

Trafikmodel for Østjylland

Forfattere:

Kasper Hove Pedersen, Aalborg Universitet, P & M - Urban Planning & Management, Fibigerstræde 11, 9220 Aalborg Ø

Peter Bro, Aalborg Universitet, Arkitektur og Design, Gammel Torv 6, 9000 Aalborg

Thomas Hjorth Møller, Aalborg Universitet, Institut for Samfundsudvikling og Planlægning, Fibigerstræde 11-13, 9220 Aalborg Øst

Thomas Sick Nielsen, Københavns Universitet, Center for Skov, Landskab og Planlægning, Rolighedsvej 23, 1958 Frederiksberg C

Jacob Kronbak, Syddansk Universitet, Institut for Maritim Forskning og Innovation, Niels Bohrs Vej 9, 6700 Esbjerg

Henrik Harder, Aalborg Universitet, Arkitektur og Design, Gammel Torv 6, 9000 Aalborg

Abstract

Der arbejdes i øjeblikket på et samarbejde mellem de 17 østjyske kommuner, transportministeriet og miljøministeriet om en samlet strategi for vejinfrastrukturen i Østjylland. Grundlaget for beslutningerne der skal tages i forbindelse med samarbejdet, er til dels bygget op over 3 delanalyser over byudviklingen i Østjylland. Én af delanalyserne omhandler interaktion, hvor trafikken mellem de østjyske sogne bl.a. skal modelleres, dette paper omhandler opbygningen af denne model og til dels outputtet. Modellen udregner bil og togtrafikken mellem sognene i Østjylland, som antal ture pr. døgn. Grundlaget for beregningerne er befolkningstal og antal arbejdspladser.

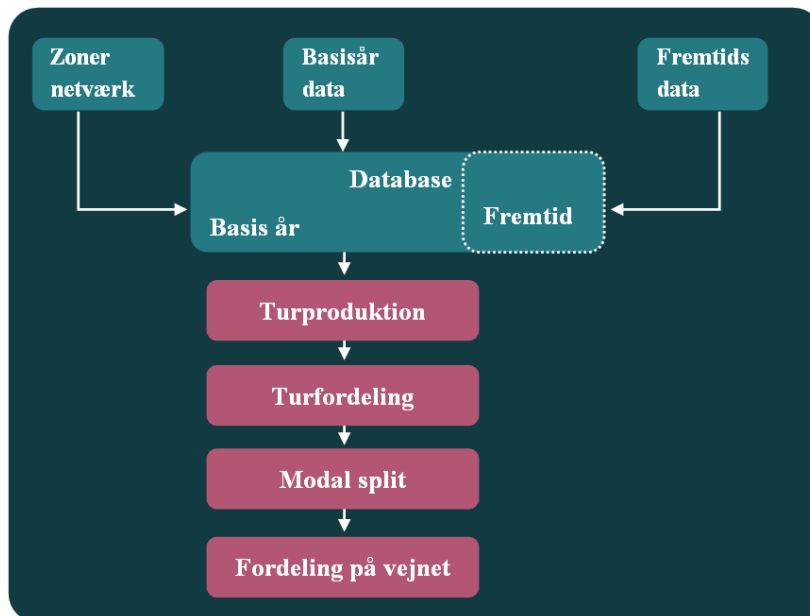
Formål

Formålet med dette paper, er at beskrive en trafikmodel der illustrerer trafikken mellem sognene i Østjylland. Modellen applikeres på data for befolkningstal og arbejdspladser for år 2030, og der visualiseres kort for prognosen. Trafikmodellen er brugt i analysearbejdet, der skal belyse Østjyllands fremtidige erhvervmæssige funktioner.

Metode

Modellen der lægges til grund for beregningerne af ture i Østjylland er ret enkel. Der tages udgangspunkt i en såkaldt 4-trins model, som blev udviklet i 1960'erne i USA i forbindelse med bytrafikstudier (Leluer & Lahrmann 1994) (Ortúzar & Willumsen 2006).

Modellens generelle form er vist i Figur 1. Tilgangen til modellen starter ved at indsamle data for zoner og tal for befolkninger mm. Disse data danner basis for at udregne turproduktionen for de forskellige zoner, dette er det første trin i 4-trins modellen.



Figur 1: 4-trinsmodellen, som blev udviklet i 60'erne bruges stadig i dag. De 4 trin der refereres til i modellen er de trin der er farvet lilla. Efter Ortúzar & Willumsen 2006:23.

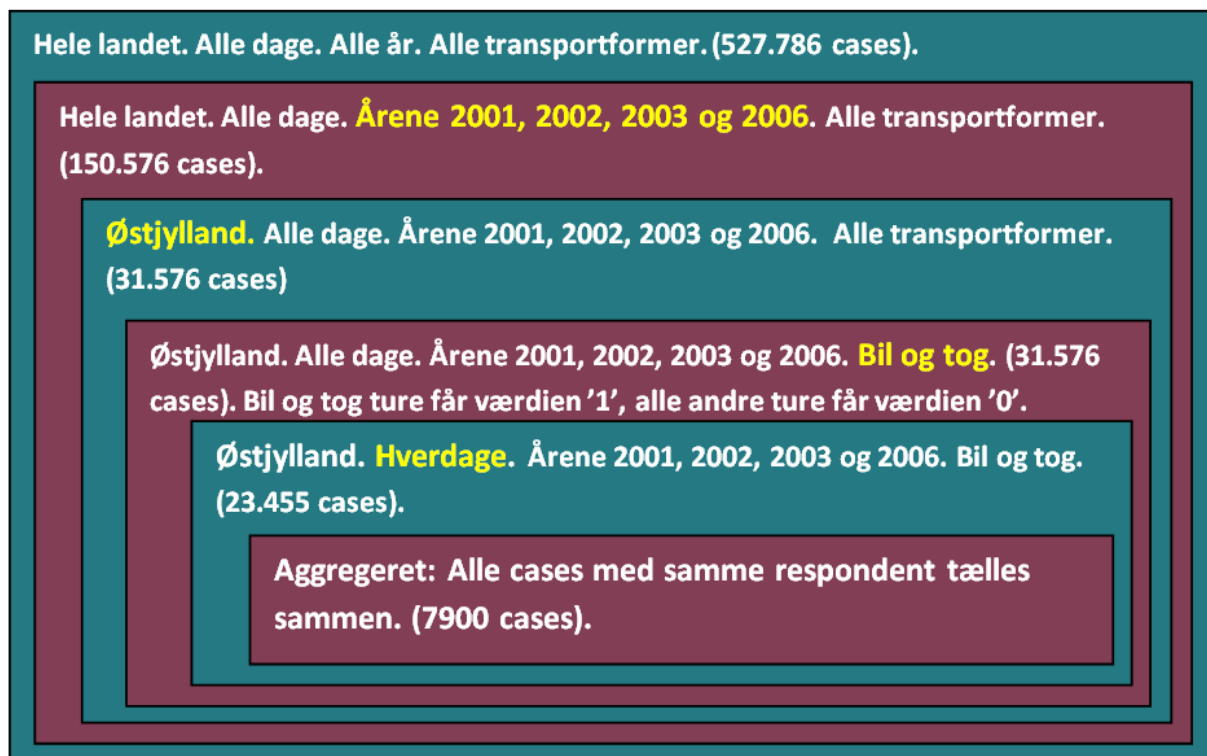
Databasen indeholder både data fra basisåret (2002) som fungerer som en reference og estimeret data for fremtiden (2030), som kan danne grundlag for fremtidsscenerier. Det næste trin, turfordelingen, går ud på at fordele de producerede ture til de respektive zoner. Der dannes i denne proces en turmatrice, hvor der udregnes hvor mange ture der går fra hver zone til hver af de andre zoner. Det tredje trin, modal split, fordele ture ud på forskellige transportformer. Til sidst fordeles turene ud på en net, så det estimeres hvilke ruter de forskellige ture benytter. Formålet med modellen beskrevet i dette paper, er udelukkende beskrivelse af vej og togtrafikken mellem sognene i Østjylland. Der skelnes ikke mellem bil og togtrafik, dermed inkluderes modal split ikke i modellen, derudover fordeles turene ikke ud på vejnettet, så det sidste trin inkluderes heller ikke. De første to trin i modellen, er dog tilstrækkelige til at modellere trafikken i Østjylland i en sådan grad at der dannes et generelt overblik af trafikken.

Databehandling

Til beregning af turproduktionen og turfordeling bruges TU-data (transportvaneundersøgelse). TU-data er blevet indsamlet løbende fra 1981 frem til 2003 og genoptaget i 2006. Danmarks statistik har stået for indsamling af data fra 1981 til 2003, ved genoptagelsen i 2006 er dataindsamling blevet udført af Synovate (DTU 2008). Programmet SPSS bruges til at behandle TU data. De TU-data der benyttes består af to filer som indeholder forskellige data. Til visualisering af data benyttes ArcGIS.

TU-data indeholdes i flere forskellige filer der hver især aggregerer og fremstiller data på forskellig måde. De to filer der danner grundlag for denne analyse kaldes tur-filen og ip-filen (ip = interview person). Tur-filens cases er ture der er foretaget, én tur er én række med oplysninger, der kan således godt være flere ture (cases) foretaget af den samme person samme dag. Ip-filens cases er defineret af personer, det vil sige at hver case er én persons aktiviteter på en bestemt dag. Hver case beskriver derfor personens egenskaber: antal ture, indkomst osv. Der er klippet i de to filer der benyttes til analysen, for at datagrundlaget bliver så specifikt tilrettelagt for Østjylland som muligt

Tur-filen indeholder ca. 500.000 cases, hvor hver case har en række og hver case repræsenterer én tur. En tur kunne fx være fra hjem til arbejde. IP-filen indeholder ca. 180.000 cases eller rækker. Hver case repræsenterer en interviewperson eller respondent. I denne fil er alle turene altså aggregeret for hver respondent, og af samme årsag er der i denne fil knap så mange cases som i tur-filen. Det er mest tur-filen som danner grundlag for analyserne i denne rapport. Grunden til dette er hvilke kriterier der skal klippes i data. Herunder (figur 2) er vist hvordan tur-filen er klippet til.



Figur 2: Ved at klippe i tur-filen, mindskes antallet af cases fra trin til trin. Til sidst endes op med at der er 7900 cases som danner basis for analysen. I det trin hvor transportformen defineres til bil og tog er der ingen reduktion i antal cases. Dette skyldes at der ikke klippes i data, men defineres om turen har værdien '1' eller '0'. '0' ture skal ikke fjernes, idet der så ville være fremkommet et forkert gennem-snitligt antal ture i sidste trin. Den gule markering indikerer hvad der defineres i pågældende trin.

Turproduktion

For det første trin i modellen; turproduktion, udregnes overordnede to værdier for hvert af sognene i Østjylland. Den første værdi er den egentlige produktion; det antal ture som et sogn producerer. Den anden værdi er attraktionen for hvert af sognene. Attraktionen er modsat produktionen ikke et egentligt tal for antal ture, men en værdi, der angiver hvor mange ture der attraheres til sognet relativt i forhold til de andre sogne.

Af de udvalgte ture i den inderste boks i Figur 2, er der udregnet en turproduktion med bil/tog som en person fra den inderste boks kan tænkes at foretage på et døgn. Turproduktionen er på 1,77 ture pr. døgn for et individ i den inderste boks, med en standartafvigelse på 2. Det er en meget grov tilnærmet turproduktion, som ikke tager højde for at befolkningssammensætningen i de forskellige sogne, kan have betydning for turproduktionen på zoneniveau. Hvis ét sogn eksempelvis har en betydeligt højere gennemsnitlig indkomst per indbygger, har dette ikke indflydelse på turproduktionen i denne model,

selvom indkomst normalt har betydning for hvor mange ture et individ foretager på et døgn. En væsentlig årsag til den enkle turproduktion, er at kommunerne selv skal komme med de data modellen skal bruge. De data kommunerne skal bidrage med er begrænset til befolkningstal og arbejdspladser. Derfor bruges en turproduktion der kan bruges på alle individer i et sogn.

Ved bestemmelse af attraktionsfaktoren, skal der findes ud af hvad der attraherer de producerede ture til de andre zoner i Østjylland. Der er forskellige faktorer der kan tiltrække de ture en zone genererer, en af de mest betydende er arbejdspladser (Leleur & Lahrman 1994:298). Arbejdspladsernes placering udgør en del af attraheringen af ture, men ikke hele attraheringen. Der er flere betydende faktorer for hvor turene går hen. Det er ikke muligt at skaffe data, for i hvor høj grad hvert sogn besidder de mange forskellige faktorer der er betydende for sognets attraktionsværdi. Det er dog muligt at lave et estimat over hvor meget arbejdspladser betyder for attraktionsværdien, dette estimat laves på baggrund af TU data. På baggrund af de ture der er udvalgt, kan det bestemmes hvor stor del af bil/tog ture der foretages til pendling (til og fra arbejde). Oplysningerne om turene foretaget, indeholder nemlig også information om turens formål, rejsetid mm. Ud af de 23 455 ture der blev skåret ned til i turproduktionensafsnittet (Figur 2), er 14 005 ture foretaget med bil og/eller tog. På baggrund af de 14 005 ture, uddrages det med hvilke formål turene er foretaget. Overordnet er der 3 formål som er dominerende; hjem-arbejde, hjem-indkøb og hjem-fritid, hvor kategorierne peger begge veje (hjem-arbejde = arbejde-hjem).

For at få et bedre overblik over hvorledes turene fordeler sig på ud og hjem ture, laves der en matrice over til og fra destinationer, sådan at der skabes overblik over hvor mange der fx tager fra arbejde og handler, og derefter tager hjem. Matricen ses ud fra Tabel 1.

Tabel 1: Tabellen viser hvor mange ud af 14 005 ture der går fra ét formål til et andet. Der er udvalgt de 4 formål der tilsammen udgør de fleste ture. Samlet udgør de fire formål 13 214 ture eller 94,4 % af turene. Tallene i parentes angiver hvor mange cases andelen er bestemt ud fra.

	Til hjem	Til arbejde	Til indkøb	Til fritid
Fra hjem	0,3% (39)	14,5% (2034)	16% (2235)	9,4% (1315)
Fra arbejde	11,9% (1671)	0,8% (115)	3% (419)	0,7% (101)
Fra indkøb	16,9% (2368)	1,8% (246)	4,5% (624)	1,5% (215)
Fra fritid	10,5% (1475)	0,3% (36)	1,1% (160)	1,1% (161)

Til bestemmelse af attraktionsværdien X_j , antages det at 1/3 af alle ture mellem zone i og j er hjem-arbejds relateret. De resterende ture fordeler sig hovedsageligt over fritid og indkøb, men datagrundlaget tillader ikke at tillægge værdier for zoner med hensyn til indkøb og fritidstilbud. Derfor vægter befolkningstallet for de sidste 2/3 af de attraherede ture.

Turfordeling

Det næste trin der skal udføres i trafikmodellen, er turfordelingen. I turproduktions trinnet blev der udregnet hvor mange ture et individ foretager på et hverdagsdøgn. Herefter blev dette tal ganget op med befolkningstallet for hvert sogn, så vi har fået turene der produceres på zoneniveau. Resultatet af turproduktionen, er altså hvor mange ture der bliver produceret i hver zone, som i denne analyse er sognene i Østjylland. Ligeledes blev der udregnet en attraktionsværdi for alle sognene. Det næste trin bliver at finde ud af, hvordan turene fordeler sig over zonerne i Østjylland, dette trin hedder turfordeling.

Turfordelingen i denne rapport bruger gravitationsmetoden. Den generelle gravitationsmetode der benyttes udtrykkes (Bovy et. al 2006:63):

$$T_{ij} = \mu Q_i \cdot X_j \cdot f(D_{ij})$$

Hvor:

T_{ij} = Antal ture fra zone i til zone j

μ = Gennemsnitligt turintensitet i et område

Q_i = Produktionsegenskab af zone i (multipliseret med μ fås turproduktionen)

X_j = Attraktionsværdien i zone j

$f(D_{ij})$ = Afstandsfunktionen, som er tilgængeligheden til zone j fra zone i afhængig af rejseomkostningen D_{ij} .

Til modellen har vi allerede fundet turproduktionen og attraktionen, så det der skal findes i dette trin er turfordelingen. Det skal altså fastslås hvad $f(D_{ij})$ er.

Turfordelingen er applikationen afstandsfunktionen $f(D_{ij})$. Det der skal findes er en funktion af rejsetiden, altså hvordan rejsetiden påvirker fordelingen af ture. Der skal udføres to opgaver for at finde $f(D_{ij})$, for det første skal rejsetiderne (D_{ij}) fastslås sognene imellem, og for det andet skal der findes en funktion f der udtrykker fordelingen af turene efter rejsetid. Først beskrives hvorledes rejsetider bestemmes, derefter hvordan funktionen udledes.

Rejsetider D_{ij}

I denne model regnes der med *rejsetider*, der kunne også være brugt afstande eller de økonomiske omkostninger. Rejsetiden vælges, idet den er bedre end afstanden, da afstanden alene ikke tager højde for hvor hurtigt der må køres på vejstrækningerne, det gør rejsetiden. Den økonomiske omkostning er ikke valgt, idet det ville kræve mange overvejelser omkring hvilke omkostninger der skal medtages og hvilke der ikke skal.

Rejsetiderne bestemmes ud fra vejnettet i Østjylland, hvor der beregnes hvor lang rejsetiden er på udvalgte strækninger. Rejsetiden bestemmes ud fra vejens længde og tilladte hastighed. For at gøre beregningsarbejdet overskueligt, skæres der i vejnettet, så der kun er 4 ud af de 6 vejklasser der er defineret. De 4 vejklasser dækker over veje hvor der må køres 80, 90 og 110 km/t (to af klasserne må der køres 80 km/t).

Udregningen af rejsetiden fra zone i til j , sker ved at lægge alle vejsegmenternes rejsetider fra centroiden i zone i til j sammen. Dette kan udtrykkes:

$$D_{ij} = \sum_j^i \frac{A_m}{H_m}$$

Hvor:

D_{ij} = Rejsetid fra zone i til j i minutter

A_m = Vejsegmenternes længde i meter

H_m = Hastighed på vejsegmenterne i meter/minut

Resultatet af udregningen af rejsetider imellem de 320 sogne bliver en matrice der kunne se sådan ud:

Tabel 2: Udsnit af rejsetidsmatricen. Værdierne er i minutter. Der er fx 50,4 minutters rejsetid fra sogn 2 til 3, hvis der køres den tilladte hastighed på vejene (vejsegmenter) fra sogn 2 til 3.

Fra/Til	Sogn 1	Sogn 2	Sogn 3	Sogn 4
Sogn 1	0	55,1	4,7	8,2
Sogn 2	55,1	0	50,4	48,6
Sogn 3	4,7	50,4	0	10,4
Sogn 4	8,2	48,6	10,4	0

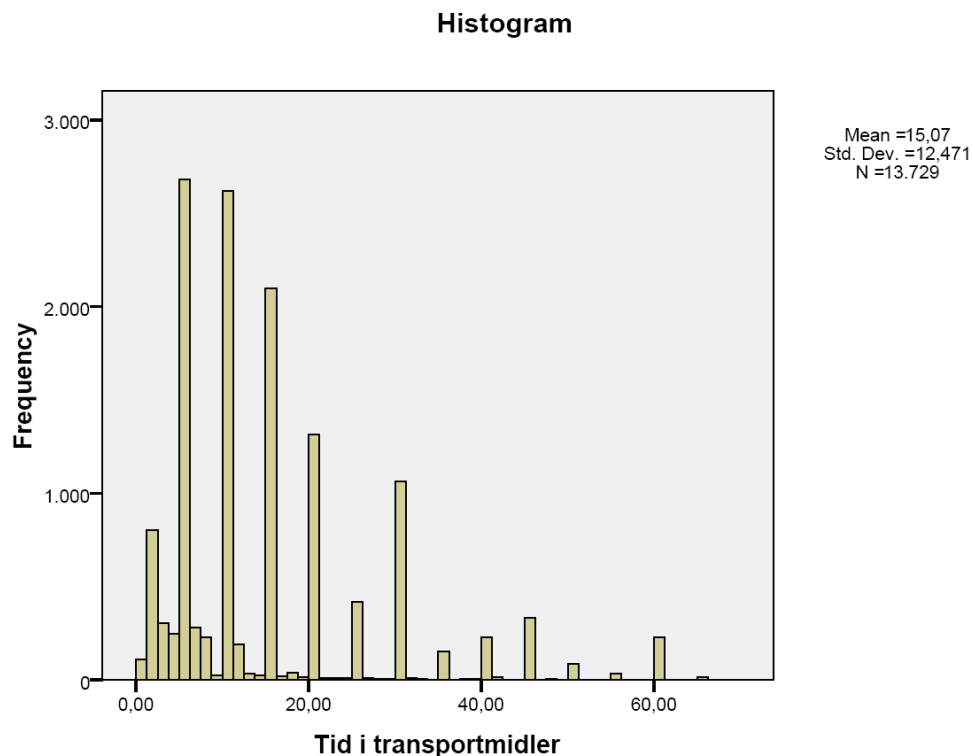
Matricen ville naturligvis være meget større, med 320 rækker og søjler med sogne, hvilket resulterer i 102 400 felter med rejsetider, hvoraf det dog kun er halvdelen der er relevante (rejsetiden fra i til j er den samme som j til i). Rejsetiden D_{ij} er altså fundet med udregningen af alle felter i en rejsetidsmatrice. Hermed mangler kun at finde funktionen af D_{ij} .

Funktionen $f(D_{ij})$

Der skal nu bestemmes hvad funktionen er af rejsetiden. Som beskrevet i teoriafsnittet, forholder det sig normalt sådan at et individ er mindre tilbøjelig til at foretage en tur, jo længere turen er. Det er forskellige funktioner alt efter turformål og transportmiddel. En tur på 50 kilometer, vil fx med mindre sandsynlighed blive foretaget på cykel end bil. Ligeledes kan man forestille sig at man er villig

til at køre længere efter arbejde, end til indkøb. Det kan være svært at lave et nøjagtigt estimat, og netop rejsetidsfunktionen til dette projekt er et lidt unøjagtigt estimat, idet der ikke skelnes mellem turenes formål. Ligeledes er der to forskellige transportmidler i samme funktionen, hvor tog dog står for en meget lille del af turene.

Turene der blev udvalgt ifølge Figur 2, indeholder oplysninger om rejsetiden for hver tur. Disse oplysninger kan bruges til at lave et estimat over funktionen der skal udregnes.

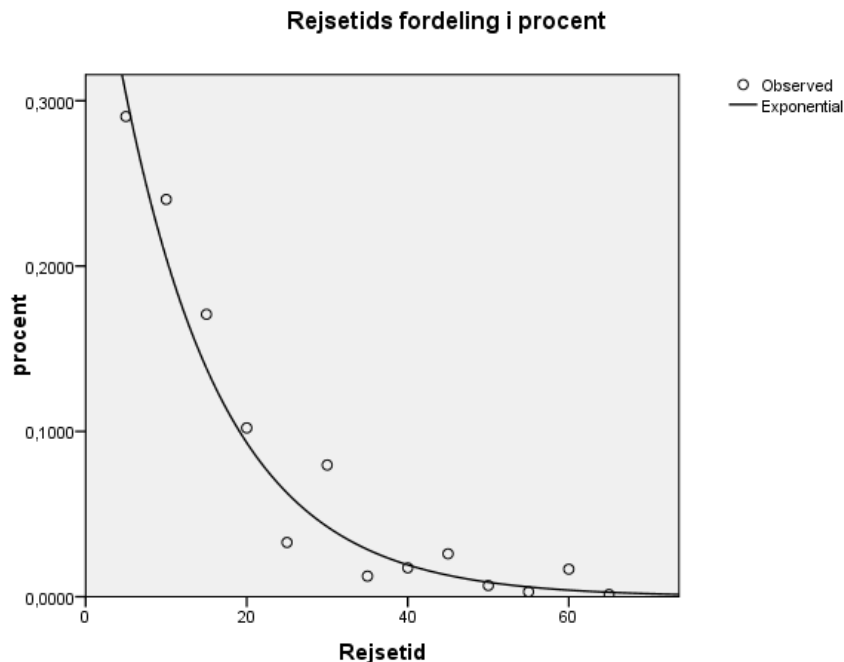


Figur 3: Histogram over frekvenser af tidsforbrug i bil/tog. Gennemsnitstiden for en tur er 15 min, standardafvigelsen er 12,5 min, og der er 12.729 udvalgte ture som histogrammet er baseret på.

Det første som er interessant at kigge på, er frekvenserne over tidsforbruget på turene. Disse er vist i diagrammet i Figur 3. Dette histogram giver en fornemmelse af det fald der er i frekvensen af ture, efterhånden som rejsetiden stiger hen ad x-aksen. Når selve funktionen skal estimeres, er det praktisk at dele turene ind i 5 minutters intervaller, så 0-5 minutters ture bliver til 5 minutters ture, 6-10 bliver til 10 osv. Dette er naturligvis en generalisering som øger usikkerheden, men langt de fleste respondenter har i forvejen brugt 5 minutters intervaller, så usikkerheden er efter min mening acceptabel. Derudover laves frekvenserne om til procent, så der laves en mere applikabel målestok. Efter konverteringen til 5 minutters intervaller er det relativt nemt at få plottet en eksponentiel ligning over observationerne. Der benyttes en eksponentiel ligning, da den er nemmest at have med at gøre. Ligningen bliver følgende:

$$f(D_{ij}) = 0,451 + \exp(-0,079 \cdot D_{ij})$$

Den eksponentielle ligning er indtegnet på Figur 4, hvor intervallerne for rejsetiderne ligeledes er plottet. P-værdien er 0,000 og R^2 er 0,847, så begge disse tal indikere en god relation mellem funktionen og observationerne.



Figur 4: Der er lavet en eksponentiel ligning over hvorledes turene fordeles efter rejsetid.

Nu hvor turproduktionen er fundet, attraktionen og funktionen af rejsetiden, er det oplagt at aplikere de fundne resultater, så modellen kan visualisere hvordan turene fordeler sig imellem sognene. Der skal dog gøres én ting mere inden applikationen kan udføres, og det er at normalisere attraktionsværdierne efter de er fordelt efter rejsetidsfunktionen.

Normalisering

At normalisere attraktionsværdierne, betyder at den samlede turproduktion skal være lig med den samlede turattraktion, der skal jo helst ikke ankomme flere ture end der tager af sted. Normaliseringen udføres som følgende:

$$T_{Nij} = \frac{\sum_i P_i}{\sum P_i \cdot X_j \cdot f(D_{ij})} \cdot P_i \cdot X_j \cdot f(D_{ij})$$

Herved fås at $T_{Nij} = \sum_i P_i$

Hvor:

T_{Nij} = Normaliserede antal ture fra zone i til zone j

P_i = Turproduktion for zone i

X_j = Attraktionsværdien for zone j

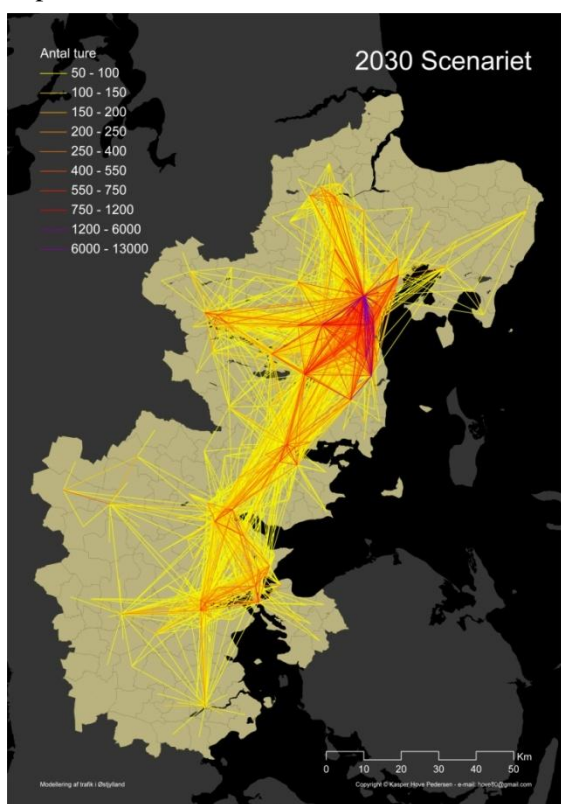
$f(D_{ij})$ = Funktionen f af rejsetider D_{ij}

Der normaliseres i forhold til P_j da P_j er det mest pålidelige estimat på antallet af ture. X_j er også kun en værdi sammensat af antal arbejdspladser og befolkningstallet, og er derfor slet ikke et egentligt estimat for antal ture. Produktionen er som udgangspunkt det bedste estimat, da de fleste ture er hjem-baserede. (Ortúzar & Willumsen 2006).

Visualisering af resultater

I dette paper visualiseres kun data for 2030. Folketal og arbejdspladser for 2030 er leveret af de respektive kommuner. Der er altså tale om en prognose, hvor nogle kommuner har benyttet sig af

fremskrivninger fra Danmarks statistik, og andre selv har vurderet hvorledes udviklingen bliver.

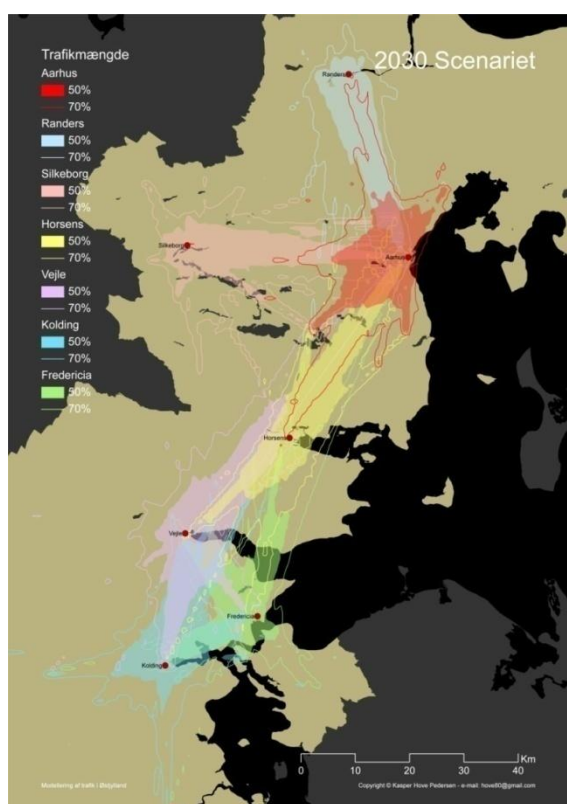


Figur 5: Kort over antal ture pr. døgn imellem sognene i Østjylland.

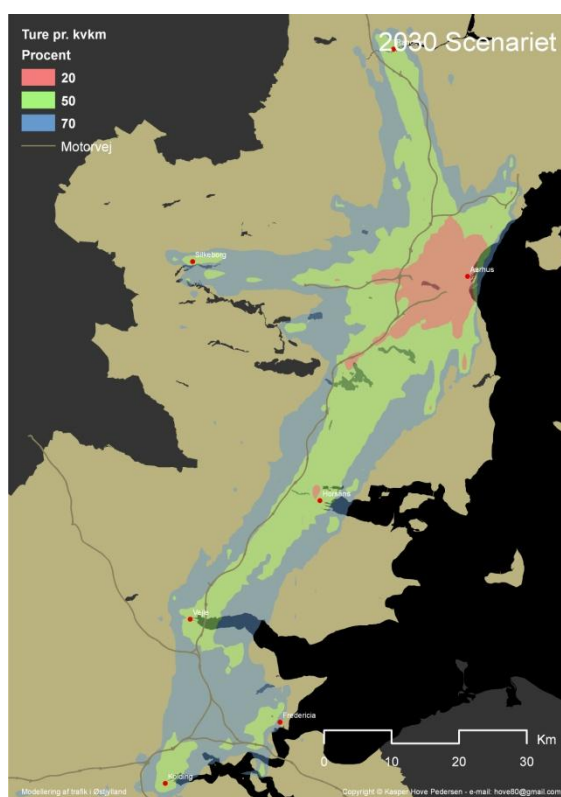
Resultatet af modellens beregninger, er antallet ture fra hvert sogn til hvert af de andre sogne, repræsenteret med streger. Med 320 sogne i Østjylland, bliver det til 320 x 320 streger. Det bliver altså til i alt 102 400 streger med en tilknyttet værdi (værdien er antal ture pr. døgn). Det er umuligt at lave en overskueligt kort med så mange streger, derfor skæres der i antallet af streger der skal vises på kortet. Det er valgt at udelade alle streger, som repræsenterer en værdi på mindre end 50 ture pr. døgn. Resultatet er et kort hvor kun 5,5 % af de 102 400 er repræsenteret, men hvor disse streger udgør over 65 % af turene i hele Østjylland. Det ses tydeligt at turene er koncentreret i og omkring de største byer i det østlige Østjylland. Stregkortet kan give det indtryk, at trafikken knytter alle byerne, fra Kolding til Randers sammen, til ét langt bybånd, hvilket da også er nævnt i Landsplanredegørelsen 2006. Landsplanredegørelsens kommentarer til et

sammenhængende bybånd (LPR 2006:55), er da også delvist baseret på kortet fra projektet 'Byen, vejen og landskabet'. Kortene i BVL projektet er udarbejdet nogenlunde som stregkortet, og giver da også indtryk af et sammenhængende bybånd. Hvad der ikke kan ses særligt tydeligt på stregkortet, er at ture fra Kolding ikke nødvendigvis, og slet ikke i særlig stort omfang, går helt til Randers, og derved danner et sammenhængende bybånd. For at få et mere nuanceret billede af trafik-situationen, laves et isolinje-fladekort. Kortet viser den procentvise fordeling af turene fra de 7 største byer som flader. Disse flader giver et billede af hvor langt ud og hvortil byernes trafik rækker ud.

Der er i Figur 6 og Figur 7 vist turenes fordeling i 2030. Figur 6 skal forstås således, at de gennemfarvede områder repræsenterer 50 % af turene knyttet til de respektive byer. De 50 % der er visualiseret, er den mest koncentrerede fordeling. Stregerne omkring de gennemfarvede områder, angiver området der repræsenterer 70 % af turene, forstået således at det er inklusiv de 50 %. Det område der ligger mellem stregerne og det markerede område i samme farve, repræsenterer altså 20 % af turene. Den enhed som procenterne fastlægges efter hedder ture/km².



Figur 6: Kortet viser andelen af ture knyttet til de respektive byer. Områderne for 50 % isoflader og 70 % isolinje er markeret, således at det er det mest koncentrerede areal der er muligt at afbilde.



Figur 7: Kortet viser hvorledes den samlede trafik for hele Østjylland fordeler sig. Repræsenteret ved henholdsvis 20, 50, og 70 % af trafikken.

Hvor Figur 6 viser fordelingen af ture tilknyttet de respektive byer, viser Figur 7 den procentvise fordeling af alle ture i hele Østjylland. Figur 6 kan altså bruges til at danne et billede af hvorledes byernes trafik fordeler sig, men ikke hvor trafikken er koncentreret mest. Figur 7 viser noget af det Figur 6 ikke viser, her ses det nemlig hvor den Østjyske trafik er mest koncentreret. Prognosen for 2030 viser tydeligt at Aarhus er helt dominerende hvad angår trafik.

Konklusion

Trafikmodellen er opbygget efter en klassisk 4-trins model, hvor det er de første 2 trin der benyttes til at visualisere trafikken i Østjylland. Modellen bruger befolkningstal og arbejdspladser til at modellere trafikken mellem sognene i Østjylland. Ligeledes benyttes en afstandsfunktion til at bestemme hvilken effekt afstanden af turene, har på frekvensen af ture.

Modellen har påvist at trafikken er koncentreret i det østlige Østjylland. Trafikken er i høj grad koncentreret mellem de store byer i regionen. Aarhus står alene for over halvdelen af al den genererede trafik. Tidligere undersøgelser har argumenteret for at der er et langt bybånd fra Kolding til Randers. Modellen i denne rapport, peger mere i retning af at der nok er trafik fra Kolding til Randers, men at interaktionen ikke er ligeligt fordelt.

Litteratur:

DTU (2008). Modelcenter Danmarks Transportforskning – Danmarks Tekniske Universitet. Tilgængeligt på <http://www.dtu.dk/centre/modelCenter/TU/Uddybende%20beskrivelse.aspx> den 9 juni 2008.

Juan de Dios Ortúzar og Luis G. Willumsen (2006). *Modelling Transport*. John Wiley & Sons, LTD. 2006.

Leleur. S & Lahrmann. H. (1994). *Vejtrafik - trafikteknik og trafikplanlægning*. Polyteknisk forlag. Lyngby.

LPR 2006: Landsplanafdelingen, 2006, *Landsplanredegørelse 2006 – Det nye Danmarkskort – planlægning under nye vilkår*. Miljøministeriet, 87-7279-713-4.

P.H.L Bovy et.al. (2006). *Transportation modeling in Course CT4801*. DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. Faculty of Civil Engineering and Geosciences Transport & Planning Section.