

Miljøtrusler for døve ører

Konsekvenser av miljøtrusler som
ikke ble tatt alvorlig

Av: John Hille



Rapport 1 / 2001

Framtiden i våre hendes forskningsinstitutt (FIFI)

Sammen drag

En "antimiljøbevegelse" har i de siste åra fått stort gjennomslag i USA, og ivrige talsmenn i Norden, som dansken Bjørn Lomborg og nordmannen Erling Fossen. De hevder ikke bare at miljøbevegelsen og bekymrede forskere har kommet med grunnløse dommedagsprofetier, men at politikere har vært altfor tilbøyelige til å lytte til disse. De legger vekt på at det finnes vitenskapelig usikkerhet omkring farer miljøbevegelsen i dag advarer om. Det delvis uttalte og delvis underforståtte budskapet er at myndighetene for framtida bør lytte mindre til slike advarsler. De bør forkaste føre var-prinsippet og vente på sikre bevis.

Det er ikke vanskelig å finne mange eksempel på at så vel forskere som representanter for miljøbevegelsen har vært for pessimistiske. Det er også mulig å peke på spørsmål der *de fleste* i miljøbevegelsen beviselig har tatt feil - dvs. overdrevet omfanget av et problem - gjennom kortere eller lengre tid. Disse tilfellene er imidlertid færre.

Før verdens politikere derav slutter at de bør høre mindre på advarsler om miljøtrusler enn hittil, kan de imidlertid ha nytte av å stille to spørsmål. Det første er om de faktisk har hørt så mye på de *overdrevne* advarslene til nå, at det har påvirket politikken til ulempe for samfunnet. Denne forfatteren hevder at svaret er nei.

Rapportens hovedtema er imidlertid spørsmål nr. 2, nemlig om det finnes tilfeller der de som har advart om miljøproblem *har fått rett*, og politikere beviselig og gjennom lengre tid har lyttet *for lite* til advarslene. Dersom svaret på dette spørsmålet er ja, samtidig som svaret på det forrige er nei, kan det være god grunn til å lytte mer og ikke mindre til slike advarsler.

At svaret på det andre spørsmålet *er* ja, belyses i rapporten ved sju eksempel: asbest, bly, DDT, PCB'er, sur nedbør, nedbrytingen av ozonlaget og forterkningen av drivhuseffekten.

Asbest

Helsefarene ved asbest ble beskrevet i oldtida, men var glemt da stoffet igjen ble tatt i omfattende bruk omkring 1880. Etter dette gikk det mindre enn 20 år før medisinerne og fabrikkinspektører påpekte farene. På 1930-tallet ble det påvist at stoffet var farlig for langt flere enn dem som arbeidet i asbestgruver eller -fabrikker, og at det kunne framkalle kreft. Likvel økte bruken av asbest kraftig og med ingen eller minimale krav til arbeidsmiljøet, selv i rike land, i ytterligere 40 år. Verdensforbruket økte fra 30.000 tonn årlig i 1910 til en halv million tonn årlig omkring 1935 og nærmere 5 millioner tonn i 1980. Først på 1990-tallet ble bruken avvirket i de fleste vestlige, og globalt er asbestforbruket like høyt i dag som på slutten av 1950-tallet. Det vil trolig gå 20 eller flere år til før den globale epidemien av asbestdød topper seg. Tallet på *kommende* dødsofre er anslått til mellom 5 og 10 millioner.

Bly

Blyets giftighet var ikke bare kjent i oldtida - den ble aldri glemt. Likevel ble bly tatt i bruk i sterkt økende omfang under og etter den industrielle revolusjonen, også på områder der det var åpenbar fare for at folk skulle få det i seg. Den potensielt dødelige virkningen av *blymaling* ble omtalt tidlig på 1700-tallet og godt dokumentert tidlig på 1800-tallet. Likevel drøyde det til omkring 1930 før den mest helseskadelige bruken av slik maling ble forbudt i de fleste land i Europa, og til 1978 før det samme skjedde i USA, til tross for at tusentalls barn årlig ble forgiftet av blymaling. - På 1920-tallet ble tetraetylble godkjent som tilsetning til *bensin* i USA til tross for stoffets kjente giftighet, til tross for innstendige medisinske advarsler og til tross for katastrofale forgiftningsulykker ved de første produksjonsanleggene.

Dermed ble millioner av tonn med blyoksid spredt i miljøet via bilenes eksosrør.

"Ekspertisen" ble trodd på at dette var ufarlig, til tross for at den var sponset av produsenter av tetraetyllybly. Påstanden ble endelig punktert på 1960-tallet, men det varte til 1990-tallet før bruken av blybensin var avviklet i de fleste *rike* land. Ennå dominerer den markedet i mange fattige land. Titusener er døde, og titalls- kanskje hundretalls - millioner har fått mentale skader som følge av blybensinen.

DDT

Alvorlige advarsler mot sprøytemidlet DDT kom fra flere faglig velkvalifiserte hold allerede før stoffet ble tatt i alminnelig bruk i 1945. En rekke alvorlige farer ved bruken ble dokumentert i løpet av de første fem åra deretter - herunder at det utryddet nyttige insekter, at insekter det var ment å ramme utviklet motstandskraft, og at det hadde hormonhermende virkninger. Likevel ble det brukt i voldsomt økende omfang både i jord- og skogbruket og i forsøk på å utrydde lett plagsomme, men ikke særlig farlige insekter. Mange episoder med lokal massedød av fugler hindret det heller ikke. Rachel Carsons *Den tause våren* fra 1962 oppnådde å skape opphetet debatt, men ikke å stoppe bruken av DDT. Midt på 1960-tallet ble det dokumentert at en rekke rovfuglarter var på veg mot utryddelse i kontinental målestokk på grunn av DDT. Likevel var stoffet i fri bruk i de fleste industriland fram til første halvdel av 1970-tallet, og mye lenger i Sør.

DDT har også reddet mange liv - særlig når det er brukt til å bekjempe malariamygg. Her er det tale om små mengder i forhold til dem som er brukt til andre formål. Det er etisk vanskelig å avvise denne bruken av DDT - noe deler av miljøbevegelsen for lettvinnt har gjort (men, som vanlig når miljøbevegelsen overdriver, uten å nå fram). Mange myggarter har imidlertid utviklet motstandskraft. Dersom en på et tidligere tidspunkt hadde sluttet å bruke DDT i store mengder til *andre* formål, er det tenkbart at denne utviklinga kunne ha vært bremsset, og at *flere* liv kunne ha vært reddet i dag.

PCBer

PCB'er - polyklorerte bifenyler - er en gruppe syntetiske miljøgifter som særlig har vært brukt i transformatorer, kondensatorer og andre deler av elektriske anlegg, men også på en lang rekke andre områder. Alvorlige helsefarer ved PCB'er - særlig hud- og leverskader - ble dokumentert i løpet av det første tiåret etter at de kom i produksjon i 1929. Det hindret ikke at de ble brukt i stadig økende volum, på stadig flere områder og uten forsiktighetsregler. I 1966 ble det påvist at de hadde infisert hele naturmiljøet - fisk, fugler og mennesker. Det var likevel først på 1980-tallet at bruken ble avviklet i de fleste industriland. PCB'er blir ennå produsert i Russland. Det er påvist at PCB'er fører til nedsatt forplantningsevne og immunforsvar hos dyr: særlig marine pattedyr har vært sterkt skadelidende. For dyra i Arktis er det ennå uvisst om en har sett det verste av skadevirkningene.

Sur nedbør

Sur nedbør som følge av svovelutslipp ble observert i England 1852. Tidlig på 1900-tallet kunne en på Sørlandet registrere så vel akutt fiskedød som en langsiktig og drastisk nedgang i laksefangstene. Omkring 1920 ble fiskedøden satt i forbindelse med surt vann. På 1920-tallet forelå de kunnskapsbrokkene som skulle til for å kaste fram en hypotese om at fiskedøden skyldtes langtransportert sur nedbør, og på 1950-tallet fantes data som kunne ha vært brukt til å etterprøve en slik hypotese. Til tross for at snesevis av observatører ved stasjoner i mange land i Europa regelmessig målte nedbør med urimelig lav pH og høyt svovelinhold, reagerte ingen før i 1967. Da påviste en svensk forsker - med støtte i et enormt empirisk materiale - både at nedbøren over hele Nord-Europa ble jamnt surere, og at forsurende forbindelser

åpenbart ble transportert langt av sted fra industriområdene i Storbritannia og på Kontinentet. Funnet ble først blankt, hånlige og nesten unisont avvist av andre lands offisielle "eksperter". Selv ti år seinere - da en omfattende internasjonal studie hadde bekreftet transporten av sur nedbør - ble problemet bagatellisert. Først i 1983 gikk *noen* land med på en avtale om reduksjon av svovelutslippene i Europa. Effektene av forsureningen vil ennå merkes i flere tiår i Europa. I Asia blir de stadig verre.

Dette samtidig kanskje det eneste tilfellet der en overdrivelse fra miljøforskere og -bevegelsers side *har* fått vesentlig politisk betydning. Når avtalen kom i stand i 1983, skyldtes det ikke minst det som skulle vise seg å være en overdreven frykt for skogdød i Tyskland. Til gjengjeld fikk "skremsele" neppe noen skadevirkninger: det har høyst trolig vært lønnsomt å redusere svovelutslippene, helt uavhengig av miljøeffekten.

Ozonlaget

Klorfluorkarboner, som skulle vise seg å bryte ned ozonlaget, ble produsert i eksplosivt økende mengder i 40 år - fra 1930 til 1970 - før noen kom på å spørre hvor det ble av dem i miljøet. Forskeren som da oppdaget at de holdt seg i atmosfæren, var fast overbevist om at de ikke kunne gjøre noen skade. Da andre likevel i 1974 kom fram til at KFK'er ville bryte ned ozon, og dette kort etter ble understøttet av empiri, førte det forholdsvis raskt til reaksjoner - men bare *begrensede* reaksjoner og *bare i fem land*. KFK'er ble i 1978-79 forbudt i spraybokser i USA, Canada, Norge, Sverige og Danmark - men ikke på hærskaren av andre bruksområder. I løpet av få år etter dette var verdensforbruket større enn noensinne. Ikke før oppdagelsen av ozonhullet over Antarktis i 1985 - som ble utsatt i flere år fordi amerikanske forskere var overbevist om at en så dramatisk uttynning av ozonlaget ikke *kunne* forekomme - kom det bevegelse i retning av effektiv, internasjonal handling. Flere land var likevel sterkt motstrebende. En avtale om reduksjoner i KFK-bruken kom i stand i 1987, om full og snarlig avvikling først i 1992. Uttynningen av ozonlaget har fortsatt fram til i dag, og effekten av KFK'ene blir ikke helt borte før omkring 2050. De vil da trolig ha ført til noen tusen kreftdødsfall. Hadde det ikke blitt reagert, kunne det ha blitt tale om flere millioner - og uoverskuelige følger for andre arter.

Drivhuseffekten

I dagens debatt hevdes det ofte at drivhuseffekten som problem ble "oppfunnet" for 10-15 år siden. Intet kan være lengre fra sannheten. Det faktum at gasser som CO₂, metan og lystgass hever temperaturen ved jordoverflata ble påvist i 1859 og er siden dette vitenskapelig uomstridt. Det ble påpekt i 1904 at menneskene forsterker drivhuseffekten ved å brenne fossile brensel. I 1956 ble dette beskrevet som et eksperiment med uoverskuelige følger. Helt siden den moderne miljøbevegelsen vokste fram på slutten av 1960-tallet har en advart innstendig mot å fortsette eksperimentet. En massiv forskningsinnsats har i like lang tid understøttet sannsynligheten for at følgene kan bli dramatiske. Forsinkelseseffekter medfører at den globale oppvarmingen vil fortsette i mange tiår etter at utslippene av klimagasser opphører. Likevel har det ennå ikke lyktes å sette i kraft en avtale om å *begrense* disse utslippene, enn si å eliminere dem.

Miljøstrusler og døve ører

Innhold

Sammendrag	1
1. Innledning	5
2. Asbest: Beretningen om et varslet masse mord	9
3. Bly: Fra sødme i vinen til nervegass i bensinen	16
4. DDT: Lang vinters ferd mot Den tause våren	25
5. PCB: Helsefaren som ble feid under teppet - og kom fram som miljøgift	32
6. Sur nedbør: Dråpene vinden ikke kunne frakte	37
7. Ozonlaget: Hullet som ikke kunne finnes	44
8. Drivhuseffekten: Hundre års sløvsinn	53
9. Hva kan vi lære?	69
Litteratur	72
Noter	74

1. Innledning

En "antimiljøbevegelse" har for tida vind i seilene på begge sider av Atlanteren. Dens talsmenn hevder at truslene mot miljøet både er og har vært sterkt overdrevet - av mange forskere, av miljøbevegelsen og av media. Følgelig bør politiske myndigheter legge langt mindre vekt på miljøbevegelsens argumenter og vise større skepsis til miljøforskernes funn.

Som de fleste trender i tida har denne sitt utspring i USA, der den blomstret opp på 1980-tallet med nær tilknytning både til kjente konservative tenkebokser og til det republikanske partiet. På 1990-tallet har den ikke desto mindre har øvd en sterk fascinasjonseffekt på journalister i tradisjonelt liberale amerikanske media. I Norden har dens fremste talsmann vært den danske statistikeren Bjørn Lomborg, som var i USA og besøkte en av den amerikanske bevegelsens "bestefedre", Julian Simon, kort før sistnevntes død i 1996. Lomborgs kronikker i *Politiken* og hans bok *Verdens sande tilstand* fra 1998 har vakt intens debatt i hans hjemland, og etter hvert fått betydelig oppmerksomhet også her i landet. Det kanskje klareste uttrykket for et antimiljøbevegelsesstandpunkt i Norge så langt finner en hos Erling Fossen, i boka som han i vanlig provokatorisk stil har valgt å kalle *Anti-natur* (2000).

Argumentasjonen til antimiljøbevegelsens talsmenn beveger seg på flere plan. Dels tar de for seg enkeltstående, dagsaktuelle miljøproblem, og hevder at omfanget og/eller alvorligheten av disse er mindre enn offentligheten får inntrykk av. Dels påpeker de at det er betydelig *faglig usikkerhet* omkring effektene av en del belastninger vi for tida påfører miljøet, og lar dette være et argument for å fortsette med dem.

Et annet argumentasjonsplan gjelder *troverdigheten* til miljøforskere, til miljøbevegelsen og til media når disse dekker miljøspørsmål. Det hevdes at alle disse har interesse av å overdrive miljøproblemene: forskerne for å få flere penger til å studere problemene, organisasjonene for å rekruttere flere medlemmer eller bidragsytere, og media av samme grunn som gjør at de liker å overdrive i alminnelighet: for å få dramatiske overskrifter som selger. Det som når offentligheten, kan dermed være fjernt fra sannheten. Først velger forskerne problemstillinger og metoder som øker sjansene for å finne (eller bekrefte) et "problem"; så sorterer og omskriver miljøbevegelsen den tilgjengelige kunnskapen og fører media med fordreide "nyheter"; endelig velger redaksjonene ut de mest dramatiske, dvs. negative, av disse nyhetene og slår dem opp med sjokkstitler.

Det tredje argumentasjonsplanet forener på et vis de to forrige, men skuer samtidig bakover i tid. Det hevdes at miljøbevegelsen (og media samt mange forskere) har kommet med mengder av "dommedagsprofetier" som *beviselig har slått feil*.

Det er noe sant i alle disse argumentene - men også mye av det antimiljøbevegelsen beskylder sin motpart for, nemlig overdrivelser og sannheter som er brukt selektivt inntil det misvisende. For den som ønsker både en oversikt over og en kritikk av den amerikanske antimiljøbevegelsens synspunkt på konkrete, aktuelle miljøproblem, anbefales nettstedet <http://members.aol.com/jimn469897/myths.htm>. Et søk på "Bjørn Lomborg" på en alminnelig søkemotor vil gi deg flere hundre treff godt fordelt på hans egne synspunkt, støtte til dem og argument mot dem.

Det er korrekt, som antimiljøbevegelsen hevder, at det er betydelig faglig usikkerhet omkring de framtidige konsekvensene av en del av de belastningene vi påfører miljøet. Av dette kan det imidlertid trekkes to diametralt motsatte slutninger. Den ene er antimiljøbevegelsens: at vi ikke bør gjøre noe - dvs. at vi kan fortsette å påføre miljøet disse belastningene - inntil det måtte bli bevist at konsekvensene er sterkt negative. Den andre slutningen går også under navnet føre-var-prinsippet: Er det en viss sannsynlighet for sterkt negative konsekvenser, *bør* noe gjøres, dvs. at belastningene bør opphøre snarest mulig.

Det er uten tvil riktig at media gjerne gjør det meste ut av dårlige nyheter og dystre spådommer. (På den andre sida kan antimiljøbevegelsen - særlig i USA - ikke akkurat klage på egen mediedekning: "avsløringer" av "populære myter" er nemlig også noe media har kjær.) Det er også riktig at det både for miljøorganisasjoner og forskere *kan* ligge en fristelse i å overdrive miljøproblemen. Fristelsen behøver ikke engang være direkte pekuniær: en kan rett og slett føle at det å gjøre budskapet enkelt og skremmende "fremmer saken".

I hvilken grad *har* faktisk miljøbevegelsen overdrevet? Det er i svaret på dette spørsmålet at både Lomborg, Fossen og flere av den amerikanske antimiljøbevegelsens talsmenn selv er minst nyanserte. De formidler for det første det inntrykket at en nærmest samlet miljøbevegelse i 30 år har fortalt at det går jamnt utfor bakke med verden, og at det vestlige industrisamfunnet snart vil gå under i en økokatastrofe. Underveis har den kommet med utallige mer spesifikke spådommer som allerede har slått feil. For det andre hevder de at miljøbevegelsen faktisk har klart å overbevise toneangivende kretser om det samme, og at "dommedagsprofetiene" dermed har hatt avgjørende innflytelse på samfunnets utvikling. Miljøbevegelsens allierte skurker representeres i den amerikanske versjonen av dramaet naurligvis først og fremst av byråkratiet i Washington og det demokratiske partiet. I Fossens versjon er det hele venstresida (inkludert sosialdemokratiet) - og sentrum. Skytset hans rettes særlig inn mot førstnevnte, ettersom en jo ikke kan vente seg bedre av partier med røtter i bygdesamfunnet.

I virkeligheten finnes det noen få vesentlige tilfeller der det nå kan slås fast at *store deler* av den moderne miljøbevegelsen (og mange forskere) gjennom flere år har overdrevet truselbilder. De viktigste av disse er:

- 1) På 1970-tallet verserte advarsler om at mange ikke-fornybare ressurser ville få en kortere levetid enn det vi i dag vet at de minst vil få. Mange forskere gjorde anslag over de utvinnbare ressursenes sannsynlige størrelse som var for forsiktige. Mange ikke-forskere malte bildet enda svartere ved å forveksle ressurser og reserver.
- 2) På 1960- og 70-tallet var mange overdrevent urolige mht. verdens mulighet til å fø en voksende befolkning på kort sikt. "Svartmalingen" på dette området er gjennom de siste 15-20 åra i hovedsak videreført av *én* institusjon - Worldwatch Institute. Andre har fokusert mer på de reelle problemene - fordelingen av maten og de økologiske bivirkningene av det industrielle jordbruket, herunder virkninger som kan true produksjonen på *lengre* sikt.
- 3) I 3-4 år på 1980-tallet verserte overdrevne forestillinger om sannsynligheten for snarlig og omfattende skogdød i Europa som følge av sur nedbør.
- 4) Både på 1980- og 1990-tallet har en del biologer og mange i miljøbevegelsen presentert dårlig funderte og overdrevne tall for tempoet i utryddelsen av arter. (Tempoet *er* likevel svært høyt.)

Dette er, som nevnt, tilfeller der både mange presumptivt kompetente forskere og viktige deler av miljøbevegelsen beviselig har skutt over mål. Det finnes selvsagt mange flere tilfeller der *noen* i disse gruppene har gjort det, og/eller der populære medier, sin vane tro, har valgt å blåse sakene opp og bortenfor virkeligheten.

Det finnes også noen tilfeller der vi *ennå ikke vet* hvor rett de mest bekymrede (inklusive store deler av miljøbevegelsen) får. Ett slikt gjelder spredningen av hormonhermere og deres konsekvenser for menneskers og dyrs forplantningsevne. Et annet gjelder kjernekraftens konsekvenser, særlig mtp våpenspredning og avfallsproblemet. Om disse vil vi ikke kunne avsi noen endelig dom før noen hundre tusen år etter at det siste kjernekraftverket er lagt ned, når brensel ikke lenger er anvendelig som bombemateriale og avfallets radioaktivitet er vesentlig redusert. Et tredje gjelder genmodifiserte organismer: så lenge disse produseres på løpende bånd, vil vi aldri få vite om den neste kan utløse pest på mennesker, dyr eller planter før den eventuelt gjør det.

Antimiljøbevegelsen hevder imidlertid ikke bare at en falsk dommedagsideologi har vært dominerende innenfor miljøbevegelsen, men altså i tillegg at den har øvd avgjørende politisk innflytelse. Og dessuten: at dette har vært til stor skade for samfunnet, ved å hemme den økonomiske veksten og menneskers utviklings- og utfoldelsesmuligheter. Fra miljøbevegelsens synspunkt må antydningen om at *den* har bestemt hvor skapet skulle stå, virke temmelig fanstastisk.

Av de fire tilfellene ovenfor, der vi kan si at miljøbevegelsen i hovedsak var enig om å ta feil, er det høyst ett som har fått vesentlige politiske konsekvenser. Limits to Growth og dens like fikk ingen land til å treffe tiltak for å minske forbruket av ikke-fornybare råvarer. Trusler om matvaremangel fikk ingen rike land til å begrense kjøttforbruket. Redselen for et massivt tap av arter på kort sikt - som har hatt de fleste av sine fremste profeter i USA - har ikke engang vært stor nok til å få samme land til å undertegne en svært forsiktig konvensjon om biologisk mangfold. Frykten for omfattende skogdød hadde sitt utspring i Tyskland, og *var* trolig avgjørende for at dette landet endret syn på en europeisk avtale om begrensning av svovelutslippene, hvilket i neste runde førte til at en slik avtale faktisk kom i stand. Denne avtalen kostet i verste fall lite - mer trolig var den bentfram økonomisk lønnsom. Men ikke engang i det redsselsslagne Tyskland var den angivelig hegemoniske miljøbevegelsen i stand til å framtvinge så mye som en slutt på subsidiene til kullindustrien, eller en aldri så liten begrensning av farten på Autobahn for å minske de forsurende NO_x-utslippene.

Miljøbevegelsen har altså noen ganger tatt feil - uten nevneverdige konsekvenser, siden den sjelden for alvor har blitt hørt.

Men er dette grunnlag for å betvile troverdigheten til dem som er bekymra, *mer* enn til dem som mener vi kan ta det med sto ro? Bør "føre var"-prinsippet, som innebærer at en lar tvil komme bekymringen til gode, vrakes, slik Bjørn Lomborg anbefaler oss å gjøre?

Før vi trekker den slutningen kan det være nyttig å spørre: Hvor ofte har de som har advart om miljøproblem, vist seg å få rett? Og hvor ofte har forskningsresultat som burde ha vakt bekymring, blitt neglisjert fordi både forskere og samfunnet omkring dem har vært *for lite* tilbøyelige til å uroe seg?

Denne studien gir langtfra noe uttømmende svar. Derimot skal vi se på historien til sju viktige miljøproblem, der verden valgte å leve etter antimiljøbevegelsens råd: "heller etter snar enn

føre var". I fem av tilfellene gjelder det forurensninger eller miljøgifter der omfattende skadevirkninger for lengst er konstatert. Det gjelder asbest, bly (særlig i maling og bensin), DDT, PCB og sur nedbør (hvis skadevirkninger på fiskebestander, til forskjell fra dem på skog, er uomstridt). I ett tilfelle gjelder det et problem der vi *trolig* har klart å unngå de virkelig omfattende skadevirkningene, men der det er åpenbart at faren var overhengende: det gjelder nedbrytingen av ozonlaget. I det siste tilfellet gjelder det et problem der skadevirkningene bare har begynt å utfolde seg, men der de til gjengjeld kan bli langt mer omfattende enn i noen av de øvrige seks tilfellene. Det gjelder menneskets forsterkning av drivhuseffekten.

I hvert av disse tilfellene skal vi se

- at forskningsresultat som burde ha vakt uro, ble neglisjert i lang tid og/eller
- at når tydelige og sterke advarsler først ble ytret, så valgte myndighetene lenge å overhøre dem til fordel for meldinger om "fred og ingen fare".

Tiden som har gått fra alarmklokkene gikk - eller *burde* ha gått - og til effektive tiltak ble satt i verk, varierer fra ca. 15 til over 100 år. I flere av tilfellene er mottiltakene ennå ikke tilstrekkelige, og i det siste tilfellet – drivhuseffekten – kan vi ennå ikke snakke om effektive mottiltak overhodet.

2. Asbest: Beretningen om et varslet masse mord

Spør tusen nordmenn på gata hva AIDS er for noe, og nesten alle vil kunne gi et tålelig korrekt svar. Be det samme utvalget avgjøre om mesotheliom er et dyr, en sykdom eller et måleinstrument, og du får trolig minst 300 til å gjette på hvert alternativ. Men er utvalget voksne og av hannkjønn, taler sannsynligheten for at minst én av dem kommer til å dø av det.

Det er altså intet dyr, men en sykdom som rammer om lag femti norske menn - og et fåtall kvinner - hvert år.¹ (I 1999 døde åtte personer av AIDS i Norge, de nærmest foregående åra mellom 20 og 30 hvert år²). Mesotheliom er en form for kreft i brysthinnen, der diagnosen er ensbetydende med dødsdom - som regel eksekvert i løpet av ett til to år. Den forekommer så å si utelukkende hos personer som har vært eksponert for asbest - oftest i sitt arbeid, men ikke helt sjelden på andre måter.

Mesotheliom er bare toppen av et isfjell. For hvert asbestoffer som får kreft i brysthinnen, regner en med at to får kreft i selve lungene³. Til forskjell fra mesotheliom kan som kjent lungekreft utløses av mye annet enn asbest, særlig røyking. Men både blant røykere og ikke-røykere som har arbeidet med asbest, er sjansen for å få lungekreft langt større enn blant folk med de samme røykevanene, men uten asbesteksponering⁴. Det er grunn til å tro at ca. 150 nordmenn årlig dør av kreft enten i lungene eller i brysthinnen som følge av tidligere omgang med asbest - halvparten så mange som det drepes i trafikken.

Enda er ikke sørgevisa slutt. Asbest har gitt opphav til en egen sjukdomsbetegnelse - asbestose. Det innebærer at det dannes arrliknende vev i lungene der asbestfibre har trengt inn, og det kan være dødelig selv om det ikke utvikler seg til ondartede stadier. I 1994 (det siste året som Statistisk sentralbyrå har publisert detaljert dødsårsaksstatistikk for), døde fem nordmenn av asbestose⁵.

Et mer uoverskuelig område er de asbestrelaterte dødsfallene av kreft utenfor brystregionen. Flere studier indikerer at de som har pustet inn asbest har økt risiko for kreft også i munnhule, svelg, nyrer, eggstokker og særlig i mage-tarmsystemet, skjønt resultatene spriker noe.^{6,7}

Vi har trolig et bilde av størresesordenen, om vi sier at 150-200 nordmenn årlig dør som følge av omgang med asbest. De første arbeidsmiljøkravene ved bruk av asbest i Norge ble innført i 1973, og restriksjonene gradvis strammet inn til det kom et generelt forbud mot å bruke stoffet i 1984, som ble skjerpet i 1991. Ettersom mesotheliom og lungekreft gjerne tar mellom 20 og 40 år på å utvikle seg, kan det likevel gå flere år før vi har passert toppen på epidemien av asbestdød. Norge er relativt heldig stilt, som ett av landa som har gått foran i å forby bruken av asbest.

I Storbritannia er det beregnet at asbestepidemien først vil nå toppen i år 2020, og at en da vil ha 3000 årlige dødsfall av mesotheliom alene, og 10.000 asbestrelaterte dødsfall i alt.⁸

I Vest-Europa som helhet kan en vente 750.000 asbestdødsfall fram til år 2030, når en bare regner med dødsfall av kreft i brystregionen. Dette er den delen av en verdensdel som stort sett har ført an globalt, både når det gjelder arbeidervernlovgivning generelt og asbestforbud spesielt. I verden som helhet er det blitt hevdet at tallet på kommende asbestofre "forsiktig" kan anslås til mellom fem og ti millioner.⁹

Hva er egentlig opphavet til denne epidemien?

Asbest er ikke noe kunstig stoff, men et materiale som forekommer i naturen og har vært kjent og brukt i lang tid. Nærmere bestemt er det en fellesbetegnelse på seks nært beslektede mineraler: amositt (brunasbest), krosidolitt (blåasbest), krysotil (hvtasbest), tremolitt, aktinolitt og antofyllitt. De forekommer i form av tynne, rette eller krøllete fibre i jord eller berg. De er ekstremt bestandige mot varme, leder ikke elektrisitet, og løses ikke opp verken av vann eller organiske løsningsmiddel; flere av dem tåler til og med syrebad. Fibrene kan bearbeides til duk. Det er disse egenskapene som har gjort dem interessante på en lang rekke bruksområder - ikke minst til varmeisolasjon og brannvern. De samme egenskapene innebærer at de ikke brytes ned under normale miljøpåvirkninger, heller ikke i menneskekroppen. Dette, kombinert med at fibrene er tynne nok til at det er lett å puste inn små bruddstykker av dem, og skarpe nok til å bore seg inn i kroppsvev, forklarer samtidig at de er så farlige.¹⁰

Asbest er kjent fra oldtida. Selve navnet er gammelgresk og betyr "usløkkelig", noe som kan synes underlig når det ikke brenner overhodet, men forklares ved at det ble brukt til veker: de varte evig mens oljen de ledet, brant. Romerne brukte asbestduk bl.a. til servietter - som kunne reingjøres ved å kaste dem på bålet, der matrestene brant opp mens duken var like hel. Asbest har også lenge vært kjent i Kina, der Marco Polo ble vist gjenstander av asbestduk. I Europa synes derimot asbest å ha forsvunnet ut av bruk i middelalderen, for først å dukke opp igjen på 1700-tallet, og da som en sjeldenhet. Det var først da den industrielle revolusjonen for alvor skjød fart på 1800-tallet - med dens mange dampkjeler, ovner og maskiner som utviklet intens friksjon og varme - at bruken av asbest økte for alvor. Først på 1880-tallet begynte en å produsere asbestduk i regelrett industrielt omfang. Når stoffet og dets egenskaper først var alminnelig kjent, var det ikke vanskelig å tenke seg stadig nye bruksområder - for eksempel til vern mot spredning av brann i bygninger.^{11, 12}

Erkjennelsen av asbestens skadevirkninger kan spores omtrent like langt tilbake som bruken. Både den greske geografen Strabo og den romerske historikeren Plinius omtalte en lungesykdom som var utbredt blant slavene som produserte asbestduk.¹³ Vi trenger ikke forundres over at det ikke vakte nevneverdige reaksjoner i samtida. Slaver var varer hvis liv man nok gjerne byttet mot et stoff med "magiske" egenskaper.

Det samme synet på arbeidsfolks liv har ikke latt seg forfekte offentlig i Europa i det 19. eller 20. århundret. Noe annet er hva som har latt seg praktisere.

De som tok asbest i bruk under den industrielle revolusjonen, var neppe kjent med Strabos og Plinius' kommentarer. Om de så var, kunne en kanskje ha unnskyldt dem for å betrakte disse som spekulasjoner fra en før-vitenskapelig tidsalder. Når vi tar i betraktning at asbestskader kan ta mange år på å utvikle seg, gikk det imidlertid svært kort tid fra asbest kom i storstilt bruk, og til farene igjen kunne konstateres.

I 1897 skrev legen A. Netolitzky i Wien at asbeststøvet var årsak til "lungebesvær og avmagring" blant asbestarbeidere og familiene deres.¹⁴

Året etter skrev lederen for den avdelingen i den britiske fabrikkinspeksjonen som særlig hadde ansvar for kvinnelige arbeidsplasser om "den lett påviselige helsefaren" ved asbestarbeid, og anbefalte strengere krav til utlufting ved slike arbeidsplasser. I 1899 ble faren også omtalt i fabrikkinspeksjonens årlige rapport til Parlamentet.^{15, 16}

I 1900 kom den første kliniske beskrivelsen av asbestdød. Det var den britiske legen H. Montague Murray som obduserte en 33-åring som var død av lungefibrose etter å ha arbeidet 14 år i en asbestfabrikk. Murray fant spor av asbest i mannens lunger, og noterte at han var den siste gjenlevende av ti som hadde begynt på samme arbeidsplass i 1886. Konklusjonen var at mannen hadde dødd som følge av asbesteksponeringen. Også dette ble kjent for myndighetene - riktignok seks år seinere, da Murray fortalte om tilfellet for en komité i Parlamentet.^{17 18}

I 1906 rapporterte også den franske fabrikkinspektøren Denis Auribault om den ekstreme overdødeligheten blant arbeiderne som hadde vært ansatt ved et annet av Europas aller første asbestveverier - som lå i Normandie - i åra 1890-95. Et femtital av disse var døde av lungesykdommer, som han knyttet til støvet i fabrikkene.¹⁹

Samme år kom nok en rapport fra en kollega på den andre sida av Kanalen. Han skrev at "Blant alle de skadelige, støvende prossessene jeg får klager om, er etter min mening ingen så skadelige som beredning, karding og spinning av asbest". På denne tida fikk inspektørene høre om luftveissykdommer og noen ganger dødsfall hver gang de besøkte en asbestfabrikk.²⁰

Flere studier i USA under første verdenskrig viste at asbestarbeidere døde i urimelig ung alder, og fikk det føderale arbeidsdepartementet til å erklære at det var et "presserende behov for mer omfattende undersøkelser" - uten at det førte til noe konkret fra *myndighetenes* side.²¹

Som ved noen seinere høve var *forsikringsbransjen* atskillig kjappere i vendinga. Allerede i 1918 nektet flere selskap i USA og Canada livsforsikring til asbestarbeidere. Ett av dem, Prudential, hadde registrert at ni av 13 forsikrede asbestarbeidere var døde før de fylte 45 år.^{22 23}

I 1921, to år etter at den internasjonale arbeidslivsorganisasjonen ILO ble opprettet, førte den faglige internasjonale der fram en klage om de helsefarlige forholdene i asbestgruver. Det gikk ni år før disse offisielt ble anerkjent av ILO.²⁴

Sykdomsnavnet *asbestose* ble skapt i 1927 - av nok en britisk lege, W.E. Cooke, som i 1924 hadde obdusert nok en død 33-åring, denne gangen ei kvinne som hadde arbeidet med stoffet siden 13-årsalderen. Det førte også i virkeligheten til "mer omfattende undersøkelser" i England, som viste at en fjerdedel av alle undersøkte asbestarbeidere allerede viste tegn på lungeskader og at 81 % av dem som hadde arbeidet 20 år i industrien hadde asbestose.^{25 26 27}

Allerede før 1930 fantes med andre ord omfattende dokumentasjon på at asbest var ytterst helsefarlig. Det førte så langt knapt til mottiltak av noe slag (de første kravene om ventilasjon i asbestfabrikker kom ikke før i 1931 i Storbritannia, i 1935 i Canada og seks år seinere i USA; i de fleste europeiske land skulle det gå flere tiår før det kom egne arbeidsmiljøkrav knyttet til asbest). Bruken av asbest økte i mellomtida i nærmest eksplosivt tempo. Verdensproduksjonen, som i det første året med egentlig gruvedrift (1879) hadde ligget på 300 tonn og kom opp i 30 000 tonn i 1910, passerte en halv million tonn midt på 1930-tallet.²⁸

De tidlige studiene gjaldt imidlertid de aller mest utsatte gruppene - de som arbeidet i gruver eller med å produsere asbestduk. Den massive overdødeligheten i denne gruppa kunne med rimelighet ha ført til at en stilte spørsmålstejn om virkningene på flere. Når asbestarbeiderne døde som fluer, var det da ikke trolig at de som kom i kontakt med asbeststøv i litt mindre konsentrasjoner eller litt mindre kontinuerlig, også løp en - riktignok noe mindre - risiko?

Allede før 1930 kom enkeltstående meldinger om tilfeller som indikerte dette. I 1918 ble f.eks. lungesykdommen som snart skulle få navnet asbestose diagnostisert hos en brannmann i USA, og i 1929 hos en som bodde like ved en asbestfabrikk.²⁹ På 1930-tallet ble faren for folk med mindre eksponering enn asbestarbeiderne selv grundig dokumentert i den medisinske litteraturen. Studier både i Storbritannia, USA og Tyskland viste at yrkesgrupper som brukte asbest - for eksempel i byggebransjen og på skipsverft - var utsatt for asbestose, og at selv nokså kortvarig eksponering kunne føre til sykdom.^{30, 31}

På 1930-tallet kom de første rapportene om sammenhengen mellom asbest og kreft. At det tok så lang tid, er mindre å undre seg over, gitt at det gjerne tar 20-40 år for lungekreft eller mesotheliom å utvikle seg, at asbestproduksjonen altså hadde et beskjedent omfang før 1910, og at det alltid er lettere å komme på sporet av yrkessykdommer som opptrer etter kort tid enn lenge etterpå, når pasientene kanskje for lengst har sluttet på den farlige arbeidsplassen. Legene Lynch og Smith i USA, Wood og Gloyne i Storbritannia og Nordmann m.fl. i Tyskland publiserte alle i åra 1934-38 artikler der de omtalte tilfeller av lungekreft blant asbestarbeidere. Ironisk nok ble Nazi-Tyskland i det første landet som offisielt godtok denne sammenhengen, da en i 1943 innvilget yrkessakdeerstating til asbestarbeidere med lungekreft. (Det kom naturligvis ikke på tale å forby stoffet, som spilte en rekke viktige roller i krigsindustrien).^{32, 33, 34}

En del av tilfellene av "lungekreft" som ble registrert på denne tida kan ha vært mesotheliom. Denne sykdommen ble først beskrevet i 1931, men diagnosen ble sjelden brukt før omkring 1950.

I alt ble det på 1930-tallet publisert over 150 rapporter om forbindelsen mellom asbesteksponering, sykdom og dødelighet.³⁵ Det skulle bare øke på, ikke minst når det gjaldt sammenhengen med kreft. I 1943 - samme år som Tyskland erkjente denne - utga Wilhelm Hueper ved det nasjonale kreftforskningsinstituttet i USA en avhandling der han hevdet at det trolig var en direkte årsakssammenheng.³⁶ Andre amerikanske forskere utførte samtidig forsøk med mus, som viste at 82 % utviklet lungekreft etter langvarig eksponering for asbeststøv.³⁷ I 1946 viste en analyse av dødsårsaksstatistikk i Storbritannia at lungekreft var 13 ganger vanligere blant folk med asbestose, enn hos befolkningen for øvrig.³⁸ En større internasjonal kreftforskerkonferanse i Leuven i Belgia i 1952 slo klart fast at asbest kunne forårsake kreft.³⁹ En undersøkelse som ble utført av den britiske legen Richard Doll i 1955 av skjebnen til et utvalg asbestarbeidere omtales ofte som selve gjennombruddet for erkjennelsen av at asbest forårsaker kreft. Doll fant 11 tilfeller av lungekreft der en statistisk skulle ha forventet 0,8.⁴⁰ Men i virkeligheten var altså "nyheten" gammel på dette tidspunktet. Arbeiderne som ingikk i Dolls studie, hadde for øvrig arbeidet med krysotil (hvitabest) - den varianten som regnes som *minst* farlig.

Selv om en rekke asbestarbeidere i løpet av 1950-åra hadde fått stilt diagnosen mesotheliom, ble den helt spesifikke og sterke forbindelsen mellom *denne* kreftformen og asbest først tydelig gjennom en undersøkelse i Sør-Afrika i 1959. Legen Christian Wagner oppdaget da over 30 tilfeller av mesotheliom blant innbyggerne i et gruvesamfunn i Kapprovinsen der det ble utvunnet blåasbest. Tidligere hadde en trodd at folk der døde av tuberkulose. Ikke alle ofrene var yrkesmessig eksponert: også familiemedlemmer til gruvearbeiderne døde som følge av asbestbelastningen i miljøet.^{41, 42}

Flere rapporter fra slutten av 1950- og begynnelsen av 1960-tallet fortalte om tilfeller av mesotheliom og/eller økt risiko for lungekreft blant arbeidere som handterte asbest under arbeidet, uten å delta i produksjonen. Noen viste det samme blant familemedlemmer og andre som var utsatt for langt mindre belstninger enn i det sør-afrikanske gruvesamfunnet. I 1964 publiserte den amerikanske legen Irving Selikoff resultatene av en undersøkelse blant 1117 arbeidere som hadde handtert asbest som isolasjonsmateriale. 87 prosent av dem som hadde gjort dette i minst 20 år, hadde utviklet asbestose, og forekomsten av lungekreft var sju ganger høyere enn forventet - og av kreft i mage/tarmsystemet tre ganger høyere.^{43 44}

En kunne trodd at begeret nå var fullt. Langt ifra: verdensproduksjonen av asbest, som 30 år tidligere hadde ligget på 500 000 tonn, passerte i 1964 3,3 millioner tonn. Den skulle fortsette å øke i ennå et tiår, for å nå nesten 5.000 000 tonn i 1973 - et nivå der det skulle ligge helt fram til 1980.⁴⁵

I 1934 hadde den første medisinske direktøren for den britiske fabrikkinspeksjonen, Sir Thomas Legge, skrevet at "i lys av det vi vet i dag, er det umulig ikke å føle at muligheter til å oppdage og unngå sykdommer knyttet til asbest ble alvorlig forsømt".⁴⁶

Dette var tre år etter at Storbritannia, som første land i verden, hadde vedtatt egne krav til utlufting på asbestfabrikker. 30 år seinere visste en mye mer: at asbest ikke bare forårsaket asbestose, men også lungekreft og mesotheliom; at disse sykdommene ikke bare rammet arbeidere i asbestproduksjonen, men også dem i mange andre bransjer som handterte eller kom i nærkontakt med asbest; og til og med folk uten noen yrkeseksponering overhodet.

Allikevel fortsatte de grove forsømmelsene. Stort sett de eneste tiltakene som ble vedtatt i vestlige land på 1960- og 70-tallet var av samme type som Storbritannia hadde vedtatt i 1931, nemlig krav til luftkvaliteten på belastede innendørs arbeidsplasser - bare med den forskjellen at de nå gjerne ble uttrykt som grenseverdier for antall asbestfibre i lufta. I USA krevde den føderale regjeringa i 1960 at bedrifter den handlet med, ikke skulle ha mer enn 5 millioner partikler asbest per kubikkfot luft på arbeidsplassen (eller ca. 170 millioner partikler per kubikkmeter).⁴⁷

Ikke før i 1970 ble det innført en generell maksimumsverdi for alle bedrifter i USA - da på vel 60 millioner partikler per kubikkmeter.⁴⁸ Det skal sees i lys av at det reint teoretisk kan være nok å puste inn *ett* asbestfiber for å utløse mesotheliom (selv om sjansen da er svært liten).

I Sorbritannia ble forskriftene fra 1931 først skjerpet og utvidet til å omfatte alle arbeidsplasser i 1969.⁴⁹ I Tyskland kom de første forskriftene om begrensing av asbest i arbeidsmiljøet i 1971 (28 år etter at naziregimet hadde erkjent stoffet som kreftfarlig!);⁵⁰ i Norge skjedde det samme i 1973 og i Frankrike i 1977 - 71 år etter Auribaults avsløringer.⁵¹ En felles EU-forordning om kontroll med asbest på arbeidsplassen, som også satte forbud mot visse former for bruk, lot vente på seg til 1983.⁵²

Tiltakene som vestlige industriland innførte omkring 1970 kom ikke bare altfor seint - dvs. flere tiår etter at det var klart at yrkesmessig omgang med asbest, og ikke bare arbeid i asbestgruver eller -veverier, innebar en dødelig risiko. I 1970 burde det for lengst ha vært åpenbart at tiltakene var helt utilstrekkelige. Grenseverdiene for asbesteksponering ble tatt ut av lufta: det fantes ingenting i den medisinske litteraturen som kunne belegge at det krevdes en viss konsentrasjon over en viss tid i innendørs luft for å bli syk. Tvert imot var det kjent gjennom flere tiår at asbest drepte folk som handterte det på utendørs arbeidsplasser eller ikke

arbeidet med det overhodet. En amerikansk studie av mesotheliomofre fra 1965 hadde faktisk funnet at bare 53 % var direkte yrkeseksponert *eller* bodde sammen med folk som var det. Av de resterende bodde om lag en tredjedel innen 800 m fra en asbestfabrikk, mens et betydelig antall må ha vært eksponert på andre måter. (Seinere vurderinger går ut på at om lag 2/3 av mesotheliomofre er yrkeseksponert).⁵³

Ved en føre-var-politikk hadde bruk av asbest for lengst vært forbudt. Nå var en ikke så mye som etter snar. Myndigheter verden over lånte øre til asbestindustriens talsmenn, som hevdet at asbest ikke utgjorde noen fare ved "riktig" handling.^{54, 55} Dette til tross for at industriens påstander om hvor trygt stoffet var, aldri før hadde vist seg å holde stikk, og hva verre var: at bølgen av erstatningssaker fra asbestofre som begynte å rulle alt på 1960-tallet, brakte fram stadig nye og mer graverende bevis på at industriens talsmenn helt fra 1930-åra bevisst hadde løyet om, fortiet eller forvrent fakta om asbestens skadevirkninger.^{56, 57, 58}

Resultatet er altfor åpenbart i dag: 30 år etter at de første arbeidsmiljøkravene ble innført i mange vestlige land, er dødeligheten av mesotheliom i de samme landa stadig og sterkt økende.

Først omkring 1980 begynte noen land å innføre vesentlige begrensninger på selve bruken av asbest. Da hadde bruken allerede passert toppen i Europa og Nord-Amerika, grunnet ikke bare arbeidsmiljøkravene, men også økende forbrukerskepsis samt faktiske og truende erstatningssøksmål mot bedrifter som laget eller brukte stoffet. Norge var i 1984 blant de aller første landa som innførte et *generelt* forbud mot bruk av asbest, likevel med unntak og muligheter for dispensasjoner (Island gjorde det året før). Danmark, Sverige og Tyskland fulgte seinere på 1980-tallet (det tyske forbudet trådte likevel ikke i full kraft før i 1994). Forbudet i Norge ble strammet til i 1991, det svenske i flere omganger fram til 1996.

Andre land nøyde seg (som USA) med å innsnevre listen over tillatte bruksområder, eller (som Storbritannia i 1985 og Frankrike i 1988) med å forby blåasbest (krosidolitt) og brunasbest (amositt) som de antatt farligste slagene, mens de fortsatt tillatte den langt mest brukte asbestsorten, hvitasbest (krysotil).^{59, 60, 61}

Så seint som i 1996 var bruken av hvitasbest tillatt med visse unntak i et flertall av EUs medlemsland (blå- og brunasbest ble forbudt av EU i 1991). I 1996 vedtok Frankrike et generelt forbud; det samme gjorde Belgia i 1998 og Storbritannia i 1999, etter at Italia, Finland og Østerrike hadde gjort det tidlig på 1990-tallet. Endelig - i 1999 - vedtok EU at et generelt forbud skulle tre i kraft i alle medlemsland seinest i 2005 (det er ennå ikke innført i Spania, Portugal eller Hellas).^{62, 63}

Endelig? Det henger i skrivende stund ennå i vektskåla, eller nærmere bestemt i hendene på Verdens Handelsorganisasjon WTO. Canada, som er verdens nest største produsent av asbest etter Russland, har til tross for at landet selv praktisk talt har avvirket bruken av stoffet, nemlig klaget det franske forbudet inn for WTO som en ulovlig handelshindring. En dom mot Frankrike vil naturligvis også få konsekvenser for EU og alle enkeltland med tilsvarende forbud. WTO ga i juli 2000 Frankrike rett, men saka er anket. Den kanadiske påstanden hviler på at hvitasbest - til forskjell fra de andre slagene - ikke er farlig om det håndteres riktig. Den burde falle på sin egen urimelighet. Langt det meste av den asbesten som er brukt opp igjennom åra, og som har forårsaket så mye død og lidelse, er nettopp hvitasbest. Vi har nevnt at Richard Dolls studie fra 1955 gjaldt arbeidere som nettopp hadde jobbet med dette stoffet. Seinere har det kommet en rekke studier som viser at folk som har vært utsatt for hvitasbest i

langt mindre konsentrasjoner og over mye kortere tid, utvikler både asbestose, lungekreft og mesotheliom.⁶⁴ USA, som i egenskap av uavhengig part har avgitt en egen uttalelse til WTO vedrørende konflikten mellom Canada og EU, støtter også sistnevnte med den begrunnelsen at det er utvetydig bevist at hvitasbest er farlig.^{65 66} Dette til tross for at asbest fortsatt er tillatt brukt på begrensede områder i USA.

Dødsdansen om asbest fortsetter imidlertid i langt mer alvorlige former i andre deler av verden. Uansett hva WTO bestemmer, skal det godt gjøres å gjenskape noe større marked for asbest i Europa i dag (like lite som i Canada selv eller USA). Derimot finnes det ennå et stort - til dels et voksende - marked i utviklingsland, i det tidligere Sovjetunionen og i Japan, som fortsatt er storforbruker av asbest. *Verdens* forbruk av asbest ligger ennå tett oppunder to millioner tonn årlig - 40 prosent av toppnivået fra 1970-åra. Den kanadiske aksjonen mot EU representert ved Frankrike må antas å ha et annet mål i virkeligheten - nemlig å komme mulige forbud i *Japan, i nyindustrialiserte- eller utviklingsland* i forkjøpet. I mange av disse landa brukes asbest den dag i dag under forhold som en kunne finne i vestlige land for 30 eller flere år siden.

Det er 104 år siden vi fikk de første medisinske advarslene om asbestens skadevirkninger i moderne tid. Det er lenge igjen før vi ser toppen av den globale epidemien av asbestdødsfall. Det kommer til å ta minst 50 år før den er slutt. Om WTO tar parti med Canada, kan det gå enda lengre tid.

3. Bly: Fra sødme i vinen til nervegass i bensinen

Bly er et grunnstoff som er giftig både for mennesker og svært mange andre organismer. Til forskjell fra en rekke andre grunnstoff, som kroppen trenger i små mengder, men som blir giftige når en får for mye av dem, har vi overhodet ikke behov for bly. Fordi stoffet finnes i naturen, har folk likevel til alle tider fått i seg ørsmå mengder bly - gjennom maten, drikkevannet eller støv som de puster inn.

På 1960-tallet hadde imidlertid USAs befolkning *i gjennomsnitt* ett hundre ganger mer bly i blodet enn folk hadde før blysmeltingens gjennombrudd. De hadde gjennomsnittlig 20 mikrogram bly i hver desiliter av blodet (20 ug/dL), hvilket betyr at en stor del av befolkningen hadde vesentlig mer.

Hva betyr dette tallet?

- Et blyinnhold på 100-120 ug/dL hos voksne eller 80-100 ug/dL hos barn kan være nok til å utløse den dødelige hjernesykdommen encefelopati, og vil, selv om det ikke fører til døden, gi uopprettlige hjerneskader.
- Ved samme konsentrasjoner er det vanlig med akutte symptom på blyforgiftning, som kramper, skjelving, oppkast og intense magesmerter. Disse *kan* imidlertid inntre allerede ved nivå på 40-60 ug/dL, og gjør det ofte hos barn.
- Ved konsentrasjoner på 60-80 ug/dL over lengre tid vil mange få nyreskader, noen med dødelig utgang. I tillegg blir folk anemiske.
- Ved konsentrasjoner på 40-60 ug/dL svekkes nervesystemet og reaksjonsevnen.
- Ved konsentrasjoner på 30-40 ug/dL kan en vente markant økt blodtrykk. Blodtrykket begynner å stige allerede ved et blynivå på 7 mg/dL.
- Ved konsentrasjoner på 10-25 ug/dL i barndommen kan en vente reduserte leseferdigheter, konsentrasjonsevne og IQ - effekter som varer ved i voksen alder. Sannsynligvis begynner denne svekkelsen allerede ved nivåer *under* 10 ug/dL.
- Ved liknende blykonsentrasjoner kan en vente en økning i atferdsvansker, aggresjon og kriminalitet. Denne tendensen begynner trolig allerede når blynivået passerer 2,5 ug/dL: *en åttendedel* av det amerikanske *gjennomsnittet* anno 1960.^{67, 68, 69}

Dagens 40-åringer i USA er med andre ord mindre intelligente, og har med større sannsynlighet et kriminelt rulleblad, enn tilfellet kunne ha vært. Flere av dem har mistet foreldrene sine på grunn av sykdommer knyttet til høyt blodtrykk. Ikke så reint få har selv vært innlagt på sykehus med akutt blyforgiftning. I enkeltåret 1964 var det 509 slike tilfeller blant barn i New York by, 156 i Chicago og 122 i Philadelphia; 17 av barna i disse tre byene døde.⁷⁰ Dette gjelder de registrerte tilfellene. I hele USA må det ha vært tale om flere tusen tilfeller per år av blyforgiftning blant småbarn.

Hadde blynivået i amerikanernes blod nådd 300 ganger det normale, i stedet for å stoppe - i gjennomsnitt - på 100 ganger, hadde hele nasjonen kunnet erklæres for et sjukehus.

En epidemi av blyforgiftning nådde sitt høydepunkt nettopp i USA på 1960- og 70-tallet, av to grunner som vi skal komme tilbake til. Den har imidlertid rammet hele kloden, og er ennå ikke over.

Det var heller ikke den første slike epidemien. Det er minst 6500 år siden mennesker først lærte seg å smelte bly: så gammel er den eldste kjente blygruva i Anatolia.⁷¹ Både egypterne, babylonerne, assyrerne og seinest for ca. 4000 år siden kineserne brukte bly i forholdsvis stort omfang.⁷² Blyforgiftning må allerede da ha forekommet, ikke minst blant dem som utvant og bearbeidet metallet. Ifølge Herbert Needleman - som spilte en avgjørende rolle i å avsløre blyets skadevirkninger på barn - var metallets giftighet erkjent allerede ca. 2000 f.Kr., men kilden til dette er uklar. I 250 f.Kr. er forholdet imidlertid skriftlig omtalt av den greske filosofen Nikander, som korrekt ga blyforgiftning skylda for både kolikk, anemi, lammelser og hallusinasjoner og fordømte "det heslige brygget" blykarbonat eller blyhvitt, som alt på hans tid var et mye brukt pigment.^{73 74}

Det var imidlertid romerne som skulle utløse - og til slutt kanskje bukke under for - den første virkelig omfattende epidemien. Deres imponerende vannledningssystemer omfattet mengder av blyrør; allikevel var dette neppe det største problemet. En viktig grunn til at bly ble brukt til dette formålet (helt opp til vår tid) er nemlig at det er motstandsdyktig mot korrosjon; vannet inneholdt nok en del bly, men ikke de katastrofale mengdene. Det gjorde derimot vinen, og til dels maten. Syrene i mat- og drikkevarer trakk til seg langt mer bly, fra blykledde kokekar og amforaer. I tillegg brukte romerne et konsentrat av ugjæret druesaft, kondensert i blykledde kokekar, som konserveringsmiddel i vinen: dette konsentratet kom til å inneholde om lag én vektpromille reint bly. Blysafta, kalt *sapa*, virket ikke bare konserverende: den smakte også søtt, og derfor ble den gjerne tilsatt mat så vel som vin. Blyinntaket – spesielt hos det romerske aristokratiet – nådde sjokkerende nivå, og er en fullt rimelig forklaring på en rekke symptomer, fra galskap og mental svekkelse til sterilitet og lammelser, som er kjent hos keiserne fra 1.-3. århundre e.Kr.^{75 76} Også fra denne perioden finnes medisinske beskrivelser av blyets skadevirkninger, som hos Dioskorides i det første hundreåret e.Kr. og Claudius Galen i det andre.^{77 78} De hadde imidlertid liten virkning. Det hadde heller ikke dødeligheten blant slavene ved blyverkene: deres liv betydde like lite som asbestslavenes. Derimot var de gode romerne tilstrekkelig opptatt av det ytre miljøet - dvs. av den helseskadelige røyken fra verkene - til at de etter hvert bannlyste blysmeltinga fra Italia, og henviste den til provinsene.⁷⁹

Skikken å sette bly til vin kan ha påskyndet Romerrikets undergang, men skikken som sådan overlevde. Karl den store skal ha forsøkt å forby den i år 802, men uten varig hell. I tidlig moderne tid var det vanlig å tilsette enten blyoksid eller blykarbonat direkte til alkoholholdige drikkevarer som søtnings- og/eller konserveringsmiddel. Forgiftningene som fulgte ble beskrevet av den franske legen François Citois i 1639. På 1690-tallet undersøkte en lege i Ulm i Bayern hvorfor kolikk var blitt så utbredt i distriktet, og oppdaget at det skyldtes blytilsetning i vinen. Fyrstens reaksjon var kontant: han innførte i 1696 dødsstraff for den som tuklet med vinen. På 1700-tallet ble bly identifisert som årsak til forgiftninger også blant dem som drakk rum i USA og cider i England. Her var problemet ikke bare overlagte tilsetninger, men også det at karene og apparatene som ble brukt under framstillingen, inneholdt mengder av bly.^{80 81}

De som tok et glass i ny og ne slapp stort sett med magesmerter og andre milde forgiftningssymptomer. Verre var det med dem som arbeidet med bly; på 1700-tallet var det alminnelig kjent at blysmelting var livsfarlig arbeid. Det kunne også arbeid "nedstrøms" i produktkjeden være. Bernardino Ramazzini, ofte kalt yrkesmedisinens grunnlegger, skrev i 1713 at han mistenkte at Correggio og Rafael hadde dødd som følge av omgangen med blyholdig maling. Han identifiserte også bly som årsak til sykdom hos keramikere, som brukte blyholdig glasur. Femti år seinere beskrev den amerikanske polyhistoren og grunnlovsfaren

Benjamin Franklin forgiftningssymptomer både hos malere og hos andre yrkesgrupper som omgikkes bly daglig - blikkenslagere og settere.^{82 83}

Allerede før den industrielle revolusjonen var det med andre ord godt kjent at bly var giftig, og at forgiftninger ikke bare rammet dem som spiste eller drakk blyforbindelser, men også dem som pustet dem inn. De rammet også dem som smurte dem på huden - blyoksid ble mye brukt i kosmetikk, selv om resultatet på lang sikt gjerne ble det motsatte av det tilsiktede.

Til tross for denne kunnskapen ble intet gjort for å begrense bruken av bly, ut over en del forbud mot å sette det til drikkevarer (en praksis som likevel fortsatte, lovlig eller ulovlig, gjennom det meste av 1800-tallet). Leger fortsatte til og med i stor utstrekning å forordne ulike blypreparat som medisin mot en rekke sykdommer.

I 1832 publiserte den britiske legen Charles Turner Thackrah en 200-siders avhandling om "ulike yrkers innvirkning på sykdom og forkortet levetid", som seinere har blitt stående som en klassiker i yrkesmedisinen. Blyforgiftning er et hovedtema i boka.⁸⁴ Thackrah referer bl.a. statistikk fra sykehuset La Charité i Paris, der det i 1811 ble innlagt hele 279 pasienter med blyforgiftning, hvorav 241 klart var utsatt gjennom yrket sitt - blant dem 148 malere, 31 keramikere og porselensmakere, 28 rørleggere, 12 finsmeder, ni som framstilte pigmenter og fem glassarbeidere.⁸⁵

Blyholdig maling var altså den største enkeltkilden til forgiftninger - blant en lang rekke andre. Likevel økte bruken av slik maling - som før hadde vært forbeholdt de rikeste - voldsomt etter hvert som industrialiseringen ga stadig flere råd til den. Både blyoksid, blykarbonat (blyhvitt) og blyulfat (blymønje) ble brukt som pigmenter. Særlig var blyhvitt, som også kunne tilsettes andre farger, populært til husmaling. Det ble brukt til tross for at det fantes alternativ. Thackrah hadde i 1832 foreslått å bytte til maling basert på sinkoksid og han var ikke den første: sink som basis for hvitmaling var først foreslått av franskmannen Guyton de Morveau i 1782. Sinkhvitt ble da også produsert kommersielt i Frankrike f.o.m. 1840.^{86 87}

Både de som laget blymalingen og malerne levde svært farlig - de siste ikke minst når de malte innendørs eller sandet og pusset. Men ikke bare de som malte sto i fare: det gjorde også de som bodde i husa, og da særlig barna. I 1892 påviste den australske legen A.J. Turner at flere barn ved et sykehus i Brisbane som hadde fått diagnosen meningitt, i virkeligheten var blyforgiftet. En øyelege i samme by, J.L. Gibson, oppdaget så at det samme var tilfellet med barn som han hadde fått henvist med øyesykdommer. Barna hadde spist malingflak og -støv som falt av husveggene: blyets søt smak tiltalte dem like mye som de romerske keiserne før dem. - Til å begynne med opplevde de to legene, liksom Semmelweiss da han oppdaget årsaken til barsel-feberen, at den medisinske eliten nektet å tro dem. Det skulle gå 22 år før blyhvitt ble forbudt til husmaling i Australia.⁸⁸

I mellomtida hadde flere land i Europa innført begrensninger på bruken av blyhvitt. Alt i 1902 kom det i Frankrike forbud mot å blande blyhvitt for hånd, og mot å sande eller pusse slik maling. I løpet av de nærmeste åra kom restriksjoner også i Belgia, Tyskland og Østerrike, og særlige arbeidsmiljøkrav i Storbritannia. I 1909 vedtok Frankrike et *generelt forbud* mot blyhvitt, som fikk virkning fra 1914 - det samme året som det ble forbudt til husmaling i Australia. Det var da gått 103 år siden legene ved La Charité kunne ha forklart franske myndigheter hvor farlig stoffet var.⁸⁹

I 1921 underskrev et flertall av medlemslanda i Den internasjonale arbeidsorganisasjonen ILO en konvensjon om bruk av blymaling, som forbød bruk av så vel blyhvitt som blymønje innendørs, og satte en rekke krav til arbeidsmiljøet når de ble brukt utendørs.⁹⁰ Norge ratifiserte denne konvensjonen i 1929 og innarbeidet bestemmelsene i norsk lov samme år. Omkring 1930 hadde de fleste land i Europa gjort det samme.

Det var gått snart 100 år siden Thackrah foreslo å gå over til sinkhvitt - som faktisk ikke bare var et brukbart, men et *bedre* alternativ med hensyn til klarhet og fargebestandighet. Sinkhvitt har dårligere spredningsevne, men er til gjengjeld vesentlig *billigere* enn blyhvitt. Fra 1940-tallet av kom ellers et enda bedre alternativ til begge delene på markedet, nemlig titanhvitt.
91 92 93

Tusentalls malere - og barn - fikk bøte med livet på grunn av en fordom.

I USA, som ikke skrev under ILO-konvensjonen, levde fordommen videre. Der ble blymaling aggressivt markedsført som det beste alternativet og den "ekte varen". En rekke delstater vedtok til og med lover som, langt ifra å kreve at blymaling skulle faremerkes, krevde at annen maling skulle merkes som uekte. Både malere og bedriftene som framstilte malingen var fullt klar over hvor farlig det var. Det var alminnelig at arbeidstakere hos de sistnevnte ble alvorlig syke og i noen fall døde i løpet av et halvt år. Derfor satset arbeidsgiverne på korttidsarbeidskraft - en ansatte svarte eller ferske immigranter og lot dem jobbe i et par måneder for så å sparke dem og ta inn nye, før forgiftningen ble for alvorlig. Faglærte malere unngikk helst sanding, pussing og innendørs arbeid med blymaling, og overlot dette til ferske ufaglærte, som var enda mer utsatt fordi de ikke kjente til farene. Likevel foretrakk mange av malermestrene - og deres kunder - den "ekte varen".⁹⁴ I løpet av mellomkrigstida ble en også oppmerksom på at det foregikk en epidemi av blyforgiftning blant barn.⁹⁵ I 1953 anslo medisineren Robert Kehoe - beryktet i en sammenheng vi snart kommer tilbake til som en blyets forsvarer - at *minst* 250-300 barn årlig døde av blyforgiftning, og at maling var den viktigste årsaken. Det skjedde i et brev til representanter for malingprodusentene.⁹⁶

Omkring denne tida begynte også de fleste produsentene å redusere blyinnholdet i malinga. "Reint" blyhvitt ble sjeldnere, til fordel for sink/blyblandinger og titanhvitt. Men helt fram til 1978 - 64 år etter at det ble totalforbudt i Frankrike og Australia - kunne blyhvitt lovlig brukes som innen- og utendørs husmaling i USA.

Dette var den ene årsaken til at det var nettopp i USA på 1960-tallet at den globale blyforgiftningsepidemien toppet seg. Den andre er om mulig enda mer fantastisk, og henger sammen med at over halvparten av verdens personbilpark anno 1960 befant seg i dette landet.

Allerede på begynnelsen av 1920-tallet var massebilismen godt på veg til å bli virkelighet i USA. Det fantes imidlertid et problem: bilmotorene "banket". Særlig gjaldt dette de raskere og dyrere modellene, som General Motors' Cadillacer; T-Fordene kom seg noenlunde greit fram. GM så seg derfor febrilsk om etter et tilsetningsstoff til bensinen som kunne eliminere dette problemet. I 1921 kom en kjemiker i staben på å eksperimentere med et stoff som var blitt framstilt av en tysk kollega i 1854: en ekstremt giftig, organisk forbindelse av et kjent giftig metall, nemlig tetraetylblei. (At denne forbindelsen var ekstra giftig, var også kjent: USAs forsvarsdepartement vurderte under første verdenskrig å sette det inn som nervegass mot tyskerne, men kom til at sennepsgass egnet seg bedre.) Tetraetylblei viste seg virksomt mot bankingen, og GM satte i gang prøveproduksjon i egen regi i Dayton i Ohio i 1922.⁹⁷

Året etter avtalte GM med kjemikonsernet DuPont, som på dette tidspunktet var deres største aksjonær, at DuPont skulle sette i gang produksjon av tetraetylblei i større skala. Det gjorde DuPont samme år - både i Wilmington i Delaware og i Deepwater i New Jersey. Det var også avtalt med Standard Oil - det seinere Esso og Exxon - at de skulle avta stoffet til fast pris og tilsette det bensinen sin. Standard Oil fant imidlertid ut at de kunne lage tetraetylblei billigere selv, og krevde en ny ordning. Resultatet ble at GM og Standard Oil etablerte et felles datterselskap, Ethyl Corporation, som f.o.m. 1924 skulle produsere tetraetylblei ved hjelp av den billigere prosessen i Bayway i New Jersey.⁹⁸

23. oktober 1924 rablet det for én av arbeiderne i Bayway. Han løp hysterisk omkring i fabrikken og ropte at "tre av dem er etter meg", inntil han ble fanget og brakt til sykehus, der han døde neste dag under voldsomme kramper. I løpet av de neste dagene døde ytterligere fire av de 49 arbeiderne ved Bayway-anlegget under kramper og hallusinasjoner. Hele 35 ble forgiftet men overlevde. De var ikke de eneste ofrene. Minst 50 var blitt alvorlig blyforgiftet ved det opprinnelige forsøksanlegget i Dayton, hvorav to var døde. Flere var døde både i Wilmington og i Deepwater, og i alt hadde flere hundre blitt forgiftet.⁹⁹

Det var imidlertid hendelsene i Bayway som først nådde avisenes forsider, og skapte furore. Var det virkelig forsvarlig å framstille en nervegass for å tilsette den til bensinen, og deretter spre restproduktet - det kjente giftstoffet blyoksid - hemningsløst omkring i miljøet via eksosrørene?

En stakket stund så det ut til at forsiktigheten skulle seire. Fabrikken i Bayway ble stengt. Tidlig i 1925 ble tetraetylblei midlertidig forbudt av myndighetene i New York by, og dernest i hele delstaten New York. I mai samme år arrangerte føderale myndigheter en konferanse om helsefarene knyttet seg til produktet, med ca. 60 deltakere - forskere, medisinerer, representanter for industrien og arbeidstakerne.

Det var klart at en sto overfor tre farer. Den første var allerede grundig demonstrert - risikoen for dem som deltok i produksjonen. Dette mente GM og Standard Oil at en kunne overvinne med forbedret teknikk og bedre sikkerhetsrutiner. Den andre var den mulige risikoen for dem som skulle handtere produktet, eller den ferdig blandede blybensinen - særlig de som jobbet ved bensinstasjoner, men også bilistene selv. Den tredje var faren for allmennheten fra det fine blyoksidstøvet som kom ut av eksosrørene. Denne var det noen som tok alvorlig.

Allerede i 1923 hadde GM, DuPont og Standard Oil - som allerede hadde sett de første forgiftningstilfellene og ante en mulig PR-katastrofe - gitt USAs gruverdirektorat i oppdrag å gjennomføre en studie av tetraetylblei, der de spesifiserte at en også skulle se på helseeffektene av forbrenningsproduktet, altså det velkjente giftstoffet blyoksid. Denne undersøkelsen besto i å utsette noen kaniner for blyeksos med blytilsetning, og konklusjonen var at det siste ikke representerte noen større fare.¹⁰⁰

Andre var dypt uenige, og kritiserte undersøkelsen som et bestillingsprodukt. Medisineren Yandell Henderson ved Yale-universitetet hevdet at "folk i byene våre vil bli utsatt for vedvarende, svak blyforgiftning" og at de fulle virkningene først ville bli synlige om ti eller kanskje tjue år. Den kjente yrkeshygienikeren Alice Hamilton mente at de fleste av deltakerne på Washingtonkonferansen var altfor ensidig opptatt av arbeidsmiljøet: "Dere kan nok kontrollere miljøet i fabrikkene - men hvordan skal dere kontrollere hele landets?" spurte hun.¹⁰¹

Etter konferansen oppnevnte USAs helsedirektør en kommisjon på sju personer til å utføre ytterligere undersøkelser. Disse fikk bare sju måneder på seg, og kom til å fokusere på arbeidsmiljøet. Den eneste nye empirien de samlet, var blod- og avføringsprøver fra 252 sjåførere og ansatte ved bensinstasjoner, hvorav noen hadde omgått tetraetylbly og andre ikke. De fant ikke tilstrekkelig stor økning i blynivået hos de første til at de mente det utgjorde noen vesentlig risiko, men påpekte at lengre tids eksponering kunne tenkes å være helsefarlig. Resultatet var likevel at blybensinen fikk grønt lys, og Ethyl Corporation gjenopptok salget i juni 1926.¹⁰²

Det store eksperimentet - å spre det som etter hvert skulle bli millioner av tonn med en velkjent gift som finfordelt støv ut i miljøet - var i gang, uten andre indikasjoner på at det skulle være trygt enn at noen kortvarig eksponerte kaniner hadde overlevd.

Det hadde vært på nære nippet. Men etter at blybensinen først var godkjent i USA, gikk den sin seiersgang over verden. Det skulle utrolig nok gå over 30 år før det igjen ble stilt alvorlige spørsmålstegn.

En vesentlig del av skylda for dette kan - i alle fall i USA, der problemet på grunn av biltetteheten var klart størst - tillegges én person, nemlig medisinsprofessoren Robert Kehoe. Han ble i 1925 utnevnt både til medisinsk direktør hos Ethyl Corporation - som hadde åpenbart behov for en slik funksjon - og spesialkonsulent for DuPont. I tillegg fortsatte han i stillingen ved universitetet i Cincinnati, der det med penger fra disse selskapene ble opprettet en egen institusjon under hans ledelse - Kettering-laboratoriet, oppkalt etter General Motors' forskningsdirektør. Til tross for at kombinasjonen av stillinger og sponsorer ikke akkurat borget for uavhengighet, opparbeidet Kehoe og Kettering-laboratoriet seg en posisjon som selve autoritetene på spørsmål om blyforgiftning i USA. Det var dit man gikk når man ville ha råd og svar. Og svarene Kehoe ga, var i det store og hele: at bly ikke er farlig før nivået i blodet blir så høyt at en kan vente kliniske symptomer på forgiftning; at de blykonsentrasjonene en kunne se hos de fleste amerikanere var mye lavere enn dette; og at det meste av dette kunne forklares som en naturlig "bakgrunnsnivå" - noe mennesker til alle tider hadde gått omkring med, og som derfor ikke kunne være farlig. Epidemien av blyforgiftning blant barn ble tilskrevet *utelukkende* inntak av maling eller andre "uhell" - snarere enn at mange av barna på forhånd hadde en betydelig blybelastning fra trafikken.^{103, 104}

Først i 1958 begynte spørsmålene om blybensinen igjen å bli nærgående. Det var Ethyl Corporation selv som utløste dem ved å søke helsemyndighetene i USA om å få øke blyinnholdet i bensinen med en tredjedel, ut over den grensa som var blitt fastsatt i 1926. Myndighetene gikk med på det, men på visse vilkår, hvorav ett var at det skulle gjennomføres en større undersøkelse for å finne ut om blytilsetningen påvirket blynivået hos mennesker. Denne undersøkelsen ble gjennomført i 1961-63, og besto i at en målte blykonsentrasjonen dels i lufta og dels hos mennesker i Los Angeles, Cincinnati og Philadelphia, samt i omkringliggende landdistrikt. Det viste seg at blyinnholdet både i lufta og hos menneskene i byene var til dels markert høyere enn på landsbygda. 11 av 2300 undersøkte personer - 0,5 % - hadde faktisk over 60 mikrogram bly per desiliter blod, et nivå som *kan* utløse ytre, fysiske symptomer på blyforgiftning. Den rådende kunnskapen på dette tidspunktet - dosert av Kehoe og brukt som retningslinje i yrkesmedisinen - var imidlertid at blyforgiftning først kunne inntre ved nivåer over 80 ug/dL. Selv om det siste hadde vært tilfelle, var marginen knapt betryggende, hvilket også noen forskere hevdet. Men båten bar foreløpig for blybensinen. Mye av tilliten hvilte på antakelsen om at det "naturlige bakgrunnsnivået" av bly i menneskers

blod ikke var så altfor mye lavere enn det amerikanske gjennomsnittet, hvilket igjen hvilte på et fåtall undersøkelser av mennesker i utviklingsland. I virkeligheten hadde også disse vært utsatt for betydelig, menneskeskapt blyforurensning.¹⁰⁵

I 1965 kom et avgjørende angrep på forestillingen om det "naturlige" blyinnholdet i menneskers blod. Geokjemikeren Clair Patterson hadde undersøkt iskjerner fra Grønland, og fant en formidabel økning i blyinnholdet gjennom de siste 1200 årene, men særlig etter den industrielle revolusjonen. Fra 1940 til 1965 var blykonsentrasjonen tredoblet. Det indikerte at hele den nordlige halvkulen var forurenset. Patterson utførte også beregninger for å finne ut hvor mye bly et menneske som bare var utsatt for naturlige blykilder - via lufta, vannet og maten - kunne ventes å akkumulere i kroppen. Han kom til at dette ville gi et blyinnhold i blodet på om lag en hundredel av det samtidige amerikanske. "Gjennomsnittssamerkaneren utsettes for alvorlig og kronisk blypåvirkning", skrev han.^{106,107}

Pattersons studie ble kritisert fra flere hold, men bidro til å utløse ny forskning omkring effektene av blybelastning *under* det nivået som kunne gi akutte forgiftningssymptomer. På begynnelsen av 1970-tallet var det anerkjent at blykonsentrasjoner på 40-60 ug/dL hos voksne eller 25 ug/dL hos barn kunne gi helseskader: altså nivå som et betydelig antall amerikanere faktisk bar på. Det skulle bare bli tydeligere. Større britiske og amerikanske studier i andre halvdel av dette tiåret viste at atskillig lavere blykonsentrasjoner - helt ned til 7 ug/dL - førte til økt blodtrykk.¹⁰⁸

I 1979 kom den amerikanske legen Herbert Needleman med en epokegjørende studie som viste at blykonsentrasjoner på bare 10-15 ug/dL kunne føre til redusert intelligens og læringsevne hos barn. Den er seinere fulgt av en rekke andre studier av blyets betydning for mental og sosial utvikling, som etter hvert har vist at det knapt finnes noen nedre grense for blynivå som kan virke skadelig på barns mentale og sosiale utvikling.^{109 110 111}

Det var altså først i 1970-åra at det forelå sikker medisinsk kunnskap om skadevirkningene av bly i vesentlig lavere konsentrasjoner enn dem som kunne utløse akutt forgiftning. Det er i seg selv nesten utrolig. Når det var kjent at blynivå på om lag 100 ug/dL i blodet kunne gi så mange og voldsomme symptomer, *både* fysiske og psykiske, og i verste fall føre til døden, var det usannsynlig naivt av verdens helsemyndigheter å godta påstander om at halvparten eller t.o.m. tre fjerdedeler av dette ikke gjorde noe som helst. Gitt blyets utbredelse i samfunnet - ikke bare i maling og bensin, men også en rekke andre steder der det utgjorde en helserisiko for allmenheten, for eksempel i keramikk og matvareemballasje - er det enda mer utrolig at ingen leger eller forskere på et tidligere tidspunkt gransket effektene av mildere blypåvirkning.

Når kunnskapen kom på bordet, var reaksjonen noenlunde snar - i USA. I 1973 kom det en forskrift som krevde at det gjennomsnittlige blyinnholdet i bensin skulle reduseres med 75 prosent innen 1979. Det skjedde ikke - klager og høye oljepriser, koplet til innvendinger om at drivstofforbruket ville øke med blyfri bensin, førte til utsettelse. Likevel ble forbruket av tetraetylbly omtrent halvert fram til 1980, og redusert med nærmere 80 prosent innen 1985. I 1990 var blybensinens markedsandel nesten ubetydelig, selv om et endelig forbud først ble innført i 1995 - 30 år etter at Patterson punkterte læren om at den var ufarlig.¹¹² I takt med utfasingen falt også blyinnholdet i amerikanernes blod - fra gjennomsnittet på ca 20 ug/dL da Patterson skrev, til 15 ug/dL i 1976, 9 ug/dL i 1980 og under 3 ug/dL ved inngangen til 1990-åra. Pattersons påstand om at den "naturlige" blykonsentrasjonen lå langt under den gjennomsnittlige amerikanske på 1960-tallet, har vist seg - i alle fall langt på veg - riktig.¹¹³

I spørsmålet om å eliminere bly fra husmaling hadde USA vært verdens sinke. I spørsmålet om blybensin ble det omvendt: faktisk kom kravet om redusert blyinnhold i bensinen *før* blyhvitt ble forbudt til husmaling i USA. Det var naturligvis USA som hadde de aller største problemene med forurensning fra biltrafikk, og når overgangen til blyfri bensin kom i gang såpass tidlig der, skyldtes det *delvis* at det passet i hop med ønsket om å innføre katalysatorer for å bekjempe andre luftforurensninger enn bly.

I andre deler av verden gikk det noe treigere. Canada og Japan klarte riktignok å eliminere blybensinen innen 1993 - før det formelle forbudet kom i USA.¹¹⁴

I Vest-Europa drøydde det derimot til ut på 1980-tallet før overgangen til blyfri bensin for alvor ble innledet. I Norge ble den øvre grensa for blyinnholdet i bensin nedjustert i 1970 og senket mer i 1980, men det varte til 1986 før blyfri bensin kom på markedet (og ble favorisert gjennom lavere avgift). Ennå i 1990 lå blyutslippene fra den norske bilparken på om lag en tredjedel av nivået fra slutten av 70-åra. Salget av blybensin til alminnelig forbruk opphørte likevel i 1996, bare ett år etter det formelle forbudet i USA. Sverige (og Østerrike) var t.o.m ett år tidligere ut (1994). Resultatene kan også der avleses i blodet: mens barn i to mindre svenske byer i 1978 hadde gjennomsnittlig 6 ug/dL bly i blodet, var det i 1997 falt til 2 ug/dL.¹¹⁵ (I større byer har nok nivået også i Sverige vært høyere enn 6 ug/dL på 1970-tallet).

Også i Tyskland var blybensinens tid ute i 1996. Så seint som i 2000 var imidlertid blyholdig bensin i alminnelig salg i Storbritannia og Frankrike, og den er det ennå i Italia, Spania og Portugal. Bare ca. 36 av verdens nærmere 200 stater hadde helt avviklet blybensin i vegtrafikken innen utgangen av 1999.¹¹⁶

I Øst-Europa var blybensin så å si enerådende fram til kommunismens fall, og er det ennå i flere av statene i det tidligere Sovjetunionen. I utviklingsland er kontrastene store. Enkelte av storbyene i disse landa har, eller hadde inntil nylig, en ekstrem blybelastning. Det aller verste tilfellet var - kanskje ikke overraskende - Bangkok, der befolkningen på slutten av 1980-tallet bar på gjennomsnittlig 40 ug/dL bly i blodet - det dobbelte av amerikanernes belastning på 1960-tallet. Det er anslått at dette medførte alvorlig forhøyet blodtrykk hos 200-500 000 mennesker, og ca. 400 dødsfall årlig av denne grunnen alene. Skrekkhistorien har imidlertid en solskinnsside: Thailand var i 1995 blant de første landa i verden som helt sluttet med blybensin.¹¹⁷

Bangkok var ekstremtilfellet: men også i byer som Manila, Jakarta, Mexico by, Cairo, Damascus og Bangalore lå befolkningens blybelastning nylig på samme eller høyere nivå enn i USA på 1960-tallet.¹¹⁸ I Cairo ble det på 1990-tallet anslått at 800 spedbarn døde årlig som følge av mødrenes blyeksponering. Blybelastningen hos beboere i indre byområder i storbyer i Sør lå typisk 3-4 ganger høyere enn i forstedene.¹¹⁹

I en rapport for Habitat II-konferansen i 1996 ble det anslått at nesten alle barn i utviklingsland hadde mer bly i blodet enn Verdens Helseorganisasjon anbefaler, og at 15-18 millioner (naturligvis først og fremst i storbyene) ble utsatt for varig hjerneskade.¹²⁰

I noen av byene som ble nevnt ovenfor, er blybelastningen nå på veg nedover. Egypt, India og Mexico er nemlig blant de landa som enten nettopp har, eller snart kommer til å ha avskaffet blybensinen. Det er også Kina. Indonesia og Syria var derimot - sammen med bl.a.

Pakistan, Bangladesh, Venezuela og Nigeria - blant land der blyfri bensin ennå ikke fantes på markedet i 1999, eller hadde en ubetydelig markedsandel.¹²¹ Over en femtedel av bensinen som ble solgt i verden var da fortsatt blyholdig, og i en rapport fra Earth Summit Watch ble det anslått at denne andelen fortsatt ville ligge på en sjettedel i 2005.¹²²

Den første store epidemien av blyforgiftning rammet flere samfunnsklasser, men særlig de rikeste i den vestlige verdens stormakt: Rommerriket. Den andre toppet seg i verdens rikeste land, men rammet særlig de svakest stilte i dette landet: ufaglærte arbeidere og befolkningen i de indre byområdenes slumstrøk. Dens siste fase pågår ennå, og rammer særlig noen av de fattigste i verdens fattigste land: de som ikke har råd til en villa utenfor eksosen – og heller ikke til en av bilene som produserer den.

4. DDT: Lang vinters ferd mot Den tause våren

Vandrefalken - *falco peregrinus* - er en svært tilpasningsdyktig fugl. Den er utbredt over det meste av den nordlige halvkulen, og arten kjennetegnes ved at antallet individer sjelden endrer seg vesentlig fra år til år. Menyen er variert nok til at den unngår sultkatastrofer.

Den er dessuten et takknemlig objekt for fugletittere, fordi den har for vane å bruke samme reir år etter år: gode reirplasser går til og med i arv gjennom generasjoner.

I 1963 gjorde imidlertid den britiske ornitologen Derek Ratcliffe et forbløffende funn: han undersøkte kjente reirplasser over hele Storbritannia, og oppdaget at de aller fleste var tomme for unger. Amerikanske ornitologer ble kjent med hans funn, og to av dem undersøkte det følgende året 133 vandrefalkreir over hele det østlige USA og Canada, hvorav noen hadde vært i bruk i over 100 år. *Ikke ett eneste reir* rommet levende unger. En internasjonal konferanse i 1965 brakte sammen fagfolk fra hele Europa og Nord-Amerika, og deres vitnemål var samstemte: tvers over begge kontinent mislyktes vandrefalken enten helt med formeringa, eller tallet på unger var dramatisk redusert. Arten var kort sagt på vei mot utryddelse.¹²³

Fenomenet hadde kunnet utfolde seg ubemerket over en årrekke fordi vandrefalken er en fugl som lever lenge. År for år dør bare noen få prosent av de voksne fuglene av naturlige årsaker: derfor kunne en rekke årskull med unger bli borte, før det ble en påtakelig nedgang i populasjonen.

Når fenomenet først var kjent, gikk det derimot raskt å finne årsaken. Mange av reirene der det manglet unger, inneholdt knuste egg. De hadde ikke tålt vekta til de rugende fuglene. Ratcliffe samlet inn et stort antall vandrefalkegg fra museer - egg som var lagt fra 1900 og fram til 1960-tallet. Det viste seg at egg som var lagt etter 1947, hadde merkbart tynnere skall enn de fra tidligere år.

Vandrefalken var ikke alene. På slutten av 1960- og begynnelsen av 1970-tallet kunne en registrere en dramatisk tilbakegang i populasjonene av fiskeørn på begge sider av Atlanteren.¹²⁴ Det samme gjaldt den amerikanske hvithodeørnen, som var en hårsbredd fra total utryddelse i USA utenom Alaska.¹²⁵ To tredjedeler av alle rovfuglarter i Frankrike og Italia var merkbart redusert; i Israel var flere slike populasjoner redusert med over 90%.¹²⁶ Eggeskaltykkelsen var redusert hos minst 39 ulike fuglearter i Europa og Nord-Amerika, dvs. stort sett alle de undersøkte fugleartene som spiste fisk.¹²⁷ Her i landet er denne utviklinga dokumentert ikke bare hos ørn, men også hos arter som dvergfalk og hønsehauk.¹²⁸

Det tok heller ikke lang tid å avsløre den dypere årsaken. Studier først av sildemåker i USA og senere av en rekke andre arter i ulike verdensdeler viste at det var en klar statistisk sammenheng mellom tykkelsen på deres egg og mengdene av DDE de inneholdt. DDE er nedbrytingsproduktet etter DDT - et insektmiddel som ble tatt i bruk i stor skala i 1945-46, altså straks før eggeskalfortynningen begynte hos vandrefalken. Forsøk med spurvehauker som ble holdt i fangenskap, bekreftet at eggeskallene ble tynnere når de ble tilført DDT i kosten. Innen 1967 hadde forskere attpåtil funnet ut *hvordan* DDE forårsaker tynne eggeskall. Det skjer ved at stoffet fører til leverforandringer som øker produksjonen av enzymer som bryter ned visse hormoner. Disse hormonene styrer utskillelsen av kalk som hunnfuglene bruker til å danne eggeskall.¹²⁹

Nå kan en gjerne lure på hvorfor forskere, stilt overfor en dramatisk formeringssvikt hos en rekke fuglearter, så raskt kom på å forbinde den med et bestemt kjemisk stoff. I virkeligheten er det slett ikke merkelig: det merkelige er snarere at det tok så lang tid å oppdage problemet. I 1967 var det nemlig over 20 år siden det var blitt advart om at DDT ville skade fuglelivet. Det var nesten like lenge siden en hadde kunnet registrere *lokal* massedød av småfugler som følge av intensiv DDT-sprøyting (i motsetning til den langsomme, verdensomspennende nedgangen hos rovfugler som følge av at DDT ble spredt over alt i miljøet). Det var 17 år siden en hadde pekt på at stoffet kunne gi hormonforstyrrelser. Det var snart 10 år siden en hadde registrert hvordan kjemikalier som DDT og DDE kunne konsenteres oppover i næringskjeden, slik at rovfisk og rovfugler kom til å inneholde ekstremt store mengder av stoffet i sitt fettvev.

Etter at hele årsakskjeden til sammenbruddet i viktige rovfuglbestander ble klarlagt, skulle det fortsatt gå flere år før sprøyting med DDT ble forbudt i de fleste industriland. Det skjedde i Norge - som ett av de første - i 1970, i USA i 1972. Årsakssammenhengen ble snart bekreftet ved at rovfuglpopulasjonene få år etter forbudene i Europa og Nord-Amerika begynte å peke oppover igjen.¹³⁰

Det betydde imidlertid ikke at verden var kvitt problemet DDT. Dels fortsatte bruken lenge i stort omfang i utviklingsland. Dels brytes stoffet svært vanskelig ned i naturen - unntatt da til den nærbeslektede og altså farlige forbindelsen DDE. Derimot flyttes stoffene omkring på kloden, med en naturlig tendens til å hope seg opp i Arktis og Antarktis. Det skyldes at stoffene kan fordampe over varmere områder, men kondenseres i den kalde luften nær polene når de føres dit av luftstrømmene. Derfor er DDT i dag - 25-30 år etter at det ble forbudt i Nord-Europa og Nord-Amerika - mistenkt for å bidra til kjønnsforstyrrelser hos arter som isbjørn og polarmåke, selv om PCB - skurken i vårt neste eventyr - trolig bærer en større del av skylda.

Vi har imidlertid gått inn i tredje akt av et lengre drama, og det er på tide å spole tilbake til begynnelsen.

DDT er en forkortelse for **d**iklor**d**ifenyl**t**riklore**t**an, en kompleks klororganisk forbindelse - dvs. en forbindelse som inneholder både klor og karbon. Det er et kjennetegn ved mange slike forbindelser at de er svært stabile, altså at de vanskelig brytes ned i naturen; både PCB, som vi skal møte i neste kapittel, og KFK, som vi skal møte i kapittel 7, hører til denne store kjemiske familien.

Stoffet ble først framstilt i 1874 av den tyske kjemikeren Othmar Ziedler, men ikke satt i produksjon før under annen verdenskrig. Først mot slutten av 1930-tallet ble det sveitsiske kjemifirmaet Geigy oppmerksom på dets insektsdrepende egenskaper. Da den amerikanske forsvarsledelsen i 1942 så seg om etter middel som kunne beskytte troppene mot lus og tyfus, kom Geigys representant i USA fram med forslaget om å prøve DDT. Som sagt så gjort: DDT viste seg svært effektiv til formålet, produksjon tok til i 1943, og innen krigens utgang var den kommet opp i mer enn en million kilo per måned, i all hovedsak til bruk for de væpnede styrkene. Det ble også brukt til å stanse et utbrudd av tyfus blant sivilbefolkningen i Napoli da de allierte inntok byen i 1944. Her var metoden å strø det på klærne til folk. I Det fjerne østen prøvde en seg med sprøyting over større områder for å drepe mygg som påførte troppene malaria, noe som også viste seg vellykket.¹³¹

Ryktet om "mirakelmiddelet" spredte seg fort. Det var kjent - det hadde allerede Geigys eksperimenter på 30-tallet vist - at det var virksomt ikke bare mot lus og mygg, men også mot skadedyr som Colorado-billen. Da kunne det vel også utrette underverk for jordbruket? Amerikanske aviser spekulerte høyt om mulighetene, og det samme gjorde landbruksmyndighetene lenge før krigen var over.

Noen er mer føre var enn andre. Den 15. juli 1945 - mens Stillehavskrigen ennå pågikk, og før DDT ennå var frigitt til sivil bruk i USA (det skjedde 1. august) - skrev Rachel Carson et brev til *Reader's Digest*. Carson var blitt kjent med DDT gjennom sitt arbeid for det amerikanske direktoratet for fisk og viltstell, og kjente også til at det var gjennomført forsøk for å se hvilke virkninger DDT kunne ha på andre organismer enn skadeinsekter om det ble sprøytet over større områder. Carson visste eller antok - det framgår ikke entydig av brevet hennes - at problemene var alvorlige nok til at publikum burde få vite om dem før stoffet ble sluppet løs. Til tross for at *Reader's Digest* nettopp hadde publisert en annen artikkel av Carson, og uttrykt interesse for å motta flere, avslo de tilbudet om en artikkel om DDT.¹³²

Dette skjedde bare to år etter at DDT kom i produksjon, og likevel var ikke Carson den aller første som advarte. Alt i desember 1944 hadde American Association of Economic Entomologists - en forening av fagfolk innen kontroll av skadeinsekter i landbruket - uttalt at "DDT kommer ikke til å drepe alle viktige skadeinsekter. Det kommer til å drepe mange som er menneskets allierte i kampen mot skadegjørerne. Fordi det er giftig for svært mange insekter, kan bruk i stor skala komme til å skape problem som vi ikke kjenner i dag". Det hører til historiens ironier at den samme foreningen og mange av dens medlemmer seinere kom til å høre med blant de fremste forkjemperne for storstilt bruk av DDT.¹³³

Den store britiske entomologen Vincent Wigglesworth var også urolig, og fikk - til forskjell fra Rachel Carson - i 1945 publisert en artikkel i *Atlantic Monthly* der han advarte om at omfattende bruk av DDT kunne forstyrre balansen i naturen.¹³⁴

Entomologenes skepsis fikk imidlertid ingen betydning. DDT ble altså frigitt til bruk i jordbruket i USA 1. august 1945; allerede det året kom produksjonen opp i over 50 millioner kilo.¹³⁵ I løpet av tre-fire år var stoffet i omfattende bruk over store deler av verden. I Europa, liksom i Nord-Amerika, var det først og fremst jord- og skogbruket som kastet seg over det nye miraklet.

I Asia, Afrika og Latin-Amerika kom det i også gang storstilte forsøk på å utrydde malariamygg ved å sprøyte DDT over utklekkingsområdene. Her dreidde det seg om å redde liv, hvilket en til å begynne med også lyktes i. Denne bruken står derfor i et annet etisk lys enn der det gjaldt å øke bomullsavlingene eller drepe barkebiller. I det lange løpet måtte forsøkene på å utrydde malariamygg likevel oppgis, ettersom en rekke arter utviklet motstandskraft. Debatten om DDT og malariabekjempelse pågår fortsatt, og vi vender tilbake til denne nedenfor.

Ikke før var DDT i allmenn bruk, før det begynte å strømme på med nye og mer presise vitenskapelige advarsler om virkningene. I 1946 publiserte de to forskerne Elmer Higgins og Clarence Cottam en artikkel der de pekte på at DDT hadde evne til å lagre seg i fettvevet hos høyere dyr som fugler.¹³⁶ Samtidige feltforsøk i USA og Canada viste at spredning av moderate til høye doser DDT på vann og mark førte til omfattende dødelighet blant fisk og fugler. (I ett av disse forsøkene, i Pennsylvania, var det snakk om et halvt kilo DDT pr mål.) Andre forsøk viste at DDT kunne lagres i fettvevet hos mennesker og gis videre via morsmelken. Det følgende året (1947) kom en komite innen American Society of Economic

Entomologists med en ny advarsel, der de krevde at både DDT og andre, beslektede sprøyemiddel som da var under utvikling, bare måtte brukes med forsiktighet inntil virkningene på jord og andre arter enn skadeinsekter var klarlagt.¹³⁷

Dette var før den moderne miljøbevegelsens tid. Men lignende, forsiktige advarsler kom fra den amerikanske naturvernorganisasjonen Audubon Society - som særlig var og er opptatt av å beskytte fuglelivet - i 1946 og 1949.¹³⁸ En annen naturvernorganisasjon, the Izaak Walton League, krevde i 1952 begrensninger på bruken av DDT.¹³⁹

Forsiktighet overfor et nytt kjemisk vidundermiddel sto imidlertid ikke i hodet på landbruket, industrien eller - i tilstrekkelig grad - myndighetene. Mellom 1945 og 1955 ble verdensproduksjonen av DDT femdoblet.¹⁴⁰ Det skjedde parallelt med at en rekke andre klororganiske sprøytemiddel ble innført og erobret deler av markedet. I USA ble stoffet brukt mot nesten alt - innen- og utendørs, intensivt og ekstensivt. Det ble satt i gang en kampanje for å utrydde husfluer ved hjelp av DDT. Det ble forsøkt mot almesyken i en rekke stater - i doser på opp til et helt kilo *per tre*. Det siste ga opphav til de første - spredte og lokale - protestene fra "folkedypet", i det småfugler døde der og da i hopetall, og kunne sees liggende på bakken i dødkramper.¹⁴¹ Det ble også sprøytet over store områder fra fly, i håp om å utrydde ulike skadeinsekter. Én slik sprøytekampanje i 1957 gikk over Long Island, og dermed over noen av de velstående forstedene til New York. Blant dem som dermed fikk hagene sine ufrivillig dusjet med DDT, var folk som ikke var vant til å la seg pille på nesen, og som anla rettsak for å få stoppet det hele i 1958. Heller ikke det førte fram.¹⁴²

I mellomtida kom forskerne med nye oppdagelser. Allerede i 1948 - tre år etter at DDT kom i alminnelig bruk - ble det påvist at husfluer hadde utviklet motstandskraft mot stoffet.¹⁴³ I 1950 ble det påvist at det hadde østrogenhermende effekter - hanekyllinger som fikk DDT i kosten, utviklet ikke normale kjønnsorgan.¹⁴⁴ Dette var 40 år før lignende effekter - av DDT og andre klororganiske forbindelser - ble oppdaget som en stor "overraskelse" hos ville arter fra flamingo og alligator til isbjørn. Samme år ble det påvist at DDT - helt i tråd med tidlige advarsler fra entomologene - stedvis gjorde mer skade enn gagn i jordbruket, ved å utrydde insekter som åt skadedyr mer effektivt enn det drepte skadedyra selv.¹⁴⁵ Tidlig på 1950-tallet ble en også klar over at DDT *var* til stede i fettvevet hos amerikanere som ellers ikke hadde vært i nærkontakt med stoffet.

Mulige helseeffekter på mennesker var da også hovedtemaet da Representantenes Hus i USA i 1951 holdt en høring om DDT. Der fant en ingen grunn til å forby eller legge begrensninger på bruken. Derimot ble høringen utgangspunkt for et lovforslag, vedtatt tre år seinere, som satte som vilkår for å tillate bruk av sprøyemiddel i USA at produsentene skulle føre bevis for at de ikke utgjorde noen trusel mot menneskers helse.¹⁴⁶ Dersom bokstaven i denne loven faktisk skulle ha vært anvendt overfor DDT, ville konsekvensen ha blitt at en måtte ha forbudt det. Det er ytterst vanskelig å føre bevis for at et nytt stoff *ikke kan* ha helseskadelige virkninger, og det var langt fra "bevist" mht. DDT. Forskerne som trådte fram under høringen i Representantenes Hus, hadde tvert imot høyst ulike meninger om dette. Et føre var-prinsipp med hensyn til folkehelse alene ville på dette tidspunktet ha ført til handling.

Nå tyder senere erfaring på at DDT, i "realistiske" doser, neppe er særlig farlig for mennesker (skjønt det fortsatt er tvil om det kan forstyrre vår forplantningsevne). Sammenlignet med mange andre sprøytemiddel, og sett i forhold til hva det kan gjøre med andre organismer, er den direkte giftigheten *for mennesker* påfallende lav. Men for dem som var opptatt av andre arter og av naturlige økosystem, forelå det altså tidlig på 1950-tallet et vell av observasjoner og forskingsresultat som hadde fått DDT til å stryke med glans til enhver "føre var"-prøve. En visste at sprøyting kunne føre til massedød av nytteinsekter, fugl og fisk (og dessuten

amfibier). En visste at det hadde hormonhermende effekt. En visste at det vanskelig lot seg bryte ned og at det hopet seg opp i fettvevet til dyr som fikk det inn. Og en visste at insekter kunne utvikle motstandskraft mot stoffet, hvilket betydde at drømmene om å utrydde noen av dem ved hjelp av DDT, måtte forbli nettopp det.

I 1958 kom en ny erkjennelse. Det ble gjort undersøkelser ved Clear Lake - en innsjø i California - for å finne ut hvorfor populasjonen på ca. 1000 par lappdykkere så å si var utdødd. Etter å ha prøvd utallige andre forklaringer fant noen på å analysere fettvevet til et par døde fugler, og fant at de inneholdt en nesten utrolig konsentrasjon på 1600 milliondeler DDD - et spøytemiddel som er svært nært beslektet med DDT. Clear Lake var tre ganger blitt behandlet med DDD for å utrydde knott, men konsentrasjonen i vannet var bare på 0,014 milliondeler. Hvordan kunne det true lappdykkerne? Løsningen kom for en dag når en undersøkte flere arter i sjøen. I plankton var konsentrasjonen av DDD 265 ganger høyere enn i sjøvannet; i planktonetende fisk dobbelt så høy igjen; og i rovfugl og -fisk 85 000 ganger høyere enn i sjøvannet.¹⁴⁷

DDD ble konsentrert oppover i næringskjeden - og det som kunne skje med DDD, måtte antas å skje med slektingen DDT. Arter i toppen av næringskjeden måtte antas å være særlig utsatt - og likevel skulle det altså gå 5-6 år før en så nærmere etter, og oppdaget at det faktisk ikke bare var tilfellet med et stort antall rovfugler, men at flere av dem var på randen av utryddelse over store områder.

Før så skjedde, hadde Rachel Carson rukket å utgi *Den tause våren*. Den gikk i utdrag som føljetong i *New Yorker* sommeren 1962, og ble publisert i september samme år. Da boka kom - 17 år etter Carsons første forsøk på å advare mot DDT - *burde* den for lengst ha vært overflødig. Den inneholdt ingen originale forskningsresultat. Den gjenfortalte bare det andre forskere hadde oppdaget - og vanlige mennesker sett med egne øyne, når det gjaldt virkningene av DDT (og av andre, til dels enda giftigere klororganiske sprøytemiddel som endrin, dieldrin, heptaklor og klordan, som seinere var spyttet ut på markedet). Når det gjaldt DDT, hadde det vesentligste av denne kunnskapen vært tilgjengelig - for den som ville sette seg inn i saken - i minst ti år.

Men Carson var ikke bare en dyktig biolog. Hun var også en dyktig skribent, med evne til malende og manende formuleringer og et navn som var kjent fra tidligere bestselgere. *Den tause våren* var mer enn grundig dokumentert - den inneholdt 55 sider med noter og kildehenvisninger - men den var også skrevet med engasjement og med alle forfatterens evner, som ikke minst vises i det berømte skjønnlitterære åpningskapitlet.

Det gjorde stor forskjell. I løpet av et år var boka solgt i mange hundre tusen eksemplarer, oversatt til 12 språk og debattert i nasjonalforsamlinger på begge sider av Atlanteren. Bråket var løs for alvor - men slaget langt fra vunnet.

Industri- og landbruksinteresser i USA gikk til massivt, til dels hetspreget motangrep mot Carson. Til tross for at hun uttrykkelig *ikke* gikk inn for forbud mot alle kjemiske sprøytemiddel - bare mot de klororganiske stoffene med lang levetid - ble Carson utskjelt som "naturfanatiker" av én framtrædende representant for den kjemiske industrien.¹⁴⁸ En annen sluttet seg ikke bare til "fanatiker"-betegnelsen, men la til at "om vi fulgte frøken Carsons lære, ville menneskeheten vende tilbake til den mørke middelalder, og sykdom, insekter og skadedyr arve jorda".¹⁴⁹ En tredje hevdet at boka var bare juks ("a hoax").¹⁵⁰

Mediene var heller ikke udelt begeistret: selveste *Time* kalte *Den tause våren* for et "føleslsesladd og upresist utbrudd".¹⁵¹ Betegnelsen passet nok vel så bra på noen av

motsandernes uttalelser! Premien for usaklighet går kanskje til et medlem av den føderale nemnda for skadedyrkontroll. "Jeg trodde hun (Carson) var peppermø", undret han seg på et møte: "hvorfor skal hun bekymre seg over genetiske effekter?"¹⁵²

Oppstyret om *Den tause våren* førte i USA bl.a. til at president Kennedy nedsatte et vitenskapelig utvalg for å granske pesticidesituasjonen. Denne ga i 1963 Carson langt på veg rett når det gjaldt miljøfarene (skjønt den var mindre urolig for mulige helseskader), og anbefalte en større grad av føre-var-tenkning i omgangen med kjemiske sprøytemiddel. Heller ikke deres anbefalinger fikk imidlertid straks juridiske konsekvenser for DDT. Det måtte vente til etter at stoffets skyld blant annet i rovfuglenes dramatiske tilbakegang var entydig bevist i 1965-66. De første *restriksjonene* på bruken av DDT ble i USA vedtatt i 1967 (skjønt føderale myndigheter, stilt overfor folkelige protester, allerede flere år før hadde trappet ned og til slutt avvirket sine egne, storstilte sprøyekampanjer).¹⁵³

Det første landet som innførte et generelt forbud mot DDT, var Sverige i 1969;¹⁵⁴ Norge fulgte året etter (i begge land gjaldt inntil videre visse unntak for skogbruket). De fleste vestlige industriland, deriblant USA (1972), fulgte i løpet av første halvdel av 1970-åra. Det tok rundt regnet 25 år fra de alvorlige vitenskapelige advarslene lød, til DDT var borte fra hyllene i den rike delen av verden. Det tok enda flere år før forbud ble innført mot en rekke andre, like eller enda giftigere klororganiske sprøytemiddel som aldrin, endrin, dieldrin, klordan og heptaklor.

I mange utviklingsland skulle bruken av DDT ennå fortsette i lang tid - både i jordbruket og til å bekjempe malariamygg. Det første er likevel omsider forbudt i nesten alle land, selv om ulovlig bruk har forekommet i betydelig omfang helt til slutten av 1990-tallet. Det andre er fortsatt gjenstand for to slags debatt - en seriøs debatt, som har foregått innenfor rammen av de pågående forhandlingene i FN-regi om forbud mot organiske miljøgifter med lang levetid (POPs), og en mindre seriøs som holdes i live av den amerikanske antimiljøbevegelsen. På ett av dens best kjente nettsteder, junkscience.com, finnes en side¹⁵⁵ der du møter en teller som viser hvor mange mennesker som har dødd av malaria siden 1.1.1999. Tallet da dette ble skrevet, var 5 311 563, og overskrifta "Rachel Carson's Legacy of Death" levner ingen tvil: miljøbevegelsen har skylda.

Om beskyldningen var riktig, hadde den i det minste stilt oss overfor et fryktelig dilemma: Hvor mange levende liv er det lov å ofre, for ikke å sette vilkårene for framtidig liv på spill? De fleste hadde nok ofret atskillige fuglearter for å unngå det nevnte tallet: ja til og med tålt en viss trusel mot framtidige menneskegenerasjoners forplantningsevne. Beskyldningen er imidlertid falsk. Forsøkene på å *utrydde* malariamygg, og dermed selve sykdommen, ved hjelp av DDT ble oppgitt på 1960-tallet. Det skjedde altså *før* DDT ble forbudt i vestlige, malariafrie industriland, og ikke på grunn av Rachel Carson, men dels av økonomiske grunner og dels fordi stadig flere myggarter utviklet motstandskraft. Utryddelseskampanjene kunne *kanskje* ha virket - i alle fall i deler av verden - om DDT utelukkende var blitt brukt til dette formålet, og ikke i langt større omfang i jordbruket, noe som påskyndet utviklinga av motstandskraft.¹⁵⁶

DDT er likevel fortsatt virksomt overfor mange myggarter når det sprøytes innendørs. Det kan til og med gjelde mygg av arter med en viss motstandskraft, som skyr det, selv om de ikke dør. Slik bruk av DDT kan redusere smittefaren sterkt i områder der malaria truer. Det er denne bruken av DDT som ennå er tillatt i mange land, og det er den seriøse debatten har stått om. Mengdene som trengs til hussprøyting, er svært små jamført med de som har vært brukt i jordbruket - og de utgjør en svært liten miljøtrusel jamført med utendørs sprøyting. Ved det siste forhandlingsmøtet om POPs-konvensjonen i 2000, ble det klart at slik bruk av DDT fortsatt kommer til å bli tillatt når konvensjonen endelig vedtas.^{157 158} Det er dessverre

riktig at deler av miljøbevegelsen har stått på feil side i denne debatten - dvs. at de har stått for en *dogmatisk* motstand mot DDT. Som vanlig i de tilfellene der miljøbevegelsen har overspilt, fikk det altså i siste instans ingen konsekvenser - det er *ikke* der makta sitter. Hadde derimot noen hørt på advarslene mot DDT på 1940- og 50-tallet - slik at stoffet var blitt reservert for direkte livreddende innsats, og ikke brukt uhemmet i jordbruket - er det tenkbart at resistensproblemene hadde vært betydelig mindre. Og at noen av de 5 311 563 kunne ha vært i live.

5. PCB: Helsefaren som ble feid under teppet - og kom fram som miljøgift

Hva har havert, otere, polarmåker, isbjørn og belugahvaler til felles?

At alle disse artene - blant en lang rekke andre - er ofre for polyklorete bifenyler - forkortet PCBer.

I begynnelsen av dette hundreåret fantes det omkring 100 000 havert i Østersjøen. På slutten av 1970-tallet var det bare 2500 igjen; etter ett anslag var det bare 1 500 i 1986.¹⁵⁹ I dag er populasjonen igjen oppe i ca. 10 000.¹⁶⁰ Populasjonsutviklingen har vært liknende for ringsel og steinkobbe.¹⁶¹ Årsakene til den kraftige nedgangen var flere - med jakt som den viktigste. Men det regnes i dag som sikkert at miljøgifter, og da særlig PCBer, bidro til nedgangen i den siste fasen og til at det tok forholdsvis lang tid før selpopulasjonen igjen økte etter at jakten tok slutt (i Sverige ble seljakt forbudt i 1974). Selene, som befinner seg på toppen av den marine næringskjeden, hadde omkring 1980 store mengder PCBer i fettvevet. Dette både svekket deres immunforsvar - noe som også kan ha bidratt til den massedøden av steinkobbe i Nord- og Østersjøen i 1988 - og hindret dem i å formere seg: PCB skader nemlig hunnens livmor. Noen år etter at PCB ble forbudt i Sverige, begynte PCB-innholdet i selene langsomt å avta, og de begynte igjen å lykkes med formeringa.¹⁶²

Like heldige er ikke selene i Arktis - og især ikke isbjørnen, som spiser sel og dermed troner aller øverst på nærings- og giftpyramiden. I likhet med DDT, har PCBer den egenskapen at stoffene tenderer til å vandre mot arktiske strøk, ved at de fordamper i varmere områder, føres av gårde med luftmassene og kondenserer når det blir kaldt nok. Mengdene av PCBer i havet er likevel ørsmå (mindre enn milliarddels gram per liter), men fettvevet til isbjørn på Svalbard inneholder 20-30 mg PCB per kg, hos fjellrev enda noe mer, og hos polarmåke helt opp i 700 mg/kg. Også livet i ferskvann er påvirket: svalbardrøya har ikke så dramatiske, men likevel sterkt forhøyede konsentrasjoner av PCB i vevet.¹⁶³ Det er påvist at dette svekker immunforsvaret og forstyrrer hormonbalansen hos isbjørn - det siste fryktes å være grunnen til at en har funnet flere binner med mannlige kjønnsorgan. Det er klare indikasjoner på at både isbjørnens og polarmåkenes overlevelsessevne er redusert.¹⁶⁴

Mink er enda mer følsom for PCBer;¹⁶⁵ amerikanske minkoppdrettere som matet dyra sine med PCB-forurenset fisk fra de Store Sjøene, opplevde at formeringa sviktet fullstendig.¹⁶⁶ Oteren er i tilbakegang over hele Europa, og organiske miljøgifter - deriblant PCB - antas av flere forskere å være en hovedårsak til dette.^{167, 168} Nok en utsatt art er den nordamerikanske beluga-hvalen. Hvaler av denne arten som er skylt døde i land i det østlige Canada, inneholder så mye PCB at de betraktes som spesialavfall, og populasjonen er drastisk redusert.¹⁶⁹

Ikke bare dyr påvirkes av PCBer. Stoffene regnes som sannsynlig kreftframkallende (særlig mtp leverkreft og ondartet føflekkreft) hos mennesker.¹⁷⁰ Selv om kreftrisikoen er forholdsvis beskjeden og helst gjelder mennesker som har vært lenge utsatt for PCBer gjennom yrket, kan annen eksponering eller inntak av mat (for eksempel fisk) som er forurenset med PCBer gi en rekke andre sykdommer - bl.a. fettlever, hudsykdommen klorakne, nervesykdommer og atferdsforstyrrelser, samt redusert fødselvekt hos barn.^{171 172 173} Selv om PCBer i seg selv ikke er sterkt kreftfarlige for mennesker, dannes det dioksiner som "biprodukter" under produksjonen og som nedbrytningsprodukter seinere i stoffenes liv. Disse er blant de mest kreftfarlige stoffene som er kjent.¹⁷⁴

PCBer er blant en stor gruppe miljøgifter som mistenkes for også å påvirke hormonbalansen hos mennesker, noe som også er satt i forbindelse med bl.a. en sterk og utbredt økning i forekomsten av testikkelkreft og synkende sædkvalitet hos menn. Hvorvidt sædkvaliteten hos menn i den industrialiserte verden faktisk er klart synkende, har vært et omstridt tema siden den danske medisineren professor Niels Skakkebæk i 1992-93 la fram data som indikerte dette. Dels har det vært påpekt at trendene spriker mellom ulike land og ulike studier, dels har det blitt satt spørsmålsteget ved om eldre og nyere data er sammenlignbare, eller om noe av den tilsynelatende reduserte sædkvaliteten kan skyldes hyppigere seksuell aktivitet (dvs. at det i gjennomsnitt har gått kortere tid fra siste utløsning hos personer som er testet på 1980-90-tallet, enn noen tiår tidligere). Nyere studier, både av Skakkebæk selv o.fl. i Danmark¹⁷⁵ og internasjonalt¹⁷⁶ understøtter at den negative trenden er virkelig, men debatten er neppe dermed avsluttet.

PCBer er kort sagt med sikkerhet skyldige i en rekke helseskader hos mennesker og enda flere hos andre arter, og mistenkt medskyldige i enda mer skjebnesvangre ødeleggelser. De finnes i hver avkrok av miljøet - fra sedimentene i norske havner til morsmelka hos afrikanske kvinner, fra isen i Antarktis til oterens hjerne og lever.

De har - i likhet med DDT - den fra industrielt synspunkt "utmerkede" egenskapen at de svært vanskelig brytes ned. Og som motstykke - at de svært langsomt forsvinner fra naturen, men spres, omfordeles og konsentreres på nye steder: tilfeldigvis aller helst i fettvevet hos dyr.

PCBer - en gruppebetegnelse på hele 209 beslektede kjemiske forbindelser, hvorav 120-130 har vært produsert kommersielt - har også noe historisk til felles med DDT, og med tetraetylbly. PCBer ble liksom DDT og tetraetylbly først framstilt i Tyskland, og til omtrent samme tid som DDT - nemlig i 1881. Liksom med begge de andre var det ingen som fant noen anvendelse for PCBer på flere tiår - før noen i USA fikk en lys idé.

"Noen" var i dette tilfellet Swann Chemical Co., som i 1935 skulle bli en del av storkonsernet Monsanto. De fant ut at PCBer har en kombinasjon av egenskaper som gjorde dem godt egnet som isolasjon i elektriske anlegg, bl.a. i transformatorer og kondensatorer. Ikke bare er PCBer kjemisk stabile: de har også vanskelig for å brenne, og de er gode til å lede varme (vekk fra systemene) samtidig som de *ikke* leder elektrisitet. Etter hvert kom en lang rekke andre bruksområder til - som hydrauliske væsker, tilsetninger i maling, lim, trykksverte og asfalt, i bremsebånd mmm.

Swann gikk i gang med å produsere sitt første PCB-produkt i 1929 i Anniston i Alabama. I løpet av et år etter at fabrikken åpnet, hadde et flertall av arbeiderne utviklet klorakne og en rekke andre symptomer som slapphet og manglende matlyst. I 1936 ble klorakne-epidemien beskrevet i et medisinsk tidsskrift av to leger, som imidlertid ikke tok arbeidernes øvrige symptomer på alvor: om en svart arbeider som klaget over slapphet skrev de at "dette underbygges ikke av annet enn negrenes sedvanlige holdning til arbeid".¹⁷⁷

Samme år skrev imidlertid en representant for USAs helsemyndigheter om et tilfelle der en i familien til en PCB-arbeider hadde utviklet klorakne bare ved å ta på klærne hans, og la til at "symptom på systemisk forgiftning har forekommet blant arbeidere som puster inn disse gassene".¹⁷⁸

Dette året døde da også tre av arbeiderne ved Halowax Corporation i New York, som produserte en annen gruppe kjemikalier - klorerte naftalener - men kjøpte inn store mengder

av Monsanto's PCBer til å blande med disse. Obduksjon viste at to av de tre hadde alvorlige leverskader. Halowax sendte bud på Cecil Drinker, en forsker ved Harvard-universitetet, og ba ham finne ut om det kunne være noen sammenheng. Drinker gjennomførte et rotteforsøk, der rottene fikk puste inn dels PCBer, dels klorerte naftalener, i konsentrasjoner som forekom i datidens fabrikker. I 1937 kunne han melde tilbake at begge stoffene påførte rottene leverskade, og at PCB'ene "utvilsomt kunne gjøre skade i svært små konsentrasjoner. Disse er trolig de farligste av stoffene vi studerte".¹⁷⁹

Hans funn ble diskutert på et møte der representanter både for Monsanto, Halowax, General Electric - en storforbruker av PCB'r, som også hadde mange tilfeller av klorakne blant arbeiderne - og føderale helsemyndigheter. Drinker refererte deler av møtet i en artikkel i *Journal of Industrial Hygiene and Toxicology*. Det framgår at representanten for General Electric, F. R. Kaimer, som menneske var rystet over virkningene av PCB'er i arbeidsmiljøet: "For halvannet år siden var 50-60 mann syke av klorakne hos oss. Åtte var svært alvorlig syke - huden var i en forferdelig tilstand. En døde og det er mulig at det skyldtes stoffene fra Halowax, men vi er ikke sikre.." General Electric's første reaksjon hadde ifølge Kaimer vært at de burde slutte å bruke stoffene, men ettersom de ikke fant noen erstatninger, valgte de å fortsette med dem. En undersøkelse av olje/PCB-blandinger som ble brukt av General Electric og av en annen gigant innen den elektriske industrien, Westinghouse, indikerte i 1938 at hudkontakt med disse var nok til å forårsake leverskader.¹⁸⁰

Internt erkjente også Westinghouse at det var fare på ferde: I 1947 skrev en medarbeider i bedriftshelsetjenesten, E. C. Barnes, et notat der det het at "langvarig eksponering for PCB-damp kan føre til indre skader som kan føre til uførhet eller kanskje til døden". I 1956 hadde General Electric arkivert 43 artikler som omtalte helseskader og mulige dødsfall som følge av eksponering for PCBer, hvilket ikke hindret samme konsern i å skrive i sine bruksanvisninger at "Stoffet kan håndteres på samme måte som alminnelig mineralolje".¹⁸¹

På samme tid - altså i 1956 - var Monsanto, som hadde monopol på den amerikanske produksjonen og har stått for ca. 50 prosent av verdensproduksjonen av PCBer, oppmerksom på at produktene kunne være forurenset med dioksiner allerede når de forlot fabrikken. De fant ingen grunn til å bringe denne kunnskapen videre.

Til tross for at PCBer - til forskjell fra DDT - helt fra starten hadde ført til helseskader hos mennesker, vakte de imidlertid ingen debatt i den videre offentligheten. Ingen offentlige myndigheter vurderte å begrense bruken eller å kreve mer omfattende undersøkelser av giftigheten for mennesker eller dyr. Og ingen spurte seg om hvor det ble av disse stoffene - berømte for ikke å la seg bryte ned - når de etter hvert lekket ut eller når produktene de inngikk i, ble kassert.

Det kom først for dagen i 1966 - ikke som følge av at spørsmålet ble stilt, men som følge av jakten på - nettopp - DDT. Den dansk-svenske forskeren Søren Jensen var i 1964 i gang med å analysere fisk og fugl for å finne rester av DDT ved hjelp av spektroskopi. Analysene viste stadig et element av "støy" - "topper" i analyseresultatene som ikke svarte til noe kjent stoff. Jensen gikk dypere og fant i 1966 ut hvilken kjemisk struktur de stoffene som skapte nettopp disse toppene måtte ha: de måtte være polyklorerte bifenyler. Men så lite omtalt hadde disse vært i den brede offentligheten, at Jensen ikke hadde vært klar over at de var i kommersiell bruk eller til hva. Han ringte rundt og fikk svaret. Han gjorde også en ny analyse av 200 gjedder fra sjøer over hele Sverige, flere fisk av andre arter og en ørn. Samtlige inneholdt

PCBer. *Hele miljøet var åpenbart infisert med disse stoffene*, som Jensen også fant i hårprøver fra sin egen familie.¹⁸²

Da Jensen publiserte funnene sine i *New Scientist* samme år, ble det straks en offentlig sak. Grunnen var beredt av oppstyret om DDT. Men heller ikke i dette tilfellet var det det samme som politisk handling. Det fulgte derimot et skred av undersøkelser som påviste høye verdier av PCBer i fisk og andre dyr på begge sider av Atlanteren, til dels ledsaget av advarsler mot å spise dem. I 1968 fikk PCBene ekstra oppmerksomhet da 1600 japanere ble alvorlig syke etter å ha spist risolje forurenset med PCB. (Senere er det observert en overdødelighet bl.a. av leverkreft i denne gruppa).^{183 184}

Monsanto forsto fort betydningen av Jensens funn, nemlig at miljøet var gjennominfisert av PCBer, og at flere undersøkelser ville vise at dette var tilfellet i alle verdensdeler. Altså måtte noe gjøres. Føre-var-opsjonen - å slutte å produsere dem - ble imidlertid forkastet. I stedet ville en bare delvis innrømme problemet, fortsette å produsere dem og anbefale mer varsom bruk. Utad het det at det ikke var bevist at de PCBene som var funnet i naturen, stammet fra industriens produksjon, og at det trengtes mer forskning.¹⁸⁵

Det drøyde til 1972 før det første landet - nettopp Sverige - innførte strenge restriksjoner på bruken av PCBer. Det lå til rette for at Sverige skulle gå foran, ikke bare fordi det var der omfanget av PCB-problemet ble avslørt, men også fordi PCB-holdige transformatorer aldri var blitt produsert i Sverige. Det sier også noe om hvor unødvendig masseproduksjonen av PCB'er var, at alternativ teknologi på det opprinnelige og viktigste bruksområdet hadde vært tilgjengelig hele tida. På andre viktige bruksområder - inkludert elektriske kondensatorer - tok det bare få år å finne fram til fullgode alternativ - selv om det ble gjort enkelte feilgrep (se nedenfor).¹⁸⁶ Erstatningene (i transformatorer hovedsakelig mineralolje) har t.o.m. ofte vist seg billigere enn de forholdsvis dyre PCBene.

De svenske reglene fra 1972 innebar at ny bruk av PCBer ble forbudt unntatt i såkalt sluttede system. I praksis var dette utilstrekkelig, da en måtte regne med at PCBer også i slike system, for eksempel elektriske transformatoranlegg, før eller seinere kom ut i miljøet så lenge det ikke fantes noe apparat for systematisk å ta hand om alt når systemene ble utrangert. Det gjorde det ikke, og dessuten ble PCBer fortsatt importert, "innbakt" i alle mulige varer fra biler til maling.¹⁸⁷

De avgjørende slagene måtte stå i de landa som selv produserte PCBer i stor målestokk. I USA lyktes Monsanto's forhalingstaktikk i ti år, inntil det i 1976 ble vedtatt forbud mot bruk av PCBer, med virkning fra 1978 når det gjaldt åpne system og generelt fra 1979 (dispensasjoner kunne fortsatt gis). Monsanto la derfor ned PCB-produksjonen i 1977. Da hadde Sverige allerede innført generelt forbud mot ny bruk av PCBer (1976); i Norge skjedde dette først i 1980. EU nedla først i 1985 generelt forbud mot bruk av PCBer "som råmateriale eller kjemisk mellomprodukt".¹⁸⁸ Dette ble fulgt opp av generelt omsetningsforbud bl.a. i Storbritannia og Danmark i 1986, og i Tyskland i 1989, skjønt alle disse landene hadde innført restriksjoner på slutten av 1970-tallet.^{189 190}

Grovt sett tok det 15 år - pluss eller minus noen få - fra det ble oppdaget at PCBer, som kjente giftstoffer, hadde forurenset hele naturen, og til *ny bruk* ble forbudt i Europa og Nord-Amerika. En satt da igjen - ikke med ett, men med tre store problem - på toppen av PCBene som allerede var "løs" i miljøet.

Den første var alle de PCBene som stadig fantes i utstyr som var - og til dels ennå er - i bruk. Krav om å ta eksisterende PCB-holdig utstyr ut av bruk, og sørge for at PCB-innholdet ble samlet opp og destruert, fulgte til dels lenge etter. I Norge er denne prosessen ennå ikke helt overstått, selv om transformatorer og større kondensatorer måtte være PCB-frie innen 1995.¹⁹¹
¹⁹² Både her og i andre vestlige land må en regne med at betydelige mengder PCB har sluppet ut i miljøet også etter 1980.

Det andre problemet er at PCBer har blitt produsert i stort omfang helt til det siste i Russland. Dette ble innrømmet fra russisk side i 1998, under de ennå ikke avsluttede forhandlingene om en global avtale om forbud mot særlig farlige miljøgifter. Som ledd i forhandlingene fikk Russland frist til 2005 med å avvikle produksjonen, og helt til 2020 med å avvikle bruken.^{193 194}

Det tredje problemet gjelder visse erstatningsstoffer. På en del bruksområder og i noen land ble PCB erstattet av *andre* giftige og tungt nedbrytbare, halogenerte organiske forbindelser, som klorerte bensyltoluener og polybromerte difenylestere (PBDE), som kort etter kunne måles i stigende konsentrasjoner i miljøet - og i morsmelk.^{195 196} Disse og andre tilsvarende farlige erstatninger var unødvendige: de ble ikke tatt i bruk i alle land, og etter vedtak i Pariskommisjonen i 1992, ble bruken krevd avvirket i land som grenser til Nord- og Østersjøen innen 1999.^{197 198}

Det brente barnet som skyr ilden, er i det minste *etter* snar. Det gjelder nok ikke alle brente voksne.

6. Sur nedbør: Dråpene vinden ikke kunne frakte

9. september 1989 dro tåka inn fra Nordsjøen over kyststrøkene i Norfolk og Lincolnshire i England. Over natta visnet løvet på trærne. Redskap av aluminium som hadde vært blanke dagen før, viste tydelige tegn på korrosjon. Dråpene i denne tåka besto ikke av noe som med rimelighet kunne kalles vann, men av salpeter- og svovelsyre¹ med en pH-verdi på 2, som tilsvarer ufortynnet sitronsaft. Den kom drivende østfra - fra vesttyske Autobahn, østtyske kraftverk og polske stålverk.¹⁹⁹

Syretåka kunne ligne et lite takk for sist til Margaret Thatcher, som bare få måneder før, liksom Paulus på veien til Damaskus, hadde gjennomgått en mirakuløs omvendelse til miljøverner. Inntil midten av 1980-tallet hadde hennes regjering vekselvis benektet, bagatellisert eller sådd tvil om skadevirkningene av sur nedbør. Ved én famøs anledning fikk det daværende miljøvernminister Thorbjørn Berntsen til å karakterisere sin britiske kollega som "drittsekk".

Nåja - det var ikke gått så altfor mange år siden det ble sådd tvil også i Norge om at sur nedbør var et problem.

Hendelsen i september 1989 var sjelden, om enn ikke enestående (enda surere tåke har blitt registrert ved lokale forurensningsepisoder). Men de mer snikende virkningene av sur nedbør var på dette tidspunktet tydelige over store områder.

De fremherskende vindene i det nordlige Europa blåser ikke fra øst, men fra retninger mellom sør og vest. Områdene som på grunn av sin geologi er mest sårbare for langsiktig forurensning finnes ikke i Sør-England, men i Norden. På dette tidspunktet (omkring 1990) var om lag en femtedel av alle fiskebestander i sjøer i Sør-Norge ødelagt av forurensning, og ytterligere en femtedel skadd.²⁰⁰ I Sør-Sverige var situasjonen temmelig lik. I Sverige som helhet var 14 000 sjøer, eller en femtedel av alle, tydelig forsuret, og ytterligere 3 000 ville ha vært det om det ikke allerede var satt inn mottiltak i form av kalking.²⁰¹

Vann - og fisk - er ikke det eneste som påvirkes av sur nedbør. Den kanskje mest åpenbare effekten er korrosjon og forvitring - av alt fra biler til marmorskulpturer - som nok koster flere titalls millarder kroner årlig globalt (i Norge alene ble prislappen anslått til 2-300 mill. kr. i 1995).²⁰²

Sur nedbør påvirker også jordsmonn og vegetasjon. I hvilken grad og over hvor store områder dette har ført til skader på skogen, er stadig et omstridt spørsmål. Siden 1988 har det pågått et svært omfattende felleseuropeisk forskningsprogram om emnet, med årlige registreringer av skogens tilstand på (per 1999) 5700 felt med over 127 000 trær. Resultatene viser at om lag en fjerdedel av trærne viser moderat eller sterk svekkelse, og at helsetilstanden siden 1988 er svekket på 31 % av feltene, og forbedret bare på 15 %. Den nyeste forskningen indikerer at årsakene er dels naturlige og klimatiske, dels menneskeskapte - i form fremst av forurensning som fører til dannelse av bakkenær ozon, men også av sur nedbør. Ca. 15 % av feltene mottar per i dag sur nedbør og tørravsetninger av forsurende forbindelser i et omfang som anses som skadelig for økosystemene, og på 10-15 % har forurensningen endret jordkjemien i en grad som regnes som skadelig for trærne.²⁰³

¹ Strengt talt er det som her og i det følgende kalles svovelsyre hovedsakelig svovelsyring (H_2SO_3 i motsetning til H_2SO_4).

"Skogsdøden" er med andre ord ikke dramatisk om en ser Europa under ett, og forsuringen er trolig ikke den viktigste årsaken til det som skjer, selv om den bidrar. Som nevnt i innledningen er dette et av de få tilfellene der vi nok så sikkert kan slå fast at de fleste i miljøbevegelsen på ett tidspunkt (ca. 1982-85) overdrev faren. På den andre siden spenner målingene av skogens og skogsjordas helsetilstand over en periode der svovelutslippene i Europa har vært synkende, og nitrogenutslippene noenlunde stabile. Hadde begge delene fortsatt å øke fra begynnelsen av 1980-tallet til i dag, kunne situasjonen ha vært merkbart verre - fortsatt uten å være så katastrofal som mange den gangen fryktet.

Frykten for skogsdød på begynnelsen av 1980-tallet er samtidig trolig det eneste eksemplet på at en overdrivelse fra miljøbevegelsens eller forskernes side har hatt en viss realpolitisk effekt (og dermed bidratt til reduksjonen i svovelutslippene).

Det trenger miljøbevegelsen ikke ha dårlig samvittighet for, ettersom det høyst trolig var *lønnsomt* å redusere dem. Jeg har ikke funnet noen god *historisk* nytte/kostnadsanalyse av tiltakene som er gjennomført siden 1980-tallet i Europa. Det ville også være vanskelig å gjennomføre den, fordi en stor del av tiltakene som har ført til reduserte svovelutslipp er gjennomført delvis av andre grunner - ja nettopp delvis fordi de var lønnsomme av andre grunner. Dvs. at en har byttet fra kull og olje til andre energikilder, særlig gass. Det siste kan være billigere i seg selv, foruten at det reduserer en rekke *andre* miljøproblem enn dem som knytter seg til sur nedbør. Noen steder har en også lagt ned ulønnsomme, svovelforurensende bedrifter (som smeltehytta i Sulitjelma). De opplagte direkte utgiftene har i første rekke vært dem som knytter seg til renseanlegg, særlig ved kraftverk. Kostnadene for disse må - selv om en verdsetter "miljøet i seg selv" til null - veies opp ikke bare mot minsket korrosjon, men mot de minskede *helsekostnadene* som følger av lavere svovelutslipp. Disse er svært store. I USA er det anslått at det pågående programmet som skal redusere landets SO₂-utslipp med 10 millioner tonn fra 1990-2010 vil spare 40 milliarder dollar (350 mrd. NOK) årlig i helsekostnader når det er fullført.²⁰⁴ For EU er det gjort helhetlige kostnad/nytte-beregninger av effektene av å redusere utslippene av både forsurende forbindelser og andre forurensninger som bidrar til å danne bakkenær ozon. Denne studien gjelder virkningene av å redusere utslippene fram til 2010 *mer* enn en likevel vil ifølge gjeldende internasjonale avtaler og nasjonale regler. Etter de fleste av en rekke mulige sett med forutsetninger, har en kommet til at dette vil være lønnsomt. Her gjelder det ekstra reduksjoner på et stadium der store reduksjoner - spesielt av svovelutslippene - allerede er gjennomført eller bestemt, m.a.o. på et stadium der en normalt må vente at nytte/kostnadforholdet blir dårligere. Over 80 % av gevinstene knytter seg - i denne studiens hovedscenario - til reduserte utslipp av forsurende forbindelser, først og fremst på grunn av deres helseeffekter.²⁰⁵

Vårt spørsmål er imidlertid et annet: nemlig hvorfor det ikke ble gjort noe med forsuringen lenge *før* 1980-tallet.

Fenomenet sur nedbør har vært kjent siden 1852. Da noterte kjemikeren Robert Angus Smith i Manchester at nedbøren der var unaturlig sur, og satte dette i forbindelse med industriens svovelutslipp. (Årstallet for Smiths oppdagelse oppgis ofte feilaktig til 1872, da han redegjorde for fenomenet i boka *Air and Rain: The Beginnings of Chemical Climatology*. Han omtalte det imidlertid 20 år tidligere i et lokalt tidsskrift.)²⁰⁶

Smith registrerte den sure nedbøren som et lokalt fenomen. Hans samtidige Henrik Ibsen hadde en mer genial intuisjon i *Brand* (1866):

Værre tider; værre syner
genom fremtidsnatten lyner!
Brittens kvalme stenkulsky
sænker sort sig over landet,
smudser alt det friske grønne,
kvæler alle spirer skønne,
stryger lavt, med giftstof blandet,
stjæler sol og dag fra egnen,
drysser ned, som askeregnen
over oldtidsdømte by."

Ikke bare dikteren hadde syner. I 1881 rapporterte geologiprofessor Waldemar Brøgger i *Naturen* om et "smudsig snefald" over Norge som han mente skyldtes forurensning fra den andre sida av Nordsjøen.^{207 208} Brøgger registrerte at nedbøren var skitten - ikke at den var sur. Men det han fant - nemlig at forurensninger kunne føres med luftstrømmer over store avstander - burde ikke ha kommet som noen stor overraskelse på dem som fulgte med i meteorologiens rivende utvikling på slutten av 1800-tallet.

Omkring 1900 begynte en markert nedgang i fangstene av laks i flere elver på Sørlandet. I den største av dem - Mandalselva - der det i tiåret 1876-85 ble fanget gjennomsnittlig 18 000 kg laks årlig, falt de jevnt til ca. 1 000 kg årlig i 1916-25 og bare noen få hundre kilo årlig deretter.²⁰⁹ Tidlig på 1900-tallet forekom også episoder i Rogaland og Agder der flere fiskearter, deriblant ørret, i løpet av kort tid døde ut, og andre tilfeller der yngelen i klekkerier døde. Biologen Knut Dahl satte i 1921 disse episodene i forbindelse med forsurening av vannet, etter å ha klarlagt gjennom eksperimenter at yngelens overlevelsessevne var avhengig av pH-en i vannet. Han forklarte imidlertid den observerte surheten med utvasking av surt materiale fra myrene under flomeepisoder.²¹⁰

Allerede på 1920-tallet forelå de vesentlige brikkene som skulle til for å danne en sterk hypotese om biologiske skadevirkninger av langtransportert sur nedbør. Det var kjent at utslipp fra forbrenning kunne gjøre nedbøren sur; det var hevdet - og burde ligget nært å anta - at forurensninger kunne føres over store avstander med luftstrømmene; det var tydelig at fiskestammene på Sørlandet både var i langsiktig nedgang og var utsatt for brå massedød; og det var påvist at noen av vassdragene i alle fall i perioder var unaturlig sure.

Allikevel var det ingen som fant på å legge brikkene sammen. Historien om den sure nedbøren skiller seg her fra de andre vi har fortalt. Overfor asbest, tetraetylbly, DDT og PCB fantes det fagfolk som advarte så å si fra første stund. Det var myndighetene som sov - eller bevisst valgte å overse advarslene. I tilfellet den sure nedbøren kan en si at *forskningen* sov. Én forsker hadde i 1921 sett virkningene, og andre for lengst beskrevet årsaken, men ingen koplede de to tingene sammen.

Tornerosesøvnens pågikk lenge. Dersom noen på 1920-tallet *hadde* framsatt en hypotese om at det sure vannet på Sørlandet skyldtes nedbøren, og at nedbøren var sur på grunn av svovelutslipp, hadde det allerede da vært mulig å teste hypotesen. Det kunne ha skjedd ved å få et utvalg av de meteorologiske stasjonene som for lengst fantes godt fordelt over Europa til å måle nedbørens pH. På den måten hadde en nok oppdaget at nedbøren var surest nær de storindustriområdene i Storbritannia og på Kontinentet, og at forsureningen kunne spores langt av sted langs de framherskende vindretningene.

Et nettverk av stasjoner som målte kjemiske egenskaper ved lufta og nedbøren - inkludert pH og svovelinhold - ble faktisk også bygd opp fra 1946 av, med utgangspunkt i Sverige, og omfattet etter få år de fleste landene i Nord- og Vest-Europa. I 1954 inngikk 120 stasjoner i nettverket.²¹¹ Likevel var det lenge ingen som fant på å sammenligne variasjonene i nedbørens pH mellom de ulike stasjonene eller spørre seg om det fantes et mønster.

I 1959 var én forsker - Alf Dannevig ved Statens marinbiologiske stasjon Flødevigen - tett på sporet av den sure nedbøren. Han mente, liksom Dahl nesten 40 år tidligere, at ørretdøden i vann på Sørlandet skyldtes surt vann, men også *at denne surheten blant annet skyldtes nedbøren*. Han forsøkte også å forklare hvorfor nedbøren ved Sørlandskysten skulle være særlig sur, men de "nærliggende" forklaringene han kom på, holdt ikke til å forklare den surheten som nå faktisk ble målt (på Lista hadde nedbøren da en pH verdi på 4,77). Det måtte finnes "en ukjent faktor".²¹²

Her var en presis problemstilling for den forskeren som måtte ha ønsket å gripe fatt i den. Hva var den ukjente faktoren? Ingen tok imidlertid alvorlig tak i den, heller ikke etter etter at målinger i 1964 viste at vannet i flere vassdrag på Sørlandet var alarmerende surt.

På samme tid var riktignok kanadieren Eville Gorham i gang med å studere sur nedbørs virkning på ferskvann. Gorham studerte tilstanden i vann i Lake District i England på 1950-tallet og i vann nær nikkilverket i Sudbury i Canada på begynnelsen av 1960-tallet. Han var klar over at det begge steder skjedde en forsurening som følge av sur nedbør og svovelavsetning.²¹³ Men dette var i vann som lå bare noen mil unna store industrielle utslippskilder. Gorham hadde oppdaget problemet - i den forstand at han kunne knytte sammen årsak og virkning - men ikke dets geografiske omfang. Gorhams studier utløste heller ingen politiske reaksjoner.

Først i 1967 ble brikkene lagt sammen. Det var en fiskerikonsulent i Bohuslän, Ulf Lundin, som hadde sett at fisken også der døde ut, og fant forklaringen i det ekstremt sure vannet: han hadde målt pH i noen av sjøene til ned mot 4,0, i ett tilfelle t.o.m. til 3,7.²¹⁴ Lundin ville vite hvorfor og ringte en bekjent, jordkjemikeren Svante Odén ved Lantbruksuniversitetet i Ultuna. Lundin lurte på om det kunne være utslipp fra industrien i Göteborg som var årsak til forsureningen. (At han hadde *den* hypotesen, skyldes nok at den allmenne bevisstheten om menneskeskapt miljøproblem nå var høyere enn på Knut Dahls tid, og ikke at han kjente til Eville Gorhams studier.) Odén visste ikke, men lovet å finne ut hva han kunne. Han hadde tilgang til de atmosfærekjemiske målingene fra det europeiske stasjonsnettverket, som altså ingen gjennom 20 år tidligere hadde analysert med tanke på å finne ut om pH-verdiene viste et mønster i tid og/eller rom. Det gjorde Odén, og fant straks begge delene til gagns. Nedbørens gjennomsnittlige pH, som ute i Atlanteren og ved Middelhavet lå på over 6,0, var på under 4,0 over Nederland og Nord-Tyskland, dvs. at den var mer en 100 ganger så sur der. Surheten avtok utover fra dette senteret, men langsommere øst- og nordover enn vest- og sørover; m.a.o. langsommere i de framherskende vindretningene. Dessuten hadde nedbøren både i Sverige og på kontinentet *blitt* markert surere de siste ti åra. Svovelinholdet i nedbøren viste et liknende mønster som pH, bortsett fra at områdene med høyest svovelkonsentrasjon omfattet det østlige England i tillegg til Nederland og Nord-Tyskland.^{215 216}

Ved en serie målinger nær Uddevalla - der Lundin holdt til - sommeren 1967, viste det seg at nedbøren hadde en gjennomsnittlig pH på 3,2 (!). Det er oppsiktsvekkende nok at målinger av

så sur nedbør - selv om en bare visste at de *forekom på enkeltstasjoner* utenfor de tetteste industriområdene - ikke av seg selv hadde fått noen til å klø seg grundigere i hodet.

Tilfellet sur nedbør skiller seg også fra de øvrige historiene vi har fortalt, ved at Odéns oppdagelse - som ble offentliggjort av *Dagens Nyheter* i oktober 1967 - førte til en øyeblikkelig politisk reaksjon - i *Sverige*. Det ble oppstandelse i de innerste regjeringkretsene. Seks måneder seinere la regjeringen fram en proposisjon om begrensning av svovelinnholdet i fyringsolje, som ble vedtatt av Riksdagen.²¹⁷

Også i Norge gikk lyset opp i politiske sirkler. Men dermed var det stort sett slutt, og det er her historien vår begynner å likne mer på den om asbest eller DDT. Da professor Sven Brohult, direktør for den svenske Ingeniørvetenskapsakademien, i 1968 la fram de svenske bekymringene i OECDs komité for vitenskapelig samarbeid, ble han bedt om å dra til helvete. Svante Odén, som også var til stede og skulle redegjøre for sine funn, opplevde stemningen som så fiendtlig at han brøt sammen og ikke fikk fullført foredraget. Året etter var det Göran Perssons tur - ikke den nåværende statsministeren, men den daværende lederen for Naturvårdsverkets avdeling for luftforurensning. Han klarte å fullføre sitt foredrag - denne gangen for det som i enda høyere grad skulle være en ekspertforsamling, nemlig OECDs komité for luftforurensning. Deretter reiste andre lands delegater seg én etter én og fortalte at han kom med nonsens: svovelutslippene kunne *ikke* være noe problem på mer enn noen kilometers avstand fra utslippspunktet - det var *utelukket* at de kunne spres over flere hundre kilometer.²¹⁸

Merk at debatten her ikke gjaldt hvorvidt fiskedøden skyldtes den sure nedbøren. Den gjaldt spørsmålet om hvorvidt sur nedbør som følge av svovelforurensning overhodet forekom som regionalt fenomen. De fremste ansvarlige personene for luftmiljøet i rike land benektet det et omfattende empirisk materiale fra det europeiske atmosfærekjemiske nettverket viste med all tydelighet, og dessuten som var teoretisk svært enkelt å forstå. Alle visste at fuktige luftmasser beveget seg over hundrevis av kilometer: hvorfor skulle ikke svovelet, som gjorde væten om til svovelsyre, følge med?

Viljen til ikke å tro på miljøproblem kan i sannhet være imponerende. Den kan også være seiglivet. Foran FN-konferansen om Menneskets miljø i Stockholm i 1972 hadde svenskene utarbeidet en omfattende rapport om svovelforurensningen og mulige tiltak mot den. Rapporten møttes imidlertid med stor skepsis, og ingen handlingsrettede vedtak. Likevel kan den ha bidratt til at konferansen i sin slutterklæring nedfelte et generelt prinsipp om at land har ansvar for å sørge for at aktiviteter innenfor deres grenser ikke påfører andre land skade.^{219 220}

I OECD skiftet samtidig holdningen fra blank avvisning av det åpenbare til det alternative uttrykket for skepsis: "Det trengs mer forskning". I 1972 bestemte en seg for å innrette et måleprogram som skulle kartlegge utslipp, transport og avsetning av svovelforbindelser i Vest-Europa. Dette pågikk fram til 1977, og bekreftet naturligvis i store trekk det Odéns kart over nedbørens pH-fordeling hadde fortalt ti år tidligere. I mellomtida ble en også oppmerksom på at utslipp av nitrogenforbindelser spilte en viss rolle for nedbørens forsuring, skjønt på dette tidspunktet betydelig mindre enn svovel. - I 1974 kom OECDs ministermøte med en generell anbefaling til medlemslandene om å redusere utslippene av svoveldioksid.²²¹ Dette innebar imidlertid ingen aksept av den langtransporterte sure nedbøren som problem: de fleste var vel så opptatt av de nære helseeffektene.

En sak var om den langtransporterte sure nedbøren forekom: en annen var om den gjorde skade. Hva gjaldt ferskvannsfisken i Norge og Sverige, kunne også dette synes åpenbart. En visste fra lang tid tilbake at fisken døde fordi vannet var surt. Når en nå også visste at nedbøren var kraftig forsuret, var dette den enkle og nærliggende forklaringen. Men selv i Norge fantes det skeptikere som var villige til å søke lenger etter mer kompliserte forklaringer. Den fremste var geologiprofessoren (og den gammelmarxistiske vekstprofeten) Ivan Th. Rosenqvist. Rosenqvist mente at vannets forsurening heller kunne skyldes endringer i vegetasjonsdekket i dette hundreåret (at det er plantet barskog, som tenderer til å forsure jordsmonnet, på en del steder der det tidligere ikke vokste skog, f.eks. gamle slåttenger). Som forklaring på den dramatiske forsuringen av vann og vassdrag var dette - for å si det slik - noe spesielt, men synspunktet gikk hjem hos noen.²²²

I utredningen "Norges ressursituasjon i global sammenheng" (NOU 1974: 55), der det bl.a. gjøres rede for miljøproblemene knyttet til bruk av ulike naturessurser, deriblant kull og olje, nevnes ikke sur nedbør med ett ord. Kan det skyldes at Rosenqvist var medlem av utvalget?

Større norske og svenske forskningsprogram gjennom 1970-tallet bekreftet ellers den sure nedbørens skadevirkninger på livet i ferskvann, mens resultatene var mer tvetydige når det gjaldt mulige virkninger på skog. Derimot viste svenske undersøkelser at *jorda* var merkbart forsuret siden 1920-tallet - naturligvis på steder der det ikke var plantet barskog i mellomtida.

I 1975 tok Norge initiativ overfor ECE - FNs økonomiske kommisjon for Europa (og Nord-Amerika) - for at det skulle inngås en avtale om begrensning av langtransporterte luftforurensninger. Fire år seinere - to år etter at resultatene fra OECDs måleprogram forelå - lyktes det også å få undertegnet en konvensjon om dette. Denne var imidlertid - liksom Klimakonvensjonen i 1992 - inntil videre et tomt skall: for det første skulle ikke selve konvensjonen tre i kraft før etter at minst 24 land hadde ratifisert den, og først etter det ble det aktuelt å forhandle om faktiske begrensninger i utslippene. I 1979 var mange lands myndigheter fortsatt dypt skeptiske til at det overhodet forelå noe alvorlig problem, og slett ikke interessert i å gjøre noe med det. To år etter undertegningen var det ennå bare et fåtall land som hadde ratifisert avtalen. Særlig Storbritannia og Vest-Tyskland var bastante motstandere av utslippbegrensninger.

Sverige tok initiativ til en konferanse i 1982 med sikte på å få forrang. Det var nå at en for trolig eneste gang i den nyere verdenshistorien kunne observere at noe overdrevne miljøskremsler hadde avgjørende politisk effekt. Det var kommet sjokkerende meldinger om døende skog i Tyskland, og hypoteser om at dette skyldtes forsuringen. Vest-Tyskland skiftet brått rolle fra å være bremsekloss til å bli pådriver for en avtale med innhold. Da begynte det å løsne. I 1983 trådte Konvensjonen om langtransporterte luftforurensninger i kraft, og forhandlinger om en protokoll med faktiske begrensninger av svovelutslippene kunne begynne. Samme år gikk ti land, deriblant de nordiske, Tyskland og Canada - som også hadde et konkret problem med nettoimport av svovel fra nabolandet USA - inn for at utslippene skulle reduseres med 30 % innen 1993, med 1980 som basisår. En protokoll med denne målsettingen ble faktisk undertegnet av 21 land i 1985, men trådte ikke i kraft før i 1987.^{223 224}

Fra problemet med den langtransporterte sure nedbøren ble oppdaget til det forelå en bindende internasjonal avtale - i *Europa og Nord-Amerika* - om å gjøre noe med problemet, hadde det gått 20 år. Gjennom de fleste av disse årene ble motstanden mot å gjøre noe frontet med en blanding av ekte og vikarierende faglig skepsis til at det overhodet forelå noe problem. Den var blitt spakere på 1980-tallet. Noen land hadde da også gjennomført egne,

nasjonale tiltak for å redusere utslippene allerede før 1985, og noe hadde gjort seg selv. Når det tross alt lyktes å få til den første svovelprotokollen, skyldtes det kanskje også at svovelutslippene allerede var på vei nedover (fra 1980-nivå) i mange land, blant annet fordi høye oljepriser hadde gjort det lønnsomt å bytte til andre brensel, og fordi en rekke nye kjernekraftverk var tatt i bruk.

Flere land unnlot likevel å undertegne svovelprotokollen, deriblant Storbritannia. Her fortsatte en helt til 1986 å benekte at det fantes noe problem å snakke om. Den britiske regjeringen lot seg rådgi i spørsmål om sur nedbør av "fagfolk" ansatt av landets fremste forurenser - The Central Electricity Generating Board. Storbritannia kom imidlertid seinere med en egen erklæring om å ville redusere utslippene.²²⁵

Svovelprotokollen er seinere fulgt opp av en ny og strammere i 1994. Målene under disse protokollene blir i det store og hele nådd. I 1988 ble det også undertegnet en protokoll om stabilisering av NO_x-utslippene, mens 12 land - deriblant Norge - erklærte at de ville redusere disse med 30 prosent innen 1999. Få har nådd det sistnevnte målet - det er ikke *like* billig og lettvindt som i tilfellet svovel. Resultatet er likevel at områdene i Europa som mottar mer nedfall av svovel og nitrogen, eller svovel- og salpetersyre, enn de kan tåle, langsomt blir mindre. I 1999 er både svovel- og NO_x- protokollene avløst av en ny som omfatter både disse utslippene og flyktige organiske forbindelser.

Nok en gang er situasjonen en helt annen i andre deler av verden. I Asia øker svovelutslippene og den tilhørende forsuringen ennå - anno 33 etter Odén. Ifølge FNs GEO 2000-studie, var andelen av Vest-Europas areal som ble utsatt for sur nedbør og sure avsetninger ut over det økosystemene kan tåle, 38 % i 1992 - mot 23 % i Sørøst-Asia. Dette etter midlere estimat. I 2015 ventes de å møtes på halvvegen, med 31 og 30 %. Også i store deler av Kina, India og Sør-Amerika er forsuringproblemet voksende.^{226 227}

7. Ozonlaget: Hullet som ikke kunne finnes

I slutten av september 2000 kunne avisene meddele at ozonhullet over Antarktis hadde nådd sin hittil største utstrekning – det dekket da 30 millioner kvadratkilometer, eller seks prosent av hele jordas overflate.

Ozonhullet er det populære navnet på et fenomen som siden 1970-tallet har opptrådt hver (sørlige) vår over Antraktis og Sørishavet. "Hullet" kjennetegnes ved at mengden ozon i den øvre atmosfæren er redusert til under halvparten av det normale, i sentrum av "hullet" gjerne ned not en tredjedel, og i enkelte år ved enkelte målestasjoner helt ned til en fjerdel av det normale.²²⁸

Ozon er en avart av oksygen, der hvert molekyl består av tre oksygenatomer (O_3) i stedet for de vanlige to (O_2). "Ozonlaget" betegner et område i stratosfæren - ca. 15-50 kilometer over havoverflaten - der det normalt finnes mange slike molekyler. De er intet mindre enn en forutsetning for alt høyere liv på jorda. Ozonmolekylene har nemlig evnen til å absorbere ultrafiolett stråling, spesielt den kortbølgede UV-B-strålingen som ville ødelegge arvestoffet (DNA) til mennesker, dyr og planter dersom den slapp uhindret gjennom. For hver én prosents reduksjon i ozonlaget, øker UV-B -stråling med de bølgelengdene som er mest skadelige for DNA – med 2,5 prosent.²²⁹

Den nå årvisse, ekstreme svekkelsen av ozonlaget akkurat over Antraktis skyldes at spesielle meteorologiske forhold her forsterker virkningen av menneskeskapt forurensning med bl.a. klorfluorkarboner (KFK). Det kan kalles et stort hell i uhellet at disse meteorologiske forholdene opptrer nettopp over Antarktis. For det første er det intet annet område på jorda der det finnes mindre liv - og især færre mennesker - å skade. For det andre er polområdene de stedene på jorda som i utgangspunktet mottar minst ultrafiolett stråling. Akkurat som annen solstråling, må UV-strålingen her tilbakelegge en mye lengre vei gjennom atmosfæren, inkludert ozonlaget, enn på lave breddegrader. En gitt mengde ozon gir derfor mye bedre beskyttelse ved polene enn ved ekvator. Ble ozonlaget ved ekvator redusert til under halvparten, ville konsekvensene vært langt alvorligere.

For at så sannsynligvis ikke kommer til å skje, kan vi kanskje takke det varselet som hullet over Antarktis ga oss. Ozonlaget har faktisk blitt svekket over store deler av jorda de siste 20 årene - for eksempel med om lag 8 % over Europa (mer over de aktiske områdene) og ca 5 % over tempererte og subtropiske strøk i gjennomsnitt. Over tropene er reduksjonen er ikke statistisk signifikant.^{230 231} Dyster erfaring viser imidlertid at det er lett å overbevise politikere om at slike tall "skyldes naturlige variasjoner", eller at vi må "vente, se og forske videre" - selv om trenden stemmer godt med en beregnet effekt av menneskeskapt forurensning. En halvering er derimot til å våkne av.

Hva om verdens politikere valgt å "vente og se" helt fram til nå? Det vil si å la produksjonen av klorfluorkarboner og andre stoff som bryter ned ozonlaget både fortsette og vokse videre? Da ville ozonlaget om 15-20 år ha blitt svekket i betydelig større grad enn det er i dag: så lang tid tar det nemlig før utslippene når opp i stratosfæren. (I tillegg kan det gå mange år fra stoffene produseres til de slippes ut i lufta, hvilket er én grunn til at vi ennå ikke kan være sikre på at vi har sett det verste av ozonhull og -uttynning.)

Allerede den svekkelsen vi så langt har sett, kommer trolig til å kreve noen tusen dødsoffer. Et anslag som nødvendigvis er svært usikkert, men nettopp av den grunn svært forsiktig, går ut på at en global, gjennomsnittlig reduksjon i ozonlaget på 10 % i 20 år ville føre til ca. 300 000 ekstra tilfeller av de mer "uskyldige" formene for hudkreft og 4 500 ekstra tilfeller av ondartet føflekkkreft.²³² Gitt at dødeligheten av de første er ca. 1 % og av den siste 25-30 %, skulle dette tilsi vel 4000 dødsfall. I virkeligheten står vi trolig overfor en reduksjon på rundt 5 % i en periode på 20-30 år (1990-2010 eller 2020) i de delene av verden der befolkningen er mest utsatt for hudkreft, og dermed kanskje halvparten så mange tilfeller og dødsfall.

Dette er imidlertid forsvinnende lite i forhold til det en kunne ha ventet dersom ozonsvekkelsen hadde pågått i flere tiår til. USAs miljøverndirektorat (EPA) gjorde i sin tid en beregning av de sannsynlige konsekvensene dersom utslippene av KFK hadde fortsatt å øke med 2,5 % årlig fra 1980-tallet og fram til 2050. Da kunne en ha ventet en reduksjon på 40 % i ozonlaget globalt på 2070-tallet, noe mer enn en dobling i UV-B-strålingen og enda mer i den mest kortbølgede og skadelige delen av denne. Det ville etter EPAs beregninger ha gitt 154 millioner ekstra tilfeller av hudkreft alene blant amerikanere født før 2075, og 3,4 millioner dødsfall - trolig et åttesifret antall på verdensbasis.²³³

Selv disse tallene forteller ikke det mest uhyggelige om det som kunne ha skjedd. Hudkreft er bare én av virkningene av forsterket UV-B-stråling. Økt forekomst av grå stær og andre øyesykdommer er en annen veldokumentert virkning. Vel så urovekkende er det at UV-B skader hudens immunforsvar, men at det er nesten total uvitenhet om hvor mange sykdommer som på den måten ville finne lettere innfallsporter til kroppen (det *kan* f.eks. gjelde malaria og HIV). Og tilsvarende om hvor sterkt forhøyede doser av UV-B, spesielt ut over de høye som allerede mottas av folk i tropene, ville svekke forsvaret mot de aktuelle sykdommene.

Mennesker kan i noen grad beskytte seg mot sterkere solstråling - planter og dyr kan det i langt mindre grad. Det er påvist at moderat økte UV-B-doser kan føre til betydelige reduksjoner i avlingene av en rekke (men ikke alle) matvekster og i veksten hos noen (men ikke alle) treslag. Det er her tale om doser som i de fleste tilfellene svarer til 16-25 % reduksjon i ozonlaget på steder der vekstene hører hjemme.²³⁴ UV-B er skadelig både for plante- og dyreplankton, for koraller og især for alger og sjøgras.²³⁵ Vår viten om effektene på de enkelte artene og under ulike kombinasjoner av andre stressfaktorer som klimaendringer, er imidlertid som drivende sjøgras i et hav av uvitenhet.

Nå kan det hevdes at menneskeheten uansett ville ha holdt opp med å "vente og se" lenge før en risikerte en global reduksjon på 40 % i ozonlaget og kanskje til og med før en risikerte en 25 % reduksjon (husk at en i så fall måtte ha reagert 15-20 år *før* disse nivåene ble nådd). Men dette forutsetter at vi kunne regne med en "pen og pyntelig", gradvis uttynning av ozonlaget, i et noe så nær lineært forhold til mengdene av KFK og andre ozonnedbrytende stoff som befant seg der oppe. Det er en dristig antakelse, gitt at vår innsikt i stratosfærens kjemi, inkludert vekselvirkningene mellom KFK'er og andre forurensninger, er alt annet enn fullstendig. Den blir desto dristigere når vi vet at den globale oppvarmingen (av værlaget, troposfæren) medfører at den nedre stratosfæren *avkjøles*, og at lavere temperatur der øker nedbrytingen av ozon². Hva om ozonnedbrytingen, i stedet for å øke pent og pyntelig, hadde "løpt løpsk" i en 15-20 års periode der vi overhodet intet kunne gjøre med det?

² Det hører med til historien at KFK'ene er ekstremt virksomme drivhusgasser, og at de dermed av seg selv forbedrer vilkårene for at de skal kunne bryte ned ozon. Til gjengjeld er ozon også en drivhusgass, slik at selve nedbrytingen virker i motsatt retning. Midt på 1990-tallet anslo FN's klimapanel at KFK'enes direkte bidrag til drivhuseffekten og det indirekte negative bidraget - ved at de bryter ned ozon - omtrent oppveidde hverandre.

Det var det virkelige omfanget av *risikoen*. Historien om hvordan den forhåpentlig ble avverget, er lærerik.

Hovedskurken i dramaet, klorfluorkarbonene, ble oppfunnet i 1928 av ingen ringere enn Thomas Midgley, den samme kjemikeren ved General Motors som sju år før kom på tanken om å sette bly til bensin. Det han søkte var et stoff som hadde passende kokepunkt til å benyttes som kjølevæske i kjøleskap, men som verken var giftig eller brennbar (i motsetning til andre stoff som var brukt inntil da - ammoniakk, metylklorid og svoveldioksid). Han kom opp med en forbindelse av klor, fluor og karbon, og demonstrerte offentlig hvor "ufarlig" den var ved først å puste lungene full av den og så blåse ut et stearinlys.²³⁶

Midgleys vidunderforbindelse slo fort an. I tillegg til å være ugiftig og ikke brennbar, hadde den (i enda høyere grad enn DDT) den tilsynelatende utmerkede egenskapen at den var uhyre stabil. Den ble ikke brutt ned av varme, kulde eller andre påvirkninger. Flere beslektede forbindelser ble etter hvert utviklet, og de fant stadig nye bruksområder i tillegg til kjøleskap og andre kjølesystem. En var som drivgass i spraybokser - og her løper historiene våre nok en gang sammen, for det første som ble sprøytet ut av bokser med KFK som drivgass var nettopp DDT, da det ble tatt i bruk under annen verdenskrig. Andre bruksområder fulgte: KFK'er ble blant annet tatt i bruk i stort omfang som blåsemiddel i skumplast og som rensmiddel, spesielt i elektronikkindustrien. Produksjonen økte med rakettfart: av de to mest brukte KFK'ene, KFK-11 og KFK-12, ble det på 1930-tallet produsert ca. 15 000 tonn, på 1940-tallet 160 000 tonn, på 1950-tallet 750 000 tonn, på 1960-tallet 3,1 millioner og på 1970-tallet 7,2 millioner tonn.²³⁷

Hvor det så ble av disse stoffene - etter at de var sprøytet ut, etter at rensejobben var gjort og de var fordampet, etter at varene de inngikk i var kassert eller når de langsomt lekket ut av kjøleskap - var det tilsynelatende ingen som ofret en tanke på over 40 år. Man visste at de ikke ble brutt ned av noen kjente miljøpåvirkninger, m.a.o. skulle den slutningen ha ligget nær at de hopet seg opp i atmosfæren. Enten tenkte ingen en gang så langt, eller så var en helt ubekymret ved å la naturfremmede stoff hope seg opp i naturen, så lenge de ikke var direkte giftige for mennesker.

Den første som tilfeldigvis kom på å undersøke saka var den britiske frilansforskeren James Lovelock, best kjent som opphavsmann til Gaia-hypotesen. I 1970 søkte han om middel til å måle atmosfærens innhold av KFK'er, og fikk avslag (en av forskerne som vurderte søknaden beskrev Lovelocks prosjekt som "det mest meningsløse han hadde sett på lenge": ikke trodde han at det var mulig å gjennomføre, og om det så var, ville det være bortkastet tid.) Lovelock gjennomførte målingene likevel, for egne penger og med egenutviklede instrument - først i sin egen hage, og seinere hele veien til Antarktis, dit han allernådigst fikk lov til å bli med et forskningsfartøy, men fortsatt uten støtte. Målingene viste at KFK'er var godt blandet i troposfæren over hele kloden.²³⁸

Lovelock hadde selv ingen mistanke om at KFK'ene kunne utgjøre en fare for miljøet. Paradoksalt nok kom han i de følgende årene til å stille seg på skeptikernes side i debatten om truselen mot ozonlaget. Hans prosjekt skyldtes ifølge ham selv "ren nysgjerrighet", parret med en bitanke om at KFK'ene kanskje kunne komme til nytte som "tracere" i meteorologien, dvs.

Før dette antok en at KFK'ene ga et betydelig positivt netto bidrag til drivhuseffekten, hvilket burde ha gitt grunn til enda større uro.

at målinger av disse kunne brukes til å kartlegge endringer og bevegelser i luftmassene. Lovelock publiserte resultatene av sine målinger i tidsskriftet *Nature* i 1973.

Andre hadde i mellomtida kommet på at KFK'ene kunne utgjøre en fare. På et møte som ble arrangert av den amerikanske romfartsorganisasjonen NASA i 1971, la en gruppe meteorologer fram den tanken at de kanskje ville vandre oppover i atmosfæren og da bli brutt ned av ultrafiolett stråling, og at dette kunne utløse "en tilsynelatende uopprettelig endring av atmosfærens sammensetning" - men uten å komme spesielt inn på ozonlaget. Så langt fra å få alarmklokker til å ringe, fikk deres rapport lov til å samle støv, og meteorologene forfulgte ikke selv mistanken videre.²³⁹

Det var i stedet en amerikansk kjemiker, Sherry Rowland, og hans mexikanske kollega Mario Molina som ved en serie tilfeldigheter kom på sporet. Rowland, hvis egentlige forskningsfelt slett ikke gjaldt atmosfærekjemi, men derimot radioaktive isotoper, traff på et møte i Florida i 1972 en forsker som hadde hørt om Lovelocks KFK-målinger. På den samme konferansen fantes en kjemiker fra Du Pont-konsernet, verdens største produsent av KFK'er. Rowland kom til å spørre ham hvor mye som var produsert av disse stoffene i hele verden til da, fikk et grovt anslag og regnet ut at mengden svarte godt til det som ifølge Lovelocks målinger burde finnes i hele troposfæren. Ingenting tydet på at de ble brutt ned. (Når en vet at det meste av produksjonen fram til 1970 skjedde på 1960-tallet, er det ikke merkelig - heller ikke i lys av seinere kunnskap - at lite var fjernet fra troposfæren. Det mest interessante er kanskje at det meste av det som var produsert, allerede var sluppet ut og ikke befant seg inne i kjøleskap osv.)²⁴⁰

Som kjemiker lurte Rowland på om det ikke likevel måtte finnes et eller annet "sluk" for KFK'er, der de til slutt ble brutt ned - og kom liksom meteorologene året før på at de kanskje vandret oppover og til slutt ble brutt ned av UV-stråling. Den tanken fikk godgjøre seg i vel et år til før han i 1973 søkte sin oppdragsgiver, det amerikanske atomenergidirektoratet AEC, om middel til å utrede KFK'enes skjebne. Han fikk avslag (det samme gjorde en annen kjemiker ved navn Charles Kolb, som hadde fattet interesse for emnet etter Lovelocks artikkel i *Nature*, og søkte penger på annet hold). Rowlands avslag var imidlertid av den mildere formen, idet AEC signaliserte at det var greit om han brukte litt av de pengene han likevel fikk til andre prosjekt.

Rowland hadde ennå ingen mistanke om alvorlige miljøkonsekvenser, men gikk høsten 1973 i gang med KFK-problematikken sammen med sin ferske kollega Molina. De kom fort fram til at neppe noe hindret KFK'ene i å vandre oppover til stratosfæren, der UV-strålingen nødvendigvis ville bryte disse molekylene ned på de enkelte grunnstoffene. Hvor ble det så av klor, fluor og karbon? Molina gjennomgikk de ulike andre stoffene som finnes i stratosfæren, deriblant ozon, på jakt etter tenkbare reaksjoner. I løpet av kort tid fant han en for klor (Cl): det ville reagere med ozon (O₃) til klormonoksid (ClO) pluss oksygen (O₂). Men dette kunne i så fall ikke være enden på visa, for klormonoksid ville i igjen ble brutt ned av UV-stråling. En ville igjen få ett fritt kloratom, pluss ett fritt atom oksygen: og hvert av disse kunne igjen reagere med og dermed bryte ned ozon. Det var med andre ord ikke bare en reaksjon, men en ozonnedbrytende *kjedereaksjon* på gang. Rowland og Molina regnet videre: hvor mye ozon ville bli brutt ned, dersom alle de KFK'ene som alt var produsert, etter hvert vandret opp i stratosfæren? Hva om produksjonen fortsatte å øke? Resultatene i det siste tilfellet var dramatiske, og de to forskerne nektet selv i første omgang å tro på dem: *var dette sant, måtte da noen ha skjønt det for lenge siden?* De regnet om igjen og om igjen, og fant ingen feil. De la resultatene fram for eksperter i atmosfærekjemi, og fikk til svar at jo, dette at klor i

stratosfæren ville utløse en ozonnedbrytende kjedereaksjon var allerede kjent, men ingen hadde brydd seg større om det. Ingen hadde tenkt seg at det kunne finnes klor i stratosfæren: ingen hadde tenkt på hvor det ble av KFK'ene.²⁴¹

Rowlands og Molinas funn ble publisert i juni 1974 og vakte øyeblikkelig stort oppstyr i USA (reaksjonene i Europa var foreløpig langt mer avdempede). Det skulle likevel gå en rekke år og mange avsporinger før det kom til effektive tiltak mot problemet.

Det begynte på ett vis godt. Allerede i november 1974 innledet Representantenes Hus i USA - og noen måneder seinere Senatet - høringer for å vurdere behovet for restriksjoner på KFK-bruken. Én produktgruppe lå svært laglig til for hogg: på dette tidspunktet var spraybokser det kvantitativt viktigste bruksområdet for KFK i USA, og her lå greie alternativ i dagen: mange produsenter brukte allerede andre drivgasser i sine spraybokser. Dessuten kunne de fleste produktene som ble solgt på spraybokser, godt markedsføres i andre former og beholdere. En skal lete lenge etter tilfeller der det har vært så kostnadsfritt i alle fall *delvis* å implementere føre var-prinsippet. Én amerikansk delstat - Oregon - gjorde også dette ved å vedta forbud mot KFK i spraybokser allerede midt i 1975.²⁴² Det samme gjorde et stort antall amerikanske forbrukere. Salget av spraybokser til husholdningsbruk falt med 20 % det året.²⁴³

Det forelå heller ingen seriøs, vitenskapelig uenighet om de grunnleggende trekkene ved Rowlands og Molinas funn. Det ble vedgått av ingen ringere enn forskningssjef Ted Cairns hos Du Pont, som da sto for halvparten av USAs og en fjerdedel av verdens produksjon av KFKer. "Ingen har stilt alvorlige spørsmålsteget ved at KFKer når opp i stratosfæren, at de blir brutt ned av ultrafiolett stråling eller at klor derpå reagerer med ozon", uttalte han i september 1975: uenigheten kunne bare dreie seg om hvor effektiv den påfølgende kjedereaksjonen var, og hvilke mengder KFK som nådde opp i stratosfæren.²⁴⁴

Til tross for dette, førte både DuPont, andre produsenter og brukere av KFK og bransjeorganisasjoner i den kjemiske industrien en seig kamp for å unngå eller i det minste utsette forbud mot KFK i spraybokser. Det dreide seg både om en intens lobbyvirksomhet, om PR-kampanjer i mediene og om å stille "vanskelige" spørsmål i vitenskapelige fora. Det ble lett med lys og lykte etter mulige mekanismer som kunne tenkes å bryte ned KFK i den nedre atmosfæren. Alt fra frysing ved polene til sandstormer i Sahara ble kastet opp - og falt like fort til jorda. Det ble hevdet at i den grad klor nådde stratosfæren, måtte andre kilder - fra vulkanutbrudd til svedjebruk (James Lovelock holdt på det siste) bety mer enn KFK. Men først og fremst framholdt industrien (stikk i strid med føre var-prinsippet) at det manglet *empirisk bevis* for det Rowland og Molina hevdet. Akkurat hva "beviset" skulle bestå i, lot de ofte sveve.²⁴⁵

Det ytterste empiriske beviset i dette tilfellet måtte jo være at en registrerte en varig uttynning av ozonlaget. Gitt de betydelige naturlige variasjonene, kunne en da risikere å måtte vente i mange år - og vite at når en først fant problemet "bevist", ville det forverre seg i mange år framover. Det nest beste måtte være målinger som viste at de tingene fantes i stratosfæren som Rowlands og Molinas modeller forutså: KFKer, frie kloratomer og klormonoksid, med mer av de første nederst i stratosfæren og mer av de siste lenger opp (der KFKene i større grad ville være nedbrutt).

Amerikanske målinger i 1976 påviste faktisk både KFKer i den nedre stratosfæren - i omtrent de mengdene som modellene forutså - og noe seinere klormonoksid. Industrien fortsatte likevel å kreve at det måtte brukes mer tid på ytterligere undersøkelser. Dens talsmenn fikk i

noen måneder vann på mølla da Rowland selv oppdaget en mekanisme som kunne dempe nedbrytingen av ozon. Det var at noen av kloratomene som ble dannet ved nedbryting av KFK, ville reagere med nitrogenoksider til klornitrat framfor å reagere med ozon. Nærmere beregninger viste imidlertid at selv om denne effekten fantes, så var den ikke tilstrekkelig til å oppheve ozonnedbrytingen som et høyst faretruende problem.²⁴⁶

I mai 1977 - tre år etter at KFK-problemet ble avdekket - vedtok føderale myndigheter i USA å forby bruken av KFK til "ikke-essensielle formål". I deres fortolkning betydde det hovedsakelig spraybokser. *Hvor* lite essensiell den bruken hadde vært, ble fort demonstrert. *Dagen etter* at forbudet ble kunngjort, kunne Robert Abplanalp - en industrimagnat som hadde tjent sin formue på ventiler til spraybokser, og som sammen med Du Pont hadde stått i første rekke i kampen mot forbudet - fortelle at det ingen betydning hadde. Han hadde nemlig "nettopp" funnet på en erstatning - en blanding av butan og vann - som "ville ha danket ut KFKene uansett".²⁴⁷

Verre var det ikke - men heller ikke bedre. Vedtaket i USA ble i løpet av de neste to åra fulgt av forbud mot KFK i spraybokser i Canada, Norge, Danmark og Sverige.²⁴⁸ Andre land viste liten interesse. Konsekvensen var at bruken av KFK ble rundt regnet halvert i de fem landa som innførte restriksjoner, og dermed redusert med vel 20-25 % på verdensbasis. (Reduksjonen ble i USA anslått til 47 %).²⁴⁹ Gitt den sterke underliggende veksten i forbruket til de fleste formål, innebar dette at verdensproduksjonen om få år kunne ventes å overstige nivået fra 1977, hvilket også skjedde. I tillegg kom at en var blitt oppmerksom på at en rekke andre forbindelser både av klor og av brom (som har enda større evne til å bryte ned ozon) også fant veien opp i stratosfæren. Blant dem var trikloretan, tetraklormetan og de såkalte halonene (brukt bl.a. i branslokkingsutstyr).

Norge var på begynnelsen av 1980-tallet blant de ytterst få land som gikk inn for mer vidtrekkende begrensninger på bruken av KFK. I 1980 ble spørsmålet drøftet på en konferanse i Oslo, der de nordiske land, USA og Canada, med en viss støtte fra Nederland og Tyskland, tok til orde for å sette tak på produksjonen. Andre EU-land kunne i beste fall tenke seg et tak som lå langt over deres daværende produksjon.²⁵⁰ Også USAs holdning var imidlertid i ferd med å endres. Produsentene og brukerne av KFK - ikke minst de som laget kjøleskap, kjølesystemer og klimaanlegg - hevdet at erstatninger ville bli svært kostbare og ta lang tid å utvikle. Da Ronald Reagan i 1981 overtok som president og utnevnte en ny EPA-direktør med betydelig større sans for næringslivets behov enn for "overdrevne miljøtrusler", kunne DuPont m.fl. puste lettet ut.²⁵¹

I regi av FNs miljøvernprogram UNEP fortsatte imidlertid resultatløse internasjonale drøftinger om begrensninger på KFK-produksjonen. I 1983 la Norge, Sverige og Finland fram et utkast til protokoll om et internasjonalt forbud mot KFK i spraybokser. Dette forslaget var egnet som lokkemat for USA, ettersom landet allerede hadde et slikt forbud og dermed intet å tape (hvilket det jo heller ikke hadde på sitt eget forbud). Det hjalp også at ledelsen i det amerikanske miljøverndirektoratet igjen var skiftet ut. EU satte seg bastant imot, og sto på at det eneste de kunne godta var et høyt tak på den samlede KFK-produksjonen, som ville tillate den å øke i lang tid framover. Heller ikke Japan ville gjøre noe.²⁵²

I 1985 ble det inngått en avtale mellom 43 land i Wien - ikke om begrensninger i bruken av KFK, men om å styrke utvekslingen av forskningsresultat og relevant statistikk. Det var alt det var mulig å oppnå enighet om. Interessen for ozonproblemet blant folk og politikere flest befant seg på et lavmål. Den globale KFK-produksjonen var større enn noensinne.

Få uker etter konferansen i Wien skjedde det som skulle skape bevegelse. Joe Farman, forsker ved British Antarctic Survey, publiserte resultatene av ozonmålinger som var foretatt gjennom en 30-årsperiode fra basen Halley Bay i Antarktis. De viste at ozonmengdene over basen i oktober måned, som på 1960-tallet hadde ligget nokså stabilt på 300-330 DU (Dobsonenheter - enheten som brukes ved slike målinger) hadde begynt å synke kraftig på 1970-tallet og i 1984 lå til dels godt under 200 DU. Farman antok at KFK-utslipp var den mest sannsynlige forklaringen.²⁵³

Farman ble ikke uten videre trodd - verken på selve måleresultatene eller på årsaken. Det første spørsmålet som reiste seg var hvorfor andre ikke hadde oppdaget dette, om målingene stemte. "Andre" betydde i denne sammenhengen først og fremst NASA, som siden 1977 hadde foretatt kontinuerlige målinger av ozonlaget over hele kloden fra satellitt. En del av forklaringen på at de ikke hadde oppdaget noe "ozonhull", viste seg å være at datamaskinene som tolket målingene, var programmert til å forkaste så lave ozonverdier som det faktisk ble målt over Antarktis om våren. Slike verdier var "umulige".²⁵⁴ Etter Farmans funn måtte selvfølgelig NASA gjennomgå sine data på nytt, og kunne publisere de første bildene av "hullet" som dannet seg hver vår - med ozonverdier ned til under 150 DU (seinere er det målt verdier på under 90 DU).

Fortsatt gjensto spørsmålet om det var klor fra KFK'er som forårsaket ozonhullet. Hvorfor skulle de ha så mye mer dramatisk virkning over Antarktis om våren enn til andre steder og tider? Nok en gang kom Sherwood Rowland (sammen med flere) og Mario Molina med hver sine bidrag til en forklaring. Isskyene i den ekstremt kalde stratosfæren over Antarktis virket som katalysator for flere reaksjoner som hadde som nettoeffekt at "kjedereaksjonen" mellom klor og ozon kunne forløpe langt forttere enn ellers. Ozonhullet var klart avgrenset fordi den ekstremt kalde luften om vinteren og våren er stengt inne av kraftige virvelvinder. Det oppsto om våren - ikke tidligere - fordi sollys og dermed UV-stråling spiller en nødvendig rolle.

Andre forklaringer ble imidlertid også lansert - både av kjemisk og meteorologisk art. Nok en gang ble det krevd empirisk bevis for at klor var problemet. Noe ble funnet i 1986, da det ble målt mengder av kloridoksid inne i ozonhullet. Helt klart ble det i 1987, da en fant 300 ganger mer kloroksid inne i hullet enn utenfor - og at mengdene økte ut over våren i takt med at ozonverdiene falt.²⁵⁵

Nok en gang gjorde resultatene større inntrykk i USA enn i Europa. Etter det tilnærmet resultatløse møtet i Wien, skulle nye forhandlinger om internasjonale avtaler tas opp i Genève i desember 1986. USA ville nå ha betydelige reduksjoner i KFK-produksjonen. Til og med Du Pont hadde i mellomtiden gått ut og sagt at de ville godta *begrensninger* - samtidig som de advarte om at erstatninger ville bli betydelig dyrere.²⁵⁶ Det er rimelig å gjette at firmaet allerede da var inne på tanken at de skulle bli en hovedprodusent av disse dyrere, og dermed enda mer inntektsbringende, erstatningene - hvorom mer nedenfor.

På dette tidspunktet var fortsatt verken EU eller Japan villige til å vurdere mer enn en stabilisering av KFK-utslippene. Den franske delegaten uttalte at "det finnes ingen forskingsresultat som gir grunn til panikk". Forhandlingene i Genève ga heller ikke noe konkret resultat, men det ble enighet om å arbeide videre mot et nytt møte i Montréal høsten 1987. Det året satte KFK-produksjonen igjen rekord.²⁵⁷

Da Montréal-møtet fant sted - 13 år etter at KFK-problemet ble påvist - hadde opinionspresset mot de gjenstridige regjeringene endelig blitt så stort at de kom på gli. Men bare et stykke på vei: protokollen som ble vedtatt, bestemte at rike land skulle stabilisere sine rekordhøye KFK-utslipp fram til 1990, for deretter å redusere dem med 50 % fram til 1999. Utviklingsland skulle derimot få *øke* sine utslipp ennå i 10 år, hvilket ble anslått å innebære at de globale utslippene ville minske med bare 35 % fram til 1999. Også Sovjetunionen fikk delvise unntak fra reduksjonsmålet. For haloner ble det bare vedtatt en stabilisering midt på 1990-tallet, og for flere andre ozonnedbrytende gasser ble det ikke vedtatt noen begrensninger. Blant dem var hydroklorfluorkarboner (HKFK) som blir delvis nedbrutt i troposfæren og derfor har noe mindre ozonnedbrytende effekt enn de "reine" KFKene.²⁵⁸ At de ble unntatt, må sees i sammenheng med at Du Pont m.fl. kjørte dem fram som det mest aktuelle (og dyrere) alternativet til KFK i bl.a. kjøleskap.

Sett i forhold til den for lengst veldokumenterte truselen - og at ulempene ved å avvikle KFK-bruken var svært små (noe som alt var bevist på noen bruksområder, og snart skulle bevises på resten) var Montrealavtalen svak. Den gjorde det i beste fall sannsynlig at verdens samlede utslipp av ozonnedbrytende stoff ville bli redusert med 20-30 %, og da fra et rekordhøyt nivå, og først i løpet av 12 år. Med dette som sluttresultat hadde ozonlaget fortsatt å svekkes i flere tiår framover.

I virkeligheten gikk det noe bedre, hvilket kan tilskrives flere forhold. Det ugjendrivelige beviset for at det antarktiske ozonhullet ble forårsaket av klorforurensning ble framlagt to måneder etter Montreal-møtet. Den allmenne miljøbevisstheten i mange vestlige land nådde en topp i åra like før og etter 1990. Det virket både som et direkte press på politikerne og som et incitament for næringslivet til å påskynde avviklingen av KFK, gjerne i raskere tempo enn det myndighetene krevde. Siden det stort sett var lite problematisk og lite kostbart, skulle det ikke så mye til før utsiktene til positivt miljøimage gjorde utslaget. Når industrien ikke lenger agiterte imot, var det også lettere for politikerne å vedta mer ambisiøse reduksjonsmålsettinger.

Det skjedde i to omganger - i London i 1990 og i København i 1992. Protokollen fra London krevde avvikling av *all* bruk av KFK og haloner i industrilandene innen 2000, og tok med flere ozonnedbrytende stoff, som karbontetraklorid og trikloretan, på avviklingslista. Fortsatt fikk u-land ti års utsettelse. På Københavnmøtet ble fristen for KFK-avvikling i rike land framskyndet til 1996 og for haloner til 1994, samtidig som det kom krav om stabilisering av forbruket av ytterligere én svært potent ozonnedbryter (metylbromid).²⁵⁹

Det tok altså - etter som en vurderer det - 16 eller 18 år fra det forelå godt begrunnet vitenskapelig mistanke om at KFK'er bryter ned ozonlaget, til den naturlige konsekvensen av føre var-prinsippet, nemlig en rask avvikling av bruken, ble trukket. Dette til tross for at det bød på svært små ulemper å avvikle dem. Forut for dette gikk en periode på over 40 år der stoffene ble produsert og sluppet ut i lavinaktig økende mengder, skjønt en visste at de svært vanskelig ble brutt ned i naturen, og der ingen stilte spørsmålet om hvor det til slutt ble av dem eller hva de utrettet, ut over å ikke stifte brann eller forgifte mennesker.

Konsekvensen av Københavnsprotokollen er at ozontapet nå (i 2000) trolig har nådd sitt maksimum eller vil gjøre det i løpet av få år. I motsetning til andre miljødramaer vi her har beskrevet, endte slaget om ozonlaget nesten godt. Virkelig omfattende skader på naturen ble unngått, og tallet på mennesker som måtte bøte med liv eller helse ble fire- snarere enn sju- eller åttesifret.

Likevel er erfaringene fra denne debatten alt annet enn betryggende. Selv en svært velbegrunnet vitenskapelig antakelse om framtidig miljøskade prellert av på de fleste av verdens myndigheter, helt til en så et dramatisk utslag i *samtiden* - ozonhullet over Antarktis. Og dette utslaget kunne lett ha blitt oversett enda lenger enn det ble - om ikke britene tilfeldigvis hadde hatt ozonnivåer med i måleprogrammet ved sin stasjon i Halley Bay.

Ozonlaget innbyr samtidig til en refleksjon som både har en positiv og en negativ side. Den positive er at det viste seg temmelig uproblematisk, når viljen først var til stede, å kvitte seg med KFKene. Den negative er at viljen *ikke* var til stede hos industrien, før det var klart at den ville bli tvunget: og at noen, selv i den situasjonen, kom opp med "løsninger" som satte profitten langt foran miljøet. Det tok den amerikanske sprayboksindustriens fremste talsmann nøyaktig én dag å bytte standpunkt fra at KFKene var nødvendige til at de var avlegs, og det tok hele industrien seks måneder å avvikle dem i praksis. Ved Montréal-forhandlingene i 1987 var noen svært opptatt av at KFK-113, som særlig ble brukt som rensemiddel i elektronikkindustrien, måtte unntas fra begrensninger ettersom det "ikke fantes erstatninger". I løpet av få år hadde en funnet erstatninger som ikke bare var like gode, men bedre.²⁶⁰ København-møtet i 1992 fikk et etterspill som understreket samme fenomen. De litt mindre ozonødeleggende HKFKene fikk der en avviklingsfrist på hele 38 år, fordi industrien hevdet at enten de, eller HFKer (hydrofluorkarboner, med uhyre sterk drivhuseffekt) trengtes som erstatninger for KFK i kjøleskap. Det var nonsens, hvilket miljøorganisasjonen Greenpeace kort etter beviste ved å lansere et kjøleskap der KFKene i stedet var byttet ut med en mengde butan tilsvarende det en finner i to-tre sigarettlightere. Denne "Greenfreeze"-løsningen ble fort standard hos europeiske kjøleskapsprodusenter, mens de amerikanske halsstarrig holdt på sine H(K)FKer.²⁶¹ I ozonlagets siste fase ble rollene som sinker og progressive byttet om over Atlanteren.

8. Drivhuseffekten: Hundre års sløvsinn

I november 2000 la 30 forskere fram en ny rapport om hvordan det trolig vil gå med klimaet i Europa dersom verden fortsetter å slippe ut drivhusgasser som nå. De har også regnet på hva som vil skje dersom utslippene fortsetter å øke som hittil. I det første tilfellet mener forskerne, som arbeider på oppdrag fra EU-kommisjonen, at temperaturene vil øke med 2 grader de neste 50 årene; i det siste tilfellet med ca. 1 grad. I Nord-Europa er det særlig høstene og vintrene som blir mildere - og våtere. Vi kan altså være sikrere på at skiføret må vike for regn, sludd og slaps, enn på flere fine sommerdager. I Sør-Europa, der det på forhånd er varmt nok om sommeren og stedvis knapt med vann, blir det tvert imot enda tørrere og varmere. Avlingene i nord vil trolig øke noe mer enn de minsker i sør, noe som kan bli til begrenset glede for en verdensdel som sliter med overproduksjon i jordbruket. Ville arter og økosystem vil derimot få store problem med å tilpasse seg, det vil oppstå nye trusler mot folkehelsen og det blir flere ødeleggelser som følge av ekstreme værepisoder.^{262 263}

Rapportens timing var slett ikke verst. Idet den kom ut opplevde Storbritannia de verste oversvømmelsene på et halvt århundre - stedvis de verste siden 1600-tallet. I Norge registrerte vi at temperaturen i oktober måned over det meste av landet var 3-4 grader høyere enn normalt, mens Øst- og Sørlandet har fått det dobbelte av normal nedbør. Det fulgte på en sommer der Middelhavslandene ble hjemsoekt av sviende hetebølger og omfattende skogbranner.

I virkeligheten var nok denne rapporten "timet" med en annen hendelse i tankene, nemlig det tredje partsmøtet om Klimakonvensjonen i Haag 16.-24. november. Dette møtet skulle drøfte oppfølgingen av Kyotoprotokollen, avtalen der rike land på papiret har forpliktet seg til å redusere sine utslipp av klimagasser med fem prosent fra 1990 til 2010. Det vil ikke engang hindre at de globale utslippene fortsatt øker, enn si stabilisere klimaet. For å stabilisere klimaet måtte utslippene, i alle fall av CO₂, *reduseres til null* i løpet av det kommende århundret, og til nesten null i løpet av noen tiår³. Men i Haag diskuterte en ikke tilstramminger i forpliktelsene fra Kyoto. Hovedtemaet var tvert imot mekanismer som skulle gjøre det mulig for rike land å unngå utslippsreduksjoner, for eksempel ved å plante skog i Afrika. Ikke engang et regelverk for omfanget av slike smutthull klarte en å enes om.

³ Det har bredt seg en misforståelse om at det vil være tilstrekkelig å redusere utslippene av CO₂ med ca. 60 % for å hindre ytterligere oppvarming. Denne misforståelsen stammer fra en beregning som ble gjort av FNs klimapanel i 1992, der de anslo at en *øyeblikkelig* reduksjon på 60 % i de *globale* utslippene av CO₂ ville føre til at CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren *i år 2100* ble omtrent den samme som i 1990. Årsaken til at fortsatte utslipp på 40 % av 1990-nivå ikke ville øke konsentrasjonen av CO₂ i atmosfæren det nærmeste hundreåret, er at det på grunn av våre historiske utslipp f.t. ikke er likevekt mellom CO₂ i luften og i havet. Naturen søker hele tida å gjenopprette likevekt ved at havet tar opp CO₂ fra luften, og ved en *øyeblikkelig* 60 % reduksjon i utslippene ville havets opptak i en del tiår framover faktisk overstige de fortsatte utslippene. Derfor ville CO₂-konsentrasjonen i luften først synke svakt og så øke svakt igjen, for å komme tilbake på 1990-nivå i 2100. Om utslippene fortsatte etter dette, ville konsentrasjonen i luften imidlertid bare fortsette å øke. På lang sikt må utslippene ned i null om konsentrasjonen av CO₂ i luften skal stabiliseres. Toget fra 1990 er uansett gått: de globale CO₂-utslippene har økt betydelig siden da, og det samme er konsentrasjonene i luften. En *øyeblikkelig* reduksjon på 60 % er dessuten urealistisk. Om reduksjonen skjedde gradvis, måtte den bli desto større for å gi samme effekt. Effekten kunne f.eks. oppnås ved en reduksjon på ca. 80 % over 40 år. Skulle retten til å slippe ut CO₂ dessuten fordeles likelig blant verdens befolkning, måtte rike land da redusere sine utslipp med 90-95 %. Det ville m.a.o. ikke være så langt igjen til det langsiktige nødvendige målet på 100 % reduksjon.

Det er høyst uvisst om en del rike land kommer til å overholde selv de mest utvannede forpliktelsene. Om de så skulle gjøre, ville det altså slett ikke stanse og knapt nok bremse den globale oppvarmingen.

Til forskjell fra de seks problemene vi har omtalt hittil, er den globale oppvarmingen ett der knapt noen regjering - bortsett fra dem i enkelte lavtliggende øystater som risikerer å drukne - ennå har tatt alvorlig inn over seg.

De kan vanskelig klage over at de ikke har fått tid til å sette seg inn i problemet. Den vitenskapelige erkjennelsen av at menneskeheten er i ferd med å endre klimaet ved å brenne fossile brensel, er like gammel som den moderne erkjennelsen av asbestproblemet, dvs. ca. 100 år. Og de innstendige advarslene har haglet - ikke siden Riokonferansen i 1992 eller Brundtlandkommisjonens rapport i 1987, men siden slutten av 1960-tallet.

Selve uttrykket "drivhuseffekten" kan spores tilbake til matematikeren Jean-Baptiste Fouriers arbeid på begynnelsen av 1800-tallet. Det hevdes ofte at han navnga og beskrev denne effekten i 1827, hvilket ikke er helt korrekt. 1827 er årstallet for et gjenoptrykk av en artikkel om forhold som styrer temperaturen på jorda. Fourier skrev den i 1824, men den bygger på flere tidligere verk fra åra 1807-22. I noen av disse drøftes og sammenlignes den klimareguleringseffekten både av virkelige drivhus og av jordas atmosfære. Fourier misforsto flere aspekt ved begge delene, men erkjente at atmosfæren har lettere for å slippe solstråling enn "ikke-lysende" (infrarød) varmestråling ut. Resultatet er at temperaturene ved overflaten blir høyere enn de ville ha vært uten atmosfæren. Atmosfæren kan altså sammenliknes med drivhusglass når det gjelder resultat, men Fourier tok feil når han antok at *virke måten* var den samme i et drivhus av glass.²⁶⁴

Det var den irsk-britiske fysikeren John Tyndall som klarla *hvordan* atmosfæren bremser varmestråling fra jorda. Gjennom en serie eksperimenter i 1859 viste han at "komplekse" gasser (dvs. gasser med minst tre atomer per molekyl, deriblant vanndamp, kulldioksid og ozon) hadde langt høyere evne til å absorbere varmestråling enn elementært nitrogen og oksygen, som atmosfæren hovedsakelig består av. Det var m.a.o. atmosfærens innhold av de førstnevnte som hadde avgjørende betydning for temperaturen ved jordoverflaten. Allerede i 1861 var Tyndall inne på tanken om at *historiske variasjoner* i mengdene av de komplekse gassene kunne være forklaringen på de endringene i klimaet på jorda som geologene kunne påvise.²⁶⁵

Det forholdet Tyndall oppdaget: at gasser som vanndamp, kulldioksid, ozon (og metan og lystgass, for å ha nevnt de viktigste) hever temperaturen på jorda, er siden dette et erkjent fysikalsk faktum. Ingen seriøs forsker har anfektet det på 140 år. Det er seinere beregnet akkurat hvor mye de hever temperaturen. Med det nåværende innholdet av disse gassene i atmosfæren er den gjennomsnittlige temperaturen ved jordoverflaten +15 grader - uten dem hadde den vært -18 grader. Etter Tyndall dreier all seriøs debatt om menneskeskapt drivhuseffekt seg om *hvor mye* varmere det blir ved en gitt økning i atmosfærens innhold av gitte drivhusgasser.

Det første innlegget i denne debatten kom fra den svenske kjemikeren og Nobelprisvinneren Svante Arrhenius i 1896. Han publiserte da en artikkel i *Philosophical Magazine* der han anslo at en dobling av mengden CO₂ i atmosfæren av seg selv ville heve temperaturen på jorda med mellom 5 og 6 grader. Han var imidlertid også oppmerksom på feedback-effekter, som det at en oppvarming ville føre til at jorda reflekterte mindre solstråling tilbake til

verdensrommet, på grunn av mindre snø- og isdekke, hvilket ville føre til ytterligere oppvarming. Han visste også at havet tar opp mindre og avgir mer CO₂ når det blir varmere - hvilket fører til en ytterligere økning i CO₂-innholdet i atmosfæren, og dermed enda mer oppvarming.²⁶⁶

I artikkelen fra 1896 var Arrhenius først og fremst opptatt av hvilken betydning variasjoner i luftas innhold av kuldioksid kunne ha hatt for den historiske vekslingen mellom istider og varmetider. Han streifer likevel forbrenningen av kull som en faktor som påvirket konsentrasjonene i nåtiden. Noen år seinere, i 1904, påpekte han uttrykkelig at forbrenningen av kull (som på den tiden medførte årlige, globale CO₂-utslipp tilsvarende 8-10 % av dagens) "i løpet av noen hundreår" kunne føre til merkbare klimaendringer.

Arrhenius var på én gang klarsynt og blind. Han så muligheten for at bruken av fossile brensel ville føre til vesentlige klimaendringer, men så ingen *farer* ved dette. Fra sitt nordeuropeiske utkikksted satte han likhetstegn mellom et varmere og et mer behagelig klima, som dessuten ville gjøre det mulig å produsere mer mat til en økende befolkning. Det synes ikke å ha slått ham at det å øke temperaturen på kloden som helhet med flere grader - når utgangspunktet allerede var en varmetid, dvs. en mellomistid - var å spille hasard, og at følgene kunne bli ytterst ubehagelige for store deler av verden.^{267 268}

Arrhenius var en forsker med høy internasjonal status. Hans beregninger og betraktninger ble publisert i førende engelsk- og tyskspråklige tidsskrift, og nådde dermed en betydelig, om enn ikke en bred leserkrets. Det sier kanskje mest om den seinvictorianske tidsånden, med dens klokkertro på framskrittet, at heller ikke *andre* lot seg uroe over utsiktene til klimaendringer.

Blant dem som var godt kjent med Arrhenius' arbeid var den store amerikanske geologen T. C. Chamberlin. I flere verk fra årene 1897-1905 videreutviklet han teorien om hvordan klimavariasjoner hang sammen med konsentrasjonene av CO₂ (og vanndamp) i lufta. Seinere i livet (Chamberlin døde i 1928) mente han imidlertid at innvirkningen av CO₂ var overvurdert.²⁶⁹

Diskusjonen fortsatte sporadisk gjennom de første tiårene av dette århundret. De første "drivhusskeptikerne" meldte seg med det (feilaktige) synspunktet at det allerede fantes nok CO₂ i atmosfæren til å absorbere all infrarød stråling av de bølgelengdene som CO₂ kan absorbere særlig effektivt. Enda mer CO₂ skulle i så fall ikke kunne forsterke drivhuseffekten.

Med arbeidet til den britiske meteorologen Guy Callendar fra slutten av 1930-tallet og utover ble debatten hevet opp på et nytt plan. Callendar leverte ikke bare nye bidrag til den teoretiske forståelsen av hvordan drivhuseffekten forsterkes, men var også den første som knyttet denne sammen med empiriske observasjoner av økningen i så vel atmosfærens CO₂-innhold som temperaturen. Hans bidrag var så vesentlig at seinere forfattere kom til å kalle den menneskeskapte drivhuseffekten for "Callendar-effekten". I 1938 beregnet han at en dobling av CO₂-innholdet i lufta mest trolig ville medføre en økning på to grader i middeltemperaturen på jorda, men la til at det kunne bli vesentlig mer. I 1949 la han fram en tidsserie med målinger av CO₂-innholdet i lufta (slike målinger var blitt foretatt helt fra Tyndalls tid omkring 1870). Den indikerte at det hadde økt fra ca. 290 ppm (milliondeler) på slutten av 1800-tallet til 320 milliondeler på 1930-tallet. Det siste viste seg å være litt overdrevet, på grunn av enkelte dårlige observasjoner. Callendar beregnet selv et annet sted - på grunnlag av mengdene med fossile brensel som var blitt forbrent, og anslag for opptak i havet - at CO₂-innholdet i lufta burde ha økt med 6 % snarere enn 10 % fra 1900 til 1938. Det

stemte i virkeligheten mye bedre. I en seinere artikkel (fra 1958) inkluderte Callendar flere målinger som indikerte at nivået på 320 ppm først ble nådd på 1950-tallet. Fortsatt var dette i overkant, men bare svakt - det skjedde i 1961. (Fra 1958 og utover har vi en uavbrutt serie med sikre målinger - mer om dette nedenfor). Callendar noterte også - første gang i 1939 - at temperaturen på den nordlige halvkulen hadde økt med om lag 0,5 grader siden 1900, og mente at CO₂-utslipp var hovedforklaringen på dette.²⁷⁰

Seinere forskning - og den seinere temperaturutviklingen - har vist at også dette var litt overdrevet. Fra 1940 til 1970 falt faktisk temperaturen svakt (med 0,1-0,2 grader globalt) til tross for fortsatte utslipp av CO₂ og andre drivhusgasser. Det vil si at andre menneskeskapte eller naturlige variasjoner ennå spilte en større rolle enn CO₂. Det rokker likevel ikke ved at økningen fra 1900 til 1940 hadde vært *mindre*, og fallet fra 1940 til 1970 *større*, i fravær av klimagassutslipp.

I årene etter andre verdenskrig fikk oppvarmingen en del oppmerksomhet i mediene. Ikke bare kunne en registrere at temperaturene hadde økt mange steder, men også at isbreer over store deler av verden hadde trukket seg tilbake i løpet av de siste 50-100 årene. Det mest leste bladet i USA, *Saturday Evening Post*, brakte i 1950 en artikkel med tittelen "Blir jorda varmere?", som malte ut mulighetene for økende temperaturer, isavsmelting, stigende hav og endrede dyrkingsområder for ulike jordbruksvekster.²⁷¹ Fortsatt synes det ikke å ha vakt større bekymring, og i de neste to tiåra ble det stillere om saken, ettersom temperaturen flatet ut. Faktisk verserte det omkring 1970 flere historier om faren for en ny istid - på bakgrunn av den globalt sett beskjedne nedgangen i middeltemperaturen etter 1940.

Det er nok et eksempel på at selv ubetydelige hendinger eller "trender" i *samtiden* kan ha større makt over fantasien, over mediene og over politikken enn solid funderte antakelser om store endringer i *framtida*. For gjennom 1950- og 60-tallet ble kunnskapen om den menneskelige forsterkningen av drivhuseffekten stadig større.

Den canadiske fysikeren Gilbert Plass raffinerte forståelsen av hvilken evne CO₂ har til å absorbere infrarød stråling, og publiserte i 1956 en artikkel der han anslo at 10 % økning i atmosfærens innhold av denne gassen ville heve den globale temperaturen med 0,36 grader. Han kommenterte at menneskeheten var i gang med å utføre et storstilt eksperiment som en ikke ville kjenne resultatene av på flere generasjoner.²⁷²

I forbindelse med FNs Internasjonale geofysiske år (IGY) 1957/58 ble det etablert en permanent målestasjon for CO₂ på fjellet Mauna Loa på Hawaii. Stedet midt i Stillehavet ble valgt fordi det ligger omtrent så langt unna større lokale forurensningskilder som det er mulig å komme. Etableringen av Mauna Loa-observatoriet skjedde etter initiativ fra den unge geofysikeren Charles Keeling og med støtte fra den allsidige forskeren og forskningspolitikeren Roger Revelle, som selv hadde skrevet om "Callendar-effekten" og var med i organisasjonskomiteen for IGY.²⁷³ Observatoriet har nå vært i drift i 43 år og vist en uavbrutt økning i atmosfærens CO₂-innhold, fra 315 ppm i 1958 til 370 ppm i 2000.

På slutten av 1950-tallet kom også de første forsøkene på å konstruere EDB-baserte verktøy for å analysere værutvikling på globalt nivå - såkalte globale sirkulasjonsmodeller.²⁷⁴ Selv om formålet i utgangspunktet var værvarsling - altså å forutsi utviklinga dager og ikke tiår fram i tiden - oppsto det snart interesse for å bruke slike modeller til å raffinere kunnskapen om hvordan et fortsatt økende CO₂-innhold i atmosfæren ville slå ut.

Tyndalls 100 år gamle erkjennelse - at det ville føre til oppvarming - sto fast, og en hadde nå en viss kunnskap om *hvor mye* mer infrarød stråling en ekstra mengde CO₂ ville absorbere, og hvilken temperaturøkning det i *utgangspunktet* kunne utløse. Men andre problemstillinger tårnet seg opp. Øker temperaturen, smelter is og snø. Det minsker jordas albedo og fører til ytterligere temperaturøkning. Men hvor mye? Øker temperaturen, får vi mer fordampning og flere skyer. Det betyr mer vanndamp (en drivhusgass) i atmosfæren, samtidig som skytoppene har en lavere strålingstemperatur enn jordoverflata. Disse faktorene bør bidra til *ytterligere* temperaturøkning, men samtidig er skydekke med på å øke albedoen, hvilket *demper* temperaturøkningen. Hvor mye? Når temperaturen øker, øker den det neppe like mye på alle breddegrader, over hav og over land. Høyere temperatur i alminnelighet og en annen temperaturfordeling vil føre til endringer i vindfelt og i fordelingen av fordampning, skyer og nedbør. Det igjen kan virke tilbake på temperaturen, ikke bare regionalt, men også globalt.

Dette er bare et lite knippe av den lange katalogen av faktorer som kan dempe eller forsterke drivhuseffekten, men det var noen av dem en tidlig så at en kunne få bedre grep på med EDB-baserte sirkulasjonsmodeller. Det første alvorlige forsøket ble gjort av japaneren Syukuro Manabe og amerikaneren Richard Wetherald i 1967. Deres modell indikerte at temperaturen i gjennomsnitt ville øke med 2,3 grader dersom atmosfærens CO₂-innhold ble doblet i forhold til det "før-industrielle" nivået. Ettersom den tilgjengelige datakraften økte, og det samme skjedde med kunnskapen om fysiske, kjemiske og biologiske faktorer som kunne dempe eller forsterke oppvarmingen, ble det i rask rekkefølge utviklet mer raffinerte klimamodeller. Allerede i 1969 hadde Manabe, nå sammen med Kirk Bryan, utviklet en forbedret modell som tok større hensyn til veselvirkingen mellom atmosfære og hav.²⁷⁵

Mot slutten av 1960-åra kunne kjennskapen til global oppvarming oppsummeres slik: En hadde visst i over 100 år at CO₂ bidrar vesentlig til å gjøre jorda varmere. Det var over 60 år siden det ble påpekt at bruken av fossile brensel kunne forsterke denne effekten, og seriøs forskning for å klarlegge det mulige omfanget av kommende klimaendringer hadde pågått i 30 år. De siste 10-15 årene var denne forskingsinnsatsen intensivert, samtidig som en nå hadde nøyaktige målinger som viste hvor mye CO₂-innholdet i atmosfæren økte fra år til år. Det fantes ennå enorme kunnskapshull - både med hensyn til *hvor mye* temperaturen kunne ventes å stige og hvordan det ville slå ut for andre værphenomen som vind og nedbør i forskjellige deler av verden. Men det var - nettopp av den grunnen - åpenbart at menneskeheten var i gang med et *eksperiment med uoverskuelige konsekvenser*, som Gilbert Plass hadde sagt 14 år tidligere. Førre var-prinsippet hadde tilsagt at en satte stopp for dette eksperimentet.

Fram til dette tidspunktet kunne likevel den store offentligheten, inkludert verdens politikere, til nød unnskyldes for ikke å ha reagert. Drivhusproblematikken hadde ennå ikke fått noen større publisitet utenfor forskingsmiljøene og fagtidsskriftene. (Artikler som den ovenfor nevnte i *Saturday Evening Post* omkring 1950 bygde på observerte endringer, snarere enn på teorier om framtidige menneskeskapte.)

Det skulle nå endre seg. Miljøbevegelsen, som i moderne skikkelse vokste fram nettopp på slutten av 60-tallet, tok opp problemet nesten fra første stund. En av dens fremste internasjonale pionerer var amerikaneren Barry Commoner. I boka *Science and Survival* (3. utg. 1966, no. utg. *Mens det ennå er tid*, 1969) er drivhuseffekten det første miljøproblemet han omtaler. Det skjer med henvisning til presidentens rådgivende virtenskapelige komité (Science Advisory Council) som i 1965 hadde advart om den globale oppvarmingen – riktignok med en overdreven frykt for isavsmelting i Antarktis.²⁷⁶ I Norden var tre høyst forskjellige bøker med på å så frø til miljøbevegelsen - svensken Rolf Edbergs *Spillror av ett*

moln (1967, no. utg. *Et støvgrann som glimter*, 1968) landsmannen Hans Palmstiernas *Plundring- svält- färgiftning* (1967, no. utg. *Plyndring, sult, forgiftning*, 1968) og finnen Nalle Valtialas *Varning för människan* (1968, no. utg. *Mennesket - Et skadedyr?* 1970). Alle tre omtaler drivhuseffekten, Edberg riktignok flyktig.²⁷⁷

I den internasjonalt mest innflytelsesrike av alle miljøbøker fra de neste åra, *Limits to Growth* (1972, no. utg. *Hvor går grensen?*) ble drivhuseffekten omtalt først blant de forurensningsproblemene som kunne føre industrisamfunnet ut i katastrofe. Det ble illustrert med en kurve som viste økningen i atmosfærens CO₂-innhold fra 1958.²⁷⁸

Samme år - 1972 - holdt FN sin første konferanse om Menneskets miljø i Stockholm. Som opptakt til konferansen bestilte FNs generalsekretær en bok, *Only One Earth* (norsk utgave *Bare én jord*) som skulle gjøre de problemene konferansen handlet om tilgjengelige for vanlige mennesker. Boka ble skrevet av briten Barbara Ward og franskmannen René Dubos, med bistand av en referansegruppe på 152 eksperter fra 58 land, og solgt i store opplag på en rekke språk. I delen om "Klodens systemer" omtales drivhuseffekten først blant truslene, og da som én med helt uoverskuelige og potensielt svært alvorlige følger.²⁷⁹

Selve Stockholmskonferansen hadde da også drivhuseffekten på sin dagsorden. Den gjorde ingen vedtak med særlig kraft - like lite på dette som på de fleste andre områder. Men to av anbefalingene i Handlingsplanen fra konferansen dreier seg om klimaendringer. Anbefaling nr. 70 - den første i bolken om forurensninger av internasjonal betydning - oppfordrer regjeringer til nøye å vurdere de mulige klimaeffektene av aktiviteter som foregår innenfor deres grenser. Nr. 79 anbefaler at det etableres et nettverk av minst 10 målestasjoner i regi av Verdens meteorologiske organisasjon for å overvåke konsentrasjonene av klimagasser i atmosfæren.

Anbefalingene dreide seg altså om å vurdere, å overvåke - i praksis å vente og se. Men ingen regjering kunne lenger hevde at den ikke kjente til problemet.

Heller ikke den norske. I NOU 1974:55 ("Norges ressursituasjon i global sammenheng") hevdes det at "ved slutten av neste århundre vil CO₂-innholdet kunne bli opp til fire ganger større enn i dag. Dette vil kunne gi betydelig utslag i temperaturen"...og litt lenger ned at "De mulige konsekvenser av store temperaturendringer kan være katastrofale".²⁸⁰

Miljøbevegelsen var også i høy grad på banen. I 1974 utkom også boka *Bruk og misbruk av energi*, utarbeidet av en gruppe i Samarbeidsgruppene for natur- og miljøvern (snm) (denne forfatteren var selv, som ung student, med på forarbeidet). Her omtales drivhuseffekten over sju sider, som det første miljøproblemet og det viktigste problemet knyttet til fossile brensel. Fem år seinere kom Naturvernforbundet med boka *Energi, miljø og samfunn*, der drivhuseffekten igjen omtales først av alle miljøproblemene knyttet til energibruk (den opptar det meste av kap. 2). Dette var i et land og i et tiår der miljøbevegelsen - og spesielt (snm) og NNV - ellers hadde hendene fulle med et helt annet energiproblem, nemlig kampen mot hensynsløse vassdragsutbygginger.

Det er kort sagt en rein myte når enkelte - til og med i miljøbevegelsen - i dag skriver om den menneskeskapte drivhuseffekten som noe som først kom under offentlig debatt for om lag et tiår siden. Den var godt kjent for alle som fulgte med alt omkring 1970, og ble ivrig debattert i åra som fulgte. Den ble gjennom 1970-årene omtalt både i mediene (som sin vane tro gjerne overdrev - ofte med skrekvisjoner om en snarlig og total nedsmelting av Antarktis) og i en

rekke bestselgende bøker om miljøproblemene (hvilket ennå ikke var noen selvmotsigelse). Den mest solgte "grønne" boka i Norden gjennom tidene, *Opprør fra midten* (1978) kaller klimaproblemet for "den mest fundamentale grense" vi står overfor. Den ble også omtalt i regjeringsdokument. I St.meld. 54 (1979-80) Om Norges framtidige energibruk og produksjon, heter det at "Hvis utslippet av CO₂ fortsetter å øke like raskt inn i neste århundre kan dette føre til en temperaturstigning på 1,5 - 4 grader fram mot år 2050" - selv om konklusjonen ikke er sterkere enn at "vi må også *bremse på økningen* (min uth.) i bruken av fossile brensel".²⁸¹

Til tross for dette ble *overhodet ingenting* gjort av *noe* land for å begrense CO₂-utslippene. Riktignok kom vestlige industrilands utslipp til å vokse langsommere fra 1973-86 enn i årene før (og nærmest etter). Men dette hadde lite med bevisst politikk å gjøre, og slett ikke med politikk for å minske utslippene. Det skyldtes at OPEC hevet oljeprisene kraftig, først i 1974 og så igjen i 1979. Det stimulerte både til energisparing og til å bytte ut olje med andre energikilder. De sistnevnte kunne være kjernekraft (som ikke gir direkte CO₂-utslipp) eller gass (som gir mindre enn olje), men også kull, som gir vesentlig mer. At drivhusproblemet ikke spilte noen rolle, vises av at land som fant det enklest eller billigst å bytte fra olje til kull - for eksempel Danmark - villig vekk gjorde nettopp det. Det internasjonale energibyrået, IEA, som ble opprettet av rike land som mottrekk mot OPEC, fremmet aktivt nye satsinger på kull for å minske oljeavhengigheten. Helt fram til 1989 var det ikke et eneste land som engang vedtok en *målsetting* om å begrense (enn si redusere) utslippene av CO₂.

Det hjalp ikke at en omfattende forskningsinnsats dels bekreftet og dels forsterket truselen en sto overfor. Gjennom 1970- og 1980-tallet utviklet klimaforskere stadig mer raffinerte modeller for å forutsi effektene av klimagassutslipp - som tok hensyn til flere dempende og forsterkende mekanismer⁴, og beregnet utviklingen for mindre geografiske områder. Norsk institutt for luftforskning (NILU) utarbeidet i 1990 en oversikt over 13 slike modeller fra årene 1975-89. Alle hadde regnet på effekten av å doble av CO₂-innholdet i lufta fra det før-industrielle nivået - det var blitt et standardscenario i slike øvelser. Med hensyn til den gjennomsnittlige globale oppvarmingen dette ville forårsake, spente resultatene fra 1,3 til 5,2 grader. De fleste lå likevel innenfor intervallet 2-4 grader.²⁸² Det vil si at de i gjennomsnitt indikerte noe *større* klimaendringer enn det Manabes modeller fra 60-årene, eller Callendars beregninger 30 år tidligere - som alle indikerte ca. 2 grader - hadde gjort. Det kan være at noen av modellene fra 1970- og 80-tallet overdrev de forsterkende, og/eller undervurderte de dempende mekanismene. (Modeller fra tidlig på 90-tallet tenderte igjen til å bevege seg i

⁴ Slike mekanismer, som enten øker eller minsker temperaturstigningen, kan være både av fysisk-meteorologisk, kjemisk og biologisk art. Noen av de fysisk-meteorologiske: endringer i skydekke, i jordas albedo, i vindfelt osv. er nevnt tidligere. Endringer i havstrømmer er også en mulighet. Kjemiske effekter kan bestå i at økt innhold av én drivhusgass i lufta enten av seg selv, eller gjennom den temperaturøkningen den utløser, virker tilbake på konsentrasjonen av den samme eller av en annen drivhusgass. En av "skyeffektene" hører egentlig til denne kategorien: flere skyer som en mulig følge av temperaturøkning betyr økte mengder av drivhusgassen vanndamp. Temperaturøkning kan også føre til at tundraområder tiner og at organisk materiale som tidligere var frosset, brytes ned, med store utslipp av drivhusgassen metan som resultat - altså nok en forsterkende effekt. Temperaturøkning i havet vil av seg selv utløse økte utslipp av CO₂ fra hav til luft. Et annet eksempel er at en økning i metaninnholdet i lufta vil forsterke seg selv ved å føre til nedbryting av hydroksyl (OH) som ellers regulerer metaninnholdet. Dette kan imidlertid også utløse en dempende effekt ved at mindre OH fører til mindre nedbryting av drivhusgassen ozon nær bakken. At drivhusgasser som KFK demper sin egen effekt ved å bryte ned ozon i stratosfæren, er tidligere omtalt i kap. 7. - Biologiske mekanismer består i at vegetasjonsdekket på jorda enten "legger på seg" og dermed tar opp CO₂ fra lufta, eller minsker og dermed fører CO₂ tilbake til lufta. Økt CO₂-innhold i lufta vil av seg selv fremme plantenes vekst og dermed "dempe seg selv". Men om varmere vær fører til at eksisterende skogområder tørker ut og dør - i større omfang enn de vokser til andre steder på kloden - står vi overfor en forsterkende effekt.

nedre halvdel av intervallet 2-4 grader: FNs klimapanel kom i 1995 til at 2 grader var "beste estimat". Det er mer enn nok til å bekymre seg over, men utløste fra skeptikernes side reaksjonen "Se - jo mer de regner på det, jo mindre blir økningen". På slutten av 90-tallet har igjen usikkerheten - særlig oppover - blitt større, noe vi kommer tilbake til.)

Politikerne på 1970- og 80-tallet kunne altså konstatere at den økte forskningsinnsatsen som de hadde bedt om ved Stockholmskonferansen, indikerte at fortsatte CO₂-utslipp kunne gi *enda større* klimaeffekter enn en trodde før 1972.

Men det var ikke alt. I løpet av 70-åra ble en oppmerksom på at atmosfærens innhold ikke bare av CO₂, men også av andre drivhusgasser som metan og lystgass, stadig økte som følge av menneskelig aktivitet. Det innebar at en forsterkning av drivhuseffekten som *tilsvarte* en dobling av CO₂-innholdet, ville bli utløst lenge før atmosfærens innhold av CO₂ alene var fordoblet. (I dag - år 2000 - inneholder luften ca. 30 % mer CO₂ enn før den industrielle revolusjonen. Men på grunn av utslippene av metan og lystgass, har vi forsterket drivhuseffekten like mye som om vi hadde økt CO₂-innholdet med vel 40 %. Vi er m.a.o. snart halvveis til den "doblingen av CO₂" som modellberegningene har operert med. At dette foreløpig bare ser ut til å ha ført med seg en temperaturøkning på 0,7 grader, betyr ikke at de fleste modellene overdriper. På grunn av havets treghet som varmemagasin, er det nemlig velkjent at temperaturøkningen vil slepe noen tiår etter endringene i atmosfærens sammensetning). - I tillegg til at de gamle kjente drivhusgassene metan og lystgass økte, ble en oppmerksom på at syntetiske gasser - framfor alt KFK'ene - som vi slapp ut i atmosfæren hadde svært sterk drivhuseffekt. Det var først seinere at en kom til at denne effekten stort sett ble "nullet ut" ved at KFK'ene bryter ned den naturlige drivhusgassen ozon.

Budskapet var altså: Klimaendringene *kan bli enda større* enn vi trodde på 1960-tallet, og de *kan komme enda fortere*. Klimamodellene viste flere urovekkende trekk. Noen områder ville bli våtere enn før, andre tørrere. I seg selv ville dette by på økte omstillingsproblemer både for jordbruket og for ville planter og dyr. Men de fleste modellene viste også en tendens - noe de har fortsatt med å gjøre - til at områder som fikk lite nedbør på forhånd ville få enda mindre, mens de som fikk mye ville få enda mer. M.a.o. ikke en behagelig utjevning av klimaet, men det stikk motsatte.

Forskningen hadde noe å by på også for dem som krevde *empirisk belegg* i tillegg til mer raffinerte modellberegninger. Tyndalls og Arrhenius' gamle teorier om at langsiktige, historiske klimavariasjoner hang sammen med endringer i CO₂-innholdet i luften, ble kraftig styrket da forskere boret seg ned gjennom isen, først på Grønland og seinere i Antarktis. Der tok de prøver av luft som var fanget i isen for titusener av år siden, og målte både CO₂-innholdet og forholdet mellom ulike karbonisotoper, som forteller om temperaturen da luften ble fanget. Den lengste iskjernen, som ble boret ved Vostok-stasjonen i Antarktis i 1987, dokumenterte en nær sammenheng mellom CO₂-innholdet i luften og temperaturen gjennom de siste 160 000 åra. CO₂-innholdet pendlet mellom ca. 200 ppm på det kaldeste under siste og forrige istid, og 280 ppm (det "før-industrielle nivået") under varmetidene. Aldri før 1900 var det over 300 ppm, enn si i nærheten av dagens 370 ppm.²⁸³

Intet av dette gjorde synderlig inntrykk på flertallet av verdens politikere. I 1987 kom imidlertid også rapporten fra Brundtlandkommisjonen. Den pekte på forsterkningen av drivhuseffekten som den første av de seks alvorligste miljøtruslene menneskeheten sto overfor. Som vi har sett var dette ikke spesielt originalt: andre hadde gjort det samme 15 år tidligere. Men Brundtlandkommisjonen gikk i større grad "hjem" - kanskje på grunn av PR-

evnene til kommisjonslederen og apparatet rundt henne, kanskje fordi de arbeidet med hele FNs backing, og kanskje fordi rapporten kom ut i en tid da den allmenne miljøbevisstheten i mange rike land, under inntrykk av slike hendelser som Tsjernobylnkatastrofen og oppdagelsen av ozonhullet, pekte kraftig oppover.

Hva enten Brundtlandkommisjonen hadde selvstendig gjennomslagskraft eller "red på en bølge", så fikk dens rapport formelle politiske konsekvenser - globalt og i enkelte nasjoner. På det globale planet vedtok FNs generalforsamling i 1989 at det i 1992 skulle holdes et toppmøte om verdens miljø og utvikling, UNCED-92. Året før hadde FNs miljøprogram UNEP i samarbeid med WMO vedtatt å opprette et mellomstatlig forskerpanel - Intergovernmental Panel om Climate Change, IPCC - som fikk i oppgave å sammenfatte det beste av vitenskapelig kunnskap om kommende klimaendringer som grunnlag for politisk handling. Det ble tidlig klart at spørsmålet om en avtale om begrensning av klimagassutslippene ville stå sentralt ved UNCED-92. Noen var naive nok til å tro at det kunne bli tale om en avtale med substans - ja til og med en avtale om å *redusere* utslippene.

Under oppløpet til verdenskonferansen gjorde da også enkelte land egne vedtak om enten å stabilisere eller å redusere utslippene av den viktigste klimagassen, CO₂. Først ut var - som en dobbeltbunnet ironi - Norge. Under behandlingen av St. meld. 46 (1988-89), som handlet om Norges oppfølging av Brundtlandkommisjonen, ga et flertall i Stortingets miljøkomité uttrykk for at Norges CO₂-utslipp burde stabiliseres på 1989-nivå innen 2000. En flertallsinnstilling fra en komité er i og for seg et like godt pålegg til en regjering som et plenumsvedtak i Stortinget. Den første ironien var imidlertid at dette vedtaket kom etter forslag ikke fra regjeringen der Brundtlandkommisjonens leder var statsminister, men fra Høyre. Den andre var at vedtaket viste seg mindre verdt enn papiret i komitéinnstillingen: i Norge har utslippene økt med 23 % siden 1989²⁸⁴, noe som er tilnærmet rekord blant verdens rike land.

Året etter presenterte regjeringen i Danmark en annerledes ambisiøs målsetting: den ville redusere utslippene med 20 % fra 1988-nivå innen 2005. Til forskjell fra Norge mente Danmark alvor: heller ikke dette landet ser ut til å komme *helt* i mål, men utslippene var redusert med vel 9 % fram til 1999, til tross for økende energiforbruk i transportsektoren.²⁸⁵ Flere andre land gjorde omtrent samtidig vedtak som liknet på det danske. Ingen av disse har fulgt opp i samme grad - om vi da unntar Tyskland, som satte 25-30 % reduksjon som foreløpig mål, men fikk en stor del av dette "gratis" gjennom nedlegging av ulønnsomme østtyske kraftverk og tungindustri.

FNs klimapanel - IPCC - la fram sin første rapport i 1990. Den var basert på bidrag fra flere hundre framstående forskere over hele verden og omfattet vurderinger både av de mulige klimaendringene ved fortsatte klimagassutslipp og av effektene på havnivå, økosystemer, jordbruk, helse og andre forhold. IPCC understreket alvoret i situasjonen og antydte samtidig at det kunne gå omkring et tiår til før effektene ble helt tydelige i nåtid.

Det hjalp lite. UNCED-92 - Riokonferansen - viste seg ute av stand til å vedta begrensninger eller reduksjoner i utslippene. Det ble med et inntil videre tomt skall - en *rammekonvensjon* om klimaendringer, som bare forpliktet partene til å møtes seinere for diskutere hvorvidt, hvor mye og med hvilke smutthull utslippene skulle reduseres.

Resten av historien tør være godt kjent. Det tok fem år før det i Kyoto ble underskrevet en protokoll som krevde at rike land skulle redusere sine samlede klimagassutslipp med vel 5 % fra 1990-nivå innen 2010. Ettersom protokollen ikke påla utviklingsland noen begrensninger,

ville den ikke hindre at de globale utslippene fortsatt *økte*. (Som vi har sett, ville verken en global stabilisering av utslippene eller en moderat global reduksjon være nok til å stabilisere klimaet). Tre år etter at protokollen ble vedtatt, har den fortsatt ingen juridisk kraft: ikke et eneste industriland har ratifisert den. De har i stedet brukt tiden på en rekke nye konferanser, med sikte på å bli enige om hvor omfattende smutthull som skal etableres før de tør å vedta avtalen på alvor.

I mellomtida har forskerne blitt ved sin lest, og kommet til - om mulig - enda mer urovekkende resultat når det gjelder omfanget av det "eksperimentet" som Gilbert Plass omtalte i 1956. I 1990 kom IPCC til at temperaturen på jorda mest trolig ville øke med ca. tre grader fram til år 2100, dersom utslippene fortsatte å vokse ("business as usual"). Det var likevel betydelig usikkerhet både opp- og nedover.²⁸⁶ I 1995 anslo IPCC økningen til mellom 1,0 og 3,5 grader med to grader som "beste estimat" - hvilket bidro til reaksjonen: "jo mer de regner, jo mindre blir det". Få av skeptikerne leste hele beretningen: de lavere tallene forutsatte 1) mindre vekst i klimagassutslippene enn antatt i 1990 og 2) fortsatt høye utslipp av svoveldioksid, som danner partikler i luften som bidrar til å senke temperaturen.²⁸⁷ Dessuten gjaldt tallene - både de fra 1990 og de fra 1995 - temperaturøkningen *fram til 2100*. Fordi havets temperaturreghet forsinker oppvarmingen, ville temperaturen i løpet av det 22. århundret ha fortsatt å stige - *inntil dobbelt så mye* - selv om klimagasskonsentrasjonene i luften øyeblikkelig ble stabilisert 1. januar 2100. I 2000 har IPCC lagt fram nye beregninger. De tar hensyn til at utslippene av svoveldioksid ikke lenger kan ventes å øke i globalt gjennomsnitt (jfr. kap. 6). Dermed kan vi vente oss en temperaturstigning på mellom 1,5 og 6,0 grader innen 2100. Og IPCC er nå mer påpasselig med å understreke at 2100 bare er en tilfeldig milepæl. Selv om vi stanser alle nettoutslipp av klimagasser da, vil temperaturen fortsette å øke ut over i det 22. århundret, og havet vil - på grunn av sin treghet - fortsette å stige i flere hundre år.²⁸⁸

I tillegg indikerer forskningen tydeligere enn før at verden kan vente seg flere ekstreme værhendelser - spesielt ekstrem tørke og ekstrem flom. Det har allerede slått til. Tallet på "naturlige" hendelser med skade til følge verden over var ifølge det tyske gjenforsikringsselskapet Münchener Rückversicherung tre ganger så stort på 1990- som på 1960-tallet. (De økonomiske skadene, målt i faste penger, har blitt ca. 12 ganger større, men resten av den forskjellen skyldes i stor grad at det står flere og dyrere bygninger og anlegg i veien for været). Tallet på slike hendelser satte rekord både i 1998 (702), 1999 (755) og 2000 (ca. 850).²⁸⁹

I 1990 mente IPCC at det kunne gå ennå et tiår før vi så entydige utslag av en forsterket drivhuseffekt foran øynene våre. I 1995 mente de at det fantes en sannsynlighetsovervekt for at dette allerede var tilfellet. I 2000 kan vi konstatere at seks eller sju av de varmeste årene som noensinne er målt - siden en begynte med temperaturmålinger over det meste av jordkloden på 1860-tallet - har forekommet på 1990-tallet. (Om det er seks eller sju kommer an på hvilken dataserie en bygger på). Samtlige 12 av de varmeste årene har forekommet etter 1980.^{290 291}

Ut fra det en kan slutte seg til om historiske temperaturvariasjoner, har 1990-årene trolig vært det varmeste tiåret ikke bare i det siste hundreåret, men i det siste tusenåret.²⁹² Det har vært perioder (f.eks. i Nord-Europa under bronsealderen) der temperaturen i deler av verden har ligget 1-2 grader høyere enn nå. Men det er neppe noen der de *globalt* har ligget *vesentlig* høyere enn nå siden begynnelsen av siste istid - dvs. i løpet av de siste 115 000 årene, og dermed i hele den tiden arten *Homo sapiens* har vandret på jorda. Ved en global oppvarming

på 3-4 grader eller mer, snakker vi om gjennomsnittstemperaturer som neppe har forekommet på flere millioner år, og dermed i levetida til et flertall av de artene som nå finnes på jorda.

Det er omfanget av eksperimentet vi nå gir oss i kast med. Haag-konferansen hadde det ikke en gang på sin dagsorden å stoppe eksperimentet, bare å skape nok enighet om smutthull i en avtale til at akselerasjonen kunne dempes en smule. 97 år etter Arrhenius, 63 år etter Callendar, 45 år etter Plass, 34 år etter Manabe, 29 år etter Stockholmskonferansen, 14 år etter Brundtlandkommisjonen gir vi stadig full gass inn i varmen.

Hvorfor? Fordi det at vi er i ferd med å utløse store klimaendringer, fortsatt oppfattes som en usikker teori?

Spurte en dem som satt rundt forhandlingsbordene i Haag, ville nok et fåtall svare slik. Men det finnes sterke politiske krefter i mange land (f.eks. Fremskrittspartiet i Norge og store deler av det republikanske partiet i USA) som mener det. Så lenge det er tilfellet, må politikere som tror det motsatte regne med angrep dersom de går med på upopulære tiltak for å begrense utslippene av klimagasser. Slike angrep har utsikt til å lykkes - dvs. å gi velgergevinst - dersom mange av *velgerne* "ikke tror på" oppvarmingen. Det er det noen som ikke gjør - ettersom mediene gir bred plass i spaltene og foran mikrofonene til Lomborger, Fossener og likesinnede. Mediene vil gjerne ha nyheter. Nyhetsverdien ved at nok en forsker bekrefter at vi forsterker drivhuseffekten, er for lengst beskjeden. Det er lettere å vri en god tittel ut av at noen påstår at vi alle har blitt lurt.

Skepsis, kritikk og debatt er både vitenskapens og demokratiets livsblod. De bør imidlertid også omfatte kritikk av kritikken og skepsis til skepsisen. Når det gjelder klimaproblemet, kan vi skille mellom tre grupper av skeptikere.

Det finnes noen høyt kompetente og seriøse forskere innenfor meteorologien og andre grener av geofysikken som mener at en gitt økning i mengdene klimagasser i atmosfæren, vil føre til noe mindre oppvarming enn selv de "laveste" av IPCCs scenarier viser. De mener gjerne at én eller flere dempende mekanismer er undervurdert. De befinner seg i mindretall, bl.a. nettopp fordi IPCC har søkt å fange opp bredden i den klimaforskningen som pågår og vise spennet mellom høye og lave anslag. Det finnes også seriøse forskere som har søkt, og ment å finne, naturlige forklaringer (fortrinnsvis endringer i vulkan- og solaktivitet) på de temperaturendringene som er registrert hittil, eller som har problematisert noen av målingene som sådanne. Deres innvendinger har vært på vikende front i de siste årene, men det kan ikke utelukkes at naturlige variasjoner forklarer en større del av oppvarmingen enn de fleste forskere antar.

For det andre finnes det et betydelig antall forskere som får legitimitet og spalteplass på grunn av kompetanse i *andre* naturvitenskapelige fag enn geofysikken. Noen av den framfører argument som er svært lette å tilbakevise for den som har en smule kjennskap til dette faget - hvilket dessverre ikke gjelder de fleste medier, lesere, lyttere eller seere. Et godt norsk eksempel er den av antimiljøbevegelsen feterte geologen Tom V. Segalstad.

Endelig finnes det selvfølgelig mange mennesker uten noen pretensjoner til naturvitenskapelig kompetanse, men med meningsdannende prestisje, som har snappet opp løse brokker av "relevant" kunnskap, fått dem passe om bakfoten og freidig bruker dem i debatten. Det er herfra en kan høre argument som at menneskets utslipp av CO₂ (som fører til netto økning av konsentrasjonen i lufta) ikke kan bety noe etter som de er så små i forhold til

de naturlige strømmene (der utslipp og opptak nuller hverandre ut, og som derfor ikke gir noen netto økning).

Den første gruppen av skeptikere fortjener å tas på alvor. Vitenskapshistorien er full av eksempel på at mindretall har hatt rett: Ut fra føre var-prinsippet er dette likevel *politisk* irrelevant. Dersom et betydelig *mindretall* av kompetente forskere mente at vi var i gang med å utløse et eksperiment av det omfanget IPCC forutser, ville det være grunn nok til å stanse eksperimentet. At et flertall mener det, styrker bare motivasjonen for å slutte med klimagassutslippene.

Grunnen til at usikkerheten om omfanget av de klimaendringene vi er i ferd med å utløse har gjennomslagskraft som argument *mot* handling, og ikke tvert imot som argument *for* handling, er naturligvis forestillingen om at det å handle vil bli forferdelig dyrt. Praktisk talt alle tror dette. Økonomer doserer at det vil gå hardt ut over BNP. Storparten av miljøbevegelsen er overbevist om det samme og til dels glad for det: her er et godt argument for at vi må skjære ned på det materielle forbruket. Mediene selger det dystre budskapet. Politikerne skjølver som nevnt for de "upopulære" tiltakene som må gjennomføres.

I virkeligheten lir samtlige under en fordom. På grunn av en fordom fortsatte Europa å bruke giftig blymaling i 100 år - og USA i nesten 150 år - etter at Charles Thackrah hadde foreslått et like godt og vel så billig alternativ. På grunn av reine fordommer fortsetter vi med et energisystem basert på fossile brensel, til tross for at det finnes like billige og langt bedre alternativ.

Noen kunne forledes til å tro at økonomene var de best kvalifiserte til å uttale seg om kostnadene ved å bytte energisystem, liksom geofysikerne er det om drivhuseffekten som fenomen. Det er de ikke. Den vesentlige kunnskapen forvaltes i dette tilfellet av dem som vet noe om hvordan innretninger for å omvandle og bruke energi kan bygges og forbedres. Det er helst ingeniører, arkitekter (siden mye av energien brukes til å varme opp og drive bygninger) eller fysikere med en anvendt legning. De vet en del om kostnader, fordi de må gjøre en kalkyle hver gang de foreslår en løsning. De fleste økonomer avslører derimot, når de omtaler kostnadene ved å spare energi eller bygge om energisystemet, en nesten total uvitenhet om sakens tekniske realiteter. Det er blant teknikerne en kan finne de store optimistene, både når det gjelder hva som *kan* spares av energi, hvor lett det er å erstatte fossile brensel med andre energikilder, og hva begge deler vil koste.

Det finnes en mengde beregninger av høyt kvalifiserte fysikere og ingeniører som viser at det teknisk sett er en smal sak å avvikle, eller nesten avvikle, bruken av fossile brensel i løpet av få tiår. Allerede Brundtlandkommisjonen omtalte tre slike "lavenergiscenarier", og mente at "det ikke finnes noe annet realistisk alternativ for verden i det 21. århundret. Idéene bak disse lavere scenarier er ikke utopiske".²⁹³ Det scenariet som ble fylldigst presentert (og som senere er utdypet i Goldemberg o.fl. 1988) viste at rike land kunne halvere sitt samlede energiforbruk i løpet av 40 år, selv om de økte velstanden betraktelig. Et annet, av den amerikanske fysikeren Amory Lovins, antydte at *hele verden* kunne halvere energiforbruket, og rike land redusere sitt med 70-80 %, fortsatt uten konsekvenser for velstanden. Forskere ved universitetene i Lund og Oslo og ved Danmarks tekniske Universitet viste i 1991 at selv med en del svært forsiktede forutsetninger, kunne energiforbruket i både Norge, Sverige og Danmark halveres innen 2030.²⁹⁴ Hille og Malvik (1997) reviderte i all ubeskjedenhet noen av forutsetningene og kom til at en 70 % reduksjon i alle fall var innen grei rekkevidde for Norge i samme tidsperspektiv. Begge disse beregningene gikk ut fra et stabilt velstandsnivå. Selv

med fortsatt økonomisk vekst hadde en betydelig reduksjon i energiforbruket vært mulig - hvor stor den da kunne bli hadde vært avhengig av hvilke former for produksjon og forbruk som fikk vokse.

Det er helt uproblematisk å vise at det finnes nok fornybare energiressurser til å dekke et energiforbruk på nivå med eller opp mot dagens i verden som helhet. Dette selv om en bare regner med et beskjedent bidrag fra solenergi (dvs. at vind- og bioenergi sammen med utbygd vannkraft må dra det meste av lasset). Selv Europa kunne dekke sitt energiforbruk på denne måten, om en først reduserte selve energiforbruket med 50 prosent. Tilgangen på solenergi er i praksis uendelig, men den er dels noe dyrere å utnytte, dels er den såpass "tynt fordelt" at det skal relativt store mengder materialer til for å fange store mengder av den. Det kan i seg selv være en økologisk begrensning, men vi vet ennå ikke hvor det er rimelig å trekke grensen. Det er godt mulig at vi etter hvert på økologisk forsvarlig vis kan utnytte flere ganger mer solenergi enn vi bruker fossil energi i dag.

Én stor feil som mange økonomer og andre gjør når de skal vurdere kostnadene ved å redusere klimagassutslipp, er imidlertid å *gå ut fra* at selve energiforbruket kommer til å øke. (Det vil si at de enten går ut fra at potensialet for energisparing er lite, eller at ingen vil gidde å realisere det). Siden bio- og vindenergi er noe dyrere enn fossil energi i de fleste situasjoner, og solenergi foreløpig betraktelig dyrere, kommer de da uvegerlig til at et skifte vil koste noe.

Om de så stort på det, burde heller ikke dette volde de helt store bekymringene (vi ser her bort fra de eventuelle fysiske begrensningene i tilgangen på fornybar energi, som økonomene jo stort sett har svak innsikt i). Å produsere vindkraft kan koste alt fra om lag det samme som å produsere kullkraft til 3-4 ganger så mye, avhengig av hvor møllene står.^{295 296} Siden en stor del av strømprisen utgjøres av det det koster å overføre og fordele den - og denne delen av prisen kan like godt være mindre som større i tilfellet vindkraft - blir totalkostnaden for vindprodusert elektrisitet, i land med forutsetninger for å produsere den, sjelden så mye som det dobbelte av kullkraft. Prisen på bioenergi til oppvarming eller strømproduksjon kan i gitte situasjoner være *mindre* enn prisen på fossile brensel (før skatt). Den trenger sjelden bli mer enn det dobbelte. Ifølge NOU 1998:11, Energi- og kraftbalansen i Norge mot 2020 (kap. 23), varierer innhøstingsprisen for ulike typer biomasse her i landet mellom 8-30 øre/kWh. Til sammenligning koster naturgass eller fyringsoljer i engrosmarkedet, før skatt, i de fleste land mellom 8-20 øre/kWh. Liksom ved vindenergi blir det prosentvise påslaget i totalkostnaden for elektrisitet eller fjernvarme fra verk fyrt med bioenergi, mye mindre enn påslaget i selve brenselkostnaden.

Prisen på alkoholer eller metylestere som drivstoff til biler kan være 1,5-2 ganger høyere enn for bensin eller diesel, før avgifter. Ifølge beregninger fra USAs energidepartement vil imidlertid etanol fra større anlegg i framtiden kunne produseres til en literpris på nivå med eller t.o.m. lavere enn bensinprisen før skatt, eller ca. 1,30-2,50 kr./liter.^{297 298}

Kostnaden for strøm fra solceller vil – ennå – de fleste steder ligge på over det dobbelte av prisen på strøm fra fossilfyrte kraftverk. Det samme gjelder kostnaden for hydrogen til motordrivstoff, når den produseres ved hjelp av strøm fra solceller og sammenliknes med kostnaden for bensin (før skatt). Både solcelle- og hydrogenteknologier er imidlertid i stadig, rivende og kostnadssenkende utvikling.

Hele energiforbruket (inkludert framføringskostnader, men ikke avgifter) koster et typisk moderne industrisamfunn 6-7 prosent av BNP. (Landa i OECD brukte i gjennomsnitt 38 000 kWh energi per innbygger i 1998²⁹⁹, og hadde en gjennomsnittlig BNP per capita på \$ 19 300³⁰⁰ eller etter det årets kurs NOK 146 000. Gjennomsnittsprisen på energibærere levert til forbruk (i husholdninger eller bedrifter) *før alle skatter og avgifter*, kan med rimelighet anslås til kr. 0,25 per kWh. (Den lå i de fleste land noe lavere for fossile brensel og til dels betydelig høyere for elektrisitet, som imidlertid bare utgjør en fjerdedel av sluttforbruket av energi i OECD som helhet). Vi får da en kostnad for årsforbruket som svarer til ca. 6,5 % av BNP. I Norge, med vårt høye BNP per capita og rike tilgang på billig vannkraft, koster energiforbruket bare ca. 4 % av BNP, til tross for at også energiforbruket er svært høyt.⁴

Om en *total* overgang fra fossile til fornybare energikilder førte til at energiprisene i gjennomsnitt ble fordoblet (hvilket er et pessimistisk anslag, særlig om en tenker seg at overgangen tar 20-30 år) ville det altså utgjøre en merkostnad for de fleste rike land på ca. 6 %. Det er det samme som ca. tre års pause i den økonomiske veksten (eller det samme som å redusere vekstraten de neste 30 åra fra 2,0 % til ca. 1,8 % per år).

MEN: om energiforbruket ble halvert, ville dobbel pris per enhet bety at energikostnaden per år ble den samme som før. Ved 70 % reduksjon i energiforbruket og dobbel pris per enhet, ville kostnaden bli 40 % *mindre* enn før. Det eneste spørsmålet som så gjenstår, er hva det ville koste å gjennomføre de investeringene som skulle til for å oppnå forbruksreduksjonen. Her gjør de fleste sin bommert nr. 2: de antar at ethvert sparetiltak har en prislapp, og at de fleste må ha en betydelig prislapp.

Intet kan være fjernere fra sannheten. Det mest mulig banale eksemplet er vel kostnaden ved å slå av lyset når en går ut av et rom. I forhold til mange andre mulige sparetiltak, har dette likevel en høy prislapp: det koster null. I andre tilfeller er det *billigere å gjennomføre et sparetiltak enn å la være*. En får m.a.o. både i pose (lavere investeringskostnad i utgangspunktet) og sekk (lavere energikostnad i alle år deretter). Når mange overser dette, er det på grunn av inngrodd vanetenkning: vi går ut fra hus, biler, maskiner, apparat osv. som de er. Vi tenker oss så at "sparetiltaket" må bestå i at vi klistrer noe ekstra, som har til formål å spare energi, utenpå det. Mer isolasjon i veggene på et ellers identisk hus, eller en raffinert dings som kan styre energiforbruket til en ellers identisk maskin.

Få har bidratt mer til å avsløre denne falske bevisstheten enn Amory Lovins. Han påpeker at sann ingeniørkunst består i å stille helt grunnleggende spørsmål: kan vi konstruere huset, maskinen, transportmidlet på en helt annen måte, eventuelt av andre materialer, slik at det krever mindre energi uten påklistrede elementer - og gjerne koster mindre enn det

⁴ Produksjonsverdien i kraftforsyningssektoren i Norge (inkludert overføring og distribusjon) har i de siste årene ligget omkring 30 mrd. kr. årlig.³⁰¹ *Kostandene* ved å produsere og føre fram elektrisitet er imidlertid lavere; dette er en svært profitabel næring der driftsresultatet utgjør 25-30 % av produksjonsverdien.³⁰² (Kraftselskapenes samlede *omsetning* er betydelig større enn bruttoproduksjonsverdien, hvilket hovedsakelig beror på at det førstenevnte tallet blåses opp ved utstrakt kjøp og salg av kraft internt i bransjen³⁰³). De faktiske kostnadene for den halvparten av det norske energiforbruket som består av elektrisitet utgjør i størrelsesordenen 25 mrd. kr. årlig, levert forbruker. Det innenlandske forbruket av petroleumsprodukt lå i 1999 på 9,0 mrd. liter.³⁰⁴ Prisene på bensin, autodiesel og lett fyringsolje levert forbruker lå ifølge oppgaver fra Norsk Petroleumsinstitutt samme år alle mellom kr. 2,30 og 2,80 før avgifter.³⁰⁵ For tungolje er prisen vesentlig lavere, for parafin høyere, for andre oljeprodukt i samme størrelsesorden. (De norske prisene er imidlertid - også før avgifter - til dels betydelig høyere enn i andre OECD-land). Vi tar neppe vesentlig feil om vi anslår kostnaden for oljeforbruket til kr. 2,55 x 9 mrd. eller 23 mrd. kr i 1999 (Da trekker vi ikke noe fra prisen for å ta hensyn til

profitt i utvinningsleddet, som mot slutten av 1999 begynte å bli unormalt høy). Importen av kull og koks i samme år kostet nesten nøyaktig 1,0 mrd. kr.³⁰⁶ Her er importverdien ikke så forskjellig fra verdien levert forbruker, da det aller meste leveres i store partier til smelteverk. Fjernvarme ble i 1999 omsatt for 0,4 mrd. kr.³⁰⁷ Det meste av forbruket av bioenergi (utenom fjernvarmeverk) ble ikke omsatt, men brukt av bedrifter der det opptrer som avfall (og dermed har negativ pris) eller av husholdninger med egen tilgang. Totalt kan vi derfor anslå at den norske energiregningen til om lag 50 mrd. kr. i 1999. BNP var i samme år på 1.193 mrd. kr.³⁰⁸

konvensjonelle produktet? Kontorbygget til hans eget institutt i Colorado er et utmerket eksempel på at svaret kan være ja. Det ligger på et sted der vintertemperaturen kan gå ned i 20 kuldegrader, men er bygd for å utnytte solenergien maksimalt, og klarer seg derfor *uten noe oppvarmingssystem overhodet*. Delvis av nettopp den grunnen, kostet det *mindre* å bygge enn konvensjonelle kontorbygg med samme grunnflate.³⁰⁹ I boka "Factor Four", som er skrevet av Lovins sammen med kona Hunter og direktøren ved det tyske Wuppertal-instituttet, Ernst von Weizsäcker, presenteres en lang rekke eksempler på hvordan det å *tenke utradisjonelt fra grunnen av* kan gi billigere løsninger som samtidig reduserer energiforbruket drastisk. Det gjelder alt fra klimaanlegg (som er en hovedpost i energiforbruket til landet som slipper ut mest CO₂, nemlig USA) til kontorutstyr og kjemisk industriproduksjon.

Mange av løsningene Lovins o.fl. peker på kan kalles høyteknologiske, hvilket ikke bør være noe skjellsord. Men det finnes også helt enkle, lavteknologiske løsninger med effekter som burde overraske konvensjonelle økonomer. I økobyen Tuggelite - et rekkehusområde ved Karlstad i Sverige - bruker beboerne om lag en femtedel av den vanlige mengden energi til å holde seg varme. Den femtedelen dekkes av trepellets. "Hemmeligheten" ved Tuggelite er ikke større enn ekstra isolasjon, store vinduer mot sør og små mot nord, tjukke betongvegger midt i leilighetene som lagrer varme, og noen andre gammelkjente knep. Leilighetene kostet *mindre* å bygge (i 1984) enn andre samtidige rekkehusleiligheter av samme størrelse i Sverige. De er bygd i konvensjonelle materialer, tre og betong.³¹⁰

Bygger en i stedet hus av halmballer - et prima isolasjonsmateriale - reduseres prisen på veggkonstruksjonen til ca. en tiendedel av det en får med trepanel og steinull til isolasjon. Halmballene klines etterpå inn- og utvendig med leire, hvilket i tillegg gir et godt innklima. Halmballehus kan stå i over 100 år, er billigere og krever langt mindre energi til oppvarming enn konvensjonelle trehus.³¹¹

Det som er tilfellet med hus, er også tilfellet med elektriske apparat. Det finnes på markedet i dag kjøleskap, fryserer, vaske- og oppvaskmaskiner mm. som bruker 30-60 % mindre energi enn de "gjengse" på markedet, og enda mindre i forhold til snittet av de til dels gamle apparatene som er i bruk i husholdningene nå.³¹² Med kjent teknologi kan det lages kjøleskap og fryserer som bruker ca. en fjerdedel av energien, sammenlignet med middelmådige modeller på dagens marked. Det er ingen systematisk tendens til at de mest energieffektive modellene i dag er dyrere enn de middelmådige eller de verste energislukene.

De siste blir kjøpt ikke fordi de er billigere å lage, men fordi de har en form, en farge eller en teknisk finesse som kunden bryr seg mer om enn energiforbruket. - Også når det gjelder apparat, kan imidlertid spørsmålene stilles mer grunnleggende. Hvorfor må et kjøleskap være en boks som står på golvet i et varmt kjøkken, og som det derfor trengs mye energi til å avkjøle? Det tyske FRIA-kjøleskapet bygges i stedet inn i ytterveggen, er konstruert for å vare like lenge som huset, og avkjøles gjennom vinterhalvåret av gratis uteluft.³¹³ Det danske "økologiske svalesskabet" er en variasjon over samme tema, og henter kulde om sommeren fra grunnen, lik en forbedret kjeller. I svalesskabet blir det ikke fullt så kaldt som i et kjøleskap, men det bruker til gjengjeld ikke energi overhodet, og kan brukes til å oppbevare det aller meste vi ellers setter i kjøleskap.

Når det gjelder transport er bildet - foreløpig - litt mer sammensatt. Kollektive landtransportmiddel er, *når de har en høy utnyttelsesgrad*, både billigere - i forhold til transportarbeidet de utfører - og langt mer energieffektive enn privatbiler. Men mange vil oppfatte det som en velstandsreduksjon å gi avkall på bilen, selv om det tilbys kollektivtransport med høy kvalitet og frekvens som alternativ. Det finnes biler på dagens marked med et bensinforbruk på halvparten av gjennomsnittsbilens, og disse hører stort sett til blant de *billigste* bilene. De er små. Noen vil imidlertid oppfatte det som en velstandsreduksjon å gi avkall på *stor* bil. Amory Lovins har designet en mellomstor bil som bruker ca. 0,1 liter bensin (det kunne også være etanol) på mila.³¹⁴ Men akkurat denne Lovins-oppfinnelsen er mer teknisk komplisert enn den konvensjonelle varianten: den er en hybridbil, med både forbrenningsmotor og flere elektromotorer. Den ville nok derfor bli dyrere. I 1999 stoppet Volkswagendirektør Ferdinand Piech utviklingen av en bil med bensinforbruk på 0,2 liter per mil, da utsalgsprisen for bilen ble beregnet til ca. 250 000 kr. (ved tysk, og ikke norsk avgiftsnivå). Året etter hadde Piech ikke bare endret oppfatning om muligheten til å gjøre bilen konkurransedyktig, men høynet lista: han erklærte da at VW kommer til å ha en bil med forbruk på 0,1 liter/mil på veien før han går av ved årsskiftet 2002/2003.³¹⁵

Det er mulig at biler med et drivstofforbruk på 10-20 % av dagens alltid vil måtte bli noe dyrere enn dem som er på vegene nå. Biler med halve drivstofforbruket trenger slett ikke bli det (og de blir ikke dyrere av å gå på bioenergi). Et transportsystem der bilene fortsatt finnes, men i mindre antall og delvis i felles eie - samtidig som flere reiser skjer med kollektivtransport - kan redusere energiforbruket ytterligere. Det kan *også* redusere de sammenlagte investeringskostnadene (til kjøp av biler, busser, tog, veger og baner under ett).

Alternativene til å spille hasard med klodens klima finnes, og de er verken kostbare eller ubehagelige. Likevel fortsetter vi, etter at hasardspillet er avslørt med stadig økende tydelighet gjennom 100 år. Det finnes *ingen* andre forklaringer enn inngrodde fordommer, sløv vanetenkning og særinteressene til enkelte næringsgrener med sin rettmessige plass på historiens skraphaug - eller i beste fall på kraftig slankekur. Det er på tide å våkne.

9. Hva kan vi lære?

Vi har nå kort beskrevet hvordan sju sentrale miljøproblem ble erkjent, og hvor lang tid det har tatt å reagere på erkjennelsene.

To av disse problemene er svært gamle. Helsefarene ved asbest ble beskrevet i oldtida, men var glemt da stoffet igjen ble tatt i omfattende bruk omkring 1880. Etter dette gikk det mindre enn 20 år før medisiner og fabrikkinspektører påpekte farene. På 1930-tallet ble det påvist at stoffet var farlig for langt flere enn dem som arbeidet i asbestgruver eller -fabrikker, og at det kunne framkalle kreft. Likvel økte bruken av asbest kraftig og med ingen eller minimale krav til arbeidsmiljøet, selv i rike land, i ytterligere 40 år. Først på 1990-tallet ble bruken avvirket i de fleste av disse, og globalt er asbestforbruket like høyt i dag som på slutten av 1950-tallet. Det vil trolig gå 20 eller flere år til før den globale epidemien av asbestdød topper seg.

Blyets giftighet var ikke bare kjent i oldtiden - den ble aldri glemt. Likevel ble bly tatt i bruk i voldsomt økende omfang under og etter den industrielle revolusjonen, også på områder der det var åpenbar fare for at folk skulle få det i seg. Den potensielt dødelige virkningen av blymaling ble omtalt tidlig på 1700-tallet og godt dokumentert tidlig på 1800-tallet. Likevel drøydde det til omkring 1930 før den mest helseskadelige bruken av slik maling ble forbudt i de fleste land i Europa, og til 1978 før det samme skjedde i USA. - På 1920-tallet ble tetraetylbly godkjent som tilsetning til bensin til tross for stoffets kjente giftighet, til tross for innstendige medisinske advarsler og til tross for katastrofale forgiftningsulykker ved de første produksjonsanleggene. Påstanden om at blyeksosen var ufarlig ble endelig punktert på 1960-tallet, men det varte til 1990-tallet før bruken av blybensin var avvirket i de fleste *rike* land.

Alvorlige advarsler mot DDT kom allerede før stoffet ble tatt i alminnelig bruk i 1945, og en rekke alvorlige skadevirkninger ble dokumentert i løpet av de første fem årene deretter. Likevel var stoffet i fri bruk i de fleste industriland fram til første halvdel av 1970-tallet, og mye lenger i Sør. Miljøet bærer ennå spor av virkningene.

Alvorlige helsefarene ved PCBer ble dokumentert i løpet av det første tiåret etter at de ble tatt i bruk. Det hindret ikke at de ble brukt i stadig økende volum, på stadig flere områder og uten forsiktighetsregler. I 1966 ble det påvist at de hadde infisert hele naturmiljøet. Det var likevel først på 1980-tallet at bruken ble avvirket i de fleste industriland. For dyrene i Arktis er det ennå uvisst om en har sett det verste av skadevirkningene.

Sur nedbør som følge av svovelutslipp ble observert i 1852, og fiskedød som følge av forsuring i Norge på begynnelsen av 1900-tallet. På 1920-tallet forelå de kunnskapsbrokkene som skulle til for å kaste fram en hypotese om sammenhengen, og på 1950-tallet fantes data som kunne ha vært brukt til å etterprøve en slik hypotese. Til tross for at snesevis av observatører ved stasjoner i mange land regelmessig målte nedbør med urimelig lav pH og høyt svovelinhold, reagerte ingen før i 1967. Da sammenhengen ble påvist - med støtte i et enormt empirisk materiale - ble den blankt og hånlig fornektet, og deretter bagatellisert. Det gikk 16 år før det kom en avtale om reduksjon av svovelutslippene i Europa. Effektene av forsuringen vil ennå merkes i flere tiår i Europa. I Asia blir de stadig verre.

Klorfluorkarboner ble produsert i eksplisivt økende mengder i 40 år før noen kom på å spørre hvor det ble av dem i miljøet. Forskeren som oppdaget at de holdt seg i atmosfæren, var fast overbevist om at de ikke kunne gjøre noen skade. Forskerne som først mistenkte at de kunne føre til uoprettelige endringer i atmosfærens kjemi, lot mistanken forsvinne i en skuff. Da

andre likevel i 1974 kom fram til at KFKer ville bryte ned ozon, og dette kort etter ble understøttet av empiri, førte det forholdsvis raskt til reaksjoner - men bare *begrensede* reaksjoner og bare i fem land. Ikke før oppdagelsen av ozonhullet over Antarktis - som ble utsatt i flere år fordi NASA var overbevist om at det ikke *kunne* forekomme - kom det til effektiv, internasjonal handling. Uttynningen av ozonlaget har fortsatt fram til i dag, og effekten av KFKene blir ikke helt borte før omkring 2050.

Det ble påpekt i 1904 at menneskene forsterker drivhuseffekten ved å brenne fossile brensel. I 1956 ble dette beskrevet som et eksperiment med uoverskuelige følger. Helt siden den moderne miljøbevegelsen vokste fram på slutten av 1960-tallet, har en advart innstendig mot å fortsette eksperimentet. En massiv forskningsinnsats har i like lang tid understøttet sannsynligheten for at følgene kan bli dramatiske. Forsinkelseeffekter medfører at den globale oppvarmingen vil fortsette i mange tiår etter at utslippene av klimagasser opphører. Likevel har det ennå ikke lyktes å sette i kraft en avtale om å *begrense* disse utslippene, enn si å eliminere dem.

Hva kan vi lære av disse historiene? En pessimist vil kanskje mene at de til sammen taler for at menneskets evne til å lære av noe som helst er minimal. Men det finnes mange lærdommer også for dem av oss som heller bekjenner seg til Piet Heins *dyre optimisme*.

Den første og mest innlysende er at verden ved en rekke anledninger hadde hatt godt av mer og ikke mindre "hysteri" om miljøet. Hadde det eksistert en sterk miljøbevegelse og en presse med sans for dens budskap omkring 1900, er det tenkbart at mange millioner kunne ha vært reddet fra en smertefull død av asbest. Hadde den eksistert på 1920-tallet, kunne titalls millioner ha unngått mentale skader som følge av blyholdig bensin. Dessuten hadde den sannsynligvis oppfordret forskerne til å lete også etter mulige *menneskeskapte* årsaker til fiskedøden på Sørlandet. Hadde det *ikke* eksistert en våknende miljøbevegelse på 1960-tallet, er det svært sannsynlig at en rekke fuglearter i dag hadde vært utryddet av DDT. Hadde miljøbevegelsen hatt større kraft på 1970-tallet, kunne angrepet på ozonlaget blitt stoppet mange år før det skjedde - og vi kunne i dag ha vært på vei ut av olje- og inn i solalderen.

Det andre er at forskere, som ofte anklages for å søke etter sensasjonelle miljøproblem (eller etter samfunnsmessige årsaker til kjente problem som kan ha naturlige forklaringer) tvert imot ofte har vært dypt og uberettiget skeptiske, for ikke å si blinde, overfor slike muligheter. Robert Kehoes falske og nokså fantastiske lære om at bly var helt ufarlig for organismen så lenge en ikke risikerte voldsomme, fysiske forgiftningssymptom, fikk stå uanfektet av den medisinske forskningen i 40 år. I omtrent like lang tid var det ingen som spurte hvor det ble av millioner av tonn med tungt nedbrytbare PCBer - eller KFKer. I enda lengre tid var det ingen som tenkte seg samfunnsmessige årsaker til fiskedøden på Sørlandet, og i en lang årrekke samlet forskere på tusenvis av observasjoner som viste at nedbøren var unaturlig sur, uten å heve sine øyenbryn. Det kan hevdes at alt dette skjedde før det ble "moderne" å lete etter menneskeskapte miljøproblem. Det var det imidlertid blitt da beviset for langtransport av sur nedbør endelig ble lagt fram - og møtt med en mur av vantro. Det var det da NASA på forhånd utelukket muligheten for et ozonhull. Og det har det vært i de siste tiårene, der det er lagt store ressurser og stor fantasi i å finne *andre* forklaringer på den globale oppvarmingen enn at vi øker konsentrasjonene av drivhusgasser i atmosfæren. Dette til tross for at økningen i konsentrasjonene av drivhusgasser er uomtvistet og at dette - ut fra fysiske realiteter som har vært like uomtvistet i 140 år - er den overlegent mest nærliggende forklaringen.

Den tredje lærdommen er at påstander om at det å eliminere et miljøproblem enten vil være teknisk umulig, koste mye eller medføre dårligere produktkvalitet, bør møtes med den aller dypeste skepsis. Stort sett ethvert forslag om på- eller forbud motivert av miljøhensyn vil bli møtt av høylytte protester av dette slaget. Ytterst sjelden viser de seg å holde stikk. Når det først er klart at nye regler kommer, så kommer også de nye løsningene på bordet - ofte både billigere og bedre enn de gamle. Robert Abplanalp, som kunne erklære KFKene for "avlegs" som drivgass i spraybokser dagen etter at han hadde lidd nederlag i kampen for å beholde dem, holder kanskje fartsrekorden i så måte. På andre viktige bruksområder for KFKer tok det noen få år å bringe fram likeverdige og like billige alternativ. Men vi har også sett et tilfelle der produsenter klarte å forsvare et miljøfarlig produkt til tross for at det *for lengst* var klart at et *billigere* alternativ fantes - sinkhvitt til erstatning for blyhvitt. Det samme gjaldt PCBer i transformatorer. Knapt noen savner i dag PCBene, ei heller blybensinen eller asbesten - også der kom alternativene fram i takt med forbudene. (Riktignok har erstatningene for asbest til dels vist seg dyrere - én årsak til at asbest stadig brukes i fattige land - men når en tar helsekostnadene ved asbest med i betraktningen, blir regnestykket et helt annet.) Det viste seg mulig å redusere svovelutslippene i Europa drastisk når viljen først var til stede, og det var høyst sannsynlig lønnsomt. Det finnes i dag økonomisk lett overkommelige alternativ til et energisystem basert på ineffektiv teknologi og fossile brensel, men det har lyktes å overbevise nesten alle om det motsatte. Blant de skadelige stoffene vi har omtalt, finnes det bare ett som det *på ett område* ennå ikke har lyktes å finne en fullgod erstatning for. Det gjelder DDT som middel til å bekjempe malaria. Det var til gjengjeld ikke den bruken som utløste kampen for å forby stoffet i verdens rike land.

Den fjerde - og kanskje den mest utfordrende - lærdommen er at politiske myndigheters evne til å ta velbegrunnede advarsler om hva som kan skje i framtiden på alvor, hittil har vist seg beskjeden. Når det gjaldt asbest og blymaling reagerte de fleste for så vidt heller ikke - på rundt 100 år i hvert av tilfellene - på samtidige lik i tusentall. Advarsler mot tetraetylbly og mot uhemmet bruk av DDT ble overhørt, helt til det sto klart henholdsvis at blymengdene i amerikanernes blod allerede var helseskadelige, og at rovfuglene forsvant. Den sure nedbørens skadevirkninger i Norge og Sverige var allerede synlige i samtida da sur nedbør ble identifisert som problem. Men *verken* dette eller advarsler om hva en fortsatt forsurening kunne medføre i regional målestokk, gjorde vesentlig inntrykk på andre land før det kom (overdrevne) rapporter om at mye av skogen i Tyskland allerede var syk eller døende. Advarsler om nedbryting av ozonlaget prelltet av på de fleste lands myndigheter helt til det ble oppdaget et samtidig tilfelle av nedbryting i dramatisk omfang - det antarktiske hullet. Advarsler om kommende klimaendringer har hittil ikke utløst seriøs handling i mer enn en håndfull land - og ikke adekvat handling i ett eneste.

En kunne reagere på det siste ved å håpe at kommende somre vil bringe enda flere skogbranner over Middelhavslandene og mer ødeleggende orkaner over USA, og at de neste høstene i Nord-Europa blir enda villere og våtere enn den i år 2000. Det ville være dypt kynisk. Det *skal* være mulig å tro at mennesker kan lære av tidligere feilgrep - også sine beste- og oldeforeldres! og lytte til advarsler, før katastrofen er skjedd. Om denne rapporten kan bidra aldri så lite til det, har den tjent sin hensikt.

Litteratur

Benestad, Olav o. fl. 1991: Energi 2030 – Lavenergiscenarier for Danmark, Norge og Sverige. Prosjekt Alternativ Framtid, Oslo.

Carson, Rachel 1962: Silent Spring. Houghton-Mifflin, Boston.

Commoner, Barry 1969: Mens det ennå er tid. Gyldendal, Oslo.

Den interdepartementale klimagruppen 1991: Drivhuseffekten, virkninger og tiltak. Miljøverndepartementet, Oslo.

Dotto, Lydia og Harold Schiff 1978: The Ozone War. Doubleday, New York.

Dunlap, Thomas R. 1981: DDT: Scientists, Citizens, and Public Policy. Princeton University Press.

Edberg, Rolf 1968: Et støvgrann som glimter. Aschehoug, Oslo.

Fleming, James R. 1998: Historical Perspectives on Climate Change. Oxford University Press.

Fossen, Erling 2000: Anti-natur. Pax, Oslo.

Goldemberg, J. o.fl. 1988: Energy for a Sustainable World. Wiley-Eastern, New Delhi.

Graham, Frank 1970: Since Silent Spring. Houghton-Mifflin, Boston.

Hille, John og Håvard Vaggen Malvik 1997: Norsk energibruk - Fra sløsing til løsning. Rapport nr. 8/97 fra Framtiden i våre hender, Oslo.

IEA 2000: Energy Balances of OECD Countries 1997-98. OECD/IEA, Paris.

Intergovernmental Panel om Climate Change 1995. Climate Change 1995 - The Science of Climate Change. Cambridge University Press.

Leithe-Eriksen, Rune 1992: Østersøen. Skarv/Høst & Søn, København.

Lomborg, Bjørn 1998: Verdens sande tilstand. Centrum, Århus.

Lovei, Magda 1999: Eliminating a Silent Threat - World Bank Support for the Global Phaseout of Leaded Gasoline. World Bank, Washington.

Lundgren, Lars J. 1991: Försurningen på dagordningen. Naturvårdsverket/
Forskningsrådsnämnden, Lund

Meadows, Donella H. o.fl. 1972: Hvor går grensen? Cappelen, Oslo.

Meyer, Niels i, K. Helveg Petersen og Villy Sørensen 1978: Opprør fra Midten. Aschehoug, Oslo.

Norges Naturvernforbund 1979: Energi, miljø og samfunn. Aschehoug, Oslo.

NOU 1974:54 Norges ressursituasjon i global sammenheng.

Odén, Svante 1968: Nederbördens och luftens försurning : dess orsaker, förlopp och verkan i olika miljöer. Ekologikommittén, Stockholm

Palmstierna, Hans 1968: Plyndring – sult – forgiftning. Cappelen, Oslo.

Roan, Sharon 1989: Ozone Crisis : The 15-year evolution of a sudden global emergency. Wiley, New York.

Samarbeidsgruppene for natur- og miljøvern i Trondheim 1974: Bruk og misbruk av energi. Gyldendal, Oslo.

St. meld. 54 (1979-80) Norges framtidige energibruk og –produksjon.

United Nations: The Growth of World Industry 1969 og 1973, Vol. II, og Industrial Statistics Yearbook 1983.

Valtiala, Nalle 1970: Mennesket – et skadedyr? Cappelen, Oslo.

Verdenskommisjonen for miljø og utvikling 1987: Vår felles framtid. Tiden, Oslo.

Ward, Barbara og René Dubos 1972: Bare én jord. Gyldendal, Oslo.

Warren, Christian 2000: Brush with Death - A Social History of Lead Poisoning. Johns Hopkins University Press, Baltimore.

v. Weizsäcker, Ernst, Amory B. Lovins og L. Hunter Lovins 1997: Factor Four - Doubling Wealth, Halving Resource Use. Earthscan, London.

Wigglesworth, V.B. "DDT and the Balance of Nature." *Atlantic Monthly* 176 (1945), s. 107-113.

World Bank 2000: World Development Report. World Bank, Washington.

Noter

- 1 <http://www.nrk.no/fakta/nyheter/E891.html>
- 2 <http://www.folkehelsa.no/nyhetsbrev/msis/2000/10/msis1000a.html>
- 3 <http://www.lkaz.demon.co.uk/ban19.htm>
- 4 <http://www.kmesa.com/Feature/medicalaspects.shtml>
- 5 http://www.ssb.no/emner/03/01/10/nos_c386/
- 6 <http://www.crossroads.nsc.org/ChemicalTemplate.cfm?id=82&chempath=chemicals>
- 7 <http://risk.lsd.ornl.gov/tox/profiles/asbestos.shtml>
- 8 <http://www.lkaz.demon.co.uk/ban19.htm>
- 9 <http://www.racp.edu.au/faffairs/0799ohm.htm>
- 10 <http://www.crossroads.nsc.org/ChemicalTemplate.cfm?id=82&chempath=chemicals>
- 11 <http://www.nmlrp-mesothelioma.com/history.html#three>
- 12 <http://www.bumc.bu.edu/SPH/Gallery/brodeur.html>
- 13 <http://www.bumc.bu.edu/SPH/Gallery/brodeur.html>
- 14 <http://www.asbestoscace.com/history.htm>
- 15 http://www.btinternet.com/~ibas/LKA_ARDS_4.htm
- 16 <http://www.parliament.the-stationery-office.co.uk/pa/cm199899/cmselect/cmenvtra/828/82809.htm>
- 17 <http://www.cwilson.com/pubs/insurance/njt10/Asbestos.htm>
- 18 <http://www.bumc.bu.edu/SPH/Gallery/brodeur.html>
- 19 <http://www.humanite.presse.fr/journal/1999/1999-06/1999-06-23/1999-06-23-052.html>
- 20 http://www.btinternet.com/~ibas/LKA_ARDS_4.htm
- 21 <http://www.nmlrp-mesothelioma.com/history.html>
- 22 <http://www.hfmlegal.com/Knowledge.htm>;
- 23 <http://www.bumc.bu.edu/SPH/Gallery/brodeur.html>
- 24 http://perso.infonie.fr/andeva/justice/plainte_fondamentale.htm
- 25 <http://www.hfmlegal.com/Knowledge.htm>;
- 26 http://perso.infonie.fr/andeva/justice/plainte_fondamentale.htm
- 27 <http://www.asbestoscace.com/history.htm>
- 28 <http://www.bumc.bu.edu/SPH/Gallery/brodeur.html>
- 29 http://www.mesothel.com/pages/medhx_pag.htm
- 30 <http://www.asbestos-lawyer.com/Castleman%20book.htm>
- 31 <http://www.elslaw.com/medhistory.htm>
- 32 <http://www.hfmlegal.com/Knowledge.htm>
- 33 <http://www.asbestoscace.com/history.htm>
- 34 <http://www.elslaw.com/medhistory.htm>
- 35 <http://www.elslaw.com/medhistory.htm>
- 36 <http://www.asbestoscace.com/history.htm>
- 37 <http://www.hfmlegal.com/Knowledge.htm>
- 38 <http://www.cwilson.com/pubs/insurance/njt10/Asbestos.htm>
- 39 <http://www.asbestoscace.com/history.htm>
- 40 <http://www.elslaw.com/medhistory.htm>
- 41 http://www.fibrecount.com/f_site/sante2.html
- 42 http://rworth.com/pages/bignon_pag.htm
- 43 <http://www.bumc.bu.edu/SPH/Gallery/brodeur.html>
- 44 <http://www.elslaw.com/medhistory.htm>
- 45 United Nations (flere årg.)
- 46 <http://www.parliament.the-stationery->

office.co.uk/pa/cm199899/cmselect/cmenvtra/828/82809.htm
47 <http://www.cwilson.com/pubs/insurance/njt10/Asbestos.htm>
48 <http://www.cwilson.com/pubs/insurance/njt10/Asbestos.htm>
49 http://www.btinternet.com/~ibas/Frames/F_LKA_FAQ_16.htm
50 http://www.ikz.de/art_0995/9509097.htm
51 http://perso.infonie.fr/andeva/justice/plainte_fondamentale.htm
52 <http://europa.eu.int/scadplus/leg/de/cha/c11134.htm>
53 <http://risk.lsd.ornl.gov/tox/profiles/asbestos.shtml>
54 <http://www.monde-diplomatique.fr/en/2000/07/15asbestos>
55 http://perso.infonie.fr/andeva/justice/plainte_fondamentale.htm
56 <http://www.bumc.bu.edu/SPH/Gallery/brodeur.html>
57 <http://www.mesothel.com/pages/smokguns.htm>
58 http://www.btinternet.com/~ibas/Frames/F_LKA_TN_Dev_10.htm
59 http://www.fibrecount.com/e_site/legislation3.html
60 <http://www.muenchen.de/referat/rgu/frames/gesundat/umb/aktuell/amga.htm>
61 http://perso.infonie.fr/andeva/justice/plainte_fondamentale.htm
62 <http://www.aiha.org/syn/aug00f.html>
63 http://www.fibrecount.com/e_site/legislation3.html
64 <http://risk.lsd.ornl.gov/tox/profiles/asbestos.shtml>
65 http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/sct/out17_en.html
66 <http://yosemite.epa.gov/R10/OWCM.NSF/ff9b947f011c3690882564e40077055b/294ab56f1d4312882567b6005d9427?OpenDocument>
67 <http://www.cape.ca/Lead.htm>
68 <http://risk.lsd.ornl.gov/tox/profiles/lead.shtml>
69 <http://www.aeclp.org/5/mj2000.html>
70 Warren 2000 s. 262.
71 <http://www.leadpoison.net/general/full-history.html>
72 <http://www.gate.net/~verstraa/history.htm>
73 <http://www.leadpoison.net/general/full-history.html>
74 Warren 2000 s. 20.
75 <http://www.epa.gov/history/topics/perspect/lead.htm>
76 <http://www.leadpoison.net/general/full-history.html>
77 <http://www.leadpoison.net/general/full-history.html>
78 <http://www.cbia.com/HRBus/HealthandSafety/IntroOccupHealth.htm>
79 <http://www.epa.gov/history/topics/perspect/lead.htm>
80 <http://www.leadpoison.net/general/full-history.html>
81 <http://www.leadpoison.net/general/full-history.html>
82 <http://www.leadpoison.net/general/full-history.html>
83 Warren 2000 s. 21, 24.
84 <http://ehpnet1.niehs.nih.gov/docs/1995/103-11/editorial.html>
85 <http://www.gate.net/~verstraa/history.htm>
86 http://www.willamette.edu/~jcford/Carson/pigment_print.html
87 <http://www.lilinks.com/mara/history3.html>
88 <http://www.leadpoison.net/general/full-history.html>
89 <http://www.gate.net/~verstraa/history.htm>
90 <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/oshworld/ilostd/c013.htm>
91 http://www.willamette.edu/~jcford/Carson/pigment_print.html
92 <http://www.lilinks.com/mara/history3.html>
93 Warren 2000 s. 47-48.

-
- 94 Warren 2000 s. 44 ff.
- 95 Warren 2000 s. 134 ff.
- 96 Warren 2000 s. 170
- 97 <http://www.leadpoison.net/general/full-history.html>
- 98 Warren 2000 s. 119 ff.
- 99 Warren 2000 s. 118-119
- 100 Warren 2000 s. 123
- 101 Warren 2000 s. 125-127
- 102 Warren 2000 s. 127-128
- 103 <http://www.leadpoison.net/general/full-history.html>
- 104 Warren 2000 s. 129 ff.
- 105 Warren 2000 s. 205 ff.
- 106 <http://www.leadpoison.net/general/full-history.html>
- 107 Warren 2000 s. 210-212.
- 108 <http://www.cape.ca/Lead.htm>
- 109 <http://www.leadpoison.net/research/impact.html>
- 110 <http://www.monitor.net/rachel/r529.html>
- 111 <http://www.aeclp.org/5/mj2000.html>
- 112 <http://www.epa.gov/history/topics/lead/02.htm>
- 113 Lovei 1999 s. 7
[http://wbln0018.worldbank.org/essd/PMExt.nsf/670c98692c42a13c852565e2005a58d8/996c4e5f58ef6f7585256682005f41d3/\\$FILE/Lead.pdf](http://wbln0018.worldbank.org/essd/PMExt.nsf/670c98692c42a13c852565e2005a58d8/996c4e5f58ef6f7585256682005f41d3/$FILE/Lead.pdf)
- 114 <http://www.ies.wisc.edu/research/leadphaseout/welcome.html>
- 115
<http://www.environ.se/index.php3?main=/dokument/fororen/metaller/tungmet/blyblod.html>
- 116 <http://www.earthsummitwatch.org/gasoline.html>
- 117 <http://www-esd.worldbank.org/html/esd/env/envmat/vol1s96/pollf.htm>
- 118 Lovei 1999 s.5. Finnes på:
[http://wbln0018.worldbank.org/essd/PMExt.nsf/670c98692c42a13c852565e2005a58d8/996c4e5f58ef6f7585256682005f41d3/\\$FILE/Lead.pdf](http://wbln0018.worldbank.org/essd/PMExt.nsf/670c98692c42a13c852565e2005a58d8/996c4e5f58ef6f7585256682005f41d3/$FILE/Lead.pdf))
- 119 <http://www.worldbank.org/html/extdr/extme/gaspr.htm>
- 120 <http://www-esd.worldbank.org/html/esd/env/envmat/vol1s96/pollf.htm>
- 121 Lovei 1999 s. 20.
- 122 <http://www.earthsummitwatch.org/gasoline.html>
- 123 Dunlap 1981 s. 131 ff.
- 124 <http://www.on.ec.gc.ca/glimr/data/osprey-glbasin/intro.html#5>
- 125 http://species.fws.gov/bio_eagl.html
- 126 Graham 1970 s. 119.
- 127 Dunlap 1981 s. 222, jfr. Graham 1970 s. 121 ff.
- 128 <http://www.grida.no/nor/soeno95/contam/cotamsta.htm>
- 129 Dunlap 1981
- 130 <http://www.enn.com/enn-news-archive/1997/06/061697/06169707.asp>
- 131 Dunlap 1981 s. 60 ff.
- 132 http://www.unity.edu/facultypages/wgh/persp.am.con/chapt.8/carson_silent_spring.html
- 133 http://www.unity.edu/facultypages/wgh/persp.am.con/chapt.8/carson_silent_spring.html
- 134 Wigglesworth 1945.
- 135 http://webhost.bridgew.edu/jhayesboh/trips/eagles/FACTS_ABOUT_DDT.htm
- 136 http://webhost.bridgew.edu/jhayesboh/trips/eagles/FACTS_ABOUT_DDT.htm
- 137 Dunlap 1981 s. 76-77.

138 Dunlap 1981 s. 78.
139 http://www.iwla.org/history/by_decad.html#1950's
140 http://webhost.bridgew.edu/jhayesboh/trips/eagles/FACTS_ABOUT_DDT.htm
141 Dunlap 1981 s. 81-84.
142 Dunlap 1981 s. 87-88.
143 <http://www.rci.rutgers.edu/~insects/manam.htm>
144 <http://www.pbs.org/wgbh/pages/frontline/shows/nature/etc/cron.html>
145 Dunlap 1981 s. 78.
146 Dunlap 1981 s. 66-71.
147 Dunlap 1981 s. 94-95.
148 http://www.dep.state.pa.us/dep/PA_Env-Her/rachel.htm
149 <http://www.nau.edu/~comp/authors.htm>
150 Graham 1970 s. 57.
151 <http://www.rci.rutgers.edu/~insects/manam.htm>.
152 Graham 1970 s. 50.
153 <http://www.epa.gov/history/topics/ddt/02.htm>
154 http://irptc.unep.ch/pops/POPs_Inc/proceedings/stpetbrg/bostrategies.htm
155 <http://www.junkscience.com/ddtfaq.htm>
156 <http://members.aol.com/jimn469897/ddtban.htm>
157 <http://www.malaria.org/DDTcosts.html>;
158 <http://www.malaria.org/DDTpage.html>
159 <http://www.boraszoo.se/sjolejon.html> .
160 <http://www.nrm.se/mg/forsmark.html.se>
161 http://www.jagareforbundet.se/blekinge/bl_sjo/kustrad/minnesant99.htm.
162 <http://www.environ.se/index.php3?main=/dokument/fororen/orggift/organisk.html>
163
http://www.mistin.dep.no/Tema/Polaromradene/forurensing/les_mer_forurensing_tilstand.stm
164 <http://194.143.6.161/mdfilnr657.html>
165 <http://www.amap.no/assess/soaer6.htm>
166 <http://instruct.uwo.ca/zoology/453b/PCBs.htm>
167 <http://www.biologi.uio.no/nzf/fakta/oter.htm>
168 <http://www.amap.no/assess/soaer6.htm>
169 <http://instruct.uwo.ca/zoology/453b/PCBs.htm>
170 <http://www.epa.gov/opptintr/pcb/effects.htm#cancer>.
171 <http://instruct.uwo.ca/zoology/453b/PCBs.htm>
172 <http://www.ems.org/pops/pcb.html>
173 <http://www.georgiastrait.org/xenofacts.html#pcbs>
174 <http://www.workonwaste.org/wastenots/wn298.htm>
175 <http://www.ourstolenfuture.org/NewScience/reproduction/sperm/2000andersenetal.htm>
176 <http://www.ourstolenfuture.org/NewScience/reproduction/sperm/2000swanetal.htm>
177 <http://www.workonwaste.org/wastenots/wn298.htm>.
178 <http://www.monitor.net/rachel/r329.html>
179 <http://www.monitor.net/rachel/r327.html>
180 <http://www.planetwaves.net/silence2.html>
181 <http://www.planetwaves.net/silence2.html>
182 <http://www.planetwaves.net/silence2.html>
183 <http://instruct.uwo.ca/zoology/453b/PCBs.htm>
184 <http://members.aol.com/greenlite2/pcbhistory.html>
185 <http://www.planetwaves.net/silence2.html>

186 http://www.chem.unep.ch/pops/POPs_Inc/proceedings/abu-dhabi/WAHL2.html
187 <http://www.naturvern.no/info/nm/b15a98/FLAMME83.html>
188 <http://www.eurochlor.org/chlorine/issues/pcbpop.htm>
189 <http://www.environment.detr.gov.uk/marine/pcb/action.htm>
190 <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/polychlorierte-biphenyle.htm>
191 <http://odin.dep.no/md/norsk/regelverk/lover/022051-200005/index-dok000-b-n-a.html>
192 <http://www.naturvern.no/prosjekt/milgift/pcbkontens.html>
193 <http://www.naturvern.no/info/nm/b22a97/DONS104.html>
194 <http://www.epa.gov/natlibra/hqirc/enb/enb98/enb0526.htm>
195 Leithe-Eriksen 1991 s. 75.
196 <http://www.folkehelsa.no/fag/miljoforu/bromflam.html>
197 <http://www.ospar.org/eng/html/dra/welcome.html> (se Decisions)
198 http://cwss.www.de/TMAP/esbjerg_status.html
199 <http://www.brixworth.demon.co.uk/acidrain2000/facts.htm>
200 http://www.mistin.dep.no/tema/klimaluftstoy/Luft/sur_nedbor/sur_nedbor.stm
201 <http://www.viron.se/index.php3?main=/dokument/fororen/kalka/forsur.html>
202 <http://www.grida.no/soeno95/acidrain/effects.htm>
203 http://europa.eu.int/comm/dg06/fore/conrep/exec_en.pdf
204 <http://www.epa.gov/airmarkt/articles/healtheffects/index.html>
205 <http://europa.eu.int/comm/environment/enveco/air/benefits.pdf>
206 <http://www.brixworth.demon.co.uk/acidrain2000/facts.htm>
207 Lundgren 1991 s. 160.
208 <http://odin.dep.no/md/html/acid/Lang.html>
209 http://pchome.grm.hia.no/~hlarsen/fiske/PROSJEKT98.html#_Toc434747368
210 Lundgren 1991 s. 155-56.
211 Odén 1968 s. 2 og 32.
212 Lundgren 1991 s. 156.
213 <http://www.utoronto.ca/env/jah/lim/lim10f99.htm>
214 Lundgren 1991 s. 122-125.
215 Lundgren 1991 s. 117-119.
216 Odén 1968 (figurer).
217 Lundgren 1991 s. 29 ff.
218 Lundgren 1991 s. 83-85.
219 <http://www.riksdagen.se/debatt/9798/forslag/RR2/RR200044.ASP>
220 <http://www.acidrain.org/AN3-00special.htm#BRITAIN>
221 <http://www.riksdagen.se/debatt/9798/forslag/RR2/RR200044.ASP>
222 <http://www.sv.uio.no/mutr/rapp1999/rapport7.html>
223 <http://www.riksdagen.se/debatt/9798/forslag/RR2/RR200044.ASP>
224 <http://www.acidrain.org/AN3-00special.htm#BRITAIN>
225 <http://www.acidrain.org/AN3-00special.htm#BRITAIN>
226 <http://www.rivm.nl/env/int/geo/> (se tab. 3.4)
227 http://www.acidrain.org/AN399.htm#NE_Asia
228 <http://www.wmo.ch/>
229 <http://www.faqs.org/faqs/ozone-depletion/uv/>
230 <http://www.al.noaa.gov/WWVHD/pubdocs/Assessment98/executive-summary.html>
231 <http://themes.eea.eu.int/toc.php/issues/ozone?doc=39246&l=en>
232 <http://www.ciesin.org/docs/001-518/001-518.html>
233 <http://www.ciesin.org/docs/001-561/001-561.html>
234 <http://www.ciesin.org/docs/011-557/011-557.html>.

-
- 235 http://kancrn.org/uvb/gfurther_research.cfm
- 236 <http://www.word.com/machine/dray/index.html>
- 237 <http://www.ciesin.org/docs/011-423/schedule2.gif>
- 238 Dotto og Schiff 1978 s. 5 ff.
- 239 Dotto og Schiff 1978 s. 9.
- 240 Dotto og Schiff 1978 s. 12, jfr. Roan 1989 s. 4.
- 241 Dotto og Schiff 1978 s. 14-17, jfr. Roan 1989 s. 9-11.
- 242 Dotto og Schiff 1978 kap. 8, jfr. Roan 1989 kap. 3.
- 243 Dotto og Schiff 1978 s. 171.
- 244 Dotto og Schiff. 1978 s. 238.
- 245 Dotto og Schiff 1978 s. 230 ff. jfr. Roan 1989 s. 63 ff.
- 246 Dotto og Schiff 1978 kap. 10 jfr. Roan 1989 s. 74 ff.
- 247 Dotto og Schiff 1978 s. 289.
- 248 <http://www.ciesin.org/docs/003-006/003-006.html>
- 249 Dotto og Schiff.1978 s.287.
- 250 Roan 1989 s. 102.
- 251 Roan 1989 s. 104 ff.
- 252 Roan 1989 s. 116 ff.
- 253 Roan 1989 kap. 8.
- 254 Roan 1989 kap. 8.
- 255 Roan 1989 s. 212 ff.
- 256 Roan 1989 s. 192.
- 257 Roan 1989 s. 196 ff.
- 258 Roan 1989 s. 209.
- 259 http://www.unep.ch/ozone/mont_t.htm
- 260 <http://www.globalchange.org/ctrforgc/cgdoc6.htm>
- 261 [http://www.greenpeace.org/~ozone/.](http://www.greenpeace.org/~ozone/)
- 262 <http://www.foeeurope.org/dike/news/1102-01.htm>
- 263 <http://www.jei.uea.ac.uk/>
- 264 Fleming 1998.
- 265 Fleming 1998.
- 266 <http://maple.lemoyne.edu/%7EGIUNTA/Arrhenius.html>
- 267 http://earthobservatory.nasa.gov/Library/Giants/Arrhenius/arrhenius_3.html
- 268 Fleming 1998 s. 80-82.
- 269 Fleming 1998 s. 87-92.
- 270 Fleming 1998 s. 114-118.
- 271 Fleming 1998 s. 119.
- 272 Fleming 1998 s. 122.
- 273 <http://stratus.mlo.hawaii.gov/HISTORY/Fhistory.htm>
- 274 <http://www.si.umich.edu/~pne/sloan/intro.html>
- 275 Fleming 1998 s. 131.
- 276 Commoner 1969 s. 13-14
- 277 Edberg 1968 s. 131; Palmstierna 1968 s. 88; Valtiala 1970 s. 24.
- 278 Meadows o.fl. 1972 s. 62 ff.
- 279 Ward og Dubos 1972 s. 227-231.
- 280 NOU 1974:55 s. 91-92.
- 281 St. meld 54 (1979-80) s. 28.
- 282 Den interdepartementale klimagruppen 1991 s. 55.
- 283 Den interdepartementale klimagruppen 1991 s. 36.

²⁸⁴ Statistisk Sentralbyrå, Naturressurser og miljø 2000,
http://www.ssb.no/emner/01/sa_nrm/nrm2000/vedleggstabeller.pdf (tab. F1).

²⁸⁵ "Transportens energiforbrug stiger stærkt". Energi Nyt nr. 3/2000 s. 14-15.

²⁸⁶ Den interdepartementale klimagruppen 1991 s. 56 ff.

²⁸⁷ Ineterngovernmental Panel on Climate Change 1995 s. 287 jfr. s. 324.

²⁸⁸ <http://www.ipcc.ch/press/sp-cop6.htm>

²⁸⁹ <http://www.munichre.com> : Pressemeldinger 29.02.00 og 28.12.00

²⁹⁰ <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/temp/jonescru/jones.html>

²⁹¹ <http://www.ncdc.noaa.gov/ol/climate/research/1998/anomalies/anomalies.html#overview>

²⁹² <http://www.ipcc.ch/press/sp-cop6/sld1.jpg>

²⁹³ Verdenskommisjonen for miljø og utvikling 1987 s. 131.

²⁹⁴ Benestad o.fl. 1991.

²⁹⁵ <http://www.akf.dk/dk/vind1.htm>

²⁹⁶ <http://www.windpower.dk/da/tour/econ/economic.htm>

²⁹⁷ <http://www.novator.se/bioenergy/BE396/etanol.html>

²⁹⁸ <http://www.eia.doe.gov/oiaf/analysispaper/biomass.html>

²⁹⁹ OECD/IEA 2000 tab. 14 II.

³⁰⁰ BNP-tall i løpende 1998-\$ fra Verdensbanken 2000 tab. 12, delt på befolkning etter forrige kilde.

³⁰¹ http://www.ssb.no/emner/09/01/nr/tab_06.txt

³⁰² http://www.ssb.no/emner/09/01/nr/tab_23.txt

³⁰³ http://www.ssb.no/emner/01/sa_nrm/nrm2000/vedleggstabeller.pdf

³⁰⁴ <http://www.ssb.no/maanedshefte/sm10511n.shtml>

³⁰⁵ http://www.ssb.no/emner/10/08/10/nos_energi/nos_c595/nos_c595.pdf

³⁰⁶ <http://www.ssb.no/emner/09/05/muh/tab-2001-01-15-01.html>

³⁰⁷ <http://www.ssb.no/emner/10/08/10/fjernvarme/>

³⁰⁸ <http://www.ssb.no/emner/09/01/knr/tab-01.html>

³⁰⁹ Wezsäcker o.fl. 1997 s. 10 ff.

³¹⁰ http://www.idebanken.no/gode_eksempler.htm

³¹¹ <http://www.idebanken.no/halmhus>

³¹² Hille og Malvik 1997 s. 46.

³¹³ Wezsäcker o. fl. 1997 s. 91 ff.

³¹⁴ Wezsäcker o.fl. 1997 s. 4 ff.

³¹⁵ <http://www.grenzecho.be/Ausgaben/Grenz-Echo/20000923/420-001-79724-volswagen.html>