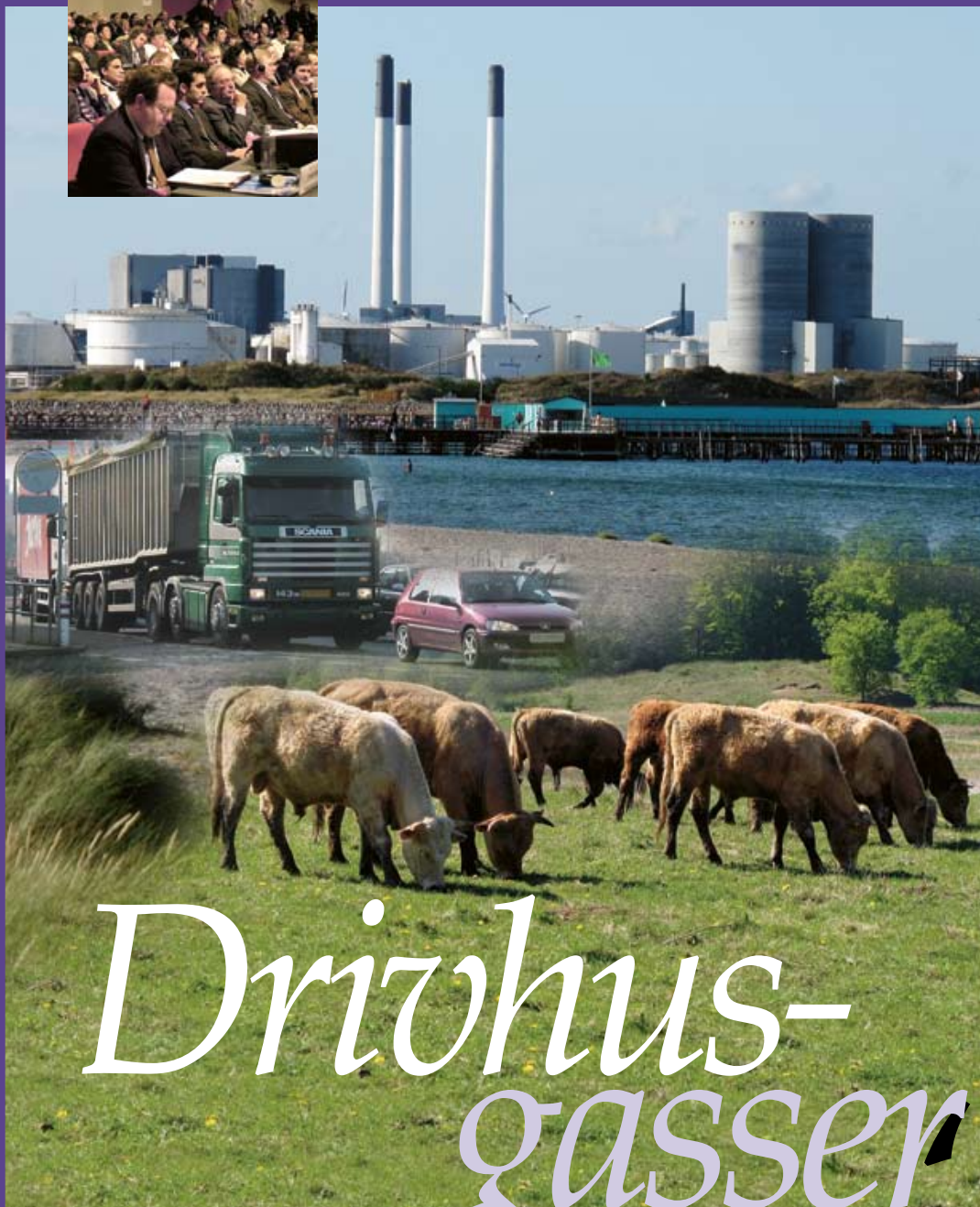




Drivhus- gasser



Ole-Kenneth Nielsen er kemiingeniør og akademisk medarbejder ved Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. Han er projektleder for de årlige opgørelser af udledning af drivhusgasser til luften og har primært beskæftiget sig med udledninger fra stationær forbrænding samt udledning af flygtige forbindelser.

Marianne Thomsen er cand. scient., seniorforsker og sektionsleder for Sektionen for Emissioner og Risikoanalyse ved Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. Hun er Ph.d. i eksponeringsscenarier og miljörisikovurdering og varetager opgørelsen af udledninger fra spildevand.

Erik Lyck er civilingeniør og seniorrådgiver ved Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. Han beskæftiger sig med udledning af drivhusgasser fra deponering af affald. Erik Lyck er engageret i IPCC's arbejde og det politiske og faglige arbejde omkring rapportering under Kyotoprotokollen og klimakonventionen, og har deltaget i COP 7 og COP 8. Blev af IPCC tildelt en del af æren da IPCC i 2007 modtog Nobels fredspris for sit arbejde.

Morten Winther er civilingeniør og seniorrådgiver ved Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. Han arbejder bl.a. med detailundersøgelser og sektorstudier af udledninger fra forskellige transportformer og varetager opgørelsen af udledninger fra mobile kilder.

Leif Hoffmann er civilingeniør og akademisk medarbejder ved Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. Han varetager opgørelse af procesrelaterede udledninger fra industrien.

Patrik Fauser er civilingeniør og seniorforsker ved Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. Han er Ph.d. inden for partikulær luftforurening. Varetager opgørelse af udledninger fra brug af opløsningsmidler og beskæftiger sig med principper og metoder inden for risikovurdering.

Steen Gyldenkerne er agronom og seniorforsker ved Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. Han beskæftiger sig med landbrugets miljøpåvirkninger, dets brug af kvælstof og fosfor, udledninger og optag af ammoniak og af drivhusgasserne metan, lattergas og kuldioxid samt brug og spredning af pesticider.

Rikke Albrechtsen er agronom og akademisk medarbejder ved Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. Hun arbejder med opgørelse af udledninger fra landbrug.

Marlene Plejdrup er naturgeograf og akademisk medarbejder ved Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. Hun er ansvarlig for opgørelse af udledninger af flygtige forbindelser. Arbejder desuden med geografisk fordeling af udledninger i GIS.



Drivhusgasser

Kilder, opgørelsesmetoder og internationale forpligtelser

Redigeret af:
Marlene Plejdrup

Med bidrag af:
Ole-Kenneth Nielsen
Morten Winther
Steen Gyldenkærne
Erik Lyck
Marianne Thomsen
Leif Hoffmann
Patrik Fauser
Rikke Albrechtsen



Drivhusgasser

Kilder, opgørelsesmetoder og internationale forpligtigelser

Redigeret af: Marlene Plejdrup

Med bidrag af: Ole-Kenneth Nielsen, Morten Winther, Steen Gyldenkærne, Erik Lyck, Marianne Thomsen, Leif Hoffmann, Patrik Fauser, Rikke Albrechtsen

© 2009 Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, forfatterne og Forlaget Hovedland

Alle rettigheder forbeholdes.

Ingen del af denne bog må gengives, lagres i et søgesystem eller transmitteres i nogen form eller med nogen midler grafisk, elektronisk, mekanisk, fotografisk, indspillet på plade eller bånd, overført til databanker eller på anden måde, uden forlagets skriftlige tilladelse.

Enhver kopiering af denne bog må kun ske efter reglerne i lov om ophavsret af 20. juni 2008 med evt. senere ændringer. Det er tilladt at citere med kildeangivelse i anmeldelser.

Forlagsredaktion: Anne Drøgemüller Lund og Ole Jørgensen

Illustrationer og ombrydning: Britta Munter, Grafisk Værksted, Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet.

Omslag: Grafisk værksted, Danmarks Miljøundersøgelser

Omslagsillustrationer: Britta Munter

Tryk: Arco Grafisk A/S, Skive

Denne bog er trykt på 130 g Cyclus Print
Overskydende papir er genbrugt

ISBN 978-87-7070-149-5

1. udgave, 1. oplag 2009



Forlaget Hovedland

www.hovedland.dk

E-mail: mail@hovedland.dk



Forord 6



Drivhusgasser 9



Kilder til udledning af drivhusgasser 17



**Den internationale klimadebat
og Danmarks forpligtelser 45**



Hvordan opgøres udledning af drivhusgasser? 65



Udledningen af drivhusgasser i fremtiden 95

Udfordringer i de kommende år 101

Litteratur 106

Ordliste 108

Stikordsregister 110

Forord

FN's klimakonvention (UNFCCC), der trådte i kraft i 1994, indeholder en hensigtserklæring om at stabilisere den atmosfæriske koncentration af drivhusgasser på et niveau, der forhindrer en farlig menneskelig indflydelse på klimasystemet. Konventionen indeholder ingen forpligtende mål for nedbringelse af udledningen af drivhusgasser, men Danmark og de øvrige lande under konventionen blev forpligtet til at opgøre og rapportere deres udledninger af drivhusgasser. Derved blev der skabt et datagrundlag til vurdering af, hvordan udledningen af drivhusgasser udvikler sig.

EU besluttede i 2007 at tyve procent af energiforbruget i 2020 skal komme fra vedvarende energikilder. I tråd hermed er målet i den danske energiaftale fra 2008 at tyve procent af energiforbruget i 2011 skal være vedvarende energi.

Foto: Britta Munter.

Kyotoprotokollen, der trådte i kraft i 2005, er en protokol under klimakonventionen. Landene, der har underskrevet Kyotoprotokollen, har forpligtet sig til at reducere udledningen af drivhusgasser i et fastsat omfang. De 15 EU-lande, der er part i Kyotoprotokollen, har fordelt deres reduktionsforpligtelser mellem sig – en ordning der kaldes byrdefordelingsaftalen. På baggrund af Kyotoprotokollen og byrdefordelingsaftalen skal Danmark nedbringe sin samlede udledning af drivhusgasser med 21 % i forpligtelsesperio-



den 2008-2012 i forhold til udledningen i basisåret. Herved fik de årlige opgørelser af udledning af drivhusgasser endnu en vigtig rolle, da de er en del af grundlaget for at vurdere og dokumentere, om landene lever op til deres forpligtelse.

I Danmark bliver de nationale opgørelser af drivhusgasudledningen udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelser ved Aarhus Universitet (DMU). Danmarks Miljøundersøgelser står for at indsamle og kvalitetssikre data, samt for at beregne og rapportere udledningen af drivhusgasser til de internationale konventioner. Desuden deltager Danmarks Miljøundersøgelser i arbejdet med at forbedre Danmarks opgørelser gennem forskningsprojekter.

Denne bog beskriver de danske kilder til udledning af drivhusgasser og de metoder, der bliver anvendt til at beregne udledningerne (kapitel 2 og kapitel 4). Desuden giver bogen en oversigt over den internationale klimadebat fra tiden omkring Brundtlandrapporten i 1987 og frem til i dag (kapitel 3). For løbende at vurdere, hvor store udledningerne vil være i fremtiden, laver Danmarks Miljøundersøgelser jævnlige beregninger af disse forventede størrelser; se nærmere i kapitel 5 om fremskrivninger.

I december 2009 er Danmark vært for FN's årlige klimakonference, COP 15 (Conference of the Parties). Her mødes alle de lande, der har tiltrådt klimakonventionen. Målet ved COP 15, der blev formuleret ved COP 13 i slutningen af 2007, er en ny aftale om at nedbringe udledningen af drivhusgasser efter Kyotoprotokollens forpligtelsesperiode 2008-2012. Ikke alle lande under klimakonventionen har tiltrådt Kyotoprotokollen, og et mål er, at en ny aftale skal omfatte så mange lande som muligt. USA, der står for omkring en fjerdedel af verdens samlede udledning af drivhusgasser, er et af de lande, som ikke har tiltrådt Kyotoprotokollen. USA var med til at beslutte målsætningen for COP 15, og der bliver gjort et stort arbejde både nationalt og internationalt for, at USA kommer med i en kommende forpligtelsesperiode. Uanset hvilken aftale der ender med at blive indgået, vil de årlige opgørelser fortsat spille en vigtig rolle som dokumentation for, hvor store mængder drivhusgasser der bliver udledt og for variationer i udledningerne over tid.

Forfatterne takker alle, der har givet værdifuld hjælp under udarbejdelse af bogen.

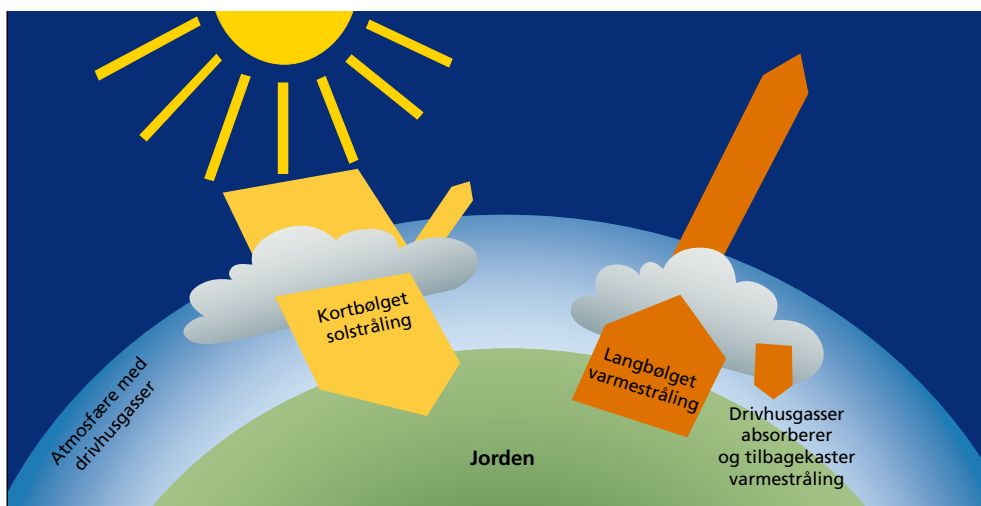


Drivhusgasser



Drivhusgasser forekommer naturligt i atmosfæren og er grundlaget for, at der er en drivhuseffekt. Uden drivhuseffekten ville temperaturen på Jorden være ca. 33 grader lavere end i dag. Hvert år udleder menneskene store mængder drivhusgasser verden over. De vigtigste er kuldioxid, metan, lattergas og de industrielt fremstillede F-gasser. I 2005 var den samlede menneskeskabte udledning af kuldioxid ca. 26. milliarder ton. Til sammenligning blev der samme år udledt ca. 64 millioner ton drivhusgasser i Danmark.

Foto: Britta Munter.

**Figur 1-1**

Når koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren stiger, bliver der absorberet og tilbagestrålet mere varmestråling. Det får isoleret set temperaturen på Jorden til at stige. Feedback-mekanismer gør det dog svært at forudsige, hvad effekten reelt bliver af en øget koncentration.

En drivhusgas er en luftart, der kan absorbere langbølget varmestråling fra Jorden. Drivhusgassernes vanddamp (H_2O), kuldioxid (CO_2), metan (CH_4) og lattergas (N_2O) forekommer naturligt i atmosfæren, mens de såkaldte F-gasser (PFC'er, HFC'er og SF_6) er menneskeskabte drivhusgasser. Koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren påvirker drivhuseffekten og derigennem temperaturen på Jorden.

Drivhuseffekten er betegnelsen for et naturligt fænomen: Når kortbølget indstråling fra Solen trænger ind i atmosfæren, bliver hovedparten enten reflekteret i atmosfæren eller rammer jordoverfladen, hvor den bliver omdannet til varmeenergi (figur 1-1). Når overfladen bliver varmet op, udsender den langbølget varmestråling mod verdensrummet. En del af den langbølgede udstråling bliver holdt tilbage i atmosfæren af skyer, partikler og drivhusgasser, indtil den udsendes igen. På den måde holder atmosfæren for en tid på en del af den energi, som Jorden modtager fra Solen; og virker altså som et drivhus. Hvis der ikke var denne drivhuseffekt, ville der ved Jordens overflade i gennemsnit være en temperatur på ca. $-19^\circ C$ imod de ca. $14^\circ C$ i dag. Drivhuseffekten er altså en betingelse for den form for liv på Jorden, som vi kender.

De forskellige drivhusgasser har ikke lige stor indvirkning på drivhuseffekten. Til vurdering af de enkelte gassers

bidrag er der defineret et såkaldt Global Warming Potential (GWP). GWP bliver bestemt ud fra gasmolekylernes levetid i atmosfæren og deres evne til at absorbere stråling. Drivhusgasser har meget forskellig levetid i atmosfæren, fx 12 år for metan og op til 50.000 år for F-gasserne. Der findes derfor forskellige GWP-værdier for forskellige tidshorisonter, og i takt med at der kommer ny viden, bliver drivhusgassernes GWP justeret.

Det er vedtaget, at opgørelserne af udledning af drivhusgasser skal være baseret på GWP for en periode på 100 år og på de værdier, som er angivet i FN's klimapanelens anden vurderingsrapport fra 1995. Her er GWP opgjort til 21 for metan og 310 for lattergas, mens kuldioxid pr. definition altid har et GWP på 1. Det betyder, at et ton metan bidrager 21 gange mere, og et ton lattergas 310 gange mere til drivhuseffekten end et ton kuldioxid. De fleste F-gasser har langt højere GWP. Værdierne varierer mellem 150 og 23.900.

Ved at gange udledningen af de enkelte drivhusgasser med deres GWP bliver udledningerne omregnet til CO₂-ækvivalenter, som er den fælles enhed for drivhusgasser. Dermed er det muligt at sammenligne de enkelte gassers bidrag til drivhuseffekten og at summere effekten af alle drivhusgasserne.

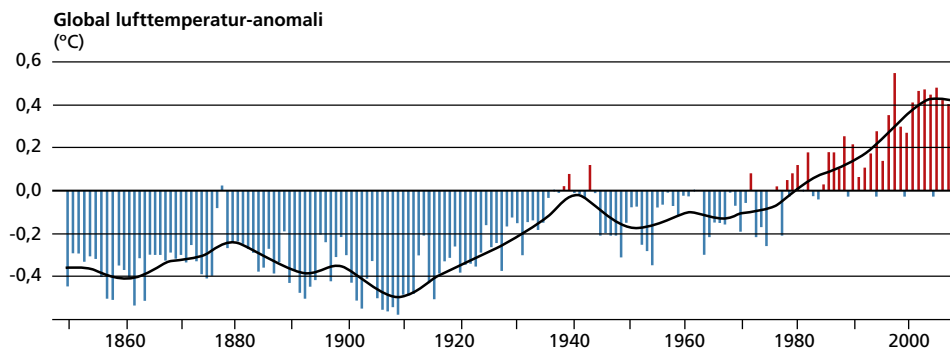
Global opvarmning

Global opvarmning er et udtryk for en stigning af den gennemsnitlige temperatur ved jordoverfladen. Man har målt Jordens og atmosfærens temperaturer siden midten af 1800-tallet, og der har med mellemrum været udsving med koldere og varmere perioder (figur 1-2). Også endnu længere tilbage i tiden har der været markante udsving. Variationerne i den globale temperatur har mange årsager og er et resultat af et sammenspil af naturlige og menneskeskabte fænomener. Meget andet end drivhuseffekten spiller en rolle, fx vulkansk aktivitet med en pludselig og ekstrem udledning af støv (partikler), variationer i Jordens bane omkring Solen og i indstrålingen fra Solen samt andelen af indstrålingen, som bliver reflekteret fra bl.a. skyer, sne og is.

Det er ikke drivhuseffekten i sig selv, men derimod ændringen af drivhuseffekten, der er afgørende for, om der

sker en global opvarmning. Koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren er steget betydeligt i takt med, at den menneskelige udledning af drivhusgasser er steget (figur 1-3). Der er altså hverken tvivl om, hvorvidt der er en drivhuseffekt, eller om at koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren er stigende.

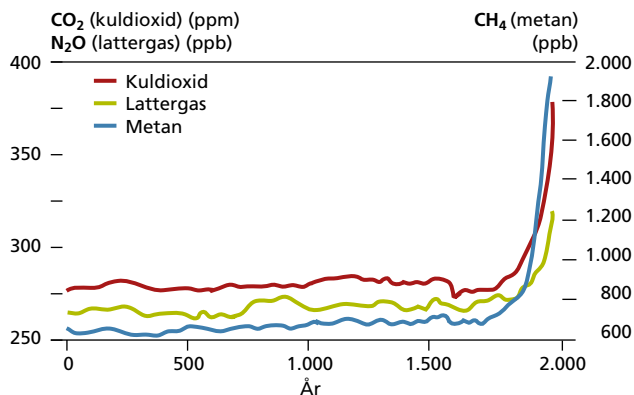
Når der alligevel har været tvivl om, hvorvidt de menneskeskabte udledninger bidrager til den globale opvarmning, skyldes det, at der er en lang række forhold, som påvirker hinanden indbyrdes i atmosfæren – de såkaldte feedback-mekanismer. Positive feedback-mekanismer bidrager til at forstærke opvarmningen. Et eksempel er, at en stigning i koncentrationen af drivhusgasser bidrager til at øge drivhuseffekten og dermed den globale temperatur. Når temperaturen stiger, bliver koncentrationen af vanddamp i atmosfæren øget, fordi varm luft kan indeholde mere vanddamp end kold luft. Det får koncentrationen af drivhusgasser til at stige yderligere, da vanddamp er en drivhusgas. Dermed vil denne feedback-mekanisme have en selvfor-



Figur 1-2

Udviklingen i den globale overfladetemperatur fra 1850 til 2007. Temperaturerne er udtrykt i form af anomalier, dvs. temperaturforskellen i forhold til middeltemperaturen for normalperioden 1961-1990. Blå søjler angiver, at året var koldere, og røde søjler angiver, at året var varmere end middeltemperaturen for normalperioden. Den sorte kurve er en udglattet kurve for temperaturanomalierne. Figuren viser en stigning i den globale temperatur over perioden som helhed. Året 2007 var det 8. varmeste år kun overgået af 1998, 2005, 2003, 2002, 2004, 2006 og 2001 (listet med det varmeste år først).

Kilde: Brohan m.fl. 2006.



Figur 1-3
Udviklingen i koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren fra år 0 til år 2005. Den kraftige stigning siden midten af 1800-tallet skyldes industrialiseringen.

Kilde: IPCC 2007.

stærkende effekt og føre til en øget global opvarmning. Negative feedback-mekanismer medvirker til at hæmme opvarmningen. Et eksempel er, at når koncentrationen af vanddamp i atmosfæren stiger, dannes der flere lavtliggende skyer. Derved vil jordoverfladen og havene modtage mindre stråling fra Solen, og temperaturen vil falde. Det vil igen medføre, at atmosfæren kan indeholde mindre vanddamp, at drivhuseffekten bliver reduceret og at den globale opvarmning blive dæmpet.

Der er stadig stor usikkerhed omkring mange feedback-mekanismer. FN's klimapanel (IPCC) udgav i 2007 sin fjerde vurderingsrapport (boks 4 side 50). Rapporten er baseret på en lang række resultater fra verdens førende forskere, som IPCC har indsamlet. IPCC, der er et upolitisk organ, udfører ikke selv målinger eller forskning, og bl.a. derfor er vurderingsrapporterne meget velansete. En af konklusionerne i den seneste vurderingsrapport var særligt opsigtsvækkende. IPCC konkluderer nemlig, at den menneskeskabte udledning af drivhusgasser med meget stor sandsynlighed bidrager til den globale opvarmning, som vi er vidner til. IPCC efterlader mindre end 10 %'s tvivl om, hvorvidt menneskerne bidrager til den globale opvarmning. Det er første gang, IPCC udtrykker sig med så stor sikkerhed om den menneskeskabte klimapåvirkning.

Opvarmningskonsekvenser

Effekterne af den globale opvarmning er omfattende. Eksperters i klimaforandringer forudser bl.a., at der vil komme flere og mere ekstreme vejrssituationer i fremtiden, at der vil

ske en øget afsmeltning af polernes iskapper, samt at vandstanden i verdenshavene vil stige. Det vil i høj grad have betydning for menneskene. Vi kan fx forvente, at områder, der i dag er tørre, vil få endnu mindre nedbør i fremtiden, at store kystnære beboelsesområder vil blive oversvømmet, og at orkaner vil hærgne i større omfang end i dag.

Forudsigelserne er baseret på komplicerede klimamodeller og på den forventede udvikling i fremtiden, herunder den forventede udledning af drivhusgasser.

Opgørelse af drivhusgasudledning

For at følge udviklingen i, hvor store mængder drivhusgasser der bliver udledt, har en lang række lande forpligtet sig til at lave årlige opgørelser af de menneskeskabte udledninger af drivhusgasser gennem deres tiltrædelse af FN's klimakonvention (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC).

Danmark har tiltrådt FN's klimakonvention og derved forpligtet sig til hvert år at opgøre, hvor store mængder drivhusgasser der bliver udledt og optaget i Danmark. Opgørelsen dækker udelukkende de menneskeskabte udledninger og optag. Det betyder bl.a., at kun det dyrkede areal indgår i opgørelserne, mens naturområder som hede, søer og fredede arealer ikke bliver regnet med. Det er vedtaget under klimakonventionen, at opgørelserne skal udarbejdes i overensstemmelse med IPCC's regler og vejledninger for at sikre kvalitet og konsistens. Det er vedtaget, at opgørelserne skal omfatte kuldioxid, metan, lattergas og de såkaldte F-gasser, da det er de vigtigste drivhusgasser. F-gasser, der som nævnt omfatter hydrofluorkarboner (HFC'er), perfluorkarboner (PFC'er) og svovlhexafluorid (SF₆), forekommer ikke naturligt. Derfor er det muligt at styre, hvor store mængder af disse gasser, der må forekomme, gennem lov-baseret regulering af produktion og anvendelse.

Da klimakonventionen alene indeholder hensigtserklæringer om, at landene skal nedbringe deres udledning af drivhusgasser, var der en erkendelse af, at der var behov for en bindende aftale. Kyotoprotokollen blev udformet som en protokol under klimakonventionen. Lande, der har tiltrådt Kyotoprotokollen, har forpligtet sig til at begrænse udledningen af drivhusgasser i et givent omfang. Hvert land har



sin forpligtelse indskrevet i protokollen i procent sammen med vedtagelse om, hvordan reduktionen skal bestemmes som en absolut mængde. De årlige opgørelser indgår i forbindelse med dokumentation for, hvorvidt landene lever op til deres forpligtelse. Opgørelserne bidrager på samme tid til at dokumentere og synliggøre effekten af de tiltag, der bliver gjort for at nedbringe udledningen. Herunder kan nævnes den teknologiske udvikling og indførelse af alternative former for energi, såsom vindmøller, solfangere og biobrændsel.

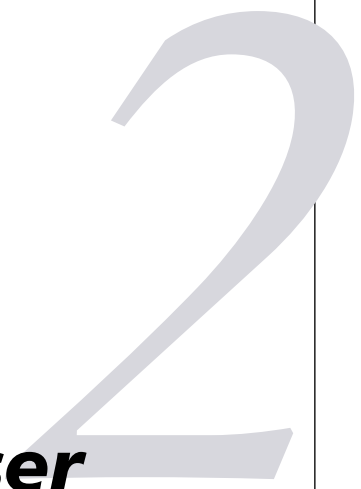
Fig 1-4

Ekstreme vejsituationer er en følge af klimaforandringer. En del af den danske klimatilpasning kan blive at forbedre kloak- og afløbssystemer for at undgå oversvømmelser.

Foto: Britta Munter.



Kilder til udledning af drivhusgasser



Atmosfærens koncentration af drivhusgasser er steget markant, siden industrialiseringen begyndte. Menneskenes udledning af drivhusgasser kommer fra mange forskellige kilder. Dette kapitel giver en oversigt over de vigtigste danske kilder til udledning af drivhusgasser.

Foto: Highlights.

Udledningen af drivhusgasser som følge af menneskelig aktivitet bliver rapporteret til FN's klimakonvention. Der er vedtaget internationale retningslinjer for, hvordan udledningen skal opgøres, og for, hvilke kilder der skal indgå i opgørelserne. Kilderne er organiseret i grupper på flere niveauer, hvor det øverste niveau kaldes sektorer. Til brug for gennemgang og beskrivelse her i bogen er kilderne grupperet lidt anderledes end disse sektorer angiver. Grupperingen her i bogen er uddybet i tabel 2-1. Her bliver det øverste niveau kaldt hovedgrupper.

Det er forskelligt fra hovedgruppe til hovedgruppe, hvilke drivhusgasser der bliver udledt i størst mængde. Sammenligninger af udledningen fra de seks hovedgrupper kræver omregning til CO₂-ækvivalenter ved hjælp af de vedtagne GWP. Hvor der ikke er angivet andet, er alle udledninger, der beskrives i denne bog derfor opgjort i CO₂-ækvivalenter.

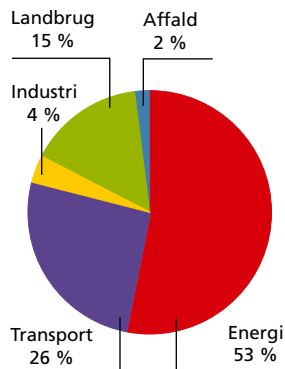
For hovedgrupperne med forbrænding (Energi og Mobile kilder) er kuldioxid (CO₂) den drivhusgas, der bliver udledt i størst mængde (CO₂-ækvivalenter). Inden for Industri bliver der hovedsageligt udledt kuldioxid og F-gasser. For hovedgrupperne Landbrug og Affald indgår udledning af metan (CH₄) og lattergas (N₂O). For hovedgruppen Affald er metan den dominerende drivhusgas, mens der fra Landbrug er to tredjedele lattergas og en tredjedel metan.

Energi og Mobile kilder står for den største del af udledningen af drivhusgasser i Danmark. Derefter følger Landbrug, Industri og Affald. Den totale danske udledning af drivhusgasser er for 2007 på 66.641 kton CO₂-ækvivalenter (1 kton = 1.000 ton). Heri indgår hverken optag i skove og jorder eller udledninger fra udenrigs skibs- og flytrafik. Når optaget i skove og jorder regnes med, var udledningen 65.514 kton CO₂-ækvivalenter i 2007. Fordelingen af udledninger fra hovedgrupperne eksklusiv optag fra hovedgruppen Arealanvendelse og eksklusiv udenrigstrafik er vist i figur 2-1.

De fleste kilder i opgørelserne optræder altid med en *udledning* af drivhusgasser, fx kraftvarmeverker og transport. I enkelte tilfælde kan en kilde dog skifte mellem at udlede og *optage* drivhusgasser. Det gælder fx for skov. Når skoven vokser, bliver der optaget kuldioxid, mens der ved

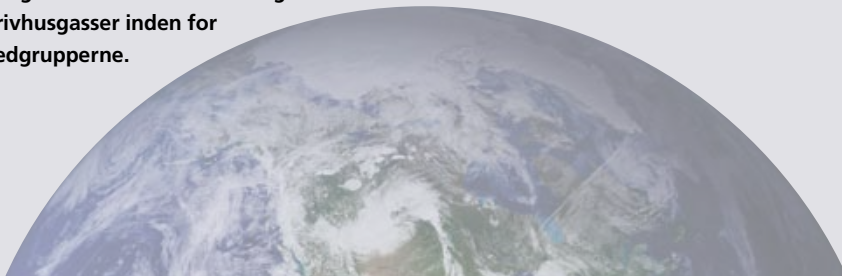
Figur 2-1

Fordelingen af udledningen af drivhusgasser i 2007 mellem hovedgrupper. Langt størstedelen af udledningen af drivhusgasser i Danmark kommer fra hovedgruppen Energi, der omfatter el- og varmeproduktion på fx kraftvarmeverker, i private hjem (husholdninger) og inden for industrien.



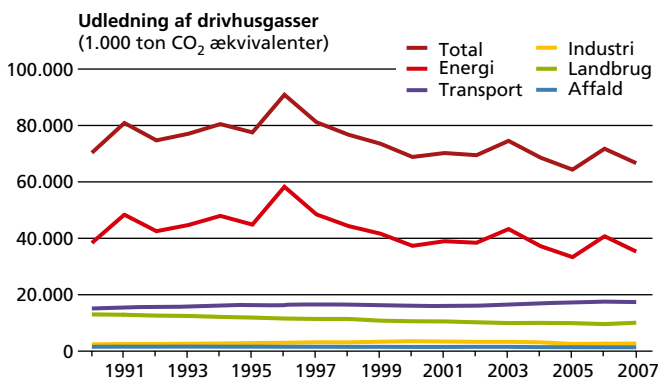
Hovedgruppe	Kilde
Energi	Energi omfatter forbrænding i forbindelse med produktion af el og varme i kraftvarmeværker og affaldsforbrændingsanlæg samt i husholdninger og i industrien. Energi omfatter desuden udledninger i forbindelse med udvinding, raffinering, lagring og distribution af olie og gas.
Mobile kilder	Mobile kilder omfatter forbrænding af brændstof ved transport på vej og jernbane, indenrigs skibs- og lufttrafik samt i forbindelse med anvendelse af redskaber og maskiner i landbrug, industri og husholdninger. For eldrevet transport, fx tog, bliver udledningerne opgjort under Energi (elproduktion). Udledningen fra udenrigstrafik (skibe og fly) udgør en særlig kategori, da de ikke regnes med i Danmarks samlede udledning.
Industri	Industri omfatter udledninger fra kemiske processer. Udledningen relateret til industriens energiforbrug indgår i Energi. Hovedgruppen Industri omfatter desuden udledninger i forbindelse med anvendelse af F-gasser og opløsningsmidler.
Landbrug	Landbrug omfatter udledninger fra det primære landbrug, som dækker over udledninger fra husdyrenes fordøjelse, opbevaring af husdyrgødning og udbringning af husdyr- og handelsgødning. Udledning fra landbrugets brændstofforbrug indgår i Mobile kilder. Udledning og optag af kuldioxid fra dyrkning af landbrugsarealer bliver opgjort under hovedgruppen Arealanvendelse.
Arealanvendelse	Arealanvendelse omfatter udledning og optag af drivhusgasser i relation til, hvordan det danske landareal bliver anvendt, og de ændringer, der bliver foretaget i landskabet. Rapporteringen omfatter skov, landbrugsarealer (dyrkede og udyrkede marker), naturområder og bymæssig bebyggelse. Både ændringer i den levende biomasse og jordens indhold af kulstof bliver medregnet. Da opgørelserne i første omgang skal omfatte menneskeskabte udledninger og optag, er udledninger og optag i naturområder som fx hede, eksisterende vådområder og byområder endnu ikke opgjort.
Affald	Affald omfatter lossepladser og rensning af spildevand. I Danmark bliver energien fra forbrænding af affald udnyttet til produktion af varme, og derfor indgår udledninger fra forbrænding af affald i hovedgruppen Energi.

Tabel 2-1
Oversigt over kilder til udledning
af drivhusgasser inden for
hovedgrupperne.



Figur 2-2

Udledning af drivhusgasser i Danmark 1990-2007. Udledningen inden for Energi varierer meget fra år til år på grund af handel med elektricitet med udlandet. Hvis der er meget nedbør og dermed meget vandkraft i de nordiske lande, producerer Norge og Sverige meget strøm, og Danmark importerer billig strøm. I tørre år eksporterer Danmark derimod strøm, og den større produktion giver anledning til, at der bliver udledt mere drivhusgas.



fældning bliver frigjort og dermed udledt kuldioxid. Ud over skov er arealanvendelse og ændring i arealanvendelse de eneste andre kilder i opgørelserne, der både kan udlede og optage drivhusgasser. I rapporteringerne arbejder man med to udtryk for den nationale totaludledning af drivhusgasser; henholdsvis inklusiv- og eksklusiv bidraget fra Arealanvendelse (boks 1). I denne bog refereres der til Danmarks totale udledning eksklusiv Arealanvendelse, hvor intet andet er nævnt.

Udledningen af drivhusgasser i Danmark varierer meget fra år til år (figur 2-2). Det skyldes hovedsageligt at udledningen fra Energi følger variationerne i import og eksport af elektricitet. De øvrige hovedgrupper har mindre udsving fra år til år. Udledningen fra hovedgruppen Mobile kilder har været svagt stigende siden 1990, mens udledningen fra Landbrug har været faldende.

I de efterfølgende afsnit er hver af hovedgrupperne beskrevet sammen med udviklingen i udledning siden 1990 og en beskrivelse af de elementer, der har haft størst indflydelse på denne udvikling.

Energi

I 2007 stammede hele 53 % af Danmarks samlede udledning af drivhusgasser fra hovedgruppen Energi. Kuldioxid er den helt dominerende drivhusgas og udgør ca. 98 % af den samlede udledning af drivhusgasser fra denne hovedgruppe.

Hovedgruppen Energi har to undergrupper: "stationære kilder" (fx kraftvarmeværker) og "energiforbrug og fordamp-

Kilde	Aktivitet
Stationære kilder	• El- og kraftvarmeproduktion samt fjernvarmeproduktion. • Raffinaderier. Danmark har to raffinaderier i hhv. Kalundborg og Fredericia. • Industri. Fremstillingsvirksomhed samt bygge- og anlægssektoren. • Ikke-industriel forbrænding. Handel og service, husholdninger, landbrug/skovbrug.
Energiforbrug og fordampning i olie/gas-sektoren	• Fordampning (udledning af flygtige forbindelser), energiforbrug i forbindelse med udvinding af olie og gas samt ved transport og lagring af olie og gas.

ning i olie/gas-sektoren" (udledninger i forbindelse med udvinding, transport og lagring af olie og gas). Disse grupper og deres tilhørende aktiviteter er beskrevet mere detaljeret i tabel 2-2, mens udledningens fordeling mellem grupperne er vist på figur 2-3.

For stationære kilder er el- og varmeproduktion ansvarlig for den største udledning af drivhusgasser og udgør 33 % af den samlede danske udledning i 2007.

Tabel 2-2

Oversigt over kilder og aktiviteter under hovedgruppen Energi.

Boks 1

Totaludledning af drivhusgasser

Gennem hele bogen henviser "Danmarks totale udledning af drivhusgasser" til summen af de menneskeskabte udledninger eksklusiv optag og udledning fra hovedgruppen Arealanvendelse og eksklusiv udledninger fra udenrigs skibs- og flytrafik. De opgjorte andele af den samlede danske udledning henviser ligeledes til den totale udledning, eksklusiv udledninger fra arealanvendelse og udenrigstrafik. I de få tilfælde, hvor der henvises til den totale udledning inklusiv optag og udledning fra Arealanvendelse, men eksklusiv udenrigstrafik, er dette fremhævet i teksten.

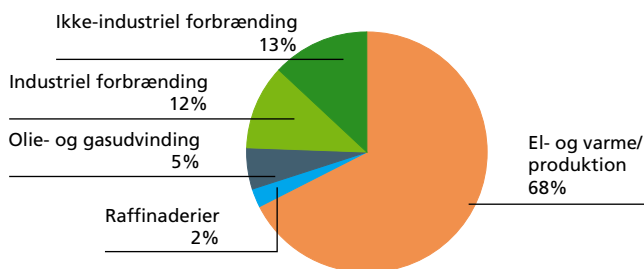
Udledninger fra udenrigs skibs- og flytrafik optræder i en særlig kategori i opgørelserne og medregnes ikke i forhold til Danmarks forpligtelse jf. Kyotoprotokollen og derfor heller ikke i den danske totale udledning.

I 2007 var Danmarks totale udledning af drivhusgasser eksklusiv Arealanvendelse 66.641 kton CO₂-ækvivalenter (1 kton = 1000 ton). Inklusiv Arealanvendelse er udledningen 65.514 kton CO₂-ækvivalenter. Udledningen fra udenrigs skibs- og flytrafik i 2007 var 6.361 kton CO₂-ækvivalenter.

Foto: Marlene Plejdrup.

Figur 2-3

Udledningen af drivhusgasser fra Energi i 2007. Ikke-industriel forbrænding omfatter bl.a. udledning fra husholdninger, herunder brændeovne og olie- og gasfyr i private hjem.



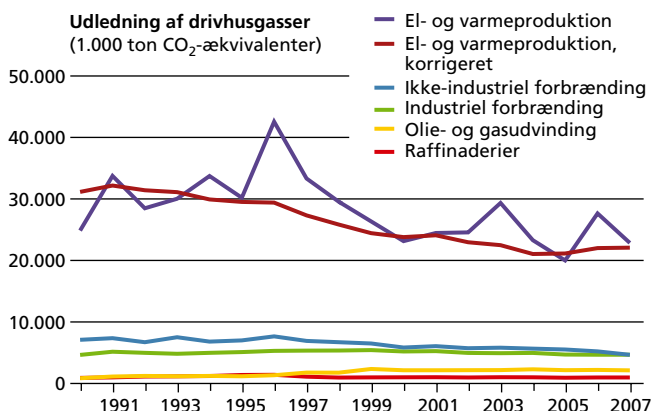
Inden for el- og varmeproduktion er forbrænding af kul den klart største kilde til udledning af drivhusgasser og udgør ca. 76 % af udledningen.

Øvrige vigtige stationære kilder inden for hovedgruppen Energi er industri og ikke-industrielle kilder. Den største ikke-industrielle kilde er husholdninger, der bl.a. dækker over udledninger fra private olie- og gasfyr samt fra brændeovne.

Figur 2-4 viser, hvordan den danske udledning af drivhusgasser fra Energi varierer fra år til år. Især varierer udledningen fra el- og varmeproduktion, som er stærkt afhængig af, om Danmark samlet set har eksporteret eller importeret elektricitet i et givent år. De år, hvor der bliver produceret meget vandkraft i Norge og Sverige, vil Danmark importere el derfra, og de danske kraftværker vil derfor have en mindre produktion og dermed også en mindre udledning af drivhusgasser.

Figur 2-4

Udledning af drivhusgasser i Danmark fra Energi 1990-2007. Hvis der ses bort fra de store årlige udsving pga. handel med el (El- og varmeproduktion, korregeret), så er der en generelt faldende tendens i perioden 1990-2007. Det skyldes, at forbruget af kul har været faldende siden 1990 som følge af overgang til renere brændsler, som fx naturgas. Desuden er der sket en stigning inden for brug af vedvarende energi.



Boks 2

Elsparepærer

Selv de besparelser, der virker små og ubetydelige, kan have stor betydning, når man ser på summen for hele Danmark. Der er mange små tiltag, som vi selv kan være med til at gennemføre, og hvorigennem vi kan bidrage til at reducere udledningen af drivhusgasser.



Foto: Britta Munter.

Et af de mange tiltag, vi nemt selv kan bidrage med, er at bruge elsparepærer. For at vise betydningen af dette lille tiltag, er besparelsen ved at skifte glødepærer ud med elsparepærer beregnet i et simpelt eksempel:

Vi antager, at en husstand i gennemsnit har 15 glødepærer på 40 W, som brænder i gennemsnit 2 timer i døgnet pr. pære. Det giver et dagligt strømforbrug på 1,2 kWh, hvilket svarer til et årligt strømforbrug på 438 kWh (se tabellen).

Udledningsfaktoren for drivhusgasser fra elproduktion bliver beregnet af virksomheden Energinet.dk, der ejer det overordnede el- og naturgasnet i Danmark. Faktoren svinger fra år til år, og den er forskellig for Øst- og Vestdanmark. En typisk værdi er 500 g CO₂-ækvivalenter pr. kWh.

Ud fra det årlige strømforbrug for de 15 glødepærer giver det en udledning på 219 kg CO₂-ækvivalenter pr. år pr. husstand*. Ifølge Danmarks Statistik er der ca. 2,5 mio. beboede boliger i Danmark. De vil tilsammen udlede ca. 550.000 ton CO₂-ækvivalenter fra glødepærene. Det svarer til ca. 0,6 % af Danmarks udledning af drivhusgasser i 2007.

Hvis alle glødepærene blev udskiftet med 11 W elsparepærer ville udledningen blive reduceret med ca. 397.000 ton CO₂-ækvivalenter pr. år, hvilket svarer til 0,8 % af Danmarks samlede udledning af drivhusgasser.

Lyskilde	Strømforbrug pr. dag ¹⁾ (kWh)	Udledning pr. dag ²⁾ (kg CO ₂ -ækv.)	Udledning pr. år ²⁾ (kg CO ₂ -ækv.)	Udledning pr. år/boliger (1.000 ton CO ₂ -ækv.)	Besparelse (1.000 ton CO ₂ -ækv.)
Glødepære, 60 W	1,8	0,9	329	821	
El sparepære, 15 W	0,5	0,2	82	205	616
Glødepære, 40 W	1,2	0,6	219	548	
El sparepære, 11 W	0,3	0,2	60	151	397

¹⁾ Forudsætter at der er 15 pærer, der hver brænder 2 timer i døgnet

²⁾ Ved en udledningsfaktor for el på 500 g CO₂-ækvivalenter / kWh

^{*)} Udledningen er beregnet som CO₂-ækvivalenter. Dvs. at alle drivhusgasserne er medregnet, og at de er vægtet efter, hvor kraftigt de påvirker drivhuseffekten (deres Global Warming Potential, GWP). Ved at skifte fra glødepærer til elsparepærer kan udledningen af drivhusgasser nedbringes. I dette eksempel kan alle Danmarks husstande tilsammen spare atmosfæren for hhv. 616.000 og 397.000 ton CO₂-ækvivalenter.

Generelt har forbruget af kul været faldende siden 1990, mens forbruget af naturgas og vedvarende energi har været stigende. Forbrænding af naturgas udleder 40 % mindre kuldioxid pr. energienhed end forbrænding af kul, og derfor har skiftet i brændsel betydet meget for udledningen af kuldioxid. Resultatet af, at kul er blevet erstattet af renere brændsler er, at udledningen fra el- og varmeproduktion, når der korrigeres for handel med elektricitet, har været faldende fra 1990 til 2007. Dog har der været en svag stigning i den korrigerede udledning de seneste år.

Udledningen af drivhusgasser fra indvinding af olie og gas er steget på grund af Danmarks øgede aktivitet i Nordsøen. Der er både tale om udledninger fra energiforbruget til gasturbiner på boreplatformene og fra flaring (afbrænding af gas uden nyttiggørelse, som sker af tekniske og sikkerhedsmæssige grunde). Derudover sker der også en fordampning af metan ved udvindingen og efterbehandlingen. Udvindingen af olie og gas har været stigende fra 1990 til hhv. 2004 og 2005, hvorefter der er sket et mindre fald. Antallet af platforme i Nordsøen er fortsat stigende, hvilket er afgørende for den øgede udledning af metan i hele perioden 1990-2007.

Udbygning af fjernvarmesystemerne har medført, at udledningen fra husholdninger er faldet siden 1990. Det er især fordi mængden af fyringsolie, der bliver anvendt i private husholdninger, er faldet drastisk i perioden 1990-2007. I samme periode er forbruget af træ til varmeproduktion i husholdninger steget. Træ er en CO₂-neutral energikilde, da det antages, at træer optager lige så meget kuldioxid, mens de vokser, som de udleder ved afbrænding. Derfor har det øgede træforbrug ikke indflydelse på udledningen af drivhusgasser.

Industrien har haft et stabilt forbrug af brændsler fra 1990 til 2007, og derfor er der heller ikke store udsving i udledningen af drivhusgasser herfra. En ændring i typen af brændsler har dog betydet, at der siden år 2000 har været en svagt faldende udledning.

Mobile kilder

Hovedgruppen Mobile kilder omfatter alle former for transport inklusiv militær transport og brug af arbejdsma-

Kilde	Aktivitet
Transport	• Vejtrafik samt tog, skibe og fly
Arbejdsmaskiner	• Brug af arbejdsmaskiner inden for landbrug, skovbrug og industri samt have- og hushold, fx traktorer, flishuggere, entreprenørmateriel og plæneklippere
Militær	• Køretøjer, fly, skibe
Udenrigstransport	• Skibe, fly

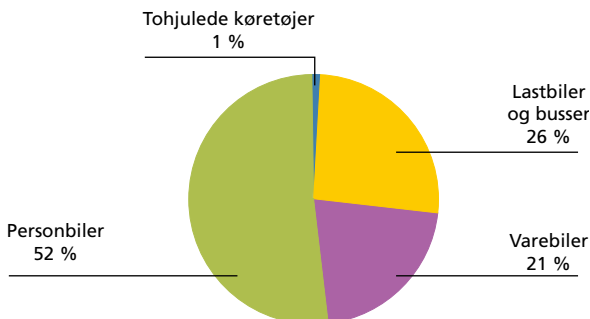
skiner. Desuden indgår udenrigstrafik med skibe og fly i opgørelserne (tabel 2-3). Længst størstedelen af udledningen fra Mobile kilder er kuldioxid.

I 2007 bidrog Mobile kilder med 26 % af Danmarks samlede udledning af drivhusgasser. Vejtransport er den største mobile kilde til udledning af drivhusgasser og bidrager med 77 %. For kilden transport udgør vejtransportens bidrag hele 94 %. Den største udledning fra vejtransporten kommer fra personbiler, efterfulgt af tunge køretøjer (lastbiler og busser), varebiler og tohjulede køretøjer (figur 2-5).

Udledningen fra udenrigstrafikken indgår ikke i de internationale klimaaftaler og bliver derfor ikke regnet med i den samlede danske udledning af drivhusgasser, som indberettes til EU, klimakonventionen og Kyotoprotokollen. Udledningen fra udenrigs skibs- og flytrafik bliver alligevel opgjort, men optræder i en særlig kategori i rapporteringerne (boks 1). Den samlede udledning af drivhusgasser fra transport ville stige med 45 %, hvis udledningen fra udenrigstrafikken (jf boks 1 side 23) blev inkluderet i landstotalen.

Tabel 2-3

Oversigt over kilderne inden for hovedgruppen Mobile kilder



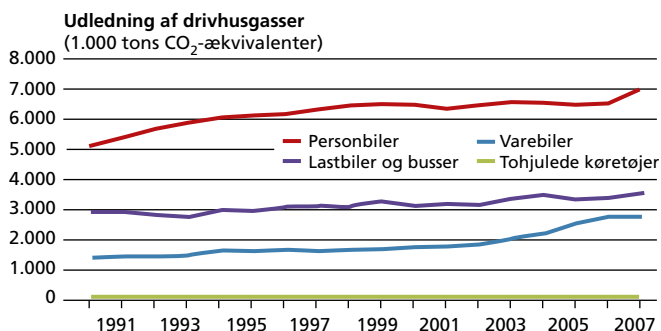
Figur 2-5

Udledning af drivhusgasser fra vejtrafik fordelt på typer af køretøjer i 2007. Vejtrafik udgør hele 77 % af den samlede udledning af drivhusgasser fra hovedgruppen Mobile kilder.

Figur 2-6

Udledning af drivhusgasser fra vejtrafik fordelt på køretøjstyper 1990-2007.

Stigningen i udledningen fra personbiler skyldes en stigning i både antal køretøjer og antal kørte kilometer pr. køretøj.



Boks 3

Tag cyklen på arbejde

Er du klar over, hvor meget drivhusgas du kan spare atmosfæren for, hvis du tager cyklen eller bussen på arbejde?

Hvis du følger eksemplet her, sparer du på årsbasis atmosfæren for 828 kg drivhusgasser ved at lade bilen stå derhjemme og i stedet cykle til arbejde.

Hvis du kører i bus til og fra arbejde i stedet for i bil, sparer du stadig atmosfæren for en stor mængde drivhusgasser. Din personlige udledning bliver 774 kg mindre, når bussen er helt fuld, og bussens udledning af drivhusgasser kan deles mellem mange mennesker. Hvis bussen kun er halvt fuld, sparer du atmosfæren for en lidt mindre mængde drivhusgasser, nemlig 731 kg (se tabellen).

I eksemplet antages det, at du har 10 km til arbejde (hver vej) og arbejder 220 dage om året. Turen er sammensat af 5 km kørsel i by og 5 km kørsel på landevej.

Transportform	Udledningsfaktor ¹	By	Land	Samlet udledning
Personbil	g CO ₂ -ækvivalenter pr. km	223	154	
	kg CO ₂ -ækvivalenter pr. person pr. år ²⁾	490	338	828
Bus, halv fuld ³⁾	g CO ₂ -ækvivalenter pr. km	25	19	
	kg CO ₂ -ækvivalenter pr. person pr. år ²⁾	55	42	97
Bus, fuld ⁴⁾	g CO ₂ -ækvivalenter pr. km	14	11	
	kg CO ₂ -ækvivalenter pr. person pr. år ²⁾	30	23	54
Cykel	g CO ₂ -ækvivalenter pr. km	0	0	
	kg CO ₂ -ækvivalenter pr. person pr. år ²⁾	0	0	0

¹⁾ Udledningen er beregnet som CO₂-ækvivalenter. Dvs. at alle drivhusgasserne er medregnet, og at de er vægtet efter hvor kraftigt de påvirker drivhuseffekten (deres Global Warming Potential, GWP).

²⁾ Daglig transport med 5 km i by og 5 km på landevej hver vej, 220 arbejdsdage pr. år.

³⁾ Halv fuld bus = 36 passagerer.

⁴⁾ Fuld bus = 72 passagerer.

Fra 1990 til 2007 steg vejtrafikkens udledning af drivhusgasser med 42 % (figur 2-6). Dette skyldes især en vækst i udledningen fra personbiler og varebiler på henholdsvis 36 % og 97 %. For personbiler er både antallet af biler og den gennemsnitlige kørsel pr. bil steget. Stigningen i udledningen fra personbiler er dog i de senere år blevet dæmpet af et voksende antal dieselpersonbiler med bedre brændstoføkonomi. For varebiler skyldes stigningen i udledningen især en stigning i antallet af køretøjer, mens den gennemsnitlige kørsel pr. varebil er næsten uændret.

Kørehastighederne er de typiske gennemsnitshastigheder, som biler og busser kører med i byen og på landet. Der er regnet med 1 person i bilen, 72 personer i den fyldte bus og 36 personer i den halvfylde bus.

Tabellen viser udledningen af CO₂-ækvivalenter pr. år, når personen kører i henholdsvis personbil, i en fuld bus og i en halv fuld bus. Tabellen viser også udledningsfaktorer for de tre transportformer i by- og landområder, så du selv kan beregne, hvor meget kuldioxid du kan spare atmosfæren for ved at tage cyklen.



Foto: Britta munter.

For andre mobile kilder end vejtransport er udledningen af drivhusgasser samlet set faldet med 9 % over perioden 1990 til 2007. Udledningen fra industrimaskiner stiger tydeligt på grund af et større antal entreprenørmaskiner, der afspejler den øgede aktivitet i byggesektoren – især i de senere år. For landbrugsmaskiner er udledningen faldet meget i 1990'erne pga. en gradvis omlægning til færre men større bedrifter. Antallet af traktorer er derfor faldet, og de nye traktorer har fået stadigt større og mere energieffektive motorer. Indenrigs søfart domineres af store færger. Her er udledningen faldet meget på grund af lukning af færgeruter efter åbningen af Storebæltsbroen i 1997.

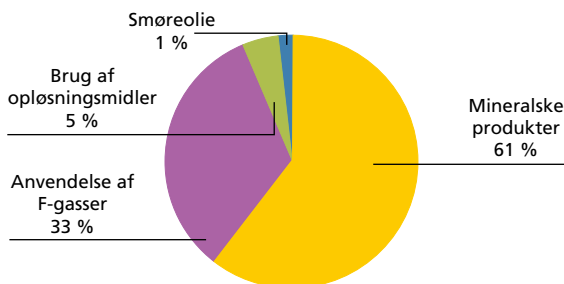
Industri

De vigtigste drivhusgasser fra hovedgruppen Industri er kuldioxid og F-gasser – hydrofluorkarboner (HFC'er), perfluorkarboner (PFC'er) og svovlhexafluorid (SF₆). Udledningen af drivhusgasser fra Industri udgjorde 4 % af den samlede danske udledning i 2007. Heraf udgjorde udledningen af drivhusgasser fra brug af opløsningsmidler 5 %. Udledningen fra opløsningsmidler sker hovedsageligt i form af flygtige organiske kulstofforbindelser (VOC), der danner CO₂ ved kemiske reaktioner i atmosfæren. Industriens andel af Danmarks samlede udledning er steget fra 3,5 % i 1990 til maksimalt 5,1 % i 2000.

Tabel 2-4 viser en oversigt over kilderne og de vigtigste aktiviteter inden for hovedgruppen Industri. Fordelingen af drivhusgasserne fra denne kilde er vist i figur 2-7. Udledningen af drivhusgasser fra industrien afhænger af de anvendte råvarer samt af temperatur- og trykforhold under de industrielle processer.

Figur 2-7

Udledningen af drivhusgasser fra Industri fordelt på kilder i 2007. Mineralske produkter omfatter bl.a. fremstilling af cement og anvendelse af kalk. F-gasser bliver fx brugt til kølemidler og har i høj grad erstattet brugen af stoffer, der medvirker til at nedbryde ozonlaget. Opløsningsmidler bliver brugt i en række forbrugerprodukter, fx maling og lak, samt som råvare og hjælpemiddel i industrielle processer.



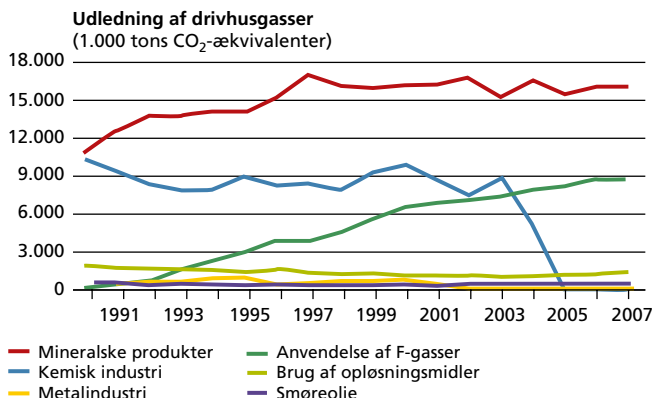
Kilde	Aktivitet
Mineralske produkter	Cement, brændt/læsket kalk, anvendelse af kalk til røggasrensning, glas, glasuld, mineraluld, gul tegl (rødt tegl indgår ikke, da udgangsmaterialet ikke indeholder kalk), ekspanderede lerprodukter (fx leca), anvendelse af asfalt.
Kemisk industri	Salpetersyre til produktion af kunstgødning (frem til 2005 hvor produktionen blev indstillet), katalysatorer.
Metalindustri	Elektrostålværk (og tidligere magnesiumstøberier).
Anvendelse af F-gasser	Køling og aircondition, opskumning af plast, drivmidler i spraydåser og inhalatorer, laboratorieudstyr, produktion, brug og bortskaffelse af termoruder mv. (Se oversigt over F-gasser i tabel 3-4 side 57).
Smøreolie	Brug af smøreolie.
Brug af opløsningsmidler	Overfladebehandling (maling, autolakering mm.), affedtning og kemisk rensning, kemisk industri, husholdningsprodukter (rengøringsmidler, spraydåser, kosmetik og hudplejeprodukter).

Fremstilling af cement er den væsentligste kilde til udledning af drivhusgasser fra hovedgruppen Industri. Udledningen, der sker som kuldioxid, er steget 60 % i perioden 1990-2007 (figur 2-8). Fremstilling af salpetersyre til gødningsproduktion har tidligere været den næstvæsentligste kilde inden for Industri. Udledningen, der sker som lattergas, er faldet med 14 % fra 1990 til 2003 og til 0 % i 2005, hvor produktionen blev indstillet.

Udledningen af F-gasser er steget jævnt over perioden 1995 til 2007, hvor der er sket en samlet stigning på 205 %.

Tabel 2-4

Oversigt over kilder inden for hovedgruppen Industri. Udledninger fra brug af fossile brændsler indgår under Energi.



Figur 2-8

Udvikling i udledning af drivhusgasser i hovedgruppen Industri 1990-2007. Det markante fald i udledning fra kemisk industri i 2003-2005 skyldes lukning af produktionen af kunstgødning.



Ved asfaltering bliver der frigivet metan og opløsningsmidler. Opløsningsmidlerne bidrager til indirekte udledning af drivhusgasser, når de direkte udledte kulstofforbindelser reagerer kemisk i atmosfæren og danner CO_2 .

Foto: Britta Munter.

Den kraftige stigning skyldes, at F-gasser har erstattet brugen af andre stoffer, der medvirker til at nedbryde ozonlaget, fx har F-gasser erstattet freon.

Opløsningsmidler bliver brugt i mange sammenhænge hvoraf den mest almindelige er til at opløse andre kemikalier, for at den færdige blanding skal få den bedst mulige holdbarhed og konsistens. Opløsningsmidler indgår i maling, lak og en række husholdningsprodukter, som fx rengøringsmidler, og i mindre mængder i møbler, tøj, legetøj og kosmetik. Industrien bruger opløsningsmidler til at rense maskiner og til at fremstille produkter til privat forbrug.

Landbrug

Hovedgruppen Landbrug bidrog med 15 % af den totale danske udledning af drivhusgasser i 2007. Inddrager man også dyrkningen af landbrugsjorderne, som bliver rapporteret under hovedgruppen Arealanvendelse, udgør landbrugets udledninger 18 %. Dermed er Landbrug den tred-



jestørste hovedgruppe til udledning af drivhusgasser efter Energi og Mobile kilder. Landbrug er den største kilde til udledning af metan og lattergas i Danmark. Udledninger fra brændstof anvendt i landbruget indgår i hovedgruppen Mobile kilder, og udledninger fra energiproduktion inden for landbrug indgår i Energi.

Metan bliver dannet, når planterester (kulstofforbindelser) bliver nedbrudt under iltfrie forhold ved hjælp af metandannende bakterier. Det sker bl.a. i husdyrenes maver (tabel 2-5). Det er primært flermavede dyr (drøvtyggere) som kvæg og får, der danner metan i maverne, mens én-mavede dyr som grise og heste danner væsentligt mindre metan. Fjerkræ danner næsten ikke noget metan. I gylletanke bliver husdyrgødning nedbrudt under iltfrie forhold

Husdyr bidrager både til udledning af drivhusgasser gennem deres fordøjelse og ved afsætning af gødning.

Foto: Britta Munter.

Tabel 2-5
Kilder til udledning af metan fra Landbrug.

Kilde	Aktivitet
Husdyrenes fordøjelse	Udledningen afhænger af, hvilken fordøjelsesfunktion husdyrene har, og hvilket fodermiddel de får. Grove fodermidler giver ofte anledning til en større udledning af metan end fint formalet foder.
Husdyrgødning	Udledningen afhænger også her af, hvilket fodermiddel dyrene får, og hvor fint forarbejdet det er. Da de metandannende bakterier er temperaturafhængige, har temperaturforholdene under lagringen af gødningen, lagringstiden og koncentrationen af ilt, der er til stede under lagringen, stor indflydelse på den dannede mængde af metan.

og ved hjælp af metandannende bakterier. Derfor sker der en betydelig udledning af metan fra gylle. I fast staldgødning, som fx dybstrøelse og møddingstakke, vil der ofte være ilt til stede og dermed blive dannet betydeligt mindre mængder metan.

De vigtigste kilder til udledning af lattergas er vist i tabel 2-6. Dannelse af lattergas sker, når reducerede kvælstofforbindelser som ammonium (NH_4^+) bliver omsat ved bl.a. nitrifikation til nitrat (NO_3^-). Nitrifikation sker ved hjælp af bakterier i miljøer, hvor der er ilt til stede. Der dannes ikke lattergas under nedbrydning i husdyrenes maver eller i gylletanke, da der kun er meget små mængder ilt til stede. Derimod dannes der lattergas, når kvælstofforbindelserne findes i dybstrøelse og møddingstakke, når der bringes handelsgødning og husdyrgødning ud på marken, og når kvælstofholdige planterester bliver nedbrudt i jorden.

I opgørelserne er udledningen af lattergas opdelt i to grupper; direkte udledning og indirekte udledning. Der sker en direkte udledning af lattergas fra husdyrgødning, handelsgødning og afgrøder samt fra et antal mindre væsentlige kilder, der er samlet under "Andre kilder" (tabel 2-6). Udledningen fra håndtering af husdyrgødning i stalden og på marken afhænger af udmugningssystem, opbevaringsmetode og af, hvordan gødningen bliver udbragt på

Tabel 2-6

Primære kilder til udledning af lattergas (N_2O) fra Landbrug.

Kilde	Aktivitet
Husdyrgødning	• Fast gødning, gylle og ajle
Handelsgødning	• Fx NPK-gødning og urea
Afgrøder	• Fiksering af kvælstof (optag af kvælstof fra luften (N_2) i bælplanter. Ved nedbrydning af planterne frigøres reducerede kvælstofforbindelser, som ved nitrifikation danner og udleder lattergas). • Afgrøderester der bliver på marken/pløjes ned
Atmosfærisk nedfald af kvælstof	• Afgrøder samt udbringning af husdyrgødning, handelsgødning og slam som under håndteringen frigiver ammoniak, der efterfølgende afsættes på jord- og havoverfladen
Udvaskning af kvælstof	• Mængden og typen af udbragt gødning, udbringningsmetode, afgrødetype og mængden af nedbør
Andre kilder	• Dyrkning af organiske (humusholdige) jorder frigiver kuldioxid og lattergas pga. nedbrydningen af det organiske materiale • Slam fra spildevand og affaldsprodukter der spredes på marker • Gødning afsat af dyr på græs

marken. Fx er udledningen af lattergas fra gylle mindre end fra dybstrøelse, en overdækket mødding har mindre udledning end en åben mødding, og biogasbehandlet gødning har en lavere udledning end ubehandlet gødning.

Den indirekte udledning sker, når fordampet ammoniak (NH_3) og udvasket kvælstof danner lattergas andre steder end på markerne. Kun den del af ammoniakfordampningen og udvaskningen, der kan knyttes til landbruget, indgår i opgørelsen. Den ammoniak, der fordamper, bliver senere afsat på steder, hvor den indgår i kvælstofkredsløbet, mens udvasket kvælstof er årsag til, at der bliver dannet lattergas i vandløb og i de indre farvande.

Mængden af udvasket kvælstof afhænger af jordtype, nedbørsmængde, sædskifte og gødsning. Sandjord har alt andet lige en større udvaskning end lerjord, ligesom udvaskningen fra en bar mark er større end fra en tilplantet mark.

Figur 2-9

Køer hører til gruppen af flermavede dyr, og dermed til de dyr, der danner mest metan i maverne under fordøjelsen.

Foto: Britta Munter.

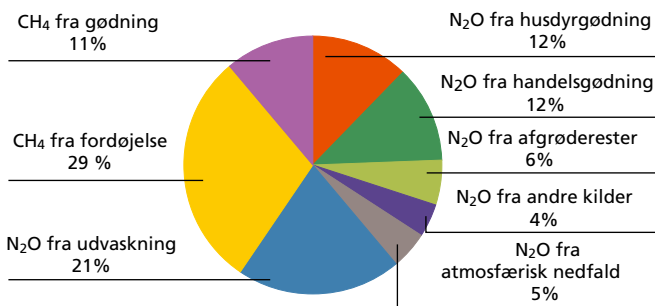


Udledningen af metan og lattergas fra hovedgruppen Landbrug fordelt på kilder er vist på figur 2-11. Figuren omfatter både direkte og indirekte udledninger.

Siden 1990 er den samlede udledning af drivhusgasser fra landbruget faldet. Den vigtigste årsag er, at kvælstof i husdyrgødningen nu bliver udnyttet bedre, og at der derfor anvendes mindre mængder handelsgødning. Det har medført et fald i udledningen af lattergas i forbindelse med fordampning af ammoniak og udvaskning af kvælstof (figur 2-12).

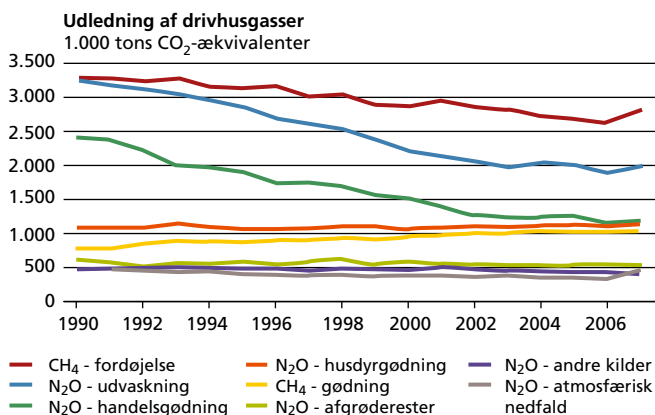
Udledningen af metan fra dyrenes fordøjelse er faldet siden 1990 pga. et faldende antal kvæg. I samme periode er udledningen af metan fra gødning steget, fordi andelen af staldsystemer, hvor der opsamles gylle, er steget. Samlet set er der sket et fald i udledningen af metan siden 1990.

Det danske landbrug drives mere og mere effektivt. Mælkeproduktionen pr. malkeko og antallet af smågrise pr. so øges hvert år. Dette kræver ekstra energi og foder, og udledningen for malkekøer og søer øges en lille smule hvert år. Udledningen pr. produceret liter mælk eller produceret kilo kød vil derimod falde, fordi effektiviteten stiger.



Figur 2-11

Udledning af drivhusgasser i hovedgruppen Landbrug fordelt på kilder for 2007. Udvasning indgår, da der sker en afdampning af lattergas (N₂O) til luften efter, at kvælstof er blevet udvasket eller er løbet af jorden til fx vandløb. Bemærk, at Landbrug kun omfatter udledninger fra afgrøderester, kvælstoffiksering (se side 80), gødning og husdyr. Bemærk desuden, at udledning fra landbrugets energiproduktion indgår i Energi, at udledning fra brændstofforbruget indgår i Mobile kilder samt at udledning relateret til jordernes indhold af kulstof indgår i hovedgruppen Arealanvendelse. Foto: Britta Munter.



Figur 2-12
Udviklingen af metan (CH₄) og lattergas (N₂O) fra hovedgruppen Landbrug 1990-2007. Der er sket et fald i den samlede udledning af drivhusgasser fra Landbrug i perioden, hovedsageligt på grund af bedre udnyttelse af husdyrgødning og derfor mindre anvendelse af handelsgødning.

Arealanvendelse

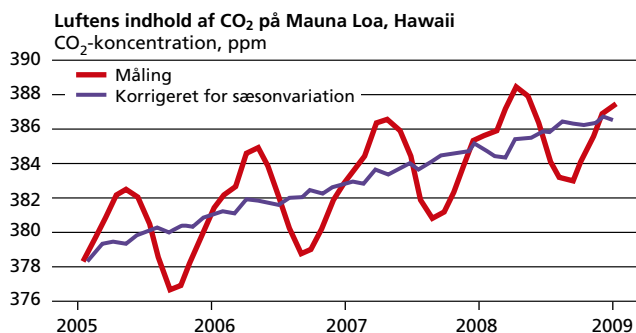
Hovedgruppen Arealanvendelse omfatter udledninger, der kan henføres til forvaltningen af det danske landskab. I opgørelserne er Arealanvendelse inddelt i undergrupperne skovarealer, landbrugsarealer, vedvarende græsarealer, menneskeskabte vådområder, bymæssig bebyggelse og øvrige arealer. Optag og udledning af kuldioxid i skov bliver opgjort af Skov & Landskab ved Københavns Universitet, mens opgørelserne for de øvrige arealer udarbejdes af Danmarks Miljøundersøgelser. Definitionerne, der ligger bag denne gruppering, er beskrevet i de følgende afsnit.

Arealanvendelse adskiller sig fra de øvrige hovedgrupper ved at omfatte både udledning og optag af drivhusgasser. Den vigtigste drivhusgas i forbindelse med Arealanvendelse er kuldioxid, men der er desuden små optag/udledninger af metan og lattergas. I 2007 var der et nettooptag på 1.128 kton kuldioxid fra Arealanvendelse. Både optaget af metan og udledningen af lattergas var ubetydelige (henholdsvis 500 og 100 ton CO₂-ækvivalenter) i forhold til optaget af kuldioxid. Udledningen af lattergas fra landbrugsarealerne på grund af tilførsel af kvælstof eller nedbrydning af organisk bundet kvælstof indgår i hovedgruppen Landbrug. Nettooptaget af drivhusgasser fra Arealanvendelse skal ses i forhold til den samlede danske udledning af drivhusgasser på 66.641 kton CO₂-ækvivalenter.

Figur 2-13

Udviklingen i luftens aktuelle indhold af kuldioxid (CO₂) målt på Hawaii (rød linje). Grafen viser, at der er store variationer i koncentrationen af kuldioxid inden for året; det skyldes skove og afgrøders evne til at binde og frigøre kuldioxid.

Kilde: <http://www.esrl.noaa.gov/>.



Årsvariationen i optag og udledning af kuldioxid fra arealanvendelse afspejler sig i atmosfærens indhold af kuldioxid. Figur 2-13 viser, at atmosfærens indhold af kuldioxid i gennemsnit stiger ca. 2 ppm pr. år (parts pr. million), og at sæsonvariationen er ca. 6 ppm. Sæsonvariationen skyldes, at det meste af Jordens landareal findes på den nordlige halvkugle, hvor skove og andre planter optager kuldioxid fra atmosfæren om sommeren. Derved falder koncentrationen af kuldioxid fra omkring midten af året og frem til efteråret. Om efteråret stopper planternes vækst samtidig med, at nedbrydningen af gamle planterester og dermed udledning af kuldioxid fortsætter. Kombineret med, at forbruget af fossilt brændsel til opvarmning er stort om vinteren på den nordlige halvkugle, stiger koncentrationen af kuldioxid i atmosfæren igen.

Skove

Det danske skovareal er defineret ud fra de principper, der er opstillet af FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). For at et område skal kunne defineres som skov, skal arealet være mindst 0,5 ha (5.000 m²) og bredden mindst 20 meter. Skoven skal være mindst fem meter høj, når den er udvokset, og have et kronedække på mindst 10 %. På baggrund af FAO's definition er der i alt ca. 535.000 ha skov i Danmark i 2007.

I opgørelserne af udledning af drivhusgasser er skovarealet delt op i forskellige undergrupper afhængig af typen af skov. Endvidere er skovarealerne kategoriseret i forhold til, hvad der var skov før 1990, og hvad der er sket af ændringer i skovarealet efter 1990. Den sidste opdeling

skyldes, at alle ændringer i udledninger/optag fra skove, der er blevet ryddet/plantet efter 1990, skal indgå i de enkelte landes reduktionsforpligtigelse ifølge Kyotoprotokollens artikel 3.3. For skovarealer, som eksisterede før 1990, gælder, at hvis de stadig er skove, kan optag og udledninger indgå i reduktionsforpligtigelsen, Kyotoprotokollens artikel 3.4. Danmark har tilvalgt artikel 3.4 for at opnå sit reduktionsmål (se side 61).

I modsætning til situationen i mange andre lande sker der kun en begrænset skovrydning i Danmark. Det skyldes, at man har et ønske om at fordoble skovarealet frem til 2080. Det betyder, at skovarealet hele tiden øges. Gentilplantning efter fældning af skove anses ikke for skovrejsning, men kun skove plantet på jorder, hvor der tidligere var en anden arealanvendelse, fx landbrugsjord.

I de årlige udledningsopgørelser indgår ca. 535.000 ha skov. Det svarer til 12 % af Danmarks samlede areal på ca. 4.300.000 ha.

Foto: Britta Munter.



Optaget af kuldioxid i skove er rimelig konstant fra år til år med en typisk størrelse på ca. 3.000-3.500 kton. Det skyldes primært, at der bliver fældet mindre træ, end den årlige tilvækst er i de gamle skove. Nye skove bidrager endnu ikke så meget til skovenes samlede optag, da arealerne er forholdsvis små, og da træerne endnu vokser langsomt på grund af deres unge alder. I 2007 var optaget af kuldioxid i nyrejte skove 208 kton. Det samlede optag af kuldioxid i skove for årene 1990-2007 fremgår af figur 2-15.

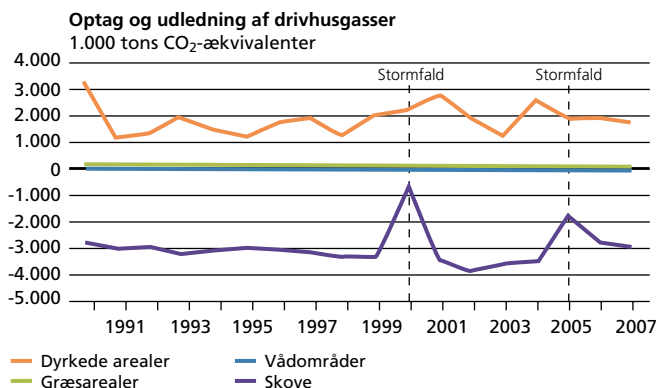
Stormfald kan give anledning til markante ændringer i optaget af kuldioxid i skove. Orkanen i december 1999 medførte, at den registrerede hugst som følge af oprydningen var meget stor i forhold til skovenes tilvækst. Derfor var nettooptaget af kuldioxid i skove meget lavt i 2000. Det samme var tilfældet for 2005, hvor en kraftig storm ramte Danmark. Det lave optag i 2006 skyldtes derimod øget hugst som følge af højere priser på træ.

Landbrugsarealer

Landbrugsarealer omfatter de dyrkede landbrugsarealer inklusiv læhegn, frugtplantager og småbeplantninger, der ikke er defineret som skove. For hegn og andre vedplantninger sker der både optag og udledning af kuldioxid.

Den største kilde er landbrugsjorderne, der indeholder store mængder kulstof (C) i form af organisk materiale i jorden (humus). I alt er det anslået, at de danske landbrugsjorder ned til 1 meters dybde indeholder ca. 425 mio. ton kulstof. Til sammenligning indeholder den levende bio-

Figur 2-15
Udledning og optag af drivhusgasser fra hovedgruppen Arealanvendelse 1990-2007. Negative værdier er et udtryk for, at der sker et optag. For skovarealer indgår både skove, der eksisterede før 1990, og skove rejst siden 1990. I opgørelserne indgår udledning og optag af kuldioxid (CO₂) fra skov, dyrkede arealer og græsarealer samt mindre bidrag af metan (CH₄) og lattergas (N₂O) fra vådområder. Naturarealer indgår ikke opgørelsen.



masse i de danske skove ca. 36 mio. ton kulstof. Langt den største del af kulstoffet i landbrugsjorderne er komplekst bundet og vil kun meget langsomt kunne frigives som kuldioxid. Ud over at der hvert år frigøres en del af den bundne mængde kulstof, tilføres der nyt kulstof fra planterester som halm og rødder. I opgørelsen er jorderne delt op i mineraljorder og organiske jorder (humusjorder). Mineraljorder er ler- og sandjorder, hvor mængden af organisk materiale typisk udgør 3-4 %, mens de organiske jorder er lavbundsjorder med et indhold af organisk materiale på 10-20 %. Dyrkning af jorder med et højt indhold af organisk stof medfører ofte store udledninger af kuldioxid.

Udledningen fra jorderne varierer meget fra år til år og afhænger bl.a. af temperatur, nedbør og mængden af planterester, der tilføres jorderne. I varme år sker der en større omsætning af kulstof i jorden og dermed en øget udledning af kuldioxid (figur 2-15). Udledningen var mindre i 2007

Figur 2-16

Landbrugsjorderne indeholder store mængder kulstof.

På trods af at der tilføres kulstof fra planterester, er der samlet set et tab og dermed en udledning af CO₂ fra landbrugsarealerne.

Foto: Britta Munter.



end i 1990, bl.a. på grund af en øget nedmuldning af halm som følge af forbuddet mod afbrænding af halm på marker fra og med 1990, mere udbredt dyrkning af efterafgrøder og en reduktion i det dyrkede areal.

For at undgå forsuring bliver landbrugsjorden jævnligen kalket. Når kalken (kalciumkarbonat, CaCO_3) neutraliserer syrer i jorden, bliver der frigivet kuldioxid, som skal indgå i regnskabet.

Permanente græsarealer

Mængden af drivhusgasser, der udledes fra og optages af permanente græsarealer, er meget små. Det skyldes dels, at der kun sker en mindre nedbrydning af jordens organiske materiale, da jorderne ikke dyrkes, og dels at arealet er forholdsvis beskedent i forhold til det samlede areal, der indgår i hovedgruppen Arealanvendelse. Den største kilde blandt de permanente græsarealer er drænedes organiske jorder med et højt humusindhold.

Vådområder

I opgørelserne er vådområder defineret som våde arealer, der er under menneskelig kontrol. Det betyder, at udledning fra naturlige vådområder som moser og kær ikke skal rapporteres her, men under øvrige arealer. Vådområder omfatter således vandreservoirer til kraftværker, moser, hvorfra der høstes tørv, og genetablerede vådområder på landbrugsjord. Udledninger fra og optag til vådområder er forholdsvis beskedne.

Et øget fokus på genetablering af vådområder på landbrugsjord (fx Skjern Å) har medført, at der er sket et mindre optag af kuldioxid i årene 2000-2007 imod en udledning i de foregående år. I 2007 var optaget 14 kton CO_2 -ækvivalenter.

Når tidligere landbrugsjorder overgår til moselignende tilstande, sker det typisk på lavtliggende arealer, hvor jorden har et stort indhold af organisk stof. Ved at oversvømme disse områder standses den nedbrydning af organisk stof, som opdyrkning ofte tidligere har medført. Herudover sker der en ny opbygning af organisk materiale fra de planter, som gror i vådområdet. Da der er iltfrie forhold i vådområdet, bliver der dannet og udledt metan, som også indgår i beregningerne.

Spagnum, som er forarbejdet tørv, der er brudt i moserne, anvendes til jordforbedring i haver og drivhuse. I moserne er tørven under vand og bliver derfor ikke nedbrudt. Efter brydning udsættes tørven for ilt, og der sker en nedbrydning og dermed en udledning af kuldioxid. Omkring halvdelen af det spagnum, der bliver anvendt i Danmark, brydes i danske moser, mens den resterende del bliver importeret.

Figur 2-17

Når tidligere landbrugsarealer oversvømmes, stopper nedbrydningen af organisk materiale i jorden og dermed også udledningen af kuldioxid. I stedet bliver der dannet og udledt metan.

Foto: Anna Bodil Hald.



Bymæssig bebyggelse og infrastruktur

Bymæssig bebyggelse og infrastruktur omfatter bl.a. byer, sommerhusområder, havneanlæg, veje, jernbaner og ledningsgader for el-ledninger. Der er i øjeblikket ikke fastlagt nogen metode til at bestemme ændringerne i disse arealers CO₂-balance i Danmark. Ændringerne forventes dog at være små, da der typisk bliver værnet om den bevoksning, der er i parkerne, og da parcelhushaverne ikke gror til med høje træer.

Der vil i løbet af de næste år blive udarbejdet data for optag til og udledninger fra disse områder, som vil blive inddraget i de danske opgørelser.

Øvrige arealer

Øvrige arealer omfatter arealer, hvor naturen får lov at råde. I Danmark er det fx heder, strandenge, klitter og klipper. Disse arealer er ikke omfattet af kravene til opgørelserne, og ændringer i deres CO₂-balance bliver derfor ikke opgjort i øjeblikket.

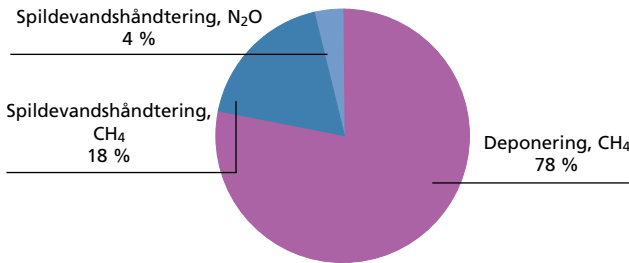
Affald

Hovedgruppen Affald omfatter deponering af affald og behandling af spildevand som begge fører til udledning af drivhusgasser (tabel 2-8). I Danmark indgår al forbrænding af affald i produktionen af energi (el og varme). Derfor indgår udledningerne fra affaldsforbrændingsanlæg i hovedgruppen Energi.

Deponering af affald på lossepladser medfører udledning af metan, mens behandling af spildevand fører til udledning af både metan og lattergas. Udledningen fra håndtering af spildevand stammer fortrinsvis fra renseanlæg. Udledningen fra spildevand og slam, der udbringes på landbrugsarealer, indgår i hovedgruppen Landbrug. Ud-

Tabel 2-8
Oversigt over kilder og aktiviteter i hovedgruppen Affald.

Kilde	Aktivitet
Deponering af affald	Nedbrydning af organisk kulstof i affald.
Spildevandshåndtering	- Nedbrydning af organisk kulstof i spildevand under iltfrie forhold (metan). - Nedbrydning af kvælstof i spildevand (lattergas). - Husholdninger og industri.

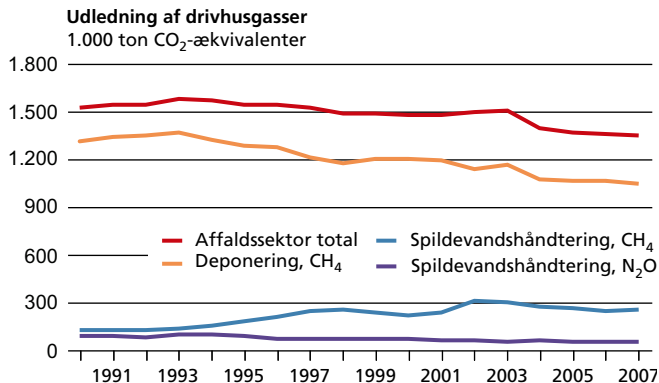


Figur 2-18

Udledning af drivhusgasser fra hovedgruppen Affald fordelt på kilder og drivhusgasser 2007. Forbrænding af affald indgår under hovedgruppen Energi, da al affaldsforbrænding i Danmark sker med udnyttelse af energien til produktion af el og varme.

ledninger fra hovedgruppen Affald udgjorde 2,1 % af den samlede danske udledning af drivhusgasser i 2007. Hovedgruppens dominerende kilder er metan fra deponering, efterfulgt af metan og lattergas fra håndtering af spildevand (figur 2-18).

I perioden 1990-2007 er udledningen af drivhusgasser fra affald og spildevand samlet set faldet med 12 % (figur 2-19). De vigtigste årsager til faldet er, at der deponeres mindre affald end tidligere og at der anvendes mere affald til produktion af energi. Ændringerne har medført, at udledningen af metan fra deponeret affald er faldet med 20 %. Over samme årrække faldt udledningen af lattergas fra håndtering af spildevand med 46 %, fordi der er sket en forbedring af renseanlæg for spildevand. Udledningen af metan fra de kommunale renseanlæg er steget med 104 % i perioden 1990-2007 hovedsageligt pga. en stigning i mængden af spildevand fra industrien der bliver modtaget på centrale renseanlæg.



Figur 2-19

Udledning af drivhusgasser fra hovedgruppen Affald i 1990-2007. Faldet i udledningen fra deponering afspejler den danske affaldsstrategi, der sigter mod at nedsætte andelen af affald til deponi og øge den mængde, der forbrændes og dermed indgår i produktionen af el og varme.



Den internationale klimadebat og Danmarks forpligtelser

Kyotoprotokollen, klimakonventionen, IPCC, COP-møder, Annex I-lande, basisår og reduktionsforpligtelse. Der er mange begreber at holde styr på i forbindelse med den internationale klimadebat herunder Danmarks rolle og forpligtelser. I dette kapitel bliver de vigtigste begreber og deres indbyrdes sammenhæng gennemgået. Gennemgangen tager afsæt i 1980'erne, hvor klimadebatten startede. Den internationale klimadebat har i høj grad fundet sted i FN-regi, og bl.a. derfor er klimadebatten præget af mange engelske ord. En del af disse er omtalt og forklaret her.

Fotos: Courtesy IISD. Collage: Britta Munter.

Gennem de seneste årtier har flere og flere markante forskningsresultater peget på en sammenhæng mellem udledningen af menneskeskabte drivhusgasser og risikoen for en global klimaforandring. Dette førte i 1980'erne til en offentlig og international bekymring og debat. Et meget væsentligt indslag i debatten var Brundtlandkommissionens rapport fra 1987 "Vores fælles fremtid" om emnerne miljø, udvikling og bæredygtighed. Med IPCC's rapport fra 2007 er der nu dokumentation for, at menneskeskabte udledninger af drivhusgasser med meget stor sandsynlighed (mere end 90 %) bidrager til den globale opvarmning, vi er vidne til starten på i dag.

Den internationale organisering

FN

Der var flere internationale konferencer om klima i 1980'erne og i starten af 1990'erne, men en organisering af klimadebatten begyndte først, da FN i 1990 dannede en "Intergovernmental Negotiating Committee" (INC). FN-organisationen, der blev oprettet d. 24. oktober 1945 med 51 medlemmer, havde allerede i 1980'erne de fleste af verdens lande som medlemmer. FN var derfor et egnet forum til at diskutere globale forhold i. I dag er medlemstallet steget til 192 ud af verdens ca. 200 anerkendte lande, og organisationen er dermed stadig et velegnet forum for globale anliggender, herunder klima.

Klimakonventionen

Forhandlinger i INC førte den 9. maj 1992 til klimakonventionen (UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change). Ved topmødet i Rio de Janeiro i juni 1992 spillede såvel Brundtlandrapporten som klimakonventionen en vigtig rolle. Topmødet var en milepæl i den globale diskussion af miljø, klima og bæredygtighed. Klimakonventionen trådte i kraft d. 21. marts 1994 og har i dag tilslutning af samtlige af FN's 192 lande.

Klimakonventionens grundlæggende formål er formuleret i artikel 2. Her siges det, at målet er at stabilisere den atmosfæriske koncentration af drivhusgasser på et niveau, der forhindrer en farlig menneskelig indflydelse på klima-

systemet, samt at gøre dette i tide af hensyn til naturlig tilpasning og for at sikre fødevarerproduktion og muliggøre økonomisk udvikling på bæredygtig vis. Dette udsagn tolkes for øjeblikket af EU på den måde, at temperaturstigningen ved udgangen af dette århundrede ikke må overstige 2 °C.

Konventionen er ikke juridisk bindende, men indeholder tilskyndelser til, at landene iværksætter initiativer med henblik på at holde udledningerne i år 2000 på samme niveau som i 1990. Det skelsættende ved konventionen er, at den dels forpligter landene til at indberette opgørelser af udledninger, og dels omfatter en aftale om regelmæssige møder i FN-regi, hvor klima og udledning af drivhusgasser kan debatteres.

Landene under klimakonventionen er opdelt i tre grupper:

Annex I-lande er industrialiserede lande samt lande med "overgangsøkonomier" (Economies in Transition, EIT-lande). De 41 Annex I-lande bliver ofte omtalt som i-lande. Annex I-landene er listet i tabel 3-1.

Annex II-lande er Annex I-lande minus EIT-landene, i alt 24 lande. Disse lande omtales i klimakonventionen som lande, der i forhold til udviklingslande skal overføre viden og finansiere fx sunde teknologier til fremme af konventionens formål.

Australien	Italien	Schweiz
Belgien	Japan	Slovakiet ^a *
Bulgarien ^a	Kroatien ^a *	Slovenien ^a *
Canada	Letland ^a	Spanien
Danmark	Liechtenstein*	Storbritannien og Nordirland
Estland ^a	Litauen ^a	
EU	Luxemburg	Sverige
Finland	Monaco*	Tjekkiet ^a *
Frankrig	Norge	Tyrkiet
Grækenland	New Zealand	Tyskland
Holland	Polen ^a	Ukraine ^a
Hviderusland ^a	Portugal	Ungarn ^a
Irland	Rumænien ^a	USA
Island	Rusland ^a	Østrig

Tabel 3-1

Annex I-landene er de industrialiserede lande og "overgangsøkonomier" (Economies in Transition, EIT) der har tiltrådt klimakonventionen.

^{a)} EIT-landene

^{*}) Lande der har tiltrådt konventionen siden 1992.



Figur 3-1

En gruppe af klimakonventionens lande er særligt sårbare over for følgerne af klimaforandringerne. Det gælder bl.a. lande, der er udsat for ørkenspredning. Hovedparten af de særligt sårbare lande er u-lande.

Foto: Pia Viuf Ørby.

Non-Annex I-lande er fortrinsvis u-lande, og disse udgør de resterende 151 lande, der har underskrevet klimakonventionen. Disse lande er ikke forpligtet til at rapportere opgørelserne årligt. I stedet sker deres indberetning i forbindelse med de såkaldte nationale kommunikationer efter særlige beslutninger under klimakonventionen. En gruppe af Non-Annex I-lande er anerkendt af konventionen som specielt sårbare over for skadelige virkninger af klimaforandringer. Det er lande med lavtliggende kystarealer, lande der er udsat for tørke og ørkendannelse, samt lande der er stærkt afhængige af indkomst fra salg af fossile brændsler, der produceres i landet. 49 af Non-Annex I-landene er af FN klassificeret som de mindst udviklede (Least Developed Countries, LDCs) dvs. de fattigste lande. Disse lande skal der tages særligt hensyn til på grund af deres begrænsede mulighed for at indstille sig på klimaforandringer. Af disse 49 lande ligger 33 i Afrika.

Diskussioner og vedtagelser i FN-regi afspejler i høj grad grupperingen af landene. Inden for grupperne er der aftalt forhandlingsfællesskaber, som holder særskilte møder, bl.a. i forbindelse med COP-møder. EU optræder typisk samlet i forhold til FN på baggrund af forberedelser, som ligger hos det land, der har EU-formandskabet. For klimakonventionen gælder det som for andre vedtagelser i FN-regi, at de vedtages gennem konsensus, dvs. at alle landene skal nå til enighed.

COP – klimakonventionens øverste myndighed

Da klimakonventionen trådte i kraft blev FN's arbejde med at indarbejde og følge konventionen, samt med at sætte rammen for klimadebatten, organiseret således:

COP "Conference of the Parties" er konventionens øverste myndighed. I FN-sprogbrug kaldes lande for "parties", underforstået "Parties to the convention". COP holder møde hvert år i slutningen af året. Det første møde blev holdt i Berlin i 1995 (tabel 3.2 side 54).

SBSTA "Subsidiary body for Scientific and Technological Advice" er det tekniske underudvalg under COP.

SBI "Subsidiary body for Implementation" er det udvalg, som skal assistere COP ved bl.a. bedømmelse af tvivls-spørgsmål vedrørende gennemførelsen af klimakonventionen og vedtagelser i den forbindelse.

Begge udvalg under COP holder møder hvert halve år. Det ene årlige møde bliver holdt samme tid og sted som COP, det andet bliver holdt i Bonn, Tyskland.

Der er desuden oprettet et sekretariat, som betjener landene under konventionen samt COP og dets underudvalg. Sekretariatet sørger for, at der koordineres med andre internationale fora, fx IPCC og Verdensbanken. Sekretariatet ligger i Bonn.

Det internationale klimapanel, IPCC

Diskussioner og vedtagelser omkring klimakonventionen sker i høj grad på grundlag af det arbejde og de rapporter, som bliver lavet af FN's internationale klimapanel, IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). IPCC blev dannet i 1988 af den meteorologiske organisation WMO og FN's miljøprogram UNEP.

Boks 4

IPCC's vurderingsrapporter

FN's internationale klimapanel IPCC har stået for udarbejdelsen af en serie omfattende rapporter om klimaforandringer, de såkaldte vurderingsrapporter (Assessment Reports). Der er indtil nu fire udgivelser i serien. Den første fra 1990, den anden fra 1995, den tredje fra 2001 og den fjerde og seneste udgivelse fra 2007. Rapporterne er resultatet af det arbejde, forskere fra hele verden har udført. Der er tre arbejdsgrupper, der hver udarbejder en rapport til hver udgivelse i serien:

- **Gruppe 1** foretager en videnskabelig vurdering af de fysiske processer i atmosfæren, herunder indflydelsen af drivhusgasser og partikler. Den seneste rapport fra gruppe 1 hedder "Climate Change 2007: The Physical Science Basis". Gruppen arbejder også med emner som modellering af processer og fremtidsscenarier for klimaparametre samt observationer og målinger af klimavariationer.
- **Gruppe 2** sammenfatter den videnskabelige forståelse af den indflydelse, som klimaforandringerne har på en lang række områder. Herunder kan fx nævnes landbrug og skovbrug, økosystemer, oceaner og kystområder samt vandressourcer. Den seneste rapport fra arbejdsgruppe 2 hedder "Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability".
- **Gruppe 3** varetager emner omkring strategier til at modvirke og nedsætte virkninger af klimaforandringer samt omkring tiltag vedrørende tilpasning til klimaforandringerne. Den seneste rapport fra arbejdsgruppe 3 hedder "Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change".

Der er tale om meget store rapporter. Hver af de tre rapporter er på mere end 900 sider. Rapporten "Climate Change 2007: Synthesis Report", der sammenfatter de vigtigste dele af rapporterne fra 2007, er i sig selv 73 sider lang. Alle rapporterne er tilgængelige i deres fulde længde på IPCC's hjemmeside.

Rapporterne behandler og dokumenterer emnerne på samme måde, som der er tradition for i anden videnskabelig rapportering. Dvs. hvor fageksperters arbejde og artikler inddrages og lægges til grund for udsagn og konklusioner, og hvor mange hensyn, afvejninger og forbehold bliver iagttaget og inddraget. Som følge af denne tradition har IPCC ofte omtalt klimaforandringer og deres årsager i ret så vage vendinger. Derfor blev der ventet med stor spænding på, hvorledes udvikling af klimaforandringer ville blive beskrevet i de seneste rapporter fra 2007.

I vurderingsrapporterne fra 2007 bliver det konkluderet, at opvarmningen af klimasystemet er uundgåelig, at observationer viser en stigning i den globale luft- og havtemperatur, samt at der sker en udbredt afsmeltning af sne og is. Endvidere fastslår rapporterne fra 2007, at der nu er meget stor sikkerhed for, at menneskets aktiviteter har bidraget til opvarmningen, og at disse aktiviteter endvidere har indflydelse på ekstreme temperaturer og på vindsystemerne. Forudsigelsen af temperaturstigningen frem til slutningen af dette århundrede varierer i rapporterne mellem 0,6 og 4,0 grader, afhængigt af antagelser om den fremtidige økonomiske vækst, udviklingen i befolkningstallet samt omfanget af anvendelse af fossile brændsler.

IPCC udtaler sig således i 2007-rapporterne mere sikkert end tidligere om klimaforandringerne og deres årsager. Der er dog fortsat mange, der mener, at IPCC er for vage i deres formuleringer og vurderinger af klimaforandringerne. Det skal holdes in mente, at IPCC's vurderinger, der indgår i rapporter fra 2007, er baseret på den viden, der var omkring udgangen af år 2006.

IPCC har i rapporter opstillet en række nøgleparametre, der indgår i vurderinger af betydningen af forskellige temperaturstigninger fx den grønlandske indlandsis, fødevarerforsyning, udvalgte økosystemer samt risiko for oversvømmelse og brande. For at undgå en kraftig påvirkning af de mest betydningsfulde nøgleparametre vurderer IPCC, at temperaturstigningen i 2100 skal være mindre end 2 °C varmere i forhold til niveauet i 1990. Det vil kræve, at udledningen af drivhusgasser, skal toppe senest i 2020, og at den globale udledning skal reduceres med mere end 50 % i 2050. IPCC konkluderer samtidig, at selv en global temperaturstigning på 2 °C i forhold til 1990-niveau vil have betydelige konsekvenser for mange unikke og værdifulde systemer.

I 2007 blev Nobels Fredspris delt mellem IPCC og Al Gore for deres indsats for at opbygge og udbrede viden om menneskeskabte klimaforandringer. Tildelingen kom efter udgivelsen af den fjerde vurderingsrapport i 2007, og netop IPCC's rapporter blev rost for deres bidrag til en bredere enighed om sammenhængen mellem menneskelige aktiviteter og global opvarmning. IPCC har efterfølgende delt æren af denne pris med en lang række af de eksperter, som har deltaget i arbejdet i IPCC-regi, herunder Erik Lyck, der er en af denne bogs forfattere.



Foto: Britta Munter.

Figur 3-2

I 2007 modtog IPCC Nobels Fredspris for udgivelsen af den fjerde vurderingsrapport. Rapporten er baseret på resultater fra en lang række forskere verden over. IPCC har vist sin værdsættelse af forskernes arbejde ved at dele æren med en lang række af disse eksperter.

Foto: Britta Munter.



IPCC's arbejde er baseret på forskere fra hele verden og ikke på repræsentation fra regeringer. Panelet, der således udgør en objektiv kilde til information om klimaændringer, udfører ikke selv forskning i eller målinger og undersøgelse af klimarelaterede forhold. IPCC's rolle er at vurdere videnskabelig, teknisk og socioøkonomisk litteratur med det formål at fastlægge risikoen ved og virkningerne af menneskeskabte klimaforandringer. Desuden undersøger IPCC mulighederne for tilpasning til (adaptation) og afhjælpning af (mitigation) klimaforandringerne. IPCC samler videnskabens resultater i de såkaldte vurderingsrapporter (Assessment Reports). Den fjerde og seneste vurderingsrapport udkom i 2007 (se boks 4 side 50).

Samlet set har IPCC's arbejde haft afgørende betydning for at skabe den høje grad af forståelse af drivhusgassernes påvirkninger på klimaet, som vi har i dag. Den viden, IPCC har indsamlet, har bl.a. gjort det klart, at opgørelserne skal indeholde udledning af andre drivhusgasser end kuldi-oxid. Da drivhusgasserne lever længe i atmosfæren er det uden betydning for den samlede drivhuseffekt, hvor de bliver udledt. Derimod er det vigtigt at inddrage både udledninger og optag af drivhusgasser i opgørelserne, da det er nettoudledningen (udledning minus optag), der er afgørende for påvirkningen af klimaet.

Kyotoprotokollen

Kyotoprotokollen er en protokol under klimakonventionen, som blev udformet ved COP's tredje møde i Kyoto i 1997. Baggrunden var en erkendelse af, at der i forhold til klimakonventionen var et behov for bindende mål for reduktion af udledningen af drivhusgasser. Reduktionsmålene i Kyotoprotokollen er angivet i procent, og for de fleste lande er målet en reduktion af udledningen for 2008-2012 i forhold til 1990. Landenes reduktionsmål er samlet i et appendix til Kyotoprotokollen, Annex B. Ingen af klimakonventionens non-Annex I-lande optræder i Annex B, og de har dermed heller ingen reduktionsforpligtelse.

Det blev besluttet, at Kyotoprotokollen først kunne træde i kraft, når mindst 55 lande under konventionen havde tiltrådt den. Desuden skulle de lande, der godkendte protokollen, stå for mindst 55 % af udledningen af drivhusgasser fra alle konventionens lande i 1990. I processen frem mod godkendelse af Kyotoprotokollen blev det efter nogen tid klart, at det var kravet om 55 % af udledningerne i 1990, der var afgørende. Rusland endte med at blive det afgørende land for at opfylde kravet, og Kyotoprotokollen trådte i kraft, da Rusland gav sin godkendelse den 16. februar 2005.

Metoderne til at opgøre udledningen af drivhusgasser under Kyotoprotokollen er på mange områder de samme som under klimakonventionen. I forbindelse med de juridisk bindende mål for reduktion af udledningen af drivhusgasser under Kyotoprotokollen er der indført såkaldte fleksible mekanismer. Disse mekanismer giver mulighed for, at landene kan handle med udledninger af drivhusgasser. Desuden er der skabt mulighed for, at en gruppe lande i fællesskab kan forpligtige sig til et samlet reduktionsmål, som de efterfølgende kan fordele mellem sig. EU-15 er sådan et fællesskab, som er indgået mellem de "gamle" EU-lande før udvidelsen af EU. De fleksible mekanismer stiller store krav til regler og systemer under Kyotoprotokollen.

CMP – Kyotoprotokollens øverste myndighed

Da Kyotoprotokollen trådte i kraft, blev det nødvendigt at oprette et mødeforum parallelt til COP. Dette forum hedder "Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol" (CMP) og holder møder

Tabel 3-2
Liste over COP-møder og
CMP-møder.

År	By	COP-møde	CMP-møde
1995	Berlin	COP 1	
1996	Geneve	COP 2	
1997	Kyoto	COP 3	
1998	Buenos Aires	COP 4	
1999	Bonn	COP 5	
2000/01	Haag/Bonn	COP 6	
2001	Marrakesh	COP 7	
2002	New Delhi	COP 8	
2003	Milano	COP 9	
2004	Buenos Aires	COP 10	
2005	Montreal	COP 11	CMP 1
2006	Nairobi	COP 12	CMP 2
2007	Bali	COP 13	CMP 3
2008	Poznan	COP 14	CMP 4
2009	København	COP 15	CMP 5

samme tid og sted som COP (tabel 3-2). Lande, der har tilsluttet sig klimakonventionen, kan deltage som observatører, men kan ikke deltage i beslutningsprocessen. Med Kyotoprotokollens ikrafttræden i 2005 kunne CMP mødes for første gang i Montreal i 2005.

Forud for CMP-mødet i Montreal blev bl.a. reglerne til gennemførelse under Kyotoprotokollen forberedt ved diskussioner i COP-regi. Især var mødet i Marrakesh vigtigt, idet der her blev enighed om de såkaldte Marrakesh-accords. Denne aftale indeholder reglerne vedrørende de fleksible mekanismer. Regler for rapportering, fleksible mekanismer med videre under Kyotoprotokollen findes under CMP-møderne fra 2005 og frem på UNFCCC's hjemmeside.

I Kyotoprotokollen blev det aftalt, at man i 2005 skulle indlede diskussionen af at nedbringe udledningen af drivhusgasser efter den første forpligtelsesperiode (2008-2012). Ved COP 11 i 2005, som samtidig var det første møde under Kyotoprotokollen (CMP 1), blev der nedsat et underudvalg til at starte dette arbejde; en "Ad hoc Working Group – Kyoto Protocol" (AWG-KP).

Bali Action Plan

Ved COP 13 på Bali i 2007 vedtog parterne "Bali Action Plan", der beskriver en proces og de emner, der skal indgå i denne. Målet med processen er at udforme langsigtede handleplaner med henblik på at nedbringe udledningen af drivhusgasser og at øge tilpasningen til klimaforandringerne. USA har ikke tiltrådt Kyotoprotokollen, men var med til at godkende denne plan. "Bali Action Plan" indebar, at der blev nedsat endnu et udvalg; "Ad hoc Working Group on Long-Term Cooperative Action" (AWG-LCA). Udvalget skal varetage arbejdet og forhandlingerne vedrørende en kommende handleplan.

I "Bali Action Plan" er det angivet, at processen har det formål at skabe et langvarigt samarbejde om yderligere tiltag under klimakonventionen. Det er aftalt, at processen, der allerede er startet, også skal fortsætte i årene efter 2012. Desuden er der en målsætning i "Bali Action Plan" om, at parterne skal nå til enighed om en aftale og vedtage denne på COP 15 i København i 2009.

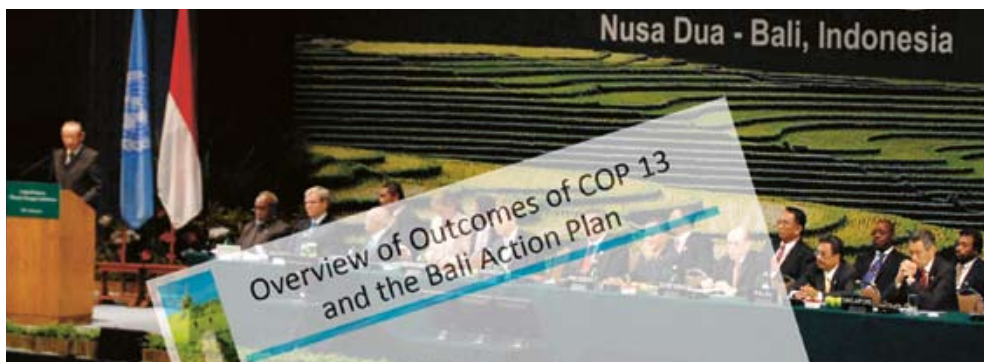
Opgørelse af udledning af drivhusgasser

Med klimakonventionen blev landene forpligtet til at opgøre og rapportere udledninger af drivhusgasser i henhold til fælles metoder. Kravene til opgørelserne har løbende været til diskussion i FN-regi. De opgørelser, som bliver lavet i dag, er resultatet af en lang række vedtagelser i forbindelse med disse diskussioner. De danske opgørelser er udarbejdet i overensstemmelse med disse krav og vedtagelser.

Figur 3-3

Ved klimatopmødet COP 13 på Bali blev det bl.a. besluttet, at der skal vedtages en ny aftale ved Cop 15, der afholdes i København i december 2009.

Foto: IPPC, billedmanipulation
Britta Munter.



Krav til opgørelserne

IPCC har udarbejdet vejledninger til hvordan landene under klimakonventionen skal opgøre udledningen af drivhusgasser. Vejledningerne er tilgængelige på IPCC's hjemmeside sammen med den tilhørende dokumentation.

Af vejledningerne fremgår det bl.a. at udledningen af drivhusgasser i opgørelsen skal opdeles på sektorer (tabel 3-3). Disse sektorer skal dels være hovedoverskrifter i rapporten for opgørelserne og dels for data i det såkaldte CRF-tabelformat (Common Reporting Format) ved landenes årlige rapportering til klimakonventionen.

For de fleste lande er Energi den dominerende sektor, både med hensyn til størrelsen af udledningerne og antallet af kilder. Mobile kilder, der indgår i energisektoren, omfatter bl.a. udledning fra forbrænding af brændstof der anvendes til national og international transport. Kun udledninger fra indenrigstrafik regnes med i summen af nationale udledninger. Udledningerne fra udenrigstrafik bliver beregnet ud fra af det enkelte lands salg af brændstof. Der bliver arbejdet på at få udledningerne fra udenrigstrafik til at indgå i de kommende reduktionsforpligtelser. Inden det kan ske, må landene forhandle sig frem til en beslutning om, hvordan udledningerne fra den internationale trafik skal fordeles mellem dem. For Danmark udgjorde udenrigs luft- og skibsfart i 2007 ca. 6.400 kton CO₂-ækvivalenter eller knap 10 % af Danmarks samlede udledning, der er omfattet af reduktionsforpligtelsen.

Tabel 3-4 viser en liste over, hvilke drivhusgasser der skal indgå i opgørelserne og hvilke Global Warming Potentials (GWP), der skal anvendes ved omregning fra de enkelte drivhusgasser til CO₂-ækvivalenter.

Tabel 3-3
IPCC-sektorerne listet sammen med deres kapitelnummer i den årlige rapport og deres CRF-sektornummer. Udledning fra transport og andre mobile kilder indgår i energisektoren.

Kapitel 3	Energi (CRF-sektor 1)
Kapitel 4	Industrielle processer (CRF-sektor 2)
Kapitel 5	Opløsningsmidler og anden brug af produkter (CRF-sektor 3)
Kapitel 6	Landbrug (CRF-sektor 4)
Kapitel 7	Arealanvendelse, skove, agerland mm. (CRF-sektor 5)
Kapitel 8	Affald, fast affald og spildevand (CRF-sektor 6)

Drivhusgas	Kemisk formel	GWP
Kuldioxid	CO ₂	1
Metan	CH ₄	21
Lattergas	N ₂ O	310
Hydrofluorkarboner (HFC'er)		
HFC-23	CHF ₃	11.700
HFC-32	CH ₂ F ₂	650
HFC-41	CH ₃ F	150
HFC-43-10mee	C ₅ H ₂ F ₁₀	1.300
HFC-125	C ₂ HF ₅	2.800
HFC-134	C ₂ H ₂ F ₄ (CHF ₂ CHF ₂)	1.000
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄ (CH ₂ FCF ₃)	1.300
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂ (CH ₃ CHF ₂)	140
HFC-143	C ₂ H ₃ F ₃ (CHF ₂ CH ₂ F)	300
HFC-143a	C ₂ H ₃ F ₃ (CF ₃ CH ₃)	3.800
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	2.900
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	6.300
HFC-254ca	C ₃ H ₃ F ₅	560
Perfluorkarboner (PFC'er)		
Perfluormetan	CF ₄	6.500
Perfluoretan	C ₂ F ₆	9.200
Perfluorpropan	C ₃ F ₈	7.000
Perfluorbutan	C ₄ F ₁₀	7.000
Perfluorcyclobutan	c-C ₄ F ₈	8.700
Perfluorpentan	C ₅ F ₁₂	7.500
Perfluorhexan	C ₆ F ₁₄	7.400
Svovlhexafluorid		
Svovlhexafluorid	SF ₆	23.900

Tabel 3-4

Oversigt over drivhusgasser og Global Warming Potential (GWP – ifølge IPCC 1995), der skal indgå i de nationale opgørelser.

Metoder til opgørelse af drivhusgasudledning

I forbindelse med klimakonventionen er det besluttet, at landene skal anvende guidebøgerne IPCC Guidelines 1996 samt IPCC Good Practice Guidance 2000 og 2003 ved udarbejdelsen af de årlige opgørelser til og med opgørelsen for 2012. I guidebøgerne er de forskellige metoder til opgørelser beskrevet sammen med et antal standardudledningsfaktorer, som kan anvendes, hvis ikke bedre landespecifikke data er tilgængelige (boks 5 side 58).

Der er angivet flere metoder på forskellige niveauer (tiers) for hver kilde. Tier 1 er baseret på simple antagelser og kræver færrest nationale data. Tier 2 og Tier 3 er mere

Boks 5

Udledningsfaktor

Mængden af en given drivhusgas pr. "aktivitetsenhed", fx gram CO₂ pr. ton afbrændt kul på et kraftvarmeværk – her er "ton afbrændt kul" aktivitetsenheden. Det varierer meget fra kilde til kilde og ikke mindst fra land til land, hvor detaljerede udledningsfaktorer, der er til rådighed.

Basisår

Landenes forpligtelse i Kyotoprotokollen er beskrevet i forhold til den mængde, der blev udledt i basisåret. Det varierer lidt landene imellem, hvordan basisåret er defineret. For Danmarks vedkommende er det udledningen af kuldioxid, metan og lattergas i 1990 samt udledningen af F-gasser i 1995, som de blev opgjort og rapporteret i 2007. Hvert år bliver udledningerne for de foregående år beregnet på ny, hvis der er sket ændringer som følge af ny viden om fx udledningsfaktorer, eller hvis der er inddraget nye kilder i opgørelserne. Det betyder, at de udledninger, der er opgjort for 1990/1995 siden 2007, afviger lidt fra den udledning, der er fastsat for basisåret.

Forpligtelsesperiode

Forpligtelsesperioden i Kyotoprotokollen er perioden 2008-2012. '2010' refererer til den gennemsnitlige udledning i disse fem år. Det er denne udledning der skal reduceres i forhold til udledningen i basisåret.

omfattende og forudsætter, at der tages højde for nationale forhold, og at beregningerne i højere grad er baseret på nationale data. Guidebøgerne angiver rammerne for, at de anvendte metoder opfylder kravene, og sikrer, at de afspejler den nationale situation. Et væsentligt krav er, at metoderne skal være veldokumenterede og videnskabeligt baserede.

De vigtigste kilder bliver identificeret for de enkelte lande ud fra de analysemetoder, der er beskrevet i IPCC Good Practice Guidance. Der er særlige krav til de metoder, som bruges til at opgøre udledninger fra de vigtigste kilder. Det tilskyndes, at der anvendes en metode, som er anbefalet i IPCC Good Practice Guidance, samt at data bliver udvalgt eller bestemt i overensstemmelse med IPCC Good Practice Guidance. De seneste vejledninger fra IPCC er fra 2006, men de må kun anvendes som inspiration til ny viden og ikke som direkte reference til nuværende opgørelser. De

nye guidelines kommer tidligst i direkte anvendelse efter Kyotoprotokollens forpligtelsesperiode.

Danmarks reduktionsforpligtelser

I Kyotoprotokollen er det indskrevet, at Danmark har forpligtet sig til at reducere sin udledning af drivhusgasser med 8 %. Som gruppe har EU-15 landene ligeledes forpligtet sig til at nedbringe udledningen med 8 %. Der er blandt EU-15 landene indgået en aftale om, hvor stor en reduktion de enkelte EU-15 lande skal bidrage med, den såkaldte byrdefordelingsaftale (Burden Sharing Agreement). Ifølge denne aftale har Danmark forpligtet sig til at nedbringe udledningen af drivhusgasser med 21 % i '2010' (gennemsnittet for årene 2008-2012) i forhold til udledningen i basisåret (1990/1995) (boks 5). I EU er der oprettet en "Monitoring Mechanism", hvor EU's egne regler og aftaler i forbindelse med byrdefordelingsaftalen er udformet. Her bliver det vurderet, om EU-15 landene overholder deres forpligtelser.

Som nævnt kan man under Kyotoprotokollen handle med udledninger. Det giver bl.a. mulighed for, at landene kan finansiere projekter i andre lande – projekter som nedbringer udledningen af drivhusgasser – og at disse reduktioner godskrives det land, som finansierer projektet. Projekterne kan både blive udført i lande, der har tiltrådt Kyotoprotokollen (Joint Implementation, JI) og lande uden reduktionsforpligtelser (Clean Development Mechanism, CDM).

Kyotoprotokollens artikel 3.3 og 3.4

Da skovrydning medfører store udledninger af kuldioxid, er det besluttet, at al skovrydning og skovrejsning foretaget siden 1990 skal indgå i de enkelte landes reduktionsforpligtigelse (Kyotoprotokollens artikel 3.3). Det betyder, at den binding af kuldioxid, der sker som følge af skovrejsning i Danmark, skal indgå i den danske reduktionsforpligtigelse. I alt regner man med, at skovrejsningen i Danmark vil bidrage med gennemsnitligt 262 kton kuldioxid pr. år i forpligtelsesperioden.

Kyotoprotokollen indeholder desuden mulighed for, at de enkelte lande kan vælge at inddrage aktiviteter, som øger kulstofbindingen på skov- og landbrugsarealer i redukti-

onsforpligtigelsen (Kyotoprotokollens artikel 3.4). For hvert land har man aftalt en maksimal mængde, som skovene fra før 1990 kan bidrage med til reduktionsforpligtigelsen. Det er gjort, fordi der i disse år i de fleste lande på den nordlige halvkugle sker en stor årlig binding af kulstof i skovene, da der bliver fældet en mindre mængde træ end den årlige tilvækst. Dette er også tilfældet for Danmark. Hvis der ikke var et maksimum for skovenes bidrag, ville store skovlande som fx. Rusland og Canada, kunne opfylde deres reduktionsforpligtigelse alene gennem artikel 3.4 uden at reducere udledningen af drivhusgasser i de øvrige hovedgrupper.

Danmark har tilvalgt artikel 3.4 og dermed valgt at indtage udledninger og optag i relation til, hvordan de danske skove, som eksisterede før 1990, samt landbrugsarealer og permanente græsarealer bliver forvaltet. For Danmark gælder, at det aftalte maksimale bidrag til reduktionsforpligtigelsen fra skov fra før 1990 er 183 kton kuldi-oxid pr. år i forpligtelsesperioden. Det reelle optag optræder i de årlige opgørelser, der bliver indberettet til klimakonventionen.

For landbrugsarealer og permanente græsarealer er der ikke en tilsvarende maksimumsgrænse. Her anvendes i stedet et såkaldt netto-netto-princip, efter hvilket kun ændringer i landbrugsjordenes kulstofindhold som følge ændrede dyrkningsmetoder i perioden fra 1990 til '2010' indgår i reduktionsforpligtelsen. I praksis bliver bidraget fra landbrugsjordene til reduktionsforpligtelsen under Kyotoprotokollen bestemt som forskellen mellem optaget/udledningen i 1990 og i '2010'. Det betyder, at selv om der både sker en udledning i basisåret og i forpligtelsesperioden, kan landbrugsjordene godt bidrage til reduktionsforpligtelsen, hvis blot udledningen er mindre i '2010' end i 1990.

I Danmark er der et forbud mod afbrænding af halm. I stedet pløjes halmen nu ned i jorden. Desuden bliver der dyrket mange flere efterafgrøder, hvorved jorden får tilført større mængder af planterester. Før 1990 skete der store årlige tab af kuldioxid fra de danske landbrugsjorder. Med indførelse af de nye dyrkningsmetoder er tabet nu ændret til, at jorderne omtrent er i ligevægt i forhold til deres indhold af kulstof, når det gælder ler- og sandjorde. Dvs. at den årlige tilførsel af kulstof via planterester omtrent svarer



Figur 3-4

Danmark har tilvalgt Kyotoprotokollens artikel 3.4 og dermed besluttet at udledning fra og optag i skov, der eksisterede før 1990, skal indgå i opgørelsen af den udledning af drivhusgasser, som indberettes til Kyotoprotokollen, og dermed i Danmarks reduktionsforpligtelse.

Foto: Britta Munter.



Figur 3-5

Nedharvning af halm og andre afgrøderester øger jordens indhold af kulstof og er derved med til at binde CO₂ i jorden.

Foto: Britta Munter.

til den årlige nedbrydning af plantemateriale. For de organiske jorde sker der stadig en stor udledning af kuldioxid som følge af dyrkningen. Danmark har valgt at lade landbrugsjorderne indgå som en måde at dække den danske reduktionsforpligtigelse på. Det forventes, at landbrugsjorderne vil bidrage til reduktionsforpligtigelsen med 1.800 kton kuldioxid pr. år i perioden 2008 til 2012.

Evaluerings af opgørelserne

I forbindelse med krav og vedtagelser under klimakonventionen og Kyotoprotokollen er der indført evalueringer

(reviews), hvor de rapporterede udledninger bliver gennemgået og kommenteret af et internationalt hold af eksperter. Der er vedtaget en række procedurer og konsekvenser, hvis ekspertholdet finder, at et lands opgørelser og/eller dokumentation er mangelfulde eller forkerte.

Danmark har haft fire evalueringer. De danske erfaringer med evalueringerne er gode; eksperterne har hovedsageligt været godt tilfredse med de danske opgørelser og det danske datagrundlag, og de har haft konstruktive forslag til forbedringer. Danmark stiller også med eksperter til evaluering af andre landes opgørelser. For at blive godkendt til at deltage i evalueringer skal eksperterne først bestå en eksamen. Danmarks Miljøundersøgelser har i øjeblikket to eksperter inden for henholdsvis landbrugs- og energisektoren.

De danske opgørelser, der blev afleveret i 2003-2005 og 2007-2008, er gennemgået ved centrale evalueringer. Dvs. at de eksperter, der gennemgik Danmarks nationale rapport og data, var samlet i Klimasekretariatet i Bonn. Afleveringen i 2006 for opgørelsesårene 1990-2004 blev evalueret ved et såkaldt "in-country review" i april 2007, hvor teamet af eksperter opholdt sig i Danmark i en uge.

Danmarks basisår og forpligtelse

Evalueringen i 2007 var særlig vigtig, fordi det samtidigt var den evaluering under Kyotoprotokollen, hvor det danske basisår skulle fastsættes. Danmarks udledning i basisåret består af udledningen af kuldioxid, metan og lertgas for 1990 samt udledningen af de såkaldte F-gasser for 1995. Indtil evalueringen i 2007, har Danmark ved de årlige afleveringer kunnet arbejde med hele tidsserien af opgørelser fra 1990 og frem. Af hensyn til vurdering af målopfyldelse og handelen med kvoter, er det imidlertid nødvendigt, at landenes opgørelser fastsættes i absolutte størrelser (CO₂-ækvivalenter). Med udledningen i basisåret lagt fast og med reduktionsforpligtelsen i procent kan reduktionsforpligtelsen beregnes som en absolut forpligtelse (ton CO₂-ækvivalenter), de såkaldte "assigned amount", for forpligtelsesperioden.

Evalueringen i 2007 resulterede i to rapporter, hvori de danske opgørelser er gennemgået, og størrelsen af Danmarks "assigned amounts" blev fastlagt.



Hvordan opgøres udledning af drivhusgasser?

Udledningen af drivhusgasser bliver beregnet på forskellig vis for hver af hovedgrupperne. Grundlæggende bliver udledningerne for en aktivitet beregnet med data, som udtrykker omfanget af aktiviteten, ganget med en udledningsfaktor. Dette kapitel gennemgår de metoder, der bliver brugt ved beregning af udledningen af drivhusgasser fra hovedgrupperne.

Fotos og collage: Britta Munter.

De metoder, der anvendes til at beregne udledningen af drivhusgasser fra de fem hovedgrupper, er i overensstemmelse med de internationale retningslinjer, der er vedtaget for, hvordan udledninger af drivhusgasser skal opgøres. Der er tale om 1996 IPCC Guidelines og 2000 Good Practice Guidance samt 2003 Good Practice Guidance for Arealanvendelse, som er udarbejdet af IPCC.

Energi

Hovedgruppen Energi omfatter kilderne stationær forbrænding samt energiforbrug og fordampning i olie/gas-sektoren som beskrevet i kapitel 2. De metoder, der bliver brugt til at beregne udledningen af drivhusgasser fra kilder under Energi, bliver gennemgået i dette afsnit. I forbindelse med forbrænding bliver der altid dannet og udledt kuldioxid, metan og lattergas, mens fordampning fra olie og gas udleder metan.

Stationær forbrænding

Som det fremgår af tabel 2-2 (side 21) omfatter stationær forbrænding el- og varmeproduktion, forbrug af brændsler (fx kul, olie, naturgas og træ) i industrien og i husholdninger (fx olie- og gasfyr og brændeovne). For kilden stationær forbrænding bliver der beregnet udledninger af kuldioxid, metan og lattergas. Udledningen af drivhusgasser beregnes grundlæggende som en aktivitet gange en udledningsfaktor. Som aktivitetsdata indgår brændselsforbrug, fx forbruget af naturgas i private naturgasfyr eller forbruget af kul til produktion af el og varme på kraftvarmeanlæg. Enheden for forbruget af brændsel er GJ (gigajoule; 1 GJ = 1.000.000.000 J), og den er baseret på energiindholdet i brændslet. Den energistatistik, der anvendes som udgangspunkt for opgørelsen, bliver udarbejdet af Energistyrelsen. Energistatistikken indeholder oplysninger om det årlige forbrug af hver type brændsel.

Udledningsfaktorerne er udtrykt som den mængde kuldioxid, metan eller lattergas, der bliver udledt pr. energienhed i det anvendte brændsel. Udledningsfaktorerne kommer enten fra danske forskningsprojekter eller er taget fra den internationale litteratur, herunder de internationale guidebøger; IPCC Guidelines og EMEP/EEA Guidebook.



Figur 4-1

Ved at erstatte fossile brændsler med fx træ reduceres udledningen af drivhusgasser. Det skyldes, at træ er et CO₂-neutralt brændsel, da det optager lige så meget CO₂, mens det gror som, der frigives, når det bliver brændt. Andre biobrændsler er fx olivenrester, bioolie, halm og biogas.

Foto: Marlene Plejdrup.

Udledningsfaktorerne for kuldioxid afhænger hovedsageligt af typen af brændsel, mens udledningsfaktorerne for metan og lattergas i høj grad er afhængige af både brændselstype og forbrændingsteknologi.

Efter indførelsen af CO₂-kvoteloven er en række virksomheder blevet forpligtet til at lave en detaljeret opgørelse af deres udledning af kuldioxid (se boks 6 side 68). Det indebærer bl.a. en analyse af indholdet af kulstof i brændslet og oplysninger om, hvor meget af kulstoffet der bliver omdannet til kuldioxid under forbrændingsprocessen. Denne nye forpligtelse har betydet, at der fra 2006 er anlægsspecifikke udledningsfaktorer for kuldioxid for en række kraftværker og industrivirksomheder. De nye udledningsfaktorer har medført, at udledningen af kuldioxid fra en række kilder nu kan blive opgjort mere præcist end med tidligere opgørelsesmetoder.

I opgørelserne er udledningen af drivhusgasser delt op på såkaldte punktkilder og arealkilder. Punktkilder er store centrale kraftværker, affaldsforbrændingsanlæg og større industrielle virksomheder, mens arealkilder er de kilder, der forekommer spredt over et stort geografisk område, fx husholdninger. Baggrunden for opdelingen er, at mens udledningsfaktorerne kan beregnes meget præcist for en punktkilde, bliver man nødt til at behandle de mange og spredte kilder ud fra en generel viden om typiske forhold for kilderne.

Boks 6**CO₂-kvoter**

Kyotoprotokollen er en bindende aftale under klimakonventionen. Under Kyotoprotokollen har 37 industrialiserede lande forpligtet sig til at begrænse deres udledning af drivhusgasser. Af disse 37 lande har de 15 lande, der var medlem af EU i 1990 (EU-15), benyttet sig af Kyotoprotokollens mulighed for at gå sammen om et fælles reduktionsmål. Landene har forskellige procentvise reduktionsmål, ligesom fastsættelsen af landenes basisår varierer lidt. Ud fra landenes udledning i basisårene og deres reduktionsmål er den tilladte udledning af drivhusgasser i perioden 2008-2012 beregnet for hvert land. Fordelingen mellem EU-15 landene, den såkaldte byrdefordeling, er efterfølgende godkendt af FN. Det er denne byrdefordeling, der ligger til grund for, at Danmark skal reducere sin udledning af drivhusgasser med 21 %, skønt det samlede reduktionsmål under Kyotoprotokollen for EU-15 er 8 %.

Kvotesystem

Mellem EU-landene er der oprettet et kvotehandelssystem, der startede i 2005 og omfatter alle EU's medlemslande. Det er hovedsageligt el- og varmeproducenter samt industrier med et stort energiforbrug som fx olie- og gasudvinding, der er omfattet af kvotehandelssystemet. På EU-plan omfatter ordningen mere end 10.000 produktionssteder, heraf ca. 380 anlæg i Danmark.

De anlæg, der er omfattet af loven, har fået tildelt et bestemt antal CO₂-kvoter. Hvis anlægene udleder mere kuldioxid, end de har kvoter til, har de to muligheder. Enten kan de købe ekstra kvoter, ellers må de opnå CO₂-kreditter, som er en godtgørelse for CO₂-reducerende projekter udført i andre lande. Der er fastsat en grænse, så virksomhederne ikke kan overholde deres forpligtigelser via kreditter alene. CO₂-kvoter kan handles på tværs af grænserne i Europa, og prisen er bestemt af udbud og efterspørgsel. Derfor er det svært at forudsige, hvordan priserne vil udvikle sig. I september 2009 var prisen på et ton kuldioxid ca. 15 € (ca. 110 kr.).

De projekter, der bliver udført for at opnå CO₂-kreditter, kan fx være anvendelse af biomasse til fremstilling af energi, opsamling af metan fra lossepladser eller opsætning af vindmøller. Man skelner mellem projekter, der bliver udført i lande, som har en forpligtigelse til at reducere deres udledning (Joint Implementation, JI), og projekter i lande, der ikke er omfattet af Kyotoprotokollens forpligtigelser (Clean Development Mechanism, CDM).

JI-projekter bliver typisk udført i central- og østeuropæiske lande, mens CDM-projekter udføres i udviklingslande. Den danske stat har JI-projekter i Rumænien, Bulgarien, Polen, Rusland og Tjekkiet, og CDM-projekter i Malaysia, Thailand, Kina, Sydafrika, Egypten og Armenien (september 2009).



Styr på kvoterne

For at holde styr på alle CO₂-kvoterne, er der i de enkelte lande oprettet et kvoteregister, der skal rapportere til det samlede register i FN's klimasekretariat. Alle virksomheder, der er omfattet af CO₂-kvoteloven, får sat den mængde kvoter, som de er berettiget til, ind på deres konto. "Kvote-kontoen" bliver opdateret med køb og salg af kvoter samt med de CO₂-kreditter, der er opnået.

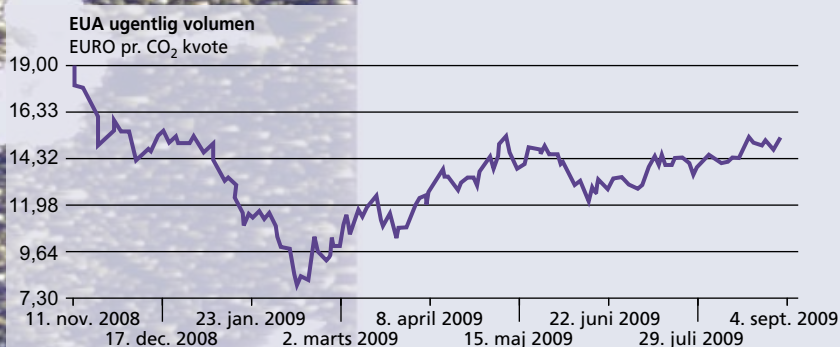
De virksomheder, der er omfattet af ordningen, skal hvert år opgøre deres udledning af kuldioxid og have opgørelserne verificeret af en uafhængig kontrolinstans. CO₂-kvoteloven administreres i Danmark af Energistyrelsen, og det er også Energistyrelsen, der udarbejder Danmarks rapportering til FN's register.

Forpligtelsesperiode

Alle EU-lande har lavet en såkaldt national allokationsplan (NAP) for årene 2008-2012, som er første forpligtelsesperiode under Kyotoprotokollen. EU-kommissionen godkendte den danske plan i august 2007. I NAP er alle anlæg, der er omfattet af kvoteloven, listet med oplysninger om de tildelte kvoter for 2008-2012 samt med oplysninger om, hvor mange CO₂-kreditter der kan blive godtgjort. De danske anlæg i ordningen har fået tildelt årlige kvoter på i alt 24,5 mio.

ton CO₂-ækvivalenter i perioden 2008-2012.

I NAP er det desuden beskrevet, hvordan Danmark samlet set, gennem statslige tiltag og virksomhedernes forpligtelser, vil leve op til sit mål om at reducere udledningen af kuldioxid med 21 %.



Prisen for CO₂-kvoter i det europæiske kvotehandelssystem varierer i takt med udbud og efterspørgsel.

Kilde: www.nordpool.com.

Udledning af flygtige forbindelser

Fordampning i forbindelse med udvinding, lagring og transport af olie og gas er en anden kilde til udledning af drivhusgasser inden for hovedgruppen Energi. Ved alle tre aktiviteter bliver der udledt metan. De aktivitetsdata, der bliver brugt i opgørelsen, er fx den producerede mængde af olie/gas og den mængde olie, der er lastet offshore. Både på boreplatformene i Nordsøen og på raffinaderierne bliver der afbrændt restgas (flaring). Denne afbrænding giver anledning til udledning af kuldioxid, metan og lattergas. Derudover er der et betydeligt energiforbrug i forbindelse med udvindingen af olie og gas, som giver anledning til udledning af såvel kuldioxid som metan og lattergas.

I nogle tilfælde indgår målte udledninger i stedet for beregninger, som er baseret på udledningsfaktorer og aktivitetsdata i opgørelserne. Dette gælder fx i forbindelse med raffinaderierne. De to danske raffinaderier estimerer selv den samlede udledning af metan fra raffineringsprocessen, og denne udledning indføres direkte i opgørelsen.

Figur 4-2

Vejtrafik er den af de mobile kilder, der udleder den største mængde drivhusgasser, og udledningen forventes at stige i de kommende år.

Foto: Britta Munter.



Mobile kilder

Udledningen af drivhusgasser for Mobile kilder beregnes overordnet set ved at kombinere aktivitetsdata og udledningsfaktorer. Aktivitetsdata for denne hovedgruppe er generelt meget detaljerede og afhænger af den enkelte transportform eller maskintype. Eksempler på aktivitetsdata kan være antallet af enheder inden for forskellige køretøjstyper (bestanden) kombineret med antal kørte kilometer, eller motorstørrelse kombineret med antal driftstimer pr. år. Udledningsfaktorerne er målte eller anslåede tal for udledningen af den enkelte drivhusgas pr. aktivitetseenhed (fx ton kuldioxid pr. kørt kilometer). Udledningsfaktorerne kommer enten fra fælleseuropæiske databaser, specifikke computermodeller eller fra den internationale videnskabelige litteratur, herunder guidebogen fra EMEP/EEA.

Tabel 4-1 viser en oversigt over, hvor aktivitetsdata og emissionsfaktorer kommer fra, og giver dermed et indtryk af detaljeringsgraden for de enkelte kilder.

Tabel 4-1

Oversigt over hvor data, der bliver brugt til at beregne udledninger fra kilderne inden for hovedgruppen Mobile kilder, kommer fra.

Aktivitet	Transport- og maskintype	Aktivitetsdata	Udledningsfaktor
Vejtrafik	Personbiler, varebiler, lastbiler, busser, knallerter, motorcykler	Danmarks Statistik, Vejdirektoratet, Energistyrelsen	Computermodellen COPERT IV
Flytrafik	Jetfly, propelfly, helikoptere	Statens Luftfartsvæsen, Energistyrelsen	EMEP/EEA guidebogen
Skibstrafik	Regionale færges, små færges, øvrig søtrafik	Danmarks Statistik, Energistyrelsen	DSB, EMEP/EEA guidebogen
Togtrafik	Både person- og godstrafik	Energistyrelsen	DSB, EMEP/EEA guidebogen
Militær	Køretøjer, fly	Energistyrelsen	Computermodellen COPERT IV
Maskiner i landbrug	Traktorer, mejetærskere	Danmarks Statistik, Brancheorganisationer, Forskningsinstitutioner	Videnskabelig litteratur, EMEP/EEA guidebogen
Maskiner i skovbrug	Traktorer, skovningsmaskiner, flishuggere	Forskningsinstitutioner	Videnskabelig litteratur, EMEP/EEA guidebogen
Maskiner i industri	Grave- og læsemaskiner, gaffeltrucks	Brancheorganisationer, Forskningsinstitutioner	Videnskabelig litteratur, EMEP/EEA guidebogen
Maskiner i have- og hushold	Havetraktorer, plæneklipere, kædesave, fræsere	Brancheorganisationer, Forskningsinstitutioner	Videnskabelig litteratur, EMEP/EEA guidebogen

Vejtrafik

Vejtrafikkens udledning af drivhusgasser bliver beregnet for hver køretøjstype. Udledningen bliver beregnet som summen af udledningen under kørsel, når motoren er driftsvarm, og den ekstra udledning, der er under koldstart. De vigtigste oplysninger om bestanden af køretøjer fås fra Danmarks Statistik. Data for antal kørte km pr. år (årskørslen) bliver oplyst af Vejdirektoratet. Årskørslen er inddelt i by-, landevejs- og motorvejskørsel, da udledningen af drivhusgasser afhænger af både hastighed og køremåde. I opgørelserne bliver køretøjerne inddelt i grupper i forhold til deres gennemsnitlige forbrug af brændstof og udledninger. Herefter bliver udledningerne beregnet ved at kombinere antal køretøjer og antal kørte km pr. år med de gennemsnitlige udledninger pr. km på de enkelte vejtyper.

Luftfart

For luftfart bliver udledningen af drivhusgasser beregnet for hver enkelt flyvning ved hjælp af flyoplysninger fra Statens Luftfartsvæsen (SLV) samt afstandstabeller og udledningsfaktorer, der ligger i centrale databaser, som Danmarks Miljøundersøgelser har opbygget. Data fra SLV giver oplysninger om afgang- og ankomstlufthavn samt flytype for hver enkelt flytur. I Danmarks Miljøundersøgelses database er udledningsfaktorerne registreret for hver flytype for start og landing og pr. fløjet km på resten af turen. Den samlede udledning af drivhusgasser fra fly bliver beregnet i en model, som Danmarks Miljøundersøgelser har udviklet.

Søfart

Trafikken inden for national søfart er opdelt i tre grupper: regionale færger, småfærger og den øvrige søtransport. For regionale færger bliver udledningen af drivhusgasser beregnet for hver enkelt færges tur ved at kombinere antallet af dobbeltture (tur-retur) fra Danmarks Statistik med nøgletal fra branchen for sejltid pr. dobbelttur, færgens motorstyrrelse og -belastning samt udledningen pr. kWh for færgens motor. For små færger og øvrig søtransport bliver udledningen af drivhusgasser beregnet ved at kombinere udledningsfaktorer med det totale forbrug af brændstof. Oplys-



Figur 4-3

Udledningen af drivhusgasser bliver beregnet for både inden- og udenrigs skibs- og flytrafik. Udledningen fra udenrigstrafikken rapporteres i en særlig kategori, der ikke medregnes i Danmarks samlede udledning, og som dermed heller ikke indgår i forpligtelsen under Kyoto-protokollen.

Foto: Britta Munter

ningerne om forbruget af brændstof er baseret på Energidirektoratets energistatistik. Den samme metode bliver anvendt til at beregne udledningen af drivhusgasser fra togtrafik, fiskeri og militære aktiviteter.

Arbejdsmaskiner og fritidsfartøjer

Udledningen af drivhusgasser fra arbejdsmaskiner og fritidsfartøjer bliver beregnet meget detaljeret. Antallet af maskiner bliver bestemt for forskellige grupper. Maskinerne er fordelt i grupperne efter maskintype, brændstoftype, gennemsnitlig motorstørrelse og belastning samt anslået salgsår. I beregningerne bliver der desuden brugt oplysninger om det årlige antal driftstimer og udledningen pr. kWh. Alle disse oplysninger bliver indhentet fra brancheorganisationer, forskningsinstitutioner og fageksperter. Beregningerne for traktorer, mejetærskere og gaffeltrucks er særligt detaljerede. Her bruges det aktuelle antal af solgte nye maskiner for hvert år til at inddrage udledningerne mere præcist efter maskinernes salgsår.

Datagrundlag

Beregning af drivhusgasudledning fra mobile kilder sker for hovedpartens vedkommende ud fra data for forbrug af brændstof fra Energistyrelsens energistatistik.

For vejtransport og luftfart bliver de beregnede udledninger af drivhusgasser justeret ved hjælp af en såkaldt brændstofbalance. Princippet er at beregne forbruget af brændstof for disse transportformer og sammenligne resultatet med Energistyrelsens tal for salg af brændstof. Derefter bliver det beregnede forbrug af brændstof samt udledningen af drivhusgasser justeret sådan, at den beregnede og solgte energimængde bliver ens. Brændstofbalancerne sikrer, at hele det oplyste brændstofsalg ligger til grund for de årlige opgørelser.

Industri

Hovedgruppen Industri omfatter kilderne processer i industrien, brug og bortskaffelse af F-gasser, smøreolie og opløsningsmidler (kapitel 2). Udledninger fra forbrug af fossile brændsler i industrien indgår i hovedgruppen Energi. De følgende afsnit beskriver de metoder, der bliver brugt til at beregne udledningerne fra kilder under Industri.

Fremstilling af mineralske produkter

Udledningen af kuldioxid fra fremstilling af cement bliver beregnet af producenten som følge af krav om indberetning til EU's CO₂-kvoteregister. Virksomheden opgør udledningen af kuldioxid efter de retningslinjer, der er udarbejdet af EU, og efter retningslinjer, som virksomheden selv har lavet og efterfølgende fået godkendt.

Opgørelsen er baseret på registreringer af mængden af alle indgående råvarer. Udledningerne bliver beregnet ud fra disse mængder kombineret med kendskab til indholdet af karbonat eller til en specifik udledningsfaktor for kuldioxid for de enkelte råvarer. De oplyste udledninger bliver indført direkte i den danske opgørelse. Udledningen af kuldioxid fra anvendelse af kalk og kalklignende produkter bliver beregnet ud fra oplysninger om produktion af brændt kalk fra Danmarks Statistik og oplysninger om forbrug af kalkholdige råvarer fra de aktuelle virksomheders grønne regnskaber kombineret med udledningsfaktorer, der er



Figur 4-4

Fremstilling af cement er den største kilde inden for industrien til udledning af drivhusgasser. Ved cementproduktion anvendes en rotérovn, hvor en blanding af kalk, sand og vand brændes til cementklinker. Processen frigiver CO_2 fra kalken.

Foto: Aalborg Portland.

baseret på råvarernes og produkternes kemiske sammensætning.

Kemisk industri

Fremstilling af salpetersyre (HNO_3) i Danmark blev indstillet i 2005, men indgår i opgørelserne for årene 1990-2004. Ved fremstilling af salpetersyre, som er en råvare til produktion af kunstgødning, sker der en sidereaktion, som danner lattergas. Beregningen af udledningen fra denne sidereaktion er baseret på virksomhedens målinger i kombination med den producerede mængde salpetersyre. Da målingerne ikke foretages hvert år, bliver udledningen for de øvrige år beregnet ud fra den producerede mængde salpetersyre kombineret med udledningsfaktoren, der er blevet bestemt ud fra målingerne.

Metalindustri

Udledningen af drivhusgasser fra metalindustrien sker, når der bliver anvendt kulstof til at raffinere stål fremstillet af metalskrot. Der bliver dannet kuldioxid ved iltning af kulstoffet, og udledningen kan beregnes ud fra den anvendte mængde kulstof. Der har ingen udledning været i de seneste år, idet driften af elektrostålværket i Frederiksværk er indstillet.

Anvendelse af F-gasser

HFC'er er den gruppe af F-gasser, der bliver anvendt i størst omfang i Danmark, og som dermed står for hovedparten af udledningen af drivhusgasser knyttet til anvendelse af F-gasser. Hydrofluorkarboner (HFC'er) bliver hovedsagligt anvendt til private og kommercielle køleanlæg, airconditionanlæg og til opskumning af plast. For disse anvendelser gælder, at der både forekommer en udledning ved produktionen og derefter i løbet af de følgende 10–20 år. For kølemidler og opskumningsmidler anvendes en udledningsfaktor, der udtrykker, hvor stor en andel af den oplagrede mængde F-gas, der bliver udledt pr. år. Desuden er der en udledning fra køleanlæg i forbindelse med drift og vedligeholdelse (efterfyldning).

Figur 4-5

Generelt er udledningsfaktorerne højere for anvendelse af opløsningsmidler i husholdninger end i industrien. Det skyldes, at der er regler for og krav til anvendelse inden for industrien, men ikke til private forbrugere.

Foto: Britta Munter.

Anvendelse af opløsningsmidler

Opløsningsmidler er flygtige; dvs. at en stor del vil fordampe under anvendelsen og med tiden omdannes til kuldioxid i atmosfæren. I industrien er der ofte en god opsamling og efterfølgende genanvendelse eller destruktion af kemikalierne. Når opløsningsmidler indgår i produkter til fx husholdninger, er der en større frigivelse til atmosfæren. Det betyder, at udledningsfaktoren er højere ved privat



brug, end når de bliver anvendt i industrien. Den danske opgørelse er baseret på data for anvendte mængder kemikalier fra Danmarks Statistik. De anvendte mængder bliver fordelt ud på industriprocesser og produkter ved hjælp af den nordiske produktdatabase SPIN.

Landbrug

Fra landbruget bliver der udledt metan og lattergas. Udledningen af metan kommer fra dyrenes fordøjelse samt fra håndtering af gødning i stalden og på marken. Udledningen af lattergas kommer hovedsageligt fra omsætning af den gødning, der bliver anvendt til gødsning af markerne, herunder husdyrgødning, handelsgødning og slam.

Udledning fra brændselsforbruget til energiproduktion samt til transport og maskiner indgår i hhv. Energi og Mobile kilder, mens udledning fra landbrugsjorden indgår i Arealanvendelse.

Metan fra dyrs fordøjelsessystem

Udledningen af metan fra dyrs fordøjelsessystem bliver beregnet ud fra antallet af dyr fordelt på dyreart og alder, mængden af foder, som dyrene indtager, samt en udledningsfaktor for dannelsen af metan. Danmarks Statistik opgør antallet af dyr, mens oplysninger om, hvor meget og hvilke typer foder, dyrene får, kommer fra Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet ved Aarhus Universitet og Plantedirektoratet. Der bliver anvendt specifikke udledningsfaktorer for hver dyreart og for hver fodertype. Faktorerne er angivet i IPCC's Guidelines. For malkekøer og kvier bliver udledningsfaktorerne tilpasset danske fodermidler. Det skyldes, at man i Danmark tidligere har fodret meget med fodersukkerroer, som giver anledning til en større udledning af metan end fodring med græs og majs. Brugen af fodersukkerroer er i dag næsten ophørt, og udledningen pr. malkeko er derfor lavere end tidligere.

Metan fra husdyrgødning

Udledning af metan fra husdyrgødning bliver beregnet ud fra indholdet af organisk materiale i gødningen. Derudover er dannelsen af metan afhængig af stald- og gødningssystemer. Hvis gødningen bliver lagret et sted, hvor der er ilt

**Figur 4-6**

Når husdyrgødning lagres i gylletanke, bliver der dannet mere metan end i en mødding. Det skyldes, at der er mindre ilt til stede i gylletanken. Gylle kan anvendes til produktion af el og varme i biogasanlæg. Herved nedbringes udledningen af metan og lattergas i forhold til når gylle, der ikke er biogasbehandlet, anvendes som gødning på markerne.

Foto: Britta Munter

til stede (fastgødningssystem, fx en mødding), vil dannelsen af metan være mindre end i gyllebaserede systemer, hvor der er iltfrie forhold. Beregningerne er baseret på mængden af husdyrgødning, som bliver beregnet ud fra antallet af dyr, samt på hvor meget hvert dyr udskiller.

Det organiske indhold i gødning beregnes ud fra dyrenes foderindtag, en faktor for hvor meget der fordøjes, indholdet af uorganisk materiale i gødningen (askeindhold) samt forbrug og indhold af tørstof i strøelsen.

Udledningen af metan bliver beregnet som andelen af organisk stof i gødningen ganget med en konstant for den maksimale dannelse af metan. Denne konstant afhænger af dyrearten, og hvilken type foder dyret får (fx grovfoder som græs og halm eller fintmalet foder som korn til grise). Herudover bliver der ganget med en udledningsfaktor for metan, som igen afhænger af, hvilke temperaturforhold, lagringstid og andre lagringsforhold, som husdyrgødningen opbevares under inden udbringning på marken.

De faktorer og oplysninger, der bruges til beregningerne, stammer fra dansk og international litteratur. Fx er askeindholdet for diverse fodertyper angivet i bogen "Fodermiddeltabellen", der udgives af Landsudvalget for Kvæg. Oplysninger om foderindtag og forbrug af strøelse bliver indhentet fra Plantedirektoratet og Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet ved Aarhus Universitet.

Biogas

Gylle kan anvendes til at producere el og varme. Det sker i biogasanlæg, hvor gassen metan bliver forbrændt. Ved forbrændingen af metan bliver der udledt kuldioxid, der har et mindre GWP og dermed bidrager mindre til drivhuseffekten end metan. Udledningen af lattergas nedbringes samtidig, fordi en del af det organisk bundne kvælstof i gødningen omdannes til uorganisk kvælstof (NH_4^+), som ikke vil danne lattergas i bioreaktoren. Herudover dannes der mindre lattergas ude i marken fra uorganisk kvælstof end fra organisk bundet kvælstof.

Ved behandling af husdyrgødning i biogasanlæg reduceres den udledning af metan, som ellers naturligt kommer fra gylletankene. Udledningen af metan bliver reduceret med 30 % for kvæggylle og med 50 % for svinegylle, mens udledningen af lattergas bliver nedbragt med 36 % for kvæggylle og 40 % for svinegylle.

Energistyrelsen opgør mængden af biogasbehandlet gylle, mens de anførte reduktionsmuligheder kommer fra danske undersøgelser.

Ud over at landbruget reducerer udledningen af drivhusgasser ved at lade biogasanlæg opsamle den naturligt dannede drivhusgas, øger biogasanlæg også produktionen af metan ved at give de metandannende bakterier optimale forhold. Den dannede metan bliver opsamlet og afbrændt til energiformål. Energien fra den producerede metan og udledningerne fra forbrændingen indgår i hovedgruppen Energi.

Lattergas fra husdyrgødning, handelsgødning og slam

Udledningen af lattergas fra lagring af gødning og fra gødning afsat af dyr på græs bliver beregnet ud fra mængden af kvælstof i gødningen og en udledningsfaktor. Både kvælstofmængden og udledningsfaktoren er afhængige af dyreart og gødningstype.

Udledningen af lattergas fra kvælstof udbragt på marker via gødsning bliver opgjort ud fra summen af kvælstof i de udbragte mængder af handelsgødning, husdyrgødning og slam. En del af kvælstoffet fordamper som ammoniak (NH_3) og trækkes derfor fra. Ud fra den mængde kvælstof, der er tilbage, bliver udledningen af lattergas beregnet ved at

gange med en udledningsfaktor for hver af de tre gødnings typer. Mængden af kvælstof bliver efterfølgende omregnet fra kvælstof til den tilsvarende mængde af lattergas.

De anvendte udledningsfaktorer er anbefalet i IPCC's Guidelines. Oplysninger om mængden af handelsgødning bliver indhentet fra Plantedirektoratet og om mængden af slam fra Miljøstyrelsen, mens mængden af kvælstof i husdyrgødning bliver beregnet ud fra Danmarks Statistiks oplysninger om type, antal og størrelse af dyr.

Lattergas fra kvælstoffiksering, afgrøderester og udvaskning

Nogle afgrøder kan fikse kvælstof, dvs. optage kvælstof fra luften. Det er rizobiumbakterier i rodknolde på især bælgplanter som lucerne og kløver, der er i stand til at fikse atmosfærisk kvælstof (N_2).

Den mængde kvælstof, der bliver optaget i planterne, bliver beregnet på basis af tørstofudbytte og afgrødernes indhold af kvælstof. Det fikserede kvælstof giver anledning til, at der udledes lattergas til luften. Denne udledning bliver beregnet på baggrund af den udledningsfaktor, der er angivet i IPCC's Guidelines (1,25 % af den fikserede mængde kvælstof).

Omsætning af kvælstof i rester af afgrøder, der bliver efterladt og pløjet ned på markerne, bidrager også til udledning af lattergas. Udledningen fra begge disse kilder bliver beregnet ud fra arealet og udbyttet af afgrøder. Disse data bliver opgjort af Danmarks Statistik. Desuden bliver der brugt en række faktorer for indholdet af kvælstof i afgrøderne og udledningsfaktorer for hver kilde. Faktorerne for indholdet af kvælstof bliver opgjort af Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, mens udledningsfaktorerne er dem, der anbefales i IPCC's Guidelines.

Når markerne gødes, er det ikke alt kvælstof, der bliver optaget af planterne. Den overskydende mængde bliver udvasket, løber af jorden til fx vandløb eller fordamper op i luften som ammoniak.

Udledningen af lattergas fra udvaskning/afløb bliver beregnet på basis af andelen af kvælstof fra den tilførte gødning (slam, husdyr- og handelsgødning), der ikke bliver optaget i planterne samt en udledningsfaktor. Udlednings-



Figur 4-7

Det danske landskab er meget forskelligartet. I opgørelserne er landskabet opdelt i forskellige typer efter arealernes anvendelse. Skovarealerne lokaliseres ud fra satellitfotos med en opløsning på 25 m, mens marker og deres afgrødetyper placeres ud fra markblokkort og oplysninger om afgrøder på markniveau. Yderligere anvendes digitale kort over fx byområder og parker.

Foto: Britta Munter.

faktoren er fra IPCC's Guidelines, mens mængden af gødning og andelen af kvælstof, der ikke bliver optaget i planterne, kommer fra Danmarks Statistik og Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet.

Arealanvendelse

Der bliver anvendt komplekse metoder til at opgøre udledning og optag af drivhusgasser fra Arealanvendelse. Der henvises til litteraturlisten for en uddybende gennemgang af de metoder, der indgår i opgørelserne.

Skove

Opgørelsen for skovarealer varetages af Skov & Landskab, Københavns Universitet.

I opgørelserne for skovarealer bliver der skelnet mellem skove, der er plantet før 1990, og skove plantet efter 1990 på arealer, der tidligere ikke var tilplantet med skov. Optaget af kuldioxid i skove bliver beregnet ud fra data for den årlige tilvækst i de stående skove, korregeret for den fældede mængde. Data for tilvæksten er baseret på den danske skovstatistik, der hvert år måler skovene i prøveflader i et kvadratnet på 2 km × 2 km.

Figur 4-8

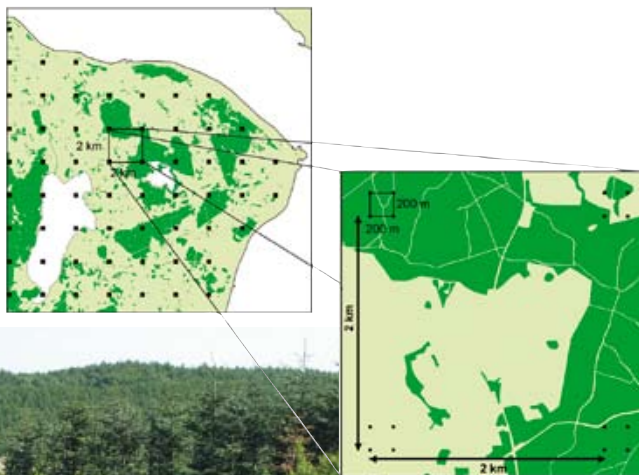
Data for skovens årlige tilvækst er baseret på skovstatistikken, der bl.a. indeholder oplysninger om bevoksningen i et antal prøveflader. Den stikprøve-baserede skovstatistik er opbygget i grupper, der hver har 4 prøveflader. Disse er placeret med en indbyrdes afstand på 200 m i et 2×2 km gitternet.

Kilde: Lars Vesterdal.

Baggrundskort: ©KMS, a15-99.

Foto: Britta Munter.

Oplysninger om den fældede mængde kommer fra Danmarks Statistik. Der tages desuden højde for den udtynning, der finder sted, uden at træet herfra indgår i salgstal fra Danmarks Statistik. Der benyttes standardfaktorer til at omregne fra volumen af stammen til den totale biomasse



samt fra biomassen over jorden til den totale biomasse, som også omfatter rødderne. Herefter bliver massefylden for de forskellige træarter brugt til at omregne fra volumen af frisk træ til massen af tørstof. De anvendte faktorer er artsspecifikke. Til sidst bliver indholdet af kulstof beregnet ved at gange med faktoren 0,5 g kulstof pr. g tørvægt.

Omfanget af den årlige skovrejsning bliver estimeret ved hjælp af en model, der tager højde for væksthastigheder for henholdsvis nåle- og løvtræer af forskellig alder. Derudover er metoden til at beregne ændring af kulstofmængden stort set den samme som for skove, der er plantet før 1990. I modellen indgår også korrektioner for udtynding i nyetablerede skove ud fra den antagelse, at udtyndingen starter efter 15 år for nåletræer og efter 25 år for løvtræer. Endelig beregnes den mængde kulstof (C), der bindes i skovbunden, hvor der er rejst skov. Ændringer i indholdet af kulstof i mineraljorden under de rejste skove bliver ikke inddraget i opgørelsen, da der ikke er tilstrækkelig vidensgrundlag for at indregne en systematisk ændring over de første 30 år efter skovrejsning.

Landbrugsarealer

Landbrugsarealer omfatter det dyrkede land, herunder arealer med græs i omdrift, læhegn, gartneri og frugtavl. Udledninger fra brug af jordbrugskalk opgøres også i denne kategori. Landbrugsarealet bliver yderligere opdelt i mineraljorde (sand- og lerjorde) og organiske jorde med højt humusindhold (organisk stof). Oplysninger om fordelingen af jordtyper i Danmark fås bl.a. fra kvartærgeologiske kort, der angiver, hvordan jorden er dannet geologisk set, samt fra den danske jordklassificering fra 1991, der er baseret på analyse af ca. 36.000 jordprøver. Et nyt kortgrundlag for organiske jorde er under udarbejdelse. Dette vil indgå i opgørelserne fra 2010.

Udledningen fra mineraljorder afhænger hovedsageligt af jordens indhold af kulstof (SOC, Soil Organic Carbon). SOC afhænger af, hvor meget organisk stof, der tilføres jorden, og hvor hurtigt det omsættes. Faktorer, der øger jordens kulstofindhold, omfatter græsafrøder, efterafrøder, halmnedmuldning, høje afrødeudbytter og tilførsel af husdyrgødning. Faktorer, der mindsker jordens kulstofind-

hold, omfatter, udover den almindelige nedbrydning af organisk materiale, hyppig jordbearbejdning og fjernelse af afgrøderester fra marken.

Udledningen fra/optaget i mineraljordene bliver beregnet ved hjælp af en dynamisk model kaldet "C-TOOL", der er udviklet af Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet. For hvert år beregner C-TOOL ændringen i jordens indhold af kulstof ud fra, hvor meget kulstof der er i landbrugsjorden ved årets begyndelse, og hvilke afgrøder der dyrkes i løbet af året. Arealet med de forskellige afgrøder, høstudbytter og mængden af nedpløjet halm kommer fra Danmarks Statistik. Mængden af kulstof i de planterødder, der produceres hvert år, afhænger af, hvor meget der bliver høstet. Mængden af organisk materiale i husdyrgødningen beregnes ud fra antallet af dyr og normtal for, hvor meget gødning de producerer.

C-TOOL opdeler mængden af kulstof i jorden i tre puljer. En pulje som er hurtigt nedbrydelig med en halveringstid på ca. 6-7 måneder, en pulje, hvor halvdelen er nedbrudt efter 60-70 år, og en meget svær nedbrydelig pulje med en halveringstid på 400-600 år. C-TOOL anvender månedlige gennemsnitstemperaturer i sine beregninger. Det betyder, at i varme år, hvor nedbrydningshastigheden er høj, vil udledningen af kuldioxid være stor, mens kolde år vil reducere udledningen af kuldioxid.

Samlet set er mineraljorderne i øjeblikket omtrent i ligevægt, hvad kuldioxid angår. Dog har den seneste tids varme år betydet, at der er frigivet mere kuldioxid, end der er optaget. For at udligne de store variationer mellem årene anvendes der i rapporteringen til FN et gennemsnit af 5 år: de to foregående år, in-deværende år og en prognose for de kommende to år.

C-TOOL bliver ikke anvendt for organiske jorder, da usikkerheden i modelberegningerne er for store. Her anvendes i stedet en fast faktor for tab af kuldioxid pr. hektar. Denne faktor afhænger af, hvilke afgrøder der bliver dyrket på jorden.

For de organiske jorde er det antaget, at der sker en nedbrydning af organisk materiale i de tørre jorder og dermed en udledning af kuldioxid og lattergas. I de våde organiske jorder antages der at ske en opbygning af organisk materi-

ale og dermed et optag af kuldioxid. Optaget bliver beregnet ud fra IPCC's standardfaktorer samt nationale data. Jorder med et vandspejl på mindre end 30 cm's dybde bliver klassificeret som våde.

Udledningen af kuldioxid bliver beregnet ud fra udledningsfaktorer baseret på data fra Danmark, Tyskland, Storbritannien, Sverige og Finland, justeret i forhold til danske temperaturforhold. For lattergas er udledningen bestemt ud fra omsætningen af organisk materiale, forholdet mellem kulstof og kvælstof i jorden (C/N-forholdet; i tør organisk jord sat til 20) og IPCC's standardfaktor for udledning af lattergas fra omsat kvælstof (1,25 %).

Figur 4-9

Udledning fra og optag i jorde afhænger bl.a. af, hvilke afgrøder der bliver dyrket. På hovedparten af det danske landbrugsareal dyrkes hvede og byg, mens rødkålsmarker som denne er et sjældent syn.

Foto: Britta Munter.





Figur 4-10

Levende hegn er et almindeligt syn i det danske landskab. Hegn er med til at øge udbyttet på markerne ved at give læ og ved at være levested for insekter og andre dyr samt ved at forhindre sandflugt.

Foto: Britta Munter.

Frugttræer og frugtavl

I denne arealklasse indgår arealer med en stående træmasse (vedplanter). Opgørelsen er baseret på en simpel model, hvor den gennemsnitlige mængde kulstof i de forskellige træer og buske er opgjort ved hjælp af tal fra Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet. Ændring fra år til år i mængden af kuldioxid bliver beregnet ud fra ændring i arealer med de forskellige afgrøder. Desuden antages jordens kulstofbalance at være konstant. Som udgangspunkt bliver det antaget, at den stående biomasse reduceres til 0, når arealet ikke længere huser gartneri og frugtavl.

Hegn og småbiotoper

Under landbrugsarealer placeres også udledning fra/optag i læhegn og småbiotoper. Ændringen i mængden af kuldioxid bliver opgjort ud fra, hvor mange planter der plantes årligt, en model for tilvækst i læhegnene, og hvor mange kilometer læhegn der ryddes. Antallet af planter og læplanterydninger opgøres af Landsforeningen Plantning og Landskab. I tallet indgår kun statsstøttede plantninger af læhegn og småbiotoper, og dermed ikke private rejsninger.

Kalkning

Forbruget af jordbrugskalk opgøres årligt af Dansk Landbrugsrådgivning, Landscenteret som forbrugt kilo ren calciumkarbonat (CaCO_3). Mængden af kalk, der spredes i haver, udgør mindre end 0,5 % af det samlede forbrug, og der er kun små variationer fra år til år. Forbruget af kalk i haver bliver derfor antaget at være det samme for alle år og er fastlagt ud fra oplysninger fra en dansk hovedleverandør. Det antages, at al kuldioxid, som findes i karbonationen (CO_3^{2-}), udledes som kuldioxid samme år, som kalktilførslen finder sted.

Spagnum

Forbruget af spagnum i gartneri og haver er ligeledes placeret under landbrugsarealer. Det antages, at al kulstof i tilført dansk og udenlandsk spagnum bliver nedbrudt hvert år til kuldioxid. Det samlede forbrug opgøres som dansk produceret spagnum plus import og minus eksport.

Figur 4-11

Spagnum anvendes til jordforbedring i gartnerier og haver. Spagnum består af planterester, og der sker en udledning af kuldioxid, når disse nedbrydes i jorden.

Foto: Britta Munter.



Permanente græsarealer

Permanente græsarealer defineres som arealer uden stor menneskelig aktivitet. I Danmark er arealet med permanent græs meget lille. Udledningen fra/optaget i disse arealer beregnes til dels med C-TOOL og til dels med en fast faktor.

Vådområder

Vådområder omfatter udelukkende menneskeskabte vådområder og ikke naturlige. Der indgår arealer, hvor der høstes tørv til spagnum samt genetablerede vådområder.

Arealer med høst af tørv

Udledningen fra arealer, hvor der høstes tørv skyldes dels, at arealet drænes. Herved reduceres udledningen af metan, som dannes naturligt i moser og lignende steder. Herudover vil der på overfladen af det høstede areal blive nedbrudt organisk materiale til kuldioxid som følge af ilttilgang. Her anvendes standardfaktorer pr. hektar åbent høstareal.

I den nedbrudte tørv findes små mængder kvælstof, som giver anledning til udledning af lattergas. Det antages, at forholdet mellem kulstof og kvælstof er 1:36, og at 1,25 % af det frigivne kvælstof omdannes til lattergas. Oplysninger om massefylde og tørstofprocent, som indgår i beregningen, bliver indhentet fra Danmarks Statistik og Pindstrup Mosebrug. Disse data bliver anvendt for al tørv og spagnum uanset oprindelse.

Etablering af vådområder

Gennem de senere år er der genetableret vådområder og givet tilskud til miljøvenlig jordbrugsdrift (MVJ-ordninger) med øget grundvandsstand. For at arealerne skal indgå i opgørelsen, er der krav om, at ordningerne skal være af en permanent karakter. Skov og Naturstyrelsen, og i mindre grad kommunerne, leverer oplysninger om de aktuelle arealer, og den tidligere arealanvendelse bliver bestemt ved sammenligning med det generelle landbrugsregister, markblokkort og kort over lavbundsjorder. I opgørelsen indgår kun den del af et etableret område, som er etableret på landbrugsjord, idet det antages, at det område, som hidtil



Figur 4-12
Opsamling af klyner. Klyner er blokke af spagnum, der skæres i højmose. Efter sol- og vindtørring bliver klynerne brugt til fremstilling af forskellige spagnumblandinger.

Foto: Pindstrup Mosebrug A/S.

har været natur i forbindelse med etableringen, har uændret udledning/optag. I opgørelserne indgår kun menneskeskabte udledninger og derfor kun genetablerede og ikke naturlige vådområder.

Når dræning af arealer stopper, stiger vandstanden, og det antages, at nedbrydningen af organisk materiale og dermed udledningen af kuldioxid og lattergas stopper. I stedet starter en dannelse og udledning af metan samt en opbygning af organisk materiale. Udledningen af metan og opbygningen af organisk materiale i jorden bliver beregnet ud fra IPCC's standardfaktorer.

Bymæssig bebyggelse og infrastrukturer

Ændringerne i udledningerne af kuldioxid fra bymæssige bebyggelser, vejanlæg og ledningsgader er ikke opgjort i øjeblikket på grund af manglende data. Det formodes, at der kun er små ændringer i den lagrede mængde kulstof på disse arealer. Bymæssig bebyggelse og infrastruktur indgår heller ikke under Kyotoprotokollen.

Øvrige arealer

Øvrige arealer omfatter bl.a. naturarealer, moser, heder og klipper. Ændringerne i udledningerne af kuldioxid herfra er ikke opgjort i øjeblikket på grund af manglende data. Disse arealer indgår heller ikke under Kyotoprotokollen.

Affald

De metoder, der indgår i opgørelsen af drivhusgasser fra hovedgruppen Affald, knytter sig til to processer: dannelse af metan fra affald, der deponeres på lossepladser, og dannelse af metan og lattergas fra behandlingen af spildevand fra husholdninger og industri. Udledning fra forbrænding af affald indgår i Energi, da al affaldsforbrænding i Danmark indgår i produktionen af el og varme.

Figur 4-13

I Danmark bliver der ikke længere deponeret husholdningsaffald på lossepladserne. Det bliver i stedet forbrændt og indgår i produktion af el og varme. Fra nogle deponier opsamles den gas, der dannes og anvendes som fx brændsel i kraft-varmeverker.

Foto: Marlene Plejdrup.

Deponering af affald på lossepladser

Når affald deponeres på lossepladser, sker der en løbende nedbrydning og omdannelse af det deponerede materiale. Nedbrydningen sker typisk under iltfattige forhold og



medfører en omdannelse af kulstof i affaldet til metan. Hvor lang tid nedbrydningen tager, afhænger af affaldstypen, mens metanmængden afhænger af kulstofindholdet i affaldet. For at beregne, hvor meget metan der bliver dannet, er det vigtigt at have kendskab til sammensætningen af affaldet, dvs. hvilke affaldstyper der indgår og med hvilken vægtandel. Den dannede mængde metan bliver beregnet med en model, hvori der bl.a. indgår affaldssammensætning, og den tid nedbrydningen varer. Modellen er en såkaldt henfaldsmodel, hvor tidsfaktoren indgår med en halveringstid på 10 år. Det betyder, at halvdelen af den metan, som dannes fra en deponeret mængde affald, bliver frigjort og udledt til atmosfæren i løbet af 10 år. I Danmark har vi kun kontrollerede lossepladser (deponeringsanlæg), som er omfattet af bekendtgørelser for godkendelse og drift. Nogle deponier har desuden opsamling af den gas, der bliver dannet.

Miljøstyrelsen indsamler data om mængden af deponeret affald på basis af oplysninger fra de danske affaldsbehandlingsanlæg. Dataene lagres i Miljøstyrelsens registreringssystem ISAG. Heri er mængden af affald fordelt efter affaldskilder og typer samt efter behandlingsformer.

For alle affaldstyper er der, med udgangspunkt i indholdet af organisk materiale, bestemt udledningsfaktorer for metan. På basis af informationerne i ISAG bliver der beregnet udledningsfaktorer for hver af de affaldskilder, der registreres, vægtet efter sammensætningen i forhold til affaldstyper og deres indhold af organisk materiale. De vigtigste kilder til affald, der deponeres, er bygge- og anlægssektoren, industri og service. Oplysningerne om fordelingen af indholdet af organisk materiale på affaldstyper og affaldsmængder fordelt på affaldskilder, bliver anvendt som input i henfaldsmodellen, til at beregne den årlige udledning af drivhusgasser fra deponierne.

Den samlede mængde af affald til deponering er reduceret til ca. en tredjedel fra 1990 til 2007, og sammensætningen af det deponerede affald er ændret, så husholdningsaffald og slam nu udgør en forsvindende del. Samtidigt er der sket en teknologisk udvikling, der har bidraget til at optimere nedbrydningen af det deponerede affald samt opsamlingen og udnyttelsen af den udledte gas til energi-

produktion. Mange deponier bliver dækket med et afdækningslag af jord. I den øverste del af afdækningslaget er der iltholdigt, således at omdannelsen af metan til kuldioxid fremmes. Dette er vigtigt i forhold til drivhuseffekten, fordi kuldioxid har et væsentligt lavere GWP end metan.

Behandling af spildevand

I Danmark bliver mere end 80 % af spildevandet fra industri og husholdninger behandlet på centrale renseanlæg. Disse anlæg har gennemgået en stor teknologisk udvikling, og de renser spildevandet meget effektivt. De fleste anlæg er såkaldte MBNDK-anlæg. Det er anlæg med Mekanisk-Biologisk rensning, efterfulgt af fjernelse af kvælstof ved Nitrikation og Denitrifikation samt Kemisk fældning af fosfor.

Ved nitrikation omdannes kvælstofholdige organiske forbindelser i indløbsspildevandet til nitrat (NO_3^-) under iltrige forhold. Denitrifikation er mikrobiologisk omdannelse af nitrat til atmosfærisk kvælstof (N_2) under iltfattige forhold. For begge processer er lattergas et mellemprodukt. Den biologiske behandling af spildevandsslam består af nedbrydning under iltfattige forhold efterfulgt af trinvis iltning, som bidrager til udledning af metan og lattergas. I modsætning til lattergas dannes metan kun under iltfattige forhold.

Udledningen af metan fra spildevand bliver beregnet ud fra en teoretisk maksimal-udledning (kaldt bruttoudledningen) minus den mængde metan, der bliver forbrændt, genanvendt eller anvendt til biogas. Bruttoudledningen bliver beregnet ud fra det organiske materiale i indløbsspildevandet, andelen af slam, som bliver behandlet under iltfattige forhold, samt mængden af metan, som bliver dannet under iltfattige forhold pr. enhed organisk materiale ved iltfattige forhold.

Der er udviklet en dansk metode til at beregne udledningen af lattergas fra spildevand. Metoden er opdelt i et bidrag fra de processer, der sker, når spildevand bliver behandlet på renseanlæggene (direkte udledning), og et bidrag fra det rensede udløbsspildevand (indirekte udledning). Kvælstof i indløbsspildevandet på de danske renseanlæg kommer fra to hovedkilder: 1) spildevand fra husholdninger og 2) spildevand fra industrien.

90 % af befolkningen i Danmark er tilsluttet det fælles kloaksystem. Den direkte udledning af lattergas herfra bliver bestemt på baggrund af indholdet af kvælstof i slam samt i ind- og udløbsspildevandet på private og kommunale renseanlæg. For de 10 %, som ikke er tilsluttet det fælles kloaksystem (kaldet "spredt bebyggelse"), bliver udledningen af lattergas beregnet ud fra menneskers samlede private udskillelse af kvælstof, der igen bliver beregnet på baggrund af bl.a. det årlige indtag af protein samt et bidrag fra non-konsum, fx spildevand fra køkken, bad og vask.

Industrien bidrager med ca. 40 % af den samlede mængde organisk materiale i indløbsspildevandet på de kommunale renseanlæg. De industrivirksomheder, der ikke er tilsluttet de kommunale renseanlæg, bidrager med lattergas fra den rest af kvælstof, de udleder med deres rensede udløbsspildevand. Derudover er der en udledning af kvælstof i udløbsspildevand fra dambrug og spredt bebyggelse samt fra regnvandsbetingede udløb.

Figur 4-14

Hovedparten af det danske spildevand bliver rensat i renseanlæg, både mekanisk, biologisk og kemisk. Spildevandet skal renses så godt, at det ikke volder skade på miljøet, når det ledes fra renseanlægget videre ud i fx vandløb.

Foto: Marlene Plejdrup.







Udledningen af drivhusgasser i fremtiden

Danmark har forpligtet sig til at nedbringe udledningen af drivhusgasser med 21 % i Kyotoprotokollens forpligtelsesperiode. De årlige opgørelser af udledning af drivhusgasser viser, hvordan udviklingen har været, men det er også vigtigt at have vurderinger af udviklingen i fremtiden. Derfor bliver der hvert år lavet beregninger af de forventede udledninger, fremskrivninger. Metoden bag og datagrundlaget for fremskrivningerne er beskrevet i dette kapitel.

Foto: Britta Munter.

Det er vigtigt at have prognoser for udledningen af drivhusgasser i fremtiden, når man skal vurdere, om Danmark kan nå sine reduktionsmål. Disse prognoser, der kaldes fremskrivninger, bliver lavet hvert år. Et vigtigt resultat af fremskrivningerne er gennemsnittet af Danmarks forventede udledning i 2008-2012, der bruges i forhold til Kyoto-protokollen (se kapitel 3). Danmark har forpligtet sig til, at udledningen af drivhusgasser i forpligtelsesperioden skal være 21 % lavere end i basisåret (se boks 5 side 58).

Fremskrivningerne bliver beregnet ud fra omtrent samme metoder som de historiske beregninger af udledning af drivhusgasser, altså opgørelserne for de tidligere år. Disse metoder er forklaret i kapitel 4 for de fem hovedgrupper: Energi, Mobile kilder, Industri, Landbrug og Affald. Fordelen ved at bruge samme opgørelsesmetode er, at der kommer en jævn overgang mellem de historiske udledninger af drivhusgasser og de forventede udledninger for fremtiden.

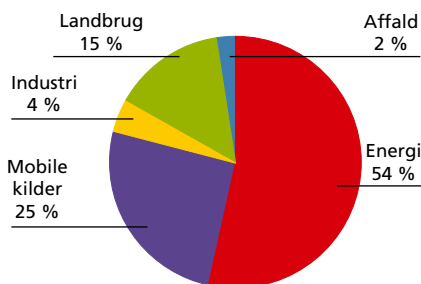
Mange af de aktivitetsdata, der indgår i opgørelserne for historiske år, bliver fremskrevet for de kommende år. Disse prognoser indgår som aktivitetsdata i fremskrivningerne. For Energi og Mobile kilder indgår den seneste officielle energifremskrivning fra Energistyrelsen, mens der for Landbrug indgår fremskrivninger for antallet af husdyr. Sidstnævnte laves i samarbejde mellem Landbrugets Rådgiv-

Figur 5-1

Selv om der i stigende grad anvendes renere brændsler til fremstilling af el og varme forventes det, at energiproduktion både nu og i de kommende år er den største kilde til udledning af drivhusgasser.

Foto: Britta Munter.





Figur 5-2

Den forventede udledning af drivhusgasser fra de fem hovedgrupper i '2010' (gennemsnit for årene 2008-2012). Det forventes, at Energi også vil være den hovedgruppe, der udleder den største mængde drivhusgasser i de kommende år. Fra 1990 til '2010' forventes energiudledningsandelen at falde fra 56 % til 54 %.

ningscenter, Fødevareøkonomisk Institut, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet og Danmarks Miljøundersøgelser.

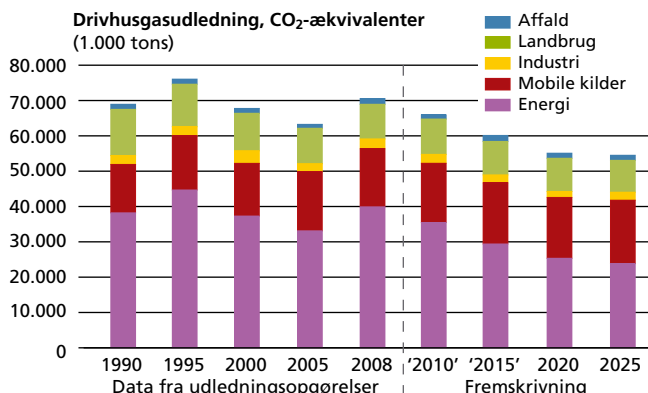
For affaldsmængder foreligger der en fremskrivning i relation til den økonomiske aktivitet. For spildevand er fremskrivningen relateret til befolkningsfremskrivninger, nationale statistikker for spildevandsdata samt til den nationale affaldsstrategi. Fremskrivningen af udledningen af drivhusgasser fra industrielle processer er baseret på informationer fra virksomheder, i de tilfælde hvor disse er tilgængelige, samt på officielle energifremskrivninger. I de tilfælde, hvor der ikke er viden om den fremtidige udvikling, er udledningen antaget at være konstant.

Energifremskrivningen, der er basis for fremskrivningen for de to største hovedgrupper, er en opgørelse over det forventede energiforbrug i de kommende år. Udledningsfaktorerne er baseret på historiske faktorer fra fælles-europæiske databaser, specifikke computermodeller, dansk lovgivning, offentliggjorte målinger på danske anlæg eller fra den internationale videnskabelige litteratur, herunder guidebøger fra IPCC og EMEP/EEA. For den fremtidige teknologi er faktorerne desuden fastlagt ud fra lovgivningsmæssige krav.

Danmarks Miljøundersøgelser har beregnet, at den totale menneskeskabte udledning af drivhusgasser vil være 66.231 ktons i '2010'. Til sammenligning er udledningen i basisåret 69.323 kton CO₂-ækvivalenter. De største udledninger af drivhusgasser i '2010' forventes at komme fra Energi (54 %) efterfulgt af Mobile kilder (25 %), Landbrug (15 %), Industri (4 %) og Affald (2 %) (figur 5-2). Den samlede udledning af drivhusgas forventes at falde med 23 % i fremskrivningsperioden fra 2008 til 2025.

Figur 5-3

Historiske og forventede fremtidige udledninger af drivhusgasser fordelt på de fem hovedgrupper for udvalgte år i perioden 1990-2025. '2010' og '2015' er gennemsnit for hhv. 2008-2012 og 2013-2017. Forbruget af fossile brændsler i hovedgruppen Energi er faldet, og denne udvikling forventes at fortsætte i de kommende år, hvilket er hovedårsagen til faldet i den samlede udledning fra 2008 og frem.



Generelt forventes den andel af Danmarks samlede udledning, som kommer fra hovedgruppen Energi, at falde i fremskrivningsperioden (figur 5-3). Faldet, der går fra 56 % af de samlede udledning i 2008 til 44 % i 2025, skyldes et mindre forbrug af fossile brændsler til produktion af el og varme. Der bliver antaget en større andel af vedvarende energi og biomasse i el- og varmforsyningen i fremskrivningen.

I modsætning hertil forventes en stigning af Mobile kilder andel af udledningen fra 24 % i 2008 til 33 % i 2025. Den største del af væksten i udledningen fra Mobile kilder stammer fra vejtrafikken. Energistyrelsen forventer en markant stigning i forbruget af brændstof på grund af den forventede trafikstigning på vejene i de kommende år. En del af det forøgede energiforbrug fra vejtrafik forventes at blive dækket af biobrændstoffer. Dette vil dæmpe stigningen i udledningen af drivhusgasser, fordi man ikke regner med udledning af kuldioxid fra afbrændingen af biobrændstoffer, da de antages at være CO₂-neutrale.

EU-kommissionen har besluttet, at biobrændstoffer skal udgøre 5,75 % af det samlede energiforbrug til vejtrafikken i 2010. Det er forventet, at andelen stiger til 10 % i 2020, som EU-kommissionen har foreslået. Disse besluttede og forventede andele indgår i fremskrivningen.

Forventningen i den danske fremskrivning fra september 2008 er, at den samlede danske udledning af drivhusgasser falder 4 % i '2010' i forhold til basisåret for reduktionsforpligtelsen i Kyotoprotokollen. Det svarer til ca. 20 %

af Danmarks reduktionsforpligtelse. Tilvalget af Kyotoprotokollens artikel 3.4 forventes at kunne bidrage med 2.000 kton kuldioxid pr. år svarende til 3 % af den danske udledning af drivhusgasser i basisåret eller 14 % af Danmarks reduktionsforpligtelse. Samlet set forventes Danmark derved at dække 35 % af reduktionsforpligtelsen gennem reduktion af udledninger i Danmark og godtgørelse for optag af drivhusgasser i jorde og i skov etableret før 1990. Den resterende del, der forventes at udgøre ca. 65% af reduktionsforpligtelsen, skal bl.a. komme fra handel med CO₂-kvoter og ved, at staten gennemfører klimaprojekter i udlandet (se boks 6 side 68).

Figur 5-4

Raps er en af de afgrøder, der bliver brugt til at fremstille biodiesel, der kan bruges som brændstof i fx bilmotorer.

Foto: Britta Munter.







Udfordringer i de kommende år

2008 var det første af de fem år, der indgår i Kyoto-protokollens forpligtelsesperiode, og der er for alvor kommet fokus på at reducere udledningen af drivhusgasser – både nationalt og internationalt. I 2009 er København vært for FN's klimatopmøde, COP 15, hvor målet er at nå til enighed om en ny global aftale som afløser for Kyoto-protokollen. Forhandlingerne frem mod en aftale i København sker løbende ved en række møder i FN- og G8-regi i 2009. Uanset hvilken aftale der bliver vedtaget, og hvornår det sker, så vil arbejdet med at forbedre og videreudvikle de årlige opgørelser af drivhusgasudledningen fortsætte og deres betydning vil være stigende i de kommende år.

Fotocollage: Britta Munter.

De foregående kapitler har beskrevet, hvordan udledningerne af drivhusgasser bliver opgjort, og hvordan udviklingen for udledningerne har været i Danmark siden 1990. Derudover er de internationale organisationer inden for området og reglerne for opgørelserne beskrevet. Sådan er status i sommeren 2009, men hvordan vil det udvikle sig fremover?

I mange lande er udviklingen i udledningerne gået i den rigtige retning siden 1990. I Danmark er udledningen i 2007 nedbragt med 4 % i forhold til basisåret. I samme periode har EU-15 reduceret udledningen med 4,3 %. I EU-15 er det Tyskland, Storbritannien og Frankrig, der har haft de største reduktioner i absolutte mængder (ton CO₂-ækvivalenter). I flere lande skyldes en del af reduktionen dog, at industrier, der udleder store mængder drivhusgasser, i stigende grad er flyttet til lande uden for EU. Dette understreger i høj grad behovet for at få flere lande inkluderet i en fremtidig opfølgende aftale til Kyotoprotokollen.

De indledende møder

På nuværende tidspunkt ved vi ikke med sikkerhed, om der kommer en ny global aftale – enten som afløser for Kyotoprotokollen eller som en yderligere forpligtelsesperiode under Kyotoprotokollen. Alle venter med spænding på klimatopmødet COP 15 i København i december 2009, for at se om verdens lande kan nå til enighed om en ny aftale, der fastsætter forpligtigelser om reduktion i udledningerne i drivhusgasser, og hvad aftalen i givet fald kommer til at indeholde.

I 2009 er der en række møder i FN- og G8-regi, hvor forhandlingerne frem mod en ny aftale foregår. Forhandlingerne nåede en ny fase, da det første udkast til en ny aftale blev diskuteret ved FN's klimamøde "Bonn Climate Chance Talks" i juni og august 2009. Landene har udvist engagement for at nå til enighed om en ny aftale, men det erkendes fra mange sider, at der er langt igen. Det indgår i forhandlingerne, at en ny aftale bl.a. skal omfatte ambitiøse mål for reduktion af udledningen i de industrialiserede lande, en indsats fra udviklingslandene til at begrænse væksten i udledningen samt en plan for finansiering for tilpasning til og afhjælpning af klimaforandringer.

Ved G8-topmødet i juli 2009 nåede parterne til enighed om et mål om at reducere den globale udledning af drivhusgasser med 50 % i 2050, og som en del heraf de industrialiserede landes udledning med 80 % i samme år. Møderne mellem henholdsvis G8 og de 17 største økonomier (Major Economies Forum, MEF) endte med, at lederne anerkender den videnskabelige vurdering, at temperaturstigningen skal begrænses til 2 grader i forhold til niveauet før industrialiseringen. Der blev ikke fastlagt reduktionsmål for 2020, men anerkendelsen af de 2 grader indebærer, at der hurtigt skal ske en reduktion. Ifølge IPCC er det en forudsætning, at den globale udledning toppe i 2000-2015, og at udledningen i 2050 reduceres med 50-85 % i forhold til udledningen i år 2000, for at temperaturstigningen kan begrænses til 2-2,4 grader ved udgangen af dette århundrede.

Det fortsatte arbejde

Uanset om det lykkes at få en ny aftale på plads i København eller ej, vil arbejdet med at nå til enighed om nye aftaler og med at nedbringe udledningerne fortsætte; både i FN-regi, under klimakonventionen og med de initiativer der er og bliver taget i lande verden over. I 2008 blev der vedtaget en række klima- og energipolitiske målsætninger i EU, herunder 20 % reduktion af udledning af drivhusgasser i 2020, 20 % vedvarende energi i 2020 og 10 % biobrændstoffer i transportsektoren i 2020. Herunder er der særskilte målsætninger for reduktioner i de ikke-kvotebelagte sektorer, som fx landbrug og transport. I USA er der i 2009 arbejdet med en række energipolitiske tiltag, bl.a. vedvarende energi, renere brændsler til transportformål og reduktion af udledning af drivhusgasser. USA's chefforhandler har i Bonn i august 2009 udtalt, at USA dermed er godt rustet til at indgå i en aftale.

I Danmark sker der en løbende videreudvikling og forbedring af opgørelserne af drivhusgasudledningerne – både i form af bedre aktivitetsdata og udledningsfaktorer og i form af inddragelse af nye kilder. Der bliver løbende udviklet nye teknologier, materialer og brændsler, der kan bidrage til at nedbringe udledningen af drivhusgasser. Både indførsel af nye teknologier fx inden for røggasrensning og

nye brændsler bl.a. biodiesel og rapsolie kræver, at der defineres nye udledningsfaktorer, og evt. at der identificeres nye eller mere detaljerede aktivitetsdata. Nye udledningsfaktorer kan baseres på målinger, national og international videnskabelig litteratur eller på oplysninger i de gældende guidelines. I alle tilfælde er der krav om, at data og beregningsmetoder bliver dokumenteret i de årlige rapporter.

En ny aftale efter den første forpligtelsesperiode i Kyoto-protokollen kan være ledsaget af ændringer i disse metoder og faktorer, og evt. være baseret på en ny udgave af guidelines. Det betyder, at en ny forpligtelse kan omfatte nye kilder og andre drivhusgasser end dem, der indgår under Kyotoprotokollen. Det er også muligt, at der kommer nye tilvalg i lighed med artikel 3.4. Det kræver, at de aktuelle kilder vurderes med hensyn til udledningernes omfang og efterfølgende bliver inddraget i de årlige opgørelser, hvis

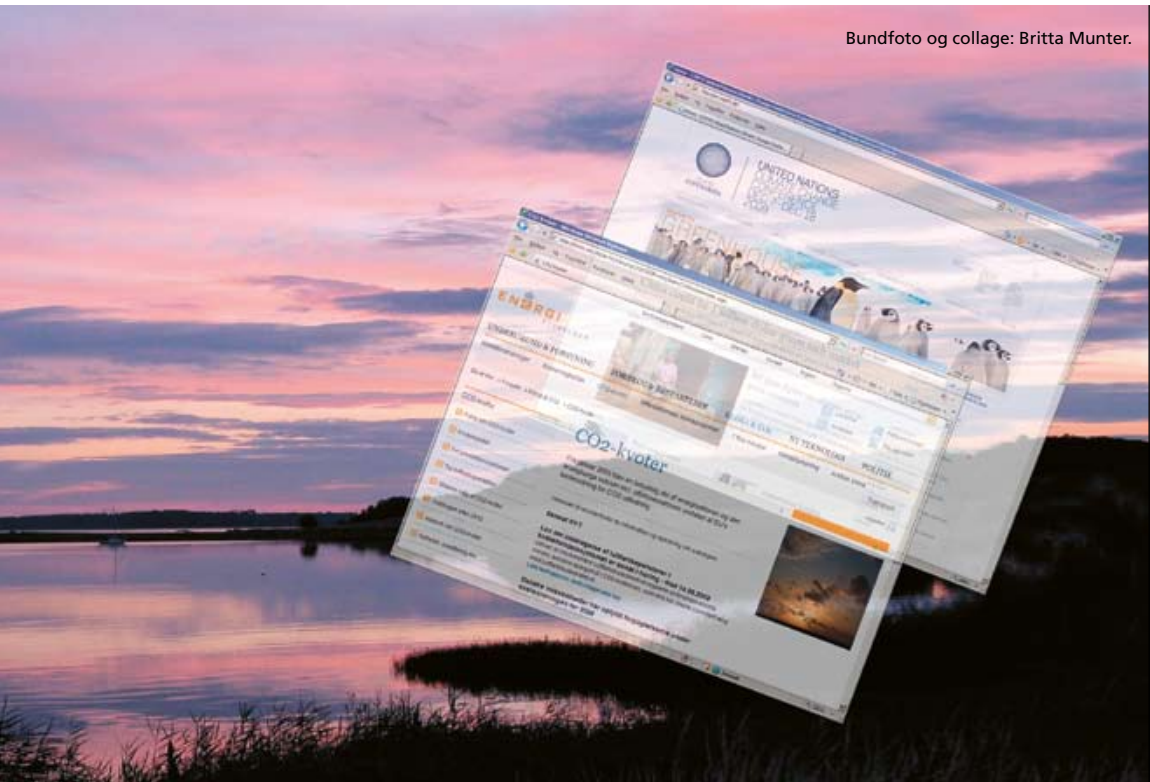


de tilvælges. Med udsigt til at der optræder reduktionsmål for 2050 i en ny aftale kan det blive aktuelt at forlænge fremskrivningerne fra 2030 til 2050

IPCC fortsætter sit arbejde med videnskabelig dokumentation af klimaforandringer og de forhold, som påvirker klimaet. Dette arbejde vil fortsætte med at danne grundlag for vurdering af, hvor stor en global temperaturstigning, der allerede har fundet sted, og hvor stor en stigning, man må forvente i fremtiden. IPCC baserer deres vurderingsrapporter på den nyeste viden og dermed sikres et opdateret indblik i den globale klimatiske situation.

Det vil fortsat være af stigende interesse og vigtighed at følge udviklingen i udledningen af drivhusgasser. Derfor vil der også fortsat være stor efterspørgsel efter mere detaljerede og omfattende opgørelser, der bl.a. vil kunne afspejle effekten af de forskellige reduktionstiltag.

Bundfoto og collage: Britta Munter.



Litteratur

Brohan, P., Kennedy, J.J., Harris, I., Tett, S.F.B., Jones, P.D., 2006. "Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850". *J. Geophysical Research*, 111, D12106.

EMEP/CORINAIR (2007). Emission Inventory Guidebook 3rd edition, prepared by the UNECE/EMEP Task Force on Emissions Inventories and Projections, 2007 update. <http://reports.eea.europa.eu/EMEP/CORINAIR5/en/page002.html>.

Fausser, P., Illerup, J.B., 2008. Danish Emission Inventory for Solvents Used in Industries and Households. *Atmospheric Environment* 42, pp. 7947-7953.

Firestone, M.K. and E.A. Davidson. (1989). Microbiological basis of NO and nitrous oxide production and consumption in soil, in *Exchange of Trace Gases between Terrestrial Ecosystems and the Atmosphere*, edited by M.O. Andreae and D.S. Schimel, pp. 7-21, John Wiley & Sons, New York.

IPCC (1996). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual, 1996. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>.

IPCC (2000). IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanul S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K. and Tanabe K. (Eds). Published for the IPCC by the Institute for Global Environmental Strategies, Japan ISBN 4-88788-000-6. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/index.htm>.

IPCC (2003). IPCC Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K. and Wagner F. (Eds.). Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC ISBN 4-88788-003-0. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.html>.

IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (Eds). Published: IGES, Japan. IPCC <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>.

IPCC (2007). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and Hanson, C.E. (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg2.htm>.

IPCC (2007). Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Metz, B., Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, R., Meyer, L.A. (Eds), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., 851 pp. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg3.htm>.

IPCC (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. and Miller, H.L. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>.

Kiehl & Trenbert. "Earth's Annual Global Mean Energy Budget". *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol 78, No 2, Febr. 1997.

Meltofte, M. (2008). Klimaændringerne – menneskehedens hidtil største udfordring. Miljøbiblioteket. Forlaget Hovedland.

Mikkelsen, M.H., Gyldenkerne, S., Poulsen, H.D., Olesen, J.E. & Sommer, S.G. (2005). Opgørelse og beregningsmetode for landbrugets emissioner af ammoniak og drivhusgasser 1985 – 2002. Danmarks Miljøundersøgelser. 84 s. – Arbejdsrapport fra DMU nr. 204. http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_arbrapporter/rapporter/AR204.pdf.

Nielsen, O.-K., Lyck, E., Mikkelsen, M.H., Hoffmann, L., Gyldenkerne, S., Winther, M., Nielsen, M., Fauser, P., Thomsen, M., Plejdrup, M.S., Albrechtsen, R., Hjelgaard, K., Vesterdal, L., Møller, I.S. & Baunbæk, L. 2009: Denmark's National Inventory Report 2009. Emission Inventories 1990-2007 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change. National Environmental Research Institute, Aarhus University. 826 pp. – NERI Technical Report No 724. <http://www.dmu.dk/Pub/FR724.pdf>

Nielsen, O.-K., Nielsen, M. & Illerup, J.B. (2007). Danish Emission Inventories for Stationary Combustion Plants. Inventories until year 2004. National Environmental Research Institute, University of Aarhus, Denmark. 176 pp. – NERI Technical Report no. 628. http://www.dmu.dk/Pub/FR628_Final.pdf.

Nielsen, O., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Gyldenkerne, S., Lyck, E., Plejdrup, M.S., Hoffmann, L., Thomsen, M., Fauser, P. (2009). Projektion of greenhouse gas emissions 2007-2025, National Environmental Research Institute, Aarhus Universitet, Denmark. 221 pp. – NERI Technical Report no. 703. <http://www.dmu.dk/Pub/FR703.pdf>

Tans, Peter. NAAA/ESRL. www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/

Thomsen, M. & Lyck, E. (2005). Emission of CH₄ and N₂O from Wastewater Treatment Plants (6B). National Environmental Research Institute, Denmark. 46 pp. – Research Notes from NERI no. 208. http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_arbrapporter/rapporter/AR208.pdf.

Nord-Larsen, Thomas, Vivian Kvist Johannsen, Bruno Bilde Jørgensen og Annemarie Bastrup-Birk (2008): Skov og plantager 2006, Skov & Landskab, Hørsholm, 2008.

Winther, M. (2008). Danish emission inventories for road transport and other mobile sources. Inventories until year 2006. National Environmental Research Institute, University of Aarhus. 219 pp. – NERI Technical Report No. 686. <http://www.dmu.dk/Pub/FR686.pdf>.

Internetsider

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.htm#1 (Link til IPCCs publikationer, herunder vurderingsrapporterne, Assessment Reports)

<http://unfccc.int/2860.php> (Link til klimakonventionens hjemmeside)

http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php (Link til klimakonventionens hjemmeside om Kyotoprotokollen)

<http://cdm.unfccc.int/index.html> (Link til klimakonventionens hjemmeside om CDM, Clean Development Mechanism)

<http://unfccc.int/resource/docs/2007/arr/dnk.pdf> (Link til rapport om in-country review af Danmarks opgørelse af drivhusgasudledning rapporteret til klimakonventionen i 2006 omfattende årene 1990-2004)

http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/inventory_review_reports/items/4704.php (Link til rapporter fra FNs gennemgang af Danmarks rapporteringer af drivhusgasudledninger.)

http://unfccc.int/national_reports/initial_reports_under_the_kyoto_protocol/items/3765.php (Link til "initial report" og "initial review report". Initial report er Danmarks udspil til fastlæggelse af basisår, assigned amount og øvrige forhold vedr. forpligtelsen under Kyotoprotokollen. Initial review report er FNs gennemgang af initial report hvori Danmarks forslag er blevet godkendt.)

<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/> (Link til IPCCs guidebøger til opgørelse af drivhusgasudledning)

<http://www.ens.dk/da-dk/klimaogco2/allokeringsplaner/Sider/Forside.aspx> (Link til Energistyrelsens hjemmeside om den nationale allokeringsplan, NAP)

<http://www.nordpool.com>

Ordliste

Annex I-lande: De 40 lande der optræder i klimakonventionens Annex I, og som er forpligtet til årligt at opgøre og rapportere deres nationale menneskeskabte udledning af drivhusgasser.

Basisår: Et lands reduktionsforpligtelse regnes i forhold til udledningen i basisåret. For de fleste Annex I-lande er basisåret 1990, dog har EIT-landene haft mulighed for at vælge et andet år eller en anden periode end 1990 som basisår. For F-gasser har Annex I-lande haft mulighed for at vælge mellem 1990 og 1995 som basisår. For Danmarks vedkommende er basisåret 1990 for CO₂'s, CH₄'s og N₂O's vedkommende og 1995 for F-gassernes vedkommende.

Brundtland-rapporten: Rapporten Our Common Future (Vor Fælles Fremtid) fra 1987 er af flest kendt som Brundtland-rapporten. Rapporten, der var den første til at fokusere på global bæredygtighed, gav et omfattende overblik over de største globale miljømæssige kriser og forslag til hvordan disse kunne løses. Både sociale, politiske, økonomiske og miljømæssige forhold var inddraget i rapporten, der bidrog til at miljømæssige problemstillinger fik en vigtig plads på den politiske dagsorden.

CMP: Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol. Kyotoprotokollens øverste myndighed, der mødes en gang årligt samme tid og sted som COP. Første møde var i 2005 – året hvor Kyotoprotokollen trådte i kraft.

CDM: Clean Development Mechanism. Reduktionsprojekter, med det mål at opnå CO₂-kreditter, der udføres i lande, der ikke er omfattet af Kyotoprotokollens forpligtelser.

CH₄: Metan. Metan er en drivhusgas med GWP på 21.

CO₂: Kuldioxid. Drivhusgas der pr. definition har GWP = 1.

CO₂-ækvivalenter: Enhed for den vægtede sum af forskellige drivhusgasser. Gasserne er vægtet efter deres individuelle virkning på drivhus-

effekten (GWP). Fx bidrager metan (CH₄) 21 gange mere til drivhuseffekten end kuldioxid, hvorfor 1 ton metan = 21 ton CO₂-ækvivalenter.

COP: Conference of Parties. Klimakonventionens øverste myndighed, der holder møde en gang årligt. COP's første møde var i Berlin i 1995.

CRF: Common Reporting Format. Standardformat vedtaget i FN-regi til rapportering af udledninger af drivhusgasser.

EMEP/EEA: European Monitoring and Evaluation Programme / European Environment Agency. Har udarbejdet guidebøger for estimering af udledning af bl.a. drivhusgasser og opdaterer løbende disse i forhold til ny viden.

EU-15: De 15 lande der var medlem af EU i 1995-2004 og som sammen tiltrådte Kyotoprotokollen i 1998 som gruppe.

F-gasser: Fællesbetegnelse for drivhusgasserne PFC'er, HFC'er og SF₆.

Forpligtelsesperiode: Perioden 2008-2012, inden for hvilken et land skal have opnået den reduktion i sine drivhusgasudledninger, det i henhold til Kyotoprotokollen er forpligtet til. Ofte skrives perioden som '2010'.

GWP: Global Warming Potential. GWP beskriver hvor kraftigt en drivhusgas påvirker drivhuseffekten i forhold til kuldioxid, der pr. definition har GWP = 1. Da drivhusgasserne har lang levetid i atmosfæren, er der vedtaget flere GWP for hver drivhusgas afhængigt af hvor lang en årrække der ønskes belyst. Desuden giver ny viden anledning til løbende justering af GWP. Disse justeringer får dog ikke betydning for opgørelserne af udledning af drivhusgasser, før nye IPCC Guidelines træder i kraft.

G8: Group of Eight. Koalition af otte af verdens førende industrialiserede nationer (Frankrig, Tyskland, Italien, Japan, Storbritannien, USA, Canada og Rusland). G8 mødes for at diskutere aktuelle økonomiske og politiske forhold ved de årlige topmøder. Ved mødet i 2009 var et af hovedemnerne klimaforandringer.

HFC'er: Hydrofluorkarboner. Kraftige drivhusgasser med GWP mellem 140 og 11.700. Forekommer ikke naturligt, men fremstilles industrielt. Anvendes bl.a. i kølemidler. De forskellige gasser er præsenteret i tabel 3-4.

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change. Panelet omtales oftest som FN's klimapanel, men er formelt uafhængigt af FN. Panelet er nedsat af WMO og UNEP. IPCC indsamler viden fra forskere i hele verden, men laver ikke selv målinger eller forskning. Panelet vurderer den nyeste viden på udførlig, objektiv, åben og transparent vis, og er dermed en tværstatslig og objektiv kilde til information for beslutningstagere og andre med interesse i klimaforandringer. IPCC er i praksis tæt knyttet til FN ved i stort omfang at levere informationer til bl.a. COP. I forbindelse med klimakonventionen blev IPCC bedt om at udfærdige guidebøger og vejledninger til, hvordan landene skal udarbejde opgørelser af udledninger til luften.

Jl: Joint Implementation. Reduktionsprojekter, med det mål at opnå CO₂-kreditter, der udføres i lande, der er forpligtet til at reducere udledningen af drivhusgasser omfattet af Kyotoprotokollens forpligtelser.

Kyotoprotokollen: Forpligtende aftale under klimakonventionen om at nedbringe udledningen af drivhusgasser. Kyotoprotokollen trådte i kraft i 2005.

NAP: National Allocation Plan. Som en del af det europæiske kvotehandelssystem skal EU landene have godkendt en national allokeringsplan af EU-kommissionen. NAP skal beskrive landets generelle klimainsats og tildeling af kvoter.

N₂O: Lattergas. Lattergas er en drivhusgas med GWP på 310.

NH₃: ammoniak kan gennem kemiske reaktioner danne lattergas. Den dannede lattergas indgår i de årlige opgørelser af udledning af drivhusgasser som en indirekte udledning. Udledning af ammoniak er i høj grad knyttet til landbrugssektoren.

NIR: National Inventory Report. Omfattende rapport der beskriver de årlige opgørelser af udledning af drivhusgasser i Danmark. Rapporten beskriver udledningerne i det seneste opgørelsesår og udviklingen siden 1990. Desuden beskrives de me-

toder og datakilder der er anvendt til estimering af udledningerne. NIR rapporteres til klimakonventionen sammen med data for udledningerne for alle år tilbage til 1990.

PFC'er: Perfluorkarboner. Kraftige drivhusgasser med GWP mellem 6.500 og 9.200. Forekommer ikke naturligt, men fremstilles industrielt. Anvendes bl.a. i kølevæsker, optiske fibre og udledes desuden fra aluminiumproduktion. De forskellige gasser er præsenteret i tabel 3-4.

ppb: part per billion. Koncentration af fx gasser kan udtrykkes i ppm, dvs. antal gasmolekyler pr. 1 mia. luftmolekyler.

ppm: part per million. Koncentration af fx gasser kan udtrykkes i ppm, dvs. antal gasmolekyler pr. 1 mil. luftmolekyler.

SF₆: Svovlhexafluorid. Kraftig industrielt fremstillet drivhusgas med GWP på 23.900. Anvendes i højspændingssystemer, termoruder og i laboratorier.

UNEP: United Nations Environment Programme. FN's miljøprogram.

UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change. Klimakonventionen. FN-konvention der blev vedtaget under miljøkonferencen i Rio de Janeiro i 1992. Konventionen indeholder hensigtserklæringer om, at landene skal nedbringe udledningen af drivhusgasser, men den er ikke juridisk bindende. Konventionen betragtes som en forløber for Kyotoprotokollen fra 1997.

Vurderingsrapport: Assessment Report. Rapporter der bliver udarbejdet af IPCC. Til arbejdet indrager IPCC eksperter fra hele verden, med henblik på at give den bedst mulig vurdering af klima, klimaforandringer, klimatilpasning mv.

VOC: Volatile organic compounds (flygtige organiske forbindelser). VOC er ikke drivhusgasser, men forbindelserne kan danne lattergas ved kemiske reaktioner i atmosfæren. Den dannede lattergas indgår i de årlige opgørelser af udledning af drivhusgasser som en indirekte udledning.

WMO: World Meteorological Organization. Den meteorologiske verdensorganisation.

Stikordsregister

A

affald

som drivhusgaskilde • 20, 42
udledningsopgørelse • 90
udvikling i drivhusgasudledning fra • 43

afgrøderester • 80

aktivitet • 58, 66

aktivitetsdata

forbedring af • 103

for stationær forbrænding
• 66

for mobile kilder • 71

annex I-lande • 47, 108

annex II-lande • 47

arbejdsmaskiner og fritidsfartøjer • 73

arealanvendelse • 20, 35

kildetyper • 35

udledningsopgørelse • 81

udvikling i drivhusgasudvikling fra • 38

assigned amount • 63

B

Bali Action Plan • 55

basisår • 58, 108

Danmarks • 63

biogasanlæg • 79

Bonn Climate Chance Talks • 102

Brundtland-rapporten • 108

bymæssig bebyggelse og infrastruktur • 42, 89

C

CDM • 108

cementfremstilling • 74

CH₄ • 108

CMP • 53, 108

CO₂ • 108, se også kuldioxid

CO₂-kvotepriser • 69

CO₂-kvoter • 68

CO₂-ækvivalenter • 18, 108

Conference Of the Parties • 7, 49,
se også COP

COP • 49, 108

COP 15 • 7, 102

COP-møder • 54

CRF • 108

C-Tool • 84

D

drivhuseffekten • 10

drivhusgasopgørelse se opgørelse

drivhusgasoptag • 18, 35, 38, 59

drivhusgasser • 10

GWP-værdier • 57

udvikling i atmosfærens indhold • 13

drivhusgasudledning

fremskrivning • 96, 97

kilder til • 18

opgørelse af • 14, 56

totale • 21

udvikling i Danmark • 20

udvikling i udledning fra energi • 22

E

EIT-lande • 47

el- og varmeproduktion • 22

elsparepærer • 23

Energi

aktivitetsdata • 66

opgørelsesmetoder • 66

som drivhusgaskilde • 20

udledningsfaktorer • 66

undergrupper • 22

energiforbrug og fordampning i olie/gas-sektoren • 20

EU-15 • 108

F

F-gasser • 10, 14, 28, 76, 108

GWP-værdi • 57

fjernvarme • 24

flaring • 24

flygtige organiske kulstofforbindelser • 28, 109, se også VOC

FN • 46

FN's internationale klimapanel
• 49

FN's klimakonference • 7

FN's klimakonvention • 6, 14, 46

forpligtelsesperiode • 58, 63, 108

fremskrivninger • 96

frugttræer og frugtavl • 86

G

G8 • 108

global opvarmning • 11

Global Warming Potential • 11,
se også GWP

glødepærer • 23

Good Practice Guidance • 66

GWP • 11, 108

oversigt over drivhusgassers
• 57

H

H₂O se vanddamp

handelsgødning • 79

hegn og småbiotoper • 86

HFC'er • 10, 109, se også f-gasser

husdyrfordøjelse • 31

udledningsopgørelse • 77
husdyrgødning • 31
udledningsopgørelse • 77
hydrofluorkarboner 14, se også
HFC'er

I

INC • 46
industri
kildetyper • 28
som drivhusgaskilde • 20, 28
udledningsopgørelse • 74
udvikling i drivhusgasudled-
ning fra • 29
industrialiserede lande • 47
indvinding af olie og gas • 24
Intergovernmental Negotiating
Committee • 46
Intergovernmental Panel on Cli-
mate Change se FN's interna-
tionale klimapanel
internationale klimapanel se FN's
internationale klimapanel
IPCC • 49, 109, se også FN's inter-
nationale klimapanel
IPCC's Vurderingsrapporter • 50

J

Jl • 109

K

kalkning • 40, 87
kemisk industri • 29, 75
klimatopmøde se COP
kul • 22
kuldioxid • 10, 14, 20, 24, 28, 35
atmosfærens indhold • 36
GWP-værdi • 57
kvotesystem • 68
kvælstoffiksering • 80
Kyotoprotokollen • 6, 53, 109
artikel 3.3 og 3.4 • 59

L

landbrug
kildetyper • 31, 32
som drivhusgaskilde • 20, 30
udledningsopgørelse • 77
udvikling i drivhusgasudled-
ning fra • 35
landbrugsarealer • 38, 83
lattergas • 10, 14, 31, 35, 42
GWP-værdi • 57
lossepladser • 42, 90
luftfart • 72

M

metalindustri • 29, 75
metan • 10, 14, 31, 35, 42
GWP-værdi • 57
mineralske produkter • 29
mobile drivhusgaskilder • 20, 24
aktivitetsdata • 71
udledningsfaktorer • 71
udledningsopgørelse • 71

N

N₂O • 109, se lattergas
NAP • 109
national allokeringsplan • 69
naturarealer • 90
negative feedback-mekanismer
• 13
netto-netto-princip • 60
NH₃ • 79, 109
NIR • 109
non-annex I-lande • 48

O

opgørelse af drivhusgasudled-
ning • 14, 55
evaluering af • 62
forbedring af metoder • 103
krav til • 56
metoder til • 57
opløsningsmidler • 29, 76
overfladetemperatur, den glo-

bale • 10, 12, se også global
opvarmning
overgangsøkonomi • 47

P

perfluorkarboner • 14, se også
PFC'er
permanente græsarealer • 40, 88
PFC'er • 10, 109, se også F-gasser
positive feedback-mekanismer
• 12
ppb • 109
ppm • 109
prognoser • 96

R

reduktionsforpligtelse, Dan-
marks • 59

S

SBI • 49
SF₆ • 10, 109, se også F-gasser
skove • 36
udlednings/optags-opgørelse
• 81
rejsning af • 59
rydning af • 59
skovrejsning • 59
skovrydning • 59
slam • 79
smøreolie • 29
spagnum • 41, 87
spildevand • 42, 92
stationær forbrænding • 20
aktivitetsdata • 66
kilder • 20
udledningsopgørelse • 66
Subsidiary Body for Implementa-
tion • 49
svovlhexafluorid • 14, se også SF₆
søfart 72

T

transportformer • 26

træforbrug • 24

tørv • 88

U

udenrigstrafik • 25

udledningsfaktorer • 58

forbedring af • 103

fra mobile kilder • 71

fra stationær forbrænding

• 66

udvaskning • 80

udvinding, lagring og transport

af olie og gas • 70

V

vejtrafik • 72

vådområder • 40, 88

VOC • 28, 109

Drivhusgasser

Kilder, opgørelsesmetoder og internationale forpligtelser

Redigeret af Marlene Plejdrup

Denne bog giver historien om drivhusgasser en hidtil udset dybde. Klimaændringerne har åbnet verdens øjne for disse gassers store betydning, og mange lande har forpligtet sig til at nedsætte udledningen af dem. Det kræver imidlertid, at man ved, hvor gasserne kommer fra, kan følge udledningernes størrelse fra år til år, og kan forudsige fremtidens udledning. Med udgangspunkt i de meget detaljerede opgørelser af drivhusgasudledningerne, myndighederne hvert år indrapporterer til blandt andet FN's klimakonvention og Kyotoprotokollen, fortæller bogens forfattere, hvor langt man i dag er kommet på disse meget centrale områder.

Bogen indeholder bl.a.

- Et kort overblik over, hvad drivhusgasser er.
- En grundig gennemgang af de utallige menneskeskabte processer i hverdagen, der fører til dannelse og udledning af drivhusgasser.
- De mange metoder, man har været nødt til at tage i brug for at kunne beregne, hvor store udledningerne er i dag, var i fortiden og må forventes at blive i fremtiden.
- Et klart overblik over de mange nationale og internationale institutioner og organisationer, der er med til at regulere drivhusgasudledningerne herhjemme og globalt.
- Et godt grundlag, hvis man vil forstå den aktuelle debat om klimaændringer og drivhusgasser.

Bogen rummer den nyeste viden, og indholdet er formidlet til ikke-eksperter uden at slække på den faglige kvalitet.



DANMARKS MILJØUNDERSØGELSER
AARHUS UNIVERSITET

ISBN 978-87-7070-149-5