

## GPS tracking af personer i byen – en del af et luftkvalitetssystem

*Martin Hvidberg, Steen Solvang Jensen, Ruwim Berkowicz, Aalborg Universitet  
Danmarks Miljøundersøgelser - Afdeling for Atmosfærisk Miljø*

Denne tekst har to formål. Dels kort at introducere DMUs arbejde med luftforurenings modeller til bestemmelse af personlig eksponering. Dels at spekulere over hvordan man kan "Map Match" GPS punkter til et vejnet, selv om GPS punkterne har dårlig spatiel præcision.

Arbejdet er desværre ikke færdigt, derfor er det ikke muligt at anvise nogen 'bedste praksis', men der opfordres til at andre kan deltage i det videre arbejde og vi stiller gerne vore programmer og data til rådighed herfor.

### Luftforurening

En stor del af de partikler som befolkningen udsættes for, stammer fra trafikken i gaderne i byområderne, hvor folk færdes. En række undersøgelser peger på, at det er de meget små partikler, som er de mest sundhedsskadelige.

I befærdede gader stammer en meget stor del af partikelforureningen fra trafikken. Den direkte emission fra bilernes udstødning består af partikler, som dannes dels i motoren under forbrændingen ved høje temperaturer, og dels i luften i og umiddelbart efter udstødningsrøret. Partikelemissionen afhænger primært af mængden af trafik, dens fordeling på bilernes type og alder samt køremønsteret. Denne emission bidrager til den ultrafine størrel-

sesfraktion af partikler i gaden. Trafikken bidrager imidlertid også med mekanisk dannede partikler i form af slid på dæk og vejbelægning samt ophvirvlet vejstøv. Disse mekanisk dannede partikler findes især i den grove størrelsesfraktion.

### OSPM

Modeller for luftforurening fra trafik er et vigtigt værktøj i forbindelse med kortlægning af luftforurening samt vurdering af befolkningens eksponering. Dette gør sig især gældende, når modellerne anvendes i kombination med måledata. DMU har en meget anerkendt model for luftforurening i trafikerede gader, OSPM (Operational Street Pollution Model). OSPM findes idag i en brugervenlig Windows baseret version. Denne nye model gør det muligt, ud fra en række data at beregne emissionen fra trafikken. Vejdirektoratet og Danmarks Transport-Forskning har bl.a. leveret trafikdata til denne model. For at kunne gennemføre en luftkvalitetsberegning skal operatøren vælge en gadetype, indtaste årsdøgntrafikken og trafikhastigheden for gaden samt angive oplysninger om gadekonfigurationen. Gadekonfiguration omfatter gadens bredde, længde til gadehjørne i hver retning, gadens kompasretning samt afstanden til og højden af bygning-

eri forskellige kompasretninger ift. observationspunktet. Endvidere skal der vælges et datasæt som repræsenterer de meteorologiske forhold og baggrundsluftforurening, datasæt som DMU har etableret for forskellige regioner af Danmark. Endelig vælges en kategori af bystørrelse, baseret på indbyggertallet. Hvis operatøren ikke har specifikke data for beregningsstedet, er der i modellen opstillet standardværdier for trafikens variation, emission, meteorologi og baggrundsluftforurening. Modellen skal naturligvis løbende opdateres med nye parametre efterhånden som de ændres. Det kan eksempelvis være flere elbiler, nye strammere EU-krav eller andre ændrede forhold, der har betydning for beregningerne. DMUs databaser indeholder også estimerede værdier fra fortiden, tilbage til 1960 for fx trafikmængder, køretøjernes fordeling på type, brændstof osv., samt selvfølgelig vejenes og bygningernes alder.

AirGIS og OSPM bliver brugt i en række projekter under Det Strategiske Miljøforskningsprogram og ISMF til bestemmelse af personlig eksponering langs ruter i danske bygader (Hvidberg og Jensen, 2002).

Den Windowsbaserede version af OSPM gør det også

muligt at foretage en beregning langs en rute, fx i et givet byområde. Denne facilitet vil blive anvendt inden for en række projekter under Det Strategiske Miljøforskningsprogram og ISMF til bestemmelse af personlig eksponering langs ruter i danske bygader. Til dette formål er der udviklet en række GIS baserede værktøjer inden for DMUs AirGIS system (Jensen et al., 2001). Disse værktøjer gør det muligt at generere informationer til OSPM beregningerne, automatiseret for fx et helt byområde, på basis af diverse digitale kort og forskellige registerdata (Hvidberg og Jensen, 2002).

Foruden at OSPM skal bruge en række inputdata om bl.a. gaderummets fysiske udformning, trafikmængder og -typer, meteorologi samt baggrundskoncentrationer af langtransporteret luftforurening, skal modellen også have informationer om hvor præcist der skal modelleres, dvs. den præcise position for en person til et bestemt tidspunkt. Med præcist, menes i denne sammenhæng om personen står på den ene eller anden side af gaden.

### **Tids- og aktivitetsmønstre**

Beskrivelsen af hvor personen er til forskellige tider kaldes tids- og aktivitetsmønstre. Ud over simple tid+sted-informationer indgår heri desuden informationer om aktiviteter som har indflydelse på eksponering (fx rygning, madlavning, stearinlys, m.m.)

eller respiration (fx om personen går, cykler, sover, m.m.).

Information om fx passiv rygning kommer fra en dagbog som forsøgspersonen fører dagligt i forsøgsperioden. Tid+sted informationerne føres også i dagbogen, men kommer desuden som regel også fra en GPS.

### **AirGIS**

DMU har udviklet et GIS baseret system "AirGIS", der er et system til estimering af enkeltpersoners og befolkningens eksponering af luftforurening med høj tidslig og geografisk opløsning. AirGIS laver den processering af tid+sted samt opbygger de filer som beskriver gaderummets fysiske udformning, trafik mængder og typer m.m., som OSPM kræver. AirGIS systemet er således i stand til, ud fra mange forskellige datakilder, at generere den viden, som OSPM programmet skal bruge for at lave præcise forudsigelser af luftforureningen.

AirGIS systemet kan arbejde i forskellige "modes", enten et adressemode eller rute-mode. Rute mode følger en person gennem nogle timer eller måske døgn igennem byen. En rute består, i vores første definition, af en kæde af skiftende opholdspunkter (points) og transportstrækninger (lines). Kæden skal være ubrudt, og tidsinformationerne som knytter sig til de skiftende punkter og linjer, skal være strengt kronologisk. Forsøgspersonerne har

båret GPS i form af en "Benefon"<sup>TM</sup>, en mobiltelefon med integreret GPS. Denne telefon sender med korte intervaller (fx 10 sekunder) en SMS til et mobiltelefonmodem, som er koblet til en computer på DMU. Ad denne vej opsamles løbende informationer om hvor telefonen, og dermed personen, befinder sig. Hver SMS indeholder informationer om tid og sted i længde- og breddegrader.

En enkelt SMS ser således ud:

```
+CMGL: 1,"REC UNREAD","+45xxxxxxxxx",,"03/03/03,08:38:26+40"
```

```
!TRS_01/01_1_1_norm_074%_gps_1_N55.41.37,2_E012.33.39,8_03.03.2003_07:38:10_000km/h_182deg
```

Efter at man er begyndt at bruge meget GPSbaserede rutebeskrivelser, samt efter at man har fået opgaver med at beregne luftforurening for en stor mængde adressepunkter i Danmark, med henblik på at sammenligne forureningsniveauer med befolkningssundheden, har det være opportunt at ændre definitionen af en rute. De nyere versioner af AirGIS, fra ver. 2.1 arbejder med inputdata i form af en ren punktsværn, uden linjer. En rute er altså i denne nyere definition alene en række af tidsstemplede punkter.

De forskellige måder at beskrive en rute på har forskellige fordele og ulemper. Formatet med skiftevis punkter og linjer har flere ulemper: 2 datasæt til at beskrive 1 rute. Unødigt kompleks/

omstændelig programmering, især ved brugen af GPS er det indlysende fordelagtigt at gå over til at beskrive alting vha. en strøm af punkter.

### Map Matching

Hvert punktdatasæt skal forædles til en rute. GPSpunkterne ligger typisk og zig-zagger lidt omkring den vej der er kørt ad. Et væsentligt element i det videre arbejde er derfor et program som ud fra punkterne kan identificere hvilken vej i et givet vejnet der er kørt ad. Dette skal selvfølgelig gøres på en sådan måde, at ruten er både geografisk og kronologisk sammenhængende. Der eksisterer sådanne programmer, også i standard GIS-værktøjer som ArcView 3's Network Analyst. Desværre er vores GPSpunkter noget mere spredt, end man har haft i tankerne, da man valgte algoritme. I hvert fald eksisterer der flere steder i vores data situationer, som rutefinderen ikke håndterer til vores tilfredshed.

Så vidt vi har kunnet finde ud af bruger ArcView 3's Network Analyst (AVNA) følgende strategi. 1) Find for hvert punkt i datasættet den nærmeste vej. 2) Find en rute gennem vejnettet, som besøger alle punkterne. Det virker som en god plan og kan formodes at køre hurtigt på computeren, men der opstår problemer, når GPSpunkterne nogle gange er så langt ved siden af, at de er tættere på en 'forkert' vej end på den rigtige. Et grelt eksempel

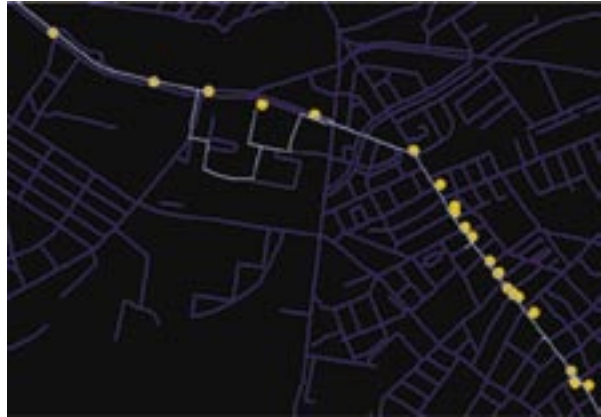


Illustration 1: AV 3.x Network Analyst, default settings.

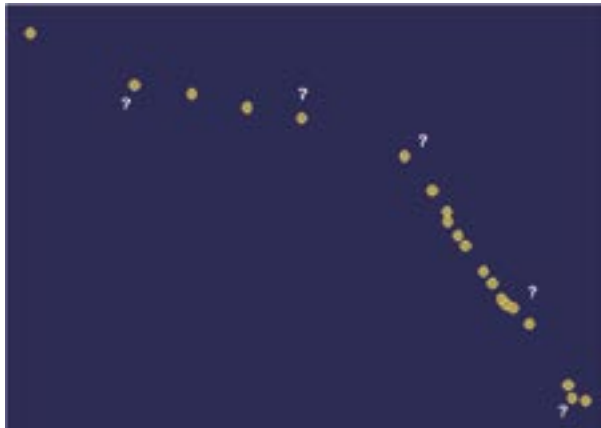


Illustration 2: Punktsværm - Hvornår drejer vejen?



Illustration 3: Linie analyse metoden, med afstand = 3



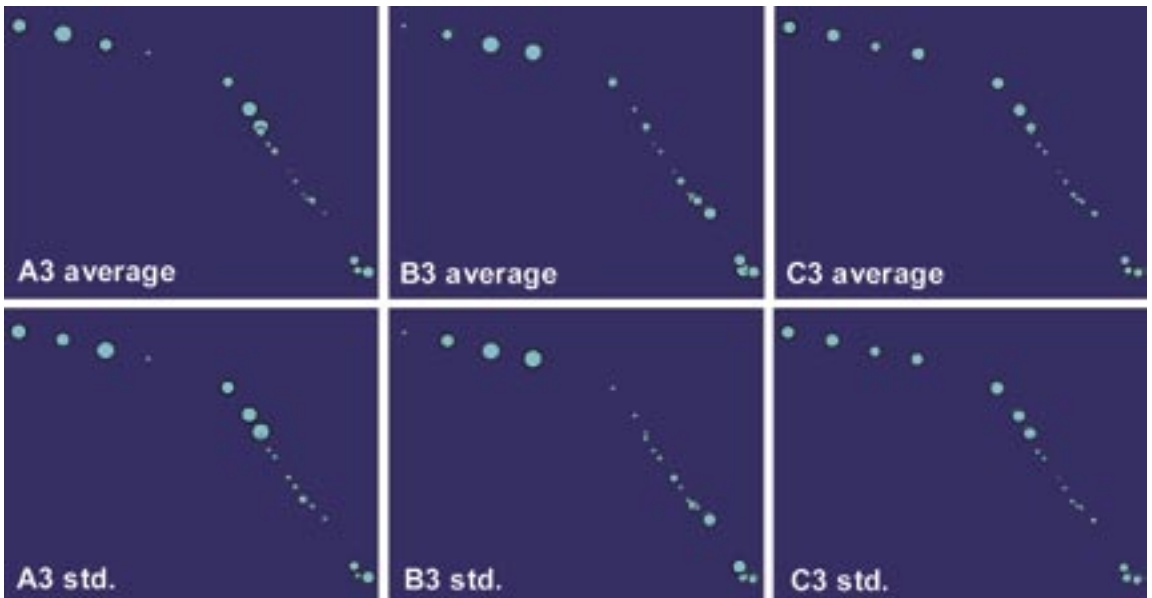


Illustration 6: Alle tre modes, middelfast og standardafvigelser. Prik størrelsen er normaliseret på hvert plot og kan ikke sammenlignes indbyrdes

Det vil vise sig at denne metode siger mere om, hvad der sker lige foran eller bagved punktet, snarere end, hvad der sker i selve punktet. Derfor er det også muligt at køre programmet så linje-analysemetoden bliver anvendt over alle punkter fra 3 punkter før til 3 punkter efter. Denne variant C3 (aCross 3) giver et resultat på 79m, vel at mærke med alle punkter på samme side. Den høje værdi 79m og især det faktum, at alle mellempunkterne ligger på samme side er en væsentlig bedre indikator for, at vi faktisk er i nærheden af et hjørne. Den absolutte værdi 79m er, som nævnt ovenfor, vanskelig at sammenligne med andre data. Derfor er det tanken, at den skal konverteres til en form for index. Det har været overvejet at

dividere den med middelfast eller modelafstanden mellem nabopunkter i datasættet som helhed, eller mellem de (7) punkter som indgår i beregningen. Programmet indeholder dog endnu ikke denne funktionalitet.

Approksi variablene A3, B3 og C3 er ikke uafhængige af fx kørehastighed. Derfor er det forsøgt at skabe et mere neutralt approksi ved at kikke på standardafvigelserne af afstanden fra mellempunkterne til forbindelseslinjen. De ovenfor nævnte værdier kan således suppleres med hver en standardværdi som vist i illustrationen til højre.

Gennemfører man A3, B3 og C3 beregninger for alle punkterne langs den viste rute og plotter resultater af såvel

middelfast og standardafvigelse i hvert punkt, får man seks forskellige billeder som her vist.

NB: Kommentar til figurteksten (Illustration 6): Efter som jeg ikke kan sammenligne prikkerne på de seks plot, ville en præcisering af, hvad jeg så må sammenligne være hensigtsmæssig.

For A3 ses tydeligt, at værdierne er høje for de sidste tre punkter inden et hjørne. Dette er naturligt, da der regnes netop tre punkter frem og derfor netop disse værdier inkluderer punkter som ligger efter hjørnet. Tilsvarende ses B3 at have høje værdier i punkterne lige efter et hjørne, af samme årsager. Denne effekt er endnu mere udtalt i standardafvigelsesværdierne

end i selve middelfastandene. Så selvom disse er mere skala-neutrale, er de altså ikke fri for denne uheldige effekt. Man kunne håbe, at C3 var løsningen på dette problem, men desværre ser vi både i middelfastande og standardværdier, at C3 har den samme utilsigtede effekt, både frem og tilbage, som man kunne forvente. Effekten er mindre, da der midles over flere punkter, men "signalet" vi leder efter, er også mindre af samme årsag. C3 er desværre ikke løsningen på problemet.

### Vinkelanalysemetoden

En alternativ metode kunne være at kikke på vinklen mellem fremskudte linjer til hvert punkt. Metoden gør følgende: For et givet målepunkt på ruten. Tegn en linie frem til hvert punkt fx 3 punkter før hhv. efter punktet. Find kompasretningen til hvert punkt.

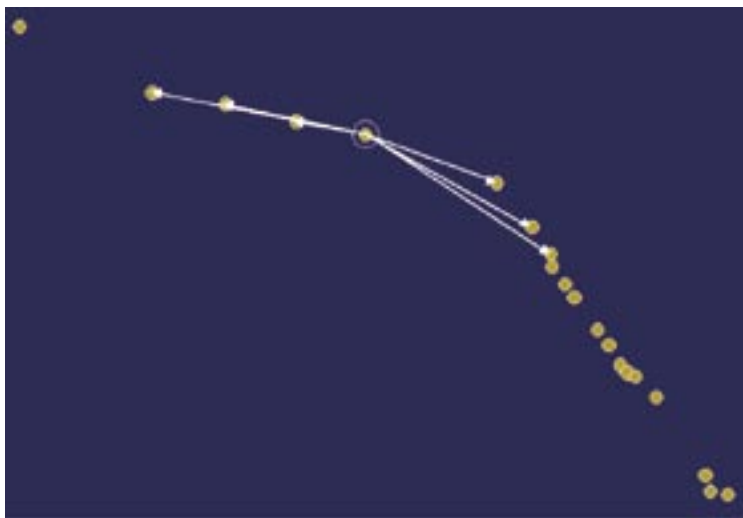


Illustration 7: Vinkel analyse metoden, med afstand = 3

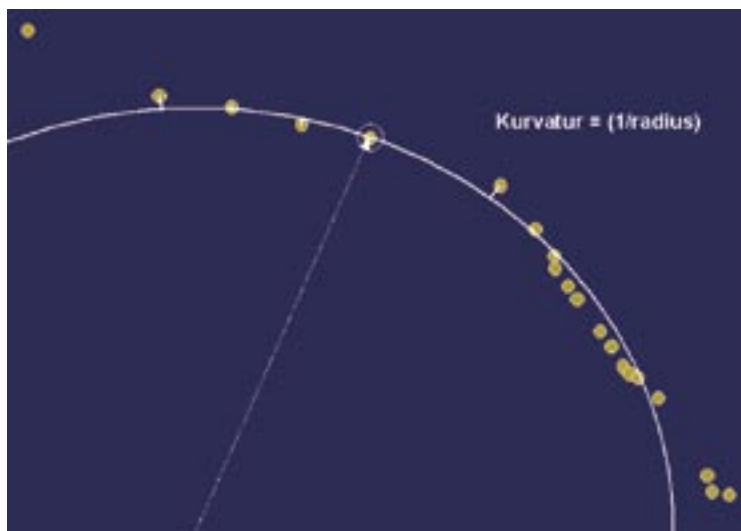


Illustration 8: Kurvatur metoden, med afstand = 3

Hvad er middelværdien? Hvad er spredningen?

Desværre lider denne metode af alle de samme uheldige effekter som ovenstående og bidrager ikke med løsning på nogen af problemerne. Det kan desuden også diskuteres,

om det overhovedet er noget andet man måler, eller om det blot er en omskrivning af den samme parameter.

### Krumningsmetoden

Endnu en potentiel løsning ligger i krumnings- eller kurvatur metoden. Hvorvidt et punkt ligger på et hjørne, eller snarere i hvor høj grad et punkt ligger på et hjørne, kan omskrives til: Hvor meget krummer ruten i nærheden af dette punkt. Hvis nærheden igen defineres som tre punkter i hver retning, viser illustrationen til højre, hvordan man kan forestille sig, at man "fitter" en cirkelbue til de relevante syv punkter. Fitningen kan fx foretages, så (ledes at) summen af kvadraterne på afstanden vinkelret på cirkelpereferien minimeres. Den fremkomne cirkel har en veldefineret radius ( $r$ ), og krumningen er da defineret som  $(1/r)$ . Denne metode

burde være fri for de uheldige effekter som ses i Linje-analysemetoden, men den har ikke været prøvet i praksis.

### **Konklusion**

Det er intentionen at gøre dette arbejde færdigt så snart det bliver muligt, men projektet er desværre ufinansieret, så det står åbent om det bliver foreløbigt. Til vores umiddelbare formål vil vi vælge enten at leve med de småfejl som findes i eksisterende "map matching" programmer, eller måske gennemføre en manuel efterana-

lyse af ruterne for at fjerne de mest oplagte u hensigtsmæssigheder. Hvis nogen har lyst til at arbejde videre med disse muligheder stiller vi gerne kode, data og vores erfaringer til rådighed. Hvis der er nogle studerende som ønsker at tage handsken op, kan vi desuden tilbyde vejledning efter nærmere aftale.

### **Referencer**

Hvidberg M., Jensen SS. A GIS tool for preprocessing route information for air pollution modeling. GI - Communication and

Perspective, 25. - 27. November 2002, Ålborg, Denmark.

Jensen SS, Berkowicz R., Hansen H Sten, Hertel O. A Danish decision-support GIS tool for management of urban air quality and human exposures. Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 6, Issue 4, 2001, pp. 229-41.

### **Om forfatterne**

Martin Hvidberg, Cand. scient i geografi, GIS-medarbejder ved Danmarks Miljøundersøgelser, Afdelingen for Atmosfærisk Miljø, e-mail: mhv@dmu.dk  
Steen Solvang Jensen, PhD. , Seniorforsker ved Danmarks Miljøundersøgelser, Afdelingen for Atmosfærisk Miljø, e-mail: ssj@dmu.dk  
Ruwim Berkowicz, PhD. , Seniorforsker ved Danmarks Miljøundersøgelser, Afdelingen for Atmosfærisk Miljø, e-mail: rb@dmu.dk

Adresse : Frederiksborgvej 399, DK-4000 Roskilde