

Klimaendringar: Kva skjer?

Asbjørn Aaheim

Mot slutten av 1800-talet viste den svenske vitskapsmannen Svante Arrhenius at dersom konsentrasjonen av CO₂ i atmosfæren aukar, vil temperaturen på jorda også auke. Ei dobling av CO₂-konsentrasjonen kunne auke temperaturen med 5 °C, skreiv han. Men han meinte at det ville ta mellom 2000 og 3000 år før konsentrasjonen var blitt så høg. Nyleg har FNs klimapanel, med meir enn 2500 klimaforskarar bak seg, lagt fram ein dyster rapport. Av den framgår det at klimaendringar kjem langt raskare på oss enn Arrhenius kunne føreseie.

- Kva skjer med CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren?
- Korleis påverkar menneska karbonets kretsløp?
- Kva for ein samanheng er det mellom auka utslepp av klimagassar og temperaturauke?
- Kva kan bli konsekvensane av klimaendringane?

Reknestykket til Arrhenius viste seg å vere forbausande riktig, men han tok grundig feil på eitt punkt: Da han skulle berekne kor lang tid det ville ta før konsentrasjonen av CO₂ blei dobla, tok han utgangspunkt i kolforbruket på si eiga tid. Han kunne ikkje ane kor raskt forbruket av

kol, olje og gass – ikkje-fornybare brensl – som slepp ut CO₂, skulle auke. I dag reknar vi med ei dobling ved midten av 2000-talet – bare om lag 200 år etter at Arrhenius skreiv artikkelen sin.

Karbonets kretsløp

Energibruk er ei av dei viktigaste kjeldene til utslepp av drivhusgassar (klimagassar). Energibruk fører også til mange andre miljøproblem, men desse kan unngås ved å gjennomføre **reins tiltak**. CO₂-utslepp kan derimot ikkje reduserast vesentleg utan at vi reduserer bruken av dei fossile brensla, for karbonet er jo det vi bruker til å forbrenne. Det forsvinn ikkje, men blir **bare flytta** frå ein stad til ein annan. Karbon finst nemleg i nesten alt som omgir oss – i lufta, i havet, i planter og tre og i jorda. Heile tida blir det utveksla karbon mellom desse elementa. Dette blir kalla karbonets kretsløp (karbonsyklusen). Tre og planter tar opp i seg karbon frå lufta. Når plantene rotnar, går noe tilbake til lufta, noe blir til jord og noe blir langt om lenge til kol, olje og gass.

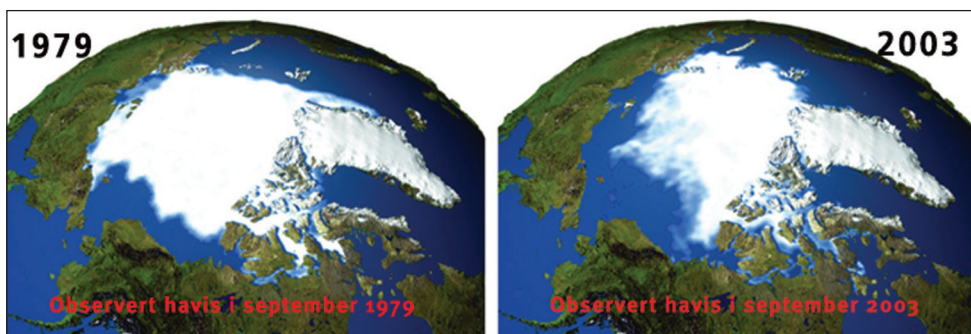
Uttak og bruk av fossilt brensel forstyrrer dette naturlege kretsløpet: Vi «tar ut» karbon i form av olje og gass frå jorda, brenn det og sender det opp i atmosfæren i form av CO₂. Den «naturlege» mengda karbon i jorda blir da mindre og mengda i lufta blir større enn ho ville ha vore utan inngrep frå mennesket. Det betyr også at

Diskuter korfor klimaendringar på kort tid igjen er blitt eit politisk topp tema.

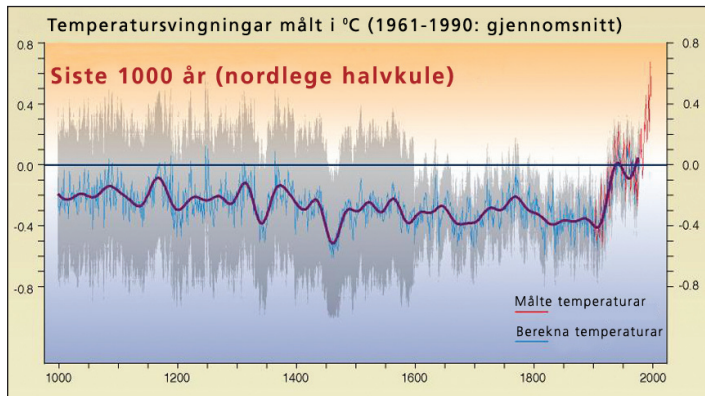
Gjør greie for karbonets kretsløp.

Minkande iskappe rundt Nordpolen og tynnare is i kantane. Dei to bilda er konstruerte frå satellittdata i 1979 og 2003. September er den månaden i året da iskappa er minst. Kva seier bilda om klimaendringar?

Foto: www.amap.no/acia/



Klimaendringar: Kva skjer?



Kjelde: www.ipcc.ch

Korfor har det tatt lengre tid å erkjenne at den observerte temperaturauken – ikkje bare den auka CO₂-konsentrasjonen – også er menneskeskapt?

ppmv = antall CO₂-molekyler per million luftmolekyler

Diskuter om det lenger kan vere tvil om at menneskelege aktivitetar fører til klimaendringar.

ein kan regulere konsentrasjonen av karbon i lufta ved å framskynde utvekslinga av karbon mellom dei andre elementa. Det er altså mulig å redusere konsentrasjonen i lufta ved å auke opptaket av karbon i tre og planter bl.a. ved å plante skog. Dersom vi greier å fange opp CO₂-utsleppa, kan dei også lagrast i underjordiske deponi, som olje- og gassreservoar eller i havet. Men å gjøre dette i stor stil for å kompensere utsleppa til luft, er svært dyrt.

Klimaendringar på gang?

På Svante Arrhenius' tid var konsentrasjonen av CO₂ i atmosfæren bare litt over sitt naturlege nivå på om lag 285 ppmv (antall CO₂-molekyler per million luftmolekyler), som er det ein måler konsentrasjonen i. Sidan har det auka til dagens 390 ppmv. Det blei lenge diskutert om denne auken skyldast utslepp frå menneskeleg aktivitet eller om den hadde naturlege årsaker. Dei naturlege variasjonane kan nemleg vere store om vi ser mange tusen år tilbake. I dag har denne diskusjonen stilna. Samsvaret mellom auka menneskeskapt utslepp og auka CO₂-konsentrasjon er for sterkt. FN's klimapanel (IPCC) har nyleg rapportert at det er svært sannsynleg at CO₂-konsentrasjonen aukar på grunn av menneskeskapt utslepp. Samanlikna med forrige rapport er menneskets ansvar dermed gjort betydeleg meir sannsynleg.

Har så temperaturen auka i takt med dei auka konsentrasjonane av klimagassar? Figuren på side 2 viser anslag for jordas gjennomsnittstemperatur dei siste 1000 åra. Den viser at temperaturen auka merkbar på 1900-talet, trass i ein reduksjon frå 1950 til 1970. I år 2000 var temperaturen 0,5–0,7 °C høgare enn gjennomsnittet for perioden 1000–1900.

Uvissa ved desse målingane er vist som eit grått belte rundt temperaturkurva. Det er altså stor uvissa, særleg før 1600. Går vi enda lenger bakover i tid, finn vi spor av

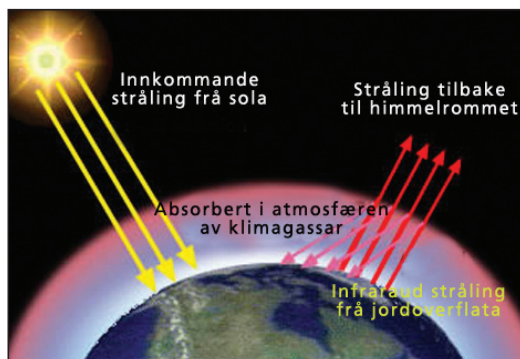
store og raske klimaendringar. Vi kan derfor tenke oss at i alle fall ein del av temperaturauken sidan 1900 har ei naturleg forklaring, uten at vi heilt kjenner den. Det har derfor tatt lengre tid å erkjenne at den observerte temperaturauken (ikkje bare den auka CO₂-konsentrasjonen) også er skapt av menneska. Dei siste 10 åra er imidlertid tvilen fjerna. Det kan råde usemje om menneska har bidratt med 0,4 °C eller 0,8 °C til den globale oppvarminga, men det er ikkje lenger noen tvil om at verknadene av menneskeleg aktivitet på jorda alt har ført til global oppvarming.

Klimaet i framtida

Det er stor uvissa om **kor raskt** klimaet vil endre seg i framtida. Svært mye avheng av korleis utsleppa av klimagassar kjem til å utvikle seg. Det avheng igjen av menneskas vilje – veljarar og politikarar, især i store forbruksland – til å redusere problemet og om vi greier å frambringe internasjonale avtaler om å regulere utsleppa, som dei fleste land vil slutte seg til og overhalde. Men utslepp og uvissa heng også nær saman med generell sosioøkonomisk utvikling i verda – økonomisk vekst, befolkningsutvikling, teknologisk utvikling og kordan veksten blir fordelt mellom rike og fattige. FN's klimapanel har laga scenario for framtidens klima, med ulike føresetnader om desse faktorane. Dei trur at temperaturauken i løpet av dette hundreåret kan bli på mellom +1,5 og +5,5 °C. Uvissa er med andre ord svært stor.

Ein auke i den globale middeltemperaturen vil **slå ulikt ut** på ulike stader på jorda. Met.no har lenge laga «vêrmeldingar» på hundre års sikt for Norge under ulike føresetnader om global oppvarming. Dersom middeltemperaturen aukar med mellom 2,5 og 3,5 °C globalt innan 2100, er det venta ein temperaturauke i Norge på mellom 2 og 3,5 °C, avhengig av kvar i landet og kva for ei årstid ein ser på. Generelt blir temperaturauken størst der det er kaldt frå før og om vinteren. Vinteren i Nord-Norge blir altså betydeleg mildare, mens temperaturauken i Sørøst-Norge om sommaren kan bli forholdsvis moderat. Nedbøren vil auke med meir enn ti prosent på landsbasis – ulikt fordelt på region og årstid. Størst nedbørauke vil ein

Klimaendringar: Kva skjer?



få på Vestlandet, og særleg om hausten, da auken kan bli på opp mot 25 prosent.

Sommaren i Sørøst-Norge kan derimot bli tørrare.

Drivhuseffekt

I atmosfæren verkar klimagassar i atmosfæren som glaset i eit drivhus: Solstrålar (kortbølga energistråling) slepp inn og igjennom til jordoverflata – noe blir reflektert ut igjen. Samstundes blir varmestrålar frå jorda (langbølga, infraraud stråling) i stor grad haldne tilbake (noe blir reflektert ut) i atmosfæren av klimagassane. Dermed skjer ei oppvarming av jorda.

Kva for gassar blir rekna for drivhusgassar (klimagassar)?

Er drivhuseffekten noe menneska aleine har skapt?

Korfor er folk i fattige land meir sårbare for klimaendringar enn andre?

Diskuter påstanden: «Dersom konsekvensane av klimaendringar i hovudsak er positive for Norge, er det ingen grunn for nordmenn å setje inn mottiltak.»

Våtare, varmare og villare vêt?

Mange er opptatt av om klimaendringar vil føre til meir ekstremt vêt. Det blir ikkje avvist, men ingen kan heller seie for visst at det vil bli vanlegare. Årsaka til merksemda kring dette er sjølvsagt at stormar, syklonar og intens nedbør kan utløyse naturkatastrofar med store øydeleggingar og tap av mange menneskeliv. Samtidig viser det seg i etterkant av slike hendingar at mange skadar kunne vore unngått dersom menneska hadde vore betre **førebudde**.

Ei eventuell førebygging av skadar under naturkatastrofar vil imidlertid alltid måtte bygge på prognosar som er forbundne med uvisse. Det er umulig å fastslå på førehand når katastrofar inntreffer eller kor dramatiske dei blir. Det einaste vi veit for visst er at klimaendringar fører inn **enda eit moment av uvisse** i desse vurderingane. Uvissa blir med andre ord heilt klart større. Det i seg sjølv er nok til at det bør leggest meir vekt på førebyggjande tiltak og planlegging av hjelpetiltak for dei som blir råka.

Konsekvensar av klimaendringar

Å seie noe om konsekvensar av klimaendringar på førehand er forbunde med stor uvisse. Dessutan verkar klimaendringane på **forskjellig vis** og i **forskjellig takt** ulike stader på jorda. Konsekvensane vil dermed variere i betydeleg grad. I store delar av Norge ser vi at klimaet er litt annleis enn før, utan at vi kan seie det heilt visst – for manns minne strekk seg sjeldan over meir enn eit par år. Andre stader på kloten er endringane **markante allereie**. Satellittbilde av isdekket rundt Nordpolen i 1979 og i 2003 (sjå bilde) er ikkje noe hyggeleg syn. Bilda frå Nordpolen viser at klimaendringar fører til omfattande en-

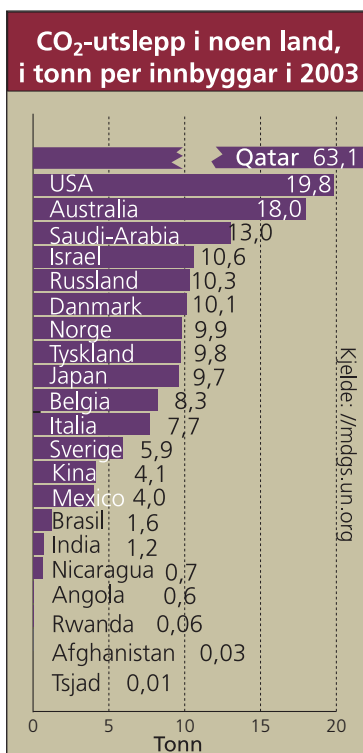
dringar i heile natursystemet rundt oss. Isen smeltar, havet blir varmare og ekspanderer og fører til at havnivået stig. Vekstvilkåra for planter og tre blir endra – til det betre noen stader, til det verre andre stader. Dermed endrast også levevilkåra for dyr og menneske.

Di meir avhengig eit samfunn er av naturomgivnadene, som jo endrar seg med klimaet, desto større konsekvensar får klimaendringane for dette samfunnet. Dette er ein av grunnane til at fattige land reknast som langt meir sårbare for klimaendringar enn rike. I fattige land er ein større del av befolkninga **meir direkte avhengig av naturen** for å kunne overleve. Ein større del lever av jordbruk eller av fiske, og industrien er gjerne også nær knytt til landets naturressursar. I tillegg har befolkninga i fattige land mindre føresetnader for å omstille seg dersom naturgrunnlaget dei lever av, blir endra. Dei har mindre utdanning og små utsikter til å flytte for å skaffe seg arbeid.

I dei rike landa er det lettare å omstille seg – både for den enkelte og for næringslivet. Da blir det òg lettare å tilpasse seg klimaendringar. Men også i rike land vil dei som lever av jorda eller av fisken, eller på andre måtar er avhengige av naturen, bli hardare råka av klimaendringar enn andre. Tilpassing krev dessutan tid, og jo raske endringane kjem, desto større blir problema med å tilpasse seg. Om fisken forsvinn frå kysten, vil konsekvensane bli langt meir alvorlege dersom endringane skjer frå det eine året til det andre, enn om det skjer over 20 til 30 år. Ved brå endringar kan det oppstå arbeidsløyse i mindre kystsamfunn, ikkje bare blant fiskarane, men også i tenesteytande næringar som baserer verksemda si på fiskeria. Det fører til fråflytting, og formuestap fordi verdien av bolig og næringsbygg går ned, og kan hende også til sosiale problem. Ei meir gradvis endring vil kunne føre til ei lettare avvikling av verksemdar.

Ved vurdering av dei samfunnsøkonomiske konsekvensane av klimaendringar er det derfor gode grunnar til å skilje mellom **gradvise** og **brå** endringar. Gradvise endringar vil ofte råke fleire i ei befolkning, men sidan mulighetene for å tilpasse seg er relativt store, vil økonomiske og sosiale konsekvensar kunne bli mo-

Klimaendringar: Kva skjer?



Diskuter påstanden:
«Alle land må få seg tildelt ein utsleppskvote basert på like utslepp for alle innbyggjarar i verda.»

Diskuter påstanden:
«Fordi nytten av mange klimatiltak til dels kjem svært langt inn i framtida, vil dagens veljarar og politikarar ikkje gjøre noe med klimautviklinga.»

Kva gjør du når

- noen foreslår at klasseturen med fly til Roma skal bli meir klimavenleg ved kjøp av frivillig klimabillett? www.mittklima.no
- fylket av klimagrunnar vedtek at frå no må alle elevar i vidaregåande skole med mindre enn 5 km til skolen sykle (eller gå) til skolen.

derate. Når ein snakkar om kor mye klimaendringar vil kunne redusere brutto nasjonalprodukt, blir derfor ikkje tala så store. Berekingar tyder på at ein auke på 3–3,5 °C i løpet av dette hundreåret vil redusere BNP mellom 0,5 og 2 prosent i den rike delen av verda. Lokalsamfunn kan, som nemnt, bli råka hardare fordi dei er små og sårbare, men verknadene «drukna» lett når ein skal vurdere dei under eitt for eit heilt land.

Mange internasjonale studiar konkluderer med at verknadene av klimaendringar for land langt mot nord kan bli positive dersom den globale middeltemperaturen ikkje stig meir enn 2 °C. Mange trur nemlig at auka temperatur og meir nedbør kan stimulere veksten i skogen og i landbruket. Dessuten vil meir nedbør auke potensialet for kraftproduksjon. Ved temperaturauke over 2 grader vil dei negative verknadene dominere.

Men også Norge vil oppleve negative konsekvensar – sjølv ved moderate klimaendringar. Fleire vintersportsstader går uvisse tider i møte. Sjølv om ikkje snøen forsvinn heilt, er det truleg at «dårlege vintrar» blir meir vanleg, med snøfrie periodar i høgsesongar. Mye tyder på at fiskestammer er svært sensitive og flyttar seg sjølv ved små endringar i havtemperaturen. Mange fryktar at skreien vil trekke seg nordover og inn i Barentshavet. Det kan føre til store økonomiske tap. Fare for meir skadedyr i skogen eller sjukdommar på oppdrettsfisk er ei anna bekymring. Lokalt kan imidlertid endringane bli store sjølv om ikkje gjennomsnittstemperaturen eller årleg nedbørmengde endrar seg så mye:

- Naturkatastrofar som skred og flom eller hyppigare skader som følge av sterk vind.
- Hyppig stenging av vegar kan føre til auka transportkostnader eller omlegging av transportruter, og i yttarste konsekvens flytting av verksemdar. Skipstrafikken langs kysten kan bli råka av meir uvêr.
- Økosystem kan endrast brått sjølv ved små endringar i naturomgivnadene. Trua dyrearter kan forsvinne. Kva som veg tyngst av dei positive og

negative konsekvensane er vanskeleg å fastslå, og enno har ingen berekna kostnadene av klimaendringar i Norge. Vi må inntil vidare halde oss til det forskarar i andre land har gjort, utan at dei har sett spesielt på vårt land. Konklusjonane deira, blant anna om at den samla verknaden skulle vere positiv, gjeld for større regionar der Norge bare utgjør ein del. Det er imidlertid ikkje nok å vise til mulige positive verknader for landbruk, skog og kraftproduksjon for å seie at verknadene for Norge blir positive. Forteknet kan bli snudd når ein tar med negative verknader for vinterturisme og fiskeri.

Kva kan bli gjort?

Klimaendringar kan bli motverka gjennom mindre utslepp av klimagassar eller auka karbonopptak. Det kostar pengar, og kor mye ein er villig til å sette inn, avheng av kor store verknadene av klimaendringar blir. I mange samanhengar blir ei global oppvarming på 2 °C sett som eit maksimum av det jordkloden tåler utan at konsekvensane blir altfor store. Det har imidlertid vist seg å ta lang tid å bli einige om kordan og kor mye verdas land skal bidra med klimatiltak. Dessutan inneheld klimasystemet i seg sjølv ein tregleik som gjør at temperaturen vil stige også lenge etter at konsentrasjonane er stabiliserte. Sett i det lyset, er det lite som tyder på at målet om å avgrense den globale oppvarminga til 2 °C vil bli nådd. Men mellom 2,5 og 3 °C bør vere innan rekkevidde dersom verdas land blir einige om betydelege reduksjonar i løpet av 10 til 15 år.

Diskuter påstanden: «Dei innbyggjarane som slepp ut meir CO₂ enn gjennomsnittsinbyggjarane i verda, må betale for det til dei som slepp ut mindre.»

Diskuter kva for nye klimatiltak det er mest realistisk å få gjennomført – internasjonalt og i Norge.

Asbjørn Aaheim er seniorforskar ved
Cicero - Senter for klimaforskning ved
Universitetet i Oslo.

Alle arbeidsoppgåver og nettdresser:
sjå under.