

Integreret Miljøinformationssystem (IMIS) indenfor Bymiljø og Trafik

Steen Solvang Jensen¹, Uffe Kousgaard², Linda Christensen², Jeppe Husted Rich²

Danmarks Miljøundersøgelser (DMU)
Afdelingen for Atmosfærisk Miljø¹, Afdelingen for Systemanalyse²
Postboks 358, DK-4000 Roskilde

Abstract

Artiklen beskriver den overordnede metode og empiriske grundlag for kobling af to eksisterende modeller: transportadfærdsmodellen ALTRANS og luftkvalitets- og befolkningseksponeringsmodellen AirGIS udviklet af Danmarks Miljøundersøgelser med det formål at kunne analysere transportadfærdens indflydelse på befolkningens eksponering med sundhedsskadelig luftforurening, samt regulering heraf gennem trafikale styringsmidler. Artiklen beskriver endvidere metodeopstilling og resultater for udlægning af ALTRANS's zonebaserede trafikarbejde på et geografisk vejnet, som AirGIS forudsætter. En senere artikel vil præsentere befolkningens eksponering med luftforurening under forskellige ALTRANS scenerier.

1. Baggrund og formål

Under Danmarks Miljøundersøgelsers overordnede projekt "Integrerede Miljøinformationssystemer (IMIS)" tager temaet "Bymiljø og trafik" udgangspunkt i at trafikens omfang og fordeling er en af de mest betydende faktorer for bymiljøet. Den trafikale miljøbelastning er en væsentlig faktor for miljøkvaliteten og befolkningens livskvalitet i et byområde. Trafikken påvirker bymiljøet gennem luftforurening, støj, ulykker, barriere effekt og visuelle forhold. I første omgang vil arbejdet med miljøtemaet koncentrere sig om luftforurening og befolkningens eksponering med sundhedsskadelige luftforureninger.

Formålet med projektet er at sammenkoble to eksisterende modeller: ALTRANS og AirGIS for at kunne analysere transportadfærdens indflydelse på befolkningens eksponering med sundhedsskadelig luftforurening under forskellige scenarier for anvendelse af trafikale styringsmidler. AirGIS er et modelsystem, som kan beregne luftkvalitet og befolkningseksponering på adresseniveau i et byområde, og ALTRANS er en prognosemodel for transportadfærd, som kan beregne transportarbejdet under hensyntagen til trafikale styringsmidler beskrevet ved transportomkostninger (fx højere benzinpriser) og serviceniveauet af den kollektive trafik (fx billetpriser, rejsetider, antal afgang mv.) Herved bliver det muligt at analysere transportadfærdens indflydelse på befolkningens eksponering med luftforurening i forskellige bytyper og under forskellige transportscenarier. På længere sigt er det tanken at koble eksponeringsdata med oplysninger om sundhedseffekter, således at det bliver muligt at vurdere de sundhedsmæssige konsekvenser for befolkningen af forskellige styringstiltag, ligesom samfundsøkonomiske aspekter kunne behandles. I nærværende projekt vil der dog kun blive foretaget grove sundhedsmæssige vurderinger.

Artiklen præsenterer den overordnede metode, det empiriske grundlag, samt metodeopstilling og resultater fra den trafikale sammenkobling af ALTRANS og AirGIS modellerne. En senere artikel vil præsentere befolkningens eksponering med luftforurening under forskellige ALTRANS scenerier.

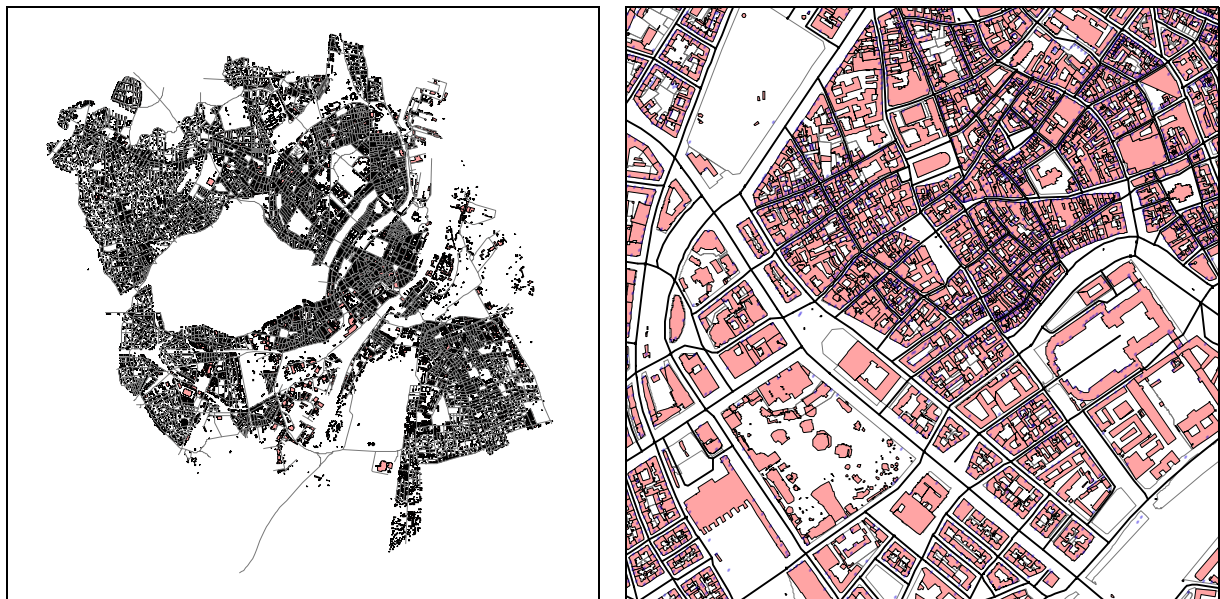
2. Overordnet metode og empirisk grundlag

ALTRANS modellerer det nationale årlige transportarbejde pr. transportmiddel fordelt mellem zoner og internt i zoner (Christensen et al. 1999). Modellen er en individbaseret mikromodel, der tager udgangspunkt i personniveau, som generaliseres til nationalt niveau på baggrund af statistiske data. Modellen består af en geografisk model og en adfærdsmodel. Den geografiske model består af en række zoner, vejnettet samt det kollektive serviceniveau (frekvens, ventetid mv.). Denne model kan bl.a. beregne rejsetider for rejser med bil og kollektiv trafik baseret på hurtigste rute mellem zonerne, transportattraktionsniveau (arbejdspladser mv.) og kollektiv serviceniveau. Adfærdsmodellen tager

udgangspunkt i en statistisk modellering af TU-data (transportvane-undersøgelserne med personinterview om bl.a. rejsestart og rejsemål på zoneniveau, rejsetid, transportmiddelvalg, økonomiske forhold mv.). Modellen er en rejsemodel bestående af bl.a. en frekvensmodel (bestemmer om man rejser) og en modalsplitmodel (hvordan man rejser). Adfærdsmodellen anvender bl.a. outputtet fra den geografiske model til kontrol af rejsetider, opstilling af alternative rejsemåder, destinationer mv.

AirGIS modellerer luftkvalitet og befolkningseksponering på adresseniveau under anvendelse af en gadeluftkvalitetsmodel udviklet af Danmarks Miljøundersøgelser (Operational Street Pollution Model, OSPM), digitale kort (vejmidter, bygninger, adressepunkter, matrikler), administrative registre (Bygnings- og Boligregister (BBR), Centrale Person Register (CPR), trafikdata) samt et Geografisk Informationssystem (GIS). Systemet beregner luftkvaliteten på timeniveau for NO₂, O₃, CO og benzen. Eksponeringen på bopælen bestemmes ved at knytte koncentrationen til de mennesker, som bor på adressen via CPR-registeret. Udendørskoncentrationerne på adressen anvendes således som eksponeringsindikator (Jensen 1998, 1999).

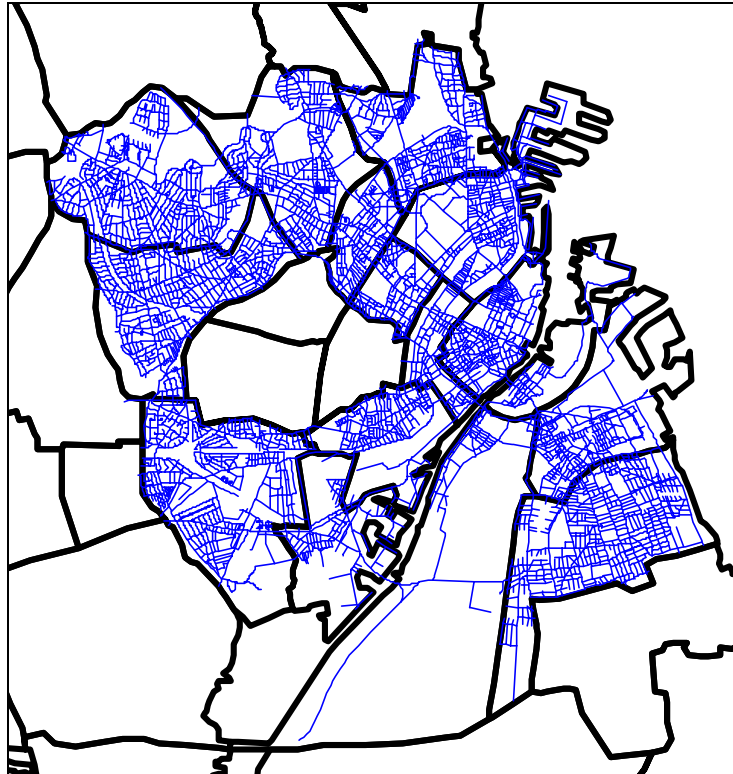
ALTRANS og AirGIS kobles på følgende måde: AirGIS modellen har en meget høj geografisk opløsning (vejstrækning, adresse), og kan kun køres for geografiske områder, hvor inputdata er til rådighed. AirGIS kræver bl.a. trafikinput på strækningsniveau. ALTRANS producerer ikke strækningsbaseret trafikdata, og derfor er der opstillet en GIS-baseret metode som omsætter ALTRANS's trafikoutput til strækningsbaseret trafikinput for AirGIS modellen. ALTRANS kan bestemme det samlede trafikarbejde for de forskellige transportmidler mellem zonerne og internt i zonerne. Dette trafikarbejde udlægges på det faktiske vejnet i zonerne for konkrete geografiske caseområder. Trafikarbejdet kan herefter sammenlignes med den faktiske trafik på vejnettet. Med udgangspunkt i zonerne opdeles det geografiske caseområde i en klassificering svarende til opdelingen i ALTRANS (bymidte, forstad mv.). Dette muliggør opskrivning af resultaterne til nationalt niveau. Der vil blive gennemført forskellige ALTRANS scenarier for at demonstrere modelkompleksets anvendelighed, hvor forskellige trafikstyringsmidler fører til ændret trafikarbejde, som kan omsættes til trafikændringer i vejnettet, og dermed ændringer i befolkningens eksponering. Dette vil blive gennemført for et referenceår samt fremtidige år (2005, 2010). Som caseområde anvendes i første omgang Københavns Kommune, men det er tanken på længere sigt at arbejde med betydelige større geografiske områder.



Figur 1 Caseområde er Københavns Kommune (venstre). Et udsnit af det centrale København er vist med bygninger, veje, adresser og matrikler (højre)

Trafikal sammenkobling af ALTRANS og AirGIS

ALTRANS er en individ baseret trafikmodel som er kalibreret i.f.t. enkeltpersoner's valg af destination/transportmiddel, og ikke i.f.t. trafiktællinger som mere traditionelle trafikmodeller. Output fra ALTRANS har ikke tidligere været udlagt på et vejnet og sammenlignet med talte trafikmængder. Sammenkobling af ALTRANS og AirGIS drejer sig derfor bl.a. om, at skabe sammenhæng mellem en zonebaseret og en strækningsbaseret model.



Figur 2 Illustration af problemstilling omkring kobling mellem ALTRANS's trafikdata på zoneniveau og AirGIS's behov for trafikdata på strækningsniveau

Den basale opgave er at overføre ALTRANS's zonebaserede trafikarbejde til et geografisk strækningsbaseret vejmidtema, hvilket AirGIS har behov for. Endvidere er der behov for en spredning af trafikken som observeres i ALTRANS, da zonerne er relativt store (kun 16 i hele Københavns Kommune), og al trafik mellem disse ellers vil forløbe via nogle få strækninger.

ALTRANS er en landsdækkende trafikmodel, og der er derfor behov for et landsdækkende vejnet til at beregne trafikken på. Da det på længere sigt er et ønske at kunne foretage sammenkoblingen på landsplan, er følgende nationale vejnet blevet overvejet: TOP10DK (Kort- og Matrikelstyrelsen), DAV - Dansk Adresse og Vejdatabase (Kampsax Geoplan mv.) og VejnetDK (Kort- og Matrikelstyrelsen og Vejdirektoratet). De enkelte datasamlinger er beskrevet på <http://www.geodata-info.dk>. TOP10DK indeholder ingen vejkode, så trafikdata kan ikke umiddelbart kobles til vejnettet. DAV viste sig at være for unøjagtigt for Københavns kommune, idet data er påført en scrambling ($\pm 5-10$ meter) i København. Data for den øvrige del af landet har ikke samme grad af scrambling, hvor der kun er tale om forskelle på få cm, hvilket ikke er kritisk for AirGIS. DAV indeholder vejkode men ikke kilometrer. VejnetDK er ganske vist et generaliseret vejnet, hvor vejnettet ofte ikke er i overensstemmelse med det faktiske geografiske vejnet, men det var nødvendigt at anvende dette, og koble det til Københavns Kommunes vejmidtema. Københavns Kommunes vejnet er det eneste, der indeholder både vejkode og kilometrer. Trafikoplysninger for Københavns Kommune stammer fra

kommunens Trafik- og Miljødatabase (TrafMil). Der er ingen af de nationale vejnet, som også indeholder trafikdata for alle veje. Det er kun VejnetDK, som indeholder trafikdata, men kun for de største veje.

Trinvis gennemgang af metode for trafikale kobling mellem ALTRANS og AirGIS

1) Overførsel af ÅDT til vejmidte-kort

Første trin i processen var at overføre oplysninger om trafikdata fra Københavns Kommunes Trafik- og Miljødatabase til kommunens vejmidtekort ved at udnytte at begge datasæt har vejkode og kilometrerung.

2) Kontrol af bygninger og vejmidte

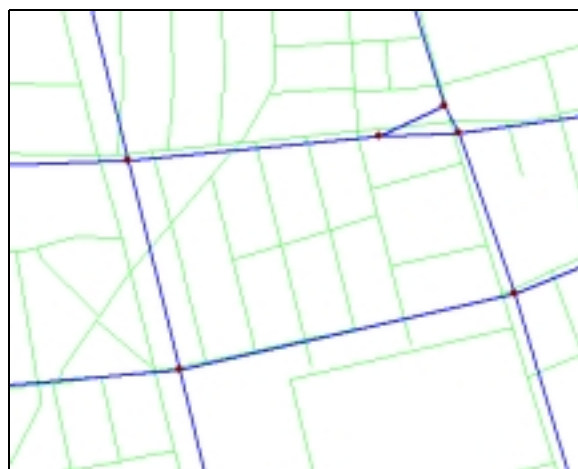
Som en del af input til AirGIS skal man have et bygningstema, som er med til at beskrive gaderummet m.v. Dette må dog ikke kollideres med vejmidtetemaet, så derfor var det nødvendigt at slette alle bygninger, som krydsede veje. Dette var en enkel GIS-opgave, og bestod mest i at slette bygninger, der krydsede tankstationer, baghuse og lignende. Det var kun tale om 54 bygninger ud af 72.000.

3) Simplificering af vejnet

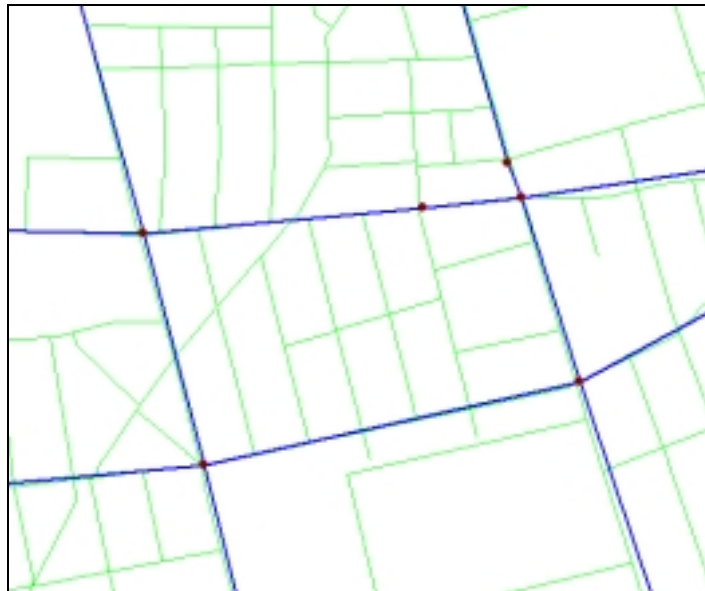
I AirGIS er en strækning defineret mellem to kryds eller som en blind vej. Strækningen er entydigt beskrevet ved en vejkode og tildelte strækningsnumre. Dette blev opnået ved nogle GIS-operationer i ArcInfo, men det var også nødvendigt at lave en del yderligere check af vejmidtetemaet, da der efterhånden blev konstateret mange detaljer, som giver problemer, når man vil anvende det til netværksberegninger. Detaljer som ikke er nemme at se selv ved en grundig visuel inspektion af vejnettet. Til formålet blev der udviklet et program som kunne identificere alle blinde veje samt knuder, der var placeret meget tæt ved hinanden uden at være sammenfaldende. På denne måde kunne næsten alle problemer udpeges (flere hundrede) og tilbage var kun nogle få andre typer problemer. Denne del af opgaven viste sig at have et ret stort omfang, da manuelle korrektioner tager tid. Her kunne det have været en fordel med f.eks. DAV eller TOP10DK, som begge er beregnet til at kunne bruges til netværksberegninger og derfor indeholder færre problemer. Antallet af strækninger blev reduceret fra 15.600 til 7.800 eller med 50%.

4) Justering af VejnetDK

For at muliggøre en korrekt GIS-sammenkobling mellem knuderne i VejnetDK og knuderne i vejmidte-temaet var det nødvendigt at korrigeres VejnetDK's knuder en del (se figur 3 og 4), så disse er stort set sammenfaldende med den tilsvarende knude i vejmidte-temaet. Der er ca. 500 knuder i Københavns Kommune, så opgaven med at justere placeringen kan gennemføres med et begrænset tidsforbrug.



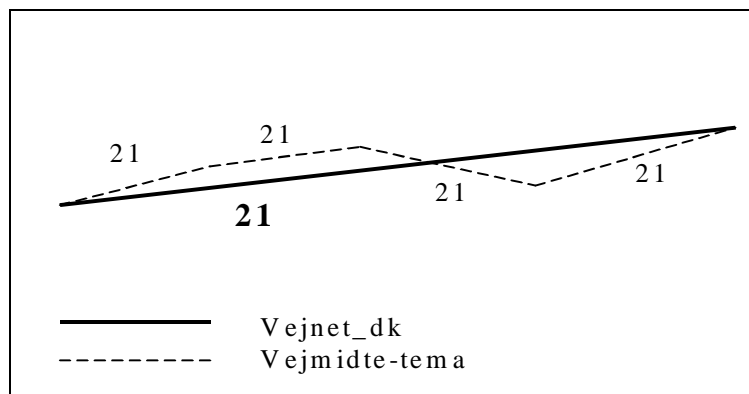
Figur 3 VejnetDK og vejmidtetema før korrektion



Figur 4 VejnetDK og vejmidte-tema efter korrektion

5) Oprettelse af nøgle mellem VejnetDK og vejmidte-tema

Da VejnetDK er beregnet på meget overordnede anvendelser er der en del problemer forbundet med at få de to vejnet til at passe sammen. Derfor har det været nødvendigt at udelade visse af strækningerne i VejnetDK i sammenkoblingen med vejmidte-temaet. Dette har typisk været tilfældet ved udfletningsanlæg og store kryds, der er placeret tæt ved hinanden. Selve sammenkoblingen er udført ved for hver strækning i VejnetDK at finde de to knuder i vejmidte-temaet, som svarer til strækningens endepunkter. Mellem disse to knuder er der så med Network Analyst (ArcView extension) beregnet en rute. Alle strækninger på denne rute har så fået tildelt nummeret på strækningen i VejnetDK. På denne måde er der oprettet en nøgle mellem de to vejnet, jvfr. figur 5:



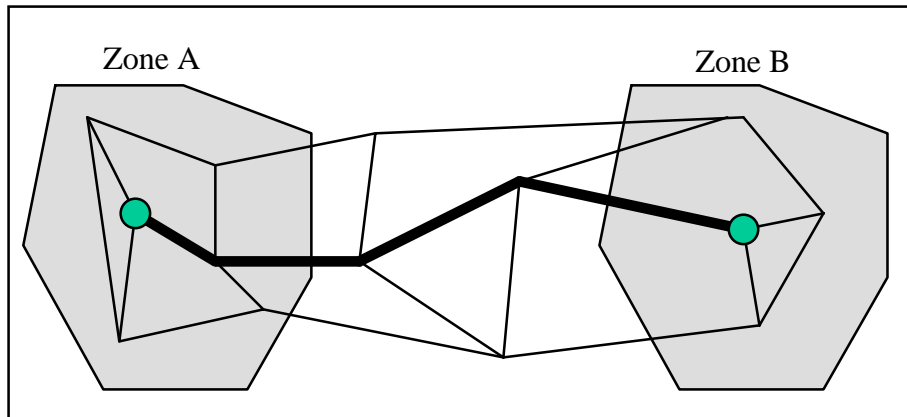
Figur 5 Sammenkobling mellem VejnetDK og vejmidte-tema

6) Udtræk fra ALTRANS

Output fra ALTRANS består i data om den enkelte rejse, som primært består af interview-vægt og sandsynlighed for valg af de enkelte transportmidler i kombination med forskellige rejsemål (zoner). Trafikantgruppen bilførere er benyttet til at beregne antallet af biler parvist mellem alle zoner i modellen henh. internt i zonerne. Dette gennemføres for to sæt beregninger. En basisberegning og en scenarioberegning, hvor resultatet samles i én tabel, så ruterne efterfølgende kun behøver at blive beregnet én gang.

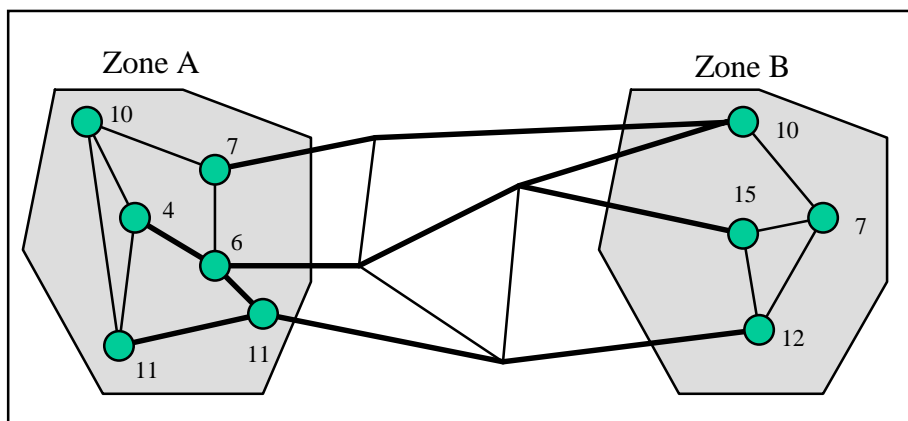
7) Beregning af vægte på VejnetDK

I forbindelse med spredning af ruterne mellem to zoner er der behov for at kunne foretage en vægtning mellem de enkelte knuder i de respektive zoner. Alternativt skulle alle knuder tillægges samme vægt og dette ville være en klar fejl, da placeringen af knuderne er afhængig af netværkets mere eller mindre tilfældige udformning det enkelte sted.



Figur 6 Trafik fra centrum af zone A til centrum af zone B uden vægtning af de forskellige knuder. Al trafik udlægges på korteste rute

Til vægtningen blev derfor benyttet adressedata fra DAV, hvor antallet af adresser på alle vejsegmenter blev henført til den nærmeste knude i VejnetDK. Herved får man et mål for hvor megen aktivitet, der er i nærheden af knuden. Der er dog tale om et relativt simpelt mål da f.eks. store arbejdspladser og boligblokke kun tæller med som én adresse. Modsat har f.eks. kolonihaver en for stor vægtning.



Figur 7 Netværk hvor trafikken er beregnet mellem flere knuder. Vægten er skrevet ved den enkelte knude.

8) Udlægning af trafik

Udlægning af trafikken på vejnettet (assignment) foregår ved, at der først laves en liste over alle knuder i VejnetDK og hvilken zone, de er placeret i. Hvis man vælger at beregne trafikken mellem to zoner uden spredning, vil der blive beregnet en rute mellem de to højst vægtede knuder i zonen og trafikken fra ALTRANS vil derefter blive tildelt denne rute. Vælges der spredning mellem flere zoner, vil trafikken blive fordelt relativt mellem de højst vægtede knuder i zonen. Der anvendes i alle tilfælde kun spredning på zoner i Storkøbenhavn. I øvrige zoner anvendes den højst vægtede knude.

Til denne del bliver Network Analyst benyttet, men med 50-60.000 ruter må den siges at være mindre egnet, da hele beregningen varer ca. 13 timer, og efterbehandlingen yderligere en time (Pentium II, 400 MHz, 128 MB ram, langsom harddisk). Her er der klart behov for mere specifik software. Dog er traditionelle trafikmodelpakker (EMME/2, trips) ikke brugbare, da de dels er meget dyre, og dels ikke kan håndtere så store netværk. Efter dette kobles resultatet til vejmidtetemaet vha. den tidligere oprettede nøgle beskrevet under trin 5.

9) Sammenligning med talt trafik

Nedenfor sammenlignes modellens resultater med talt trafik på Københavns Kommunes vejnet for forskellige værdier af spredning af den modellerede trafik:

Tabel 1 Sammenligning mellem modelresultat og ÅDT. F.eks. betyder "20 / 8", at den interne trafik i en zone er fordelt på 20 ruter, mens zone-til-zone trafikken er fordelt på 8 ruter

Spredning	Antal ruter	Antal obs.	R ²	Model
Ingen	34630	1218	0,278	y=0,587*x
5 / 5	47308	1504	0,472	y=0,591*x
10 / 10	63259	1597	0,475	y=0,583*x
20 / 8	57170	1582	0,493	y=0,588*x

Som det ses, har det en væsentlig betydning for modellens evne til at reproducere talte trafikmængder, at der er anvendt en spredning af trafikken mellem de enkelte zoner, men det ses også, at en yderligere spredning ikke skaber nævneværdigt bedre resultater. At koefficienten i modellen kun er ca. 0,6 kan forklares med, at ALTRANS ikke inkluderer hverken varevogne, lastbiler eller ture over 100 km. ALTRANS modellerer altså knap 60% af den totale talte trafik. Ved beregningen af ovenstående er alle observationer vægtet med strækningslængde og ÅDT.

Modellens evne til at beskrive sammenhængen med observeret trafik udtrykt ved R² er forholdsvis lav (ca. halvdelen af variationen i talt trafik kan modellen forklare). Men i betragtning af, at ALTRANS ikke er kalibreret i forhold til tællinger er resultatet acceptabelt. Modellen egner sig derfor ikke til at beskrive de absolutte trafikmængder, men derimod relative ændringer i trafikmængderne.

10) Beregning af trafik i scenario

For at kunne beregne konsekvenserne af et givet scenario, er det nødvendigt at kende til ÅDT i både basis og scenario. For basis er ÅDT givet ved vejmidte-tema'ets tilsvarende oplysninger, hvorimod det i scenariet kan beregnes på to måder:

$$(1) \text{ÅDT}_{\text{scenarior}} = \text{ÅDT}_{\text{basis}} + (\text{ÅDT}_{\text{ALTRANS,scenarior}} - \text{ÅDT}_{\text{ALTRANS,basis}})$$

$$(2) \text{ÅDT}_{\text{scenarior}} = \text{ÅDT}_{\text{basis}} * (\text{ÅDT}_{\text{ALTRANS,scenarior}} / \text{ÅDT}_{\text{ALTRANS,basis}})$$

Begge metoder vil naturligvis give samme resultat, hvis $\text{ÅDT}_{\text{ALTRANS,basis}} = \text{ÅDT}_{\text{basis}}$, men dette vil sjældent være tilfældet, og ofte kan der være tale om ret store forskelle. Hvis ALTRANS f.eks. beregner at trafikmængden stiger fra 1.000 til 2.000, og der i virkeligheden er registreret 5.000 på strækningen, kan dette tolkes som, at der er tale om en ændring på 1.000 eller en fordobling, hvilket naturligvis giver anledning til ret forskellige resultater (6.000 henh. 10.000). I denne sammenhæng er det indtil videre valgt at antage 50 / 50 sammenvægtning af ovenstående to metoder såfremt forholdet mellem ALTRANS og ÅDT er mindre end 5. I modsat fald er resultatet for usikkert, og det antages, at der ikke er sket nogen ændring på den pågældende strækning. I eksemplet ovenfor bliver resultatet altså 8.000. Ved implementeringen er der yderligere taget hensyn til, at ALTRANS kun modellerer ca. 60% af ÅDT. Dette bringer resultatet ned på 7.000 i eksemplet ovenfor.

Diskussion

Erfaringerne har vist, at en sammenkobling på landsplan så vidt muligt bør foretages med færre datakilder involveret. Det ville være hensigtsmæssigt, om man kunne foretage assignmentdelen direkte på et geografisk nøjagtigt nationalt vejmidtetema (f.eks. DAV eller TK1), og dermed springe et generaliseret vejmidtetema som VejnetDK over. Med dagens computere er det realistisk, selvom der er tale om endog ret store og detaljerede vejnet. For eksempel indeholder DAV ca. 550.000 strækninger. Det væsentlige er i den sammenhæng at have den rette software, og her kommer f.eks. Network Analyst til kort. Ligeledes har både DAV og TK1 så detaljerede oplysninger om vejklasser, at det er muligt at foretage en acceptabel beregning af køretid på de enkelte strækninger, og derved få et fornuftigt rutevalg. Fælles for dem er, at alle strækninger er udstyret med oplysninger om vejkode, hvilket gør det muligt at tilknytte oplysninger om ÅDT fra kommuner, amter m.v. Begge mangler dog kilometrer, hvilket er en ulempe i forbindelse med tilknytning af trafikdata. På landsplan eksisterer der ganske enkelt ikke et vejnet, som indeholder alle vejtyper, som også er kilometreret.

Tilbage er kun at finde en ny metode til at sprede trafikken mellem to zoner, men dette er et mindre problem, som kan løses ved f.eks. at tage udgangspunkt i knuderne i VejnetDK. Her kan TK1 være et bedre bud end DAV, da adresserne i TK1 er enkeltpunkter fremfor intervaller.

Konklusion

Sammenkoblingen mellem ALTRANS's zonebaserede trafikarbejde og et geografisk vejnet viste, at Network Analyst kunne anvendes til at konstruere en nøgle mellem det generaliserede VejnetDK og et geografisk nøjagtigt vejmidtetema, om end der var en del praktiske problemer med at skabe denne kobling. Med hensyn til spredning af trafikken fra zoneniveau til vejnetsniveau blev der opstillet en enkel metode, hvor antallet af adresser på DAV's vejsegmenter blev henført til den nærmeste knude i VejnetDK, som en vægtning af knuderne i vejnettet. Herved blev der opstillet et enkelt udtryk for attraktion. Denne metode var omkring dobbelt så god til at sprede ruter mellem de enkelte zoner i forhold til blot at regne alle ruter fra centrum til centrum i zonerne. Udlægningen af ALTRANS's beregnede trafik blev sammenlignet med talt trafik på vejnettet. Der var en rimelig overensstemmelse mellem model og observerede data med $R^2=0,5$ dvs. at modellen kunne forklare omkring halvdelen af variationen i data. Der kan ikke forventes en bedre overensstemmelse, idet ALTRANS er en landsdækkende trafikmodel, hvor forholdsvis få personinterview er repræsenteret i de enkelte zoner. Ligeledes er ALTRANS ikke kalibreret i.f.t. trafiktællinger. Modellen beskriver endvidere kun persontrafik, og ikke vare- og lastbiler. Modellen egner sig derfor bedst til at beskrive relative ændringer i trafikarbejdet under forskellige scenarieforudsætninger, hvor den talte trafik på vejnettet anvendes som reference trafik. Da ALTRANS endvidere har en forholdsvis grov geografisk opløsning i zoner i forhold til et finmasket geografisk vejnet bør resultaterne vurderes på en større geografisk skala, og ikke overfortolkes for konkrete strækninger i et lille geografisk område. For at opnå større nøjagtighed på strækningsniveau for mindre geografiske områder er det nødvendigt at koble AirGIS til mere traditionelle trafikmodeller, som beskriver trafikken inden for et mindre geografisk område.

Det videre arbejde

En senere artikel vil præsentere befolkningens eksponering med luftforurening under forskellige ALTRANS scenerier med forskellige forudsætninger om anvendelse af trafikale styringsmidler. Endvidere vil den sundhedsmæssige betydning af konsekvenserne heraf blive vurderet.

Taksigelser

Projektet er finansieret af Danmarks Miljøundersøgelser under Integreerede Miljøinformationssystemer (IMIS). Projektet blev påbegyndt i 1998, og skal være afsluttet ultimo 1999. Københavns Kommune har velvilligt stillet data til rådighed for projektet: digitale kort (veje, bygninger, adresser, matrikler) og register data (CPR-data, trafikdata).

Referencer

Christensen, L., Kveiborg, O., Rich, J.H. (1999): ALTRANS. En Model for Persontrafik. En oversigt over metoder og resultater. Faglig rapport fra DMU (under forberedelse).

Jensen, S.S. (1998): AirGIS - et værktøj til luftkvalitetsplanlægning i større byer. Trafikdage på Aalborg Universitet 24-25 august 1998.

Jensen, S.S. (1999): A Geographic Approach to Modelling Human Exposure to Traffic Air Pollution Using GIS. PhD Thesis, Danmarks Miljøundersøgelser.