
Modeller for luftkvalitetseksponering

Af Ole Hertel og Steen Solvang Jensen, Danmarks Miljøundersøgelser

Baggrund

I forbindelse med undersøgelser af befolkningens sundhedsmæssige risici ved udsættelse for luftforurening er det som oftest umuligt at måle sig frem til eksponeringen af det enkelte individ. Det kan lade sig gøre at måle på begrænsede grupper i mindre case - control undersøgelser eller, efter tilfældig udvælgelse, at måle på et repræsentativt udsnit af en befolkningsgruppe. Selv da vil undersøgelserne dog hurtigt blive bekostelige.

I en række befolkningsundersøgelser har man derfor anvendt måledata fra den rutinemæssige luftkvalitetsmonitoring og antaget, at de målte niveauer er repræsentative for eksponeringen af grupper inden for større områder omkring målestationerne. Denne fremgangsmåde er let at gå til, men vil ofte være behæftet med betydelige fejl. Forskellene mellem niveauerne i en stærkt trafikeret gade og på en stille boligvej er typisk en faktor 10 eller mere, selv når man betragter gader i det centrale København. På den stille boligvej er niveauerne generelt lave og sammenlignelige med niveauerne i en baggård. På grund af disse meget store forskelle i niveauer inden for selv ganske små afstande kan man ikke uden videre generalisere niveauerne observeret i en enkelt gade til at være repræsentative for niveauerne ud over et helt byområde.

Et væsentligt problem i forbindelse med eksponeringsvurderinger er bestemmelse af tids- og aktivitetsmønstre for befolkningsgruppen. Typisk opholder vi os i Danmark indendørs i ca. 90 % af tiden og er her udsat for diverse indendørs kilder til luftforurening. De indendørs kilder er vanskelige at kvantificere, men for en række forbindelser er det dog muligt at anvende empiriske forhold mellem inde- og udenniveauer. Almindeligvis opholder vi os således

kun kort tid i de stærkt trafikerede gader i bykernen, hvor den største eksponering finder sted.

En relativt ny fremgangsmåde er at kombinere måledata med anvendelsen af modeller for luftkvalitetseksponering. Ved kortlægningen af luftkvalitet over et større område opnår man en større detaljeringsgrad (såvel tidsmæssigt som rumligt) samt mulighed for at undersøge effekten af forskellige indgreb over for forureningsudslippene. Ved anvendelse af information om tids- og aktivitetsmønstre har man endvidere mulighed for at give et mere realistisk billede af den personlige eksponering inden for en befolkningsgruppe. Anvendelsen af luftkvalitets- og egentlige eksponeringsmodeller i kombination med monitorings- og kampagnemålinger er emnet for denne artikel. Denne type af aktiviteter vil utvivlsomt opnå større udbredelse fremover.

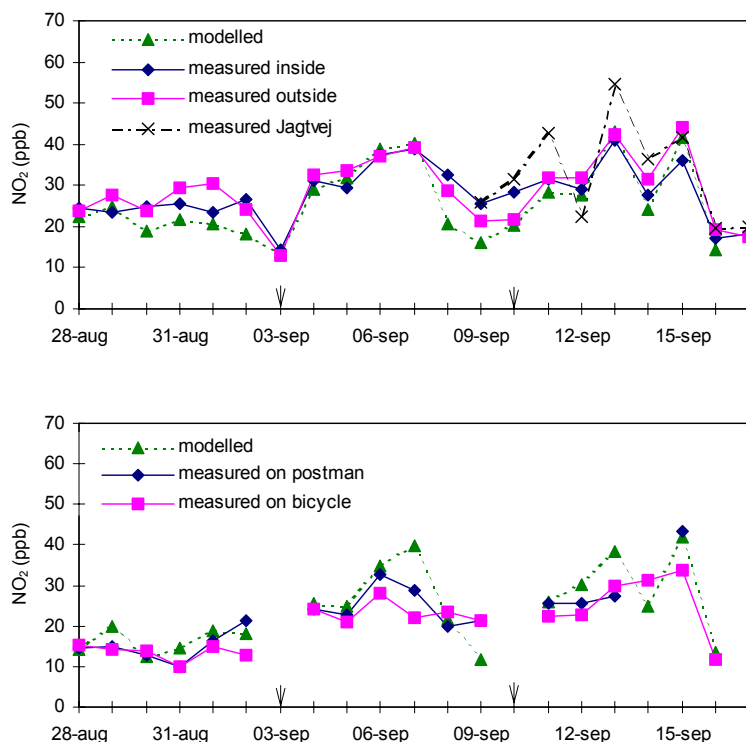
Buschauffør undersøgelsen

Inden for Det Strategiske Miljøforskningsprogram I (SMP-I) gennemførte Arbejdsmiljøinstituttet (AMI) og DMU (projektet var koordineret af Peter Wilhardt, AMI) en undersøgelse af buschaufførers eksponering for luftforurening. Det primære formål var at undersøge, om eksponeringen kunne bestemmes ved beregninger med DMU's gadeluftkvalitetsmodel OSPM (Operational Street Pollution Model) (Hertel og Berkowicz, 1989a,b,c; Berkowicz et al. 1997). Der blev foretaget NO₂ målinger med passive samplere over en hel (8 timers) arbejdsdag inden for og uden på en bus på linie 18 i København. Som referencegruppe blev der målt på postbude på en postrute, som krydser busliniens rute (postruten tog 2 til 4 timer).

Bus og postrute blev opdelt i 22 gadestrækninger. Gadekonfigurationsdata (bygningshøj-

der, gadebredder, strækingslængder samt gades orientering) blev bestemt ud fra kortmateriale og personlige skøn. Information om trafikken på den enkelte strækning blev venligt stillet til rådighed af Torben Melms, Københavns Kommune. Beregninger med OSPM blev herefter foretaget time for time for alle

gadestrækninger. Ud fra køreplaner for linie 18 samt en dagbog for postbudet blev opholdstiden inden for hver gadestrækning bestemt for hhv. chauffør og postbud. Generelt viser sammenligningerne af målte og beregnede middel eksponeringer en meget fin overensstemmelse (figur 1).



Figur 1. Resultater fra Buschaufførprojektet. Øverst: Målinger af NO₂ uden på og inde i bus, beregninger med OSPM samt målinger fra LMPmålestationen på Jagtvej. Middelværdier for en hel arbejdsdag. Nederst: Målinger af NO₂ på postbud, postbudets cykel samt modelberegninger med OSPM. Middelværdier for postruten (2 til 4 timer). Wilhardt et al.(1996), Hertel et al. (1996).

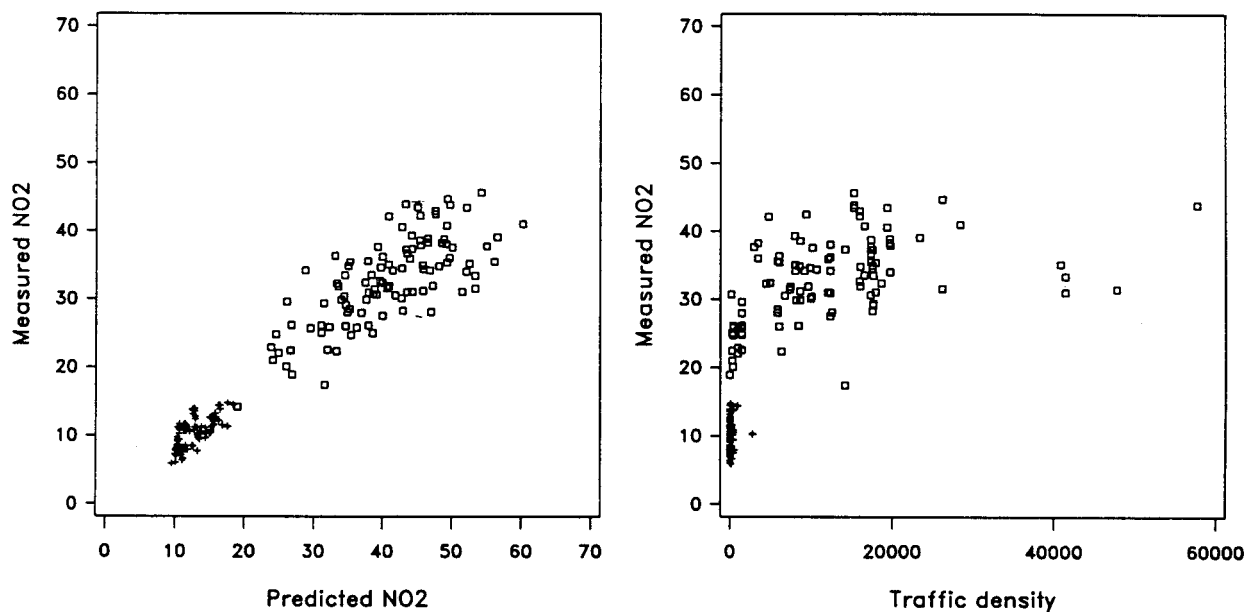
Børnecancer undersøgelsen

Dette projekt blev ligesom Buschauffør projektet udført under SMP-I (koordineret af Ole Raaschou-Nielsen, Kræftens Bekæmpelse (KB)). Studiet havde til formål at undersøge mulige sammenhænge mellem danske børns udsættelse for luftforurening fra trafikken og udvikling af kræft i barnealderen. DMU stod

for bestemmelsen af børnenes eksponering for luftforurening fra trafik ved brug af et modelsystem baseret på OSPM. Det blev antaget, at eksponeringen ved bopælen kunne anvendes som indikator for børnenes personlige eksponering. I et forprojekt blev beregningsmetoden testet på målinger på godt 200 børn (foretaget på barnet samt inde i og uden for boligen). Den nødvendige information til bestemmelse af

gadekonfiguration og trafikdata blev indsamlet via spørgeskemaer, udfyldt af de lokale kommuner. Spørgeskemaet blev udviklet af KB i samarbejde med DMU. De besvarede spørgeskemaer blev analyseret ved hjælp af et fortolkningsprogram (Vignati et al. 1997; Jensen 1997a; Jensen 1998). Figur 2 viser sammen-

ligninger mellem beregnede niveauer og målte 14 dages NO₂ middelkoncentrationer, indsamlet over 6 måneder for hvert af de godt 200 adressepunkter. Figuren viser en generelt god overensstemmelse mellem modelresultater og målinger.



Figur 2. Til venstre: Målte og beregnede NO₂ koncentrationer ved godt 200 børns adresser. Til højre: Målte niveauer plottet mod trafikintensiteten ved bopælen. Raaschou-Nielsen et al. (1998).

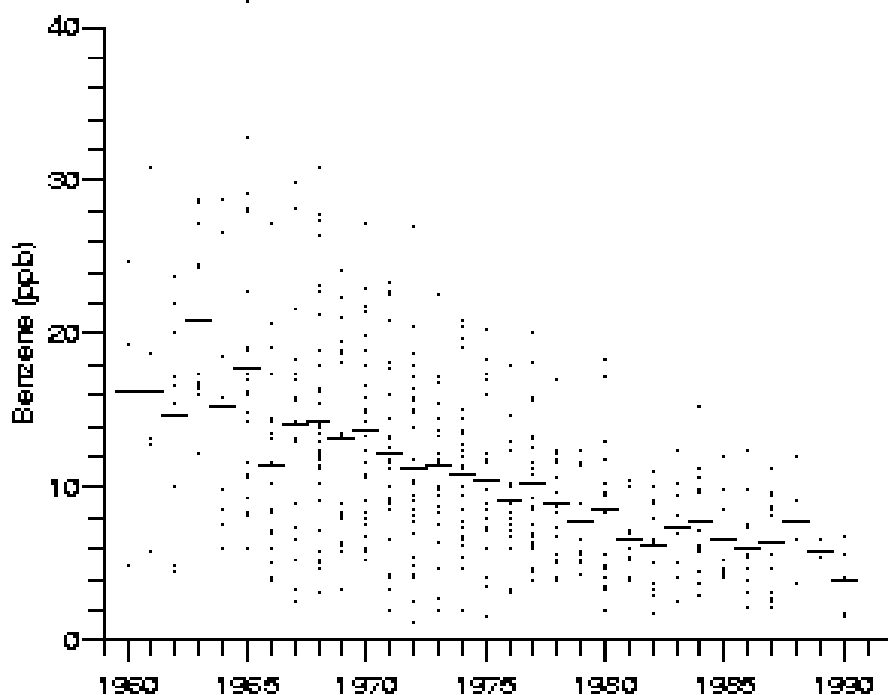
Beregningsmetoden blev anvendt til bestemmelse af middel eksponeringsniveauer ved bopælen for ca. 7.500 børn i den tid de har boet på en adresse inden for perioden 1960-1991. Til disse beregninger har Spencer Sorensen, DTU, estimeret udviklingen i emissionsfaktorer for trafikken. Den beregnede udvikling i middel eksponeringen med benzen ved bopæl er vist i figur 3.

AirGIS systemet

En væsentlig del af arbejdet ved beregningerne af eksponeringen var, både i Buschauffør- og Børnecancer projektet, at bestemme gadekon-

figuration og trafik ved et givet adressepunkt.

DMU's AirGis system (Jensen 1997b; Hansen et al. 1997) er udviklet med det formål at automatisere dette arbejde. Systemet, som blev udviklet i forbindelse med en af denne artikels forfatters ph.d. projekt (Steen Solvang Jensen), er baseret på digitale kort samt diverse registerdata (CPR, BBR, CER). Et fortolkningsprogram er skrevet i GIS (Geografiske Informationssystemer) ArcView. Dette program bestemmer gadekonfigurationen ud fra kort og registerdata for alle adressepunkter i et givet område. Efterfølgende foretages beregninger med OSPM.



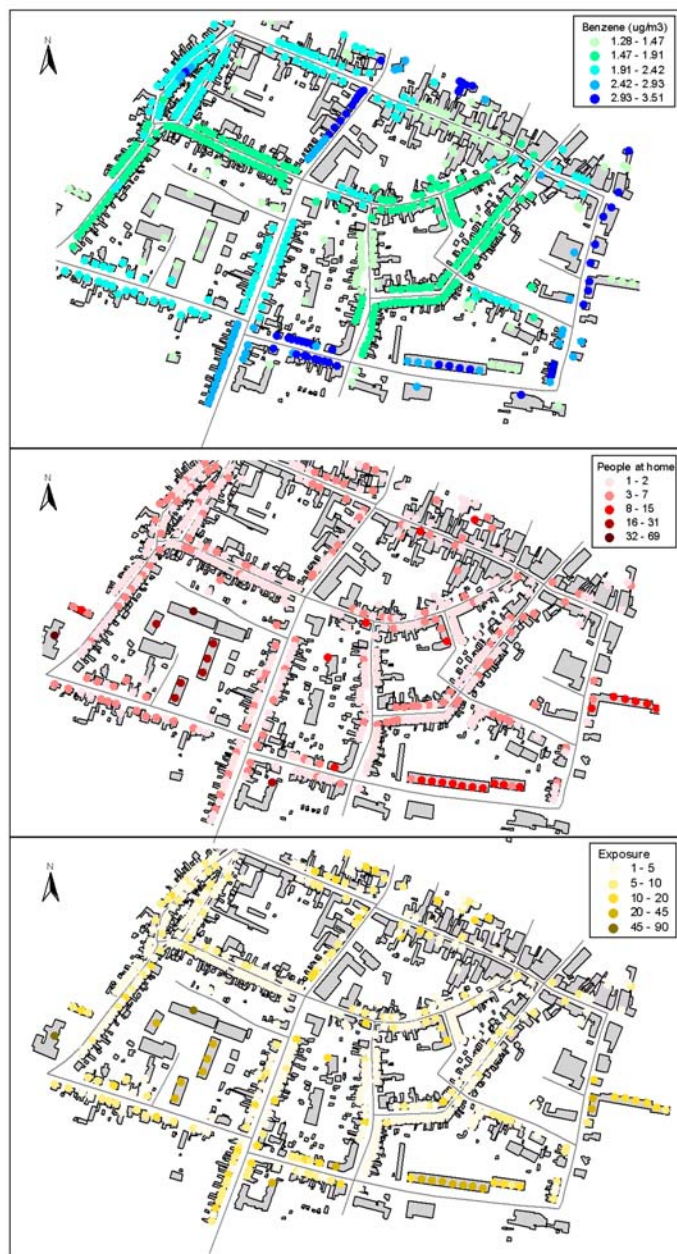
Figur 3. Beregnet middel benzen niveau ved 7.500 børns bopæl i perioden 1960-91. Punkterne angiver midten af perioden, hvor de boede på den pågældende bopæl. Linierne angiver middel for det pågældende år.

Der er sparsomt med danske data for befolkningens tids- og aktivitetsmønstre, men hollandske data har været anvendt til at bestemme forskellige type af eksponeringer (Jensen 1998b).

AirGIS systemet blev udviklet på data for Middelfart Kommune, og et eksempel på resultater for benzen er vist i figur 4. AirGIS systemet vil blive videreudviklet som beregningsværktøj i forbindelse med sundhedsmæssige undersøgelser inden for et af 3 delområder under Center for Miljø og Luftveje (Centerleder Otto Melchior Poulsen, AMI) samt inden for DMU's projekt for Bymiljø og Trafik inden for IMIS programmet (Integrerede Miljøinformationssystemer). Aktiviteterne inden for trafik og sundhed i Center for Miljø og Luftveje (se side 21) har endvidere modtaget støtte fra SMF.

Diskussion og konklusioner

En række modelværktøjer til bestemmelse af luftforureningseksponering er blevet udviklet ved DMU igennem de senere år. Disse værktøjer vil blive yderligere udviklet inden for bl.a. SMP-98. Kombineres luftkvalitetsmålinger samt personlige eksponeringsmålinger med anvendelse af disse beregningsværktøjer er det muligt at bestemme luftforureningseksponeringen af forskellige befolkningsgrupper i forbindelse med f.eks. epidemiologiske undersøgelser. Inden for de økonomiske rammer for Center for Miljø og Luftveje var det ikke muligt at etablere koblingen til igangværende sundhedsmæssige undersøgelser (Fødselskohorte undersøgelsen, DIKE etc.). Det er vores håb, at midler til sådanne koblinger kan rejses fra et kommende SMP-program inden for transport eller fra andre forskningsmidler.



Figur 4. Øverst: Beregnede benzen niveauer ved adressepunkter i Middelfart Kommune
Midt: Antal beboere på det enkelte adressepunkt. Nederst: Eksponering ved adressepunkt.

Referencer:

Berkowicz R, Hertel O, Sørensen NN, Michelsen, JA. Modelling Air Pollution from Traffic in Urban Areas. In proceedings from IMA meeting on "Flow and Dispersion Through Obstacles", Cambridge, England, 28.- 30. March, 1994 (Eds. R. J. Perkins and S. E. Belcher), 1997, pp. 121-142.

Hansen HS, Jensen SS, Berkowicz R. (1997c): Estimating Street Air Quality Using a 2½ Dimensional Urban Landscape Model. Den Store Nordiske GIS-Konference. AM/FM-GIS Nordic Conference, Kolding, Denmark, 29.-31. oktober 1997.

Hertel O, Berkowicz R. (1989a). Modelling pollution from traffic in a street canyon. Evaluation of data and model development. National Environmental Research Institute, Roskilde, NERI Technical report No A-129, 77 p.

Hertel O, Berkowicz R (1989b). Modelling NO₂ concentrations in a street canyon. National Environmental Research Institute, Roskilde, NERI Technical report No A-131, 31 p.

Hertel O, Berkowicz R (1989c). Operational Street Pollution Model (OSPM). Evaluation of the model on data from St. Olavs street in Oslo. National Environmental Research Institute, Roskilde, NERI Technical report No A-135, 34 p.

Hertel O, Wilhardt P, Berkowicz R, Skov H. Exposure of Bus Drivers and Postmen to Air Pollution from Traffic in their Working Environment. Paper in the proceedings of NOSA/NORSAC Symposium 1996 (Ed. Poul Hummelshøj), Helsingør, Denmark, Nov. 15-17 1996. Risø-R-934 (EN), 1996, pp. 20-22.

Hertel O, Palmgren F, de Leeuw FAAM, Gee D, Herbarth O, Raaschou-Nielsen O, Pryor S, Jensen SS, Olsen E. IUPAC recommendation Human Exposure to Outdoor Air Pollution. In preparation for IUPAC commissions on Toxicology and Atmospheric Chemistry.

Jensen, S.S. (1997a). Standardised Traffic Inputs for Use in the Operational Street Pollution Model (OSPM), NERI Technical Report No. 197, 1997. 54 p.

Jensen SS (1997b). Mapping Human Exposure to Traffic Air Pollution using GIS. Journal of Hazardous Materials. Paper from the RISK 97 Conference in Amsterdam October 1997. (Accepted by J. of Hazardous Materials).

Jensen SS. Background Concentrations for Use in the Operational Street Pollution Model (OSPM), NERI Technical Report No. 234, 1998, 107 p.

Jensen SS. (1998b): Ph.D. Thesis. A Geographic Approach to Modelling Human Exposure to Traffic Air Pollution Using GIS. NERI Technical Report. (In preparation).

Raaschou-Nielsen O, Olsen JH, Hertel O, Berkowicz R, Skov H, Hansen AM, Lohse C. Exposure of Danish children to traffic exhaust fumes. Sci Total Environ 1998;189/190: 51-55.

Raaschou-Nielsen O, Hertel O, Vignati E, Berkowicz R, Jensen SS, Larsen VB, Lohse C, Olsen JH. Evaluation of an air pollution model with respect to use in epidemiologic studies; comparison with measured levels of Nitrogen Dioxide and Benzene. In preparation for J. Exp. Ass. and Env. Epi.

Wilhardt P, Breum NO, Hansen ÅM, Hertel O, Knudsen. Eksponering for luftforurening i transportsektoren. Danish Environmental Research Programme. AMI Report no 46, 1996, 76 p.