

## Brugervenlig udgave af gadeluftkvalitetsmodellen OSPM

Steen Solvang Jensen<sup>1</sup>, Ruwim Berkowicz<sup>1</sup>,  
Dorte Billskog Hansen<sup>2</sup>, Hjalmar Christiansen<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Danmarks Miljøundersøgelser, [ssj@dmu.dk](mailto:ssj@dmu.dk)

<sup>2</sup>Vejdirektoratet, [dh1@vd.dk](mailto:dh1@vd.dk)

<sup>3</sup>TetraPlan, [hc@tetraplan.dk](mailto:hc@tetraplan.dk)

### Abstract

En Windows brugerflade er under udvikling til gadeluftkvalitetsmodellen Operational Street Pollution Model (OSPM), således at den let kan bruges af kommuner, amter og konsulentfirmaer i forbindelse med vurdering af luftkvaliteten i byer. I tilknytning til udarbejdelse af brugerfladen er der opstillet standardværdier for trafikens variation, trafikemission, samt meteorologi og bybaggrundsforureningen, således at brugeren med få indgangsparametre og valg blandt standardværdier kan gennemføre luftkvalitetsberegninger.

### 1. Baggrund og formål

Formålet med projektet er at udvikle en Windows brugerflade på dansk samt brugervejledning og teknisk dokumentation til gadeluftkvalitetsmodellen OSPM, således at den let kan bruges af kommuner, amter og konsulentfirmaer i forbindelse med vurdering af luftkvaliteten i byer. Et af projektets delformål har været at udarbejde standardværdier for trafikdata til OSPM, hvilket er gennemført af Vejdirektoratet i samarbejde med TetraPlan. Ideen er at en bruger med få indgangsparametre skal kunne gennemføre luftkvalitetsberegninger. Brugeren vil således kun skulle indtaste årsdøgntrafikken, rejsehastighed og oplysninger om gadekonfigurationen (gadebredde, hushøjder mv.) samt foretage valg blandt standarddata. Der er standarddata for trafikens variation, emission, meteorologi og bybaggrundsforureningen.

Miljøstyrelsen har støttet projektet ud fra en interesse i at fremme udviklingen af værktøjer, der letter de centrale og decentrale myndigheder i planlægning på fx luftområdet. Miljøstyrelsen har tidligere sammen med DMU bidraget til udviklingen af den nordiske gadeluftmodel (BLB), der i de senere år har vist sig utilstrækkelig som planlægningsværktøj bl.a. som følge af nye EU krav til vurdering af luftkvaliteten. Windowsudgaven af OSPM vil derfor afløse BLB, som Miljøstyrelsens anbefalede model til vurdering af luftkvaliteten i gaderum.

Kommuner, amter og konsulenter har hidtil i et vist omfang anvendt den nordiske beregningsmodel for bygader (BLB) fx til vurdering af luftkvaliteten i forbindelse med udarbejdelse af lokale trafik- og miljøhandlingsplaner. BLB er imidlertid en ældre model, som kun kan bruges til overslagsberegninger. Modellen er egentligt en emissionsmodel, hvor sammenhængen med luftkvaliteten bestemmes ud fra empiriske fastlagte faktorer, som vil ændre sig over tid. Modellen beskriver således ikke de fysiske spredningsforhold i et gaderum, de kemiske omdannelser samt interaktionen med bybaggrundsluften. Modellen kan heller ikke tage hensyn til de aktuelle meteorologiske forhold. Modellen kan kun beregne koncentrationen af CO (8 timers maks. middelværdi) og NO<sub>2</sub> (98-percentil).

I løbet af de sidste 10 år har DMU udviklet en gadeluftkvalitetsmodel kaldet OSPM (Operational Street Pollution Model). Modellen beskriver de fysiske spredningsforhold i et gaderum, de kemiske omdannelser, interaktionen med bybaggrundsluften samt anvender meteorologiske data. Modellen beregner time for time, og der kan således beregnes alle percentilværdier herunder de krav, som stilles i det nye EU direktiv. Modellen kan pt. beregne koncentrationer for CO, benzen, NO<sub>2</sub> og O<sub>3</sub> for et receptorpunkt i fx 2-3 meters højde ved husfacaden. Der arbejdes endvidere på at beskrive de ultrafine partikler. Beregningstiden er omkring 20 sekunder for et års data. Modellen har ikke hidtil været tilgængelig for andre end forskere, idet den var skrevet i et FORTRAN program, hvor der ikke var lagt vægt på at andre skulle kunne bruge modellen.

Et nyt EU rammedirektiv med tilhørende datterdirektiver om vurdering og styring af luftkvaliteten fastsætter nye og flere grænseværdier for luftforureninger, øger kravene til monitoring (målinger), øger kravene til vurdering af luftkvaliteten (modeller) og øger kravene til borgerinformation. Direktiverne pålægger ikke de lokale myndigheder et særskilt ansvar for overvågning, idet det overordnede ansvar herfor påhviler staten i Danmark. Imidlertid har amter og kommuner interesse i at kunne vurdere luftkvaliteten, hvor der ikke måles, kunne informere borgerne om luftforureningen, og kunne vurdere effekten af by- og trafikplanlægningstiltags konsekvenser for luftkvaliteten mv.

I byerne er vejtrafikken den alt dominerende kilde til forværring af luftkvaliteten, og de sundhedsmæssige effekter af luftforureningen er i fokus. Internationale og danske undersøgelser peger på en sammenhæng mellem luftforurening og sundhedseffekter for befolkningen i byområder (Larsen et al. 1997, Palmgren et al. 1997, Stadslægen et al. 1999). Luftforureningen bidrager til øget dødelighed og sygelighed især for risikogrupper.

## 2. OSPM modellen

Modellen OSPM er udviklet af DMU til at beregne luftkvaliteten i gaderum i byer (Berkowicz et al. 1997). Modellen kræver input om trafikken, emissionsfaktorer, gadekonfigurationen, meteorologien og bybaggrundsforureningen. Modellen er blevet valideret ved sammenligning mellem målinger og beregninger for en række gader i Danmark og andre lande (bl.a. Norge, Finland, Italien, Tyskland, Kina). Modellen kan beregne timemiddelværdier af CO, NO<sub>x</sub> (NO+NO<sub>2</sub>), O<sub>3</sub> og benzen. Beregningspunktet ligger ved facaden, men højden kan specificeres i modellen. En luftkvalitetsmålestation vil typisk være placeret i en højde på omkring 3 meter 1-2 meter fra facaden.

Modellen beskriver de fysiske og kemiske processer i gaderummet. Modellen beregner koncentrationen, som et bidrag fra trafikken og et bidrag fra den recirkulerende luft i gaderummet. Det direkte bidrag er beskrevet ved en røgfanemodel og den recirkulerende luft med en boksmode, som tager hensyn til udvekslingen med bybaggrundsluften. Modellen inddrager endvidere simpel fotokemi med reaktioner mellem NO, NO<sub>2</sub> og O<sub>3</sub>. Modellen tager også hensyn til gadekonfigurationen dvs. gaden orientering, hushøjde i forskellige vindsektorer, gadebredden mv.

Traffikkens variation time for time beskrives ved brug af døgnfordelinger af trafikken på de forskellige ugedage yderligere opdelt på juli og øvrige måneder. Døgnfordelinger skal foreligge for personbiler, varebiler, lastbiler og busser. Døgnfordelingen af koldstart for benzindrevne personbiler, og rejsehastigheden for de forskellige køretøjskategorier skal også specificeres. Køretøjs sammensætningen opdeles i følgende kategorier: personbiler (med katalysator, uden

katalysator, diesel), varebiler (med katalysator, uden katalysator, diesel), lastbiler (4 vægtkategorier) og bybusser.

Emissionsfaktorer (g/km) afhængig af køretøjskategori og rejsehastighed skal kendes for NO<sub>x</sub>, CO og benzen. Emissionsfaktorerne er baseret på principperne i COPERT III (CORINAIR), som er EU's officielle emissionsværktøj for nationale emissionsopgørelser for vejtransport. Emissionsfaktorerne er endvidere baseret på danske trafikdata vedr. bilparkens alderssammensætning. Emissionsfaktorerne for benzen er baseret på såkaldte baglænsberegninger, hvor emissionsfaktorerne er bestemt ud fra luftkvalitetsmålinger ved at antage at OSPM modellen giver en perfekt beskrivelse af spredningsforholdene. COPERT III giver mulighed for også at bestemme fremtidige emissioner.

Data for bybaggrundsforureningen skal foreligge time for time for NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> og O<sub>3</sub> samt CO og benzen. Meteorologisk data i form af vindretning, vindhastighed, global stråling og temperatur skal ligeledes ligeledes på timebasis.

### **3. Windows brugerflade til OSPM modellen**

Brugerfladen er udviklet i Visual Basic. Brugerfladen er forsøgt opbygget efter almindelige principper for Windowsbrugerflader. Brugerfladen er samtidig udformet således, at det også er muligt at arbejde med egne brugerdefinerede data for de forskellige inputparametre i det omfang sådanne data er til rådighed, ligesom det er muligt at ændre en lang række indstillinger.

Som det fremgår af ovenstående skal der specificeres detaljeret input om gadekonfigurationen, emission, trafikvariationen, og bybaggrundsforureningen. Det har derfor været et væsentligt formål med projektet at opstille standard data for de krævede inputparametre, således at brugeren kan gennemføre beregninger hurtigt og med brug af data, som er let tilgængelige for kommuner og amter.

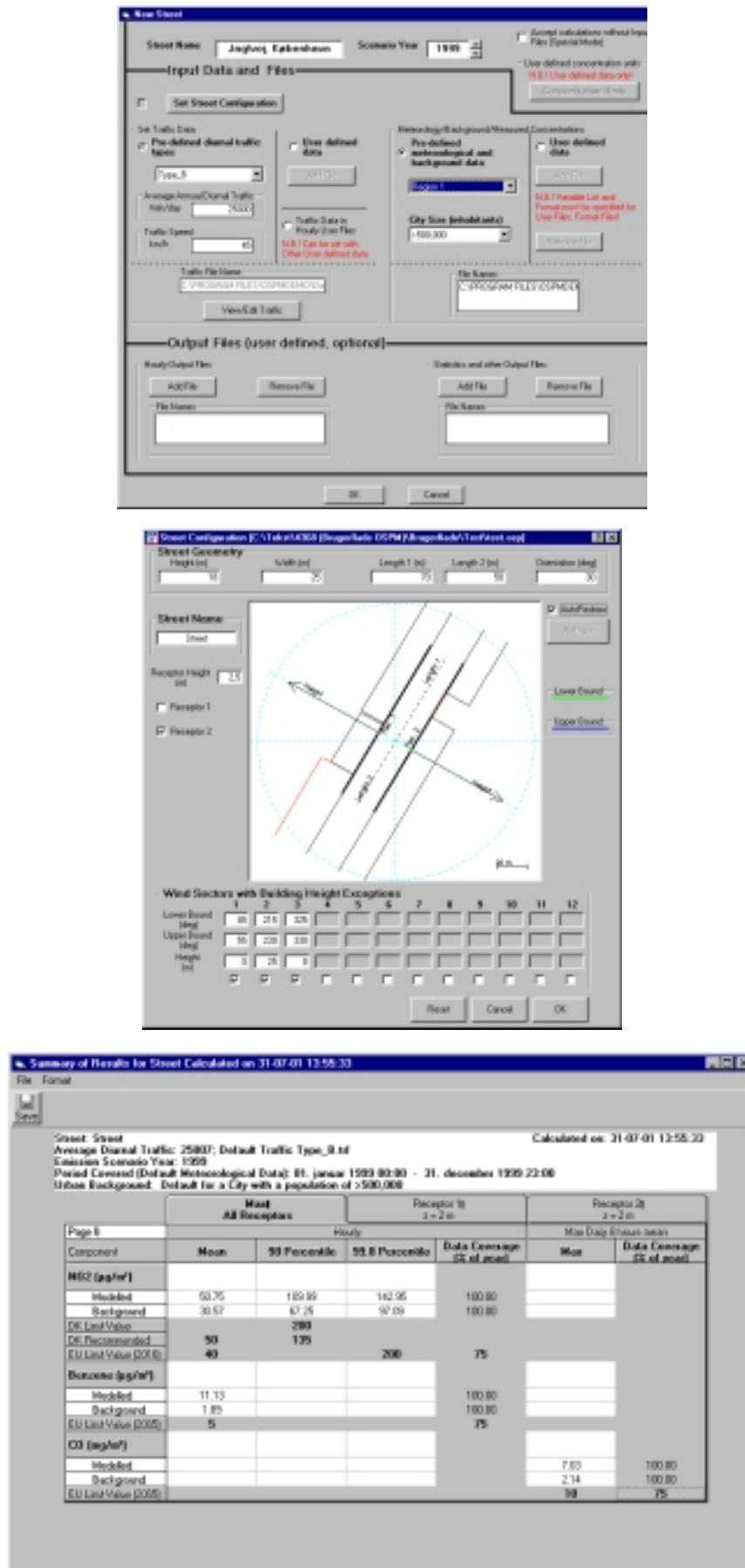
#### **3.1 Beregning med standardværdier**

For at kunne gennemføre en luftkvalitetsberegning skal brugeren som minimum vælge en gadetype samt indtaste årsdøgntrafikken og rejsehastigheden for gaden. Endvidere skal der vælges et datasæt for meteorologi og baggrundsforurening, som foreligger som datasæt for forskellige regioner af Danmark samt vælges en kategori af bystørrelse baseret på indbyggertallet, se figur 1 (øverst).

Gadekonfigurationen skal beskrives, se figur 1 (midterst). Vindsektorer, som afviger fra gadens generelle bygningshøjde skal specificeres. Dette gøres ved at angive vindsektorer ud fra start og slut vinkler (i grader i forhold til nord) samt bygningshøjden i disse sektorer. Hvis der ingen bygninger er angives nul for den pågældende vindsektor. I figur 1 (midterst) er vist et eksempel på en vindsektor, som afviger fra gadens generelle bygningshøjde på 18 meter. I vindsektor 1 fra 45 grader til 55 grader er der ingen bygninger dvs. bygningshøjden er 0 meter. Bygningshøjden er også visualiseret i vinduet.

Outputtet af beregningerne kan sammenlignes direkte med EUs grænseværdier for NO<sub>2</sub>, CO og benzen, se figur 1 (nederst). I det viste eksempel er de beregnede værdier for høje, idet emissionsmodulet endnu ikke er fuldt tilpasset og integreret i modellen. Output kan printes ud tillige med en detaljeret logfil. Brugeren kan også vælge at udskrive en fil med timeværdier, yderligere statistik mv.

## Betydningen af partikelfiltre for luftkvalitet og sundhedseffekter



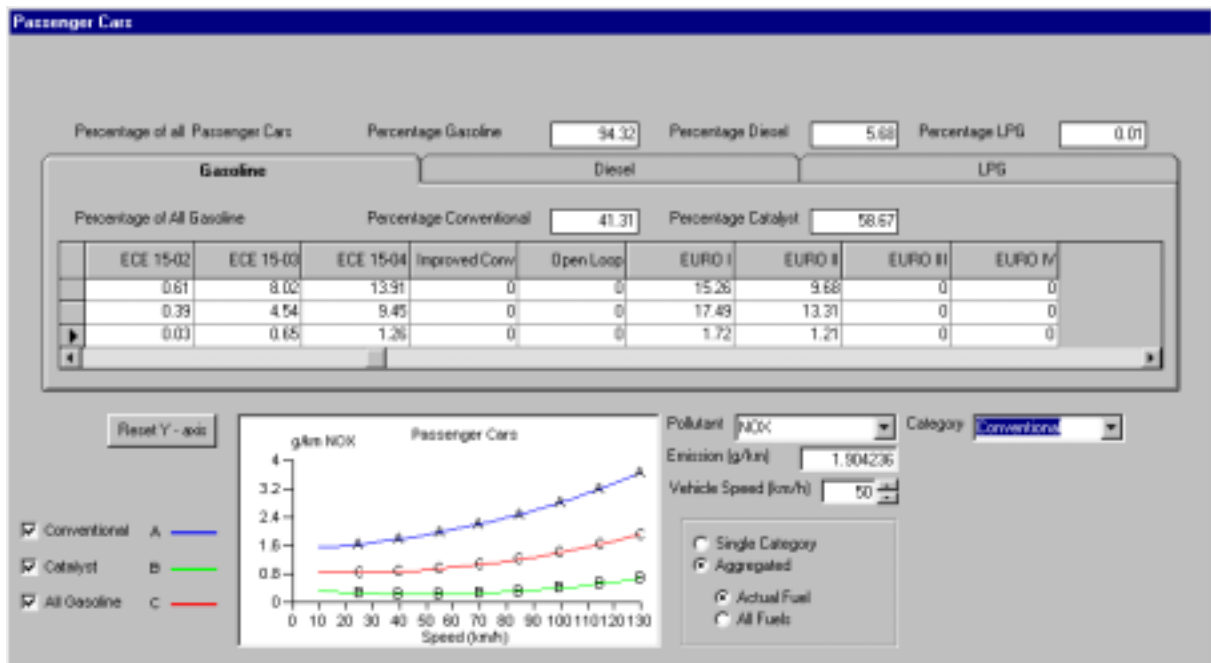
Figur 1 Øverst: Indgangsvindue, midters: gadekonfigurationsvindue, nederst: outputvindue

### 3.2 Standardværdier for emissionsfaktorer

Emissionerne er knyttet til det år, som brugeren vælger som beregningsår, og dette år definerer også andelen af katalysatorer samt andelen af biler som kører på benzin og diesel. Nationale gennemsnitstal anvendes som standardværdier for andelen af benzin/diesel, katalysator/ikke katalysator.

Emissionsfaktorer (g/km) er opstillet med udgangspunkt i principperne i COPERT III. Disse udgør standardværdierne, som også kan ændres af brugeren. I COPERT angives emissionsfaktorer for de forskellige køretøjskategorier afhængig af rejsehastighed. Emissionsfaktorerne er underopdelt i varm og kold motor tilstand, og de enkelte køretøjskategorier er yderligere underopdelt efter, hvilken emissionsnorm de opfylder. For at få aggregerede emissionsfaktorer for fx en gennemsnitspersonbil uden katalysator i et givent år er der derfor også taget hensyn til aldersfordelingen af bilparken afhængig af emissionsnorm. I forbindelse med et projekt omkring vurdering af den fremtidige luftkvalitet blev der bestemt aggregerede emissionsfaktorer (Jensen et al. 2000). Dette projekt viste imidlertid at emissionsfaktorerne for CO og NO<sub>x</sub> var undervurderet i COPERT. Det har derfor været nødvendigt at justere emissionsfaktorerne, således at der opnås en god overensstemmelse med luftkvalitetsmålinger.

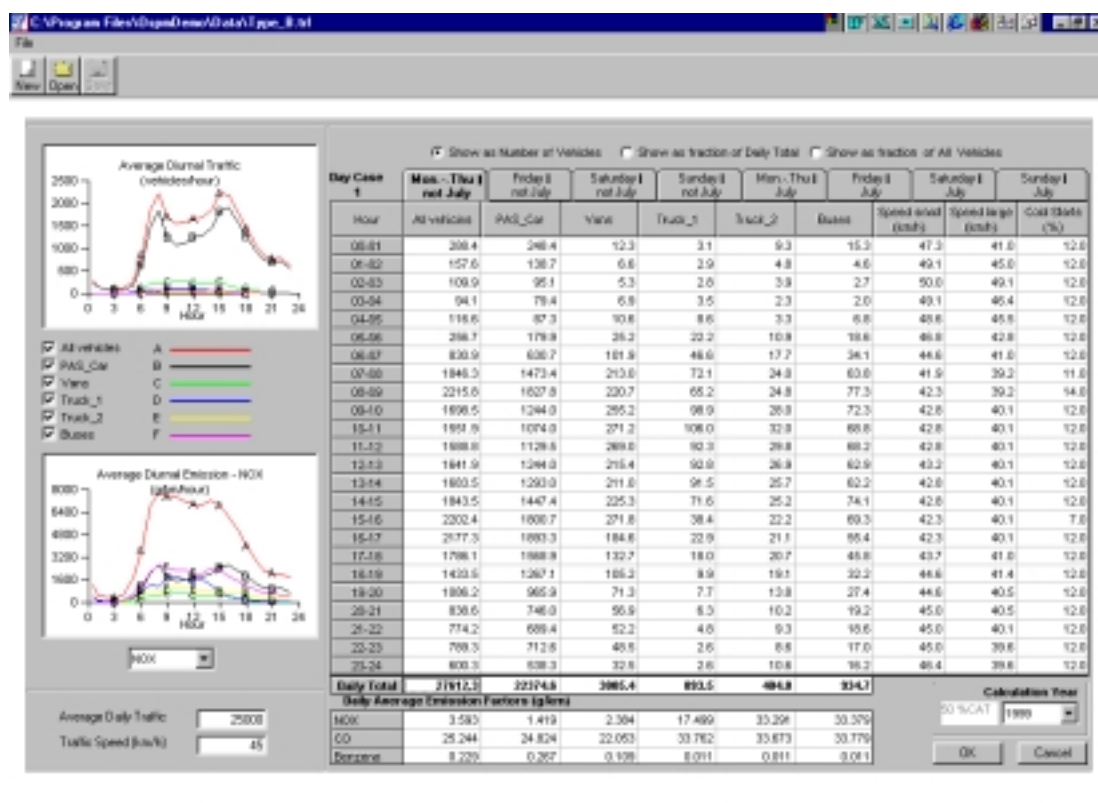
I figur 2 er vist et eksempel på emissionsfaktorer for benzinbiler for aggregerede varme emissionsfaktorer i år 1999 ved 50 km/t.



Figur 2 Eksempel på visualisering af emissionsdata for benzinbiler

### 3.3 Standardværdier for trafikens tidslige variation

Der er opstillet standardværdier for trafikens tidslige variation baseret på en analyse af nyere trafikdata fra Danmark for en række gadetyper, som er beskrevet mere detaljeret i afsnit 4. Et eksempel på visualisering af trafikdata er vist i figur 3.



Figur 3 Et eksempel på visualisering af trafikdata for en gade med årsdøgntrafik på 25.000 og en rejsehastighed på 45 km/t for en gade af typen "gennemfartsveje i storby" (gadetype B)

### 3.4 Standardværdier for bybaggrunds- og meteorologisk data

Der er opstillet en metode for beregning af bybaggrundsforureningen, som afhænger af den regionale baggrundsforureningen og byens emissionstæthed. Brugeren skal kun vælge, hvilken region af Danmark, som den pågældende gade befinder sig samt angive bystørrelsen. Meteorologiske data er fra 1999. Brugeren kan også arbejde med egne bybaggrunds- og meteorologisk data, såfremt sådanne findes. Metoden og data er nærmere beskrevet i Jensen & Berkowicz (2001).

## 4. Standardværdier for trafikdata til OSPM modellen

Et delformål var at udarbejde standardværdier for trafikdata til OSPM. Standardværdierne afspejler trafikens døgn-, uge- og årsfordeling samt fordelingen på køretøjstyper. Samtidig er der opstillet standardværdier for biltrafikens hastighed samt andelen af koldstartede biler. Opstillingen af trafikdata er baseret på en ny indsamling af eksisterende data om trafikens variation og tilgængelige trafiktællinger for bygader. Resultaterne fra den nye analyse afløser en tidligere mindre omfangsrig analyse af trafikens variation (Jensen 1997).

### 4.1 Metode og empiriske grundlag for trafikdata

Med udgangspunkt i eksisterende viden samt trafiktællinger er standardværdier for trafikens sæson- og døgnvariation for forskellige gadetyper opstillet.

Det væsentligste kriterium til at definere gadetyper er, at gadetyperne skal afspejle forskelle i de trafikale parametre, som har betydning for luftkvalitetsberegningen. Der er især lagt vægt på, at

spidstimeandelen af ÅDT og andelen af tung trafik er homogen indenfor gadetyperne. Ligeledes er det tilstræbt at døgn- og ugefordelingen er ensartet indenfor grupperne. Den geografiske variation er indarbejdet, men er først og fremmest udtrykt i bystørrelsen.

Som grundlag for opstilling af gadetyper og efterfølgende opstilling af standardværdier for disse gadetyper indgår tælldata fra 82 bygader fordelt på forskellige landsdele og en række bystørrelser. Datasættet indeholder primært trafikveje, men der indgår enkelte lavt trafikerede gader, som ligger udenfor trafikvejnettet.

Trafikdata stammer fra flere forskellige kilder, hvoraf de væsentligste er:

- Trafikdata, som ligger til grund for forsøget med automatisk hastighedskontrol i Danmark. (29 lokaliteter)
- Tælldata, som ligger til grund for udarbejdelsen af rapporten "Trafik og gadeluft i Danmark". (28 lokaliteter) (Vejdirektoratet 2000)
- Diverse data fra Vejdirektoratets måleprogrammer i øvrigt, herunder data fra 60-pkt tællinger. (22 lokaliteter)
- Enkelte tællinger fra Københavns kommune. (3 lokaliteter)
- Vejdirektoratets koldstartanalyse (Vejdirektoratet 1994).

Målestederne afspejler en bred vifte af gader, idet ÅDT varierer fra 1.400 til 60.000 køretøjer. Alle bytyper fra småbyer på omkring 1.000 indbyggere til Københavns centrum er repræsenteret. Samlet vurderes disse 82 målesteder at give et kvalificeret billede af de danske bygader. Den skilte hastighed er 50, 60 eller 70 km/t med flertallet af målesteder på veje med 50 km/t hastighedsbegrænsning.

Til beskrivelse af trafikken skal der for hver gadetype kendes følgende:

- Fordeling af køretøjstyper (personbiler, varebiler, lastbiler og busser)
- Sæsonfordelingen for køretøjstyper dvs. opdelt på månedsbasis
- Døgnfordelinger for køretøjstyper opdelt på ugedage (mandag-torsdag, fredag, lørdag, søndag) og månederne (juli, og ikke-juli)
- Døgnfordeling af rejsehastighed fordelt på køretøjstyper
- Døgnfordeling af koldstartede biler fordelt på køretøjstyper.

Tællematerialet, som ligger til grund for de forskellige gadetyper er analyseret i en Microsoft Access database med henblik på at bestemme, hvordan trafikken fordeler sig over ugedage og måneder.

Årsvariationen er ligeledes forskellig gadetyperne imellem. Der er primært tale om at juli måned skiller sig ud fra de øvrige måneder. Dette er gældende for både totaltrafikken og for den tunge trafik. Årsvariationen er derfor kun opdelt i juli måned og øvrige måneder. Ved opregning af data er det forudsat at hver måned regnes for 1/12 af året og hver ugedag 1/7 af ugen.

## **4.2 Resultater for trafikdata**

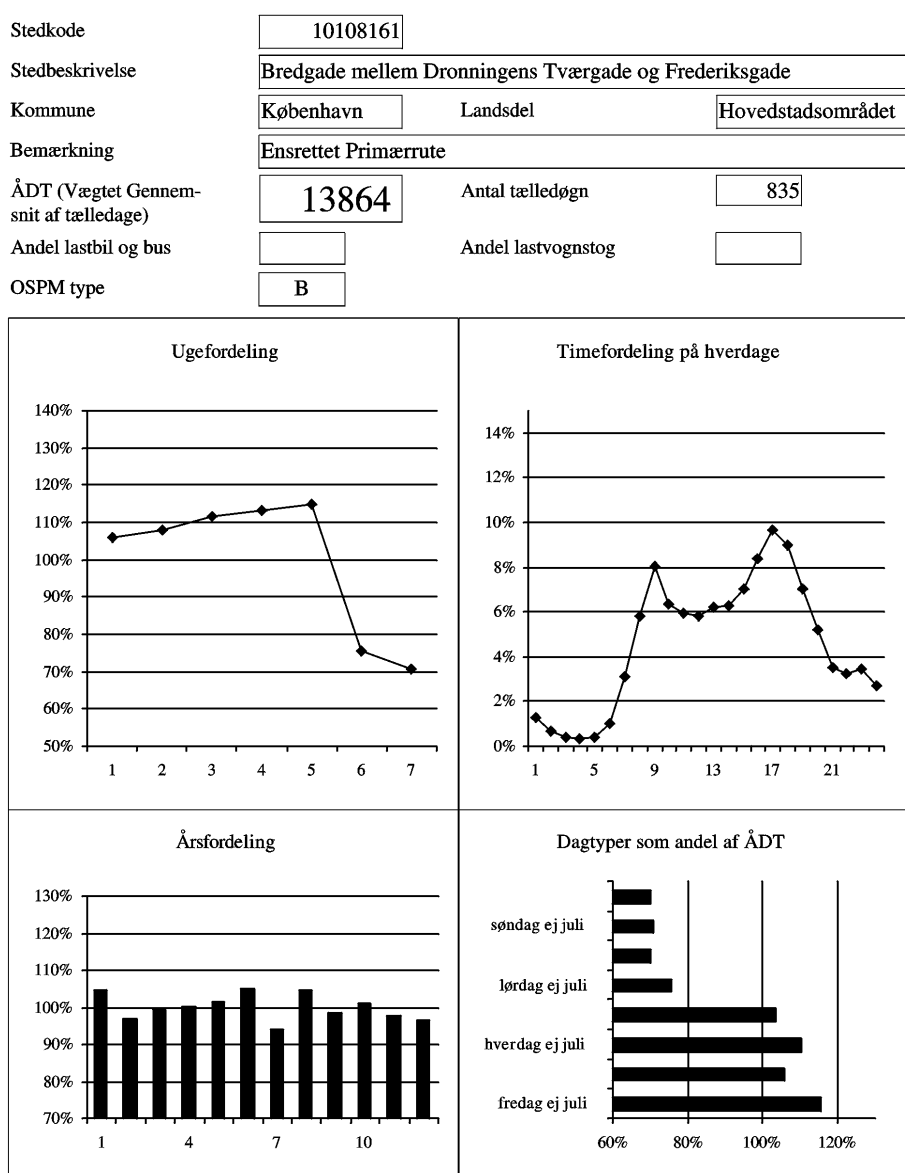
Resultatet af denne analyse er standardværdier for 8 forskellige gadetyper, der repræsenterer de forskellige typer af bygader i Danmark:

## Betydningen af partikelfiltre for luftkvalitet og sundhedseffekter

- Type A: Gennemfartsvej i middelstore eller mindre byer
- Type B: Gennemfartsveje i storby
- Type C: Fordelingsveje i boligområder
- Type D: Trafikveje med blandet bolig og erhverv
- Type E: Hovedgade i centrumområde - store byer
- Type F: Indfaldsveje til store byer
- Type G: Trafikveje i store og mellemstore byer uden for centrumområdet
- Type H: Centrumgader i mellemstore byer

Standardværdierne afspejler trafikens døgn-, uge- og årsfordeling samt fordelingen på køretøjstyper. Derudover er der opstillet standardværdier for biltrafikens hastighed samt andelen af koldstartede biler.

Et eksempel på standard trafikdata for type B: "Gennemfartsveje i storby" er vist i figur 4.



Figur 4 Eksempel på Type B: Gennemfartsveje i storby



Det trafikale input til OSPM er sammenfattet i et regneark med trafikandele. Heri fremgår; gadetype, måned, ugedag, køretøjstyper (personbiler, varebiler, lastbiler, busser), time (1-24). Derudover angives en gennemsnitlig hastighed og koldstartandelen.

### ***4.3 Diskussion af datagrundlag for trafikdata***

Der er en række usikkerheder ved de anvendte tællemetoder samt områder, hvor data er mangelfuldt. Supplerende detaljerede trafikdata vil derfor være værdifuldt til brug for opstilling af standardværdier for biltrafikkens variation på bygader, for at OSPM-modellen kan give et så præcist billede af luftkvaliteten som muligt over hele døgnet.

Usikkerheder og mangler er især indenfor følgende områder, hvor det nuværende datagrundlag kan yderligere forbedres:

- Datagrundlaget er til dels baseret på maskinelle tællinger af længdekategorier. Dette giver en vis usikkerhed i den præcise bestemmelse af køretøjstyper, idet denne metode ikke kan skelne mellem forskellige køretøjstyper af samme længde.
- Der er meget få køretøjstypeopdelte tællinger på dage, som ikke er "hverdag udenfor juli" dvs.: hverdage i juli, lørdage og søndage. Da især variationen i den tunge trafik er interessant vil en kvalificering her give bedre resultater.
- De køretøjsopdelte tællinger er skævt fordelt både geografisk og over gadetyperne. Især gadetyperne "Hovedgade i centrumområde – store byer" og "Centrumgader i mellemstore byer" vil kunne styrkes med køretøjsopdelte tællinger.
- Generelt er datamaterialet for især de mindre gader og veje meget sparsomt. Selv en mindre udvidelse af materialet her vil betyde store forbedringer.
- I de anvendte trafikdata er det bemærkelsesværdigt, at en stor del af gadetyperne ikke indeholder nogen særlig markant morgenmyldretid. Tendensen er ret klar, idet ca. 40 af de 82 gader følger dette mønster.
- Datagrundlaget for bestemmelse af døgnvariationen i koldstartede biler er spinkelt.

## **5. Konklusion**

En Windows brugerflade er under udvikling til gadeluftkvalitetsmodellen OSPM, således at den let kan bruges af kommuner, amter og konsulentfirmaer i forbindelse med vurdering af luftkvaliteten i byer. I forbindelse med udarbejdelse af brugerfladen er der opstillet standardværdier for trafikens variation, emission, samt meteorologi og bybaggrundsforureningen, således at brugeren med få indgangsparametre og valg blandt standardværdier kan gennemføre luftkvalitetsberegninger. Window udgaven af OSPM modellen forventes at være kommercielt tilgængelig i begyndelsen af 2002, og foreligger her i efteråret 2001 foreløbig i en udviklingsversion.

## Taksigelser

Projektet er udført af DMU i samarbejde med Vejdirektoratet, Danmarks TransportForskning (DTF) samt Tetraplan. DMU har udviklet Windows brugerfladen til OSPM samt opstillet standarddata for emission, meteorologi og bybaggrundsforurening. Vejdirektoratet og DTF har i samarbejde med Tetraplan opstillet trafikale standardværdier. Projektet er finansieret af Miljøstyrelsen med medfinansiering fra Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) og Vejdirektoratet.

## Referencer

- Berkowicz, R., Hertel, O., Sørensen, N.N., Michelsen, J.A. (1997): 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.) Perkins, R.J., Belcher, S.E., pp. 121-142.
- Jensen, S.S. (1997): Standardised Traffic Inputs for Use in the Operational Street Pollution Model (OSPM), NERI Technical Report No. 197, 1997. 54 p.
- Jensen, S.S., Berkowicz, R., Winther, M., Zlatev, Z., Palmgren, F. (2000): Future Air Quality in Danish Cities. Impact study of New EU Vehicle Emission Standards. National Environmental Research Institute, Denmark. Danish EPA report No. 314.
- Jensen, S.S. & Berkowicz, R. (2001): Brugervenlig udgave af gadeluftkvalitetsmodellen OSPM. Fase I. Notat. 22 s. Udarbejdet for Miljøstyrelsen.
- Larsen, P.B., Larsen, J.C., Fenger, J., Jensen, S.S. 1997: Sundhedsmæssig vurdering af luftforurening fra vejtrafik. Miljøprojekt nr. 352. Miljøstyrelsen, København. 288 s.
- Palmgren, F., Berkowicz, R. Jensen, S.S., Kemp, K. 1997: Luftkvalitet i danske byer. Tema-rapport fra DMU. Nr. 16/1997. Danmarks Miljøundersøgelser. 63 s.
- Stadslægen et al. 1999: Bli'r man syg af luften i Storkøbenhavn. Rapport udarbejdet af Stadslægen, Københavns Kommune; Miljøkontrollen, Københavns Kommune, Embedslægeinstitutionen for Københavns Amt og Frederiksberg; Miljø- og Levnedsmiddelkontrollen, Frederiksberg Kommune; Teknisk Forvaltning, Københavns Amt. 69 s.
- TetraPlan (2001): Skabelonværdier for trafikdata. Notatnummer 1200441.07. Udarbejdet af Jacob Høj og Hjalmar Christiansen for Vejdirektoratet. 25 s.
- Vejdirektoratet (1994): Koldstartsanalyse. 158 s.
- Vejdirektoratet (2000): Trafik og gadeluft i Danmark - Registrering og beregning for 1985-1998. Udarbejdet af Lars Ellebjerg Larsen og Lone Reiff. Rapport nr. 199, marts 2000. 64 s (ekskl. 6 bilag).