



Foto: Colourbox

Faldende luftforurening i de danske byer

Nationale og internationale tiltag har givet stor effekt.

Af Thomas Ellermann, Ole Hertel, Claus Nordstrøm, Jesper Nygaard, Andreas Massling, Jacob Klenø Nøjgaard og Ole-Kenneth Nielsen, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet

Medierne omtaler ofte de omkring 4.200 for tidlige årlige dødsfald som følge af luftforureningen i Danmark. Det er imidlertid sjældent, at medierne nævner, at luftforureningen er faldet markant gennem de seneste årtier, og at helbredseffekterne og de økonomiske konsekvenser af luftforureningen dermed også er faldet markant [1]. DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi har i mere end 30 år målt luftkvaliteten i Danmark [1], figur 1, 2 og 4, og denne overvågning har dokumenteret, at luften i de danske byer i dag er renere, end den har været de seneste mange årtier. Vi ved, at mange desværre ikke er klar over denne positive udvikling. Målet med denne artikel er derfor at illustrere, hvordan udviklingstendensen har været for de luftforureningskomponenter, der har størst betydning for helbredseffekterne af luftforureningen.

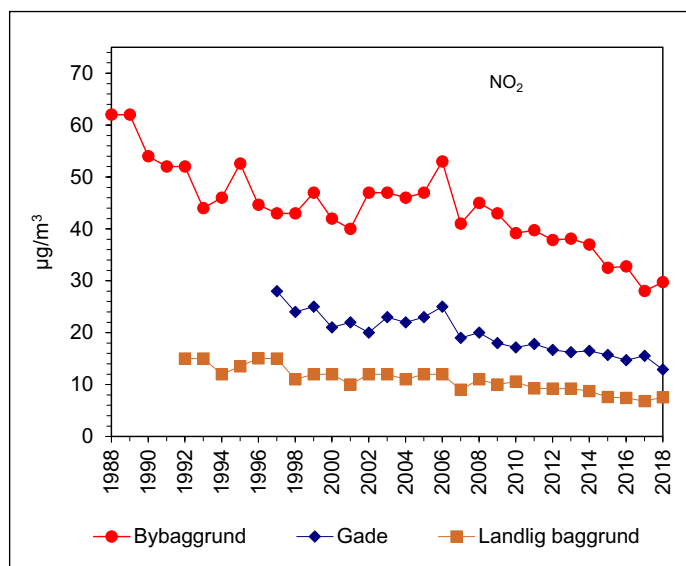
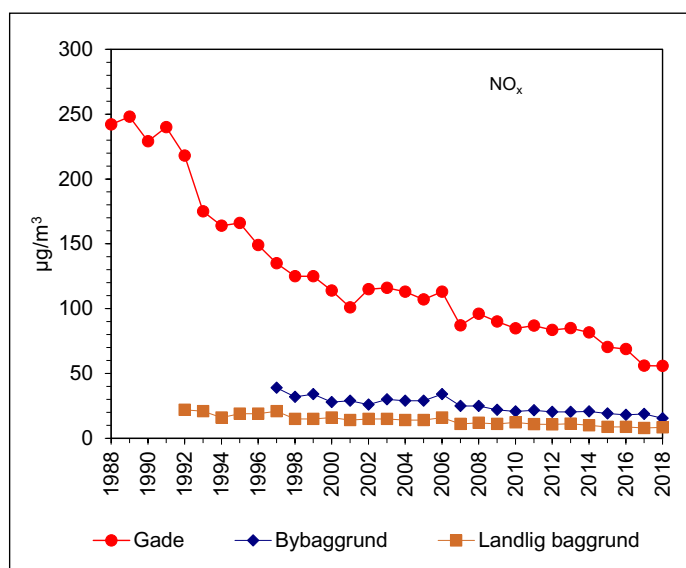


Figur 1. Det danske målenetværk til overvågning af luftkvalitet i relation til befolkningens sundhed [1]. DCE udfører målingerne for Miljø- og fødevarerministeriet i forbindelse med NOVANA (Nationalt Overvågningsprogram for VAnd og Natur).

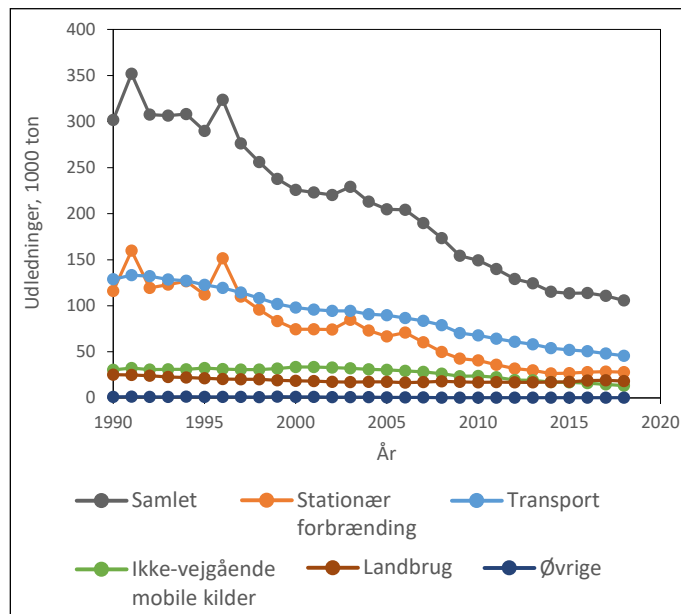
Nitrogenoxider

Nitrogenoxiderne (NO_x ; sum af nitrogenmonooxid (NO) og nitrogendioxid (NO_2)) er den næstmest betydningsfulde luftforureningskomponent i relation til helbredseffekterne af luftforureningen. NO_x udledes til luften i forbindelse med stort set alle slags forbrændingsprocesser. NO_2 har en direkte helbredsskadelig effekt. NO og NO_2 har også en indirekte effekt på helbredet, da de omdannes til partikler (blandt andet ammoniumnitrat) via de kemiske reaktioner i atmosfæren. Dermed bidrager de til dannelsen af den luftbårne partikelforurening, som er årsag til den største del af helbredseffekterne (næste afsnit).

Overvågningen af luftkvaliteten har dokumenteret et stort fald i koncentrationerne af både NO_x (75 procent) og NO_2 (50 procent) siden 1980'erne, figur 2. Faldet skyldes de mange tiltag, som har reduceret de danske og udenlandske udledninger, figur 3 [2] - primært forskellige teknikker til rensning af selve udledningerne. I 1980'erne var stationære forbrændingsanlæg



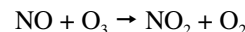
Figur 2. Udviklingstendens for årsmiddelkoncentrationerne af NO_x og NO_2 målt i trafikeret gade (Jagtvej-Kbh.), bybaggrund (på taget af H.C. Ørstedts Institut - Kbh.) og landlig baggrund (Risø ved Roskilde) [1]. Bybaggrund repræsenterer det generelle koncentrationsniveau målt i byerne væk fra de trafikerede gader. Landlig baggrund repræsenterer koncentrationerne målt på landet i et område uden store lokale kilder. Bemærk, at der er en faktor fire i forskel på y-akserne.



Figur 3. Udvikling i udledninger af NO_x fra danske kilder [2].

(som for eksempel fra elproduktion og privat opvarmning) og transport de to vigtigste kilder, mens det i dag er transportsektoren, som udgør den største kilde, og navnlig i byerne er vejtrafik den dominerende kilde.

Der ses et væsentligt større fald for NO_x end for NO_2 i en trafikeret gade. Årsagen til dette mønster er de kemiske reaktioner i atmosfæren. Ved tilstedeværelse af tilstrækkelig høje koncentrationer af O_3 vil stort set alt udledt NO_x i løbet af sekunder blive omdannet til NO_2 :



I en trafikeret gade vil der ikke være nok ozon til stede til at omdanne alt NO til NO_2 . Når udledningerne af NO_x falder, så vil den kemiske reaktion med ozon medføre, at en større andel af den udledte NO_x vil blive omdannet til NO_2 , idet ozonkoncentrationen er stort set uændret. Derfor falder NO_2 langsommere end NO_x i de trafikerede gader. I by- og landbaggrund, hvor der er rigeligt ozon til stede, ses samme relative fald i koncentrationerne af NO_x og NO_2 .

Samtidigt er der sket en ændring i den kemiske sammensætning af selve udledningerne. Tidligere bestod udledningerne af NO_x fra trafik typisk af omkring 95 procent NO og 5 procent NO_2 . Ibrugtagning af oxiderende katalysatorer på dieselskøretøjer medførte imidlertid, at udledningerne ændredes til stort set lige dele NO og NO_2 . I slutningen af 1990'erne og begyndelsen af 00'erne voksede andelen af dieslbiler. Det var oxiderende katalysatorer, og den større direkte udledning af NO_2 førte til en mindre stigning i koncentrationerne af NO_2 , mens NO_x fortsat faldt, omend ikke særligt hurtigt. Med til historien hører dieselskandalen, som helt overordnet medførte, at dieselsbilerne udledte mere NO_x end forventet. I begyndelsen af 00'erne faldt NO_x og NO_2 således mindre end forventet set i forhold til de stigende krav om rensning af udstødning.

Fra omkring 2005 og til i dag er NO_x og NO_2 begge faldet med omkring 30 procent. Årsagen til dette fald er introduktion af de nyeste Euronormer for dieselskøretøjer, som kræver anvendelse af SCR-katalysatorer (Selective Catalytic Reduction) på nye køretøjer. Disse SCR-katalysatorer fjerner typisk omkring 90 procent af NO_x fra udledningerne. Det relativt store fald i NO_2 siden 2005 har bevirket, at der i Danmark ikke længere måles overskridelser af nogen af EU's grænseværdier.

Partikelforurening

Det er den luftbårne partikelforurening, der er anledning til den største andel af helbredseffekter. Partikelforureningen består af mange tusinde forskellige slags partikler med forskellig størrelse og kemisk sammensætning, se faktaboks. Forskning indikerer, at helbredseffekterne er associeret med et bredt udsnit af de luftbårne partikler lige fra de ultrafine partikler (mindre end 100 nm) til de grove partikler (mellem 2,5 µm og 10 µm i diameter). I dag er der dog bred enighed om, at den bedste vurdering af helbredseffekterne opnås ved at anvende koncentrationen af de fine partikler (PM_{2,5}, mindre end 2,5 µm), som proxy for den samlede partikelforurening.

Målingerne af PM_{2,5} blev først begyndt i 2007 og 2008, som følge af ændringer i EU's luftkvalitetsdirektiver. Der er i de seneste 10 år sket et fald på omkring 25 procent i koncentrationerne i de trafikerede gader, samt i by- og landbaggrund, figur 4. Udviklingstendensen er stort set ens på alle målestationer, og der er relativt lille forskel i koncentrationerne. Årsagen til dette er, at langt hovedparten af PM_{2,5} kommer fra udlændet. Den lange transport med luftmasserne giver en jævn geografisk fordeling af koncentrationerne, samtidigt med at de danske udledninger i for eksempel byerne kun spiller en mindre rolle.

Det generelle fald i udledningerne skyldes indsats over for en lang række kilder både nationalt og internationalt. Af væsentlige indsatser kan nævnes røggasrensning, partikelfiltre på både store anlæg og køretøjer, omlægning til svovlfattigt brændsel m.m. [3]. Stigningen på cirka 25 procent fra 2017 til 2018 skyldtes det regnfattige 2018, og illustrerer, at de naturlige variationer i de meteorologiske forhold også spiller en stor rolle for især år til år udviklingen i målte koncentrationer. 2019 var vejrmæssigt set et mere almindeligt år, så derfor forventer vi et fald fra 2018 til 2019 i størrelsesorden svarende til stigningen fra 2017 til 2018.

Selv om der kun har været foretaget målinger af PM_{2,5} siden 2007, så dokumenterer en lang række andre målinger fra overvågningsprogrammet, at PM_{2,5} har været jævnt aftagende siden 1990. Målinger af det samlede partikelantal og af elementært kulstof (≈ sod) ved målestationen på H.C. Andersens Boulevard har endvidere vist, at koncentrationerne af disse partikelkomponenter er faldet med omkring 55 procent siden henholdsvis 2002 og 2010, tabel 1. Disse fald skyldes hovedsageligt partikelfiltre på dieseldrøjtøjer.

Definition på hyppigt anvendte partikelparametre

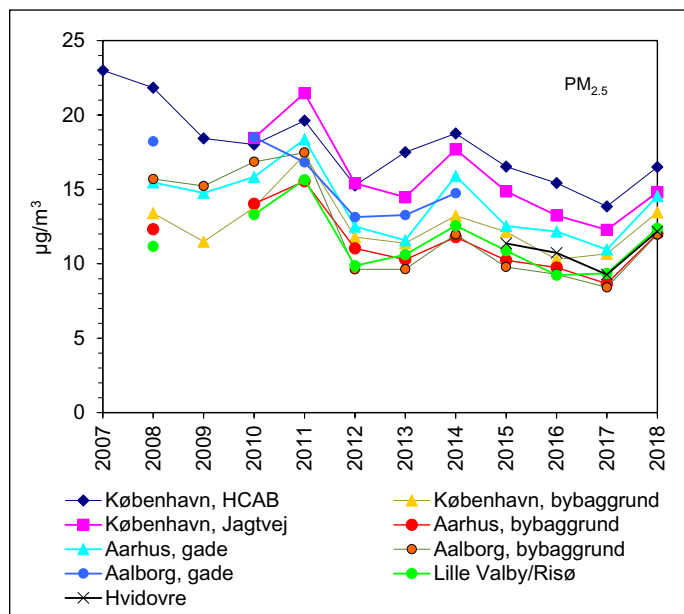
Ultrafine partikler: Partikler med diameter mindre end 100 nm. Bestemmes som antal partikler pr. cm³.

Partikelantal: Antal partikler pr. cm³. Den målte partikel-fraction afhænger af instrumentet. Data i tabel 1 er målt med instrument, som dækker partikelområdet fra 6 til 700 nm. Partikelantal er skønsmæssigt omkring 15-20 procent højere end antallet af ultrafine partikler.

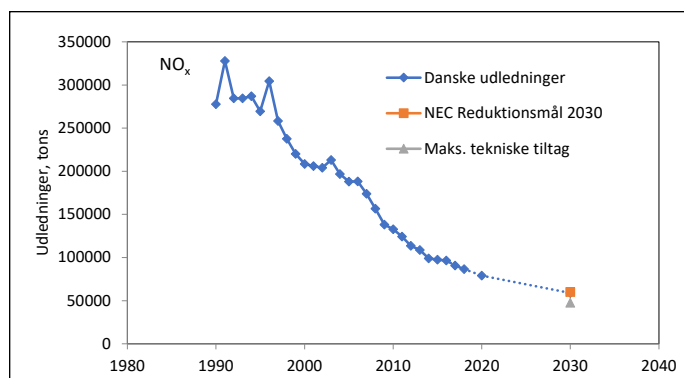
PM_{2,5}: Massen af fine partikler med diameter mindre end 2,5 µm. De ultrafine partikler er altså en delmængde af PM_{2,5}, men massen af de ultrafine partikler er meget lille, så derfor udgør de ultrafine partikler en ubetydelig andel af PM_{2,5}.

PM₁₀: Massen af partikler med diameter mindre end 10 µm. PM_{2,5} er en delmængde af PM₁₀.

Elementært kulstof: Massen af elementært carbon. Kaldes populært også for sod.



Figur 4. Udvikling i årsmiddelkoncentrationer for PM_{2,5} [1] EU's grænseværdi for PM_{2,5} ligger på 25 µg/m³ som årsmiddelkoncentration.



Figur 5. Udviklingstendenserne frem til 2030 for danske udledninger af NO_x. De nationale udledningsdata (1990-2018) [2] og fremskrivningerne (2020 og 2030) er udarbejdet af DCE. NEC Reduktionsmål 2030 er det nationale reduktionsmål, som Danmark har forpligtet sig til at overholde i henhold til EU's direktiv om National reduktionsmål (2016/2284/EU). Maks. tekniske tiltag angiver den mindste udledning, som Danmark forventes at kunne opnå i 2030 baseret på de i dag kendte mulige tekniske tiltag [4].

Udvikling i øvrige luftforureningskomponenter

Resultaterne fra overvågningsprogrammet viser, at mange andre luftforureningskomponenter også er faldet betydeligt. Koncentrationerne af for eksempel svovldioxid og bly er faldet til mindre end henholdsvis 5 procent og 1 procent af, hvad der tidligere er blevet målt [1] og i praksis er koncentrationerne af disse forureningskomponenter nu så lave, at de ikke udgør et væsentligt problem i forhold til befolkningens helbred. For enkelte luftforureningskomponenter er det dog ikke lykkedes at ændre markant på koncentrationerne i vores omgivelser. O₃ er et eksempel på en af disse komponenter. Tabel 1 sammenfatter ændringerne for nogle af de væsentligste luftforureningskomponenter i Danmark.

Hvordan vil det gå i fremtiden?

Selv om helbredseffekterne og de økonomiske tab som følge af luftforureningen er faldet betydeligt gennem de seneste mange årtier, så bør der fortsat sættes ind for at nedsætte luftforurenin-

Lufforureningskomponent	Udgangspunkt	Fald i % siden udgangspunkt	Målestation
NO _x	1988	75	Jagtvej
NO ₂	1988	50	Jagtvej
CO	1994	75	Jagtvej
SO ₂	1984	95	Aalborg gademålestation
Benzen	2001	80	Jagtvej
PM ₁₀	2001	35	Jagtvej
PM _{2.5}	2007	40	H.C. Andersens Boulevard
Elementært kulstof	2010	55	H.C. Andersens Boulevard
Partikelantal	2002	60	H.C. Andersens Boulevard
Pb	1982	99,6	H.C. Andersens Boulevard
As	1993	70	H.C. Andersens Boulevard
Ni	1983	80	H.C. Andersens Boulevard
Cu	2002	20	H.C. Andersens Boulevard
O ₃	1993	-30	H.C. Andersens Boulevard

Tabel 1. Fald i årsmiddelkoncentrationer af udvalgte lufforureningskomponenter. Målestationerne er udvalgt med henblik på at præsentere data fra nogle af de længste måleserier. Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard er gademålestationer i København. Bemærk, at der for O₃ ses et negativt fald (det vil sige en stigning), hvilket skyldes den mindre nedbrydning, som følge af faldet i NO_x. Baseret på data fra [1].

gen og konsekvenserne heraf mest muligt. Nationalt og internationalt er der allerede vedtaget en lang række tiltag, og som følge heraf forventer vi et fortsat fald i luftforureningen i løbet af de næste årtier. Et eksempel herpå er vedtagelsen af EU's nationale reduktionsmål, som forventes at føre til yderligere fald i koncentrationerne af de vigtigste helbredsskadelige luftforureningskomponenter i Danmark og resten af EU frem mod 2030, figur 5.

Hvis de mange klimatiltag tænkes sammen med tiltag mod luftforureningen, så vil de danske politikeres ambitioner om en 70 procent reduktion af udledningen af drivhusgasserne i 2050 også kunne føre til væsentlige yderligere reduktioner af luftforureningen og dermed helbredseffekterne.

Det er teknisk muligt at reducere luftforureningen betydeligt mere, end det der vil ske som følge af allerede vedtagne tiltag [4]. Det er så op til politikerne at vurdere, om de nuværende tiltag er tilstrækkelige, eller om der skal tages yderligere initiativer for at øge faldet i luftforureningen.

E-mail:

Thomas Ellermann: tel@envs.au.dk

Referencer:

1. Ellermann, T., Nygaard, J., Nøjgaard, J.K., Nordstrøm, C., Brandt, J., Christensen, J., Ketzl, M., Massling, A., Bossi, R., Frohn, L.M., Geels, C. & Jensen, S.S. 2018. The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2018. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, xx pp. Scientific Report from DCE - Danish Centre for Environment and Energy No. xxx. <http://dce2.au.dk/pub/SRxxx.pdf>
2. DCE 2020: <https://envs.au.dk/faglige-omraader/luftforurening-udledninger-og-effekter/udledning-af-luftforurening/>
3. Hertel, O., Ellermann, T., Nielsen, O.-K., and Jensen, S.S., Clean Air in Denmark - Dedicated efforts since 1970 - Challenges, Solutions and Results, 48p AU/DCE, Danish EPA and State of Green, Roskilde, Denmark 2015 (ny udgave på vej).
4. IIASA 2017: <https://ec.europa.eu/environment/air/reduction/assumptions.htm>.



Reparation af NO_x-monitor i DCE's akkrediterede monitorlaboratorium.

KEN HYGIENE SYSTEMS
Clean, Lean & Green

- Innovative total løsninger
- Desinficerende vasketeknologi
- Autoklaver
- Robot logistik
- Landsdækkende serviceforretning

Tilpasset netop dine behov
Kontakt os på 6263 1091 - Ken@ken.dk - www.ken.dk