

Hva global oppvarming ikke handler om

Hanno Sandvik

**Hanno Sandvik
(f. 1970)**

er forsker ved Senter for bevaringsbiologi, NTNU. Han har tatt hovedfag (1997) og doktorgrad (2004) ved Universitetet i Tromsø på sjøfuglenes evolusjonære økologi. Hanno forsker på effekten av klimavariabilitet på populasjonsdynamikk hos virveldyr. Hovedinteressene hans ligger i skjæringsrommet mellom økologi, samfunn, evolusjon og filosofi.

Klimadebatten domineres til tider av misforståelser og avsporinger

Global oppvarming har i løpet av de siste par årene gått fra å være et tema for spesielt interesserte til å bli en av de mest omtalte nyhetsemnene. I takt med interessen har også temperaturen i klimadebatten økt. Endringene vi står overfor er trolig en av de største utfordringene for menneskeheten i nyere tid – og dette gjelder både de klimatiske/økologiske endringene som er forutsagt og de politiske/økonomiske endringene som skal til for å begrense og/eller bøte på skadene. At det oppstår et behov for å debattere klimapolitikken, er derfor ikke bare forståelig, men også ønskelig og nødvendig. Dessverre er ikke klimadebatten alltid like representativ for verken klimaforskningen eller klimapolitikken.

Uenighet med flertallsmeningen i klimapolitikken kan ha tre ulike årsaker: (a) saklig uenighet om tolkningen av klimatologiske funn, (b) politisk uenighet om hvordan disse funnene bør påvirke samfunnsmessige veivalg, og (c) misforståelser. Alle redelige debattanter – uansett hvor uenige de måtte være om sak eller politikk – vil være enig i at en fruktbar debatt ikke er tjent med at misforståelser holdes i live eller endatil blåses opp. Dessverre byr klimadebatten på flere fallgruver og omfatter en rekke blindspor. Til tider kan det virke som om blindsporene dominerer debatten totalt, og det kan derfor være på sin plass å gjøre oppmerksom på dem. Mange av de mest seiglivet «argumentene» i klimadebatten er dessverre nettopp misforståelser eller avsporinger. Noen av «argumentene» er så utspekulerte at

det er nærliggende å anta at de ble satt i omløp med den eksplisitte hensikt å villeden den offentlige opinion. Uansett er ikke målet med artikkelen å identifisere gjerningsmennene, men å møte deres bevisste eller ubevisste desinformasjonskampanjer med informasjon. Man kan håpe at dette hjelper til å få frem de egentlige uenighetene i klimadebatten, dvs. de saklige og/eller politiske sådanne.

Derfor skal denne artikkelen ta opp den kanskje litt uortodokse spørsmålsstillingen hva et naturvitenskapelig fenomen *ikke* handler om. Jeg skal likevel begynne med noen korte setninger om:

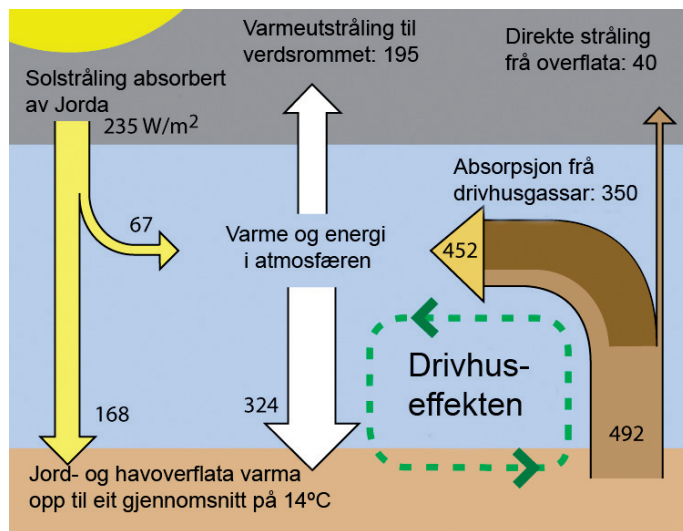
Hva global oppvarming handler om

Kortversjonen av mekanismene bak den globale oppvarmingen er som følger: Jorden mottar så godt som all sin

energi fra solen i form av stråling. Jordoverflaten varmes derfor opp, og begynner å stråle selv. Jordens atmosfære er imidlertid ikke like gjennomtrengelig for strålingen fra bakken som for den fra solen. Grunnen er at frekvensen av strålingen er endret, dvs. lys har blitt omvandlet til varme-stråling (solens stråling har en bølglengde på rundt 500 nanometer, mens jordens har rundt 10 000 nm). Atmosfæren fungerer dermed som et glass-tak som fanger varmen, derav det populære navnet *drivhuseffekt*.

Drivhuseffekten er i prinsippet et naturlig fenomen (Figur 1). Det som skiller ut den menneskeskapte (*antropogene*) – eller retttere sagt menneskeforsterkede – drivhuseffekten, er at menneskelig aktivitet har økt og øker andelen av drivhusgasser i atmosfæren. De viktigste av disse gasene som bidrar til å fange varmen i atmosfæren, er vanndamp, karbondioksid (CO₂) og metan. Blant annet på grunn av den antropogene tilførselen av CO₂ har temperaturen over de siste 100 år økt med 0,7 °C (jf. Figur 2), og forventes å øke ytterligere, trolig med 2 °C eller mer innen de neste hundre år.

Kortversjonen trenger altså ikke mange setninger. At den er *korrekt*, er det heller ingen forsker som tviler på. Den har i forskersamfunnet vært nokså akseptert i snart 200 år og godt forstått i over 100 år. Problemet er at kortversjonen er *forenklet*. Den kan kompliseres så å si etter ønske og behov, og de gjenværende uenighetene ligger nettopp i disse kompliserende detaljene, ikke i det store bildet. Nøkkelordet her er tilbakekoblinger. For å nevne to eksempler, fremstiller snø en positiv tilbakekobling, altså en *selvfor-*



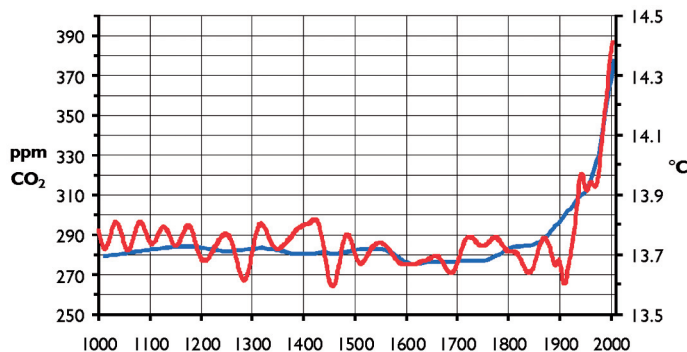
sterkende faktor: Snø reflekterer sollyset tilbake til rommet. Jo mer snø som ligger på jordens overflate, desto svakere er altså drivhuseffekten. Blir det varmere, faller mindre og/eller smelter mer snø, slik at mer solstråling blir absorbert av jordoverflaten, slik at jorden igjen blir varmere. Snø (eller dens fravær) sørger m.a.o. for at oppvarming fører til enda mer oppvarming. Skyer representerer en negativ tilbakekobling, eller en *selvregulerende* faktor. Også skyer reflekterer sollyset og har dermed en kjølede effekt på jorden. I motsetning til snøen blir det imidlertid flere skyer når jorden varmes opp, siden mer vann vil fordampe. Skyer demper dermed effekten av global oppvarming. Det fins en rekke naturlige prosesser som forsterker og/eller svekker drivhuseffekten, og det kan være nokså innfløkt å anslå den relative viktigheten av de ulike prosessene. De viktigste tilbakekoblingene tas imidlertid høyde for av de nåværende klimamodellene.

Figur 1

Den naturlige drivhuseffekten. Figuren viser energiflyten mellom verdensrommet og jorden samt i atmosfæren, alle verdier er i watt per kvadratmeter. Solens stråling alene varmer opp jorden til -18 °C (mot verdensrommets -270 °C). Jordens atmosfære «resirkulerer» en del av denne energien og øker derved temperaturen ytterligere til gjennomsnittlig +14 °C. Den menneskeforsterkede drivhuseffekten består i at menneskelig utslipp har endret atmosfærens sammensetning, noe som øker andelen av energien som blir resirkulert. [Kilde: modifisert etter Robert A. Rohde; tilgjengelig via wikipedia; filnavn: Drivhuseffekt.png]

Figur 2

Den blå kurven og venstre y-aksen viser økningen i atmosfærens karbondioksidkonsentrasjon gjennom de siste tusen år. Rekonstruksjonen av historiske CO₂-konsentrasjoner bygger på analyser av luftbubler i isen fra Antarktis. Den røde kurven og høyre y-aksen viser økningen i jordens gjennomsnittstemperatur. Jo lenger tilbake man går i tid, desto mer usikre blir verdiene. Merk også at den tydelige samvariasjonen mellom CO₂ og temperatur alene ikke dokumenterer noen årsakssammenheng. Sistnevnte er imidlertid godt sikret gjennom lab-eksperimenter, modellering og sammenlignende feltstudier. [Denne og de følgende figurene er laget av forfatteren og kan fritt lastes ned på wikipedia.org (jf. sluttnoten). Denne figurens filnavn: CO2+Temp.png.]



Hva global oppvarming ikke handler om

Jeg skal nå ta opp et dusin vanlige avsporinger og misforståelser som er gjengangere i klimadebatten. Mange av påstandene er faktisk ikke direkte feil, men de tillegges ofte implikasjoner som de ikke har, slik at de, som argumenter i klimadebatten, blir villedende.

1) «Menneskelige utslipp står bare for 1 % av CO₂-mengden»

Påstanden forekommer i et utall varianter, men er både (1) feil og (2) villedende.

1. Den er feil fordi 27 % av karbondioksidet som befinner seg i atmosfæren i dag (2008), kommer fra menneskelige utslipp. På 1700-tallet var atmosfærens CO₂-konsentrasjon på omlag 280 ppm (*parts per million*, dvs. titusendels prosent av den tørre luftens volum). Siden begynnelsen på den industrielle revolusjon har konsentrasjonen økt til i dag 385 ppm (se Figur 2). Den årlige økningen er for tiden på rundt to prosent per år (Figur 3). Også denne økningen stammer fra menneskelige utslipp. Det fins for-

holdsvis nøyaktige beregninger på mengden CO₂ som mennesker har sluppet ut. De baserer seg bl.a. på forbruket av kull og petroleum (Figur 4). Ytterst få debattanter betviler fremdeles sammenhengen mellom menneskelige utslipp og økningen av CO₂-konsentrasjonen. Disse får dermed to forklaringsproblemer i fanget samtidig: (a) Hvor, om ikke i atmosfæren, skal det ha blitt av de 345 gigatonnene karbon som menneskeheten beviselig har forbrent gjennom de siste 200 år? (b) Hva, om ikke menneskelige utslipp, skal ha forårsaket økningen av karbondioksidinnholdet i atmosfæren?

2. Men selv om påstanden hadde vært sann, er den likevel nokså uinteressant for klimadebatten. Grunnen er at de menneskelige utslippene – uansett størrelsesorden – forstyrrer balansen mellom naturlige utslipp og naturlige opptak av CO₂. Det er ikke mengden i seg selv som er problemet, men at all CO₂ som kommer i tillegg til det naturlige, forsterker drivhuseffekten. Karbondioksid inngår nemlig i et kretsløp der det naturlige forbruket er like stort som den naturlige produksjonen. Digresjonen «Karbonkretsløpet» forklarer dette litt mer detaljert.

Påstanden forekommer også i noen finurlige variasjoner. Jeg tar opp to av dem her: Det hevdes bl.a. at andelen av karbondioksid som direkte kan spores tilbake til menneskelig aktivitet, bare utgjør 4 % av atmosfærens CO₂. Også dette er korrekt, men irrelevant. Nettopp fordi alt karbon inngår i karbonkretsløpet, blir menneskelige utslipp etter hvert byttet ut med «naturlig»

Digresjon 1: Karbonkretsløpet

Karbonkretsløpet (eller karbonsyklusen) betegner karbonets kretsløp gjennom luften (atmosfæren), vannmassene (hydrosfæren), levende organismer (biosfæren), jordsmonnet (pedosfæren) og berggrunnen (litosfæren). Karbon forekommer i luften i form av karbondioksid (CO_2), der det (før de menneskelige påvirkningene) utgjorde ca. 0,028 % av luftens volum.

Luftens karbondioksid står i en dynamisk likevekt med CO_2 i oseanenes vannmasser, der CO_2 løser seg i havvannet (og derved blir til kullsyre). Mengden CO_2 som til enhver tid kan løse seg i havene, er bl.a. påvirket av havtemperaturen (kaldt vann tar opp mer CO_2). Men grovt sett er mengden CO_2 som havene opptar fra atmosfæren, like stor som mengden CO_2 atmosfæren tar opp fra havene.

Karbondioksid tas også opp av planter og andre fotosyntetiserende organismer. Fotosyntese er en prosess der planter omdanner karbondioksid pluss vann ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) til sukker pluss oksygen ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2$). Luftens karbon blir derved omdannet til organisk karbon – først og fremst sukker, som i sin tur kan omdannes til andre karbohydrater, proteiner eller fett. Disse organiske karbonforbindelsene føres så videre oppover i næringskjeden, når planter spises av dyr, og disse igjen av andre dyr osv. De aller fleste organismer (unntatt enkelte bakterier) dekker sitt energibehov ved å forbrenne disse karbonforbindelsene (med oksygen) til karbondioksid (og vann). På denne måten blir den samme mengden karbon som plantene har trukket ut av luften, igjen ført tilbake til atmosfæren.

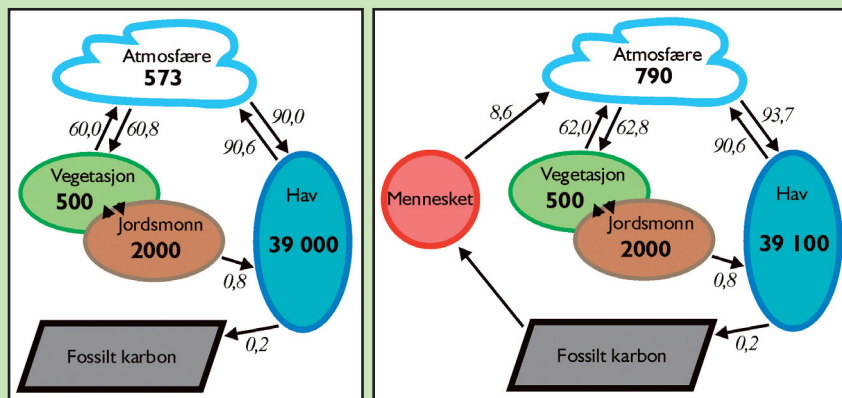
Når planter eller dyr dør, blir deres organiske substans del av jordsmonnet, der det brytes ned av bl.a. sopp og mikroorganismer. Også denne nedbrytingen er kjemisk sett en forbrenning. Et tre avgir altså like mye CO_2 når det dør, som det har tatt opp mens det levde – uansett om treet

spises opp av en planteeter, om det faller ned og forråtnet, eller om det forbrennes i en skogsbrann eller som fyringsved.

I mindre mengder utvaskes også organisk karbon fra landjorda og havner via elver i havene. I havene synker dødt organisk materialet mot bunnen. Mesteparten av næringsstoffene blir tatt opp av andre organismer før det når bunnen, eller føres bort av havstrømmene og kommer til overflaten igjen ved en såkalt upwelling. En liten del sedimenterer derimot og akkumuleres ved havbunnen. Det er slike organiske karbonavsetninger som i geologisk tid kan omvandles til kull eller olje. Dette såkalte fossile karbonet er blitt en del av jordskorpen (litosfæren).

Mennesket har i den industrielle revolusjonen begynt å brenne fossilt karbon. Dette har ført til en markert endring i karbonkretsløpet. Hovedforskjellen er at det ved brenning av fossilt karbon produseres mer CO_2 enn det forbrukes. Dette har i løpet av de siste ca. 200 år ført til at det i dag (2008) finnes 345 gigatonn (10^{12} kg) mer karbon i omløp enn før den industrielle revolusjonen. Mesteparten av dette karbonet finnes (som karbondioksid) i atmosfæren, der det forsterker drivhuseffekten og fører til global oppvarming. Omlag 125 gigatonn har havnet i havene, der det (som kullsyre) bidrar til å gjøre vannet surere. Problemet med de menneskelige utslippene er altså ikke at menneskelig CO_2 er kjemisk forskjellig fra naturlig CO_2 , heller ikke at det er helseskadelig eller giftig. Problemet er at de menneskelige utslippene forstyrrer den naturlige balansen mellom opptak og utslipp, fordi produksjonen av CO_2 økes, mens forbruket er uendret eller til og med avtar pga. avskogning.

Det er kanskje også viktig å påpeke at CO_2 ikke er noen bieffekt eller «forurensning» i tradisjonell forstand, som kan kontrolleres ved forbedret teknologi. CO_2 er et uunngåelig sluttprodukt som nødvendigvis oppstår ved forbrenning av karbon (f.eks. bensin eller kull).



Figurene viser karbonkretsløpet *før den industrielle revolusjon* (til venstre) og i *2008* (til høyre). Halvfeite tall angir mengden av karbon i gigatonn (milliarder tonn). Kursive tall angir flyt av karbon i gigatonn per år. Man ser at det ikke fins noen sinke som fanger opp de menneskelige utslippene, og at systemet derfor ikke er i likevekt. Mengden karbon i atmosfæren og havet øker dermed fra år til år. Disse figurene er laget av forfatteren og kan fritt lastes ned på wikipedia.org (jf. sluttnoten). Figurenes filnavn: Karbonkretsløp_1700.png resp. Karbonkretsløp_2005.png.

Uansett hvordan man snur på det, skyldes CO₂-økningen menneskelig aktivitet

CO₂. En del av de menneskelige utslippene blir til gjengjeld bygget inn i planter og dyr, havner i jordsmonnet og vannmassene. Skillet mellom «naturlig» og «kunstig» CO₂ er dermed selv kunstig. Den nevnte økningen på 27 prosentpoeng skyldes altså menneskelig aktivitet, uansett hvordan man snur på det.

Man kan også lese at menneskelige CO₂-utslipp bare utgjør noen få prosent av de naturlige utslippene. Igjen er dette korrekt (tallet er 4,5 %), men irrelevant. Siden karbonkretsløpet har en nokså høy hastighet, slippes årlig rundt 150 gigatonn karbon ut på naturlig måte – like mye som blir tatt opp igjen (se Digresjon 1). Ved å fokusere på CO₂-utslippene heller enn CO₂-konsentrasjonen blir tallene til-

synelatende mindre, men drivhuseffekten styres av *mengden* drivhusgasser som befinner seg i atmosfæren til enhver tid, ikke av disse gassenes omløpshastighet.

2) «De norske utslippene utgjør bare noen få promille»

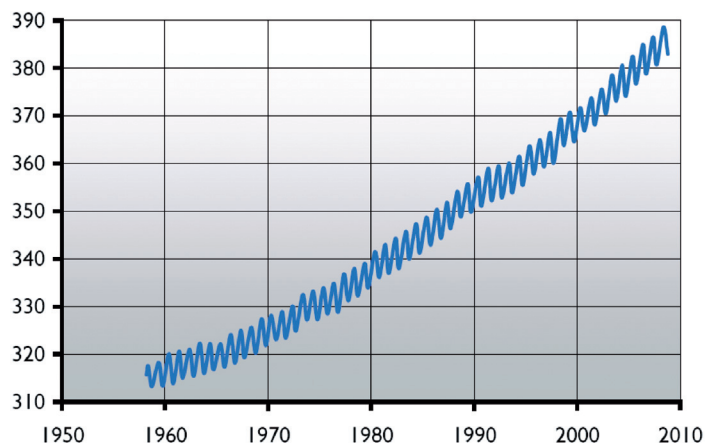
Påstanden er sann, men villedende. Norge står for tiden for 1,8 promille av de menneskeskapte karbondioksidutslippene, for å være nøyaktig. Men med over 200 land på jorden skulle man ikke forvente annet enn at hvert land bare står for noen promille av et globalt fenomen. Dette gjør det generelt vanskelig å finne forpliktende løsninger på globale problemer, og er ikke noe særtrekk ved global oppvarming. Denne situasjonen, som er kjent som

allmenningens tragedie, gjelder like mye på andre felt, som overfiske, barnearbeid eller landminer, for å nevne noen. Men selv om hvert land bare står for en forsvinnende liten del av disse problemene, fins det ingen andre aktører enn nettopp enkeltland som kan løse dem.

Ser man derimot på Norges *relative* bidrag, dvs. CO₂-utslipp *per hode*, viser det seg at Norge slipper ut det 2,5-dobbelte av hva befolkningen skulle tilsi, nemlig 3,11 tonn mot verdensgjennomsnittet på 1,23 tonn (målt i tonn karbon per person per år). Norges rolle i det globale bildet blir ikke lysere av at landet har blitt rik på å eksportere olje, altså den enkeltfaktoren som bidrar mest til de samlede globale CO₂-utslippene (jf. Figur 4).

3) «Liv hadde vært umulig uten CO₂»

Påstanden er sann, men irrelevant for klimadebatten. Livet – i hvert fall livsformene vi kjenner til fra jorden – er avhengig av organiske karbonforbindelser. Disse dannes bl.a. av grønne planter gjennom fotosyntese: Ved hjelp av sollyset omdanner plantene karbondioksid og vann til karbonforbindelser. Som «avfallsprodukt» oppstår dessuten oksygen, som de aller fleste organismer trenger for sitt åndedrett. En annen grunn for hvorfor CO₂ er livsviktig, er den nevnte naturlige drivhuseffekten. Uten atmosfære hadde jordens middeltemperatur vært –18 °C, ikke noe levelig miljø for de fleste livsformer. Å omtale CO₂ som «livets gass», er likevel en avsporing i klimadebatten. Det er nemlig ikke noe mål for klimapolitikken å «avskaffe» all CO₂. Målet er å stabilisere atmosfærens CO₂-konsentrasjon.

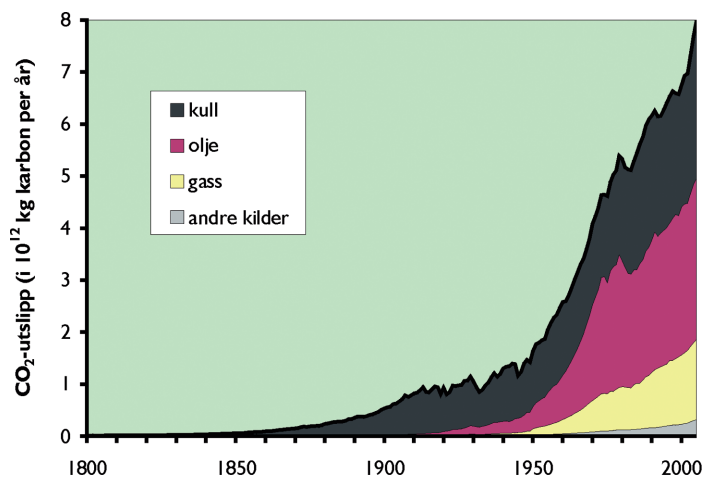


Figur 3

Siden 1950-tallet har man målt karbondioksidkonsentrasjonen i atmosfæren (angitt i ppm på y-aksen). CO₂-nivået i atmosfæren var 280 ppm før den industrielle revolusjonen (jf. Figur 2). Konsentrasjonen krysset 380 ppm mellom 2004 og 2006. De små årlige svingningene som man ser på figuren, skyldes årstidsrelaterte variasjoner i plantenes CO₂-forbruk. Derfor synker konsentrasjonen når det er sommer på Nordhalvkula. Denne figuren er laget av forfatteren og kan fritt lastes ned på wikipedi.org (jf. sluttnoten). Figurens filnavn: CO₂-Mauna-Loa.png.

En annen variant av påstanden er av typen «Hvis CO₂-utslippene må begrenses, kan vi like gjerne slutte å puste.» Igjen stemmer det at alle organismer (bortsett fra enkelte bakterier) puster ut karbondioksid. Alt karbondioksidet som vi puster ut, kommer fra karbonholdige forbindelser som vi har tatt opp gjennom næringen (karbohydrater, fett eller proteiner). Denne næringen stammer fra planter, eller hvis den stammer fra dyr, har disse i sin tur fått næringen direkte eller indirekte fra planter. Når planter produserer karbohydrater, forbruker de nøyaktig like mye CO₂ som vi puster ut når kroppen vår senere forbrenner de samme karbohydratene. Vårt åndedrett inngår altså i karbonkretsløpet (se Digresjon 1), der det til enhver tid produseres like mye som det forbrukes. Faktisk kan man si at vi kortvarig slipper ut mer CO₂ hvis (eller når) vi *slutter* å puste: Når vi er døde, blir hele kroppen vår brutt ned til CO₂. Men igjen er dette den samme mengden som vi har bundet i kroppen vår mens vi vokste.

Norge slipper ut 2,5 ganger mer CO₂ enn befolkningen skulle tilsi



Figur 4

Menneskelige karbondioksidutslipp siden begynnelsen på den industrielle revolusjonen, uttrykt i gigatonn per år, og spesifisert etter kilde. De samlede utslippene frem til i dag er på omlag 345 gigatonn. Derav står Norge for 550 megatonn – mer enn det dobbelte av hva befolkningen skulle tilsi. Denne figuren er laget av forfatteren og kan fritt lastes ned på wikipedia.org (jf. sluttnoten). Figurens filnavn: CO2-src.png.

Både jordbruksarealet og -produksjonen vil avta gjennom global oppvarming

Av og til gjøres det et poeng ut av at planter trives bedre ved høyere CO₂-konsentrasjoner. Siden nytteplanter kan bli mer produktive når de får leve i en CO₂-anriket atmosfære, har enkelte sågar prøvd å skissere dette som en forbedring av den globale matsituasjonen. Problemet med slike scenarier er at de bygger på lab-forsøk med planter under kontrollerte betingelser. På åkrene bestemmes produktiviteten derimot av den faktoren det er minst av, og det er sjelden CO₂. Ofte er den begrensende faktoren vann eller rett og slett tilgjengeligheten av og kvaliteten på matjord. Vann skal det ifølge klimamodellene grovt sett bli enda mindre av der det er lite fra før. Arealet av dyrkbar jord er også forutsagt å synke som følge av global oppvarming, både gjennom ørkenspredning i tørre områder og gjennom forsterket erosjon i fuktige områder. Det vil også skje en viss økning av jordbruksarealet i de klimatiske mer begunstigede områdene, men denne vil ikke kunne veie opp for tapene.

4) «Klimaet har alltid variert»

Klimaet er ikke noen uforanderlig størrelse, men i stadig endring. Dette har klima til felles med alle naturlige prosesser. Klimaet har både opplevd store endringer i et tusenårsperspektiv (f.eks. istider og mellomistider) og mindre svingninger i et kortere perspektiv (år til tiår). Spørsmålet er altså ikke *om* variasjon er naturlig (her er svaret opplagt *ja*), men *hvor mye* variasjon som er naturlig. Forskningen de siste tiårene har vist at klimaet har blitt *mer* variabel gjennom menneskelig påvirkning over de siste 200 år. Dette betyr ikke at all variasjon vi ser i dag, skyldes mennesket, men at en *økende andel* av variasjonen er menneskeskapt.

Med andre ord fører global oppvarming ikke bare til at jorden i gjennomsnitt blir varmere, men også at variasjonen rundt dette (varmere) gjennomsnittet vil være større. En økende forekomst av ekstremvær er altså også en konsekvens av den globale oppvarmingen. Dette gjelder både temperatur, nedbør og vind, og både variasjonen i tid og i rom. Enkelte veldig kalde år vil altså fremdeles være mulige, og er ikke uforenlige med en global oppvarming.

Påstanden om at «klimaet alltid har variert» brukes også av enkelte debattanter som om den i seg selv tilbakeviser eller relativiserer den menneskelige påvirkningen av klimaet. Denne misforståelsen tas opp under (påstand 6). Videre er det viktig å ikke blande sammen klima og vær (påstand 8).

5) «Det har vært varmere før»

Påstanden er sann og uvesentlig. I den såkalte *eem*-tiden (for 120 000 år siden) har klimaet f.eks. vært ca. 2 °C varmere enn i dag. Under holocenets

klimaoptimum for omlag 6000 år siden (også kalt *atlantikum*), dvs. den varmeste perioden etter den siste istiden, kan det ha vært opptil 1 °C varmere enn i dag. Også for omlag tusen år siden – altså den gang vikingene fant på det i dag noe ironiske navnet «Grønland» – opplevde Europa en mindre varmeperiode, der det kan ha vært omtrent like varmt som i dag. Den globale gjennomsnittstemperaturen var derimot mest sannsynligvis lavere den gang enn det siste tiåret.

Grunnen til at den tidligere varmere temperaturen er uinteressant for dagens klimadebatt, er at det som bekymrer i dag, er *konsekvensene* av den globale oppvarmingen, ikke oppvarmingen i seg selv. Konsekvensene for vår egen art er mye større i dag enn den var for ett eller 120 tusen år siden – av den enkle grunn at jorden er ca. 25 ganger (resp. mange tusen ganger) tettere befolket nå enn den gang. Før kunne folk forflytte seg oppover i landskapet uten større problemer når havnivået steg. I dag er dette umulig fordi det allerede bor folk overalt. Når et stigende hav, økende tørke, oversvømmelser eller erosjon av matjord begynner å fordrive folk i dag, vil middelalderens folkevandringstid blekne mot de menneskemassene som må forflyttes. Og mens det i middelalderen ikke fantes noe FN som forhindret folkemord, vil det i dag av de fleste oppfattes som uakseptabelt at et folk på flukt utrydder et annet folk som «er i veien» (eller omvendt). Problemene er m.a.o. formidable, noe som ufarliggjøres ved å sammenligne med tidligere årtusener.

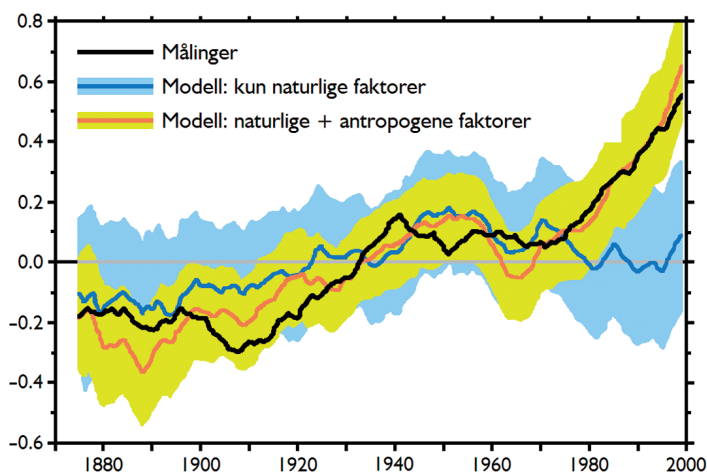
En annen forskjell fra tidligere varmeperioder er at den inneværende oppvarmingen skjer mye raskere enn

vanlig. Dette betyr også at mange flere dyre- og plantearter vil dø ut denne gang enn tidligere, fordi endringene skjer for raskt til at artene rekker å evolvere tilpasninger til de endrede betingelsene.

Fra tid til annen hører man også referanser på en kortere tidsskala, å la «det var mye varmere i 1938 enn de siste par årene». Påstanden kan godt stemme for et gitt sted (1938 var f.eks. det varmeste året som noensinne har blitt målt i Tromsø), men den blander sammen lokalt vær med globalt klima. Denne misforståelsen tas opp under (påstand 8). Den *globale* gjennomsnittstemperaturen har økt med 0,7 °C i løpet av 1900-tallet. Dette tallet er empirisk godt sikret, og er den raskeste økningen som har blitt dokumentert i klimatologisk sammenheng. Alle årene siden 1998 har vært varmere enn noe år før 1990 siden pålitelige målinger begynte på midten av 1800-tallet. Det siste tiåret har med stor sannsynlighet vært det varmeste på minst tusen år, selv om

Figur 5

Målinger og modeller av temperaturøkningen på 1900-tallet. Modeller som utelater menneskelige eller naturlige årsaker, er ufullstendige (blå kurve), men kombinert (rød kurve) gir de en god forståelse av temperaturendringene (svart kurve). Man ser også at den bratte stigningen etter 1980 overveiende skyldes mennesket. Temperaturen (y-aksen) er angitt som avvik fra gjennomsnittstemperaturen i hele perioden, målt i °C. De fargede båndene er konfidensintervaller, dvs. angir modellenes respektive feilmarginer. Modifisert etter: Stott m.fl. (2006) *Transient climate simulations with the HadGEM1 climate model*. *Journal of Climate* **19**, 2763–2782. © 2006 American Meteorological Society. Gjengitt med forfatterens og utgiverens vennlige tillatelse.



Naturlige prosesser virker også i dag inn på klimaet, men de er ikke tilstrekkelige for å forklare oppvarmingen siden 1900

temperaturrekonstruksjonene for denne tidsperioden har en noe for grov oppløsning til å kunne uttale seg om enkeltår.

6) «Global oppvarming kan også ha naturlige årsaker»

Som sagt har klimaet variert til alle tider. Endringene som skjedde før den industrielle revolusjonen, må dermed nødvendigvis ha vært «naturlige». Men av dette følger det ikke at også nåtidens oppvarming kan være naturlig. Det er godt kjent at klimaet påvirkes av en rekke naturlige prosesser, slik som solens aktivitet, jordens avstand og helning i forhold til solen, vulkansk aktivitet, havstrømninger m.m. I motsetning til inntrykket enkelte ønsker å gi i klimadebatten, nekter ingen klimaforsker for disse naturlige påvirkningene. Tvert imot er disse prosessene en integrert del av klimamodellene (Figur 5). Naturlige prosesser virker også i dag inn på klimaet, men – og det er det vesentlige – de er ikke tilstrekkelige for å forklare oppvarmingen som har skjedd etter ca. 1900 og spesielt siden 1960.

Det er altså sant at en global temperaturøkning kan skyldes naturlige prosesser. Men det er ikke sant at disse prosessene kan forklare den *innværende* globale oppvarmingen. Denne skyldes overveiende menneskelige utslipp av klimagasser. Ulike forskere og ulike modeller er noe uenige om de nøyaktige størrelsene på forskjellige naturlige og menneskeskapte effekter. Men det fins ingen forsker som mener at naturlige årsaker kan ses bort ifra, like lite som man vil finne en forsker som hevder at menneskelige CO₂-utslipp ikke har

bidratt og bidrar til den globale oppvarmingen vi er inne i.

En variant av påstanden er at vandamp er en mye viktig drivhusgass enn karbondioksid, og at vi ikke kan gjøre noe med atmosfærens vanninnhold. Dette er korrekt, men illustrerer likevel hvor viktige de menneskelige CO₂-utslippene er: Vandamp er i absolute termer en større bidragsyter til drivhuseffekten enn karbondioksid (vandamp alene står for litt mer enn 60 % av den globale oppvarmingen). Andelen av vandamp i atmosfæren kan imidlertid ikke påvirkes direkte gjennom menneskelig aktivitet, men er en funksjon av klodens temperatur: Jo varmere verden er, desto mer vann fordamper og ender opp i atmosfæren. Dermed har vi med en av de selvforsterkende mekanismene å gjøre, som ble nevnt innledningsvis: Karbondioksidet som menneskene slipper ut, varmer opp atmosfæren, noe som fører til en økning av vannandelen i luften, noe som ytterligere varmer opp atmosfæren. Langt fra å være et argument mot en menneskelig påvirkning, viser vandamp hvor vidtrekkende den menneskelige påvirkningen av atmosfæren er.

Det verserer mange mer eller mindre hjemmesnekrede teorier om hvilke naturlige årsaker klimatologene kan ha glemt å ta høyde for. Disse går jeg inn på i Digresjon 2 om Vitenskap, klima og modeller.

7) «Hvorfor skal vi tro på forutsigelser 20 eller 100 år frem i tid, når vi ikke en gang kan stole på værvarselet for helgen som kommer?»

Klimamodellene kan ikke fortelle oss hvor varmt det vil være i Bergen på torsdagsettermiddagen den 12. mai

Digresjon 2: Vitenskap, klima og modeller

En god del misforståelser i klimadebatten gjelder i grunnen ikke spesifikke klimatologiske forhold, men *den vitenskapelige metode generelt*. Eksempler er de hyppige påstandene av typen «global oppvarming er ikke bevist» og «forskerne er jo uenige seg imellom» (påstand 8 resp. 9), som gjenspeiler forventninger til vitenskapen («bevis» og «sikkerhet») som denne ikke kan innfri. I tillegg ser man jevnlig argumenter av typen «klimaforskerne er kjøpt og betalt» og «global oppvarming er uforenlig med naturlovene». Siden også disse påstandene mest av alt viser manglende forståelse for hvordan vitenskap fungerer, kan det være fånyttet å ville imøtegå dem med klimatologiske fakta. De kan sannsynligvis best besvares ved å gi en kort oversikt over hva som kjennemerker vitenskap generelt:

- *Kompleksitet*. – Ytterst få forhold i naturen lar seg beskrive med de unikause (én-årsak-én-virkning-) og lineære (virkning-proporsjonal-til-årsak-) forklaringene som vi er vant til fra dagliglivet. De fleste sammenhenger som naturvitere sysler med, er komplekse interaksjoner mellom et uoverskuelig antall av ikke-lineære prosesser. For å få en forståelse av disse, bruker man modellering, dvs. man designer statistiske modeller som gjenspeiler flest mulig av de relevante sidene ved fenomenet. Som man sier blant modellerere: «Alle modeller er gale, men noen er nyttige.» Klimasystemet er særdeles komplekst, siden det involverer interaksjoner mellom bl.a. atmosfæren, havene, isbreene og vegetasjonen på både stor og liten skala i både tid og rom. Alle modeller som skal si noe fornuftig om klimaet, må dermed nødvendigvis også være ytterst komplekse. I Norge med sin akademifiendtlige tradisjon kan man fort gjøre seg upopulær ved å si at noe kan være så innfløkt at det faktisk ikke kan forstås av mannen og kvinnen på gata. Men det kan ikke ses på som noen menneskerett å forstå klimamodeller. Det er en kompetanse som det tar

mange års spesialisert utdanning og hard trening å bygge opp, akkurat som i andre fagfelt.

- *Konkurranse*. – Det hersker sterk konkurranse i forskersamfunnet. Alle nye funn blir gransket med argusøyne av kolleger verden over. Har man gjort en feil, oversett en viktig faktor eller trukket konklusjonene sine for langt, kan man være sikker på at noen vil oppdage det. Selv om det sjelden hersker en aggressiv tone i forskerkretser, kan man heller ikke regne med å bli tatt i med silkehansker. Kolleger vil vite å «utnytte» andres eventuelle feil ved å publisere en alternativ tolkning eller en forbedret modell. I forskersamfunnet beskytter man ikke hverandre, rett og slett fordi ingen ville ha tjent på det. Tvert imot tjener man faglig anerkjennelse for å ha oppdaget en feil eller svakhet eller sågar ha gjennomskuet juks.
- *Uenighet* er også et kjennetegn for vitenskap. Hadde det alltid hersket konsens blant forskere, hadde vitenskapen stoppet opp. Leter man lenge nok, vil man alltid finne en forsker som er uenig i nesten hva som helst. Likevel vil det skje en krystallisering av aksepterte (men altså ikke beviste) hypoteser, som størsteparten av forskersamfunnet innen et gitt fagfelt kan gå god for. Slik er det også i klimavitenskapene, noe som er grunnen til at FNs klimapanel (IPCC) er nokså samstemt i at den menneskelige påvirkningen av klimaet er betydelig. Denne enigheten har til tider blitt kritisert for å være et resultat av konsensvang eller bestillingsforskning, men panelet består av klimaforskere, ikke av embetsmenn. Som forskere tjener de ingen ting verken på å være enige med hverandre eller på å plapre politikere etter munnen (noe de sannelig ikke gjør). Det er også korrekt at enkelte forskere har trukket seg fra panelet i protest mot at de syntes at dens konklusjoner ble trukket for langt, men det er sannsynligvis flere forskere som mener at panelets vurderinger er for forsiktige.

Påstander om at klimaforskerne skal ha «glemt» en viktig faktor (solens aktivitet, svevestøv, målefeil), at de skal ha «oversett» en naturlov (termodynamikken, Henrys lov, tyngdekraften m.m. har blitt anført), at de «overdramatiserer» funnene sine, at de «lettvint» skal ha «hoppet på ubekreftede påstander» eller dogmatisk «tviholdt på obskure teorier», kan ved første øyekast virke overbevisende på klimatologiske lekfolk. I virkeligheten tilkjennegir imidlertid avsenderen en manglende for-

ståelse for hvordan vitenskap fungerer. Enhver forsker som hadde falt for så åpenbare lettvintheter, ville umiddelbart ha blitt gjort til latter av kollegene sine. Den vitenskapelige prosessen er såpass nådeløs at fagfeller som oppdager feil, ikke nøler med å påpeke disse, ikke minst siden det vil forlenge deres egen publikasjonsliste. At forskere verden over skulle dekke over hverandres feil, kan ikke betegnes som noe annet enn en konspirasjonsteori.

Teorien om at den globale oppvarmingen skyldes menneskelig påvirkning, har fått massiv støtte gjennom forskningen – likevel vil ikke en klimaforsker kalle teorien for «bevist»

2050. Dette er ikke noen svakhet ved modellene, men har aldri vært noe mål for klimamodelleringen. Grunnen er at klimamodeller handler om klima, værvarsler om vær, og at klima og vær er forskjellige, om enn beslektede fenomener. Med *vær* mener man atmosfærens tilstand, eller helheten av meteorologiske fenomener, på et bestemt sted til en bestemt tid. *Klima* er derimot gjennomsnittsværet over en lengre periode og gjerne over et større område. En vanlig tidshorisont i klimatologien er 30 år, dvs. at klimaet beskriver hvordan været har sett ut *i gjennomsnitt* over de siste 30 årene. En klimabeskrivelse inneholder dessuten angivelser om værets *variabilitet*. Klima er altså ikke noe som kan iakttas her og nå, det er en størrelse man må regne seg tilbake til (eller frem til) ved hjelp av en lang rekke av målinger. En klimamodell kan dermed fortelle oss to ting om været i mai 2050, i hvert fall hvis den gjør jobben sin:

- Hva som er den gjennomsnittlige temperaturen/nedbøren/vindhastigheten osv.

- Hvor stor sannsynligheten er for at det vil bli f.eks. 10 % varmere/kaldere/våtere/tørre osv. enn gjennomsnittet tilsier.

Klimamodellene har etter hvert blitt ganske god på begge deler, å predikere det forventede gjennomsnittsværet fremover i tid, og den forventede variabiliteten rundt dette gjennomsnittet. Den romlige oppløsningen av modellene er derimot ikke veldig finkornet, dvs. man kan forutsi verdens og verdensdelenes klima, men ikke enkeltlands eller byers klima. Og *været* prøver altså ikke modellene å si noen ting om i det hele tatt. Det kan dermed godt hende at den 12. mai 2050 blir en kald dag i Bergen, selv om jorden i gjennomsnitt vil være én grad varmere enn på den 12. mai 2008.

8) «Drivhuseffekten er bare en teori og ikke bevist»

Påstanden er sann, men bygger på en misforståelse av hvordan vitenskap fungerer (se også Digresjon 2). Begrepet *teori* brukes i vitenskapsteorien for en anerkjent vitenskapelig forklaring.

At sammenhengen mellom f.eks. karbondioksid og temperatur betegnes som teori, er altså et kvalitetsstempel og ikke en mangel. Enda viktigere er det at naturvitenskap ifølge den rådende vitenskapsteoretiske oppfatningen ikke evner å bevise noe som helst med absolutt sikkerhet. Alle vitenskapelige utsagn *kan* etter hvert vise seg å ha vært feilaktige. Dette er ikke spesielt for drivhuseffekten, men gjelder alle typer vitenskapelige utsagn. I naturvitenskaper opererer man derfor ikke med begrep som «bevis» eller «sannhet», men med *støtte* for eller imot hypoteser og teorier. Teorien om at den globale oppvarmingen skyldes menneskelig påvirkning, har fått massiv støtte gjennom forskningen gjennom de siste hundre år. Likevel vil ikke en klimaforsker kalle teorien for bevist. Grunnen er rett og slett ulik språkbruk i vitenskapen og i hverdagspråket.

Fraværet av bevis betyr at man må leve med usikkerhet. Det er viktig å forstå at usikkerhet for det første ikke er noe uvanlig, og for det andre ikke er noen enten/eller-affære. Mediefokuset på den globale oppvarmingen har til dels skapt et inntrykk av at usikkerheten er et særtrekk ved klimaforskningen. Dette er ikke tilfellet. Usikkerhet er en del av vitenskapen: alle vitenskapelige utsagn – uten unntak – er befengt med usikkerhet, dvs. en viss mulighet for å ta feil. Men ikke bare det: usikkerhet er også en iboende egenskap av naturen. Man vil altså ikke bli kvitt usikkerheten, uansett hvor mye fremskritt vitenskapene gjør. Forskere er vant til å leve med usikkerhet, siden de vanligvis tenker i sannsynligheter og fordelinger, ikke i absolutte og uforanderlige tall. For lekfolk kan det være

krevenne å ta denne usikkerheten innover seg.

Usikkerhet innebærer heller ikke at «det like gjerne kan slå ut andre veien», som man av og til kan høre. Usikkerhet betyr ikke at vi ikke vet noen ting, men at det vi vet har visse feilmarginer. Man kan m.a.o. være sikker på at temperaturen kommer til å øke gjennom økt CO₂-konsentrasjon, selv om økningens beløp vil være umulig å talfeste helt nøyaktig.

9) «Hvorfor skal man tro på forskerne hvis disse er uenige seg imellom og noen til og med spør en ny istid?»

Uten uenighet mellom vitenskapsfolk stopper vitenskapen opp. Derfor er uenighet – vitenskapsteoretisk sett – av det gode (jf. Digresjon 2). Når det gjelder klimadebatten, bør man imidlertid skille mellom ulike typer uenighet:

- De fleste klimaforskere er uenige seg imellom i ulike detaljer som gjelder forklaringer, tolkninger og langtidsprognoser. I disse ulike oppfatningene ligger samtidig motivasjonen til å forske mer, for å overbevise kollegene. Det er slik god vitenskap fungerer. Å bruke denne typen uenighet i klimadebatten er ureddelig, av den grunn at den er uten betydning for klimapolitikken. Selv om forskere f.eks. kan være uenige om temperaturen om hundre år vil være 2 °C eller 4 °C varmere enn i dag, er de fremdeles enige om at temperaturen vil øke betraktelig. Klimapolitikken bygger m.a.o. nesten utelukkende på resultater som det er bred enighet om, nemlig at temperaturøkningen gjennom de siste hundre år overveiende skyldes

At sammenhengen mellom CO₂ og temperatur betegnes som «teori», er et kvalitetsstempel, ikke en mangel

Klimaforskeres uenighet i faglige detaljspørsmål er uten betydning for klimapolitikken – det er urendelig å bruke den i klimadebatten

- mennesket, at temperaturen vil fortsette å øke, og at en reduksjon av klimagassutslipp vil gjøre en forskjell.
- Det fins også enkelte klimaforskere som er uenige i noen av disse hovedkonklusjonene. Slike fins det for det første i alle vitenskaper. For det andre utgjør de i drivhuseffektens tilfelle en forsvinnende minoritet. Man behøver ikke å fordømme eller å fortie denne minoriteten, men norske medier gir dem, i en fåfengt iver etter å belyse «to sider ved saken», overproporsjonal mye oppmerksomhet. Grunnen til at de ikke fortjener den, ligger ikke i så mye i at deres syn er politisk ubekvemt, men i at deres ståsted er faglig marginalt. Å stole på denne minoriteten ville være som å la være å bygge og bruke satellitter bare fordi det fins et fåtall astrofysikere som fremdeles mener at relativitetsteorien er feil.
- Teorien om at det vil komme en ny istid, er ikke uforenlig med teorien om global oppvarming. Grunnen er at tidshorisontene for disse to teoriene er helt forskjellige. Den globale oppvarmingen skjer akkurat nå, har skjedd i noen tiår og vil fortsette i en god del tiår til. Istider trenger tidsrom på århundrer og årtusener for å bygge seg opp. Enkelte forskere har til og med hevdet at den neste istiden vil *fremskyndes* av den nåværende globale oppvarmingen, men dette avvises nå av de fleste klimatologer. Poenget er at selv om så skulle skje, måtte menneskeheten altså først leve med konsekvensene av den globale oppvarmingen. Spørsmålene er faglige interessante, men har lite med klimadebatten å gjøre.

10) «Utslippsreduksjoner er politisk og ikke vitenskapelig begrunnet»

Påstanden er korrekt i og med at vitenskap handler om deskriptive utsagn (hvordan ting faktisk *er*), mens politikk handler like mye om normative utsagn (hvordan ting *bør* være). Ifølge et bredt anerkjent metaetisk prinsipp, kjent som er-bør-dikotomien, kan ikke normative utsagn utledes av faktiske utsagn alene, men bare sammen med normer eller verdier. Dette gjelder i alle politiske og vitenskapelige områder på samme måte, og er ikke noe særtrekk ved den globale oppvarmingen.

Den (politiske) konklusjonen «vi bør redusere CO₂-utslippene» bygger altså ikke bare på klimaforskningens (deskriptive) resultater, men også på et (normativt) ønske om å skåne menneskeheten for store «natur»katastrofer som kunne ha vært unngått. Kombinerer man klimaforskernes resultater med andre verdier, kan man altså ende opp med andre politiske konklusjoner. I et verdisyn som setter kortsiktig økonomisk gevinst over fremtidig tap av menneskeliv, kan man f.eks. utmerket kombinere den globale oppvarmingen med et ønske om økte CO₂-utslipp. Det er imidlertid få, om noen, politikere som eksplisitt ønsker å forsvare dette verdisynet, selv om en god del politikere åpenbart sympatiserer med konklusjonen. Andre verdisyn kan gi atter andre konklusjoner. Det er altså godt mulig å være imot flertallsmeningen i klimapolitikken, men da må man argumentere ryddig og forklare verdisynet man har bygget konklusjonen sin på.

Siden klimapolitikk er politikk, kan klimaforskere heller ikke avgjøre om det er best å minimere menneskeskapte

klimaendringer eller å bøte på skadene i etterkant. Også en slik avveining er politisk. Når mange beslutningstagere favoriserer det første alternativet, er det fordi flere økonomer har regnet seg frem til at det vil koste mye mindre å redusere klimautslipp enn å leve med konsekvensene av en uhemmet global oppvarming. Forskjellen ligger hovedsakelig i når kostnadene må betales: Reduksjonen av klimagassutslipp må skje nå, mens kostnaden for utelatte handlinger kan faktureres kommende generasjoner. Det kan være en medvirkende årsak til at noen politikere faller for fristelsen å utsette løsningen av problemet.

I de nevnte regnestykkene som forskjellige økonomer har gjort, er det heller ikke tatt med at omleggingen til en fossilfri energiforsyning uansett må skje før eller siden. Med tanke på at fossile energibærere er begrenset, er disse energikildenes dager talte. I et mellomgenerasjonsperspektiv taper man altså ingenting på å begynne omleggingen nå, mens man vinner enormt mye, nemlig å slippe de menneskelige, økonomiske og økologiske konsekvensene av global oppvarming.

11) «Det er uklokt å bygge politiske avgjørelser på en teori før det har blitt forsket nok»

Påstanden kan ha sin generell berettigelse, men i drivhuseffektens tilfelle har man på mange måter forsket nok – for lenge siden. *Vitenskapelig* sett er det mange åpne spørsmål som det lønner seg å forske mer på. Men disse spørsmålene gjelder detaljer som ikke er av avgjørende betydning for klimapolitikken. Enkelte debattanter hevder likevel at kunnskapen som taler for å redusere CO₂-utslipp, ikke er god nok.

Spørsmålet som ofte underslås i denne sammenheng, er: Er kunnskapen som taler *imot* å redusere CO₂-utslipp, god nok? Det er den ikke. Begge valgene trenger i utgangspunktet like god begrunnelse. Begrunnelsen for å redusere CO₂-utslipp er per i dag mye bedre enn begrunnelsen for *ikke* å redusere CO₂-utslipp. Dette har to grunner:

- Vitenskapsfolk godtar en hypotese vanligvis først når sjansen for at den er feil, er lavere enn 5 % (såkalt type-I-feil). Politiske avgjørelser bygger derimot heller på den mest sannsynlige av to hypoteser – altså når sjansen for at den er feil, er lavere enn 50 %. Ville man bruke de vitenskapelige standardene også i politikken, øker sjansen for å ta feil andre veien (dvs. å forkaste den alternative hypotesen selv om den er sann, type-II-feil). Når enkelte klimaforskere tviler på enkelte prognoser av kollegene sine, tviler de m.a.o. på at feilsannsynligheten er så lav som 5 %. Det fins derimot ingen klimaforsker som mener at feilsannsynligheten er i nærheten av – eller til og med større enn – 50 %. Her kolliderer altså vitenskapsfolks krav om nøyaktighet med samfunnets ønske om enkle svar.
- Sannsynligheten for at en teori er feil, er ikke det eneste som styrer politikken. Med tanke på at sikker viten ikke fins i vitenskapen, må man stadig ta avgjørelser på usikkert datagrunnlag. Her må man ikke bare ta hensyn til alternativenes *sannsynlighet*, men også til *farene* som følger av å ha tatt feil avgjørelse (risikoavveining). I drivhuseffektens tilfellet gjelder: Farene ved å redusere CO₂-utslipp, selv om teoriene

Økonomer har regnet ut at det vil koste mye mindre å redusere klimautslipp enn å leve med konsekvensene av en uhemmet global oppvarming

I klimaspørsmålet kolliderer samfunnets ønske om enkle svar med vitenskapens krav om nøyaktighet

Klimaforskningen vil aldri kunne fortelle oss om det er etisk forsvarlig å ignorere lidelser som vi forårsaker i andre land

bak skulle være feil, er forholdsvis små. Farene ved *ikke* å redusere CO₂-utlipp, selv om teoriene bak skulle være sanne, er uforholdsmessig mye større. Selv *hvis* det klimatologiske datagrunnlaget hadde vært utilstrekkelig (noe det ikke er), kunne man m.a.o. ha brukt førevar-prinsippet for å argumentere for at utslipp av klimagasser bør reduseres.

12) «Global oppvarming er ikke bare negativ»

Den globale oppvarmingen gir og vil gi ulike utslag på ulike steder. Lokalt og regionalt vil derfor klimaet endre seg i retning av hva mange vil oppfatte som «bedre vær». Høyere temperaturer i Norge vil f.eks. ikke umiddelbart oppfattes som truende (kanskje med mindre de tar fra oss påskesnøen). Om slike lokale forbedringer kan veie opp for en økende hyppighet av «naturkatastrofer» som orkaner, ras, ørken-spredning, oversvømmelser, spredning av sykdommer m.m., er derimot i beste fall tvilsomt.

Man kan heller ikke slå seg til ro med at klimasonene bare vil forskyve seg mot polene. Globalt sett innebærer den globale oppvarmingen nemlig mindre «vennlig» klima, både fordi klimasonene også blir smalere og fordi forekomsten av ekstremt vær vil øke i alle klimasoner. Andelen dyrkbar jord vil også avta, siden jordsmonnet ikke er like bra i landområdene som i dag er for kalde for jordbruk. Jorden i tempererte strøk har brukt årtusener for å bli til det fruktbare jordsmonnet som tillater dagens intensive landbruk. Det vil tilsvarende ta lang tid før jorden i dagens subarktiske klimasoner har blitt like fruktbar. Fordelings-

problematikken kommer så oppå den rent naturvitenskapelige: Landene som rammes hardest er de som (a) er dårligst stilt fra før og som (b) har bidratt minst til problemet i utgangspunktet. Som nevnt over (påstand 10): Klimaforskningen vil aldri kunne fortelle oss om det er forsvarlig å ignorere lidelsene som vi har forårsaket i andre land. Forskningen kan isolert sett ikke en gang informere oss om en gitt endring er positiv eller negativ. Det er det vi og våre etiske verdier – samt våre valgte ledere med deres politiske verdier – som må ta stilling til.

Note angående kildene

Referanser både på misforståelsene og på den vitenskapelige dokumentasjonen er utelatt her, men er tilgjengelig på nettet (<http://www.evol.no/hanno/08/Naturen.htm>). Teksten baserer seg delvis på forfatterens wikipedia-artikler «Global oppvarming» og «Karbonkretsløpet». Der ikke annet er angitt, er figurene laget av forfatteren og fritt tilgjengelige på wikipedia. Filnavnene er angitt i hakeparentes i bildeteksten (url-ene er «<http://no.wikipedia.org/wiki/Bilde:>» pluss filnavnet).

Anbefalt lesing

Houghton, J. 2004. *Global warming: the complete briefing*, 3. utgave. Cambridge University Press, Cambridge. [En lettlest innføring i hva globaloppvarming handler om.]
IPCC. 2007. *Climate change 2007: contributions of Working Groups I–III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 3 bind. Cambridge University Press, Cambridge og New York.

Det kan også være en idé å lese selve FN's klimarapporter. De er tykke, men ikke så tungleste som man kunne tro. Bind 1 handler om det naturvitenskapelige grunnlaget; bind 2 om konsekvensutredninger; og bind 3 om løsningsscenarier. Alle kan lastes ned på <http://www.ipcc.ch>.

Sandvik, H. 2008. Etiske dilemmaer og filosofiske feilslutninger i klimadebatten. *Filosofisk supplement* 4(4). [En oversikt over de vitenskapsteoretiske, logiske og etiske grunnene til at mange argumenter i klimadebatten ikke holder vann.]