

MILJØstyrelsen
Klima og Miljøstøtte

Juni 2005
Jr. Nr. 1034-0544

Notat om 2-graders målsætningen: Hvad indebærer den, og hvilken indsats kræves for dens opfyldelse?

I marts 1994 trådte FN's globale Klimakonvention i kraft med mere end 185 ratificerende stater, herunder Danmark. Konventionen har siden været omdrejningspunkt for de internationale forhandlinger på klimaområdet. I 1995 udgav FN's mellemstatslige klimapanel (IPCC) sin Anden Hovedrapport. På baggrund af de videnskabelige udsagn heri formulerede EU's miljøministre i 1996 målsætningen om, at den *menneskeskabte* påvirkning af den *globalt* middeltemperatur ikke må overstige 2 °C i forhold til før-industrielt niveau. 2 °C målsætningen var en del af EU's udspil til forhandlingerne om Kyoto-protokollen. Målet blev vedtaget ved fælles beslutningsproces mellem Rådet og Parlamentet i 2002, og det er senest blevet bekræftet af Det Europæiske Råd i marts 2005.

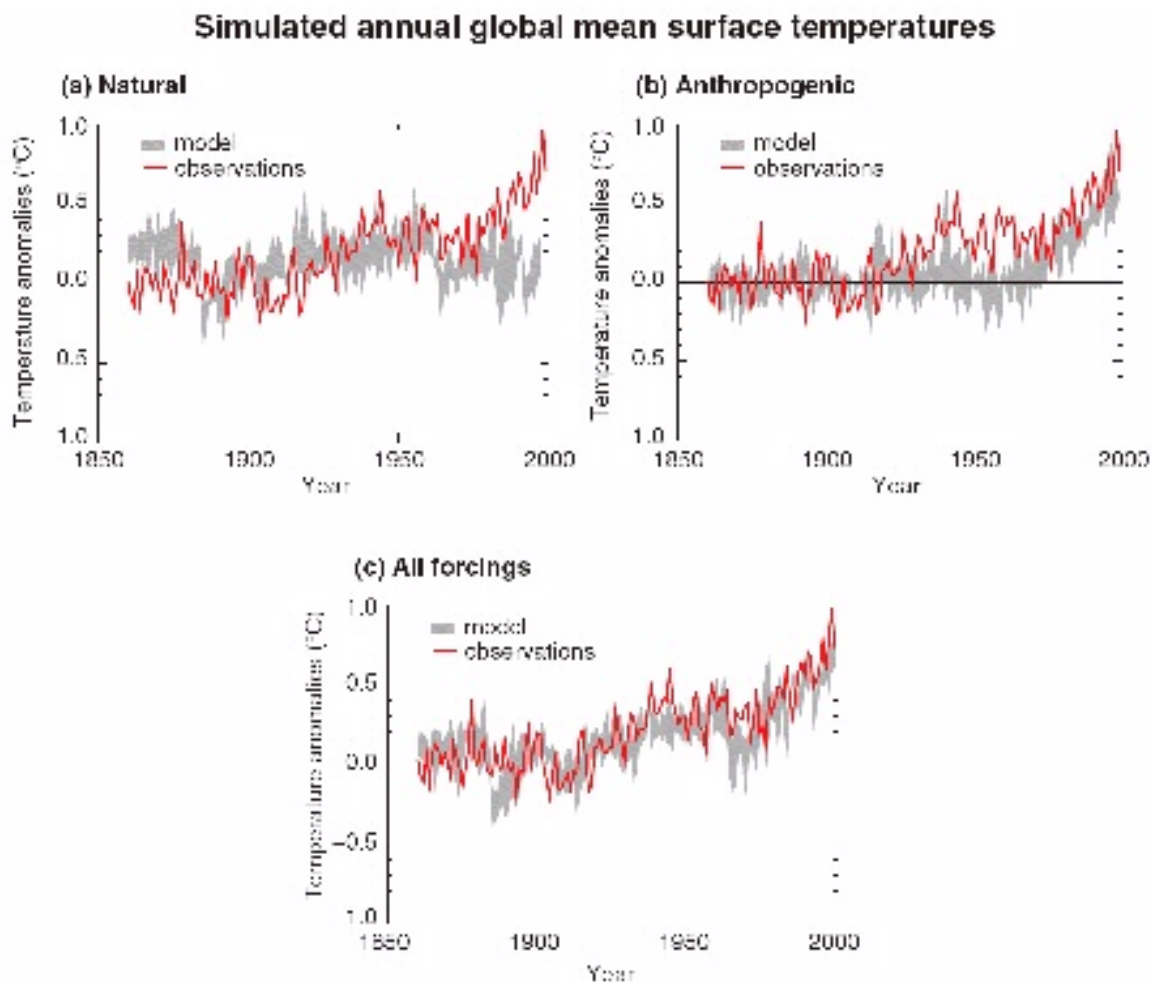
Udmeldingen fra EU skal ses på baggrund af Klimakonventionens målsætning om at stabilisere atmosfærens indhold af drivhusgasser på et niveau, der undgår farlig menneskeskabt påvirkning af klimaet. De 2 °C er EU's udspil til, hvordan denne målsætning kan gøres operationel.

Begrundelsen for 2 °C målet er bl.a. at undgå varige skader på økosystemer; at mindske globale havstigninger, oversvømmelser og stormskader; at reducere problemer med vandressourcer og andre negative konsekvenser for landbrug samt at begrænse risikoen for vedvarende skift i klimasystemet. EU-Kommissionen beskriver i sin meddelelse til Det Europæiske Råds møde i marts 2005 "Winning the Battle Against Global Climate Change" (vedlagt) i et annex side 12, en række konsekvenser for Europa og resten af verden af en global gennemsnitlig opvarmning på mere end 2 °C.

IPCC's Tredje Hovedrapport fra 2001 har bidraget med en præcisering af begrebet "før-industrielt niveau". IPCC definerer før-industrielt som perioden fra år 1000-1750, hvilket er perioden inden den industrielle revolution, hvor den menneskeskabte påvirkning af klimaet for alvor startede. Når EU derfor taler om en stigning i forhold til det før-industrielle niveau, refereres der til temperaturvirkningen af det øgede menneskeskabte drivhusgasindhold set i forhold til dette niveau. Ud fra undersøgelser af luftbobler i iskerner er det muligt at fastlægge de før-industrielle koncentrationer i atmosfæren af en række drivhusgasser.

På baggrund af såvel observerede temperaturstigninger som modelberegninger anfører IPCC endvidere, at den globale middeltemperatur er steget med ca. 0,6 °C (med en usikkerhed på

+/-0,2 °C) siden slutningen af det 19. århundrede (jævnfør figur 1). Den største del af stigningen, som er accelereret de seneste 50 år, vurderes at være menneskeskabt. Opvarmningen fra den menneskeskabte påvirkning er steget i takt med stigningen i drivhusgaskoncentrationerne helt fra ca. 1750. I samme periode forekommer også naturlige påvirkninger, og da der mangler globale temperaturmålinger så langt tilbage, er det kun for de seneste 50 års vedkommende, at IPCC konkluderer at størstedelen af den observerede temperaturstigning med stor sandsynlighed har været menneskeskabt.



Figur 1 Sammenligning mellem målte og modelerede globale middeltemperaturer for perioden 1860-2000. Den fede (røde) linie er den observerede temperatur, mens den blege (grå) linje er resultatet af kørsler med Hadley-centrets klimamodel. Figuren illustrerer at de naturlige påvirkninger ("forcing") af strålingsbalancen (fra solen og fra vulkaner) sammen med den menneskeskabte påvirkning fra drivhusgasser og aerosoler (betegnet anthropogenic på figuren) tilsammen reproducerer den iagttagne temperaturudvikling tilfredsstillende. Det skal bemærkes, at der aldrig kan opnås et 100% sammenfald mellem observationer og model, da både klimaet og modellen udviser interne variationer (uden ydre årsag) som følge af bl.a. vekselvirkningen mellem hav og atmosfære. Disse svingninger er kaotiske, således at en vilkårlig lille forskel i udgangstilstanden leder til mærkbart forskellige forløb efter et stykke tid. Derfor kan disse (mindre) naturlige variationer ikke reproducere. Der er imidlertid også usikkerhed om påvirkningen fra bl.a. vulkaner, hvor f.eks. de store udbrud i slutningen af

1800-tallet slår kraftigere ud i modelkørslen end i observationerne. (Kilde: IPCC tredje udredning).

Der knytter sig en del videnskabelig usikkerhed til, hvor meget stigninger i atmosfærens koncentrationer af drivhusgasser påvirker den globale middeltemperatur. Til usikkerheden bidrager naturlige svingninger i klimaet fra bl.a. solens påvirkning, vulkaner og vekselvirkning mellem hav og atmosfære. Desuden kan såkaldte aerosoler, der er små luftbårne partikler og dråber, og andre menneskeskabte klimapåvirkninger såsom øvrig luftforurening og ændret arealanvendelse virke afkølede. Aerosoler kommer primært fra svovludledninger fra kraftværker og forventes at aftage i takt med stigende røggasrensning og på længere sigt aftagende brug af fossile brændsler.

Klimaets følsomhed overfor det stigende indhold af drivhusgasser

En central usikkerhedsparameter for klimapolitiken udgøres af den såkaldte klimafølsomhed. I den internationale debat er begrebet præcist defineret som den globale temperaturstigning, der vil blive resultatet efter klimasystemet er kommet i ligevægt efter en fordobling af CO₂-koncentrationen¹. Da atmosfærens indhold af andre drivhusgasser som metan og lattergas såvel som af aerosoler også er ændret gennem menneskeskabte udledninger anvendes en omregning af den samlede påvirkning af strålingsbalancen til en ækvivalent CO₂-koncentration, med samme virkning som øgningen i koncentrationerne af alle de tilstedeværende drivhusgasser og menneskeskabte aerosoler.

IPCC har i alle deres hidtidige tre hovedrapporter fra 1990, 1995, 2001 fastholdt, at en fordobling af atmosfærens indhold af drivhusgasser (målt i CO₂ ækvivalenter) fra det førindustrielle niveau på 280 ppmv til 560 ppmv forventes at forårsage en stigning i den globale gennemsnitstemperatur på mellem 1,5 °C og 4,5 °C. I de første udredninger opereredes med en central værdi for klimafølsomheden på 2,5 °C, men i den seneste udredning afstod Panelet fra at angive en central værdi. I stedet anførtes hvilke klimafølsomheder forskellige klimacentres modeller har.

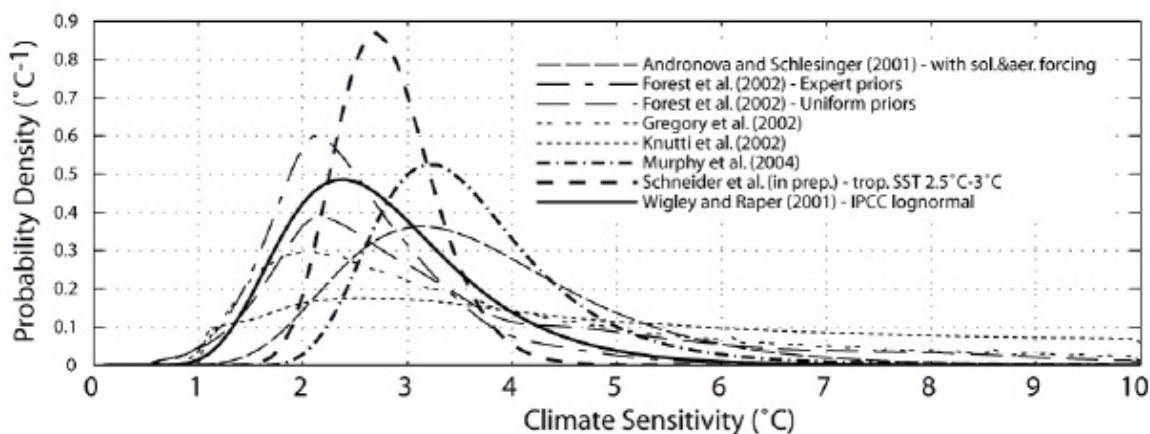
Når der som nævnt er usikkerhed om klimafølsomheden, skyldes det ikke så meget at den primære påvirkning af strålingsbalancen ikke kendes præcist, men mere at der ved en ændring af strålingsbalancen sker en række andre ændringer (i atmosfærens vanddampindhold, skyer, jordens og havets isdække, ændringer i vegetation mv) der virker forstærkende eller dæmpende på den oprindelige forstyrrelse. Når Klimapanelet siger at klimafølsomheden ligger mellem 1,5 og 4,5 grader, må det opfattes som at der er en sandsynlighedsfordeling med en top et sted mellem de to grænser, men forsvindende sandsynligheder uden for intervallet. Nyere forsk-

¹ Grunden til at der refereres til en fordobling er, at den primære påvirkning af atmosfærens strålingsbalance fra CO₂ med meget god tilnærmelse vokser med logaritmen til koncentrationen. Dvs at en stigning fra det førindustrielle niveau på 280 ppmv til det dobbelte, 560 ppmv, giver samme temperaturstigning som en yderligere fordobling, fra 560 til 1120 ppmv.

ning antyder dog at sandsynligheden for, at klimafølsomheden er større end 4,5 ikke med den nuværende viden kan antages at være helt forsvindende.

Figur 2 viser en række bud på sandsynlighedsfordelingen af klimafølsomheden, fra forskellige forskere. De forskellige bud viser, at der ikke alene er usikkerhed om klimasystemets følsomhed, men at det også er en kompleks opgave at kvantificere usikkerheden.

Når man ikke ud fra observationerne kan udrydde usikkerheden om klimafølsomheden skyldes det bl.a., at andre påvirkninger, som størrelsen af den lokalt kølende virkning af svovlforureningen, også er usikker. Klimaet kan derfor være mere følsomt overfor drivhusgasser, hvis påvirkningen er camoufleret af en stærk påvirkning fra aerosolerne, eller, alternativt, klimafølsomheden kan være mindre, hvis aerosolernes køling ligger i den lave ende. Ligeledes bidrager vulkaner til usikkerheden, idet variationer i vulkanernes afkølede virkning er meget dårligt bestemt.



Figur 2 Forskellige forskeres bud på sandsynlighedsfordelinger for klimafølsomheden. Den centrale værdi, hvor sandsynligheden er lige stor for en større og en mindre værdi, ligger noget til højre for fordelingernes maksimum. Det ses at fordelingernes centrale værdier ligger fra omkring 2,5 til 3,5 grader, svarende til de værdier af klimafølsomheden der typisk findes med dagens mest udviklede klimamodeller.

Råderummet for fremtidige drivhusgas-udledninger, der er forenelige med 2 °C målsætningen, afhænger af, hvor følsomt klimaet er over for koncentrationer af drivhusgasser i atmosfæren. Ud fra kendskabet til sammenhængen mellem koncentrationer af drivhusgasser og temperaturstigninger kan EU's målsætning for hver given værdi af klimafølsomheden omsættes til, hvor højt et niveau, der kan tolereres for atmosfærens indhold af drivhusgasser uden at

komme i modstrid med Klimakonventionens mål om at undgå farlige menneskeskabte klimapåvirkninger.

Usikkerheden om klimafølsomheden bevirker at forskerne ikke med fuld sikkerhed kan sige at et bestemt valgt stabiliseringsniveau for atmosfærens indhold af drivhusgasser vil føre til at 2-graders målet overholdes. Derimod kan man komme med udsagn om hvor stor sandsynligheden for at overholde målet er, ved forskellige stabiliseringsniveauer for drivhusgasindholdet, hvis man vælger én af fordelingerne i fig 2.

Som det fremgår af ovennævnte meddelelse fra EU-Kommissionen, ”Winning the Battle Against Global Climate Change”, indikerer den seneste forskning, at en stabilisering af atmosfærens koncentrationer af drivhusgasser på det dobbelte niveau i forhold til før-industrielt niveau med stor sandsynlighed vil resultere i stigninger i den globale middeltemperatur på mere end 2 °C.

Uanset hvilken af de i figur 2 viste sandsynlighedsfordelinger der anvendes, når man frem til at en stabilisering på 550 ppmv CO₂-ækvivalent indhold af drivhusgasser kun giver en begrænset sandsynlighed for at målet overholdes, mens stabilisering på niveauer i området 400 til 450 ppmv CO₂ ækvivalent giver en større sandsynlighed for at målet overholdes, men ikke fuld sikkerhed. Et nyligt studie² finder således, under brug af de i figur 1 viste sandsynlighedsfordelinger, at stabilisering på 550 ppmv CO₂ ækvivalent giver en risiko af størrelsesordenen 70 til 100% for at overskride 2 graders målet, stabilisering på 450 ppmv CO₂-ækvivalent giver en risiko på 25 til 78%, mens stabilisering på 400 ppmv CO₂-ækvivalent giver en risiko på 0 til 57% for at overskride målet.

Det er denne sammenhæng, der afspejles i Rådskonklusionernes formulering om, at drivhusgasserne skal stabiliseres ”godt under 550 ppmv”, hvis 2 graders målet skal nås. Lidt mere præcist kan man sige, at hvis man med rimelig sandsynlighed skal nå målet, skal de ækvivalente koncentrationer stabiliseres på 400-450 ppmv. Da det tager meget lang tid før havenes temperatur er kommet i ligevægt, er der imidlertid en teoretisk mulighed for at koncentrationerne kortvarigt (f.eks. 50-100 år) kan tillades at overstige det sluttelige niveau i mindre omfang, uden at den gennemsnitlige globale opvarmning overstiger de 2 grader på noget tidspunkt.

Betydningen for de fremtidige globale udledninger

Selve CO₂-koncentrationen ligger i dag på 380 ppmv, mens den CO₂-ækvivalente koncentration af alle drivhusgasser ligger på 450 ppmv. Med centrale skøn for den kølende virkning af aerosoler findes endvidere, at den samlede virkning af drivhusgasser og aerosoler i dag svarer til den ækvivalente virkning af 368 ppmv CO₂ (fodnote 2). Dette illustrerer, at råderummet

for yderligere stigninger er begrænset, hvis man skal opnå en langsigtet stabilisering på f.eks. 450 ppmv CO₂-ækvivalent.

Det er dog i et vist omfang muligt at sænke atmosfærens indhold af drivhusgasser, særligt dem med kort levetid. F.eks. reagerer atmosfæren meget hurtigt (inden for 12 år) på reduktioner i metanudledningerne. Indholdet af drivhusgassen ozon i den nedre atmosfære kan også reduceres ved generel formindskelse af luftforureningen. Der kan endvidere på langt sigt (efter omkring år 2100) opnås et fald i CO₂-koncentrationen ved at reducere de globale CO₂-udledninger til et niveau under optaget på land og i oceanerne³.

Der er lavet mange gennemregninger af hvilke scenarier for de globale udledninger der leder til en stabilisering på forskellige niveauer af CO₂-ækvivalent koncentration, som også er refereret af Klimapanelet. Disse gennemregninger bygger på den nuværende videnskabelige forståelse af hvor hurtigt de forskellige drivhusgasser nedbrydes, eller (for CO₂) optages i andre reservoirer (både på land og i havet). Gennemregningerne viser samstemmende, at de globale udledninger skal toppe inden for et par årtier, for derefter at aftage, hvis der skal opnås stabilisering på de ovenfor nævnte niveauer. Desuden skal de globale udledninger i 2050 ligge fra 15 til 25% under 1990-niveauet, hvis 2-graders målet skal nås med mere end 50% sandsynlighed. Ud over usikkerheden om klimafølsomheden er der usikkerhed om optaget på landjorden (i biosfæren) og i oceanerne, når CO₂-indholdet øges og klimaet ændrer sig. I øjeblikket optages op mod en fjerdedel af de menneskeskabte CO₂-udledninger på landjorden, men der er en risiko for, at dette optag falder. En sådan reduktion i optag ses i alle de nye avancerede klimamodelkørsler, der beskriver et fuldt kulstofkredsløb.

Betydningen for industrilandenenes fremtidige udledninger

Industrilandenenes udledninger er i øjeblikket på lidt over halvdelen af de globale udledninger, men væksten i de globale udledninger domineres af de hurtigtvoksende store udviklingslande som bl.a. Kina. I og med at udviklingslandene har forholdsmæssigt lavere udledninger end industrilandene er det den almene opfattelse, at realiseringen af de nødvendige globale reduktioner for at nå 2 graders målet, som beskrevet ovenfor, vil kræve større reduktioner i industrilandenenes udledninger, end der kræves for det globale gennemsnit. Dette er baggrunden for at rådskonklusionerne (miljø) fra marts 2005 anfører, at reduktioner i størrelsesordenen 15-30% i 2020 og 60-80% i 2050 (i forhold til 1990) for industrilandene bør overvejes. Det Europæiske Råd bekræftede efterfølgende målsætningen for 2020 og henviste for tiden herefter til ånden i de konklusioner, der var vedtaget af Rådet (miljø).

²Bill Hare and Malte Meinshausen: "How much warming are we committed to and how much can be avoided?" Potsdam Institut for Climate Impact Research, report no. 93, Oktober 2004

³ I øjeblikket er udslippene af CO₂ ca. dobbelt så store som mængderne, der optages på land og i oceaner.

Det skal bemærkes, at udviklingslandenes vækst i udledninger samtidigt skal vendes til reduktioner inden for få årtier, på et tidspunkt hvor udledningerne fra udviklingslandene stadig ligger væsentligt under industrilandenes, regnet per indbygger.

Hvad indebærer reduktioner på 15-30% i 2020 og 60-80% i 2050?

I meget generelle termer indebærer de nævnte reduktioner, at der skal ske væsentlige teknologiske ændringer i de sektorer, der giver anledning til drivhusgasudledninger. Kommissionens input til EU's overvejelser om den langsigtede klimastrategi, meddelelsen "Winning the battle against global climate change" fra februar 2005 forudsiger en væsentlig teknologiudvikling og billiggørelse af teknologier med lav drivhusgasudledning. Denne teknologiudvikling vil i høj grad skulle drives fremad af markedsbaserede instrumenter som f.eks. kvotehandel, der fremmer de økonomiske incitamenter til brug af mere klimavenlige teknologier.

Hvad kommer det til at koste?

Det er i sagens natur meget vanskeligt at vurdere omkostninger frem til 2050, idet ikke mindst teknologiudviklingen og udviklingen i de økonomiske rammebetingelser spiller en afgørende rolle for omkostningerne. Bred international enighed om en strategi for udledningsreduktioner vil endvidere kunne medvirke til at reducere omkostningerne. Der er forskellige internationale scenarier for en global omstilling af den nævnte skala, og de tyder på at omkostningerne kun vil have en begrænset, men dog ikke uvæsentlig betydning for samfundsøkonomien.

Hvad skal der til?

Kommissionen peger i sin rapport (Winning the Battle Against Global Climate Change) på at følgende faktorer er vigtige for at gennemføre den nødvendige globale omstilling billigst muligt:

- At alle sektorer inddrages (specielt andre drivhusgasser end CO₂, udledninger fra fly og skibe, afskovning).
- At alle lande med store udledninger deltager i den internationale indsats.
- Fuld og ubegrænset brug af international kvotehandel og andre fleksible mekanismer som CDM.

Fuld udnyttelse af synergierne i forhold til andre mål i EU-politiken, særligt Lissabonstrategien, forsyningssikkerhed og strategien for bæredygtig udvikling, reformeringen af landbrugspolitikken og strategien vedrørende luftforurening. Herudover peger kommissionen på behovet for en forøgelse af forskningen vedrørende klimaet og af forskningen vedrørende begrænsninger og tilpasning til klimaændringer. Konkret anbefales en signifikant forøgelse af

midlerne under det 7. rammeprogram, til forskning og udvikling af klimavenlige teknologier, indenfor energi og transport, såvel som landbrug og industri.