

Renere luft – den danske indsats

Miljøstyrelsen
Miljøministeriet

Renere luft – den danske indsats

Indhold

3	Forord
4	Et problem med voksende dimensioner
7	Fra udslip til skader
10	Dansk miljøregulering
12	Dansk energipolitik
14	Svovl og forsuring
16	Kvælstof og overgødskning
18	Organiske forbindelser og fotokemisk smog
20	Andre farlige forbindelser
22	Bly og andre tungmetaller
24	Store og små partikler
26	Fra Geneve-konventionen til Gøteborg-protokollen og NEC-direktivet
28	Hullet i himlen – CFC-gasserne og Montreal-protokollen
30	Den globale opvarmning – Drivhusgasserne og Klimakonventionen
32	Litteratur

Forord

Ren luft er en menneskeret lige som rent drikkevand og rene fødevarer. Forurenede luft er sundhedsskadelig og har negative konsekvenser ikke alene for mennesker, men også for jordbund, vandområder, planter og dyr.

Desværre er det ikke muligt at have en luft, der er helt fri for forurening. De menneskelige aktiviteter kan ikke undgå i større eller mindre udstrækning at belaste vort luftmiljø. Men det har i de sidste årtier vist sig, at det kan lade sig gøre at begrænse belastningen betydeligt.

Inden for FN's økonomiske komité for Europa, UNECE, er der med vedtagelsen af den såkaldte Gøteborg-protokol taget et stort skridt frem mod at begrænse luftforureningen i hele Europa. Protokollen vil betyde færre sygdomme og færre for tidlige dødsfald på grund af dårlig luftkvalitet. Og den vil gavne det dyre- og planteliv, der i dag er belastet af forurening og overgødskning.

Protokollen er et godt eksempel på en moderne, rationel og økonomisk effektiv strategi. Der er sat klare mål for de miljøforbedringer, man vil opnå. Udslippene begrænses mest, hvor de er billigst og har størst effekt. Og flere stoffer reguleres på én gang, så der kan tages højde for deres samlede virkning. Dette sker i et internationalt samarbejde og på et videnskabeligt grundlag.

I anledning af Danmarks ratifikation af protokollen i juni 2002 vil Miljøministeriet med denne pjece give en bred status for den danske og internationale indsats mod luftforurening og for den faktiske situation for vort luftmiljø.

Selvom vi har gjort en stor indsats, er alle problemer ikke løst. Vi skal gøre en større indsats for at løse de sundhedsmæssige problemer, der knytter sig til partiklerne – og især de fine partikler – i luften. Men også andre belastninger fra for eksempel kvælstof og dioxin skal reduceres.

I det globale perspektiv har vi gjort en stor indsats for helt at udfase de ozonlagnedbry-



dende stoffer her i landet, men internationalt har Danmark stadig en stor rolle at spille.

Den største udfordring, vi står over for, er imidlertid truslen om de menneskeskabte klimaændringer. Alt yder på, at jordens befolkning med dens udledninger af drivhusgasser påvirker jordens klima og har sat en proces i gang, hvis langsigtede konsekvenser vi kun kan gisne om. Den udfordring har regeringen taget op med en meget ambitiøs målsætning i den såkaldte Kyoto-protokol under FN's klimakonvention.

Selvom vi altså på en række punkter er kommet langt, vil denne pjeces forskelligartede miljøproblemer efter al sandsynlighed fortsat stå i fokus i de kommende år.

A handwritten signature in blue ink that reads "Steen Gade".

Steen Gade
direktør for Miljøstyrelsen

Et problem med voksende dimensioner

Siden begyndelsen af 1800-tallet er verdens befolkning vokset fra omkring en til seks milliarder mennesker. Behovet for energi er vokset endnu mere. Sammen med en øget landbrugsproduktion har denne vækst medført en voksende luftforurening, som efterhånden har givet sig tydelige udslag.

Londonsmoggen af svovldioxid og sod var berygtet i århundreder. Og først efter en katastrofal episode i 1952, hvor forureningen var mere end 20 gange højere, end vi ser i dag, og der var flere tusinde ekstra dødsfald, blev der gennemført en effektiv lovgivning. En tilsvarende – dog mindre dramatisk – udvikling har været set i København.

OVER ALLE GRÆNSER

Problemet blev i første omgang delvist løst ved at sprede forureningen fra høje skorstene, men det fik ikke forureningen til at forsvinde. I stedet blev det meste af den svovldioxid, der udsendtes i Danmark, ført med vinden til andre lande, først og fremmest Sverige og Norge.

På den måde blev nedbøren ”forsuret”, og det betød økologiske skader i store dele af Europa – fx fiskedød i en række svenske

søer. Her er tale om en geografisk rækkevidde på flere tusinde kilometer og en tidshorisont på årtier. En FN-konference i Stockholm 1972 skabte politisk opmærksomhed, og i 1979 fik man etableret og underskrevet den såkaldte Geneve-konvention om grænseoverskridende luftforurening. Resultatet er blevet, at man med renere brændsler og røggasrensning på store fyringsanlæg har fået de europæiske svovludslip mere end halveret. De danske udslip er endda skåret ned til omkring en tiendedel. Også udslippene af kvælstofforbindelser og kulbrinter, der belaster økosystemerne, er blevet reduceret. I Sverige, der har mange følsomme områder, er det belastede areal nu halveret.

I BYERNE

Samtidig med – og delvis på grund af – reduktionen af den grænseoverskridende luftforurening er luftkvaliteten i byerne på flere måder forbedret.

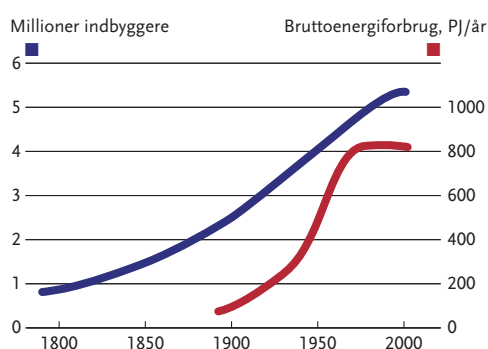
I dag er luftforureningen i mange storbyer domineret af udslip fra biltrafikken. Og det er en kompliceret sag, for der er tale om mange forskellige stoffer, som reagerer indbyrdes i atmosfæren, før de begynder at gøre skade – enten i byen, eller på lange afstande.

Det alvorligste byproblem i dag ser ud til at være partikler. Sammenhængene er endnu ikke helt klarlagt, men specielt små partikler fra dieslbiler vurderes at være farlige. I København medfører partiklerne måske flere hundrede ekstra dødsfald om året blandt følsomme personer.

FORSKNING OG INTERNATIONALT SAMARBEJDE

I gamle dage var problemet med luftforureningen simpel. Alle kunne se den sorte røg, der kom ud af en lav skorsten – og der var ikke så mange af dem, at det blev et væsentligt problem, når røgen blev ført med vinden til andre steder. Nu er det anderledes, for luftforurening spredes på alle geografiske skalaer, og sammenhængen mellem udslippet af forurening, den forurening der derefter optræder i luften, og forureningens skadevirkninger er meget kompliceret.

Effektive beslutninger kræver derfor overvågning og forskning. Vi skal vide, hvorfor



Vækst i Danmarks befolkning og energiforbrug

I løbet af det 20. århundrede blev Danmarks befolkning mere end fordoblet fra knap 2,5 millioner til over 5 millioner. Det har medført et øget energiforbrug og et mere intensivt landbrug og dermed et voksende pres på miljøet.

Befolkningstallet vokser stadig, i det væsentlige på grund af indvandring, men energiforbruget er stabiliseret og søges nu begrænset.

Fremtidens store udfordring er – både nationalt og globalt – at få fjernet koblingen mellem vækst og miljøbelastning: At få etableret en såkaldt ”bæredygtig udvikling”.



vi har den forurening, vi har, og hvordan man billigst og mest effektivt løser problemerne. Det kræver et samspil af mange faglige discipliner.

Det er nødvendigt at følge udviklingen, opfange uheldige tendenser, og undersøge om reguleringen har den ventede virkning. Og så er det nødvendigt, at disse ting foregår i et internationalt samarbejde. Er disse betingelser opfyldt, vil man til gengæld målrettet kunne mindske skadevirkningerne.

Da direktivet om nationale emissionslofter i EU i oktober 2001 og Gøteborg-protokollen i december 1999 blev vedtaget, blev der for første gang sat bindende grænser for, hvor meget luftforurening de enkelte lande må slippe ud.

Og man har regnet ud, at hvis man implementerer Gøteborg-protokollen fuldstændigt, vil det betyde, at de forurede områder i Europa reduceres med omkring 85%, de overgødskede med 65% og de ozonbelastede

I begyndelsen var luftforurening et "her og nu" problem. Ved bålet i et jernalderhus kunne forureningen være værre end på gaden i en moderne storby. Men når ildstedet blev slukket, forsvandt røgen, og omgivelserne nåede ikke at blive påvirket. Senere voksede problemerne både geografisk og tidsmæssigt. I dag kan udslip fra et dansk kraftværk forsure en svensk skovsø og måske medvirke til, at en koralø på den anden side af kloden bliver oversvømmet om 100 eller 200 år. Derfor er nutidens bekæmpelse af luftforurening ikke kun et lokalt anliggende. Det er et spørgsmål om byrdefordeling mellem de enkelte nationer og en ansvarlighed over for de kommende generationer.



med 50%. Man forventer også at belastningen af menneskers helbred væsentligt mindre. Men udslippet af luftforurening fra den internationale skibstrafik er stadig ikke under kontrol. I takt med at udslippet fra kilderne på land bliver reduceret, vil udslippet af fx. svovldioxid fra skibstrafikken få stadig større relativ betydning.

PROBLEMER I GLOBAL SKALA

I den industrialiserede verden er problemerne med grænseoverskridende luftforurening anerkendt, og de teknologiske forudsætninger for at løse dem er til stede, selv om der er lang vej igen. I udviklingslande og i de tidligere kommunistiske lande giver væksten fortsat alvorlige miljøskader. Det er dog formentlig kun et spørgsmål om tid og brug af eksisterende moderne teknologi, før problemerne bliver løst.

Værre er det, at den globale vækst har rykket problemerne endnu en tand op i både tidsmæssig og geografisk udstrækning. Og

nu drejer det sig ikke mere om stoffer, som man kan fjerne ved at bruge andre brændsler og råmaterialer eller ved at sætte filtre på skorstene og udstødningsrør. Når man bruger kul, olie og gas i energisektoren, er gassen kuldioxid det uundgåelige slutprodukt ved forbrændingsprocessen. Sammen med andre drivhusgasser udsendes kuldioxid i så store mængder, og har så lang levetid i atmosfæren, at koncentrationen stiger globalt. Det forskyder energibalancen i atmosfæren og truer dermed med klimaændringer, der kan ændre betingelserne for både mennesker og natur på hele kloden.

NYE UDFORDRINGER

Forskning og internationalt samarbejde er blevet endnu vigtigere nu, hvor miljøproblemerne er rykket op i global skala med en tidshorisont på flere hundrede år. Her spiller modelberegninger en afgørende rolle. De giver ikke alene overblik over alle de data, der er indsamlet i den virkelige verden. Man kan også stille spørgsmål af typen: ”Hvad mon der vil ske hvis...?” Svaret er ikke altid lige behageligt.

PJECENS INDHOLD

Pjecen beskriver først nogle basale forhold i bekæmpelse af luftforurening. Derefter fortælles om forløb af en række konkrete problemer, hvilket leder op til Gøteborg-protokollen og EU's nationale udslipslofter til begrænsning af grænseoverskridende luftforurening i Europa. Endelig skitseres Danmarks indsats over for de globale problemer med nedbrydningen af ozonlaget og de menneskeskabte klimaændringer.

ENHEDER

Udslip af luftforurening angives her normalt som vægtmængde (fx tons) per år. Koncentrationen i luften angives normalt som μg (milliontedele gram) per m^3 .

Fra udslip til skader

Luftforurening kan skabe en lang række miljøproblemer: dårlige livsbetingelser for dyr og planter, helbredsproblemer og for tidlige dødsfald blandt mennesker samt materiale- nedbrydning og klimaforandringer.

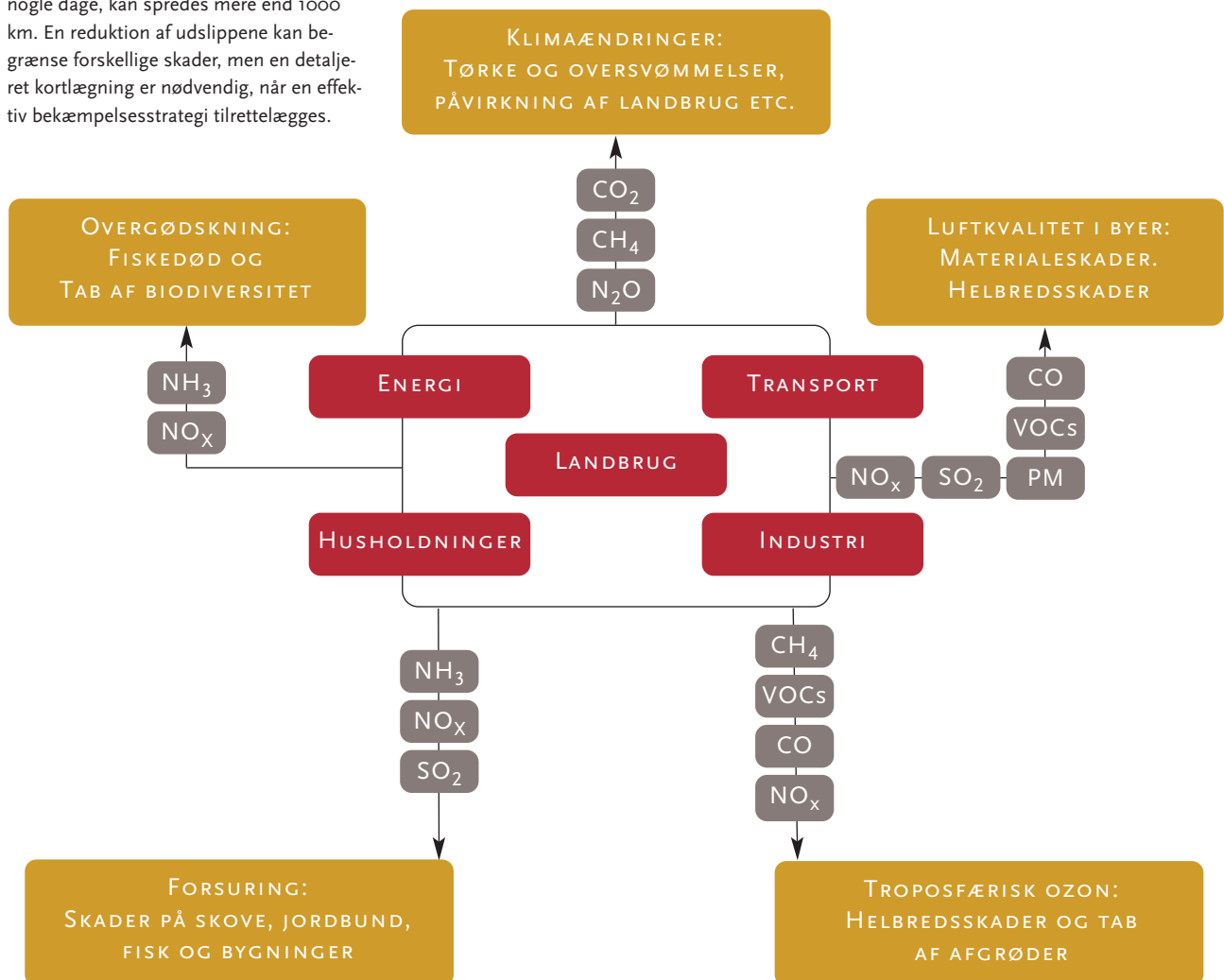
Mange stoffer har de samme virkninger, og mange kilder udsender de samme stoffer. Enhver begrænsning af forureningsudslip vil derfor have en række fordele. Et nedsat udslip af svovldioxid vil således begrænse de økologiske skader, nedbrydningen af materia-

ler og belastningen af menneskers helbred. Mere indviklet er det med kvælstofoxider, der indgår i en række kemiske processer i atmosfæren.

Forholdene kompliceres af, at forskellige områder ikke er lige følsomme. Man definerer her begrebet tålegrænse. Forurening under tålegrænsen forventes ikke at give væsentlige skader på natur og miljø.

Tålegrænsen er ikke den samme for forskellige områder, men afhænger af bevoks-

De enkelte luftforurenende stoffer kommer fra mange kilder og har mange forskellige effekter, der overlapper og vekselvirker. Stoffer, der har en levetid i atmosfæren på nogle dage, kan spredes mere end 1000 km. En reduktion af udslippene kan begrænse forskellige skader, men en detaljeret kortlægning er nødvendig, når en effektiv bekæmpelsesstrategi tilrettelægges.



ning, jordbund, klima m.m. En kalkrig jord i Danmark kan således være mere robust end følsomme naturområder i fx Norge og Sverige.

FORURENINGSKILDERNE

Luftforurening kan stamme fra forbrænding, fordampning eller fra biologiske processer.

Forurening fra forbrænding

Ved enhver form for forbrænding dannes nye kemiske forbindelser. Brændslets hovedbestanddel, kulstof, reagerer med luftens ilt og danner kuldioxid (CO_2). En del af luftens kvælstof (N_2) "brænder med" og danner kvælstofoxider (NO_x). Forbrændingen kan desuden være ufuldstændig, og så dannes

der kulilte (CO), partikler/sod, polyaromatiske hydrocarboner (PAH) og forskellige flygtige kulbrinter (samlet kaldt VOC, efter engelsk Volatile Organic Compounds). Endelig indeholder de fleste brændsler urenheder. Størst betydning har det indhold af svovl i kul og olie, der brænder til svovldioxid (SO_2). Men også ubrændbare bestanddele, der fx kan indeholde tungmetaller, har betydning.

Forurening ved fordampning

Flygtige brændsler (fx benzin) kan spildes og fordampe under transport, tankning og drift. Mange industrielle og håndværksmæssige processer (fx overfladebehandling med maling) kan afdampe organiske forbindelser.

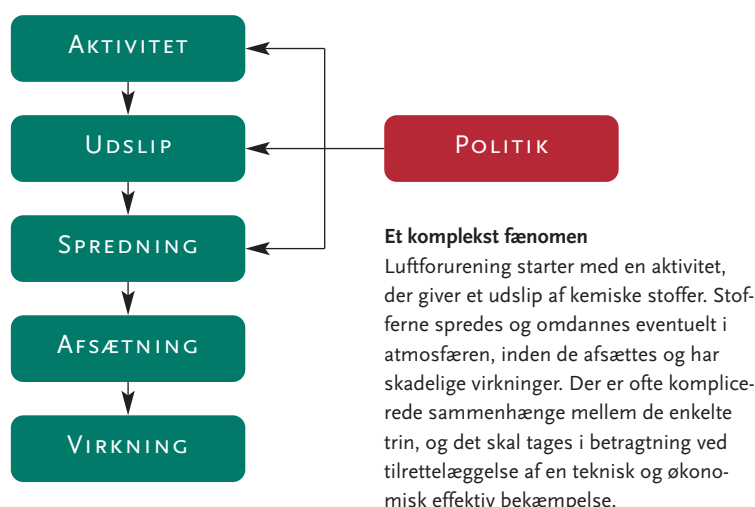
Forurening fra biologiske processer

Biologisk betinget luftforurening kommer oftest fra landbruget, hvor oplagring og brug af husdyrgødning og handelsgødning betyder dannelse og udslip af ammoniak (NH_3), metan (CH_4) og lattergas (N_2O). Metan dannes også ved iltfri forgæring i husdyrenes fordøjelsessystem, specielt hos drøvtykkere som køer.

Metan og lattergas dannes også ved biologiske processer i vådområder. Menneskelig påvirkning i form af ændret arealanvendelse kan derfor ændre udslippet. Det samme gælder afdampning af organiske stoffer fra vegetation, specielt nåletræer. Grænsen mellem naturlige og menneskeskabte forureningsudslip er altså flydende.

LANGTRANSPORT AF LUFTFORURENING

Den mængde luftforurening, der *udsendes* i et givet land, afhænger af landets størrelse, dets grad af industrialisering, dets energikilder o.m.a. Men det er absolut ikke den samme mængde, der *afsættes*. Muligheden for, at forureningen bæres med vinden, betyder, at meteorologiske forhold er afgørende. Som det fremgår af tabellen, medfører en overvejende vind fra vest, at lande som Norge og Sverige modtager meget mere luftforurening, end de udsender. For England, Belgien og Tyskland er det omvendt. I alle



Betydningen af langtransport

Kun en mindre del af det svovl, der udsendes, afsættes i det samme land.

Tabellen viser, hvor meget svovl der udsendes i forskellige lande, endvidere den del der afsættes i landet selv, og endelig den totale mængde, der afsættes i landet.

	Udslip	Afsat nationalt	Afsat totalt i landet
Danmark	54	7	35
Sverige	34	12	123
Norge	15	5	76
Storbritannien	813	263	333
Tyskland	705	35	389
Belgien	117	17	44

(Afrundede værdier for 1997, enhed 1000 t) (Data fra EMEP)



I et lukket gaderum kan forureningen fra bilerne vanskeligt spredes, og der kan derfor lokalt opbygges høje koncentrationer. På en åben motorvej vil det samme forureningsudslip hurtigt blive fortyndet, og det vil derfor give anledning til meget lavere lokale koncentrationer. Men alle udslip vil forurene på længere afstande.

tilfælde afsættes kun en lille del af den udsendte forurening i landet selv.

I dette spil er Danmark af flere grunde fordelagtigt stillet. Opdelingen på mindre øer betyder, at forureningskilderne aldrig kan komme til at ligge så tæt som i udenlandske megabyer eller industriområder. I øvrigt har Danmark stort set ingen stærkt forurenende industrier. Et fladt terræn og megen blæst giver god spredning. Og en vind, der overvejende kommer fra vest, i kombination med, at de større byer ligger på østkysterne, betyder, at en stor del af forureningen blæser ud af landet. Det udelukker dog ikke, at der kan opstå forurening under specielle meteorologiske forhold. Der kan også lokalt i byområder være meget forurening – særligt hvor der er stærk trafik.

ET KOMPLEKST FÆNOMEN

Alle disse forhold viser, at det hverken vil være retfærdigt eller økonomisk effektivt med en simpel procentvis nedskæring af nationale udslip.

Selvom en luftforurening altid starter med et udslip, sker der normalt meget, inden de uønskede virkninger optræder. Under spredningen kan stoffer omdannes, inden de afsættes på jord og planter eller indåndes af mennesker. Undertiden er det først efter at have passeret en fødekæde, at stoffernes skadevirkninger indtræder.

Hertil kommer, at en række stoffer ikke alene bæres gennem luften, men også ad andre veje. Den overgødskning, der fører til iltsvind i vandområderne, skyldes således både at næringssalte fra landbruget udvaskes, og at kvælstofforbindelser afsættes fra luften. For de indre farvandes vedkommende bliver forureningen også ført gennem vandet.

Dansk miljøregulering

Luftforureningen med svovldioxid blev allerede i slutningen af 1960'erne anerkendt som en luftforurening, der burde begrænses alene ud fra sundhedsmæssige årsager. Svovlindholdet i brændselolie blev derfor reguleret i 1972.

Med Miljøbeskyttelsesloven i 1974 fik myndighederne et nyt redskab i hænderne, idet loven gjorde det muligt at stille krav til bl.a. udledningerne til luften fra omkring 7.000 forurenende virksomheder. Sammen med en vejledning om begrænsning af luftforurening var Miljøbeskyttelsesloven et effektivt instrument til at reducere de lokale miljø- og sundhedsrisici fra industrien. Luftvejledningen og Miljøbeskyttelsesloven er blevet revideret flere gange, og i de seneste år er denne direkte styring blevet suppleret med økonomiske styringsmidler og frivillige ordninger som miljømærker, aftaler og energi- og miljøledelse.

Det danske gennembrud i reguleringen af udledningen af svovldioxid og kvælstofoxider kom i 1982, hvor det såkaldte forsøringsudvalg blev nedsat. Udvalget skulle vurdere behovet for at begrænse udslippet af svovldioxid og kvælstofoxider og de tekniske og økonomiske muligheder for at gøre det. Arbejdet blev fulgt op af en begrænsning af udslippet fra de danske kraftværker. Begrænsningerne i kraftværkernes udslip skærpes løbende, så der i dag ikke er kulfyrede kraftværker uden røggasafsvovling, og kun ganske få kraftværker, der ikke begrænser udslippet af kvælstofoxider. Begrænsningen af udledningerne fra kraftværker er et af de vigtigste tiltag, når

Danmark skal opfylde sine forpligtelser i Geneve-konventionen.

Et andet væsentligt element til at forbedre luftmiljøet er Miljøministeriets stadige skærpelse af bestemmelserne om svovlindholdet i både kul og olieprodukter, samt på det seneste en afgift på brændslets svovlindhold og på kraftværkernes udledning af svovldioxid.

DIOXIN

Ved en alvorlig ulykke på en fabrik i Seveso i Norditalien i 1976 slap der store mængder dioxin ud i omgivelserne. Kort efter opstod der skader på vegetation, dyr og mennesker. Det fik med ét slag verdens befolknings øjne op for dioxins ekstreme giftighed. Efter ulykken blev der sat fokus på kilderne til dioxin. Det var især affaldsforbrændingen, der kom under kritik, og Miljøstyrelsen reagerede ved at lukke en række mindre anlæg uden røggasrensning og stille krav til indretning, drift og rensning på de tilbageblevne anlæg. Senest er der i EU vedtaget meget skrappe krav til, hvor meget dioxin anlæg må udlede, og der er i Danmark stillet lignende krav til de danske industrivirksomheder.

TUNGMETALLER

Afsvovling på kraftværkerne og rensning af røggassen fra affaldsforbrændingsanlæg har sammen med bestemmelserne i Luftvejledningen medført, at udslippet af tungmetaller, fx bly, cadmium, nikkel, kobber og kviksølv, er faldet så meget frem til i år, at vi i Danmark ikke har så store miljøproblemer med tungmetaller som mange andre lande.

TRANSPORT

Inden for transportområdet har Danmark og EU tidligt reguleret udslippene til luften. I løbet af 1970'erne var der en voksende erkendelse af de sundhedsmæssige problemer med nerveskader på grund af det stadig stigende indhold af bly i luften. Der var ikke tvivl om, at den altomfattende kilde var benzins indhold af bly, og i 1978 kom den første af mange EU-reguleringer af benzins blyindhold.

Med udfasningen af benzins blyindhold blev bilernes udstødning rensset for en meget væsentlig del af den luftforurening, der især

Status over Miljøministeriets indsats over for luftforurening.	
<i>Luftforurening</i>	
Svovldioxid, SO ₂	😊
Bly, Pb	😊
Kvælstofdioxid, NO ₂	😞
Kulilte, CO	😊
Kulbrinter, VOC'er	😞
Dioxiner	😞
Partikler	😞
😊 Niveaue er acceptabelt	
😞 Ikke helt acceptabelt, der kan gøres mere	
😞 Niveaue er ikke tilfredsstillende, der skal gøres mere	

belaster befolkningen i byområderne. I 1990 indførte Danmark skærpede krav til bilernes udstødning, som betød, at alle nye personbiler skulle have katalysatorer, og i 1993 kom en tilsvarende regulering fra EU, som Danmarks siden har holdt sig til. Dette har i høj grad medvirket til, at grænseværdierne for luftens indhold af kvælstofoxider stort set kan overholdes i dag og forventes at kunne det på længere sigt.

PARTIKLER

Et af de tidligt erkendte problemer fra luftforurening var udslip af støv fra forbrændingsanlæg, kraftværker og industrivirksomheder. Fra 1974 har Luftvejledningen sat grænser for disse udslip, og de er i dag begrænset så langt, som det er teknisk muligt ved hjælp af filtre. Sundhedsmæssige problemer, der er knyttet til partikler i luften, skyldes derfor udelukkende udslip fra køretøjer, især dieselmotorer. Miljøministeriet har iværksat en stor undersøgelse, af hvordan dette problem løses mest effektivt.

OVERVÅGNING AF LUFTKVALITETEN.

Måling af luftkvaliteten

Miljøministeriets indsats på luftområdet omfatter også en overvågning af luftens indhold af mange stoffer som fx svovldioxid, kvælstofdioxid, bly, kulilte og ozon. Der måles både i byer og på landet. Målingerne giver et godt indtryk af, hvor udsat befolkningen er for luftforurening, og hvor meget af forureningen der kommer til os fra andre lande. Et væsentligt supplement til målingerne er modelberegninger, som kan give os vigtig information om, hvilken effekt eventuelle nye indgreb vil have på forureningsniveauet. Beregningerne kan også give et mere detaljeret billede af forureningens geografiske udbredelse.

Grænseværdier for luftkvaliteten

Måling af luftkvaliteten giver ikke i sig selv noget indtryk af, om forureningsniveauet er tilfredsstillende eller ej. Først når man sammenligner målingerne med sundhedsmæssige standarder, kan resultaterne vurderes. I marts 1983 udsendte Miljøministeriet den første bekendtgørelse med grænseværdier for luftens indhold af svovldioxid og svævestøv.

De vigtigste lovindgreb over for luftforureningen

6. september 1972:

Grænser for svovlindhold i olie

13 juni 1973:

Miljøbeskyttelsesloven, der trådte i kraft i 1974, medfører miljøgodkendelse af – og begrænsning af luftforurening fra - virksomheder.

21. juni 1977:

Regulering af benzins indhold af bly.

24. marts 1983:

Grænseværdier for luftens indhold af svovldioxid og svævestøv.

23. maj 1984:

Begrænsning af svovldioxid fra kraftværker.

12. marts 1987:

Grænseværdier for luftens indhold af kvælstofdioxid.

10. december 1987:

Indgreb overfor godkendte affaldsforbrændingsanlæg.

5. april 1989:

Begrænsning af svovldioxid og kvælstofoxider fra kraftværker.

1. oktober 1990:

Indførelse af "katalysatorkrav" for nye personbiler.

15. oktober 1990:

Begrænsning af emissioner af svovldioxid, kvælstofoxider og støv fra store fyringsanlæg.

4. januar 1991:

Regulering af affaldsforbrændingsanlæg.

11. marts 1994:

Grænseværdier for luftens indhold af ozon.

14. september 1998:

Begrænsning af luftforurening fra traktorer, entreprenørmaskiner m.v.

17. september 1998:

Afgifter på svovl.

9. juli 2001:

Grænseværdier for luftens indhold af svovldioxid, kvælstofdioxid, nitrogenoxider, bly og partikler.

Bekendtgørelsen var, lige som de efterfølgende, den danske måde at gennemføre EU-direktiverne på. Herefter fulgte grænseværdier for luftens indhold af kvælstofdioxid og ozon.

I 1996 introducerede EU et nyt koncept til vurdering og styring af luftkvaliteten, idet man fik vedtaget et rammedirektiv, der sidenhen skal udfyldes med datterdirektiver. I dag er der vedtaget direktiver for luftens indhold af svovldioxid, kvælstofoxider, partikler, bly, benzen, kulilte samt ozon. Og på bedding er et direktiv om luftens indhold af arsen, cadmium, nikkel og PAH. Grænseværdierne og de danske niveauer er omtalt i de respektive afsnit.

Dansk energipolitik

Hovedårsagen til udslip af luftforurenende stoffer i Danmark er anvendelsen af fossile brændsler – dvs. produkter af kul, olie og gas. Derfor er udslippet størrelse snævert knyttet til landets energipolitik. Politikken har været udmøntet i en række energihandlingsplaner.

FRA KUL TIL OLIE OG TILBAGE TIL KUL

Traditionelt har kul været en dominerende energikilde i Danmark, men i årene efter 2. verdenskrig kom olie til at spille en voksende rolle og udgjorde i begyndelsen af 1970'erne omkring 90% af energiforbruget. Med energikrisen i 1973 og de drastisk stigende oliepriser blev det klart, at Danmark måtte gøres mindre sårbar over for svingninger i forsyningssikkerhed og energipriser. I den første energiplan fra 1976 (*Energiplan 1976*) var hovedmålsætningen derfor at mindske afhængigheden af olie ved at sprede forsynin-

gen over naturgas og kernekraft, men også ved at bruge kul og vedvarende energi. Resultatet blev i første omgang en omlægning til kul i elproduktionen, og brug af naturgas og vedvarende energikilder. Indførelse af atomkraft blev foreløbig udskudt. Samtidig blev væksten i energiforbruget bremset ved hjælp af sparekampagner og økonomisk styring.

Miljøhensyn spillede en beskedent rolle, og en undersøgelse i 1980 (*Luftforureningsmæssige konsekvenser af kulfyring på danske kraftværker*) konkluderede, at selv med en vækst i kulforbruget på fem gange fra 1975 til 1989 ville problemerne være til at håndtere. Spørgsmålet om klimaændringer blev overhovedet ikke berørt.

DANSK GAS OG OLIE

Energiplan 81 satsede på national produktion af gas og olie samt på fortsatte besparelser bl.a. i boligopvarmningen ved at udbygge

Effektiv fremstilling af energi og energibesparelser er væsentlige elementer i bekæmpelse af luftforurening. Transportsektoren er et kritisk område i dansk miljø- og energipolitik. Forsøg på begrænsning af biltrafikken ved øget brug af offentlig transport og cykler har hidtil haft beskedent succes.



fjernvarmenettet. Stadig var hovedformålet dog forsyningsikkerhed og økonomisk effektivitet.

Efter års diskussioner besluttede Folketinget i 1985 definitivt at trække atomkraft ud af dansk energipolitik. Det var i samme år, at en international konference om *Drivhuseffekt, klimaændringer og økosystemer* førte til en politisk erkendelse af, at udslippet af kuldioxid kunne blive fremtidens altoverskyggende problem.

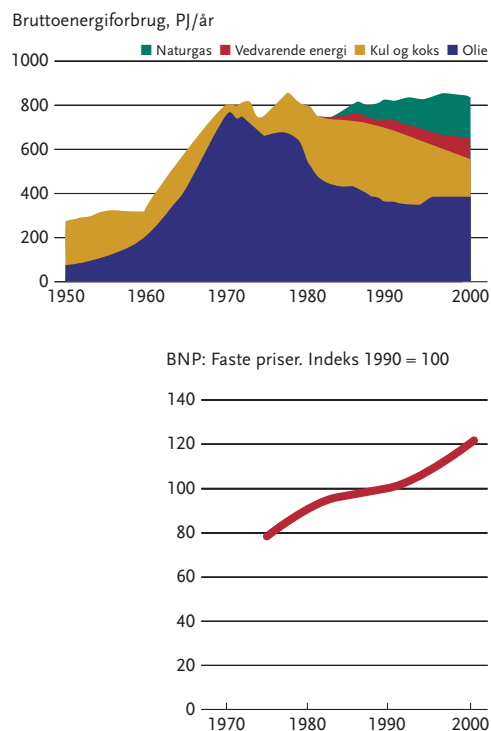
BRUNDTLAND-RAPPORTEN OG HVAD DERAFF FULGTE

Den 27. april 1987 udgav den såkaldte ”Brundtland-Kommission” sin rapport *Vores fælles fremtid*. Mens man tidligere havde set den teknologiske udvikling som en trussel mod miljøet og havde diskuteret ”grænser for vækst”, så man nu vækst som en nødvendig forudsætning for kampen mod fattigdom og miljønedbrydning – væksten skulle bare være ”bæredygtig”. Som et delmål talte man om, at energiforbruget per indbygger i de industrialiserede lande skulle halveres i løbet af 40 år (dvs. inden 2027). Det skulle angiveligt kunne give plads for 30% vækst i udviklingslandene.

MILJØET I CENTRUM

Direkte affødt af Brundtland-rapporten kom i 1990 *Energi 2000 – Handlingsplan for en bæredygtig udvikling*. Nu blev miljøet for alvor sat i centrum. Frem mod år 2005 skulle energiforbruget anno 1988 reduceres med knap 15% og udslippene af kuldioxid, svovldioxid og kvælstofxider med henholdsvis 20, 60 og 50%. *Energi 2000* omfattede dog ikke transportsektoren, da man erkendte, at der her ville ske en nødvendig og uundgåelig vækst. Den fik følgelig sin egen handlingsplan: *Regeringens transporthandlingsplan for miljø og udvikling*. Energiforbruget og kuldioxidudslippet skulle stabiliseres inden 2005 og derefter reduceres 25% inden 2030 – foreløbig har dette ikke været helt let. Udslip af kvælstofoxider og kulbrinter skulle reduceres med 40% inden år 2000, 60% inden 2010 og yderligere frem til 2030. Udsendelsen af partikler skulle halveres frem mod 2010 og yderligere reduceres frem mod 2030.

Energiforbrug og økonomisk vækst



Fra slutningen af 1950'erne og frem til 1970 blev det danske bruttoenergiforbrug mere end fordoblet. Derefter er det stort set blevet stabiliseret, selvom sammensætningen af energikilder har ændret sig drastisk. Siden 1980 er produktionen af vedvarende energi mere end tredoblet – den største vækst er sket for vindkraft.

Bruttonationalproduktet er steget meget mere end energiforbruget.

Årsagerne er til dels erhversmæssige forskydninger i retning af mindre energi-krævende aktiviteter, men også en større effektivitet i produktionen af el og fjernvarme, herunder en kraftig vækst i anvendelsen af kombineret kraft- og varmeproduktion. Hertil kommer en bedre udnyttelse af energien gennem isolering af bygninger, mere effektive forbrugsgoder m.m.

Alt i alt er det stort set lykkedes at skille den økonomiske vækst og den deraf følgende velfærd fra væksten i energiproduktionen og den deraf følgende forurening.

(Kilde: Energistyrelsen)

TRUSLEN OM KLIMAÆNDRINGER

Den seneste officielle energiplan, *Energi 21* fra 1996 fokuserede på udslip af kuldioxid og fastholdt målsætningen om en 20% reduktion i 2005. Samtidig indførtes begrebet *økologisk råderum* i miljødebatten, og man anbefalede at stabilisere den atmosfæriske koncentration af kuldioxid på 450 ppm. Det blev hermed erkendt, at langt mere vidtgående krav til reduktion af kuldioxid ville blive nødvendige. Der forudsattes i planen et fald i det samlede energiforbrug på ca. 17% frem mod 2030. Samtidig regner man med en stort set fuldstændig udfasning af kul, en uændret brug af olie og gas, samt en kraftig vækst i vedvarende energikilder. Mere end halvdelen af el- og fjernvarmeproduktionen skulle efter planen dækkes med vedvarende energi i 2030.

Den miljømålsætning, der i dag præger udviklingen på energiområdet, er først og fremmest Danmarks klimaforpligtelse efter Kyoto-protokollen.

Selvom den erklærede målsætning derfor fokuserer på at reducere udslip af kuldioxid, er det klart, at stort set enhver reduktion i brugen af fossile brændsler vil betyde en begrænsning i udslippet af en række andre mere direkte luftforureninger – især svovldioxid, kvælstofoxider og kulbrinter.

Svovl og forsurening

Svovldioxid er sammen med sod den klassiske byforurening, som giver åndedrætsbesvær, tilsmudsning og materialenedbrydning. Svovlforurening skyldes især, at organisk materiale – herunder både fossile brændsler og biobrændsler – indeholder svovl. Under forbrændingen brændes (iltes) svovlet til svovldioxid (SO_2). I atmosfæren omdannes det videre til sulfat (SO_4^{2-}), der afsættes en-

ten som salte eller svovlsyre, og er en væsentlig årsag til, at nedbør forurennet med svovl bliver sur.

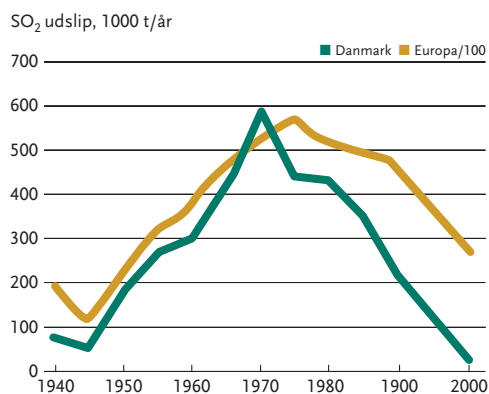
Op til begyndelsen af 1970'erne var det den almindelige politiske opfattelse, at svovlforurening var et lokalt problem, der lod sig løse ved renere brændsler i villafyr og høje skorstene, der spredte forureningen fra kraftværker. Det var imidlertid en kortsigtet løsning.

I juni 1981 udkom fra Statens Naturvårdsverk (den svenske miljøstyrelse) en rapport, der præciserede problemet som vist i citatet. I 1981 var 18.000 af Sveriges 85.000 større søer forsuret og halvdelen heraf i en grad, der alvorligt belastede fiskelivet. I dag er det svenske areal, hvor tålegrænserne for forurening overskrides, mere end halveret fra over 80% til under 40%.

DANSKE UDSLIP

I Danmark har svovlindholdet i olie været reguleret siden 1972 og SO_2 -udslippet fra kraft- og kraftvarmeværker siden 1984. Reglerne er strammet flere gange, og i 1998 indførtes afgifter på svovl. Ved at bruge renere

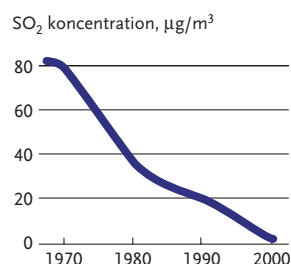
"Vi har i mange år vidst, at fiskene er døde i tusindvis af søer. Men først for nylig er vi blevet i stand til at fastslå, at drikkevand fra både kilder og brønde kan, som følge af forurening, indeholde tilstrækkeligt store mængder giftige tungmetaller til at være en helbredsrisiko. At skovtræer, der står på forsuret jord, kan begynde at vise langsommere vækst, er endnu kun en mistanke – det vil vare mindst endnu et par årtier, før vi ved det med sikkerhed".



Udslip af svovldioxid

Det danske udslip af svovldioxid kulminerede omkring 1970 og er derefter reduceret til omkring 1/10. Mønsteret er stort set det samme som for Europa som helhed.

(Kilder: EMEP, Risø og DMU)



Koncentrationen af svovldioxid

Reduktionen i svovludslip har været medvirkende til, at koncentrationen af svovldioxid i danske byer er faldet drastisk. Omkring 1970 var årsmiddelværdien i København omkring 80 µg/m³. I dag er den nede under 5 µg/m³. Til sammenligning er EU's grænseværdi 20 µg/m³.

(Kilde: DMU)



brændsler og afsvovlingsanlæg på elværker er det efterhånden lykkedes at få det danske udslip af svovldioxid ned fra næsten 600.000 tons om året til under 50.000 tons. Hermed er de målsætninger, som er sat for 2010 gennem ECE- og EU-aftaler (55.000 tons), allerede opfyldt.

Hertil skal imidlertid lægges et væsentligt, men endnu ureguleret, bidrag fra skibstrafikken i de danske farvande. I 1990-2000 var det på 133.000 tons pr. år og altså mere end dobbelt så stort som fra alle landbaserede danske kilder. Dette bidrag er dog uden større betydning for luftkvaliteten i byområder, fordi færger bruger renere brændsel i havne.

SVOVLIOXID I DANSKE BYER

Arbejdet med at reducere den svovlforurening, som bliver ført med vinden, har været medvirkende til, at man lokalt tilsvarende har reduceret svovldioxiden. Det udelukker dog

ikke, at der under specielle meteorologiske forhold kan optræde høje spidsværdier.

I 1800-tallet må middelkoncentration af svovldioxid i Københavns centrum om vinteren have været op mod $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, og da egentlige målinger begyndte i slutningen af 1960'erne var den omkring $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Resultatet kan endnu ses i form af nedbrudte sandstensmonumenter og korroderede statuer. I dag er niveauerne af svovldioxid under $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og dermed væsentligt under både gældende og planlagte grænseværdier.

En tilsvarende udvikling er set i andre danske og udenlandske byer. Den skyldes flere forhold: Mindre svovlindhold i fyringsolie og kul, en regulering af udslippet fra kraftværkerne samt en øget brug af naturgas, der ikke indeholder svovl. Hertil kommer en stigende brug af fjernvarme – tit baseret på kombineret kraft-varmeproduktion på store anlæg med høje skorstene og røggasafsvovling.

Omfattende skader på økologiske systemer, fx skove, satte fokus på den grænseoverskridende svovlforurening. Fænomenerne er imidlertid komplicerede, og med de faldende svovludslip kommer det største forurende bidrag i dag fra kvælstof. Også forurening med ozon kan være afgørende. De senere års såkaldte "røde rødgraner" i Danmark kan desuden skyldes klimaændringer.

Kvælstof og overgødskning

Luftforureningen med kvælstofforbindelser er mere kompliceret end svovlforureningen. Ligesom svovldioxid (SO_2) virker kvælstofdioxid (NO_2) umiddelbart irriterende på åndedrætsorganerne og belaster vegetation. NO_2 kan ligeledes oxideres og bidrage til forurening. Hertil kommer imidlertid, at NO_2 under indvirkning af sollys kan reagere med kulbrinter og danne de såkaldte fotokemiske oxidanter, hvoraf ozon, som omtales i næste afsnit, er den vigtigste.

Endelig virker kvælstof gødende. Luftforureningen med kvælstofforbindelser bidrager derfor til den overgødskning (eutrofiering), som belaster følsomme naturområder. Kvælstoftilførsel via luften til indre danske farvande er ligeledes en medvirkende årsag til iltsvind.

Gennem kemiske processer i jorden kan ammoniak desuden frigøre brintioner og dermed bidrage til forurening.

DANNELSE OG UDSLIP AF KVÆLSTOFOXIDER

Ligesom forureningen med svovldioxid skyldes forureningen med kvælstofdioxid overve-

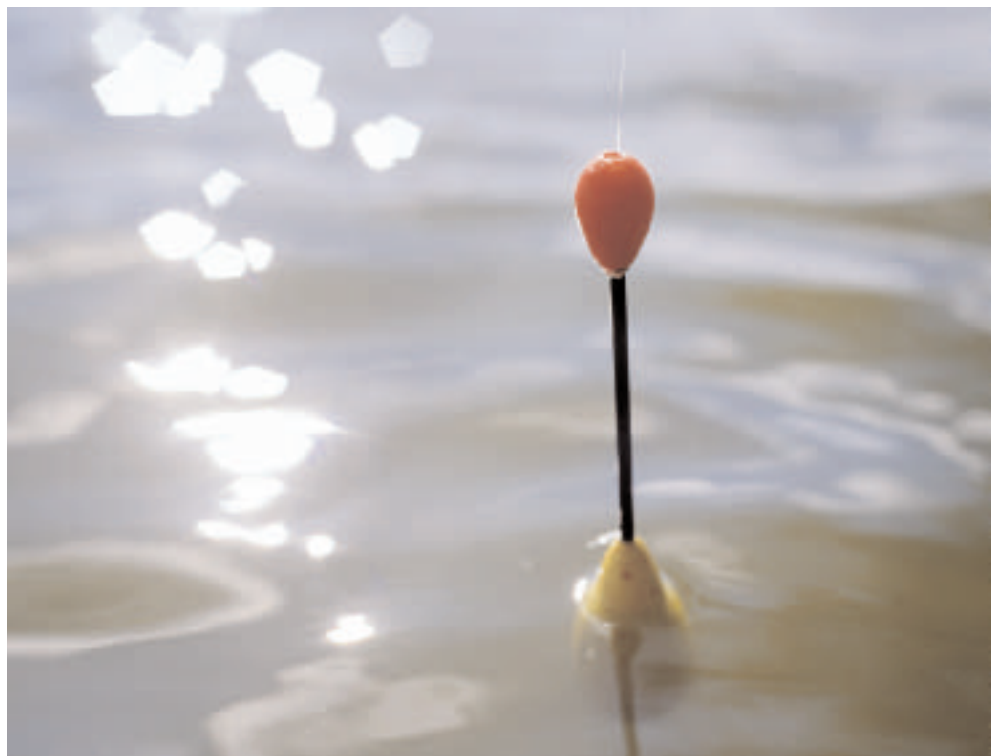
jende forbrænding, fordi brændslerne indeholder kvælstofforbindelser. Men også den atmosfæriske lufts kvælstof iltes – i første omgang til kvælstofmonoxid (NO) og derefter i atmosfæren til NO_2 , der er den egentlige, skadelige forurening.

Det danske udslip af kvælstofoxider, regnet som NO_2 , voksede op til ca. 300.000 tons om året i midten af 1980'erne. Derefter lå det næsten konstant indtil midten af 1990'erne, men nu er det reduceret til ca. 200.000 tons om året. Årsagen har i det væsentlige været installation af lav- NO_x -brændere og de- NO_x -anlæg på kraftværker og fjernvarmeanlæg. En voksende brug af katalysatorer på biler har samtidig mere end modvirket væksten i trafik. Udslippet i dag er dog stadig større end EU- og ECE-målsætningen for 2010 på 127.000 tons om året.

KVÆLSTOFDIOXID I DANSKE BYER

Årgennemsnittet af kvælstofdioxid i danske byer er også faldet de sidste ti år – dog ikke helt så hurtigt som udslippet. I København således fra omkring 50 til 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Det sva-

Luftforureningen med kvælstofforbindelser bidrager til eutrofiering af vandmiljøet. Det kan medføre omfattende iltsvind og fiskedød. For de samlede indre farvande omkring Danmark kommer ca. en fjerdedel af det biotilgængelige kvælstof via luften. Også for naturområder, hvor arterne har tilpasset sig et næringsfattigt miljø, er forureningen med kvælstofforbindelser en belastning, der kan medføre ændringer i artssammensætningen og reduktion af antallet af arter.



rer til den gældende EU-grænseværdi, mens den kommende vil være $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Når faldet ikke har været større, skyldes det delvis, at NO_2 -niveauet afhænger af, hvor meget ozon der er i luften.

AMMONIAK

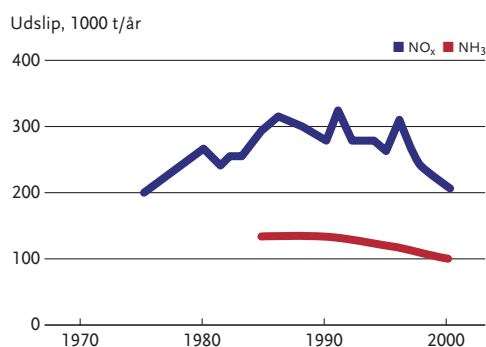
Kvælstof findes også som ammoniak (NH_3) – en gas, der bl.a. dannes ved bakteriel nedbrydning af organisk materiale. Ammoniak blev tidligere kun diskuteret i forbindelse med lugtgener, selvom det rent faktisk ikke er ammoniakken, men en række nedbrydningsprodukter, der giver de største gener. I Danmark skyldes udslippet af ammoniak næsten udelukkende landbruget – i særdeleshed fordampning i forbindelse med anvendelse af kvælstofgødning, bl.a. gylle. Kun 2% skyldes trafik.

I landbruget sker der en tilførsel af kvælstof i forskellige former for gødning og atmosfærisk nedfald. Omvendt sker der også en fraførsel med afgrøder og animalske produkter. Kvælstofoverskuddet udgør det egentlige miljøproblem. Heraf er tabet af kvælstof i form af udsendelse af ammoniak til atmosfæren nu af størrelsesordenen 100.000 t/år. Udslippet er hermed blevet reduceret ca. 30% siden 1985, og det skyldes bl.a., at der anvendes andre fodertyper, at gylletanke er blevet overdækket, og at der bliver brugt slæbeslanger ved udlægning af gyllen.

I 2000-2001 blev der vedtaget en ammoniakhandlingsplan, der skal begrænse fordampningen yderligere. Det forventes, at Danmark vil kunne leve op til EU- og ECE-målsætningen for ammoniakudsendelse i 2010 på 69.000 t/år – som følge af blandt andet Vandmiljøplan II.

OVERSKRIDELSE AF TÅLEGRÆNSER

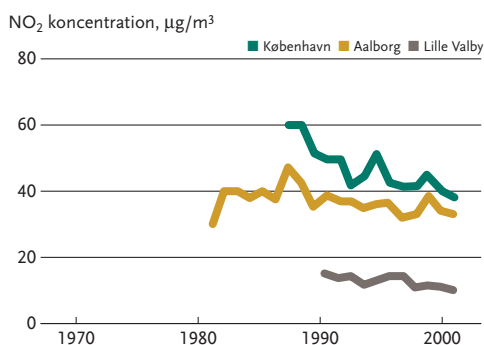
I Danmark udgør det samlede areal, hvor tålegrænserne overskrides, kun en beskedent andel, men det inkluderer landbrugsjord, byer mv. Af det egentlige naturareal, der udgør 15-20%, er stadig omkring halvdelen belastet over tålegrænsen for eutrofiering. I de senere år synes der at have været en mindre reduktion, men nøjere opgørelser findes ikke.



Udslip af kvælstofoxider og ammoniak

Det danske udslip af kvælstofoxider kulminerede i slutningen af 1980'erne og er nu faldet med omkring 30%. Ifølge de seneste opgørelser er udslippet af ammoniak faldet ca. 30% siden 1985.

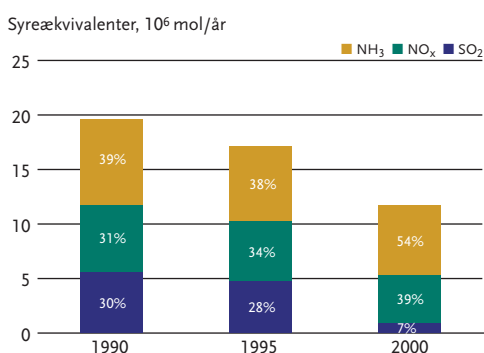
(Kilder: Risø og DMU)



NO₂ i byer og på land

Koncentrationen af NO_2 i den danske luft er ligeledes faldet, men ikke så hurtigt som udslippet.

(Kilde: DMU)



Sammenvejning af forurening

Svovldioxid, kvælstofoxider og ammoniak virker alle forsurende. Man kan omregne udslippene til en fælles enhed: syreækvivalenter. Summen er i Danmark faldet ca. 40% i løbet af ti år, og ammoniak er nu dominerende. Det giver dog ikke umiddelbart noget indtryk af den faktiske belastning, der er stærkt påvirket af langtransporteret forurening med et væsentligt bidrag fra svovl.

(Kilde: DMU)

Organiske forbindelser

– og fotokemisk smog

Flygtige kulbrinter (Volatile Organic Compounds, VOC) er organiske forbindelser, der har stor betydning for luftforureningens miljø- og sundhedsmæssige virkninger. De kan medvirke til dannelse af fotokemisk luftforurening, give anledning til lugtgener eller simpelthen være giftige i sig selv. Sædvanligvis skelner man mellem metan (CH_4) og de øvrige kulbrinter. Metan er en drivhusgas, men spiller kun en mindre rolle som direkte forurening. Tungt flygtige kulbrinter kan desuden have sundhedsmæssig betydning som partikler eller adsorberet til overfladen af partikler.

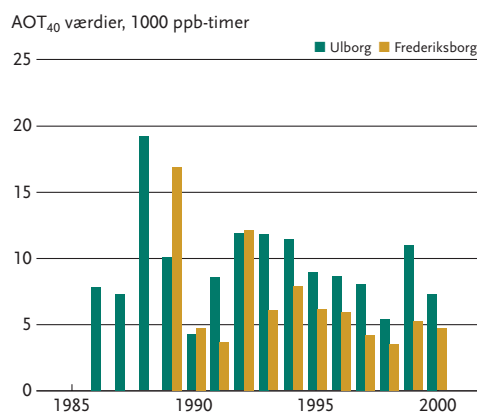
DANNELSE OG UDSLIP AF KULBRINTER
VOC'er har mange kilder: Fordampning af brændstof, ufuldstændig forbrænding, udslip fra industrielle processer, brug af organiske opløsningsmidler m.m. Det danske udslip har været stort set konstant, godt 200.000 tons om året fra 1985 til 1990. Herefter faldt det til under 150.000 tons om året, overvejende på grund af krav om katalysatorer på benziner og reduceret brug af organiske

opløsningsmidler. Både EU's og ECE's emissionsloft for 2010 er 85.000 tons om året, hvilket – udviklingen taget i betragtning – ikke skulle være umuligt at opfylde.

OZON

Ozon (O_3) er en reaktiv form for ilt (O_2), hvor molekylerne har tre atomer i stedet for to. Ozon spiller miljømæssigt to vidt forskellige roller. I stratosfæren findes det såkaldte ozonlag, der skærmer mod kortbølget UV-stråling. Ved jordoverfladen er det derimod en forurening, der angriber åndedrætsorganer, visse materialer og plantevækst. Ozon kan på grund af dets reaktivitet påvirke slimhinder i øjne og luftveje. Særligt personer med luftvejslidelser er følsomme og vil ved forhøjede ozonniveauer kunne opleve forværrelse af deres tilstand.

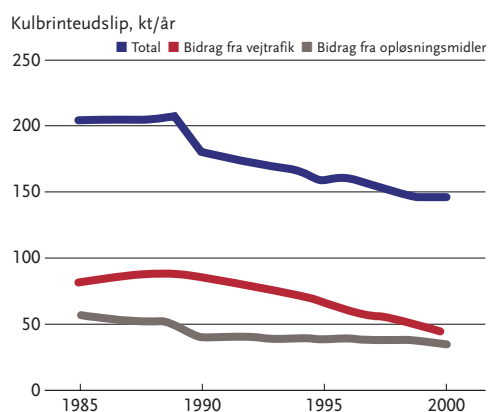
Som forurening er ozon ikke et stof, der "slipper ud". Det er en såkaldt sekundær forurening – noget der dannes ud fra andre, primære forureninger. De primære forureninger er kvælstofoxider og kulbrinter, der under indflydelse af sollys danner en lang



Ozonbelastning målt på skovstationer

Ozonbelastning af vegetation måles i AOT (Accumulated Exposure over a Threshold) som produktet af den tid, niveauerne er over en kritisk grænse fx 40 ppb, og denne overskridelse. Diagrammet viser AOT₄₀ værdier målt på Ulborg og Frederiksborg skovstationer. Det ses, at Ulborg, der ligger mest mod vest, generelt udsættes for den største belastning: Den er jævnligt over de 10.000 ppb x timer om året, som anses for et kritisk skadeniveau. Der har i mange år ikke har været nogen tydelig udvikling. ppb betyder millardenedele.

(Kilde: DMU)



Udslip af kulbrinter

Det danske udslip af kulbrinter er reduceret ca. 25% siden 1985.

(Kilde: DMU)



Organiske forbindelser kan reagere med kvælstofoxider og danne ozon, som er den vigtigste del af den såkaldte fotokemiske luftforurening. Ozon er skadelig for åndedrætsorganer og plantevækst. I danske byer er koncentrationen af ozon normalt lav, men på landet kan forhøjede koncentrationer resultere i et reduceret høstudbytte.

række såkaldte fotokemiske oxidanter. Ozon er den vigtigste.

I Sydeuropa er fotokemisk luftforurening (fotokemisk smog) ofte et byfænomen skabt af biltrafik. I Nordeuropas byer derimod bliver ozon forbrugt, fordi det reagerer med bilernes udslip af NO, der derved bliver omdannet til NO₂. Ozonniveauerne i Nordeuropas byer er derfor generelt lavere end på landet. Her optræder de højeste koncentrationer om sommeren og ved sydøstlige vindretninger. Det skyldes, at der opbygges høje ozonkoncentrationer under højtryksepisoder i Øst- og Centraleuropa, hvorefter luftmasserne langtransporteres til Danmark.

Det er altså ikke muligt for Danmark rent nationalt at styre ozonniveauerne gennem reduktioner af udslip. Ironisk nok er niveauerne i København generelt lavest på hver-

dage, hvor trafikken er størst, og der derfor er andre forureninger (specielt kvælstofmonoxid), der forbruger ozon.

ØKONOMISKE VURDERINGER AF SKADER

Det er ikke blevet beregnet i detaljer, hvad ozonbelastningen koster det danske jordbrugserhverv i form af reduceret høstudbytte. Men et overslag over skader på hvede, græs og produktionsskov ligger på 0,5 - 2 milliarder kroner om året. Det er i overensstemmelse med tilsvarende svenske vurderinger. Sådanne tal skal dog tages med alt muligt forbehold i en verden med overproduktion og omfattende landbrugsstøtte. Skader på naturlig vegetation i Danmark og sundhedsøkonomiske omkostninger har aldrig været forsøgt værdisat.

Andre farlige forbindelser

En række organiske forbindelser er farlige i sig selv. Deres belastning af luftmiljøet reguleres rutinemæssigt ved målinger og beregninger af tilladelig udslip, når virksomheder miljøgodkendes. Enkelte stoffer har dog i de senere år tiltrukket sig særlig interesse.

DIOXINER

De såkaldte dioxiner omfatter 210 nært beslægtede forbindelser af poly-chlorerede-dibenzo-dioxiner (PCDD) og -furaner (PCDF). Dioxins veje i miljøet er komplicerede. Hovedkilden er forbrænding – typisk ved affaldsforbrænding af klorholdigt mate-

riale, men dioxin dannes også i fx halmfyr og brændeovne.

Primært er der altså tale om en luftforurening, men det er ikke kun den direkte indånding, der er væsentlig for sundhedsbelastningen. Dioxinerne, der er meget stabile, afsættes på jord- og vandoverflader. Da de er fedtopløselige, går de let fra jord og vand over i fødekæderne og optages så gennem maden. Der er altså tale om en forurening, der kan sprede sig på flere måder.

Dioxiner er nogle af de mest giftige stoffer, der kendes, idet stofferne er kræftfremkaldende, hormonforstyrrende og kan give fosterskader. Specielt indholdet af dioxiner i modermælk været i søgelyset.

Verdenssundhedsorganisationen, WHO, har i 1998 fastsat en tolerabel daglig indtagelse (inklusive det dioxinlignende PCB) på mellem 1 og 4 pg/kg legemsvægt, mens EU har fastsat en tolerabel daglig indtagelse på 2 pg/kg legemsvægt. Samtidigt er det anslået, at belastningen i Europa i gennemsnit er 2 til 6 pg/kg. Fødevaredirektoratet har på basis af udenlandske data konservativt skønnet, at det danske indtag er ca. 5 pg/kg. Selvom indholdet af dioxin i fødemidler og modermælk er faldende, er der god grund til at fortsætte indsatsen for at nedbringe belastningen. Miljøministeren har i samarbejde med Fødevareministeren udarbejdet en dioxinhandlingsplan. Planen har til formål at reducere dioxinudledningen og skabe ny viden om kilder til dioxinforurening af fødevarer og miljø.

Miljøministeren har netop udsendt en bekendtgørelse, der pålægger affaldsforbrændingsanlæggene at overholde en grænseværdi på 0,1 nanogram dioxin per m³ røggas med udgangen af 2004. Det ser umiddelbart ud til, at det kan gennemføres på omkring 90% af alle anlæg. Industrivirksomheder er underlagt et lignende krav.

Mange organiske forbindelser er sundhedsskadelige. Selvom de starter som luftforurening, kan de gå en lang vej gennem spredning i atmosfæren og fødekæderne, før virkningerne viser sig. Det kan gøre det vanskeligt at spore kilderne og reducere udslippet. Dioxin i modermælk er typisk eksempel.



EU har desuden fastsat grænseværdier for en række, især animalske, fødevarer. Målet er at reducere menneskenes samlede eksponering for dioxin med mindst 25% i 2006.

POLYCYCLISK ORGANISK MATERIALE

Forbrænding af materiale – typisk træ og olieprodukter – med cycliske (ringformede) kulbrinter danner en række mutagene og kræftfremkaldende stoffer. De polycykliske aromatiske kulbrinter (PAH) er de væsentligste.

Den miljømæssige interesse for disse stoffer går helt tilbage til 1800-tallet. Her bemærkede man nemlig, at arbejdere i tjæreindustrien havde usædvanligt mange tilfælde af hudcancer. Den første kræftfremkaldende forbindelse benz(a)pyren blev identificeret i tjære i 1933, men det var først i 1970'erne, at betydningen i forbindelse med luftforurening blev klar. Flygtige PAH findes på gasform, men de tungere og kræftfremkaldende PAH har en tendens til at sætte sig på partikler. Indånding af disse er i forbindelse med arbejdsmiljø påvist at medføre lungekræft.

I Danmark har der været foretaget målinger ved Københavns Lufthavn i 1988-89 og fundet koncentrationer af benz(a)pyren på omkring 2 ng/m³. På H.C. Andersens Boulevard er der blevet målt helt op til 10 ng/m³.

Som led i en indberetning til UNECE er der udført udslipsopgørelser for fire forbindelser: benz(a)pyren, benz(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene og indeno(1,2,3-cd)pyren. Det samlede udslip var i 2000 ca. 11.000 kg. Der er mindre bidrag fra trafik og andre mobile kilder, men næsten tre fjerdedele kommer fra en stigende forbrænding af træ i private pejse og brændeovne.

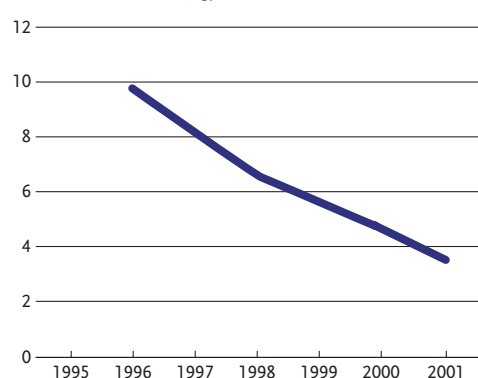
BENZEN

Som beskrevet senere er bly nu helt fjernet som additiv til benzin i Danmark, og derfor er bly i luften stort set forsvundet. Men umiddelbart var det ikke uden bivirkninger, fordi man i stedet måtte opretholde benzins oktantal ved at ændre på dens sammensætning.

For nogle år siden viste det sig så, at byluften indeholder den kræftfremkaldende

kulbrinte benzen. En nærmere undersøgelse påviste, at benzenen udelukkende stammede fra uforbrændte bestanddele af benzin. Raffinaderierne var derfor interesserede i hurtigt at indføre ny teknik til produktion af benzin med lavt benzenindhold. Reduktionen i motorbrændstoffets indhold af benzen er blevet dokumenteret ved analyser af prøver fra Statoil i Kalundborg og Shell i Fredericia. Begge steder faldt indholdet fra 3,5% til 1% i løbet af sommeren 1998. Samtidigt er det vist, at indholdet af benzen i luften på en stærkt trafikeret Jagtvej i København på få år er blevet reduceret fra ca. 10 µg/m³ til 3,4 µg/m³. EU's grænseværdi per 2005 er 5 µg/m³. Problemet med benzen er derfor stort set under kontrol.

Benzen koncentration, µg/m³

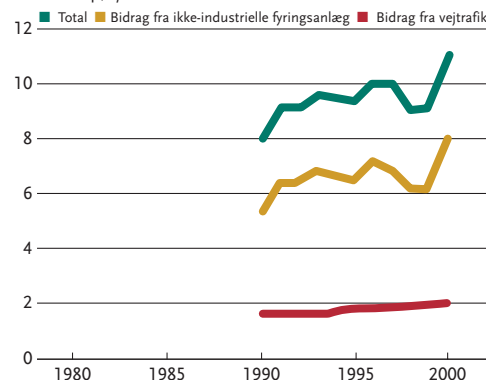


Koncentration af benzen

På den stærkt befærdede Jagtvej i København er koncentrationen af benzen faldet kraftigt siden midten af 1990'erne, da man begyndte at reducere indholdet af benzen i benzin.

(Kilde: DMU)

PAH-udslip, t/år



Udslip af PAH

De danske udslip af PAH (polyaromatiske hydrocarboner) har været stigende gennem de sidste ti år, hvor udslippene har været målt. Hovedkilden er små fyringsanlæg – bl.a. pejse og brændeovne.

(Kilde: DMU)

Bly og andre metaller

Mange metaller er giftige, og verdenssundhedsorganisationen, WHO, har foreslået grænseværdier for en række af dem. De nye EU-direktiver for luftkvalitet vil foruden bly omfatte cadmium, arsen, nikkel og evt. kviksølv.

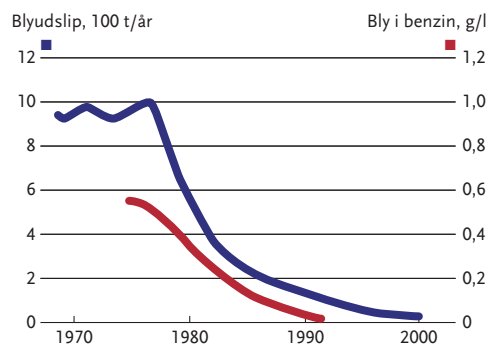
BLY

Gennem mange år blev der tilsat bly til motorbenzin for at forøge oktantal, så man kunne anvende motorer med højere kompression og dermed bedre effektivitet. Bortset fra i nærheden af visse industrivirksomheder var disse blyadditiver den absolut dominerende kilde til bly i luften i danske byer.

Danmark har sammen med de øvrige EU-lande indført grænser for indholdet af bly i benzin. Det skete første gang i 1978. Reglerne blev strammet i løbet af 1980'erne, og der har ikke været bly i benzinen i Danmark siden 1994 – og ikke i EU siden 2000. Re-

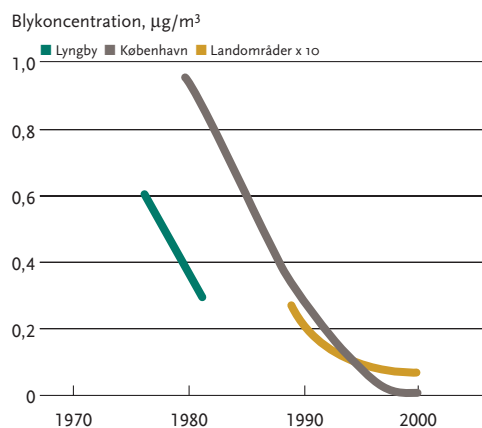
sultatet har været, at bly er næsten fuldstændig forsvundet fra byluften: I København er man nu nede på omkring 15 ng/m³ – eller kun 3% af EU's planlagte grænseværdi for 2010 (0,5 µg/m³).

Det betyder dog ikke, at den menneskelige blybelastning nødvendigvis er faldet tilsvarende. Bly kan nemlig, som andre tungmetaller, også optages gennem føden. I den forbindelse er det væsentligt at bemærke, at koncentrationen af bly i danske landområder altid har været væsentligt lavere end i byerne og i høj grad er påvirket af langtransport. Derfor bliver blybelastningen ikke reduceret relativt så meget. Luftkoncentrationerne er fra omkring 1990 faldet til ca. en tredjedel (fra 25 til 8 ng/m³), og afsætningen af bly er faldet tilsvarende. Niveauerne i jorden forbliver dog relativt konstante, da blyet ikke forsvinder, men forbliver i jorden.



Bly i benzin og blyudslip

Blyadditiver i motorbenzin var tidligere den altdominerende kilde til luftforurening med bly i danske byområder og langs veje. Fra 1978 er det tilladelige blyindhold gradvist blevet helt udfaset. Resultatet har været et tilsvarende fald i det totale blyudslip i Danmark.



Bly i byluft og i landområder

Blykoncentrationen i byluften er samtidigt faldet til omkring en hundrededel. Indholdet af bly i luften i landområder (den er ca. 10 gange mindre) er ikke reduceret relativt helt så meget. Det skyldes et større bidrag fra langtransport.

(Kilde: DMU og Københavns Kommune)



Forhøjede blyniveauer i blodet kan nedsætte intelligensen. Nogle forskere har endda vovet den hypotese, at omfattende blyforgiftning var en medvirkende årsag til Romerrigets fald. Luftforurening med bly er stort set forsvundet i Danmark, men det er ikke den eneste kilde til blybelastning af mennesker.

ANDRE METALLER I LUFTEN

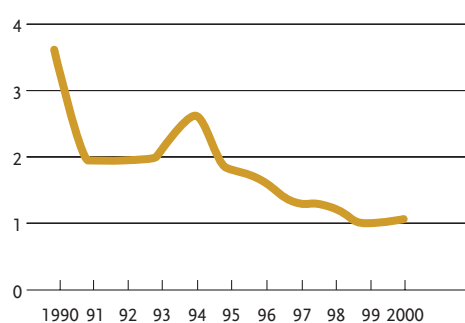
Udslipsopgørelser for fx cadmium, kviksølv, nikkel og zink viser over de senere år væsentlige om end knap så markante reduktioner. Dette skyldes rensning af udslippene fra kraftværkerne, affaldsforbrændingerne og industrivirksomhederne.

Også koncentrationerne af en række metaller i byluften er faldet, men da der tilsyneladende er mange forskellige kilder, er det vanskeligt at påvise en enkelt årsag.

TUNGMETALLER I JORD

I 1996 blev det konkluderet, at det nuværende nedfald af tungmetaller generelt er meget lille sammenlignet med jordens naturlige indhold. Det forventes derfor ikke at udgøre noget akut problem. Da nedfaldet kan sætte sig direkte på spiselige plantedele, er der dog stadig behov for at følge udviklingen for specielt bly, cadmium og kviksølv.

Blyafsætning, mg/m² pr. år



Blyafsætning i danske landområder

De sidste 10 år er blyafsætningen på landet (gennemsnit af målinger fra Tange og Kjeldsnor) mere end halveret. Tilsvarende, men knap så store reduktioner er set for bl.a. zink og kobber.

(Kilde: DMU)

Store og små partikler

Forureningen med partikler medfører forøget sygelighed, forringelse af almindeligt velvære og kortere levetid, især for følsomme grupper som personer med åndedrætssygdomme og hjerte-karsygdomme.

I modsætning til gasformige luftforureninger er partikler ikke nogen veldefineret forbindelse. De findes i forskellige størrelser, former og kemiske sammensætninger. Ud over partiklerne i sig selv anses også de stoffer, der sidder på partiklernes overflade, at have betydning for partiklernes skadelige effekter. Hertil kommer, at deres størrelse er afgørende både for, hvor længe de opholder sig i atmosfæren, og i hvilken udstrækning og hvor de afsættes i lungerne.

Partikler opdeles i tre størrelser: Grove (større end 2,5 μm), fine (mindre end 2,5 μm) og ultrafine (mindre end 0,1 μm). Og det ser ud til, at de fine og de ultrafine partikler er de mest sundhedsskadelige.

SUNDHEDSSKADER

Udenlandske vurderinger anslår, at den gennemsnitlige levealder reduceres med omkring et år, når mængden af fine og ultrafine partikler stiger med 10 μg pr. kubikmeter. Overføres dette til større danske byer, betyder det, at en reduktion af det gennemsnitlige niveau med en tredjedel vil give et fald i dødeligheden på ca. 400 om året blandt en million indbyggere.

Når de mindste partikler er de farligste, skyldes det, at store partikler fortrinsvis består af afslidt vejbelægning eller er stoffer fra naturlige kilder, der ikke er specielt farlige. Desuden indeholder en given vægtnængde et langt større antal partikler hvis de er små, end hvis de er store. Og de små partikler har en større samlet overflade.

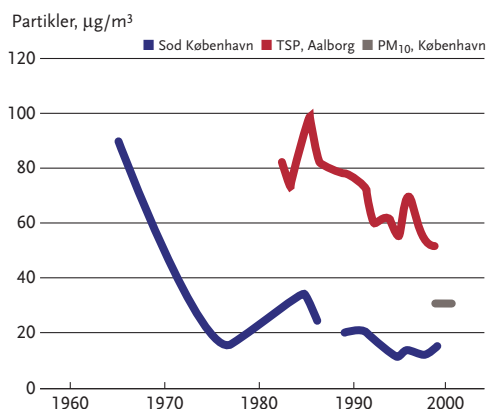
De fleste steder i verden har man imidlertid grænseværdier for vægten af partiklerne. Et indgreb på dette grundlag kan være forfejlet, fordi man ikke regulerer direkte på den farlige del.

PARTIKLER I LUFTEN

Partikler i form af sod var sammen med svovldioxid hovedbestanddelen i den "klassiske" byforurening, og blev målt ved et udtryk for deres sværtning af filterpapir. Soden er siden stort set forsvundet fra dansk byluft pga. renere brændsler og bedre fyringsanlæg, som eventuelt er forsynet med røgfiltere.

Hovedparten af partiklerne i luften stammer nu fra vejtrafik – især dieselmotorer – og andre mobile kilder. Resten kan være industriudslip, fx fra cementproduktion, eller fra naturlige kilder såsom ophvirvlet støv, aske fra vulkaner eller skovbrande og indtørret saltvand fra havsprøjt.

Totalmængden af støv (Total Suspended Particulate Matter, TSP) regnet efter vægt måles ved at veje filtre, og man har konsta-



Partikler i byluft

Udslippet af sod og større partikler er blevet kraftigt reduceret ved brug af renere brændsler samt forbedret fyrings- og rensningsteknologi, og niveauerne i byluften er faldet tilsvarende. For helt små partikler er måleperioden for kort til at vise nogen tendens. Sod er målt i Stormgade i København. Totalmængden af støv (TSP) er målt i Aalborg. Mængden af små partikler (PM₁₀) er målt på Jagtvej i København.

(Kilder: HLU og DMU)



teret en halvering i årsmiddelværdierne siden begyndelsen af 1980'erne. Mængden af partikler med en størrelse under $10 \mu\text{m}$ (PM10) er kun målt i et par år, og man har endnu ikke kunnet konstatere nogen tendens.

DANSK FORSKNING

Danske forskere er på forkant med udviklingen. Der mangler stadig viden, men i de seneste år er beslutningsgrundlaget forbedret. På finansloven er der afsat midler frem til år 2004 til et særligt undersøgelsesprogram. Programmet skal give os større viden om luftforurening og især om partiklerne i luften.

I programmet deltager Miljøministeriets egne institutioner i samarbejde med en række andre danske eksperter. Det forventes, at programmet vil give ministeriet et langt bedre overblik over både de sundhedsmæssige konsekvenser af partiklerne i luften, hvor partiklerne kommer fra og dermed hvilke tiltag, der vil give de største reduktioner.

Partikelforurening betød tidligere sod fra fyringsanlæg. Den kunne bl.a. gøre det umuligt at tørre tøj i fri luft, og den er måske også grunden til, at paraplyer oprindeligt var sorte. I dag er der tale om små partikler – fortrinsvis fra trafik. De kan ikke ses, men de kan indåndes. Partiklerne er stærkt sundhedsskadelige, da de kan forværre tilstanden hos personer med luftvejslidelser eller hjerte-karsygdomme. Yderligere er partiklerne bærere af fx kræftfremkaldende stoffer.

Fra Geneve-konventionen

– til Gøteborg-protokollen og NEC-direktivet

I 1976 foreslog de nordiske miljøministre en europæisk konvention om nedbringelse af grænseoverskridende luftforurening, specielt med svovlforbindelser. Og efter forhandlinger i ECE underskrev 34 lande samt EF-Kommissionen i 1979 den såkaldte *Geneve-konvention*, der trådte i kraft i 1983. Konventionen er nu ratificeret (dvs. tiltrådt officielt) af 47 lande på det europæiske kontinent samt USA og Canada.

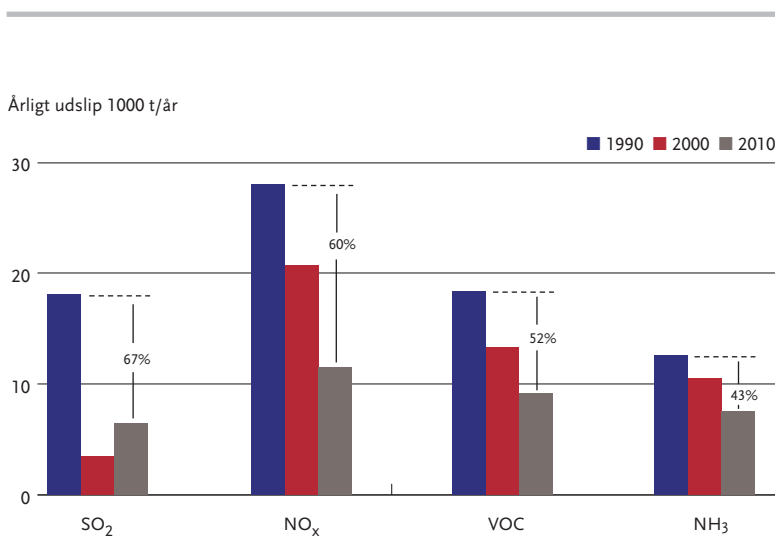
Da luftforurening spredes over landegrænser, er det ikke altid muligt for de enkelte lande at regulere deres luftkvalitet og afsætningen af skadelige stoffer gennem nationale tiltag. En effektiv indsats kræver internationalt samarbejde.

Geneve-konventionen danner rammen om det eneste forum på det europæiske kontinent, hvor de fælles problemer i relation til luftforureningen kan tages op. Konventionen er en rammekonvention, der suppleres med mere konkrete bestemmelser i form af såkaldte protokoller. Der er indtil nu udar-

bejdet og underskrevet otte sådanne protokoller, hvoraf fem er trådt i kraft.

Den første protokol vedrørte finansieringen af det teknisk videnskabelige grundlag, og på basis af den er der siden 1985 blevet indsamlet udslipsdata, målt luft- og nedbørskvalitet samt foretaget modelberegninger af den atmosfæriske spredning. Ved hjælp af udslipsprognoser og modelberegninger kan man desuden vurdere den fremtidige forurening og virkningerne af planlagte indgreb. Dette videngrundlag har spillet en central rolle i de efterfølgende forhandlinger om protokoller, svovldioxid, kvælstofoxider, kulbrinter, tungmetaller og POP'er.

Den foreløbige krone på værket er *Gøteborg-protokollen*, der blev underskrevet i 1999. Det er på en gang en "multipollutant" og en "multieffekt" protokol, som skal reducere forurening, eutrofiering og skader fra jordnær ozon. Midlet er en samlet indsats mod grænseoverskridende forurening med svovldioxid, kvælstofoxider, kulbrinter og ammoniak.



Danmarks udslip og mål for Gøteborg-protokollens 4 stoffer

Diagrammet viser Danmarks udslip i 1990 og i 2000. Desuden er vist de udslipslofter, Danmark har forpligtet sig til med underskrivelsen af Gøteborg-protokollen og vedtagelsen af EU's direktiv om nationale udslipslofter.

Både FN's økonomiske Kommission for Europa (ECE) og EU behandler begrænsning af grænseoverskridende luftforurening. For Danmarks vedkommende er resultatet det samme.

(Kilde: Miljøstyrelsen)

GØTEBORG-PROTOKOLLENS

MÅLSÆTNINGER

Protokollen er forhandlet på basis af modelberegninger, der bygger på nationale kortlægninger af tålegrenser og omkostninger ved at begrænse udslip. Og den sætter grænser for hvert enkelt lands udslip af de fire nævnte stoffer i 2010.

Protokollen opererer med faste mål for forbedring af miljøtilstanden i alle de omfattede områder. Reduktionerne i udslip foretages derimod, hvor det er mest omkostningseffektivt. Dvs. hvor bidragene til de belastede områder er størst, og hvor der hidtil har været investeret mindst i udslipkontrol, så yderligere tiltag vil være relativt billige.

Når protokollen er fuldt implementeret i 2010, skal Europas svovludslip være reduceret med mindst 63%, NO_x-udslip med 41%, VOC-udslip med 40% og ammoniakudslip med 17% – alt sammenlignet med udslipene i 1990.

Protokollen sætter også snævre grænseværdier for udslippet fra specifikke kilder som fx forbrændingsanlæg, elværker, kemiske rensningsanlæg samt biler og lastvogne.

Her kræves, at den bedst mulige teknologi anvendes for at holde udslippene nede. VOC-udslip fra produkter som maling og aerosoler skal også reduceres. Endelig skal landmænd tage specielle forholdsregler for at kontrollere udslip af ammoniak. Vejledninger vedtaget i forbindelse med protokollen foreslår en vifte af bekæmpelsesteknologier og økonomiske instrumenter til udslipsreduktioner i de relevante sektorer, herunder transport.

Det er anslået, at når først protokollen er implementeret, vil det areal i Europa, der har for høje forsurningsniveauer, være blevet reduceret fra 93 mio. ha. i 1990 til 15 mio. ha i 2010. Arealet med for høj grad af eutrofiering vil være faldet fra 165 mio. ha. i 1990 til 108 mio. ha.

Antallet af dage med for høje ozonniveauer vil være halveret. Det vil betyde, at antallet af leveår tabt som følge af kroniske effekter af ozonbelastning vil være omkring 2.300.000 lavere i 2010 end i 1990. Og der vil være omkring 47.500 færre for tidlige dødsfald som følge af ozon og partikler i atmosfæren. Mængden af vegetation, der belastes med for høje ozonniveauer vil være reduceret med 44% i forhold til 1990.

EU-DIREKTIVET OM NATIONALE UDSLIP
Sideløbende med ECE har også EU arbejdet med begrænsning af langtransporteret luftforurening. Den overordnede målsætning er den samme, nemlig en omkostningseffektiv samlet reduktion af virkningerne af forurenende, eutrofierende og ozondannende stoffer (SO_2 , NO_x , VOC og NH_3). Kommissionen har beregnet forslag til emissionslofter for hvert af de 15 EU lande – det såkaldte NEC (National Emission Ceiling) direktiv, der blev vedtaget i oktober 2001.

Til trods for et fælles beregningsgrundlag bliver resultaterne lidt forskellige, primært fordi der ikke tages hensyn til forsurningsfølsomme områder i Norge, som ikke er medlem af EU. For Danmark er lofterne for de fire stoffer dog identiske.

KONSEKVENSER FOR DANMARK

De danske udslip af SO_2 , NO_x , VOC og NH_3 er i forvejen underlagt så betydelig re-



gulering, at de krævede reduktioner vil være sikret, hvis den gældende lovgivning og eksisterende miljømæssige målsætninger overholdes. For kvælstofoxider vil opfyldelsen dog afhænge noget af eksporten og Danmarks implementering af Kyoto-protokollen.

Det er også værd at bemærke, at selv en fuldstændig opfyldelse af Göteborg-protokollen kun kan opfattes som et foreløbigt mål. Det vil ikke være tilstrækkeligt til at beskytte al dansk natur og miljø.

Hullet i himlen

CFC-gasserne og Montreal-protokollen

CFC – chlor-flour-carboner er fællesbetegnelsen for en række industrielt fremstillede gasser. Under normale omstændigheder er de overordentlig stabile og helt ugiftige. De har derfor haft en række praktiske anvendelser fx som varmemedium i køleskabe, som drivmiddel i spraydåser og brandslukkere og til opblæsning af isolationsskum. Og de blev i lange tider betragtet som en miljømæssig gevinst.

I begyndelsen af 1980'erne blev det imidlertid klart, at netop deres store stabilitet kunne give forklaringen på en netop observeret global miljøtrussel: Nedbrydning af atmosfærens ozonlag.

NEDBRYDNINGEN AF OZONLAGET

Ozon (O_3) er, som nævnt, i lav højde en luftforurening, der belaster både vegetation

og menneskelig sundhed. I stratosfæren, 15-50 km over jorden, udgør ozon derimod en nødvendig afskærmning mod solens biologisk aktive ultraviolette stråling – den såkaldte UV-B stråling. CFC-gassernes store stabilitet og dermed lange levetid i atmosfæren betyder, at de kan blandes helt op i stratosfæren. Her bliver de nedbrudt af den ultraviolette stråling og danner frie kloratomer, der omdanner ozon til almindelig ilt. Gennem en kædeproces kan et enkelt CFC-molekyle nedbryde mange ozonmolekyler.

En nedbrydning af ozonlaget vil betyde en forøgelse af UV-B strålingen i jordniveau og medføre en lang række uønskede effekter. Mest omtalt er en forøget hyppighed af bl.a. hudkræft. Det er således skønnet, at en 1% reduktion i ozonlaget vil forøge risikoen for ikke-melanom hudkræft med 2%. Betydning



Sollys er en væsentlig forudsætning for højere liv. For mennesker kan mangel på sollys give alvorlige sundhedsmæssige og sommetider mentale problemer. Men den direkte stråling fra solen indeholder også ultraviolet stråling, som er skadelig for biologiske systemer. Den filtreres normalt delvis bort af det såkaldte ozonlag i stratosfæren. Det er derfor en alvorlig sag, hvis ozonlaget nedbrydes.

gen for den langt farligere modernærkekræft er derimod mindre klar.

I større målestok vil bl.a. planktonalger i havet kunne skades. Da de udgør det nederste led i havets fødekæde, vil det kunne få konsekvenser, der forplanter sig op gennem hele systemet.

DEN INTERNATIONALE INDSATS

Allerede i 1985 undertegnede man den såkaldte Wien-konvention om beskyttelse af ozonlaget og i 1987 den mere konkrete Montreal-protokol. Den er senere blevet strammet op i takt med, at der kommet ny viden om ozonlagsnedbrydende stoffer og mulighederne for at udfase dem. I-landene forpligtede sig til at holde op med at bruge de fem vigtigste CFC'er inden 1996, mens u-landene har forpligtet sig til at stoppe forbruget inden 2010. Der er også aftaler for tre haloner (tilsvarende forbindelser, der indeholder brom), som især har været brugt til brandbekæmpelse. Desuden er det planlagt at udfase en række erstatningsstoffer med mindre ozonlagsnedbrydende virkning.

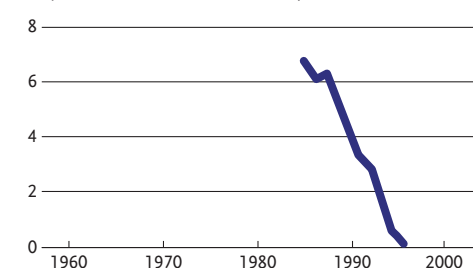
UDVIKLINGEN I DANMARK OG VERDEN

Danmark har været hurtig til at afvikle brugen af ozonlagsnedbrydende stoffer. Af praktiske grunde omregner man virkningen af alle de relevante stoffer til den vigtigste CFC, CFC-11. I 2001 var Danmarks forbrug målt som CFC-11 ækvivalenter faldet med 99%.

Også internationalt har afviklingen været en succes, selvom faldet i produktionen af CFC har været ledsaget af en stigning i produktionen af de mindre skadelige erstatningsstoffer. Fremover bliver de væsentligste udfordringer at sikre, at u-landene kan leve op til Montreal-protokollens krav om, at fremme udfasningen af HCFC (hydro-chlor-fluor-carboner) og methylbromid, at bekæmpe illegal handel, samt at identificere og kontrollere nye ozonlagsnedbrydende stoffer.

Problemet synes således at være på vej mod en løsning. Men selv med opfyldelse af de seneste internationale aftaler vil det vare til hen mod midten af dette århundrede, før ozonlaget er fuldt genopbygget.

Udslip af CFC-11 ækvivalenter, 1000 t/år

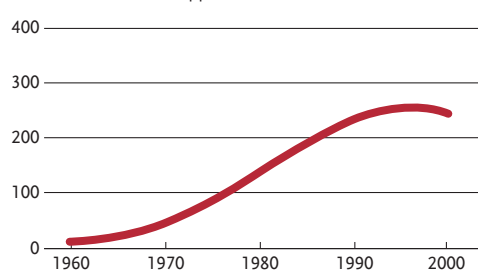


Dansk forbrug af ozonlagsnedbrydende stoffer

Siden det internationale arbejde med beskyttelse af ozonlaget startede i midten af 1980'erne, er det danske forbrug af ozonlagsnedbrydende stoffer stort set blevet udfaset. Her er det opgjort i mængder af kontrolrede ozonlagsnedbrydende stoffer omregnet til CFC-11.

(Kilde: Miljøstyrelsen)

CFC 11-koncentration, ppt

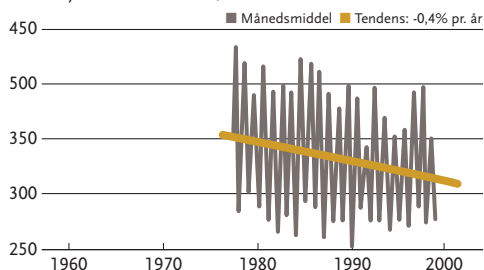


Den globale middelværdi af CFC-11 koncentrationen

Selvom den globale middelværdi af CFC-11 koncentrationen synes at være toppet, vil det i bedste fald være flere årtier, før påvirkningen af ozonlaget er under det kritiske niveau.

(Kilde: IPCC)

Ozonsøjle over København, Dobson-enheder



Ozonsøjle over Danmark

Den gennemsnitlige ozonsøjle over Danmark er, siden målingerne startede i 1978, faldet med omkring 10%. Under skyfri betingelser, hvor folk fortrinsvis udsætter sig for solstråling, vil den skadelige ultraviolette stråling være steget med knap 15%. Det er dog stadig væsentligt mindre, end man kan blive udsat for under en sommerferie i Sydeuropa.

(Kilde: DMI)

Den globale opvarmning

Drivhusgasserne og Klimakonventionen

Betydningen af atmosfærens sammensætning for Jordens energibalance og dermed for det globale klima har været kendt siden begyndelsen af 1800-tallet. I 1890'erne beregnede den svenske meteorolog Arrhenius, at en fordobling af koncentrationen af CO₂ kunne betyde en global opvarmning på 5-6°C. I 1930'erne blev det klart, at temperaturen faktisk var på vej opad, men det vakte ingen større opmærksomhed. Dels blev det nærmest anset for en fordel, og dels tabte spørgsmålet generelt i konkurrencen om politisk opmærksomhed med sociale problemer efter 1. verdenskrig efterfulgt af den økonomiske depression i trediverne og optakten til 2. verdenskrig.

I årene efter 2. verdenskrig var der stigende videnskabelig interesse for fænomenet. Men det var alligevel først med en international konference om *Drivhuseffekt, klimaændringer og økosystemer* i 1985, at man poli-

tisk erkendte, at der kunne blive tale om et problem med globale miljøvirkninger.

TRUSLEN OM KLIMAÆNDRINGER

Den forøgede drivhuseffekt og truslen om en menneskeskabt global opvarmning har et perspektiv, der rækker mange hundrede år frem i tiden. Og det er et langt mere kontroversielt fænomen end nedbrydningen af ozonlaget.

Forskellige områder på Jorden vil blive påvirket forskelligt og ikke alle negativt. Danmark vil isoleret set være rimeligt godt stillet, hvis man i tide planlægger efter de forventede klimaændringer – specielt inden for skovbrug og ved anlæg af større infrastruktur. En stigende vandstand, der vil følge med den globale opvarmning, kan dog også i Danmark give problemer i lavtliggende kystområder.

Generelt vil det gå mest ud over udviklingslandene, der på én gang er de mest sårbare og har de ringeste muligheder for tilpasning. Nødvendige begrænsninger af udslip af drivhusgasser berører alle samfundsområder over lange tidsrum. Og i udviklingslandene vil de komme på kollisionskurs med et berettiget ønske om økonomisk vækst.

IPCC'S STABILISERINGSSCENARIER

FN's miljøprogram (UNEP) og Verdens Meteorologiske Organisation (WMO) nedsatte i 1988 det såkaldt mellemstatslige klimapanel (Intergovernmental Panel of Climate Change) IPCC.

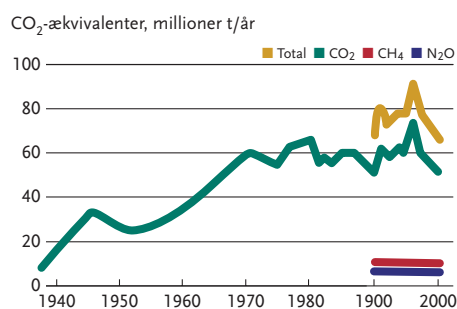
IPCC har bl.a. regnet ud, at atmosfærens indhold af kuldioxid og andre klimagasser skal stabiliseres på det dobbelte af, hvad det var, før industrialiseringen tog fart i begyndelsen af 1800-tallet. Det vil globalt set give virkninger, som vil være til at leve med, om end det bestemt ikke vil være uden miljøproblemer.

Et sådant niveau forudsætter, at de globale udslip halveres i forhold til det nuværende niveau frem mod år 2100 og derefter i de kommende århundreder fortsat reduceres. Og det skal ske samtidigt med, at verdens befolkning antagelig vokser til nær det dobbelte, og udviklingslandene får en markant stigning i materiel levestandard.

Dansk udslip af kuldioxid (CO₂) og andre drivhusgasser

Det danske udslip af kuldioxid steg svagt op til midten af 1990'erne – men viser nu et svagt fald. Værdierne i 1975, 1990 (referenceåret) og 2000 var stort set ens, ca. 50 Mt. om året. Udslip af andre drivhusgasser, omregnet til CO₂-ækvivalenter, har stort set været konstante siden 1990.

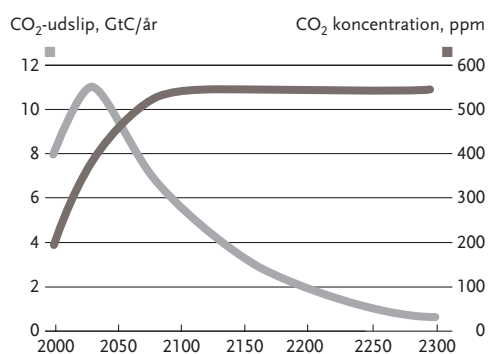
(Kilder: DMU, Risø, Energistyrelsen)



Stabiliseringsscenario

Hvis atmosfærens indhold af kuldioxid skal stabiliseres på det dobbelte af det "naturlige" (550 ppmv), vil det kræve, at det globale udslip halveres i løbet af de næste 100 år og derefter fortsat reduceres.

(Kilde: IPCC)





Meget lidt af det danske areal henligger som uberørt natur, og en stor del heraf findes langs kysterne. I et varmere klima med stigende vandstand kan lavtliggende områder, der er underlagt EU's fuglebeskyttelsesdirektiv, blive truet.

Altså en målsætning der er væsentlig mere ambitiøs og langsigtet end Brundtland-Kommissionens. Regnet på personbasis vil det kræve en langt større reduktion af udslippene i lande som Danmark. Måske ikke teknisk umuligt, men politisk sandelig en udfordring!

KLIMAKONVENTIONEN

Ved FN's verdenskonference om miljø og udvikling i Rio de Janeiro i 1992 underskrev 155 parter en klimakonvention, der sigter mod at stabilisere koncentrationerne af drivhusgasser i atmosfæren. Det ultimative formål er citeret i margenen.

Konventionen udtrykker en generel hensigt og erkender, at klimaændringer ikke vil kunne undgås helt. Hvad der er en acceptabel kombination af "ufarligt", "tilstrækkeligt" og "bæredygtigt" beror på politiske afvejninger.

MELLEM POLITIK OG VIDENSKAB

Konventionen trådte i kraft i 1994, og der er efterfølgende afholdt en række møder mellem de underskrivende parter – såkaldte COP (Conference of the Parties). Den tredje, og foreløbig vigtigste, partskonference fandt sted under stor medieopmærksomhed i Kyoto, Japan i december 1997. Den blev afsluttet med vedtagelsen af en protokol.

Protokollen omfatter kuldioxid (CO₂), metan (CH₄), lattergas (N₂O), hydrogenfluorcarboner (HFC), perfluorcarboner (PFC) og svovlhexafluorid (SF₆). Freonforbindelser, der både er drivhusgasser og nedbryder ozonlaget, blev derimod ikke behandlet, fordi

de allerede reguleres inden for rammerne af den såkaldte Montreal-protokol.

KYOTO-PROTOKOLLENS MÅLSÆTNINGER

Hvad angår konkrete udslipsbegrænsninger blev der imidlertid kun opnået beskedne resultater. De industrialiserede lande, inklusive Rusland og Østeuropa, skulle i fællesskab reducere deres samlede udslip af drivhusgasser – omregnet til CO₂ – med 5,2% for perioden år 2008-2012 i forhold til 1990. Enkelte lande fik tilladelse til direkte at forøge udslippet.

Disse beskedne reduktioner er endda senere blevet udhulet, bl.a. fordi der gives tilladelse til at modregne udslip i dræn for kuldioxid fx gennem skovrejsning. Da yderligere flere lande, herunder USA, næppe vil deltage, er det yderst tvivlsomt, om målet kan nås.

Som gennemsnit skal EU-landene reducere deres udslip af drivhusgasser med 8%. Ved den efterfølgende fordeling forpligtede Danmark sig til at reducere med 21%. I 2002 er der udsendt en bekendtgørelse, der vil begrænse anvendelsen af de kraftige drivhusgasser HFC'erne, PFC'erne og SF₆. I praksis er deres samlede bidrag dog beskedent. Derfor vil regeringen i løbet af 2003 stille konkrete forslag til, hvordan målsætningen skal opfyldes gennem reduktion af de mere betydningsfulde drivhusgasser – specielt kuldioxid. Det vil givet i de kommende år blive landets største miljømæssige udfordring.

Det ultimative formål med FN's Klimakonvention (UNFCCC) er "...en stabilisering af koncentrationerne af drivhusgasser i atmosfæren på et niveau, som kan forhindre farlig antropogen (dvs. menneskelig) indvirkning på klimasystemet. Dette niveau bør realiseres inden for en tidsramme, der er tilstrækkelig til at sikre, at økosystemerne kan tilpasse sig naturligt til klimaændringerne, at fødevarerproduktionen ikke trues, og til at den økonomiske udvikling kan fortsætte på et bæredygtigt grundlag."

Litteratur

Listen indeholder såvel generelle beskrivelser og oversigtsværker som referencer i teksten. Enkelte kildeangivelser er dog kun angivet i teksten.

- Aniansson, B. (red.), 1982: Förurning i dag och i morgen. Jordbruksdepartementet, Stockholm. 231 s.
- Bach, H., Christensen, N., Kristensen, P., 2001: Natur og Miljø 2001. Påvirkninger og tilstand. Faglig Rapport fra DMU nr. 385. Danmarks Miljøundersøgelser. 368 sider.
- Boutrup, S. m.fl., 2001: Vandmiljø 2001. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Faglig rapport fra DMU nr. 379. 64 sider.
- Brandt, J., Hertel, O., Fenger, J. 2001: Borte med blæsten. Modeller til vurdering af luftforurening. Temarapport fra DMU 37. Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde. 56 sider.
- Brundtland-kommissionen, 1987: Vores fælles fremtid, FN-forbundet og Mellemløst Samvirke. København, 1987. 360 sider.
- EMEP (Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long range transmission of air pollutants in Europe) udgiver årligt rapporter gennem Det norske meteorologiske institut.
- Energiministeriet, 1990: Energi 2000 – Handlingsplan for en bæredygtig udvikling. Energiministeriet, København, 115 sider + baggrundsrapporter.
- European Environment Agency, 1999: Environment in the European Union at the turn of the century. Environmental assessment report No.2. 446 sider.
- European Environment Agency, 2001: Environmental signals 2001. Environmental assessment report No.8. 112 sider.
- Fenger, J., 1995: Ozon – som luftforurening. Temarapport fra DMU 3. Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde. 48 sider.
- Fenger, J., 1997: En atmosfære med voksende problemer – Historien om luftforurening. Temarapport fra DMU 11. Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde. 64 sider.
- Fenger, J., 2000: Drivhuseffekt og økologi. Naturgrundlaget i fremtidens klima. Nucleus, Århus. 63 sider.
- Fenger, J., Frich, P., 2002: Dansk tilpasning til et ændret klima. Faglig rapport fra DMU nr.401. Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde. Rapporten kan hentes på DMU's hjemmeside: www.dmu.dk.
- Finansministeriet, 2001: Miljøpolitikens økonomiske fordele og omkostninger. Schultz Information, Albertslund. 168 sider.
- Forsuringsudvalget, 1984: Miljø og Energi. Miljøstyrelsen, København. 159 sider.
- Heidam, N.Z., 2000: The Background Air Quality in Denmark 1978-1997. NERI Technical Report No. 341. 192 sider.
- Illerup, J.B., Winther, M., Lyck, E. og Fenger, J. 1999: Hvor kommer luftforureningen fra? Fakta om kilder, stoffer og mængder. Temarapport fra DMU 29. Danmarks Miljøundersøgelser. Roskilde. 32 sider.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) har udsendt tre store sæt hovedrapporter med vurderinger (Assessments) i henholdsvis 1992, 1996 og 2001, samt en række specialrapporter, der kan downloades fra internettet på adressen: www.IPCC.ch
- Miljø- og Energiministeriet, 1996: Energi 21. Regeringens energihandlingsplan 1996. Miljø- og Energiministeriet, København. 76 s.
- Miljø- og Energiministeriet, 2000: Klima 2012. Status og perspektiver for dansk klimapolitik. Miljø- og Energiministeriet, København. 191 s.
- Palmgren, F., Berkowicz, R., Jensen, S.S., Kemp, K., 1997: Luftkvalitet i danske byer. Temarapport fra DMU no. 16. Danmark Miljøundersøgelser, Roskilde. 63 sider. DMU udsender løbende årsrapporter om det landsdækkende luftkvalitetsmåleprogram. De kan findes som PDF-filer på DMU's hjemmeside <http://faglige-rapporter.dmu.dk>
- Rehling, D. (red.), 1996): Miljø- og Energiministeriet 1971-96. Undfangelse, udvikling og udblik. Miljø- og Energiministeriet, København. 203 sider.
- Strandberg, M., Mortensen, L., 1996: Naturens tålegrænser for luftforurening. TEMA-rapport fra DMU 7. Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde. 39 sider.
- Trafikministeriet, 1990: Regeringens transporthandlingsplan for miljø og udvikling. Trafikministeriet, København. 198 sider.
- United Nations, 2000: Protocol to the 1979 convention on long-range transboundary air pollution to abate acidification, eutrophication and ground-level ozone. Version på engelsk 68 sider. Kortfattet redegørelse for Gøteborg-protokollen findes på: http://www.unece.org/env/lrtap/multi_hl.htm
- WHO (World Health Organization), 2000: Air quality guidelines for Europe; second edition. WHO Regional Publications, European Series, No.91. 273 sider.

Se endvidere hjemmesiderne:

- Miljøministeriet: www.mim.dk
- Miljøstyrelsen: www.mst.dk
- Danmarks Miljøundersøgelser: www.dmu.dk
- www.frontlinien.dk
- Energistyrelsen: www.ens.dk

Renere luft – den danske indsats

Søer uden fisk, færre dyre- og plantearter, mindre høst-udbytte, sygdomme og for tidlige dødsfald. Luftforurening kan have mange forskellige skadelige virkninger. Gennem en målrettet indsats både i EU og inden for FN er det lykkedes at begrænse eller løse en række af disse problemer. Senest er der med vedtagelsen af FNs såkaldte Gøteborg-protokol taget et stor skridt frem mod at begrænse luftforureningen i hele Europa. Tilbage står dog flere uløste problemer. Trafikken i byerne er stadig en kilde til belastning af menneskelig sundhed. Udslippet af svovldioxid fra den internationale skibstrafik er stadig ikke reguleret. Dioxin og andre farlige forbindelser udgør fortsat en trussel mod dyr og mennesker. Nedbrydningen af ozonlaget er ikke definitivt bremsset. Og det måske største problem, risikoen for at påvirke jordens klima gennem udsendelse af drivhusgasser, er stadig uløst. Denne pjecce gør status over den danske indsats mod luftforurening.

Pjecen er gratis og fås i
Frontlinien
Miljøministeriet
Telefon: 32 66 02 00
frontlinien@frontlinien.dk
www.frontlinien.dk

Miljøstyrelsen
Miljøministeriet