringer. Desuden økosystemernes struktur i relation til klimaet og klimaændringer, samt bæredygtighed. Endelig inkluderes grundlæggende samfundsøkonomisk forskning.

Klimasystemet: (teori/processer/lab-eksperimenter, data/dataanalyse, modeller/simulering) herunder klimaændringer, naturlige og antropogene. Observerede klimaændringer, grundlæggende meteorologiske processer, inkl. feed-back processer. Direkte og proxybaserede observationer af drivhusgasser, temperatur og andre relevante fysiske og kemiske størrelser; historiske indikatorer af klimaforandringer og deres konsekvenser.

Klimavariabilitet og klimaændringer: Vurderinger af den fremtidige størrelse og hyppighed af klimafluktuationer på forskellige tidsskalaer. Vurderinger af varigheden, hyppigheden og lokaliseringen af ekstreme vejr og klimabegivenheder. Beregninger og vurderinger af faren for pludselige forandringer i klimasystemet. Irreversible og pludselige forandringer i økosystemer. Inerti og tidsskalaer i klimasystemet (atmosfærens kemiske sammensætning, temperaturen, smeltning af hav is og indlandsis).

Økosystemers struktur og dynamik, økologiske processer og stofcykler i relation til klimaet og klimaændringer.

Forskning i miljømæssig *bæredygtighed*.

Samfundsøkonomiske sektorer: (tidsskalaer og sikkerhedsmarginer for virkninger af politiske tiltag, politiske, sociale og økonomiske påvirkninger af teknologispredning og –implementation) samt deres indbyrdes vekselvirkning.

1.1.2 Aktører

Danmarks Jordbrugsforskning (DJF). Forskningsindsatsen er koncentreret omkring studiet af stofomsætning og flukse af stof og energi i agroøkosystemet. Dette involverer bl.a. studier af betydningen af ændringer i såvel klimaforhold som atmosfærisk CO₂-koncentration for fysiologiske mekanismer i planter og dyr, herunder betydningen for stofomsætning (især af C og N) i jorden bl.a. via jordens fødekæde. I denne sammenhæng spiller studiet af samspillet med jordtyper og jordbearbejdning en stor rolle, bl.a. i relation til kulstoflagring i jord. Samspillet mellem klimaforhold og husdyrenes fysiologi indgår også i forskningsindsatsen.

Danmarks Meteorologiske Institut (DMI), Danmarks Klimacenter. DMI har siden oprettelsen i 1872 haft til opgave at varetage den klimatologiske overvågning inden for Rigsfællesskabet Danmark, Grønland og Færøerne. Klimacentrets hovedformål er at kortlægge den sandsynlige klimaudvikling i det 21. århundrede. Aktiviteterne omfatter udvikling af nye og forbedrede metoder til satellitbaseret klimaovervågning, overvågning af ozonlaget, datastudier og modellering af klimaprocesser (inklusive sol-klima-relationer, drivhuseffekt, ozonens rolle og luft/hav/havis-vekselvirkning), videreudvikling af globale og regionale koblede atmosfære-oceanklimamodeller samt beregning af sæsonprognoser og globale og regionale klimascenarier til effektstudier.

Klimaarbejdet foregår i alle DMI's afdelinger, integreret med de operationelle aktiviteter. Mere end halvdelen af aktiviteten knyttet til klimacentret finansieres eksternt, især fra EU og den europæiske satellitorganisation EUMETSAT.

Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) har en række aktiviteter vedr. de grundlæggende forhold omkring klimasystemet, klimavariabilitet og klimaændringer:

Afdelingen for Atmosfærisk Miljø arbejder med udvikling af en CO₂-model (DEHM) for transport, spredning og overfladebevægelser. Modellen kan benyttes til at bestemme størrelsen af kilder og dræn for CO₂ i Europa over bestemte områder og til at estimere om disse områder overholder Kyoto-aftalen.

Afdelingen for ferskvandøkologi tilvejebringer informationer om de biologiske strukturer, biodiversitet og de fysisk-kemiske og biologiske samspil i søer, som de tager sig ud i dag, og udviklingen heri siden sidste istid med det overordnede formål at kunne forudsige effekter af ændringer i klima og UV-stråling på søerne. Desuden vurderer afdelingen effekter af ændringer i klima i nutid og fortid på næringsstofftilførslen til søer beliggende i områder med forskellig topografi, oplandsstørrelse og klimatiske forhold.

Afdelingen for Terrestrisk Økologi vurderer effekten af klimaændringerne på jordøkosystemets struktur og funktion.

Danmarks Tekniske Universitet (DTU). Analyse og kontrol af det videnskabelige grundlag for at forvente menneskeskabte globale klimaændringer. I den forbindelse er der foretaget omfattende modelberegninger og detaljeret vurdering af publicerede forskningsresultater.

Dansk Rumforsknings Institut (DRI). På DRI studeres solens indflydelse på klimaet. Gennem de sidste 10 år har forskningen vist at variationer i solens aktivitet har haft indflydelse på klimaet. Imidlertid er det ikke fuldt ud forstået, hvorledes solen er i stand til at påvirke klimaet. Derfor arbejdes der på DRI med at klarlægge den underliggende mekanisme. Især studeres solens indflydelse på Jordens skydække. Hovedparten af disse undersøgelser gennemføres, dels på baggrund af datastudier, f.eks. ved benyttelse af satellit data, og dels gennem eksperimentelle undersøgelser ved DRI.

Arbejdet udføres i samarbejde med grupper både i Danmark og internationalt.

GEUS har fokus på Grønlands indlandsis og oceanklimainteraktioner. GEUS har indgået i en samarbejdsaftale med NASA, der giver fremtidig adgang til meget nøjagtige højdemålinger af indlandsisen fra ICESat-satelliten. Satellitbaserede informationer giver vigtige oplysninger, men forklarer ikke årsagen til observeret udtynding (der kan være en kombination af klimatiske forandringer og isdynamiske forhold, som ikke kan differentieres fra rummet). GEUS indsatsområde er observation og modellering af massebalance i relation til Indlandsisen med henblik på konsekvensanalyser. Desuden studeres variationerne i havcirkulationen med fokus på det nordatlantiske område, herunder indvirkningen af smeltevandet fra Grønland og det arktiske område.

Paleoceanografi: Geus har ekspertise inden for rekonstruktion af tidligere tiders klima, herunder palæo-ocean cirkulation og atmosfærisk cirkulation baseret på studier af marine sedimentkerner. Fokus er rettet mod Nordatlanten og ændringer i dette havområdes termohaline cirkulation, som har afgørende indflydelse på det globale klima. Desuden er forskningen rettet mod regionale og højopløselige klimastudier i grønlandske farvande.

Paleolimnologi: Geus' ekspertise inden for rekonstruktion af tidligere tiders klima og miljøforhold er desuden baseret på studier af sedimentkerner fra søer. Studierne fokuserer på søer i Danmark og Grønland.

Københavns Universitet (KU), har en række aktiviteter på området:

Geofysisk Afdeling (GA). Forskningen omfatter såvel eksperimentelle/feltmæssige som teoretiske og modelleringsmæssige aspekter. Forskningen retter sig fortrinsvis mod globale og generelle problemstillinger som klimaets naturlige variabilitet på alle tidsskalaer og grundlæggende fysiske/kemiske processers rolle i klimasystemet. Dette har i første omgang en grundforskningsmæssig interesse, men har også som al anden forskning i omverdens fysiske tilstand stor samfundsrelevans. Forskningen ved GA bidrager således til at anvise metoder, der kan bruges til vurdering af fremtidens klima og derved også til at sætte randbetingelserne for det fremtidige råderum.

Igangværende projekter ligger inden for følgende områder:

- *Iskerner og klimaparametre, dateringer* Et af afdelingens mest betydningsfulde bidrag til klimaforskningen har været undersøgelserne af Jordens klima vha iskerne-analyser, især boret ud i indlandsisen i Grønland. Den oprindelige, grundlæggende ide var, at visse iltisotoper afslører temperaturen på det tidspunkt, hvor sneen blev dannet. Siden har

forskningen udviklet sig i retning af at inddrage en række andre stoffer og metoder.

- Iskappers dynamik har stor betydning for interpretationen af iskernedata. Ligeledes er det afgørende at kunne lave en præcis datering, hvilket er centrum for et nyt center ved afdelingen.
- *Kulkredsløbet/oceanets cirkulation og fysiske egenskaber ("Earth-System-Science")*. Jordens klima udvikler sig som et samspil mellem et stort antal faktorer og flere delsystemer. En af de vigtigste koblinger er mellem atmosfæren og oceanet. I denne forbindelse er det afgørende at forstå havets cirkulationsmønstre. Havets optiske egenskaber fortæller meget om dets tilstand og sammensætning. Herved kan optiske målinger bidrage betydeligt til udforskningen af oceanet.
- Mange erfaringer viser, at man kan have stort udbytte af at betragte Jordsystemet som et samlet hele. Særlige emner er oceanernes rolle i klimasystemet, specielt for det globale kredsløb af kulstof, men mere generelt den kemiske/biologiske udvikling.
- *Klimaets stabilitet*. Der tales meget om påvirkninger af klimaet, så dette udvikler sig væk fra den nuværende ligevægt. I denne forbindelse er det påpeget at der er flere faktorer, som forstærker den umiddelbare påvirkning via såkaldte positive feedback-mekanismer. Men når klimaet trods alt opfører sig rimeligt stabilt over lange tidsrum, må der også være indbygget negative feed-back processer, som holder systemet i lave. Dette perspektiv er genstand for intens forskning ved GA.
- *Atmosfæriske CO₂-transporter*. Geofysisk Afdeling har indledt et samarbejde med andre danske forskningsinstitutioner (Risø, DMU, DMI og Kemisk Institut ved KU) om CO₂ i atmosfæren. Hensigten er at relatere overflademålinger af CO₂ og C-isotoper i Nordatlantregionen til modelsimuleringer af CO₂ i atmosfæren over regionen og udvekslingen af CO₂ hen over overfladen. En numerisk model af atmosfæretransporterne og overfladefluksene er udviklet og kan bruges f.eks. til studiet af udbredelsen/udviklingen af større CO₂-anomalibegivenheder.
- *Storskala meteorologi* i relation til klimatiske fortolkninger af feks iskernedata. Nyere forskning antyder stærkt at atmosfæren har nogle såkaldte foretrukne modes, den fluktuerer imellem. Æn af disse er den såkaldte Nordatlantiske Oscillation, eller den Arktiske Oscillation. Denne begivenhed kobler sig stærkt til høje breddegraders klima generelt, og sætter sig spor i iskapperne, som derved bliver et bibliotek ikke kun for klimaet i bred forstand, men også områdets vejr.
- *Statistiske analyser af klimadata*. Iskerner indeholder mange oplysninger på sammenhængende tidsserieform om fortidigt klima. Herved gives der unikke muligheder for at lave lange tidsserieanalyser af klimaet. Noget der ellers ofte ikke er muligt. Klimaets dynamik kan dermed beskrives ved brug af statistiske metoder.

Geografisk Institut arbejder med at belyse jordbundsdannende processer i relation til klima og vegetation. Det gælder dels en kvantitativ beskrivelse af reaktive puljer i jordmiljøet, herunder kulstof og miljøfremmede stoffer og dels feedback mekanismer med betydning for udveksling af drivhusgasser mellem jord og atmosfære. Undersøgelser og dataindsamling foretages både på danske og grønlandske lokaliteter. Der arbejdes også med måling og modellering af drivhusgasbudgetter. Hovedformålet med forskningen er at udvikle metoder til bestemmelse af drivhusregnskabet for CO₂, CH₄ og N₂O, for såvel naturlige økosystemer, som for landbrugsregioner og bymæssige miljøer under antropogen påvirkning. For at opnå dette er der inden for en række klimatiske zoner spændende fra troperne over den tempererede og boreale zone til Arktis

foretaget måling og modellering af de tre vigtigste gassers udveksling. Desuden arbejdes inden for programmet Land-use and Land Cover Change in Africa and SE-Asia med komponenter relateret til klimaændringer og land use/land cover i troperne.

Geologisk Institut. Der arbejdes med det Nordatlantiske område med fokus på Danmark og Grønland. Der fokuseres på lange søkerner fra Danmark både fra denne og den forrige mellemistid. Der fokuseres ligeledes på korrelation mellem de grønlandske iskerner og søkerner i Danmark ved hjælp af veldaterede askelag fra enten Island eller Eifelområdet i Tyskland.

Kemisk Institut. Atmosfæregruppen arbejder med tilvejebringelse af relevante fysiske og kemiske størrelser.

Molekylærbiologisk institut arbejder med den jordbundsmikrobiologiske forskning. Der bidrages til forståelsen af om de drivhusgas relevante puljer af C og N forbindelser er stabile eller under op- eller nedbrydning. Ligeledes er der belyst variationer i gasdannelsen og gasgenoptagelse i mikroorganismer for at kunne forbedre forudsigelser om drivhusgaskoncentrationer og klimaforhold. Der er arbejdet i forskellige europæiske projekter som dele af store EU-projekter. Desuden arbejdes med projekter i Vestafrika om kvælstofbalancer – specielt i relation til afbrænding af savannen.

Den Kgl. Veterinær og Landbohøjskole (KVL), Agricultural Sciences, Agro-teknologi har haft en forskningsindsats med fokus på klimaforandrings effekt på Europas fødevarerproduktion. Dette sker i Danmark i samarbejde med DJF. Specielt undersøges klimavariabilitet og interaktion med andre faktorer som fx ozon.

Nationalmuseet, Naturvidenskabelige Undersøgelser arbejder med beskrivelse af kulturlandskabets udvikling og samspillet mellem mennesker og natur, herunder mosers økologi og vækstdynamik, klimahistorie og naturbevaring. Desuden arbejdes med sammenhængen mellem vegetationsudviklingen og forhistorisk- og middelalder-agerbrugssystemer.

Risø har følgende aktiviteter på området:

Energisystemgruppen og UNEP Centret har over en årrække udført forskning omkring den danske udledning af drivhusgasser for Miljøstyrelsen og Energistyrelsen både omfattende de direkte drivhusgasser CO_2 , N_2O , CH_4 , SF_6 , HFCere og PFCere og de indirekte drivhusgasser NO_x , NMVOC, CO samt for SO_2 , der jo har en afkølede virkning. En række internationale projekter har yderligere indeholdt kapacitetsopbygning i udviklingslande omkring etablering af nationale emissionsopgørelser og rapportering under Klimakonventionen.

Afdelingen for Planteforskning, Plante-Miljø Interaktioner forsker i effekter af temperaturstigninger og tørke på økosystemers biomasseproduktion og ændringer i diversitet. Der forskes også i naturlige og gensplejtede plantegenotypers fitness i forhold til ændret temperatur og tørkestress.

Vindenergiafdelingen arbejder med måling og modellering af drivhusgassers udveksling mellem hav og atmosfære og mellem vegetation og atmosfære med henblik på at forstå de globale massebalancer og mitigerende i europæiske og

polare havområder. Desuden arbejdes med eksperimentelle og teoretiske projekter til forbedring af parameterisering af klimamodeller.

Syddansk Universitet, Institut for Historie, Kultur og Samfundsbeskrivelse arbejder med projektet "Foranderlige Landskaber", der har til formål at analysere det konkrete, empiriske kulturlandskabs dynamik, herunder samspillet mellem kulturhistoriske og naturbeskyttelsesmæssige interesser. En mindre del af projektet er klimarelateret.

Aarhus Universitet, Geologisk Institut har fokus på den klimatiske og palæoceanografiske udvikling af det Nordatlantiske og Arktiske område gennem de seneste ca. 150.000 år. Undersøgelserne fokuserer på det marine miljø og gennemføres ved analyser af faunaen og floraen i marine kerner eller fra landprofiler med hævdede marine aflejringer.

Aarhus Universitet, Moesgaard arbejder med forhistorisk arkæologi, middelalderarkæologi, etnografi og socialantropologi, bl.a. omkring Foranderlige Landskaber og analyser af kulturlandskabet.

Tabel 1.1. Anvendte ressourcer til videnbaggrund om klimaændringer 1998-2001

<i>Institution</i>	<i>VIP årsværk</i>				<i>Ph.d.- studerende</i>				<i>Budget mio. kr.</i>				<i>Reviewede publ.</i>			
	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001
DJF	3,5	3,5	3	1,7	0	0	0	0	2,3	2,3	2,1	1	1	1	2	3
DMI	19	18	20	20	4	2	3,5	5	7,7	6,7	8,3	8,3	14	24	22	31
DMU	3	6,5	7,9	7,2	1	3	3	4	1,1	2,3	2,6	3,2	4	7	10	32
DRI	0,3	2	2	2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	6	2
DTU	0,7	0,7	0,7	0,7	-	-	-	-	0,4	0,4	0,4	0,4	2	-	1	-
GEUS	2	3	4	6	0	1	1	3	-	-	-	-	3	2	2	3
KU	15,9	18,8	18,6	19,6	9	11,5	14	13	12,2	16,9	17	26	34	23	22	46
KVL	3	3	2	2	0	0	0	0	3,5	3,5	2,3	0	19	13	15	15
RISØ	14	14	14	14	1	2	2	3	9,8	8,7	8,1	7,7	10	16	19	27
UNEP-RISØ	0,5	1	1	1	-	-	-	-	0,3	0,6	0,6	0,6	3	5	5	5
SU	1,5	2,25	2	0,75	0,5	0,5	0,5		1,6	1,45	1,6	0,45				
AaHU	2,4	4,25	4,4	4,2	1	2	1,1	1,5	1,75	2	1,7	2,4	8	6	5	2
I alt	65,8	77	79,6	79,2	16,5	22	25,1	29,5	40,7	45,9	45,7	51,1	99	97	109	166

1.1.3 Kommentar

Der er i denne gruppe registreret 11 forskellige hovedaktører med DMI, DMU, GEUS, KU og Risø som de største. Den væsentligste forskningsindsats ligger inden for forskning i klimasystemet, modeludvikling, vurdering af fremtidige klimaændringer og vurdering af økosystemernes struktur og funktion.

I perioden 1998-2001 er der sket en øgning i antallet af årsværk på knap 20%, en vækst i antallet af Ph.d.-studerende på 70% og en øgning i antallet af publikationer på 75%.

Både DMI, DMU, GEUS og KU har bidraget til den øgede aktivitet på området, og godt 40% af forskningen er udenlandsk finansieret (for DMI mellem 50 og 60%), først og fremmest gennem forskellige EU-programmer.

1.2 Konsekvenser af klimaændringer

1.2.1 Emner

Forskningsområdet dækker klimatiske, miljømæssige og samfundsøkonomiske konsekvenser af øget drivhuseffekt med hovedvægt på dette århundrede. Forskningsområdet indeholder bl.a. følgende delemer: Konsekvenser af klimaændringer. Danske, regionale og globale klimatiske, miljømæssige og samfundsøkonomiske konsekvenser primært i dette århundrede stammende fra den fortsatte udledning af drivhusgasser til atmosfæren. Beregning af klimaændringers størrelse, deres konsekvenser for sundhed, økosystemers funktion, biodiversitet og produktivitet, (uklar) vandforsyning mm. Danske, regionale og globale konsekvenser af at stabilisere atmosfæriske drivhusgaskoncentrationer på specificerede niveauer, på bestemte tidspunkter.

1.2.2 Aktører

DJF. Forskningsindsatsen har over de sidste 10 år været koncentreret omkring vurdering af klimaændringers betydning for landbrugs- og havebrugsproduktionen i Europa. I denne sammenhæng er der ydet et betydeligt skriftligt bidrag på landbrugsområdet for Europa til den tredje vurderingsrapport fra IPCC. Forskningsindsatsen forventes fremover primært styrket på vurderinger af indirekte effekter af klimaændringer for jordbruget. Disse ændringer omfatter bl.a. effekter på N-omsætning, N-tab samt forekomst af ukrudt, sygdomme og skadedyr. Sådanne ændringer vurderes især at være betydelige for landbrug i Nordeuropa, og de kan få store konsekvenser for både landbrugets miljøpåvirkning som for landbrugets udviklingsmuligheder.

DMI gennemfører beregninger med globale og regionale atmosfære/oceanmodeller af fremtidige klimaændringer til brug for studier af konsekvenser af klimaændringer. Arbejdet er integreret med modelarbejdet under DMI's arbejde i afsnit 1.1.

DMU har en række aktiviteter vedrørende konsekvenser af klimaændringer:

Afdelingen for Arktisk Miljø belyser effekterne af såvel naturlige som menneskeskabte klimavariationer og klimaændringer på kulstofbalance, planteproduktion, biodiversitet, bestandsforhold hos planter, leddyr, fugle og pattedyr i højarktisk Grønland.

Afdelingen for Marin økologi arbejder med et projekt, som skal øge forståelsen af strukturen og funktionen af økosystemer med hovedvægten på Diskosbugten ved VestGrønland og Grønlandshavet, specielt med hensyn til forståelsen af eventuelle klimabetingede ændringer i kulstofomsætningen.

Fjordgruppen arbejder med et projekt, som anvender Young Sund i Nordøstgrønland som modelområde. Projektet skal øge forståelsen af sammenhængen mellem havisforhold, ferskvandstilførsel, temperatur, saltholdighed og strømforhold og de biologiske forhold som græsning, nedbrydning, fødekædestruktur og artssammensætning.

Forskningscentret for Skov og Landskab (FSL), Afdelingen for Skovøkologi har projektaktiviteter om klimaændringernes indflydelse på økosystemernes processer og kulstoflagring. Aktiviteterne vedrører særligt samspil mellem klima og henholdsvis kulstof- og kvælstoflagring i skovjorde. Effekten af klimaændringer på plantevækst, stofkredsløb, nedsivning og biodiversitet undersøges i feltforsøg med klimamanipulering.

GEUS. Der arbejdes med de ændringer, der er sket i vegetationen igennem de sidste 10.000 år. Der er særlig fokus på Den Lille Istid med en geografisk afgrænsning omfattende Skandinavien og Færøerne. Aktuelt arbejdes med et EU-projekt om den arktiske trægrænse og med to svensk-finansierede projekter. Desuden arbejdes med at belyse relationerne mellem kystændringer og ændringer i parametrene for kystudviklingen, f.eks. havstigning, ændringer i vindklimaet, bølger under hensyn til stormhyppighed og ændringer i den dominerende vindretning. Dette er bl.a. anvendt i forbindelse med etableringen af Øresundsforbindelsen.

GEUS arbejder desuden med at belyse de konsekvenser som klimaændringerne i Grønland har haft på menneskers livsbetingelser i arktiske områder samt på ændringer i indlandsisens størrelse og udbredelse, herunder indflydelsen af smeltevandet fra Grønland og Arktisk på den nordatlantiske cirkulation – og dermed det globale klima. Et væsentligt mål er også at studere variationerne i havcirkulationen med fokus på det nordatlantiske område og den indflydelse, som ændringer i denne cirkulation har haft på Nordeuropa.

Desuden er der indenfor hydrologi en række aktiviteter, der ikke har direkte udgangspunkt i klimaforskningen, men de opnåede resultater vurderes at kunne være en god platform for forskningsaktiviteter i relation til klimaændringer og vandressourcer. Der er arbejdet med vurdering af vandressourcernes størrelse og følsomhed overfor klimavariationer, vekselvirkningen mellem landoverfladen og atmosfæren og endelige effekter af klimaændringer på vandressourcerne.

KVL, Institut for Økonomi, Skov og Landskab, Den Økofysiologiske faggruppe arbejder med at undersøge samspil mellem en række klimavariabler på vækst, sundhed og konkurrenceevne hos en række af de mest almindelige skovtræer.

KU har følgende aktiviteter på området:

Botanisk Institut, Fysiologisk Økologi arbejder med økosystemers struktur og dynamik, økologiske processer inkl. emission af drivhusgasser og stofkredsløbscykler i relation til det nuværende klima, fortrinsvis i Arktis. Desuden med responser på eksperimentelle klimaændringer i økosystemers biogeokemi, økosystemfunktion og biodiversitet i Arktis.

KU, Geografisk Institut arbejder med klimaændringers effekter på landskabsudviklingen, herunder analyse af landskabsændringer i følsomme arktiske og estuarine miljøer som tidlige indikatorer på klimaændringer. Landskabsændringers feedback på klimaet i form af ændringer i albedo, ruhed og landudnyttelse ved soil-erosion. Udvikling af modeller til forudsigelse af klimaændringers effekter på landskabsudviklingen.

Risø, Afdelingen for Planteforskning, Plante-Miljø Interaktioner har væsentlige projektaktiviteter vedr. klimaændringers effekt på naturlige og seminaturlige økosystemers funktion og dynamik. Aktiviteterne foregår

hovedsageligt indenfor EU-projekterne CLIMOOR og VULCAN, som gruppen koordinerer, og hvor effekten af tørke og forhøjet temperatur på plantevækst, stofkredsløb og biodiversitet undersøges gennem klimamanipulationer i felten. Desuden studeres effekten af klimabetingede ændringer i stormintensiteten på tilførsel af havsalt til skovøkosystemer og konsekvensen for økosystemernes forsyningshelbredelse. I samarbejde med KU (Botanisk Institut) undersøges effekten af øget UV-bestråling på terrestriske arktiske økosystemer.

Fødevarøkonomisk Institut (FØI) arbejder med udviklingen af en integreret model til analyse af konsekvenserne for arealanvendelsen i europæisk jordbrug som følge af ændringer i klimaet, EU's landbrugs- og miljøpolitik samt den generelle samfundsudvikling. Desuden arbejdes med budget- og samfundsøkonomiske konsekvenser af klimaændringerne og analyse af budgetomkostningerne ved tiltag til reduktion af emissionen fra drivhusgasserne inden for jordbrugsområdet i Danmark. Endelig analyseres effekten af energiafgrøder og brug af biogasanlæg i relation til CO₂-fortrængning.

Syddansk Universitet (SU), Center for Maritim og Regional Historie forsker i klimatiske, økologiske og antropogene påvirkninger af marine miljøer, især Nordsø og Østersø, ca. 1500-2000.

Tabel 1.2 Anvendte ressourcer til forskning i klimaændringer og deres konsekvenser 1998-2001

<i>Institution</i>	<i>VIP årsværk</i>				<i>Ph.d.- studerende</i>				<i>Budget mio. kr.</i>				<i>Reviewede publ.</i>			
	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001
DJF	1,8	1,2	0,6	0,6	1	0,5	0	0	1,1	0,6	0,3	0,3	1	1	3	3
DMI	3	3	3	3	0	1	1	1	1	1,2	1,2	1,2	0	2	2	5
DMU	10	10	10	11	2	4	3,5	3	2,2	2,5	2,5	2,1	6	8	15	19
FØI	0,25	0,25	0,75	1	0	0	0	0					0	0	0	0
GEUS	13	14	14	13	4	5	4	3	6,3	6,5	6,4	6,2	18	9	9	12
KVL	6	2	1	1	3	1	1	1	4	3	2	1	3	3	3	5
KU	6,5	6,5	6,5	6,5	1,5	1	1	3	1,9	2,8	1,6	1,3	10	20	13	21
SU	2	2	4	6	1	1	2	2	1	1	2	3	-	-	-	-
I alt	42,6	39	39,9	42,1	12,5	13,5	12,5	13	17,5	17,6	16	15,1	38	43	45	65

1.2.3 Kommentar

Inden for området klimaændringer og deres konsekvenser er registreret 8 hovedaktører med DMU og GEUS som de største. De forskningsmæssige hovedområder er forståelsen af klimaændringernes betydning i forhold til flora og fauna, sammenhængen mellem klimaændringer og vandressourcer, havstrømme og kystforhold.

Forskningen i perioden 1998-2001 har været på et konstant niveau, idet både den budgetmæssige ramme, antallet af årsværk og Ph.d.-studerende har været stort set konstant i perioden. Antallet af publikationer har været varierende, men er dog steget kraftigt i perioden 2000 til 2001.

Omkring 30% af forskningen er udenlandsk finansieret og en væsentlig del af dette er finansieret fra EU.

1.3 Begrænsning af menneskeskabte klimaændringer

1.3.1 Emner

Forskningsområdet dækker tekniske, økonomiske og politiske aspekter i forhold til gennemførelse af Klimakonventionen og Kyoto-protokollen

Området dækker bl.a. følgende emner: Implikationer af Kyoto-protokollen. Effekter af tidsrammer for udledningsbegrænsninger. Virkemidler og tekniske muligheder for udledningsbegrænsning, herunder udviklingen af et bæredygtigt energisystem og kulstoflagring i biologiske systemer. Potentialer for at reducere drivhusgasudslip mht. tidsrammer, omkostninger og nytteværdi.

1.3.2 Aktører

Bidrag til bæredygtig energiudvikling

DTU - BYG, Energi/miljøgruppen og gruppen for Byøkologi.

Energi/miljøgruppens hovedemne er "Bæredygtig energiudvikling". Som delemner kan nævnes "National, regional og international energiplanlægning – med fokus på energibesparelser og vedvarende energi". Faggruppen for Byøkologi arbejder med bæredygtig byomstilling, hvor nedsættelse af energiforbruget er en central parameter. Begge gruppers forskning bidrager således til en metodisk belysning af mulighederne for at bekæmpe klimaændringer.

Energistyrelsen

Energiforskningsprogrammet, EFP. Formålet er at bidrage til realiseringen af de energipolitiske mål, herunder nedbringe emissionen af CO₂ gennem udvikling og anvendelse af vedvarende energikilder samt ved en mere effektiv energifrembringelse, konvertering af energi samt anvendelse af energi. Indsatsområderne har frem til udgangen af 2001 været: Miljøvenlig produktion af el og varme, Vindenergi, Bygninger og solenergi, Energi og samfund og Energieffektivitet i produkter og industrielle produkter. Flere af de omtalte forskergrupper har modtaget forskningsmidler fra EFP. Fra 2002 er rammerne for energiforskningsprogrammet ændret.

Øvrige programmer. Energistyrelsen har derudover haft en række programmer, hvoraf mange er blevet reduceret i forbindelse med Finansloven for 2002. Det gælder f.eks. UVE-programmet som gav tilskud til udvikling af nye VE-teknologier.

FSL har følgende aktiviteter:

Afd. for Skovdrift, Energitræ: Faggruppen forsker i (1) bæredygtig produktion af flis i almindelige skovbevoksninger og (2) skovbrugets muligheder for at nedbringe drivhuseffekterne ved øget anvendelse af træ i stedet for mere belastende materialer ved at konvertere fossile brændsler til biobrændsler og ved skovens muligheder for at binde kulstof.

Afd. for Skovøkologi: koordinerer EU-projektet WOOD-EN-MAN om bæredygtig udnyttelse af skovbiomasse til energiformål. Arbejdet skal danne grundlag for retningslinier vedrørende biomasseudnyttelse, der sikrer produktion af vedvarende energi, uden at næringsstoffusholdning og biodiversitet i skovøkosystemet forringes.

Aalborg Universitet (AUC), Institut for Samfundsudvikling og Planlægning
En gruppe på dette institut arbejder med energisystemer, der kan bidrage til en bæredygtig energiudvikling med fokus på lokale energisystemer baseret på vedvarende energi.

Desuden arbejdes med bæredygtige udviklingsstrategier for Mellemamerika, herunder et delprojekt om joint implementation, Kyoto-mekanismerne, ejendomsrettigheder og skovprojekter i Costa Rica.

Virkemidler til drivhusgasbegrænsning

Amternes og Kommunernes Forskningsinstitut (AKF), Energi- og Miljøgruppen leverer samfundsvidenskabelige analyser af energi- og miljøforhold med henblik på at forbedre videngrundlaget for politiske beslutningsprocesser lokalt, nationalt og internationalt.

Center for Samfundsvidenskabelig Miljøforskning (CeSaM) blev etableret i efteråret 1992 under Det Strategiske Miljøforskningsprogram med deltagere fra Aarhus Universitet, Aalborg Universitet, Handelshøjskolen i Århus og Odense Universitet. I 1997 blev CeSaM udvidet med forskere fra DTU, RUC, Handelshøjskolen i København, Sydjysk Universitetscenter og Forskningscentret for Skov og Landskab. CeSaM fungerede i to faser fra 1993-1997 og 1998-2001, som et center uden mure, hvor forskere på tværs af institutioner og faggrænser arbejder sammen om fælles problemstillinger. De 54 forskere, der har deltaget i programmet, repræsenterer en række forskellige fagområder med hovedvægten på jura og politologi. Under et af de fire forskningsområder er arbejdet med områder relateret til klimaområdet. Dele af programmet er fortsat i 2002 med midler fra Forskningsministeriet. Det gælder opgaver vedrørende miljøforvaltning og miljøøkonomi.

DJF. Forskningsindsatsen omfatter alle kilder til emission af drivhusgasser fra jordbruget, herunder energiforbrug, metan fra husdyr og gødningsslagre, lattergas fra gødningsslagre og fra omsætning i dyrkningsjorden samt CO₂ fra jord. Endvidere indgår forskning i produktion af biomasse til energiformål. Forskningsindsatsen vedr. emission af drivhusgasser har hidtil primært koncentreret sig omkring kvantificering af emission af de forskellige gasser, herunder udvikling af metoder til måling af emissionerne. Forskningsindsatsen bliver dog i stadig højere grad rettet mod belysning af muligheder for reduktion af emissionerne. I forskningsindsatsen indgår såvel eksperimentelle undersøgelser som forskellige typer af matematiske modeller.

DMU, Afdelingen for Systemanalyse, Emissions- og datagruppen arbejder med opgørelser over emissioner til atmosfæren fra danske kilder til internationalt og nationalt brug, samt med løbende revideringer/forbedringer af tidligere opgørelser og metoder.

Energisystemgruppen Risø har et forskningsmiljø, der beskæftiger sig med grønne certifikater og styringsmidler. Herudover certifikaternes evne til at opfylde miljømål, samt samspillet mellem certifikater og andre instrumenter (f.eks. omsættelige emissionstilladelser, joint implementation o.l.).

FSL, Afd. for Skovøkologi arbejder primært med at forbedre den eksisterende viden om danske og europæiske skoves betydning for kulstofbinding. Arbejdet omfatter dels generel kvantificering af kulstofmængderne i danske skovjorde

og skovbiomassen og dels effekten af faktorer, der kan øge de bundne mængder kulstof, f.eks. ændrede driftsformer og skovrejsning. Afdelingen indgår i internationale fora vedr. kulstofbinding i skov og leverer løbende opgørelser over kulstofbinding i danske skove til nationalt og internationalt brug. For tiden koordinerer afdelingen EU- projekterne AFFOREST og CINTER.

GEUS. I samarbejde med en række myndigheder, organisationer og virksomheder arbejdes der i et internationalt forskningsprojekt med at vurdere mulighederne for at lagre CO₂ i undergrunden. CO₂ fra kraftværker kan opfanges og renses, for derefter via rørledninger at blive deponeret i dybtliggende geologiske lag, nogenlunde på samme måde som lagring af naturgas. Der forskes i de geologiske forhold, økonomiske modeller, sikkerhed, monitoring, egnede emissionskilder og offentlighedens reaktioner.

Handelshøjskolen i Aarhus, Nationaløkonomisk Institut, forsker i brug af omsættelige kvoter under Kyoto-aftalen baseret på de amerikanske erfaringer.

KVL, har følgende aktiviteter på området:

Agro-teknologi. Gruppen arbejder med udvikling af et CO₂-neutralt agroøkosystem, dyrket efter reglerne for økologisk landbrug, inkl. årlig afgrøderotation og bæltter af hurtigvoksende træer. Der ses også på flora og fauna og økonomisk levedygtighed.

Sektion for Økonomi. Forskningsindsatsen centrerer sig her om to hovedområder: Internationale virkemidler såsom omsættelige kvoter, joint implementation og CDM, samt de samfundsøkonomiske implikationer af forskellige prioriteringsredskaber i klimapolitikken.

Nordisk Minister Råd – Nordisk Energiforskning arbejder inden for en ramme med det formål at nedbringe emissionen af CO₂ gennem udvikling og anvendelse af vedvarende energikilder samt ved en mere effektiv energifrembringelse, konvertering af energi samt anvendelsen af energi.

PSO-midlerne. Ifølge el-loven skal den systemansvarlige virksomhed sikre, at der udføres F&U-projekter, som er nødvendige for udnyttelsen af miljøvenlige el-produktionsteknologier. I 2000 og 2001 blev der anvendt omkring 100 mio. kr. i Danmark til dette formål. Det drejer sig om forskning og udvikling inden for vindkraft, biomasse og affald, anden vedvarende energi, kraftvarme og anvendelse af naturgas og systemindpasning.

RISØ har følgende aktiviteter på området:

Afdelingen for Planteforskning, Plante-miljø interaktioner og Afdelingen for Vindenergi arbejder med kulstoflagring i økosystemer i relation til Kyoto-protokollen. Der har gennem de seneste 7 år været kontinuerlige målinger af kulstofbinding i skov (EU-projekterne EuroFlux og CarboEuroFlux). Desuden måles kulstofbinding i dyrkede områder, såsom kornmarker og græsmarker (EU-projektet GREENGRASS). Udover kulstofudveksling forskes der også i emission af lattergas fra økologisk dyrkede græs/kløver marker og deposition/emission af methan. Desuden forskes i mulighederne for at modvirke og forhindre negative effekter af klimaændringer på naturlige økosystemer gennem ændret management.

*Vindenergi*afdelingen arbejder med udvikling af vindenergi og vindenergisystemer, alene og kombineret med andre energisystemer. Afdelingen er ikke beskrevet i skemaet med ressourcer m.m.

Trafikministeriet udarbejdede i 1990 grundlaget for Regeringens transporthandlingsplan for miljø og udvikling. Siden har Trafikministeriet udgivet en handlingsplan til begrænsning af transportsektorens CO₂-udslip i 1996 og igen i 2001. Grundlaget for 2001 handlingsplanen er et debatoplæg, som beskriver scenarier for udviklingen i transportens udslip af CO₂ og en rapport om muligheder og virkemidler til at begrænse udslippet.

I den forbindelse har Trafikministeriet fået udarbejdet en serie rapporter af COWI om begrænsningspotentialer og omkostninger ved en række virkemidler. Ligeledes har Vejdirektoratet bidraget med en basisfremskrivning af CO₂-udslippet fra transportsektoren i 2016 og 2030 under en række forudsætninger.

Den nyoprettede sektorforskningsinstitution under **Trafikministeriet, Dansk Transportforskning (DTF)**, har endnu ikke igangsat projekter omkring virkemidler til begrænsning af klimapåvirkningen fra transport. Det og/eller andre miljørelaterede problemstillinger vil imidlertid kunne indgå under DTF's to forskningsområder: Transportsikkerhed og -risiko og Transportøkonomi og modellering.

UNEP Centret Risø, arbejder med følgende på området:

Klimakonventionen og udmøntningen af specifikke styringsmekanismer. Aktiviteterne omfatter bl.a. vurdering af Kyoto-markeder, emission trading som mekanisme, og en række specifikke spørgsmål vedr. 'liability' og verificering af emissionsreduktioner i Kyoto-Protokollen. Et andet stort, selvstændigt område er spørgsmålet om, hvordan der kan defineres og verificeres en "baseline" for emissionsreduktioner, som gennemføres gennem CDM projekter eller joint implementation projekter.

Guidelines for analyser, har gennemført landestudier over reduktionsmuligheder og har indebåret træning og kapacitetsopbygning i en lang række østeuropæiske lande og i udviklingslande. Desuden er gennemført analyser af emissioner og reduktionsmuligheder i energisektoren, landbrug, skovbrug og metodiske studier. Dertil scenarieanalyser og IPCC-arbejde.

Tabel 1.3. Anvendte ressourcer til forskning i begrænsning af menneskeskabte klimaændringer 1998-2001

Institution	VIP årsværk				Ph.D studerende				Budget mio. kr.				Reviewede publ.			
	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001
AKF	13	16	14	13	3	4	5	5	9,4	10,1	12,7	14,3	5	15	4	10
AUC	7	7	7	7	4	4	4	4	4,9	5,1	5,3	5,5	4	8	6	6
DJF-EU	3,1	3,5	2,8	3,3	1	0,5	0	0	2,1	2,8	2,4	6,6	4	2	4	1
DMU	1	1	1	2,5	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	1	5
DTU	13	13	10	7	6	7,5	6	5	4,5	4,7	3,8	2,9	7	8	8	2
FSL	9	9	11	10	1	2	2	3	4,8	5	8,1	8,6	1	5	4	3
GEUS	1	2	4	5	0	0	0	0	1	1,5	3	3	-	-	-	-
HHAa	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KVL	4	4	3	4	3	3	3	2	1	1,7	1,2	0,7	1	0	2	6
RISØ	3	4	5	6	1	1	2	2	2	2	3	2	4	4	5	4
UNEP-RISØ	5,1	3,2	3,2	3,2	-	1	-	-	3	1,9	1,9	2	20	12	17	17
I alt	62,2	65,7	64	64	19	24	23	22	33,7	35,8	42,4	46,6	46	54	51	54

1.3.3 Kommentar

Gruppen vedrørende bekæmpelse af klimaændringer omfatter 11 hovedaktører, men er generelt opdelt med mange relativt små forskningsmiljøer med få årsværk. Udover dette er der 4-5 aktiviteter, som kun delvist kan regnes med som klimaforskning. Det drejer sig om EFP-programmet, Nordisk Energiforskningsprogram, PSO-midlerne, Risøs vindenergiafdeling og delvist AKF. Bortset fra AKF, indgår de derfor heller ikke i den samlede ressourceopgørelse i tabel 1.3. Disse miljøer omfattede i 2001 totalt ressourcer på 363 mio. kr.

Området har haft nogenlunde ensartede ressourcer i hele opgørelsesperioden med i gennemsnit godt 60 VIP-årsværk og godt 20 Ph.d. studerende. Budgettet er steget med omkring 50% igennem perioden fra godt 30 mio. kr. i 1998 til godt 45 mio. kr. 2001.

I forhold til område 1 og 2 er en mindre del af forskningen finansieret af udenlandske midler, idet disse i 2001 udgjorde knapt 7 mio. kr. svarende til omkring 15%.

1.4 Tilpasning til klimaændringer

1.4.1 Emner

Gruppen indeholder bl.a. følgende emner: Økonomiske/sociale/miljømæssige aspekter af tilpasning til klimaændringer.

Forskning i vekselvirkninger mellem menneskeskabte forandringer i klimaet og andre miljømæssige spørgsmål, såsom forurening, syreregn, biologisk diversitetsstab, ozonnedbrydning og nedbrydning af økosystemer. Miljømæssige, samfundsmæssige og økonomiske omkostninger og nytteværdier samt betydningen af deres vekselvirkninger med henblik på at integrere klimastrategier i en bæredygtig udvikling lokalt, regionalt og globalt.

1.4.2 Aktører

DJF. Indsatsen koncentrerer sig om jordbrugets muligheder for gennem ændringer af dyrkningssystemet at kunne tilpasse sig klimaændringerne. Disse muligheder omfatter ændringer i gødsning og pesticidanvendelse samt tilpasning af især jordbearbejdning i dyrkningssystemet, samtidigt med at jordbrugets bidrag til udledning af drivhusgasser mindskes.

DMU, Afdelingen for Atmosfærisk Miljø har aktiviteter på området

Risø har følgende aktiviteter på området:

Afdelingen for Planteforskning, Plante-Miljø Interaktioner gennemfører som led i EU-projektet VULCAN, risikovurdering vedr. tab af naturlige og seminaturlige økosystemer i Europa som følge af klimatiske ændringer og de socio-økonomiske konsekvenser. Desuden studeres samspillet mellem klimatiske ændringer i storm-intensiteten og skov-økosystemernes forsurening.

UNEP Centret, Risø gennemfører en række opgaver vedrørende tilpasningen til klimaændringer. Der fokuseres bl.a. på udviklingslandenes synsvinkel i forhold til de globale klimaproblemer, ligesom der udvikles metoder til integreret analyse af udviklingskriterier og klimapolitik, samt teoretisk og metodisk arbejde vedrørende institutionelle aspekter ved miljøpolitik, og udvikling af nye analytiske metoder. Desuden arbejdes med klimaregimer, byrdefordeling og international retfærdighed i klimapolitikken og analyser af transportsektoren.

Tabel 1.4 Anvendte ressourcer til forskning i tilpasning til klimaændringer

Institution	VIP årsværk				Ph.D studerende				Budget mio. kr.				Reviewede publ.			
	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001
DJF	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	1	1
DMU	0,5	0,5	1	1	0	0	1	1	1	0,25	0,75	0,5			1	3
RISØ	0,6	1,1	1,8	2,1	1	1	1	1	0,4	0,7	1,1	0,5	0	1	0	6
I alt	1,1	1,6	3,3	3,6	1	1	2	2	1,4	0,95	2,1	1,25	0	1	2	10

1.4.3 Kommentar

Kun DJF, DMU og Risø har meddelt, at de arbejder med tilpasning., Det må således konstateres, at dette område indtil nu ikke har spillet nogen væsentlig rolle i den danske klimaforskning, på trods af at det vurderes som et meget væsentligt område, både i forhold til nationale, regionale og globale forhold.

1.5 Robusthed, usikkerhed og syntese

1.5.1 Emner

Gruppen indeholder bl.a. følgende emner: Identifikation af robuste resultater under forskellige former for modellering samt af nøgleusikkerheder i forbindelse med forståelsen af klimaforandringer og modellerede projektioner. Vurderinger af klimascenariers realisme og anvendelighed som beslutningsgrundlag. Videnskabelige, tekniske og samfundsøkonomiske eller tværdisciplinære analyser af, hvad der udgør farlig menneskelig indblanding i klimasystemet, jf. art. 2 i FCCC.

1.5.2 Aktører

UNEP Centret, Risø har deltaget i IPCC's 2. og 3. vurderingsrapport som hovedforfattere og koordinerende hovedforfatter indenfor områder som emissionsscenerier, metoder til vurdering af reduktionspolitik, review af omkostningsstudier, virkemidler i klimapolitikken, teknologioverførsel, beslutningsmodeller og usikkerhed.

Tabel 1.5. Anvendte ressourcer til forskning i robusthed, samarbejde og netværk

<i>Institution</i>	<i>VIP årsværk</i>				<i>Ph.D studerende</i>				<i>Budget mio. kr.</i>				<i>Reviewede publ.</i>			
	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001
RISØ-UNEP	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0,3	0,3	0,3	0,3	7	5	5	10
I alt	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0,3	0,3	0,3	0,3	7	5	5	10

1.5.3 Kommentar

En række aktører på klimaområdet har robusthed og usikkerhed med inde i deres forskningsarbejde, men det er kun UNEP-centret på Risø som har meddelt, at de har særlige aktiviteter på dette område. Den reelle indsats vil dog være noget større.

1.6 Formidling

Formidlingen af klimaforskningen sker først og fremmest igennem reviewede videnskabelige publikationer, men også gennem populær formidling til offentligheden på forskellig måde og endelig igennem de etablerede netværk.

1.6.1 Formidling af forskningsresultater gennem videnskabelige publikationer

Med omkring 907 reviewede publikationer i perioden 1998 – 2001 og en forøgelse på omkring 60% fra 1998 til 2001 har den danske klimaforskning været meget aktiv i forhold til formidling af de danske forskningsaktiviteter. Aktiviteterne er dog ikke jævnt fordelt på de forskellige områder. Langt den største publiceringsaktivitet og også den største stigning har ligget på den grundlæggende vidensbaggrund og kun en mindre del på konsekvenser og tilpasning til klimaændringer. På konsekvenser af klimaændringer har publiceringsaktiviteten ikke været stigende i perioden.

Formidlingen til udlandet sker især gennem videnskabelige artikler i internationale tidsskrifter. Desuden udsendte DMI i 2001 bogen "Climate Change Research – Danish Contributions" med bidrag fra næsten 60 forskere på 15 institutter.

Dansk klimaforskning har været aktiv i forhold til bidrag til det Internationale Klimapanel (IPCC) udarbejdelse af den 3. vurderingsrapport, som blev offentliggjort i 2001, samt i forhold til oplæg på konferencer m.m.

1.6.2 Formidling af forskningsresultater til offentligheden

Der er kun i beskedent omfang gjort en samlet overordnet indsat fra myndighedernes side for at sikre en bred formidling af resultaterne fra den danske og internationale klimaforskning til offentligheden.

Der er dog gennemført en række aktiviteter, som mere har udgangspunkt i enkelte institutioners eller enkeltpersoners initiativer.

Som eksempel kan nævnes, at DMI, DMU og Risø har formidlet IPCC's hovedresultater i populære bøger, som er udkommet efter hver af IPCC's hovedrapporter, samt holdt en række foredrag. Desuden er resultaterne formidlet i pressemeddelelser fra DMI efter IPCC-møder og i oversættelser af en række IPCC-rapporters resuméer. DMU har desuden udsendt temarapporter og skrevet en række indlæg til nyhedsmedierne.

NGO-organisationer, ikke mindst 92-gruppen, Greenpeace og WWF har været aktive i den danske debat og har udgivet oplysningsmateriale, gennemført kampagner og været aktive med indlæg i nyhedsmedier og foredrag.

Experimentarium har haft en omfattende udstilling relateret til klimaproblematikken ("Vores U(t)rolige klode"). Udstillingsmaterialet blev udarbejdet af DMI og Energistyrelsen. Det skal også bemærkes, at der er stigende brug af formidling via internettet, hvor bl.a. DMI har beskrivelser af en række temaer relateret til drivhuseffekt og klima (inkl. scenarier for fremtidens klima) samt formidling af udenlandske forskningsresultater i nyhedsform.

Der er i mindre grad udarbejdet undervisningsmateriale om klimaområdet, men f.eks. udarbejdede DR i forbindelse med klimamødet i Kyoto i 1997 en hjemmeside, der satte folk ind i sagen, og de fulgte forhandlingerne på mødet. Der har desuden været en række programmer i radio og fjernsyn, og de største danske aviser har dækket de væsentligste nationale og internationale begivenheder på klimaområdet igennem de senere år.

I starten af 90'erne beskæftigede Energispareudvalget sig lidt med klimaproblemstillingen, men først og fremmest ud fra en energisynsvinkel. Energimiljørådet, som nu er nedlagt, har opbygget en hjemmeside om klimaproblemerne med oversættelser af IPCCs rapporter, og SUN Media driver en nyhedsside om klimarelaterede spørgsmål og en række andet relevant materiale om klimaspørgsmålet, ligesom de har udviklet et Cd-rom om emnet. Energistyrelsens hjemmeside har et klimatema, men efter den nye ressortfordeling på klimaområdet opdateres siden ikke længere, så den omhandler hele klimaområdet. Det er endnu uafklaret, om Miljøministeriet vil opbygge en ny klimaside.

1.6.3 Netværk

Opbygningen af netværk kan have stor betydning i forhold til at få drøftet klimaforskningen i en bredere sammenhæng. Dette kan være relevant både i forhold til forskning inden for samme temaområde, men også mere overordnet og bredt og endelig i sammenhæng med myndighedernes aktiviteter.

DMI etablerede i 1998 Dansk Klimaforum for at formidle viden og samarbejde mellem forskere inden for klima- og klimarelateret forskning. I Regeringens "Klima 2012" blev det i 2000 anbefalet at etablere et bredt sammensat dansk Klimaforum for at styrke formidlingsindsatsen på klimaområdet. Derfor blev der i efteråret 2000 nedsat en koordinationsgruppe for Dansk Klimaforum bestående af Energistyrelsen, Dansk Industri, De Grønne Organisationer (92-gruppen), DMI og Udenrigsministeriet. Dansk

Klimaforum havde til opgave at fungere som formidlingsorgan på klimaområdet og bidrage til udveksling af informationer om udvikling med relevans for klimaområdet nationalt og internationalt, såvel videnskabeligt som teknisk.

1.7 Klimaforskningen totalt set

Samlet set må klimaforskningen i Danmark vurderes at være større end umiddelbart opfattet. Med omkring 190 VIP-årsværk i 2001 vurderes den danske klimarelaterede forskning på en række områder at bidrage væsentligt til forståelsen af klimaproblemet både nationalt, regionalt og globalt. I perioden 1998 til 2001 har der været tale om en jævn stigning i antallet af årsværk, alt i alt på omkring 10% i perioden. Det skal dog understreges, at opgørelsen af den klimarelaterede forskning er behæftet med betydelig usikkerhed, især med hensyn til afgrænsning i forhold til forskning med andet sigte. Opgørelsen angiver derfor mere en størrelsesorden.

I 2001 blev der anvendt omkring 100 mio. kr. på klimarelateret forskning i Danmark, hvoraf den udenlandske finansiering udgjorde omkring 28 mio. kr. svarende til ca. 28%. Det fremgår af tabel 1.7, at den største indsats har ligget på den grundlæggende videnbaggrund og begrænsning, hvorimod forskning i tilpasning til klimaændringer, ligger på et meget lavere niveau. På flere af områderne har der ikke i perioden været nogen stigning i indsatsen.

Tabel 1.7 Anvendte ressourcer i danske klimaforskning 1998-2001

<i>Institution</i>	<i>VIP årsværk</i>				<i>Ph.D studerende</i>				<i>Budget mio. kr.</i>				<i>Reviewede publ.</i>			
	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001
Vidensbaggrund	66	77	80	79	17	22	25	30	41	46	46	51	99	97	109	166
Konsekvenser	43	39	40	42	13	14	13	13	18	18	16	15	38	43	45	65
Bekæmpelse	62	66	64	64	19	24	23	22	34	36	42	47	46	54	51	54
Tilpasning	1	2	3	4	1	1	2	2	1	1	2	1	0	1	2	10
Robusthed m.m.	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7	5	5	10
I alt	172	184	187	189	49	61	63	67	94	101	107	114	190	200	212	305

Udover de angivne ressourcer arbejder en række aktører med beslægtede aktiviteter, som på nogle områder har relation til klimaforskningen i Danmark. Det gælder Energiforskningsprogrammet, Nordisk Energiforskningsprogram, PSO-midlerne og Risøs Vindenergiafdeling, som alt i alt anvendte 379 mio. kr. i 2001 til aktiviteter, der har indirekte eller delvis relation til aktiviteter vedrørende bekæmpelse af menneskeskabte klimaændringer.

Antallet af igangværende ph.d.-studerende er vokset med næsten 35% i perioden 1998 til 2001 og udgjorde i 2001 66. Denne øgning må tages som udtryk for en voksende interesse for klimaområdet blandt unge forskere.

Den internationale forskningsmæssige opmærksomhed er det umiddelbart ikke muligt at vurdere, fordi det vil kræve en yderligere kortlægning af omtalen af danske projekter i udenlandske medier og tidsskrifter.

2 Ideer til særlige indsatsområder

2.1 Baggrund

Risikoen for at destabilisere det globale klima på grund af menneskeskabte aktiviteter har fået stærkt stigende opmærksomhed siden FN-mødet i Rio i 1992 om "Miljø og Udvikling". Herunder er energiområdet kommet særligt i fokus i forbindelse med bidraget til drivhuseffekten fra afbrændingen af fossile brændsler. Et stigende antal ressourcer anvendes internationalt til forskning vedr. klimaudviklingen, konsekvenser af ændringer i klimaet, muligheder for at imødegå disse klimaændringer og mulighederne for at tilpasse sig ændringerne.

Som det fremgår af oversigten i kapitel 1, gennemføres der også i Danmark en betydelig indsats vedr. klimaforskning i bred forstand. Det gælder både mere grundlæggende udforskning af klimaets karakteristiske parametre og fysiske sammenhænge, samt analysepræget forskning vedr. konsekvenserne af klimaændringerne og mulighederne for at reducere disse eller tilpasse sig til ændringerne.

Denne brede forskningsindsats danner grundlaget for opbygningen af et nationalt ekspertmiljø på området, hvilket har væsentlig betydning i forbindelse med de højere uddannelser i Danmark og ved skabelsen af et kvalificeret grundlag for de politiske beslutninger på området. Danmark har påtaget sig en række forpligtelser i forbindelse med arbejdet med at stabilisere det globale klima, således som det fx fremgår af Kyoto-aftalen og de efterfølgende aftaler om fordelingen af udledningen af drivhusgasser mellem de forskellige EU-medlemsstater.

På basis af Klimagruppens kortlægning af den danske klimaforskning har gruppens medlemmer ved et møde i december 2001 gennemført en generel debat med henblik på at definere særlige indsatsområder, som kan styrke den samlede danske forskning på området. I forbindelse med denne debat fremkom en række forslag til indsatsområder, som det var hensigten at belyse mere detaljeret ved et nyt møde i begyndelsen af 2002.

Det planlagte opfølgingsmøde blev imidlertid udsat, indtil den nye regerings stilling til Klimagruppens arbejde var afklaret. Dette er sket i løbet af sommeren 2002, hvorefter forslagene til nye indsatsområder blev behandlet ved et møde i Klimagruppen den 10. oktober 2002. De prioriterede forslag fra dette møde er efterfølgende blevet behandlet i Klimagruppen via e-mail, og den endelige redaktion er gennemført af Klimagruppens formand, professor Niels I. Meyer, i samarbejde med konsulent Jørgen Abildgaard (ECON) og fuldmægtig Jesper Gundermann (Miljøstyrelsen).

2.2 Forslag til særlige indsatsområder

Med de ressourcer, der har været til rådighed for afslutningen af arbejdet, har det ikke været muligt at udarbejde detaljerede projektbeskrivelser vedr. forslagene til særlige indsatsområder. De fremsatte forslag skal derfor betragtes som et første udspil, som forskningsrådene og de bevillende myndigheder kan benytte som inspirationskilde ved en fremtidig udbygning af klimaforskningen. Listen er på ingen måde udtømmende, ligesom de står som enkelttiltag uden at være set i en eventuel tværfaglig national eller international sammenhæng.

På den baggrund indstiller Klimagruppen, at der foretages en overordnet, samlet vurdering af hvilke områder inden for klimaforskningen i bred forstand, der bør tilføres øgede bevillinger fra de statslige forskningsråd eller fra andre offentlige støtteordninger. Klimagruppens forskerrepræsentanter peger i den forbindelse på følgende særlige indsatsområder:

1. Klimaforskning med fokus på den nordatlantiske region
2. Tilpasning og sårbarhed i relation til natur og miljø
3. Emissionsforhold i jordbruget med henblik på reduktion af drivhusgasemissionen
4. Analyse af ekstreme hændelser i relation til drivhuseffekten
5. Udbygning af klimamodeller med fokus på feedback-processer
6. Langsigtet stabilisering af atmosfæriske drivhusgaskoncentrationer og mål for drivhusgasudledning
7. Klimaændringers indflydelse på vedvarende energi

I det følgende udbygges beskrivelsen af de enkelte indsatsområder.

2.2.1 Klimaforskning med fokus på den nordatlantiske region

Med betegnelsen *den nordatlantiske region* henvises til området nord for en ikke helt præcist angivet linie omkring 40-45 grader nordlig bredde. Men betegnelsen omfatter også landområderne Nordamerika (inkl. Grønland) og Europa (inkl. Svalbard) indtil Ural-bjergene. Herved dækker det brede begreb flere klimazoner fra subtropisk havområde i syd til arktisk klima i nord samt både maritimt og kontinentalt klima. I konkrete projekter vil der typisk ske en indsnævring af området.

Området er koblet dynamisk sammen via atmosfære- og havcirkulationen, udvekslinger hen over overfladen samt udløb af materiale, inkl. vand, fra landområderne. Klimaet i Nordatlantregionen og samspillet mellem natur og kultur må anses for at have stor generel interesse for et dansk klimaforskningsprogram, idet Danmark har ansvaret for monitorering af vejr, klima og miljø i Grønland og Færøerne med tilhørende varslingspligt, ligesom Danmark i forvejen har et betydeligt engagement i området.

I det foreslåede indsatsområde vil der især blive fokuseret på klimatiske hændelser, der kan være afgørende også for det globale klima. Fx er der stor videnskabelig interesse omkring den såkaldte termohaline cirkulation (inkl. dannelsen af dybvand) og dens fremtidige udvikling, idet undersøgelser synes at tyde på, at den kan stoppe pludseligt med dramatiske effekter på klimaet. De nordligste dele af Atlanten er derved unikke, idet det kun er her, der sker dybvandsdannelse på den nordlige halvkugle.

Flere observationer tyder på, at den polare havis viger tilbage i forbindelse med den registrerede opvarmning. (Der er usikkerhed, om det er arealet eller tykkelsen, der mindskes mest). I de nordligste dele ses andre resultater af opvarmningen, fx den vigende permafrost, der ødelægger betingelserne for faunaen og bebyggelser.

Mange forskningsresultater indikerer, at eventuelle klimaforandringer som følge af øgede mængder af drivhusgasser i atmosfæren vil slå hurtigst og mest markant igennem på høje breddegrader. Systemets følsomhed er størst her. Udveksling af gasser samt partikler mellem luft og hav er af stor interesse i Nordatlanten, idet forureningsstoffer fra de industrialiserede egne ofte skal transporteres hen over det åbne ocean, før de når til polar-arktikegnene.

I Nordatlantregionen er befolkningstætheden på de højere breddegrader større end andre steder. Frygten for, at eventuelle forandringer i ozonlaget (herunder sådanne der kan relateres til klimatiske begivenheder) kan slå igennem på høje nordlige breddegrader ligesom over Antarktis, medfører en øget almen interesse for at få sikrere oplysninger om en mulig fortsat ozonnedbrydning.

En betydelig del af variabiliteten i vejret/klimaet i Europa/Asien kan tilskrives NAO'en (Nord-Atlantiske Oscillation), som fremstår i klimadebatten som en af de mest betydningsfulde atmosfæriske strukturer på den nordlige halvkugle. Meget vejr formes over Nordatlanten og bevæger sig østover, ind over Nord- og Vesteuropa. Vejr med mere vedvarende vinde fra vest om vinteren har præget klimaet de sidste 15 år i dette område. I samme periode har der været et markant skift i NAO'en til en vedvarende høj-indeks situation. Det hermed forbundne mildere klima i Nord- og Vesteuropa om vinteren har forårsaget væsentlige forandringer i fx vækstsæsonens længde, fremskyndelse af starten af vækstperioden og flere lignende forandringer.

Der lægges op til et tværfagligt delprogram/-projekt, som kan inkludere følgende emneområder:

1. Flere og bedre data fra området, såvel direkte meteorologiske og proxy data (herunder udnyttelsen af data fra de palæoklimatiske biblioteker som iskapper og hav- og søbunde) med tilhørende analyser. Emnet omfatter palæoklimatiske undersøgelser. Inkluderet er også studier af identifikationen/påvisningen af klimaforandringer. Høj-kvalitet og lange tidsserier er stikord i denne sammenhæng.
2. Studier af processer, herunder udvekslinger (gasser/partikler og energi) og koblinger mellem hav, land og atmosfære, eksemplificeret ved fx NAO'en. Dette emne omfatter også effektstudier (på økosystemerne).
3. Koblingen af klimaet i regionen til det globale system, fx via modellering.
4. Tværgående studier (eksempelvis samspelet mellem kultur og klima i relation til nordboernes skæbne).

Der er i Danmark et betydeligt potentiale for en symbiose mellem flere naturvidenskabsgrene i udforskningen af Nordatlanten. Der eksisterer allerede en relevant dansk ekspertise, der kan være udgangspunkt for en udvidelse af

forskningsindsatsen. Ekspertisen findes inden for flere fagområder, hvilket fremmer en indsats på højt niveau, også med hensyn til det tværfaglige aspekt.

2.2.2 Tilpasning og sårbarhed i relation til natur og miljø

Generel problemstilling

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

Danmarks sårbarhed over for de forventede temperatur- og nedbørstigninger er især knyttet til problemet med næringsstofbelastningen af søer, vandløb, fjorde og havområder. Det marine miljø og naturen i havet er sårbare over for såvel den øgede udvaskning af næringsstoffer som den øgede ferskvandsafstrømning. I relation til vandstandsstigninger er der problemer af forskellig type. Kystnær infrastruktur (havne, kloaker etc.) skal planlægges langsigtet. Mere kontroversielt er det, at man i de kommende år vil stå over for en række valg mellem at fastholde en nuværende kystlinie med kunstige midler og at lade en naturlig kystlinie rykke ind i landet - et valg mellem kystbeskyttelse og naturbeskyttelse.

I visse tilfælde er en indgriben dog umulig. Fx har det vist sig, at ændringer i vindklimaet kan medføre ændrede trækruter for ænder og gæs. Det betyder, at vi i alle tilfælde kan få besvær med at bevare de bestande, vi kender i dag. Generelt bør man derfor se i øjnene, at den hidtidige naturbeskyttelse, der i mange henseender har været orienteret i retning af bevaring, må erstattes med en hjælp til udvikling tilpasset et klima i forandring, selvom det kan betyde nye arter og naturtyper. En nøglekompetence kan her kaldes "Naturforandringsrådgivning". Selvom *Wilhelmrapporten* kun perifert berører klimaproblematikken er en række af dens anbefalinger om "*En rig natur i et rigt samfund*" relevante ved at sigte mod en robust natur gennem etablering af større sammenhængende naturområder forbundet med brede korridorer, samt naturovervågning og planlægning af naturkvalitet.

Lige så vigtig som de konkrete klimaproblemer er den måde, de angribes på. På alle planer er der en risiko for, at kendte konflikter mellem forskellige samfundssektorer forstærkes. En rationel problemløsning kræver derfor smidighed og nytænkning. Under forudsætning af at den globale opvarmning ikke medfører drastiske ændringer i dybvandsdannelsen i Nordatlanten, vil Danmark ved passende, langsigtet planlægning relativt let kunne tilpasse sig klimaændringer af den størrelse, man kan forvente i dette århundrede. De alvorligste problemer kan derfor blive socioøkonomiske og politiske i relation til en omgivende verden, som kan blive væsentligt ringere stillet. I den forbindelse kan det blive nødvendigt at revurdere det fremtidige behov for katastrofehjælp og vores støtte til U-lande.

Tilpasning til klimaændringer med fokus på skovbrug og landbrug

Der er mange ubesvarede spørgsmål vedrørende klimaændringernes påvirkning af økosystemernes indhold og funktion i det åbne land og skovene. Der er to hovedspørgsmål, som i kraft af den nuværende og historiske arealanvendelse og den store fokus på kvalitet af grundvand og overfladevand, har særlig relevans for det danske samfund:

- Klimaændringernes direkte og indirekte påvirkning af produktionen af fødevarer og træ. Direkte gennem påvirkning af planternes vækstprocesser, og indirekte gennem påvirkning af næringsstofkredsløb samt forekomst af ukrudt, sygdomme og skadedyr.
- Klimaændringernes påvirkning af miljøgoder fra skov og landskab, såsom rent drikkevand, binding af kulstof og kvælstof i dyrkningssystemet samt biodiversitet i naturlige og dyrkede økosystemer. Betydningen for pesticidanvendelse og pesticidudvaskning er også meget relevant i denne sammenhæng.

Når der foreligger tilstrækkelig viden omkring disse spørgsmål, er der endvidere et stort behov for at forske i, hvorledes man bedst kan tilpasse driften i land- og skovbrug, således at eventuelle skadevirkninger mindskes, og nye potentialer udnyttes bedst muligt.

Vore *naturlige og seminaturlige økosystemer* vil være særligt sårbare overfor ændrede klimatiske vilkår, fordi de i større grad end dyrkede økosystemer er afhængig af de naturgivne vilkår, og ofte er tilpassede særlige jordbunds-, klima- og næringsstofforhold. Hvis klimaet ændres vil balancen mellem disse vilkår ændres og kan medføre store ændringer i økosystemernes struktur, dynamik og funktion. Hidtidige undersøgelser har for eksempel vist, at heder, som er tilpasset lav næringsstof-tilgængelighed (eet ord på dansk), trues af ændringer i plantesammensætning, når tilførslen af kvælstof fra omgivende landbrug øges, og at dette pres øges yderligere ved et varmere klima pga. øget næringsstof-frigivelse (eet ord på dansk) i jorden. Hederne vil således være under øget pres mod omdannelse til græsarealer under et varmere klima. Derudover påvirker både nedbør og øget temperatur risikoen for insekt- og sygdoms-angreb (uden bindestreg) i disse sårbare økosystemer. Klimaændringer kan således få stor betydning for biodiversiteten og stabiliteten i vore sårbare naturlige økosystemer, herunder beskyttelse af sjældne dyr og planter, og dermed føre til tab af vigtige naturtyper eller ændre disse økosystemers rekreative værdi og betydning for vores kulturarv.

Indenfor *skovbrug* kan klimaændringerne især forventes at skabe problemer for nogle af træarternes sundhed og stabilitet. Da det tager op til 120 år at producere visse træprodukter, er det ikke som i landbruget muligt løbende at skifte afgrøde i takt med en ændring i klimaet. Flere af vores hjemmehørende skovtræer, fx eg, har en sydlig udbredelse og kan derfor drage fordel af klimaændringen. Til gengæld vil klimaændringerne ramme rødgran hårdt, da den dårligt tåler varme vintre, tørre somre og storm. Det er en alvorlig trussel, da rødgran er den vigtigste træart i dansk skovbrug og dækker en tredjedel af det danske skovareal. Selv om der i disse år sker et skift mod anvendelse af andre træarter, betyder den lange omdriftstid, at vi i de næste 100 år stadig vil have meget store arealer med rødgran. Et mindsket stabilitet af en stor andel af skovene vil have både alvorlige økologiske og socioøkonomiske konsekvenser. Mindsket stabilitet kan betyde sammenbrud af skoven og dermed føre til tab af bundet kulstof samt kvælstof, der udvaskes til

grundvandet. Derudover kommer de rent økonomiske tab forbundet med dårlig sundhedstilstand samt konsekvenser for rekreation og produktion.

Jordens store pulje af organisk bundet kulstof (C) og plantenæringsstoffer spiller en altafgørende rolle for jordens dyrkningsegenskaber, både de fysiske, kemiske og biologiske. Mange danske jorde har været opdyrket i flere hundrede år, men udviser alligevel fortsat et fald i indhold af organisk stof. Særlige bedriftstyper, dyrkningsstrategier eller ændringer i arealanvendelsen, herunder skovrejsning og græsmarker, kan dog resultere i et stigende indhold af organisk stof. Klimaændringer vil på flere måder kunne påvirke jordens pulje af organisk stof:

- Den stigende CO₂ koncentration i atmosfæren vil øge den potentielle planteproduktion og hermed mængden og kvaliteten af det organiske stof, som tilføres jorden.
- Stigende temperatur vil øge omsætningshastigheden af tilført organisk stof og organiske gødninger. Især vil stigende vintertemperatur kunne øge risikoen for tab ved udvaskning.
- Stigende nedbør eller tørke vil ændre jordens vandforhold og dermed påvirke omsætning og mineralisering og ændre risikoen for tab af mobilt nitrat N ved udvaskning i vinterhalvåret. Muligvis kan øget nedbør i kombination med øget temperatur også føre til en større emission af drivhusgassen lattergas (N₂O).

Et varmere klima vil kunne føre til en større udbredelse af ukrudtsarter, som i dag primært kendes fra Storbritannien og Centraleuropa. Erfaringer og forsøg har vist, at effekten af herbicider generelt er bedre i de skandinaviske lande end længere mod syd, hvilket kan hænge sammen med et mere favorabelt konkurrenceforhold mellem afgrøde og ukrudt. Det må tilsvarende forventes, at nye patogener inden for svampesygdomme vil kunne optræde som alvorlige skadevoldere i Danmark. De fleste skadedyr i både land- og skovbrug vil blive mere betydende under et varmere klima på grund af en nedsat generationstid. Herudover er det sandsynligt, at især mildere vintre vil kunne føre til, at nye skadedyrsarter kan brede sig til Danmark. Et bedre kendskab til arternes overvintringsbiologi er nødvendigt. Pesticiders nedbrydning i jord er blandt meget andet afhængig af temperatur og jordens vandindhold. Anvendelse af større mængder pesticider vil kunne påvirke mængden af pesticidrester i jorden og grundvandet.

Forskningen skal give grundlag for *tilpasning* til klimaændringerne for at undgå tab eller reduceret udbud af de ovennævnte samfundsgoder fra land- og skovbrug. Der er behov for tilpasning på både kort og langt sigt, som også tager højde for den herskende usikkerhed vedr. klimaændringernes retning og størrelse. På kort sigt må den nuværende driftsform tilpasses, så skadevirkninger mindskes og uudnyttede potentialer udnyttes. På langt sigt drejer det sig for skovens vedkommende bl.a. om at undersøge hvilke træarter, der har størst mulig klimatisk fleksibilitet. Det kan sandsynligvis opnås ved at satse på træarter med stor genetisk variation og dermed stor tilpasningsevne. Inden for landbruget er der især brug for at undersøge, hvordan et muligt øget produktionspotentiale udnyttes bedst muligt, uden at det omgivende miljø belastes yderligere. Indenfor de naturlige og seminaturlige økosystemer er der navnlig brug for at undersøge interaktioner mellem klimaændringerne og drift- og plejemæssige aktiviteter, for derigennem at kunne anviser drifts- og plejetiltag, som kan dæmpe eller modvirke de klimabetingede effekter. Der er samtidigt et stort behov for at få integreret disse tilpasningsmekanismer med

de bestræbelser, der er for at reducere jordbrugets udledning af drivhusgasser. Det er væsentligt, at studierne af tilpasningsmekanismer vurderes i forhold til samfundsøkonomisk indsats samt eksisterende lovgivning og regulering inden for jordbrugs- og miljøområdet, så der skabes et målrettet grundlag for en løbende justering af reguleringen af landbrug, skovbrug og naturområder i Danmark.

2.2.3 Emissionsforhold i jordbruget med henblik på reduktion af drivhusgasemissionen

Regeringens klimastrategi *Klima 2012* anbefaler nærmere undersøgelser af mulighederne for at nedsætte emissionen af drivhusgasser fra landbruget samt mulighederne for at binde kulstof ved ændrede driftsformer i land- og skovbrug.

Som et led i opfølgningen af *Klima 2012* er der primo 2001 udarbejdet en oversigt over emissionen af metan og lattergas fra landbruget (DJF rapport nr. 48, 2001). Der peges i denne sammenhæng på betydelige usikkerheder vedr. kvantificeringen af denne emission, men også på at emissionen er blevet reduceret betydeligt siden 1990, især som følge af gennemførelse af Vandmiljøplanen og stigende effektivisering i produktionen.

Der har ikke hidtil været nogen samlet dansk forskningsindsats vedrørende jordbrugets emission og binding af drivhusgasser, og der er således kun et meget sparsomt grundlag for at vurdere såvel emissionernes størrelse som mulige tiltag til reduktion af disse. Den hidtidige noget spredte forskning vedrørende drivhusgasser har haft karakter af følgeforskning i forskningsprogrammer med andet hovedsigte. Desuden er der gennemført enkeltstående forskningsprojekter. I de eksisterende danske forskningsmiljøer findes dog således en forskningskompetence, som vil kunne udnyttes til at sikre hurtig fremdrift i en forskningsindsats på dette område.

Kyoto-aftalen åbner mulighed for at netto-binding af CO₂-kulstof i terrestriske miljøer (jord og vegetation) kan medregnes som en CO₂-reducerende foranstaltning. I Danmark har disse aspekter dog ikke været tilstrækkeligt undersøgt til at kunne dokumentere effekten af ændrede driftsformer. Der er derfor også i relation til de internationale forhandlinger behov for en bedre viden om potentialet for nettobinding af kulstof i jordbruget. FSL udarbejdede i år 2000 i samarbejde med DJF og KVL et forslag til et forskningsprogram vedr. lagring af kulstof i landbrug og skovbrug. Landbruget og skovbruget har på dette område i kraft af disse sektorerers biproduktion en mulighed for at bidrage positivt til løsning af et globalt miljøproblem.

Der er derfor et markant behov for at etablere en større samlet indsats, omfattende både land- og skovbrug. Forskningsindsatsen skal omfatte muligheder for at reducere nettoudledningen af drivhusgasser, herunder emissionen af metan og lattergas, energiforbrug, fortrængning af fossil energi og lagring af kulstof i jord og vegetation. Speciel vægt bør lægges på at opnå en større viden om emission af metan og lattergas samt kulstoflagring i jord, idet den eksisterende viden herom er mangelfuld og behæftet med store usikkerheder. Desuden bør der lægges vægt på at belyse jordbrugets muligheder for at reducere/substituere samfundets forbrug af fossil energi og den dermed forbundne emission af CO₂.

Indsatsen bør således have følgende overordnede formål:

- At forbedre det faglige grundlag for opgørelse af jordbrugets emission af drivhusgasser.
- At analysere og videreudvikle jordbrugets muligheder for 1) at reducere emissionen af metan og lattergas, 2) at øge kulstoflagringen i jord og vegetation, samt 3) at reducere/substituere brug af fossil energi i det omgivende samfund.
- At kvantificere potentialer for reduktion og omkostninger forbundet med implementering af tiltag.

Forskningsindsatsen kan opdeles i fem hovedområder. For hver indsats er anført elementer, der bør indgå i den enkelte forskningsindsats.

1. Emission af drivhusgasser fra dyr, stalde og lagre med husdyrgødning

- Metoder til reduktion af metandannelse i fordøjelsessystemet hos især drøvtyggere.
- Betydningen af opbevaring af husdyrgødning for emissioner af metan og lattergas.
- Optimering af gødningsbehandling (biogas, separering) med henblik på minimering af emissioner af metan og lattergas fra husdyrgødning.

2. Emission af drivhusgasser fra mark og skov

- Estimering af årlige tab af lattergas fra jord gødet med repræsentative handels- og husdyrgødninger under danske forhold.
- Undersøgelse af emission af metan og lattergas fra græssende dyr, planterester, og udvasket kvælstof.
- Retablerede vådområders betydning for emission af metan og lattergas.

3. Kulstoflagring i jord og vegetation

- Kortlægning af nuværende kulstoflagring i danske jorde, herunder undersøgelse af mekanismer der bestemmer ændringer i jordens kulstofindhold og betydning af arealanvendelse.
- Metoder til at øge kulstoflagringen i landbrugsjord, herunder jordbearbejdnings betydning for forskellige jordtypers kulstoflagring.
- Metoder til at øge kulstoflagring i skovjord gennem ændrede driftsformer, f.eks. gennem hugststyrke, intensitet i biomasseudnyttelse, træartsvalg og dræningsforhold.
- Undersøgelser af kulstofbindingen i overjordisk og underjordisk biomasse samt turnover-tiden for disse puljer i forskellige plante-økosystemer.

4. Reduceret energiforbrug og fortrængning af fossil energi

- Metoder til reduktion af energiforbrug i mark og stald.
- Metoder til reduceret energiforbrug i væksthuse.
- Optimering af drivhusgasfortrængning ved produktion af biomasse til energi.

5. Systemanalyser

- Udvikling af modeller og metoder til belysning af miljøøkonomiske effekter af nye tiltag, herunder belysning af vekselvirkninger mellem tiltag til reduktion af de enkelte drivhusgasser.
- Effekt af tidsmæssig og geografisk skala for emission af drivhusgasser.
- Belysning af scenarier for forskellige tiltag til reduktion af den samlede drivhusgasbelastning, inkl. energiforbrug, fortrængning af fossil energi og emission af metan og lattergas.

I denne forskning skal indgå en økonomisk vurdering af omkostningerne ved at implementere de enkelte tiltag i jordbruget, herunder effektiviteten af forskellige reguleringsstrategier. Der bør endvidere gennemføres analyser af den samfundsøkonomiske værdi af en lavere emission sammenholdt med de afledte miljø- og landskabseffekter.

2.2.4 Analyse af ekstreme hændelser i relation til drivhuseffekten

Ekstreme vejrbegebenheder som kraftig nedbør (inkl. hydrologiske følgevirkninger), hedeølger, kuldeølger, stormvejr (inkl. følgevirkninger i form af bl.a. stormfloder) er af særlig betydning for samfundet. Klimamodeller har hidtil kun i ringe grad været anvendt til studier af ekstreme vejrbegebenheder. Dette skyldes dels, at den såkaldte fysiske parameterisering i modellerne ofte ikke er egnet til at beskrive processer på meget lille rumlig skala, dels at den rumlige opløsning, især i de globale modeller er for grov. Fokus har hidtil primært været rettet mod analyse af gennemsnitlige størrelser, hvorimod konsekvens analyser af ekstreme hændelser ikke er blevet prioriteret.

Igangværende internationale klimaprojekter - som fx EU-projekterne PRUDENCE og VULCAN, der koordineres fra Danmark - ser på denne problemstilling, som primært er drevet af interessen for at studere konsekvenserne af forandringer. Der er imidlertid også behov for at forstå de underliggende geofysiske processer for at forbedre beskrivelsen af disse i modellerne og dermed forbedre forudsigelserne af ekstreme vejrbegebenheder.

Begrænsninger i igangværende studier af ekstreme vejrbegebenheder i såvel det nuværende som det fremtidige klima kan kort summeres således:

1. Der mangler fortsat fysisk velfunderede regionale modelsimuleringer af ekstreme vejrbegebenheder - især nedbør og storm - på detaljeret geografisk skala. En høj detaljeringsgrad er en forudsætning for at opnå korrekt beskrivelse af de relevante processer, og den er samtidig nødvendig for at kunne vurdere samfundsmæssige konsekvenser af ændringer i sådanne hændelser.
2. Der er for få målte meteorologiske dataserier og historisk baserede rekonstruktioner over lang tid, som samtidig er af høj kvalitet. Sådanne dataserier benyttes dels til modelvalidering dels til at sætte beregnede klimaændringer i perspektiv. Problemet er størst for nedbør- og vindmålinger.
3. Kvantificering af usikkerheden forbundet med beregninger af klimascenarier er mangelfuld. Dette skyldes dels forholdene nævnt under punkt 2, og dels at der hidtil ikke har været mulighed for at foretage meteorologiske modelsimuleringer over tilstrækkeligt mange år med høj rumlig opløsning.

Derfor bør forskning med henblik på at øge forståelsen af ekstreme vejrbegebenheder i fortiden og forudsige mulige fremtidige ændringer i geografisk fordeling, styrke og hyppighed indgå som et særligt indsatsområde.

Forskningsindsatsen kan have følgende elementer:

- Forbedret beskrivelse af udviklingen i de seneste 50-100 år i forekomsten af ekstreme vejrbegebenheder på basis af eksisterende meteorologiske observationer og nye globale og regionale re-analysedata.
- Studier af ekstreme vejrbegebenheder for at øge forståelsen af processerne og derved de grundlæggende årsager til mulige ændringer.
- Forbedring af regionale vejr-/klimamodeller, herunder beskrivelsen af de grundlæggende meteorologiske processer på tilstrækkelig fin rumlig skala, samt kobling til hydrologiske modeller.
- Beregning af scenarier for klimaet på regional skala med fokus på udviklingen i forekomsten af de mest ekstreme vejrbegebenheder til brug for vurdering af konsekvenser af klimaændringer.

2.2.5 Udbygning af klimamodeller med fokus på feedback-processer

Ifølge den seneste videnskabelige evalueringsrapport fra IPCC er der to omtrentligt lige store bidrag til spredningen imellem estimerede globale klimaændringer frem til år 2100:

1. Forskellen i de forskellige scenarier for udslip af drivhusgasser og aerosoler.
2. Forskellen imellem den klimaændring de forskellige klimamodeller simulerer for et givet udslipsscenario.

Dette betyder, at usikkerheden i størrelsen af menneskeskabte klimaændringer fortsat er stærkt knyttet til beskrivelser af grundlæggende fysiske processer i de forskellige globale klimamodeller. Hertil kommer den usikkerhed, der er forbundet med (i væsentlig grad uforudsigelige) variationer i de naturlige påvirkninger af klimaet, primært fra varierende vulkansk aktivitet og fra varierende solaktivitet. På regional skala er spredningen imellem de ændringer, de globale modeller simulerer, endnu større end den tilsvarende spredning for globale gennemsnit.

For at mindske modelbidraget til usikkerheden er det nødvendigt at øge forståelsen og modelbeskrivelsen af de grundlæggende fysiske processer, som er ansvarlige for de såkaldte feedback-processer, der tilsammen bestemmer klimaets følsomhed. Dette vil kræve en forsat indsats, hvor der bygges videre på den ekspertise og de institutioner, der allerede er i Danmark samt på de internationale aktiviteter, som danske institutioner er deltagere i. Nogle af de væsentlige usikkerheder knytter sig til følgende (feedback-) processer:

- Skyer og sky-strålingsvekselvirkninger. Selv om der her er mulighed for meget store feedbacks, er der i øjeblikket end ikke enighed om fortegnet af denne type feedback.
- Stabiliteten af oceanets termohaline cirkulation. Da mulige pludselige ændringer i den termohaline cirkulation har meget stor betydning for klimaet især på høje breddegrader, inkl. Nordeuropa, bør studier af Nordatlantens fysiske forhold være et hovedtema.

- Bio-geo-kemiske feedback-processer. Disse processer er endnu kun delvist forstået, og positive eller negative feedbacks fra det naturlige kuldioxid- og metankredsløb kan ændre fremtidens strålingspåvirkninger af klimaet.

For at opnå en mere fuldstændig procesbeskrivelse anbefales det, i samarbejde med europæiske institutioner, at arbejde hen mod en fuldt udbygget model til brug for "Earth system science". En sådan model vil beskrive atmosfæren (fysisk og kemi), oceanerne (fysik og relevant (bio-)kemi) samt iskapper, gletschere, søer, floder og landoverflader (fysik og bio-geo-kemi). I forbindelse med især studier af processer på regional skala, inklusive de arktiske egne, vil det være særlig relevant at tilpasse en regional dansk "Earth system model". En sådan model er også særdeles velegnet til tests af beskrivelsen af modelkomponenter i en global model.

For at sætte de menneskeskabte klimaændringer i perspektiv vil det fortsat være nødvendigt at øge forståelsen af naturlige klimavariationer.

2.2.6 Langsigtet stabilisering af atmosfæriske drivhusgaskoncentrationer og mål for drivhusgasudledning

FN's klimakonvention fra 1992 og efterfølgende aftaler såsom Kyoto protokollen indeholder en række overordnede kort- og langsigtede hensigtserklæringer og også mere konkrete målsætninger om reduktion af drivhusgasudslip. Danmark er som følge af sin ratifikation af Kyoto-protokollen og en række EU- aftaler forpligtet til at gennemføre reduktion af drivhusgasudslippene, så disse i gennemsnit i perioden 2008 til 2012 er 21% under udslipsniveauet i 1990. . Denne forpligtigelse vil kræve gennemførelse af en række teknologiske og økonomiske indsatser i sektorer med høje drivhusgasudslip, og det forventes, at forskning i reduktion af drivhusgasudslip vil fremme en effektiv indsats både i forhold til Kyoto-Protokollens mere kortsigtede målsætninger og i forhold til mere vidtgående målsætninger, som forventes at blive aktuelle på længere sigt.

De internationale forhandlinger om reduktionsmål, som skal følge efter Kyoto- Protokollen er umiddelbart forestående, og det vil i den forbindelse være relevant at analysere langsigtede mål for stabilisering af atmosfærens drivhusgaskoncentration og de deraf følgende begrænsninger i drivhusgasudslip.

Gennemførelse af udslipsreduktioner kan foregå i sektorerne for energi, industri, transport, landbrug, skovbrug og i forbindelse med affaldshåndtering. Indsatsen kan indebære brug af økonomiske virkemidler såsom miljøafgifter og kan også indebære teknologiske udviklingsprogrammer som f.eks. fremme af vedvarende energiteknologier. Der ligger en række forskningsmæssige udfordringer i at tilrettelægge en international og en dansk indsats for drivhusgasreduktion på en måde, så den er teknologisk og økonomisk effektiv, og så den samtidig er i tråd med en bæredygtig udviklingsstrategi.

De forskningsmæssige udfordringer vil bl.a. omfatte udvikling af globale, regionale og nationale scenarier for fremtidige drivhusgasudslip og deres konsekvenser for atmosfæriske drivhusgaskoncentrationer. De globale og regionale scenarier vil blive baseret på et review af internationale modeller, som vil blive integreret i en dansk baseret scenariemodell. Scenariemodellen vil bl.a. blive anvendt til at analysere:

- Endogen teknologisk vækst i form af virkningerne på teknologisk fremskridt, af investering i forskning og udvikling og af implementering af teknologier med lavt drivhusgasudslip.
- Analyse af miljømæssige og økonomiske konsekvenser af alternative teknologiske strategier. De miljømæssige konsekvenser skal udover drivhusgasudslip omfatte lokal luftforurening. Vurdering af mulighederne for at integrere bæredygtige udviklingskriterier og klimapolitik.
- Analyse af alternative internationale byrdefordelinger i form af alternative fordelinger af mål for reducerede drivhusgasudslip. Kortlægning af økonomiske konsekvenser og virkninger på energisystemernes teknologiske profil.
- Vurdering af teknologier med lavt drivhusgasudslip: Barrierer for markeds penetrering, integration i etablerede tekniske systemer, omkostninger og effektivitet.
- Omkostningsmæssige og teknologiske konsekvenser af en dansk indsats for reducerede drivhusgasudslip og internationale samarbejdsprojekter, hvilke bl.a. omfatter Kyoto-protokollens Joint Implementation og Clean Development mekanismer, der muliggør samarbejde mellem henholdsvis industrialiserede lande og udviklingslande om reduktion af udledningen.

2.2.7 Klimaændringers indflydelse på vedvarende energi

Energiproduktion og menneskeskabte klimaændringer er snævert sammenknyttet. Normalt diskuterer man udledning af drivhusgasser i forbindelse med anvendelse af fossile brændsler og begrænsning af udledning gennem anvendelse af vedvarende energikilder. Imidlertid er også den modsatte kobling interessant: Eventuelle klimaændringers påvirkning af energisektoren. Der er her i det væsentlige tre aspekter:

- Klimaændringernes påvirkning af energiforbruget. Det gælder specielt rumopvarmning og airconditionering - herunder ændringer i byggestil, men også fx trafikforhold kan blive påvirket.
- Klimaændringernes påvirkning af energiproduktionen. Her vil i første omgang kun vedvarende energikilder blive påvirket. Produktionen af vindkraft afhænger således af vindmønster og vindstyrke, effektiviteten af solceller og fotoceller af skydækket, og vandkraft af mængden og mønsteret i nedbøren. Mulighederne for produktion af biomasse afhænger af et samspil af klimaændringer, ændringer i CO₂-koncentrationen og et behov for dyrkningsareal
- Gennem ændringer i mulighederne for produktion af energi fra vedvarende kilder påvirkes imidlertid også presset på de øvrige energikilder. Det kræver, at hele energisystemet ses under ét - herunder mulighederne for oplagring og udveksling af energi i en verden med voksende international energihandel.

Hele denne problemstilling, der er stærkt tværfaglig, planlægges studeret i et projekt under Nordisk Energiforskning.

3 Organisering, samarbejde og netværk

Dansk klimaforskning har igennem 90'erne været kendetegnet ved en række relativt små aktører. Nogle har indgået i internationale netværk, andre har arbejdet mere selvstændigt. Men først og fremmest har der ikke været nogen overordnet koordinering af den natur- og samfundsvidenskabelige forskning på klimaområdet, på trods af at det i 90'erne har været almindeligt at nedsætte sektorspecifikke forskningsprogrammer. I perioden 1997 og frem til udgangen af 2000 eksisterede et mindre klimarelateret forskningsprogram "Global Change" på 23 mio. kr. under SNF. I sidste halvdel af 90'erne har en række institutioner sat mere fokus på klimaforskningen og med støtte fra bl.a. EU-Kommissionens rammeforskningsprogrammer opbygget en væsentlig forskningsindsats. Det gælder f.eks. DMI, DMU, FSL, GEUS, KU og Risø.

En væsentlig grund til denne udvikling har været, at klimaspørgsmålet frem til slutningen af 90'erne politisk blev opfattet som et CO₂-problem og dermed et energispørgsmål, og ikke som en mere tværfaglig og tværsektoriel problemstilling med bred samfundsmæssige betydning.

I dag er klimaproblemet en del af de langt bredere emnekredse "global forandring" (Global Change), og bæredygtig udvikling. Det grundlæggende problem er, hvordan samfundet kan styre den globale udvikling af det vekselvirkende system af naturlige og samfundsmæssige processer på en langsigtet bæredygtig måde; økonomisk, socialt og miljømæssigt. For at det kan lade sig gøre kræves en overordnet forståelse af de sammenhængende planetare processer, "Earth System Science". Desuden en forståelse af hvorledes udviklingen i den sociale og økonomiske sfære, og måske også den politiske sfære, bestemmer den menneskelige påvirkning af de geofysiske stofkredsløb (kulstof, kvælstof, vand mv., andre drivhusgasser) såvel som forandringer i arealudnyttelsen.

Internationalt er denne forståelse udmøntet i en udvikling, hvor klimamodellering efterhånden bliver "Earth system modelling", og udviklingsrummet for planetens fremtid studeres med integrerede modeller omfattende både natur- og samfundsmodellering, teknologiudvikling, internationale miljøaftaler mv.

Det er en mulighed, at samarbejder om sådanne omfattende modeller kunne være en god måde til at etablere fagligt begrundede samarbejder og netværksdannelse på tværs af det meget omfattende område af klimarelateret forskning. Den faglige begrundelse er vigtig, idet netværksdannelse uden en sådan begrundelse ikke er attraktivt for forskerne.

Det er en begrundet hypotese, at arbejdet med at få hold på de overordnede processer på systemniveau vil blive styrket ved vekselvirkning med de dybt specialiserede forskningsaktiviteter, og at omvendt, den specialiserede forsknings fokus kan blive forbedret ved denne vekselvirkning. Der er ikke i Danmark større tværfaglige forskningsmiljøer, som kan løfte denne opgave

alene, men formulering af større tværgående projekter af denne art, helst med links til internationale samarbejder på området, bør overvejes.

Samarbejde og netværk inden for dansk klima- og klimarelateret forskning har indtil nu været mere tilfældigt. Der er ikke overordnet gjort noget for at samle den viden, der ligger i de mange danske forskningsmiljøer.

Det vurderes derfor, at den danske klimaforskning kan vinde ved øget samarbejde og gennem etablering af nye netværk. Der bør derfor foretages en samlet vurdering af, hvordan klimaforskningsindsatsen kan fremmes og koordineres. Klimagruppen foreslår, at følgende elementer indgår i denne vurdering:

- klimaforskningen får en tydeligere plads i forskningspolitikken
- etablering af netværk/temagrupper med basis i faglige problemstillinger inden for de natur- og samfundsvidenskabelige områder af klimaforskningen
- iværksættelse af temagruppemøder m.m., hvor der sættes nationalt og internationalt fokus på udvalgte temaer
- styrkelse af samarbejdet gennem etablering af tværfaglige programmer/projekter
- overvejelse om etablering af et formidlingsorgan/center for dansk klimaforskning, og at der etableres en internet-portal for dansk klimaforskning, som bl.a. indeholder en beskrivelse af de danske forskningsmiljøer inden for klimaområdet og deres publikationer, samt links til de danske forskningsmiljøer
- genaktivering af Dansk Klimaforum
- gennemførelse af en tilbagevendende konference for at sætte fokus på dansk klimaforskning
- samarbejde i større udstrækning med aktører i udlandet (f.eks. i Norden og i EU)
- overvejelse af en generel økonomisk styrkelse af dansk klimaforskning, herunder til medfinansiering af EU-projekter
- gennemførelse af en konference i løbet af 2003, hvor den danske klimaforskning og kortlægningen af klimaforskningen bliver præsenteret og kommenteret.

Alle temagrupperne bør arbejde med både nationale, regionale og globale indfaldsvinkler til problemstillingerne på områderne.

4 Kilder

Danske

AKF: www.akf.dk

AUC: www.auc.dk

DJF: www.agrsci.dk

DMI, klima: <http://www.dmi.dk/f+u/>

DMU: www.dmu.dk

DTU: www.dtu.dk

Energimiljørådets hjemmeside om klima:
http://www.energimiljoeraadet.dk/emr_klima/kap1/kap1_1.html

Energistyrelsens klimatema på nettet: <http://www.ens.dk/sw362.asp>

FSL: www.fsl.dk

GEUS: www.geus.dk

Handelshøjskolen i Århus: www.hha.dk

KVL: www.kvl.dk

Københavns Universitet: www.ku.dk

Københavns Universitet; Forskerskolen COGCI: www.cogci.dk

Risø: www.risoe.dk

SUN Media's hjemmeside om klima: <http://www.drivhus.dk/>

Århus Universitet: www.aau.dk

Udenlandske

England; UK Climate Impacts Programme (UKCIP): www.ukcip.org.uk

England; Hadley: <http://www.metoffice.com/research/hadleycentre/index.html>

England; Tyndall Centre for Climate Change Research:
<http://www.tyndall.ac.uk/>

EU; 6. Miljøhandlingsprogram:
<http://www.europa.eu.int/comm/environment/newprg/index.htm>

Holland; National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change (NRP): <http://www.nop.nl>

Nordisk Energiforskningsprogram: <http://www.nordisk.energiforskning.org/>

Norge; Forskningsrådene:
<http://www.forskningsradet.no/bibliotek/publikasjonsdatabase/filer/pub-10023.pdf>),

Norge; CICERO: (<http://www.cicero.uio.no/>)

Rusland; Russian Research Institute of Hydrometeorological Information, World Data Center: http://www.meteo.ru/index_e.html

Sverige; Miljöministeriet: www.environ.se

Sverige; SWECLIM: <http://www.smhi.se/sweclim/>

Sverige; MISTRA: <http://www.mistra-research.se/>

Tyskland; Deutsches Klimarechenzentrum (DKRZ) : <http://www.dkrz.de/>

Tyskland; Potsdam Institute for Climate Impact Research: <http://www.pik-potsdam.de/>

Tyskland; Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research: <http://www.eu.fhg.de/ENER/Enerhome.htm>

Østrig; Austrian Council on Climate Change: <http://www.accc.gv.at/>

USA; US Global Change Research Programme: <http://www.usgcrp.gov/>

1 Oversigt over udvalgte udenlandske programmer

Flere af Danmarks nabolande har i løbet af de seneste år lanceret nye klimaforskningsprogrammer.

Arctic

Arctic Climate Impact Assessment (<http://acia.uaf.edu>) er et internationalt projekt, igangsat af Arctic Council and the International Arctic Science Committee (IASC). Formålet er at evaluere og sammenfatte viden om klimavariationer, klimaforandringer og øget ultraviolet stråling og deres konsekvenser.

Arktisk Råd er interministerielt forum, hvis medlemmer er Canada, Danmark, Finland, Island, Norge, Rusland, Sverige, USA IASC er en non-governmental organisation som understøtter samarbejde om forskning i arktiske forhold i Arktisk Råds medlemslande og omkring alle områder og sektorer i regionen.

England

Det engelske *Hadley Centre for Climate Prediction and Research* (se <http://www.metoffice.com/research/hadleycentre/index.html>) blev etableret i starten af 90'erne og har for nylig fået en meget fornem international evaluering. Centeret er delvist finansieret af Forsvarsministeriet gennem tilknytningen til Met Office, dels finansieret af programmidler fra miljøministeriet. Centret har omkring 100 medarbejdere og har nu valgt at strukturere sin forskning i 12 tværgående temaer. Hovedtesen i det nye center synes at være en ambition om at fokusere indsatsen på få men centrale områder for derigennem at undgå negative effekter af for stor spredning.

Tyndall Centre er et nationalt center uden mure i Storbritannien for tværdisciplinær forskning i klimaændringer (www.tyndall.ac.uk). Centret blev oprettet i 2000 og er et samarbejde mellem 9 institutioner og 3 forskningsråd i Storbritannien. Centrets formål er fra en tværdisciplinær vinkel at undersøge, vurdere og formidle mulighederne for at modvirke og at tilpasse samfundet til klimaændringer, herunder at integrere disse muligheder i en national og global sammenhæng for bæredygtig udvikling.

Det engelske *UK Climate Impacts Programme (UKCIP)* (www.ukcip.org.uk) blev oprettet af regeringen i 1997 for at koordinere og integrere vurderingerne af effekter af klimaændringer på det regionale og nationale niveau, og en stor del af indsatsen styres af interessenter på området. UKCIP

tilbyder støtte og vejledning til både interessenter og forskere med henblik på at lette vurderingen af effekter af klimaændringer på alle dele af samfundet i Storbritannien. UKCIP har i den sammenhæng udviklet en række værktøjer, som stilles til rådighed, herunder scenarier for klimaændringer, scenarier for socioøkonomisk udvikling, metoder for økonomisk vurdering af effekter af klimaændringer, og vejledning i håndtering af risiko og usikkerheder.

EU

På baggrund af en langvarig proces i EU er det 6. *miljøhandlingsprogram* nu ved at blive sat i kraft.

I programmet er fire hovedområder prioriteret:

- Klimaændringer
- Natur og biodiversitet
- Miljø og sundhed
- Bæredygtig udnyttelse af naturressourcerne og affald.

Programmet skal ikke mindst ses i sammenhæng med udvidelsen af EU og internationaliseringen, også af miljøpolitikken, ligesom der lægges op til en tæt dialog mellem de forskellige parter.

Fokus for det nye klimaprogram er opfyldelsen af Fællesskabets 8% reduktionsmål for udledningen i 2008-2012 i henhold til Kyoto-protokollen. Kommissionen gør sig imidlertid også til talsmand for langt mere vidtgående globale nedskæringer i udledningerne på 20% til 40 % frem til år 2020 og kommer ind på videnskabens beregning af, at der på længere sigt er behov for en nedskæring på 70 % i de globale drivhusgasudledninger i forhold til 1990.

Programmet peger på, at der er brug for strukturelle ændringer, navnlig i transport- og energisektoren, en stærkere satsning på energieffektivitet og energibesparelser, indførelse af en EU-ordning for handel med udledningskvoter, yderligere forskning og teknologisk udvikling samt bevidstgørelse af borgerne, så de kan bidrage til nedskæringen i udslippet af drivhusgasser. Programmet påpeger også, at vi må forvente klimaændringer i et vist omfang, og at EU derfor må træffe de fornødne tilpasningsforanstaltninger.

Finland

Finland har siden begyndelsen af 1990'erne finansieret et større forskningsprogram (SILMU) om klimaforandringer med hovedvægten lagt på betydningen for skovene. Det årlige budget udgjorde i perioden 1991-1996 i gennemsnit 15 mio. FM. (opdateres). Desuden er der flere andre klimaforskningsinitiativer.

Holland

I perioden 1992 til 2001 har man i Holland haft en samlet overordnet klimaforskningsprogram *National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change* (NRP) med deltagelse af mere end 30 forskellige forskergrupper og gennemførelse af mere end 200 projekter. Der er i programmet lagt vægt på, at projekterne er tværfaglige, at de underbygger den hollandske klimapolitik, og at de er internationalt orienteret.
<http://www.nop.nl>

Den hollandske regering etablerede i 1997 forskningsprogrammet *Clivarnet*, som omfatter perioden 1998-2002. Totalbudgettet er 4,5 mio. Gylden, svarende til ca. 20 mio. kr. Programmet har fokus på meteorologiske og oceanografiske studier. Desuden er der i 2001 etableret et polarforskningsprogram, hvor klimaforskning er et væsentligt element.

Programmet løber frem til 2006 og har et totalbudget på omkring 10 mio. kr. (se http://www.nwo.nl/nwohome.nsf/pages/NWOP_5ADAQ2?Opendocument for nærmere oplysninger)

Norden

Nordisk Energiforskningsprogram. Formålet er blandt andet at nedbringe emissionen af CO₂ gennem udvikling og anvendelse af vedvarende energikilder samt ved en mere effektiv energifrembringelse, konvertering af energi samt anvendelse af energi.

Indsatsområderne er: Bioenergiprocesser/fotosyntese, Energi og samfund, Elektrokemisk energiforvandling, Energifleksible varmesystemer, Forbrænding af biomasse, Procesintegration, Tekniske systemer i et frit elmarked. Årsbudget 25 mio. kr. – heraf 2 mio. specifikt til klimaforskning i 2002.

Se <http://www.nordisk.energiforskning.org/> for yderligere information.

Norge

I Norge er der lanceret et nyt klimaforskningsprogram (som afløser for RegClim) (se <http://www.forskningsradet.no/bibliotek/publikasjonsdatabase/filer/pub-10023.pdf>), som dels tager stilling til norske kernekompetencer på klimaforskningsområdet, dels forsøger at koble regionale og sektorspecifikke problemer i et sammenhængende program. Det norske program udmærker sig især ved at inddrage udenlandske klimaforandrings indvirkning på norske forhold. I 2003 forventes programmet at råde over 24 mio. NOK.

Endvidere har Norge udviklet et stærkt formidlingscenter i form af *CICERO* (<http://www.cicero.uio.no/>). Her knyttes mange tråde, og centeret virker som et centralt og velfungerende knudepunkt for den norske indsats. CICERO's omsatte i 2001 for godt 16 mio. NOK, hvoraf 31% kom via offentlig finansiering.

Sverige

I Sverige er der ikke et samlet nationalt klimaforskningsprogram, men der udføres klimaforskning på en række institutter og centre, og der eksisterer et regionalt modelleringsprogram. I Sverige er der p.t. overvejelser om et svensk program. Der er for nylig lavet en kortlægning af den svenske klimaforskning inddelt i direkte og klimarelevant forskning. (www.environ.se). Opgørelsen summer op til, at man i Sverige i årene 1998 –2001 har brugt 633 mil. skr. på klimaforskning i bredere forstand, heraf 337 mil. på direkte klimaforskning.

Swedish Regional Climate Program, *SWECLIM*, (www.smhi.se/sweclim/) fra 1997 omfatter Rosaby-Centret ved SMHI samt forskning ved et antal andre institutioner. Beløbsrammen var i 2001 på godt 16 mio. SEK). Rosaby-Centret udfører først og fremmest regional klimamodellering med kobling af meteorologiske, oceanografiske og hydrologiske modeller som et hovedindsatsområde. Centret er forpligtet til at stille klimascenarier af 50-100 års rækkevidde til rådighed for forskningen. Af andre større enheder kan nævnes Sveriges Meteorologiske og Hydrologiske Institut, IVL, Svenska Miljöinstitut AB, Climate Impact Research Centre.

Et andet relevant forskningsmiljø er forskningsstiftelsen *MISTRA* (Stiftelsen for Miljøstrategisk Forskning), som netop har igangsat et klimaforskningsprogram i forhold til de politiske processer og sociale forandringer i forbindelse med globale klimaændringer. Der er foreløbig afsat omkring 50 mio. SEK for en 3-4 års periode. (www.mistra-research.se)

Tyskland

I Tyskland under *BMBF* (*Bundesministerium für Bildung und Forschung*) eksisterer en række programmer, der er etableret siden 1998 og sigter på at tilskynde en global bæredygtig udvikling. Det drejer sig om fire forskningsprogrammer "Globale forandringer i vandets kredsløb" (GLOWA), "Biodiversitet og globale forandringer" (BIOLOG), "Atmosfæreforskning 2000" (AFO 2000) og sidst det tyske klimaforskningsprogram "DEKLIM". DEKLIM har fire hovedtemaer grupperet under A: Klimavariationer, B: Regionale processer i Østersøområdet, C: Klimaeffektstudier, og D: Egentlig klimamodellering. Hertil kommer etableringen af et bredt forum, som skal følge de mange projekter løbende. Programmet har en samlet ramme på 100 mio. DM, og løber i perioden 2001-2005. Der er lagt vægt på at støtte interdisciplinære projekter, hvor dette er muligt, her navnlig under B og C.

Østrig

Austrian Council on Climate Change (<http://www.accc.gv.at/>) blev etableret i 1996. Rådet er et tværfagligt forum, som bliver ledet af et styre bestående af 11 medlemmer med baggrund indenfor økonomi, naturvidenskab og teknologi. Rådets formål er at vurdere og bestemme mulige virkemidler i forhold til at forebygge klimaændringer. Rådet rådgiver den østrigske regering i klimaspørgsmål, men deltager også i internationale forskningsprogrammer, vurderer konsekvenserne af klimaændringer i Østrig, formidler og organiserer konferencer og workshop.