



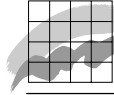
Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser

ALTRANS

Adfærdsmodel for persontrafik

*Faglig rapport fra DMU, nr. 348
Marts 2001*

[Tom side]



Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser

ALTRANS

Adfærdsmodel for persontrafik

*Faglig rapport fra DMU, nr. 348
Marts 2001*

*Jeppe Husted Rich og Linda Christensen
Afdeling for Systemanalyse*

Datablad

Titel:	Adfærdsmodel for persontrafik
Undertitel:	ALTRANS
Forfattere:	Jeppe Husted Rich og Linda Christensen
Afdeling:	Afdeling for Systemanalyse
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 348
Udgiver:	Miljø- og Energiministeriet Danmarks Miljøundersøgelser©
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsestidspunkt:	Marts 2001
Faglig kommentering:	Hanne Bach og Uffe Kousgaard
Layout:	Lene Olsen
Bedes citeret:	Rich, J. & Christensen, L., 2001. ALTRANS - Adfærdsmodel for persontrafik, Danmarks Miljøundersøgelser, 153 s. Faglig Rapport fra DMU nr. 348

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.

Denne rapport er en del af dokumentationen til forskningsprojektet ALTRANS - Mobilitets- og Miljøkrav til ALternative TRANSportsystemer. ALTRANS projektets hovedformål er, at belyse i hvor høj grad serviceniveauet i den kollektive trafik er bestemmende for folks daglige transportmiddelvalg. Rapporten beskriver en model, der belyser udviklingen i transportmiddelvalg og bilejerskab på baggrund af Transportvaneundersøgelsens transportadværd og den amtskommunale køreplan.

Frie emneord:	Trafikmodel, transportadfærd, bilejerskab, kørekorthold
Redaktionen afsluttet:	Februar 2001
Finansiel støtte:	Transportrådet, Miljøstyrelsen, Energistyrelsen & Det Strategiske Miljøforskningsprogram
ISBN:	87-7772-598-0
ISSN (trykt):	0905-815X
ISSN (elektronisk):	1600-0048
Papirkvalitet & Tryk:	Cyclus Office, 100% genbrugspapir. Grønager's Grafisk Produktion A/S Denne tryksag er mærket med det nordiske miljømærke Svanen
Sideantal:	153
Oplag:	200
Pris:	kr. 100,00 (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)
Internet-version:	Rapporten kan også findes som PDF-fil på DMU's hjemmeside

Købes i boghandelen eller hos:	Danmarks Miljøundersøgelser Frederiksborgvej 399 Postboks 358 DK-4000 Roskilde Tlf.: +46 30 12 00 Fax: +46 30 11 14 www.dmu.dk	Miljøbutikken Information og Bøger Læderstræde 1 DK-1201 København K Tlf.: 33 95 40 00 Fax: 33 92 76 90 e-mail: butik@mem.dk www.mem.dk/butik
--------------------------------	--	--



Indhold

Sammenfatning 7

Summary 10

Forord 13

1 Indledning - ALTRANS opbygning og modelformulering 14

- 1.1 Overblik over ALTRANS modelkompleks 14
 - 1.1.1 Den geografiske model 15
 - 1.1.2 Adfærdsmodel 16
 - 1.1.3 Bilparkens sammensætning og emissioner 16
- 1.2 Adfærdsmodellens teorigrundlag 17
 - 1.2.1 Modelprincipper 17
 - 1.2.2 Udenlandske og indenlandske erfaringer 18
 - 1.2.3 Afvejninger og modelbegrænsninger 19
- 1.3 Modelformulering 20
 - 1.3.1 Nytteteori 23
 - 1.3.2 Logitmodeller 24
- 1.4 Sammenfatning 25

2 Databeskrivelse og databehandling 27

- 2.1 Geografisk repræsentation 27
 - 2.1.1 Repræsentativitet 29
- 2.2 Eksogene variable 29
- 2.3 Endogene variable 31
- 2.4 Attraktioner 32
- 2.5 Måling af serviceniveau 36
- 2.6 Rejsetider og -afstande 38
- 2.7 Monetære omkostninger 41
 - 2.7.1 Rejseomkostninger for bilister 41
 - 2.7.2 Rejseomkostninger for offentlig transport 44

3 Datahåndtering 47

- 3.1 Datastruktur og turkæder 47
- 3.2 Segmenteringer 50
- 3.3 Opskrivning af data 52
 - 3.3.1 Vægtningsmetode 52
 - 3.3.2 Bortfald i data 54

4 Frekvens model 56

- 4.1 Indledning 56
- 4.2 En sekventiel modelformulering 56
- 4.3 En simultan tilgang 58
- 4.4 Sammenfatning 59

5 Transportmiddelvalg og transportarbejde 60

- 5.1 Indledning 60
- 5.2 Destinationsvalg 60
 - 5.2.1 Destinationssamplinger 61
 - 5.2.2 Udfyldingsgrad for destinationssamlingen 62
- 5.3 Valgmodellen 64
 - 5.3.1 Nyttfunktion 64
 - 5.3.2 Specifikation af valgsæt 68
- 5.4 Sammenfatning 69

6 Kørekorthold 70

- 6.1 Base-kørekortholdet 70
- 6.2 Cohort-effekter 71
- 6.3 Sammenfatning 73

7 Bilejerskab 74

- 7.1 Muligheder og behov 74
- 7.2 Variable i bilvalgsmodel 77
 - 7.2.1 Fordelingsmodel for årligt transportarbejde 77
 - 7.2.2 Anvendelse af årskilometer i modellen 79
- 7.3 Modelspecifikation 81
- 7.4 Tilbagekobning af bilejerskab i destinations-model 82
- 7.5 Anvendelse og ejerskab 82
- 7.6 Sammenfatning 84

8 Udvidelse til scenarie og prognosemodel 86

- 8.1 Spillerum for scenarier 87
- 8.2 Beregning af marginale effekter - elasticiteter 88

9 Estimation af model 92

- 9.1 Data 92
 - 9.1.1 Bortfald 92
 - 9.1.2 Repræsentativitet 94
 - 9.1.3 Segmentering af data 95
- 9.2 Estimation 97
 - 9.2.1 Destinationsmodellen 97
 - 9.2.2 Bilejerskabesmodellen 102
 - 9.2.3 Kørekortsmodellen 104

10 Scenario beregninger 107

- 10.1 Cohort effekt 107
- 10.2 Bilejerskab 107
- 10.3 Transportmiddel- og destinationsmodel 109
- 10.4 Langsigtseffekter 113
 - 10.4.1 Feedback effekter 113
 - 10.4.2 Langsigts elasticiteter 113

11 Konklusion 116

11.1 Vurdering af modellens prognosekvalitet 116

11.2 Modellens kvalitet som scenarieværktøj 117

11.3 Modellen 118

11.3.1 Umiddelbare forbedringer 119

11.3.2 Fremtidig forskning 120

Litteratur 122

Appendiks A Kædetyper 126

Appendiks B Estimerede nyttefunktioner for destinationsmodellen 128

Appendiks C Estimerede resultater fra bilejerskabsmodel 140

Nyttefunktioner for bilejerskabsmodellen 140

Krydstabuleringer af bilejerskabsmodellen 142

Appendiks D Teori for kontinuert logit model 144

Sammenfatning

I denne rapport beskrives den udviklede model for transportadfærd. Rapporten, der er på 10 kapitler, er disponeret således: den teoretiske baggrund for udvikling af en adfærdsmodel (kapitel 1), datagrundlaget (kapitel 2 og 3), modellens struktur og matematiske grundlag (kapitel 4-8), estimeringen af modellen (kapitel 9) samt analyser med modellen (kapitel 10), der beskriver hvor egnet den er til at belyse ønskede effekter.

Model strukturen

Kernen i ALTRANS består af en række matematiske/stokastiske adfærdsmodeller. Disse submodeller er mikrobaserede og tager dermed udgangspunkt i individernes individuelle præferencer udtrykt ved en nyttefunktion.

De centrale modeller er:

1. Model for valg af transportmiddel og destinationer
2. Cohortmodel og model for kørekorthold
3. Model for bilejerskab

Herudover er der en række procedurer og delmodeller, som primært behandler eller konstruerer data for adfærdsmodellerne. Disse spænder fra udvikling af ekspansionsfaktorer baseret på prototypisk sampling enumeration til samplingsprocedure i destinationsvalget. I rapporten beskrives yderligere kort en simpel frekvensmodel, der dog ikke er implementeret i modelkomplekset, da den viste sig utilfredsstillende på grund af manglende data. En mere tilfredsstillende måde at håndtere frekvenser på, vil være en aktivitetsbaseret tilgang, men det ligger uden for dette arbejdes formål.

Model for destinations- og transportmiddelvalg

Den centrale model i modelkomplekset, modellen for valg af transportmiddel og destinationer, estimerer og efterfølgende simulerer antallet af km, folk rejser fordelt på 4 transportmiddelkategorier: kollektiv trafik, bilfører, bilpassager og let trafik. Samtidig estimerer den destinationerne for rejserne, så det er muligt at re-allokere trafikken ud på vejnettet, og dermed kunne analysere problemstillinger inden for f.eks. road-pricing og eksponering fra luftforurening. Selve allokeringen på trafiknettet beskrives derimod ikke i rapporten.

Modelstrukturen er baseret på en modellering af transportmidler på kædeniveau, dvs. ture fra hjemmet til man er retur til hjemmet - dog benyttes forsimplede turkæder i forhold til de observerede komplekse kæder, hvor hver kæde har højst 3 mål. Destinationsvalget er baseret på random sampling i 3 ikke-overlappende områdetyper omkring udgangszonen. Selve modelstrukturen er baseret på stokastisk nytte-teori og formuleret som en nested logitmodel med 2 niveauer. Det øverste niveau er destinationsvalg og det nederste er transportmiddelvalg.

I modellen indgår alternative specifikke tids- og omkostningsvariable. Herudover indgår i bilalternativerne (fører og passager) antallet af biler i husstanden. Dette sikrer, at man nemt kan resimulere effekten af et ændret bilejerskab, simpelt hen ved at udskifte variabelen. Herudover indgår attraktionsvariable, en række socioøkonomiske variable som alder, køn, og indkomst, kørekorthold samt enkelte tilgængelighedsvariable.

Modeller for kørekorthold og cohorteffekt

En central parameter for såvel bilejerskab som destinationsvalg er kørekorthold. For at kunne anvende modellen som en prognosemodel er det nødvendigt at tage højde for, at kørekortholdet øges med tiden, fordi en person, der en gang har erhvervet kørekort, beholder dette indtil engang i alderdommen. Dette har primært betydning for kvinders kørekorthold, idet mange midaldrende og ældre kvinder i dag ikke har kørekort. Det aggregerede kørekorthold vil derfor stige frem til omkring 2017, hvor effekten vil være faded ud.

Delmodellen for kørekorthold består af 2 dele. I den første del beregnes sandsynligheden for at have kørekort ud fra den kendte kørekortfordeling. Denne anvendes i cohortmodellen til at simulere antallet af kørekort for hvert år frem til beregningsåret under hensyntagen til ændret alderssammensætning og indkomst.

Dernæst fordeles de ekstra kørekort efter størst nytte til de personer i interviewene, der ikke har kørekort. Dette sker med en binær logitmodel med variablene køn og alder, indkomst, stilling og urbaniseringsgrad. Modellen benyttes også til at fordele kørekort til personer i interviewene, hvis kørekortsstatus ikke er kendt.

Model for bilejerskab

I modellen for bilejerskab estimeres antallet af biler i husstanden. Modellen er specificeret som en nested logitmodel med 2 niveauer. På første niveau bestemmes, hvorvidt husstanden har bil eller ej. På andet niveau bestemmes, hvorvidt bilhusstande har 1 eller 2 biler.

Som input til modellen anvendes dels omkostninger og socioøkonomiske data for husstanden og dennes enkelte individer - herunder kørekorthold bestemt i cohortmodellen - og dels husstandens årskørsel i bil bestemt gennem modellen for destinations- og transportmiddelvalg.

Da modellen tager udgangspunkt i husstandes årskørsel, mens destinationsmodellen estimerer individers daglige transport, er det nødvendigt at estimere årskørslen på baggrund af viden om andre individers kørsel på de dage, hvor individet ikke er interviewet, samt at summere estimerede årskørsler for husstandens persontyper, hvor der tages hensyn til, om personen er hovedperson, ægtefælle eller en anden person i husstanden. Individets årskørsel sammensættes af gennemsnittet af arbejdskørsel, anden hverdagstransport samt weekendtransport for individer af den pågældende persons type. De enkelte deltransporter opvægtes til årskørsel ud fra antallet af dage, personen er i arbejde, og antallet af dage af hver type pr år.

De beregnede sandsynligheder for bilhold benyttes efterfølgende som input til modellen for valg af transportmiddel og destinationer.

Anvendelse af ALTRANS som scenariemodell

Formålet med den udviklede model er at anvende den til scenarieanalyser. Dette gøres ved at køre en modelkørsel med ændrede variable og ændrede vægte, og dernæst sammenligne resultaterne fra denne med en basiskørsel. Det er ikke muligt at benytte elasticiteter, der kan udledes direkte af logitmodellen med standardsoftware.

Det er nødvendigt først at lave en basis-estimation af transportmiddel- og destinationsvalget baseret på det oprindelige datasæt. Dette skal i modsætning til estimationsdatasættet ikke indeholde turens faktiske destination, men kun et antal tilfældigt samlede destinationer, hvori dog godt kan være den faktiske destination.

Dernæst fremskrives udviklingen, eller der indføres scenarievariable. Fremskrivningen gennemføres ved at gennemregne den samme model som i basisscenariet med

1. fremskrevet prisniveauet
2. anvendelse af kohorteffekten på kørekorthold
3. ændrede vægte på de enkelte personer ud fra prognoser for den demografiske udvikling

I scenarierne kan bl.a. anvendes ændrede priser og ændrede rejsetider, der evt. kan beregnes i en geografisk model til beregning af rejsetider. Der kan også ændres på den geografiske vægtning og befolkningens indkomstsammensætning.

I rapporten afprøves modellen i 3 varianter: bilmodellen alene, modellen for transportmiddel- og destinationsvalg alene samt en kombination. Der ses primært på elasticitetskoefficienter.

Modellens kvalitet

De afprøvede analyser fører til en konklusion om, at modellen egner sig til analyser af scenarier, men ikke i tilstrækkelig grad kan beskrive fremskrivninger. Årsagen til den mangelfulde effekt ved fremskrivninger antages at være en langt mere udbredt kohort effekt end blot på kørekorthold.

Analyse af effekten af ændrede rejsetider med kollektiv trafik viser yderligere, at modellen i sin nuværende udformning ikke i tilstrækkelig grad kan genspejle ændringer i sammensætning af rejsetiden på køre-, skifte- og ventetid, idet modellen har forholdsvis store elasticiteter på køretid og er næsten upåvirket af ændring i ventetid.

Rapporten afsluttes med påpegning af en række felter, der uden videre vil kunne forbedre modellen væsentligt.

Summary

The present report offers a description of the behavioural choice model underlying ALTRANS and is organised into 10 chapters. The organisation is as follows; Brief overview of the model framework (chapter 1), data foundation (chapter 2-3), model structure and theoretical outline (chapter 4-8), estimation and validation (chapter 9) as well as evaluation of marginal effects (chapter 10 used for policy analysis).

Model structure

The model consists of various micro models, which is basically models for human preferences expressed in terms of an indirect utility function. These are:

1. Model for mode- and destination choice.
2. Cohort model and model for licence hold.
3. Model for car ownership.

Beyond these models a range of procedures and sub-models exists. These spans from procedures used to estimate expansion factors based on prototypical sample enumeration to sampling procedures used in the destination model. Further, the report offers a brief description of a frequency model, which was not implemented in the final model due to lack of adequate data. The proper way of implementing frequencies would be through an activity-based approach, which was beyond the scope of the model.

Travel demand model

Estimation and subsequently simulation of travel demand, in terms of kilometres per year per mode, was carried out by a joint model for mode- and destination choice. This model, which is one cornerstone of the framework, considers 4 different modes; public transport, car as passenger, car as driver and finally light modes (bicycle and walking). The destination choice ensures that travel can be re-allocated on the road network. This is important as it then becomes possible to evaluate road-pricing scenarios and to assess how different scenarios affect the environment locally. The latter is important considering human exposure.

The model structure is based on chain-choice. That is, choice of modes for a composite number of trips starting at home and ending at home. To simplify the set of choices any observed chain was converted into simplified chain equivalents with a maximum of 3 destinations. The choice-set corresponding to any of these 3 destinations was based on a stratified sampling procedure using on 3 non-overlapping segments, around the point of origin. The stochastic structure of the model was a 2-dimensional nested logit model, with destination choice at the upper level and mode choice at the lower level.

The data foundation of the model was a) alternative specific time- and cost variables, b) attraction variables, c) socio-economic variables, d) accessibility variables, e) licence holding and finally f) the number of cars in the household. The last variable makes it easy to re-simulate the effect of changes in the car ownership propensity.

License holding model

One central variable for car-ownership as well as for mode- and destination choice is the licence hold. This variable suffers from heavy "cohort-effects" in the sense that the elder part of the elder population has a relative low licence hold compared to new generations. So, as long as adults are replaced with "new-comers" with high licence hold there will be a steady growth in the aggregated licence hold, which will affect scenarios until it fades out in year 2017.

The submodel for licence holding consists of two parts. Firstly, we estimate/simulate licence hold probabilities on the basis of the observed distribution. This is then used in the cohort model to simulate the number of licences for any year up til the forecast year conditional on changed demography and possible income changes.

Subsequently, any excess licences are distributed according to the indirect utility for individuals where no licence hold information was available. This is determined in a simple binary logit model based on variables for income, sex, age, employment and accessibility.

Model of car-ownership

In the car ownership model we estimate the number of cars in every household. The model is specified as a 2-dimensional nested logit, with the choice of having a car or not, and subsequently if the household owns a car the choice is 1 or more than one.

The data foundation is based on monetary costs, various socio-economic variables, licence holding (which serves as a determinant for the size of the set of choices) and finally the annual expected travel demand. The last quantity was provided from the mode- and destination choice model and replaces more traditional logsum measures.

Since the model for car ownership is a household model and the mode- and destination model is based on individuals an additional procedure has been implemented in order to calculate yearly demand for all members in the household. This is done by calculating yearly demand for different prototypical individuals of the household taking the status in the family (head, spouse or children) into account. Individual annual demand is put together by average commuter travel and average non-commuter travel plus weekend travel. Any single part is up-weighted according to expected number of working days throughout the year.

Estimated car ownership probabilities are subsequently used as input to the mode- and destination model.

ALTRANS used as scenario model

The fundamental purpose of the model system has been to simulate various scenarios. This is accomplished by a model simulation where estimated model-parameters are preserved but data - eventually time- and cost variables - are changed. The change in demand is then compared with the base-model. Because of the random sampling we

cannot use standard elasticities offered by the model. An alternative strategy is used: First estimate the model, secondly simulate the base-model where the observed destination is only included when sampled, thirdly compare scenarios with demand from the second base simulation. Scenarios are based on changes in various scenario variables and can include

- Changes of monetary costs.
- Changes of travel times.
- Cohort-effects
- Changed expansion factors in order to evaluate changes in demography.

Conclusion

One conclusion that emerges from the various model is that the model seems to underestimate demand in general. One explanation of this could be the existence of cohort effects in a range of other quantities than just licence hold. Also, the increase in car ownership seems only to a limited extend to be explainet by economic growth. Other possible explanations could be stiffness in habits plus undiscovered cohort-effects.

The analysis of changed travel times for public transport indicates that the model, in the present form, cannot properly reflect the effects of changed driving and waiting time separately.

A number of elements, which are supposed to improve the model, have finally been outlined.

Forord

Denne rapport er en del af dokumentationen til forskningsprojektet ALTRANS - Mobilitets- og Miljøkrav til ALternative TRANSportsystemer. ALTRANS gennemføres i sin helhed i Afdeling for Systemanalyse med seniorforsker Linda Christensen som projektleder. ALTRANS projektets hovedformål er, at belyse i hvor høj grad serviceniveauet i den kollektive trafik er bestemmende for folks daglige transportmiddelvalg.

Målingen af serviceniveauet i den kollektive trafik sker gennem en geografisk model for transportsystemet. Data herfra anvendes som input til den mikroteoretiske adfærdsmodel, hvis opbygning og struktur præsenteres i denne rapport.

Modellen er udviklet og dokumenteret af Jeppe Husted Rich. Under udarbejdelsen af modellen og skrivning af rapporten har specielt Linda Christensen bistået med forslag og ideer.

Ole Kveiborg har været til stor hjælp som "sparringspartner" i diskussioner vedrørende modeludviklingen.

Mogens Fosgerau og Jørgen Jordal Jørgensen har bidraget med kommentarer og forslag. Vi er ikke mindst deres arbejde med modellen Petra megen tak skyldig, som inspiration til den endelige model.

Udviklingen af ALTRANS har været muliggjort gennem støtte fra først og fremmest Transportrådet og Miljøstyrelsen, men også Energistyrelsen og Det Strategiske Miljøforskningsprogram, AMOR, har ydet væsentlige bidrag. Vi vil gerne takke for denne støtte.

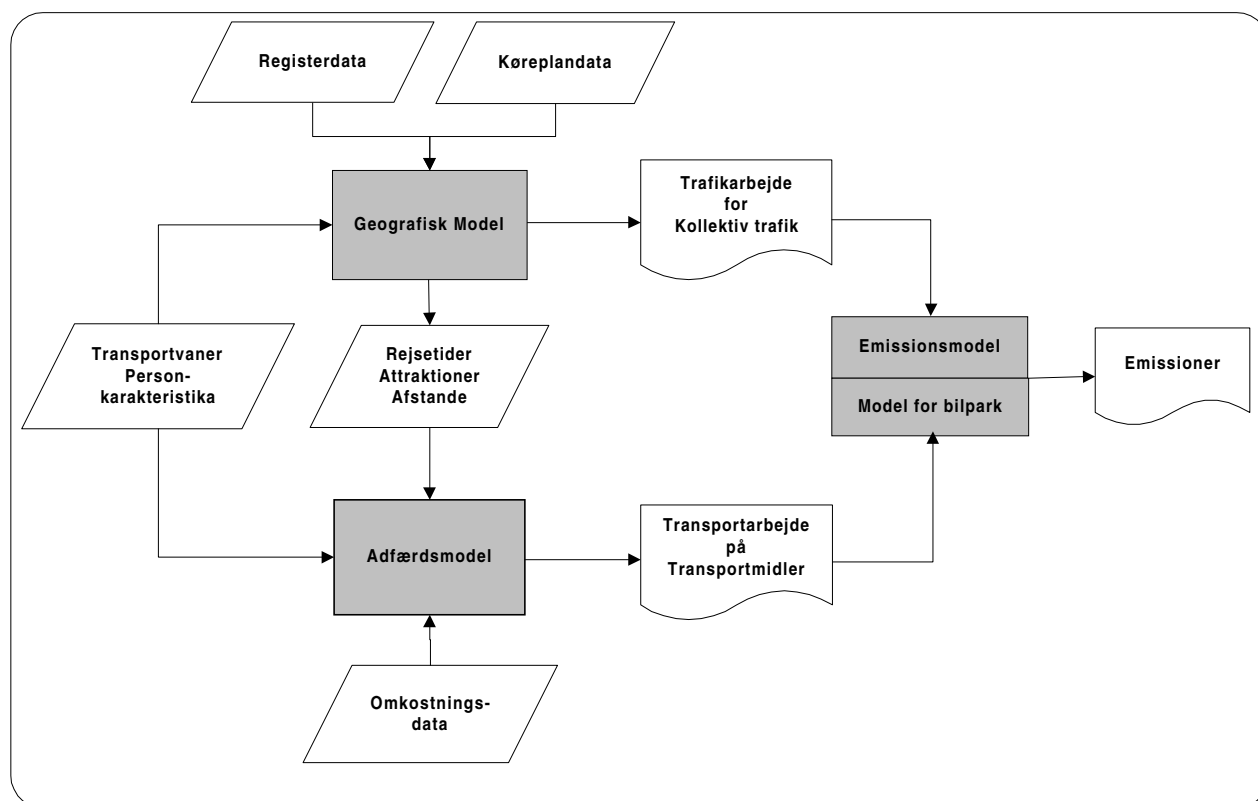
Arbejdet med ALTRANS har været fulgt af en styringsgruppe, der gennem årene har bestået af Niels Buus Kristensen og Mogens Fosgerau, COWI, Sten Leleur og Otto Anker Nielsen, Institut for Planlægning, DTU, John Holten-Andersen, Afdelingen for Systemanalyse, Susanne Krawack og Johan Nielsen, Transportrådet, Robert Heidemmann, Pia Berring, Claus Hedegaard Sørensen og Henrik Hvidtfeldt, Miljøstyrelsen samt Kenneth Larsen og Martin Thelle, Energistyrelsen. Vi vil gerne takke for mange konstruktive kommentarer og forslag fra styringsgruppen, når vi har fremlagt de løbende varianter af modellen.

1 Indledning - ALTRANS opbygning og modelformulering

Denne rapport beskriver ALTRANS modelsystemets mikroøkonomiske adfærdsmodel. I dette kapitel gives først et overblik over det samlede modelkompleks. Herefter følger en grundigere beskrivelse af adfærdsmodellens opbygning og teoretiske grundlag.

1.1 Overblik over ALTRANS modelkompleks

Det samlede modelkompleks kan opdeles i 3 hovedmoduler, jf. figur 1.1: Et modul hvori den geografiske modellering foretages, et adfærdsmodul, som estimerer forbrugernes efterspørgsel efter trafiktydelser og endelig et emissionsmodul, hvor de miljømæssige konsekvenser, i kraft af emissionstal, kan vurderes. Disse 3 modelkomplekser er udover de interne relationer også relateret til en række eksterne datakilder. Dette er illustreret i Figur 1-1. Herværende rapport beskriver opbygningen af adfærdsmodellen.

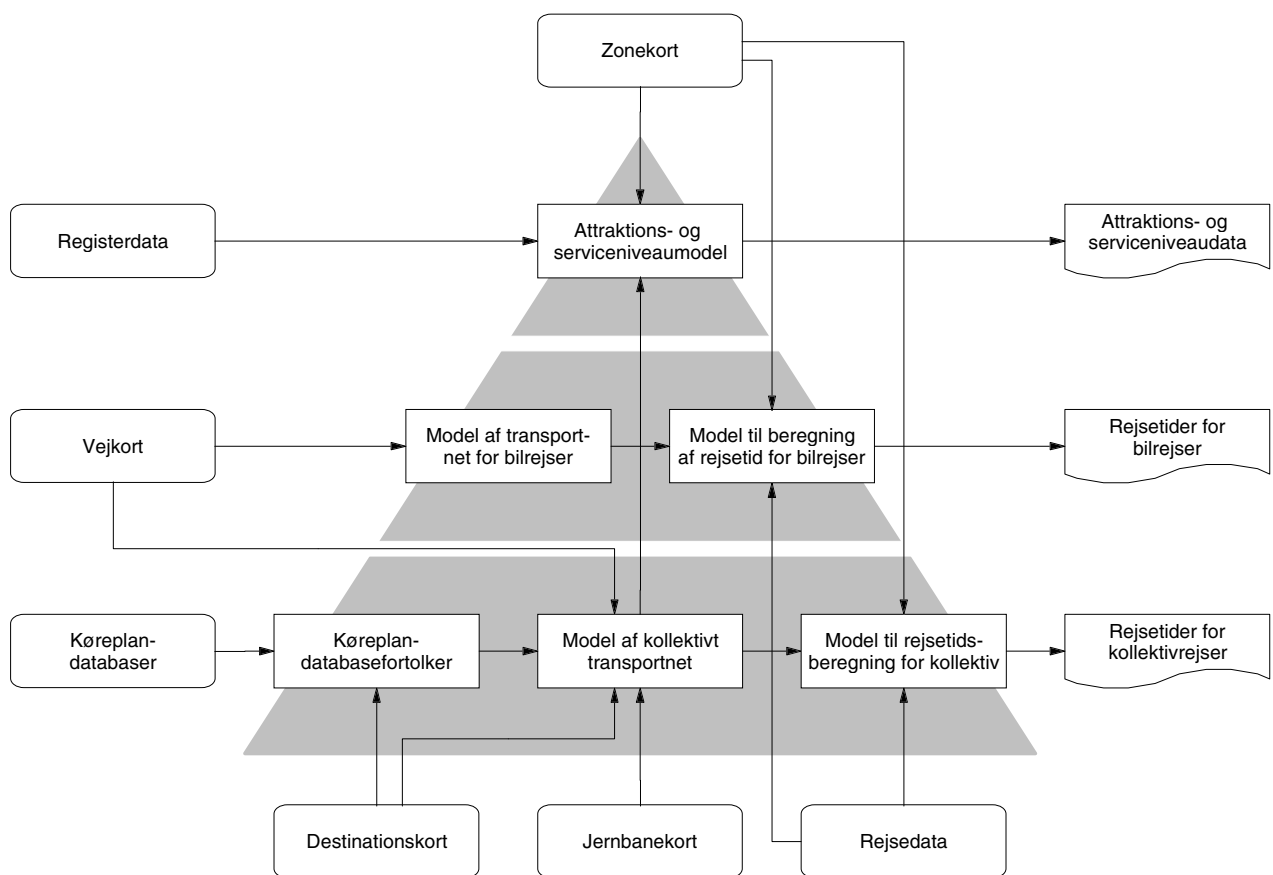


Figur 1-1 Modelkompleks til beregning af trafikarbejde, transportarbejde og emissioner afhængig af niveauet i kollektiv trafik og rejsevaner

1.1.1 Den geografiske model

I den geografiske model beregnes køre-, vente- og skiftetider, der eksporteres fra den geografiske model sammen med mål for det kollektive serviceniveau i de enkelte zoner. Yderligere genereres der i GIS en afstandsmatrix defineret som rejseafstanden i bil under antagelse af, at korteste vej anvendes. Denne afstandsmatrix anvendes dels under konsekvensberegningen af de enkelte scenarier, men også i forbindelse med samplingen af alternative destinationer. Figur 1.1 er for overskuelighedens skyld forsimplet hvad angår relationen mellem registerdata, rejsetider og adfærdsmodellen.

I den geografiske model beregnes udover rejsetider også en række forskellige tilgængelighedsmål, der søger at beskrive den kollektive trafiks serviceniveau i en given zone. Et overblik over de forskellige niveauer og sammenhænge ses i Figur 1-2.

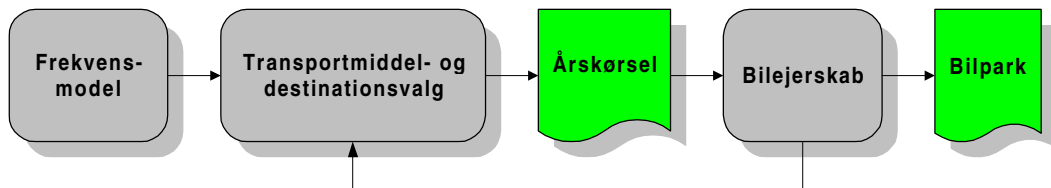


Figur 1-2 Den geografiske model i ALTRANS.

Det bemærkes, at systemet som input eller forudsætning har både digitale vejkort, jernbanekort og data for køreplaner. Yderligere er det også værd at bemærke den separate beregning af rejsetider med henholdsvis bil og kollektiv. For biler baseres rejsetiderne på at der er forskellige hastigheder på de forskellige typer vejstrækninger. Disse hastigheder er delvist konsistente med gældende fartbegrænsninger, men også tilpasset empiriske data. Se Thorlacius (1998) for en uddybende diskussion af den geografiske modellering i ALTRANS.

1.1.2 Adfærdsmodel

I adfærdsmodellen, som denne rapport behandler, beregnes, på baggrund af de geografiske data, TU data og registerdata, et estimat på efterspørgslen efter transport. Mere præcist husstandenes årlige transportarbejde fordelt på forskellige transportmidler samt husstandens forventede bilejerskabsstatus. De væsentligste komponenter i modellen er modulerne for transportmiddelvalg og destinationsvalg henholdsvis for bilejerskab. Hertil kommer en initialt frekvensmodel, som estimerer individernes rejsefrekvens, dvs. hvor mange gange de rejser den pågældende dag. I Figur 1-3 er de overordnede sammenhænge i modellen illustreret.



Figur 1-3 Komponenter i adfærdsmodellen

Den midterste boks - årskørslen - opregner dels de estimerede dagskørsler til årskørselsniveau og dels fra de enkelte familiemedlemmers efterspørgsel til husstandens årskørsel. Grunden til at der fokuseres på husstandens efterspørgsel er, at bilejerskabet er et resultat af hele husstandens efterspørgsel og ikke blot efterspørgslen for enkelte medlemmer.

I kapitel 1.3 gennemgås de enkelte modeller og deres indbyrdes relationer i detaljer.

ALTRANS adfærdsmodellen er en national adfærdsmodel baseret på input fra mikroniveauet. Den helt grundlæggende antagelse er, at individer nyttemaksimerer. Med andre ord antages det, at vi for hvert individ og de tilhørende rejseaktiviteter kan tilknytte en indirekte nyttefunktion, som "måler" den relative nytte i de forskellige situationer. For at kunne omsætte det nytte-teoretiske princip til praktiske modeller er det nødvendigt med en række tekniske antagelser om funktionsformer og stokastik for de pågældende nyttefunktioner. Dette skal blive omtalt i flere detaljer i forbindelse med opstillingen af modellerne.

1.1.3 Bilparkens sammensætning og emissioner

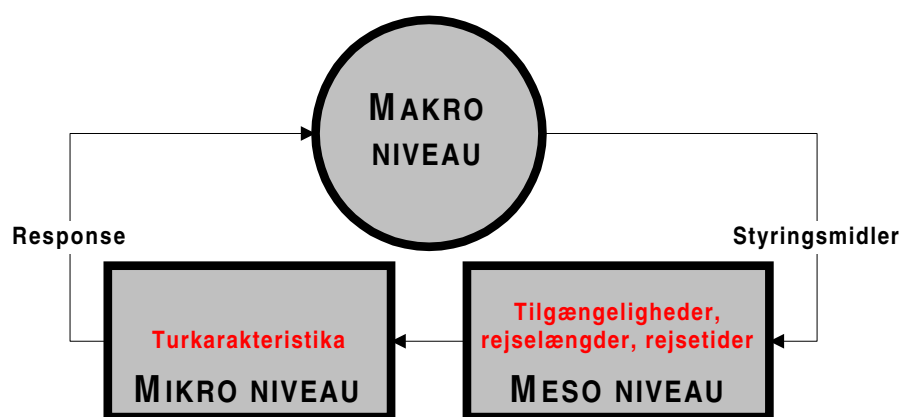
Med en given kørsel af ALTRANS genereres tal for efterspørgslen efter transport. For at kunne vurdere de miljømæssige konsekvenser fra trafikken af et scenario skal de ovenstående størrelser omregnes til emissionstal.

For biler fordrer dette, at vi kender sammensætningen af bilparken til et givent tidspunkt. Til brug herfor konstrueres en fordelingsmodel som til et givet tidspunkt kan fordele et vist aggregeret transportarbejde ud på en række forskellige biltyper. Disse biltyper emissionsstal kendes og således er det muligt at få et estimat på emissionsbelastningen hørende til det pågældende år. Denne fordelingsmodel bygger på en fremskrivning af en fordeling i et basisår med inddra-

gelse af skrotningsrater og nyttilgang, se Kveiborg (1999) for en nærmere gennemgang.

1.2 Adfærdsmodellens teorigrundlag

I nytteteoretiske valgmodeller består et meget væsentligt arbejde i at udfærdige et valgsæt, som udover at indeholde respondentens observerede valg består af en række alternativer. Specielt i forbindelse med trafikmodeller er dette arbejde kompliceret fordi de enkelte alternativers nytte er fuldstændig afhængig af det pågældende områdes geografi. For at muliggøre en beregning af alternative rejsetider, ventetider, skiftetider, busfrekvenser, m.m. opløses geografien i zoner. Dette zoneniveau refereres også til som Meso niveauet. Nedenfor i Figur 1-4 er sammenhængen mellem niveauer i ALTRANS illustreret.



Figur 1-4 Overblik over mikro-, meso- og makroniveau i ALTRANS.

På makroniveauet fastsættes de overordnede styringsmidler, som eksempelvis benzinpriser og andre afgifter. På mesoniveauet forsøger man med den pågældende zoneopløsning at approksimere det, der sker på mikroniveauet. De simulerede turkarakteristika fører til en valgmodel, som opererer på mikroniveau og herfra aggregeres resultater til makroniveauet for at kunne evaluere nationale konsekvenser af forskellige scenarier.

1.2.1 Modelprincipper

Af hensyn til den geografiske komponent, der omtales ovenfor, må de modeller, der anvendes, kunne håndtere geografien. Indledningsvis skal vi skelne mellem to typer af geografisk modellering; En absolut geografisk model og en relativ geografisk model. I en absolut geografisk model er alle zoner potentielle destinationer for den enkelte respondent. Denne type modeller anvendes typisk for byregioner med begrænset geografisk udbredelse.

I relative geografiske modeller er geografien relativ til den enkelte respondent. Den enkelte person præsenteres kun for et relevant sample af alternative destinationer. Dette princip er nødvendigt for nationale modeller, hvor det potentielle absolutte valgsæt er meget stort, i vores situation langt over 1000 zoner. Ulempen er naturligvis at den geografiske variation bliver begrænset til det pågældende

sample. Teknikken er imidlertid teoretisk forsvarlig, som det vises i McFadden (1978)¹. Selvom McFaddens resultat sikrer konsistensen er det dog under forudsætning af at modellen er korrekt specificeret, og det er i vores tilfælde vanskeligt at verificere. En empirisk analyse af konsistensen i en geografisk shopping-model, Fortheringham et al (1997), antyder dog, at denne er relativt stabil for selv ganske små random sampler. En måde at sikre konsistensen på er, at gennemføre en lang række kørsler med forskellige sampler. Dette er dog ganske vanskeligt eftersom den geografiske model for hvert nyt sample skal køres på ny, hvilket er særdeles tidskrævende og har indtil nu ikke været muligt. I ALTRANS er en absolut geografisk model udelukket.

I forbindelse med formuleringen af en relativ geografisk model har to tilgange været afprøvet. Det ene modelprincip tager udgangspunkt i en en-dimensional kontinuert beskrivelse af geografien. At den er en-dimensional betyder at retningsbestemmelsen negligeres. Det vil sige at man ved, hvor langt der rejses, men ikke hvor den præcise destination befinder sig i det to-dimensionale geografiske rum. Det andet modelprincip håndterer begge geografiske dimensioner hvilket betyder at destination er kendt. Det er dette sidste modelprincip, der anvendes i ALTRANS. Den en-dimensionale model, der i første omgang blev afprøvet, er beskrevet i appendiks D.

1.2.2 Udenlandske og indenlandske erfaringer

Nationalt såvel som internationalt har man igennem de senere år set stadig flere eksempler på mikrobaserede adfærdsmodeller, hvoraf nogle mere end andre har fungeret som inspirationskilde til ALTRANS systemet. PETRA, som er udviklet af COWI og færdiggjort i 1997, se COWI (1998a-f) er som ALTRANS baseret på TU-data. Modellen består af en række submoduler, hvor det centrale adfærdsmodul estimerer modal-split, rejseformål på kæde og individniveau, relativt destinationsvalg og bilejerskab. Udover adfærdsmodulet er der udviklet en række eksterne modeller til beregning af repræsentativitet, kørekorthold og cohorteffekt. Specielt cohort effekten viste sig at være meget væsentlig. I ALTRANS er der udviklet et tilsvarende modul.

På Norges Transport Økonomiske Institut (TØI) har man ligledes arbejdet med en national adfærdsmodel, se Ramjerdi og Rand (1992). Som i PETRA behandles destinationer og transportmiddel simultant i en nested logit model, hvor destinationerne er relative afstandsbånd hørende til den enkelte respondent. Med hensyn til bilejerskabet er TØI's fremgangsmåde nok så interessant, idet man opstiller en simultan model for bilejerskab og årskilometer. Det teoretiske grundlag for denne model er baseret på De Jong (1989) og har siden med rimelig succes været anvendt på danske data, se Bjørner (1997). Rent datamæssigt ville det være muligt at gennemføre estimationen med udgangspunkt i TU-data, men da vi allerede estimerer dette transportarbejde ville modellen blot tjene som en slags modelkontrol. Et væsentligt resultat af De Jongs teoretiske model, som principielt har betydning for både ALTRANS og PETRA er, at ændringer i faste om-

¹ McFadden viser at en GEV estimator er konsistent for et vilkårligt random-samplet valgsæt.

kostninger for bilejerskabet også har betydning for det årlige transportarbejde. Ifølge Bjørner er de langsigtede elasticiteter på bilkørsel så store som -2.48. Med andre ord vil bilkørslen falde 25% ved en 10% stigning i de faste omkostninger. Det er bemærkelsesværdigt, at de variable omkostninger til sammenligning kun vil medføre et fald på 16%. Der er grund til at stille sig kritisk til disse tal, og specielt fordi udenlandske analyser generelt peger på mindre elasticiteter og desuden har et omvendt størrelsesforhold mellem de faste- henholdsvis variable omkostningers effekt.

I Sverige har man med assistance fra Hague Consulting Group ligeledes udviklet en rejse adfærdsmodel for Stockholm, se Algers et al. (1997). Den fulde model består af 4 submodeller for arbejdsture, skoleture, erhvervsture og indkøbsture. Modellen for arbejdsture indeholder 3 delmodeller, der alle er specificeret som nested logit modeller. Disse tre modeller er koblet sammen gennem logsummer for hver ved at overføre mål for tilgængelighed fra en tilstand til en anden. Den samme teknik bliver benyttet i ALTRANS. De anvendte data er i nogen henseende overlegne i forhold til TU-data. Eksempelvis udsørges alle medlemmer i en familie, hvilket tillader en mere detaljeret behandling af bilejerskab og samkørsel med ægtefællen. Destinationsvalgene i Stockholm modellen er absolutte destinationsvalg og adskiller sig således fra både PETRA og ALTRANS. Det er dog værd at notere, at typen af attraktioner organiseres i forhold til turens formål. Dette er også anvendt i de to danske modeller.

1.2.3 Afvejninger og modelbegrænsninger

Et væsentligt problem ved udviklingen af modellen var datatilgængeligheden. Langt hen i udviklingsfasen kunne modellen kun testes på mindre datasæt, der har været meget lidt repræsentative med hensyn til det resterende datamateriale. Det har i den sammenhæng været et problem, at København først sent er blevet inddraget. Dette skal specielt ses i lyset af, at af de 3 største provinsbyer Aarhus, Odense og Aalborg, er kun Odense inddraget, hvilket skyldes, at den kollektive trafik i disse byer endnu ikke omfatter bybus ruter, men kun regionale ruter, hvorved de kollektive rejsetider var for fejlbehæftede. I tilgift har Esbjerg i en stor del af dataopsamlings-perioden været udsat for busstrejke og er derfor heller ikke anvendelig.

I relation til selve adfærdsmodulet blev der i ALTRANS forsøgt to alternative formuleringer. De to metoder er forskellige på flere niveauer. I den første model var adfærdsmodellen baseret på enkeltture, hvilket på den ene side har nogle umiddelbare fordele hvad angår detaljeringsniveau, men på den anden side har en række komplikationer på den praktiske side. I den anden model opereres der på kædeniveau, hvor det i første omgang forudsættes at strukturen af de observerede kæder ligger fast. Dermed antages det implicit at forskellige scenarier ikke vil resultere i dynamiske skift mellem forskellige turkæder. At et individ således rationaliserer sit daglige trafikarbejde ved at sammenlægge kæder, vil ikke fremgå i ALTRANS.

PETRA bygger også på turkæder, men her antages det, at personerne kan sammensætte sin daglige rejseaktivitet på forskellige typer af turkæder.

Den anden væsentlige forskel vedrører selve beregningen af transportarbejdet. I den nyeste version af ALTRANS modellen anvendes en tilsvarende struktur som den, der er anvendt i PETRA. Der tages således udgangspunkt i en traditionel nested logit formulering hvor de alternative destinationer udgøres af tilfældigt samlede destinationzoner fra rejsens udgangszone. I den første udgave af ALTRANS blev der udviklet en delvist kontinuert og diskret model, som behandler modal-split og rejselængde under et. Erfaringer og strukturen af de to ALTRANS modeller vil blive diskuteret i detaljer i kapitel 5.1 samt i bilag. Specielt vil der blive lagt vægt på at forklare hvorfor ALTRANS modellen i sin endelige form er omlagt til en traditionelt nested destinationsmodel.

En del af de begrænsninger og problemer, som kendetegner modellen er i sidste ende et spørgsmål om mængden, detaljeringsgraden og kvaliteten af data. Indledningsvis er der grund til at påpege, at specielt bilejerskabet er svagt funderet i data. Golob et al. (1995) påpeger, at der dels er en klar tendens til at forskellige typer af husholdninger vælger forskellige typer af biler, men at der også er en betydelig variation i antal kørte kilometer fordelt på disse typer. I TU-data findes kun oplysning om bilens alder, hvilket betyder, at vi har meget få variationer mellem de enkelte familiers valg af bil.

I modelstrukturen er modellen for bilejerskabet betinget af det årlige transportarbejde fordelt på transportmidler. Som sådan bestemmes en del af de potentielle effekter på bilejerskabet indirekte gennem en ændret efterspørgsel. Det er dog klart, at visse attributter, som indkomst og faste omkostninger, har direkte betydning for nytten ved at have bil. Det er imidlertid oplagt, at bilejerskabet, ikke mindst i de senere år, er stærkt knyttet til valg af husholdningens lokalisering såvel som lokaliseringen af arbejdspladserne. Da modellen ikke behandler valg af lokalisering er vi ikke i stand til at analysere dette samspil nærmere. Det skal dog pointeres at udvidelsen til også at kunne behandle lokaliseringer, er ganske vanskelig. Dels fordi det vil være et helt nyt datagrundlag, og dels fordi man modelmæssigt befinder sig på et noget andet område. Dette arbejde er imidlertid igangsat som et selvstændigt Ph.d.-projekt og det forventes derfor at det på et senere tidspunkt vil være muligt at udvide modellen i denne retning.

1.3 Modelformulering

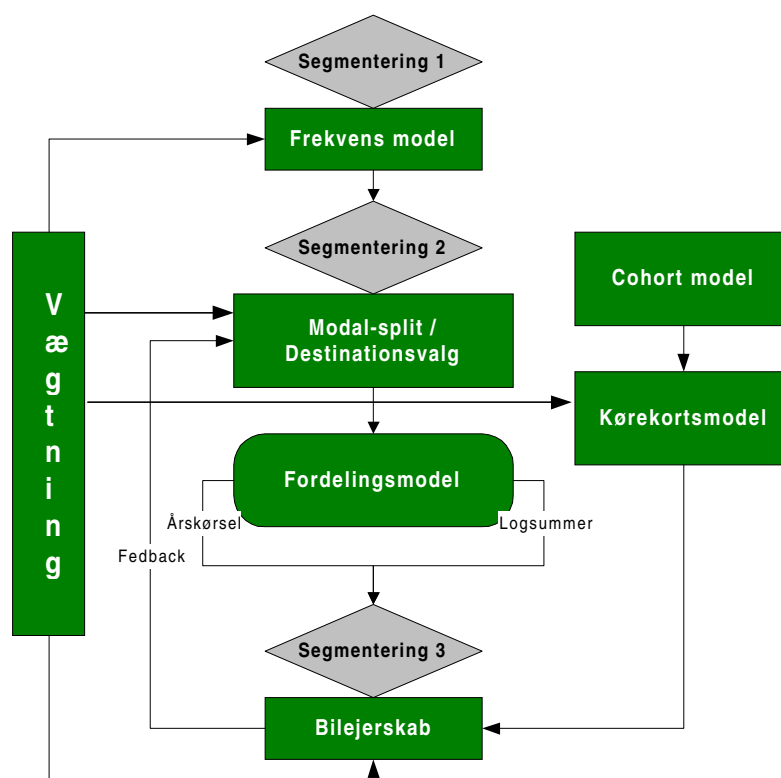
Kernen i ALTRANS består af en række matematiske/stokastiske adfærdsmodeller. Disse submodeller er mikrobaserede og tager dermed udgangspunkt i individernes individuelle præferencer udtrykt ved en nyttefunktion. Herudover er der en række procedurer, som primært behandler eller konstruerer data for adfærdsmodellerne.

Der er 7 delmodeller:

1. Vægtmodel
2. Frekvens model
3. Model for valg af transportmiddel og destinationer

4. Fordelingsmodel
5. Cohort model
6. Model for kørekorthold
7. Model for bilejerskab

Modellerne ovenfor er nævnt i den rækkefølge, hvor de indtræder i modelkomplekset, og da strukturen i store træk er sekventiel giver listen et rimeligt billede af modellen. Ovenstående liste fokuserer på modeller og ikke på databehandling. Forud for hver model er der typisk en omfattende databehandling. I Figur 1-5 er modelkomplekset vist inkluderet model-flow og den væsentligste databehandling.



Figur 1-5 Overblik over adfærdsmoduler i ALTRANS.

Det skal nævnes, at den her udviklede version af ALTRANS ikke indeholder en frekvensmodel, der angiver, hvor ofte der rejses. I stedet antages den eksisterende frekvens fastholdt i modellen. Vi vælger imidlertid at inddrage og beskrive sub-modulet, som vi mener det vil kunne behandles. Dette sker særskilt i kapitel 4.

Modellen for transportmiddelvalg og destinationer er formuleret som en nested logit model med 2 niveauer. Det første niveau bestemmer destinationer og det næste transportmiddelvalget. I destinationsvalget præsenteres hvert individ kun for et begrænset udsnit af mulige destinationer. Disse destinationer er fundet ud fra en stratificeret sampling betinget på rejsens udgangspunkt. Dette betyder i praksis, at vi for en simpel tur mellem hjem og arbejde vil sample en række zoner indenfor kommunen (relativt til hjemmet), en række zoner indenfor et arbejdsopland (også relativt til hjemmet) og endeligt en

række zoner fra resten af landet. For transportmiddelvalget skelnes der mellem 4 transportmidler: Let trafik (cykel og gang), kollektiv trafik (bus, tog samt S-tog), bil som fører (inklusive motorcykel og taxikørsel) samt bil som passager. Grundlæggende vil valgsættet variere over individer for at tage højde for, at ikke alle personer kan anvende alle transportmidler. Eksempelvis skal man have kørekort for at køre bil og den kollektive trafik fordrer, at der findes forbindelser indenfor en vis nærhed. Modellen behandles i kapitel 5.

Modellen for bilejerskab er ligeledes en nested logitmodel med 2 niveauer. Det første niveau bestemmer hvorvidt familien har bil. Det andet niveau bestemmer, hvorvidt bilejerne har 1 eller 2 biler. Bilejerskabet bestemmes som tidligere omtalt på grundlag af bl.a. familiens samlede årskørsel i bil. Efterspørgslen efter transportarbejde skal derfor skaleres op til henholdsvis familie- og årsniveau. Alternativt kan man anvende log-summer, som i forbindelse med logitmodeller kan vises at være ækvivalent med den forventede nytte af en given valg-konfiguration. I den herværende konstruktion er det dog mere naturligt at anvende den faktiske estimerede efterspørgsel. Modellen for bilejerskab behandles i kapitel 7.

Selv om strukturen overvejende er sekventiel, er der dog den væsentlige undtagelse, at bilejerskabet tilbagekobles til destinationsmodellen. Dette sker for at re-simulere valg af transportmiddel og destination med et nyt bilejerskab.

Kørekortsmodellen estimeres forud for bilejerskabet og generelt antages husstanden kun at kunne efterspørge det antal biler, som antallet af kørekort rækker til. Det vil sige at en husstand med ét kørekort maksimalt kan efterspørge én bil. I den forstand kan man sige at kørekortsmodellen samt kohortmodellen udelukkende påvirker bilejerskabet gennem ændringer i den enkelte husstands potentielle valgsæt.

Cohortmodellen behandler de dynamiske ændringer i befolkningens kørekorthold: Det at ældre kvinder med lavt kørekortshold efterhånden uddør og udskiftes med unge kvinder med et højere kørekortshold. Cohortmodellen estimerer for et givet prognoseår bestanden af kørekort. Modellen bestemmer med andre ord det aggregerede forventede antal kørekort i et givent år. Kørekortsmodellen fordeler efterfølgende det estimerede antal kørekort ud på husstande og disses medlemmer ud fra den indirekte nyttefunktion, således at de, der har størst nytte, først får tildelt 'nyt' kørekort. Modellerne er omtalt i kapitel 6.

Forud for modelestimeringen går i en vægtmodel en opvægtning af datagrundlaget fra interviewpersonerne til hele befolkningen. En anden ting, som fremgår af Figur 1-5 er, at hver adfærdsmodel er knyttet til en segmentering. Dilemmaet i forbindelse med sådanne stratificeringer eller segmenteringer er at de på den ene side udtynker data, men på den anden side kan være et redskab til at undgå strukturelle skift på tværs af delset af data. Opvægtning og segmenteringer diskuteres i kapitel 3.

I kapitel 8 berører vi endelig modellens scenarieteknik. På grund af random samplingen er det ikke muligt blot at kigge på de simple elasticiteter som softwarepakkerne per automatik udskriver. For at få korrekte marginale ændringer må vi relatere eventuelle scenarier til et neutralt grundscenarie.

1.3.1 Nytteteori

Den grundlæggende antagelse for alle adfærdsmodellerne er, at individernes nytte ved et givent valg kan approksimeres gennem en indirekte nyttefunktion.

For at være specifik defineres nu en nyttefunktion for individ n som

$$U_n = U_n(q_1, \dots, q_k) \quad (1-1)$$

Nytten er en funktion af mængder af goder q_1, \dots, q_k . Herudover er forbrugeren underlagt en budgetrestriktion der kan skrives som:

$$\sum_{i=1}^k p_i q_i \leq Y \quad (1-2)$$

Her angiver p_i prisen på det enkelte gode og Y individets samlede indkomst. I forbindelse med anvendelser indenfor trafikadfærd antages fire basale ting om den ovenstående forbrugssituation:

1. Individerne nyttemaksimerer.
2. Den faktiske nytte kan udtrykkes som en indirekte nytte eller proxy nytte ved de valg der ønskes modelleret.
3. Der er et endeligt og fælles sæt af goder.
4. Individuelle variationer kan behandles ud fra et endeligt og fælles sæt af socioøkonomiske variable.

Den grundlæggende antagelse er, at ethvert individs nytte kan dekomponeres i en deterministisk og en stokastisk del. Holdt i meget simpel notation er nytten ved at vælge alternativ m for individ n givet ved

$$U_{n,m} = V_{n,m} + \varepsilon_{n,m} \quad (1-3)$$

Her angiver $U_{n,m}$ et nyttemål og $V_{n,m}$ den tilhørende indirekte nyttefunktion. At respondenter nyttemaksimerer vil sige, at individ n vælger alternativ m hvis og kun hvis $U_{ri} > U_{si} \forall s \neq r$. Herved har vi, at

$$\begin{aligned} P_n(m) &= P_n(V_{n,m} + \varepsilon_{n,m} \geq V_{n,i} + \varepsilon_{n,i}, \forall i \in M_n) \\ &= P_n(\varepsilon_{n,i} - \varepsilon_{n,m} \geq V_{n,m} - V_{n,i}, \forall i \in M_n) \end{aligned} \quad (1-4)$$

Ved at opstille forskellige betingelser for det stokastiske fejlded kan vi opstille forskellige diskrete valgmodeller. En anvendelig familie af

modeller - logitmodeller - fremkommer ved at antage, at fejleddet er Gumbel fordelt med varierende krav til kovariansen².

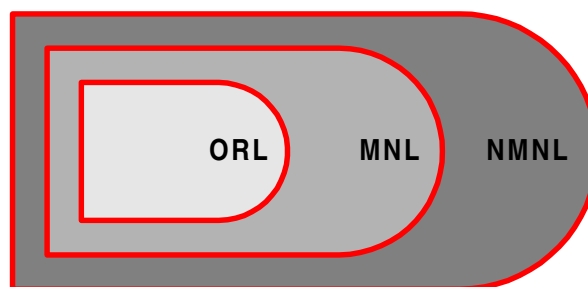
Den simplest mulige model (den multinomiale logit model eller kort MNL) fremkommer ved i (1-4) at antage, at $\varepsilon_{n,m}$ er uafhængig identisk Gumbel fordelt for alle n, m . Modellen for sandsynlighedernes spredning er givet ved

$$p_n(m) = \frac{e^{V_n(m|x\beta)}}{\sum_{m \in M_n} e^{V_n(m|x\beta)}} \quad (1-5)$$

Herved bemærkes det at V_n nu er opskrevet som en betinget funktion af eksogene variable \mathbf{x} med tilhørende parameter vektor β .

1.3.2 Logitmodeller

Alle anvendte valgmodeller er grundlæggende specialtilfælde af den nastede logit model, som igen kan vises at være indeholdt i familien af GEV modeller. Af de ordinære logit modeller findes tre modelstrukturer. Disse tre typer af modeller er som det fremgår af nedenstående Figur 1-6 naturligt nastede i hinanden. Altså, ordinære response logit (ORL) modeller er specialtilfælde af multinomiale logit (MNL) modeller som igen er specialtilfælde af nastede multinomiale logitmodeller (NMNL) modeller. Endeligt, for at slutte cirklen tilhører NMNL modeller en mere generel familie af generaliserede ekstrem værdi (GEV) modeller som vist af McFadden (1978). Den sidste type af modeller anvendes ikke her og skal ikke omtales yderligere.



Figur 1-6 Nestning af forskellige logit modeller

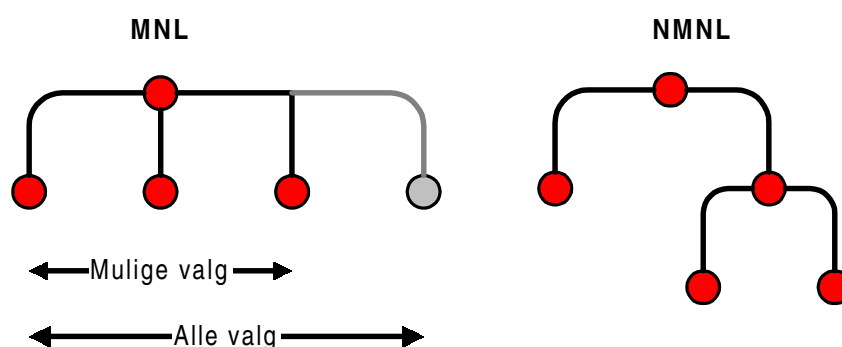
ORL modellen er den simpleste logit model. I modellen antages det at der eksisterer en entydig kontinuert variabel som, eksempelvis for hver husholdning kan repræsentere tilbøjeligheden til bilhold. Hvis denne hypotese holder, vil modellen være at foretrække i forhold til den normale MNL model, fordi man pådrager et tab i efficiens ved at negligere denne information. Modellen har blandt andet været afprøvet empirisk på bilejerskab af Bhat og Pulugurta (1994). I artiklen konkluderes det at ORL modellen, eftersom den ikke tillades at have alternativ specifikke variable, har en utilfredsstillende måde at behandle elasticitetseffekter på. Prognoser gennemført med udgangs-

² Se Dalgaard (1997) for en generel udledning af de forskellige typer logitmodeller.

punkt i en normal MNL model er derfor langt at foretrække fremfor ORL prognoser.

Den ordinære logit model (MNL) er den mest anvendte model for problemstillinger, der inkluderer diskrete valg. Modellen præsenteres ofte som et fladt beslutningstræ, hvor alle beslutninger er side-stillede og bestemmes entydigt af den enkelte families indirekte nyttefunktioner.

Den nestede logit model er en generalisering af MNL modellen. Modellens fejlede dekomponeres i beslutningstræer således at forskellige beslutningstræer har forskellig varians. Ved denne dekomposition undgår man oftest IIA³ problemer i MNL modellen. Strukturen af MNL og NMNL modellen ses nedenfor i Figur 1-7.



Figur 1-7 Model struktur for MNL og NMNL modeller

Forskellige typer husstande og individer vil typisk ikke have samme valgmuligheder. I en række tilfælde vil et individ ikke opfylde bestemte krav, som er forbundet med et alternativ. Eksempelvis vil en person på 17 principielt set ikke have mulighed for bilkørsel. Af denne grund vil valgsæt variere over individer og oftest være et subset af det universelle valgsæt, som illustreret med den "grå" afstikker ovenfor. I de respektive kapitler for bilejerskab og transportmiddelvalg modellen nævnes hvorledes valgsættene er organiseret.

1.4 Sammenfatning

Kernen i ALTRANS består af en række matematiske/stokatiske adfærdsmodeller. Disse submodeller er mikrobaserede og tager dermed udgangspunkt i individernes individuelle præferencer udtrykt ved en nyttefunktion.

De centrale modeller er:

1. Model for valg af transportmiddel og destinationer
2. Cohortmodel og model for kørekorthold
3. Model for bilejerskab

Herudover er der en række procedurer og delmodeller, som primært behandler eller konstruerer data for adværdsmodellerne. Disse

³ Egenskab, der bevirker at resultatet af en sammenligning mellem to alternativer er uafhængigt af alle andre. Opstår sædvanligvis, hvis alternativer i et valgsæt ligner hinanden i modelmæssig forstand.

spænder fra udvikling af ekspansionsfaktorer baseret på prototypisk samplig enumeration til samplingsprocedure i destinationsvalget. I rapporten beskrives yderligere kort en simpel frekvensmodel, der dog ikke er implementeret i modelkomplekset, da den viste sig utilfredsstillende på grund af manglende data. En mere tilfredsstillende måde at håndtere frekvenser vil være en aktivitetsbaseret tilgang, men det ligger ud over dette arbejds formål.

2 Databeskrivelse og databehandling

Den primære datakilde er TU-data, som er en fortløbende telefoninterview undersøgelse. Der foreligger brugbare interviews fra primo 1995 til medio 1999. Fra opsamlingen, som foregår i Danmarks Statistik, til at data foreligger i en anvendelig form er der imidlertid et betydeligt tidrum og derfor anvendes i den pågældende model kun 3 års data fra 1995-1997. Udover TU-data indgår der også i modellen registerdata fra Danmarks Statistik, omkostningsdata delvist opsamlet på baggrund af oplysninger fra de enkelte busselskaber samt fra FDM og endelig GIS data, der er konstrueret på DMU.

2.1 Geografisk repræsentation

Den geografiske repræsentation er illustreret i Tabel 2-1 nedenfor. Den fundamentale enhed er TU-zonen hvis gennemsnitlige størrelse varierer væsentligt fra by til land. Konstruktionen af disse zoner er gennemført således at hver samlet bebyggelse med et indbyggertal på 200 personer eller derover er repræsenteret i zonestrukturen. I data findes underopdelte byer: Århus, Odense, Ålborg, Esbjerg, Vejle, Randers, Kolding, Horsens, Næstved, Roskilde og Helsingør. Hovedstaden er inddelt i kommuner og underopdelt i zoner. I Tabel 2-1 er antallet af zoner fordelt på landsdele.

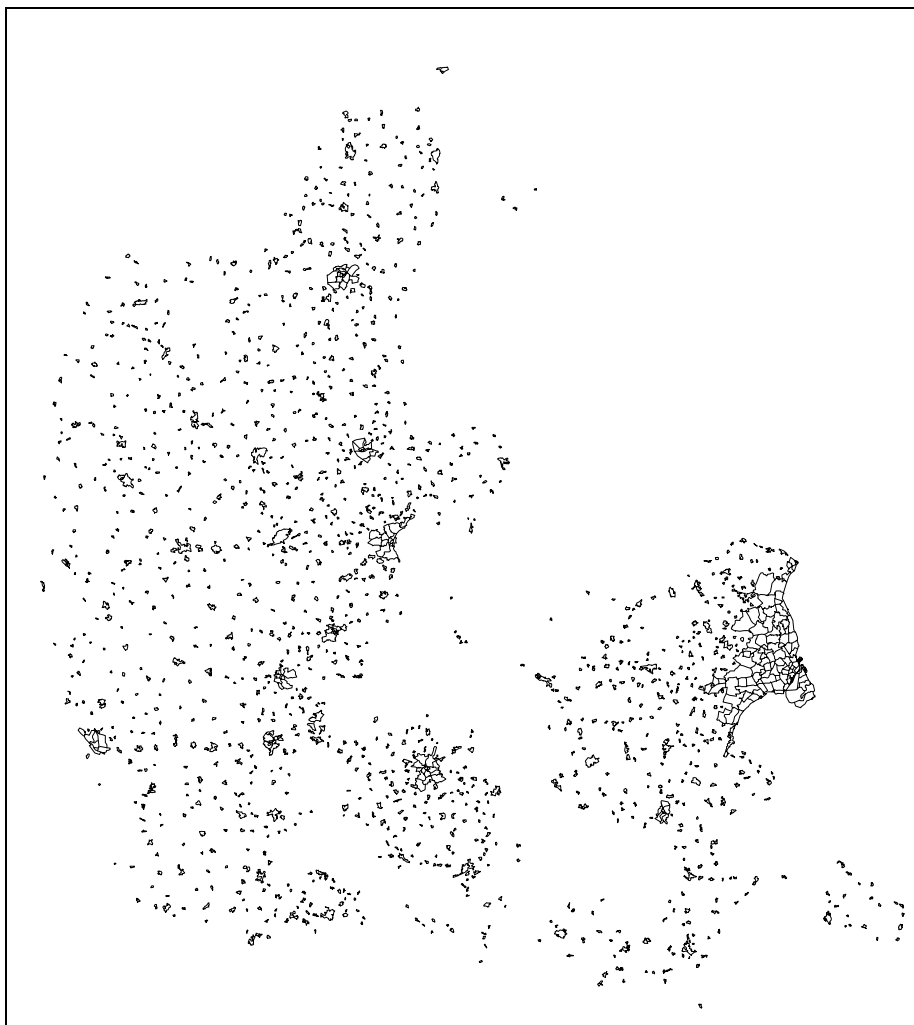
Tabel 2-1 Oversigt over TU-zoner

	Samlet område areal (km ²)	Antal zoner	Gns. zoneareal (km ²)
Sjælland	1398	426	3,28
Jylland	1214	942	1,29
Fyn	234	175	1,33
Danmark	2.965	1564	1,90

Det bemærkes, at det samlede areal af zonerne er større for Sjælland end Jylland, hvilket skyldes en stor andel af de mindre zoner i Jylland. De individer som bor i deciderede landområder, dvs. byer under 200 indbyggere ifølge definitionen fra Danmarks Statistik, henføres til den nærmeste by. Primo 1996 udgjorde denne del 14,85% af den samlede befolkning og der er derfor tale om en betydelig del af transportarbejdet.

Rejser mellem landsdele udgør i det til rådighed værende datasæt en relativ lille andel, om end denne siden er vokset betydeligt med åbningen af Storebæltsforbindelsen. I ALTRANS indgår disse rejser principielt på lige fod med alle andre rejser. I praksis vil disse rejser dog forsvinde på baggrund af fravalg på turlængden. ALTRANS er ikke udviklet med henblik på at kunne beskrive lange rejser (rejser > 100 km). Disse rejser vil erfaringsmæssigt være motiveret forskelligt fra de kortere rejser og derfor vil det være nødvendigt med en sepa-

rat model for disse rejser. Det skal nævnes, at 100 kilometersgrænsen er for enkelt rejser og derfor kan transportarbejdet for en triangulær turkæde principielt gå helt op til 300 kilometer.



Figur 2-1: Geografiske zoner i ALTRANS med den i projektet anvendte zoneinddeling.

Det fundamentale datasæt er TU-datasættet. I den foreliggende udgave interviewes personer i aldersintervallet fra 16-74 år. Udvælgelsen og interviewene, der varetages af Danmarks Statistik, foretages tilfældig og med telefon. Gennemsnitligt interviewes omkring 1100 personer pr. måned. Data er indgående beskrevet i Christensen (2000).

Data opsamples på turdagbogsform, hvor individerne udspørges om rejseaktiviteten den foregående dag. I data er der en række forskellige typer variable hørende til henholdsvis:

- Familien
- Individet
- Kæden
- Turen

Indkomst er et eksempel på en variabel, der findes på både familie- og individ-niveau. Kæder er defineret som et sæt af ture, der starter og slutter samme sted. I relation til kæderne findes en række variable, der definerer kædens hovedformål og hovedtransportmiddel. Hovedformålet defineres som det formål, der er relateret til destinationen længst væk fra udgangspunktet. Hovedtransportmidlet er defineret som det transportmiddel, der anvendes på flest kilometer i kæden. De enkelte ture har tilordnet rejsetider og omkostninger.

2.1.1 Repræsentativitet

En forudsætning for at anvende data direkte til efterfølgende konsekvensanalyser for befolkningen er, at dette udsnit i en vis forstand er repræsentativt for de 99,645% af befolkningen, der ikke er blevet interviewet. Dette er typisk ikke tilfældet og heller ikke i tilfældet med TU-data. Måden data er opsamlet på vil næsten altid afspejle visse skævheder. Ved telefon interview vil eksempelvis yngre mennesker oftest blive underrepræsenteret fordi de i højere grad en gennemsnittet er væk fra boligen. Et andet eksempel er at arbejdsløse opholder sig mere hjemme end individer med fuldtidsarbejde og derfor er det nødvendigt at vægte data. Det vender vi tilbage til i afsnit 3.3

2.2 Eksogene variable

I statistiske modeller vil man ofte skelne mellem endogene og eksogene variable. De endogene variable bestemmes internt i modellen og er betinget af de eksogene, som omvendt er fastlagt "udefra". De eksogene kan yderligere opdeles i scenariovariable og de resterende eksogene refereres blot til som eksogene. Forskellen er, at scenariovariable er en slags styrbare variable, som hver især repræsenterer et politisk instrument. Et eksempel på en scenario-variabel er benzinen hvorimod individers alder er en eksogen variabel.

Table 2-2 Eksempler på Zone- og familiespecifikke variable

Zonespecifikke variable	Familiespecifikke variable	Individspecifikke variable	Kædespecifikke variable
Attraktioner	Familieindkomster	Køn	Monetære omkostninger
Buskilometer	Antal børn	Alder	Hovedformål
Gennemsnitlig ventetid	Urbaniseringsgrad for bopæl	Erhvervsmæssig stilling	Køretid
	Familietype	Antal arbejdsdage	Ventetider og Skiftetider
	Familiestruktur	Andel af familieindkomst	Afstand mellem zoner
	Gåafstand til bus eller station	Kørekort	Tidspunkt

De eksogene variable hørende til modellen for destinationsvalg og modal-split kan henføres til en række kategorier, og det er i den forbindelse væsentligt at gøre sig klart, hvad der forklarer henholdsvis destinationsvalg og modal-split. I Tabel 2-2 er alle variable rubriceret efter type.

De zonespecifikke variable, der dels vedrører betjeningen med kollektiv trafik og dels attraktioner, som er motivet til at rejse, behandles nærmere i afsnit 2.4 og 2.5.

Familietyper er i TU opgjort som

- Fritliggende parcelhus
- række- eller kædehus
- etagebolig
- landbrugsejendom
- kollegium og andet

Familiestruktur som

- enlig uden børn
- par uden børn
- enlig med børn
- par med børn

Med hensyn til de individspecifikke variable er der konstrueret en variabel som angiver den interviewede persons procentmæssige indkomstandel af familien. Alternativt kunne man overveje at bruge en dummy som angiver om personen er "Husholdningens ledende individ" ud fra en indkomstmæssig betragtning.

Stillingskategorierne er et af de svage punkter i TU og specielt de højere uddannelser har en dårlig detaljeringsgrad. Det er eksempelvis ikke muligt at differentiere mellem offentlige eller private ansatte, selvom lønniveauet for disse grupper er forskelligt. Stillingskategorierne er:

- Højere funktionær
- Mellem funktionær
- Lavere funktionær
- Selvstændig landmand
- Selvstændige i øvrigt
- Ufaglært arbejder
- Faglært arbejder
- Arbejdsløs
- Pensionist og hjemmegående
- Studerende/lærling

De kædespecifikke eksogene variable består af rejsens formål og rejsetidspunkt. Desuden er det eksogene variable, der karakteriserer, hvordan en givet rejse kan udføres, nemlig rejsetid, rejseomkostning og afstand. Disse størrelser er beregnet i den geografiske model. Derimod er det en endogen variabel, jf. næste afsnit, der beskriver, hvilken af de mulige rejsekæder, der så rent faktisk benyttes. De kædespecifikke variable, tider og omkostninger vender vi tilbage til i afsnit 2.6 henholdsvis 2.7.

2.3 Endogene variable

I modellen optræder der fire forskellige typer af endogene variable der alle er diskrete:

- Rejsefrekvens
- Transportmiddelvalg
- Destinationsvalg
- Bilejerskab

Disse variable er modellens direkte endogene variable.

Herudover er der en række afledte endogene variable, som ikke direkte bestemmes i adfærdsmodellerne, men som kan afledes efterfølgende. De variable der tænkes på er specielt:

- Årligt gennemsnitligt transportarbejde fordelt på transportmidler
- Størrelsen af bilparken
- Emissioner

Valg af formål og rejsens kombination af kæder er derimod ikke endogene som i PETRA. Ej heller er rejsetidspunktet endogent.

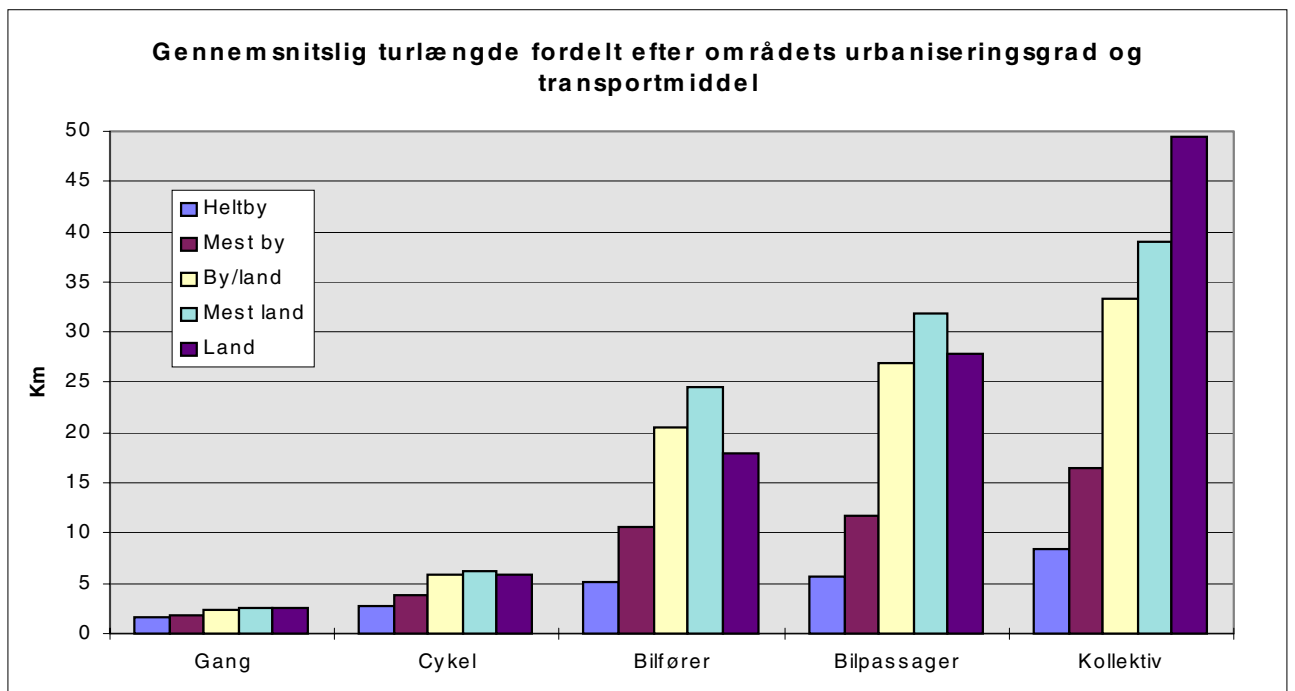
Et væsentligt formål med ALTRANS er i den forbindelse at analysere overflytningspotentialer mellem forskellige transportmidler. Fordelingen for de 4 udvalgte transportmidler ses i Tabel 2-3. Ture med bl.a. fly og færge udgår.

Tabel 2-3 Fordeling af rejser på forskellige transportmidler. Bemærk at rejser under 300 m ikke får tildelt noget transportmiddel og derfor ikke kan medtages i modellen.

Rejser under 300 m	Let trafik	Bilfører	Bilpassager	Kollektiv
10,3%	21,2	47,8%	10,4%	7,1%

Konkurrencen mellem forskellige transportmidler antages at være et resultat af variationer i tid og omkostninger. På korte rejser vil cykel, i kraft af lave omkostninger, kunne konkurrere, mens kollektive rejser og rejser som bilpassager vil udgøre det mest relevante alternativ til bilføreren når rejserne bliver længere. Et umiddelbart problem med de kollektive rejser er det relativt lille antal observationer. Selvom samplet som udgangspunkt strækker sig over 3 år og derfor har en vis størrelse udtynnes det dels fordi en række rejser fravælges og dels fordi data segmenteres i en række subdatasæt. Det er derfor vigtigt at denne segmentering tilgodeser et vist minimum af kollektivrejser.

Destinationsvalget er en anden central variabel som bestemmes endogent. Destinationsvalget har betydning når vi ønsker at fastlægge det samlede transportarbejde, fordi der for hvert destinationsvalg genereres en afledt rejselængde. Det er kombinationen mellem belægningsgrader og transportarbejde som i sidste ende leder frem til emissionerne. Længden af turene afhænger udover transportmidler kraftigt af områdets urbaniseringsgrad, som det ses i Figur 2-8.



Figur 2-8 Gennemsnitslig turlængde efter urbaniseringsgrad og transportmiddel

Selvom langt de fleste rejser foregår i tætbebyggede områder giver de i kraft af deres ringe længde et relativt mindre bidrag til det samlede trafikarbejde.

Endelig er rejsefrekvensen i princippet en endogen variabel, der skal bestemmes i frekvensmodellen. Denne model er dog ikke implementeret i ALTRANS, hvorfor variabelen ikke indgår.

2.4 Attraktioner

Attraktioner er i modelmæssig forstand den egentlige drivkraft bag rejser. Hvis ikke attraktioner eksisterer er der intet incitament til at foretage den pågældende tur.

Sættet af attraktioner er genereret på baggrund af registerdata fra Danmarks Statistik. De forskellige typer er opstillet i Tabel 2-4.

Tabel 2-4 Attraktioner i Danmarks Statistiks registerdata.

Variabel	Indhold / beskrivelse
Landbrug	1. Landbrug
Fremstilling	2. Fremstilling
	3. Energi- og Vandforsyning
Bygge- og anlæg	4. Bygge og anlægsvirksomhed
Handel1	5. Handel med biler m.v.
	6. Autoreparationer
	7. Servicestationer
	8. Apoteker, parfumerier, materialister m.v.
	9. Detailhandel
	<ul style="list-style-type: none"> • Beklædning, fodtøj m.v. • Boligudstyr, husholdnings apparater, m.v. • øvrige specialvareforretninger
Handel2	10. Engroshandel
	<ul style="list-style-type: none"> • Korn • Næringsstof • tekstiler • træ • Øvrige råvarer • Maskiner
	11. Agentur og engroshandel
	12. Reparationer af husholdningsapperater m.v.
Handel3	13. Supermarkeder, Kolonial og lignende.
	14. Specialforretninger med fødevarer
	15. Varehuse og stormagasiner
Hoteller	16. Hoteller
	17. Restauranter m.v.
	18. Forlystelse, kultur og sport.
Transport	19. Transport, post og telekommunikation.
Banker	20. Pengeinstitutter
	21. Læger, tandlæger, dyrlæger m.v.
Finans	22. Finansieringsvirksomhed og forretningservice undtagen banker.
Offentlig administration	23. Offentlig administration
	24. Offentlig sektor administration
	25. Forsvar, politi, retsvæsen
	26. Renovation
	27. Organisationer og foreninger
	28. Anden servicevirksomhed
Skoler	29. Folkeskoler m.v.
	30. Sociale institutioner for børn og unge
Hospital	31. Hospitaler
	32. Sociale institutioner for voksne
Gymnasier	33. Gymnasier, erhvervsfaglige skoler
	34. Videregående uddannelsesinstitutioner
	35. Voksenundervisning

Attraktionerne er for en stor del bygget op omkring beskæftigelsestal indenfor forskellige brancher. På den enkelte tur afstemmes turens formål og evt. respondentens stillingskategori med den eller de relevante brancher. Der opdeles i formål, stillingskategori, attraktioner samt attraktionsvægte. Attraktionsvægtene bestemmer vægten af den pågældende branche overfor en given stillingskategori. Dette er nødvendigt fordi der ikke er et match mellem stillingskategorier i TU og i de eksisterende registerdata fra Danmarks Statistik.

Først ser vi på ture relateret til arbejde. Det gælder her om at matche den enkelte respondents stillingskategori fra TU med de alternative destinationers beskæftigelsestal indenfor relevante brancher, jvf. Tabel 2-5, der illustrerer et eksempel på dette for ufaglærte.

Tabel 2-5 Arbejdstures attraktions relationer - Ufaglærte

Stilling	Brancher	Branche vægte / Fordeling af ufaglærte på brancher
Ufaglærte	Landbrug	4%
	Fremstilling	29%
	Bygge og anlæg	5%
	Handel, hotel, m.m.	9%
	Transport	10%
	Finanssektoren	5%
	Offentlig adm.	37%

Ud fra kendskabet til antallet af beskæftigede i de forskellige brancher kan vi ved at vægte med branche-vægtene (højre kolonne) beregne en gennemsnits-attraktionsværdi.

For hver stillingskategori gennemføres samme beregning, jvf. Tabel 2-6, således at attraktioner for en given person er resultatet af en komplet vægtning af personens stillingskategori på alle brancher.

Tabel 2-6 Fordeling af stillingskategorier på brancher. Anvendes til at allokere attraktioner i forbindelse med arbejdsture. Kilde: Statistisk Årbog 1997.

Totaler	Selvstændige	Funktionær	Faglærte	Ufaglærte	Beskæft. Lønmodt.
Landbrug	30%	1%	2%	4%	7%
Fremstilling	6%	12%	39%	29%	18%
Byggeanlæg	8%	2%	23%	5%	4%
Hotel	24%	15%	17%	9%	37%
Transport	5%	6%	5%	10%	5%
Finans	13%	14%	4%	5%	12%
Offentlig adm.	8%	50%	9%	37%	17%

I forbindelse med studerendes vej til uddannelseinstitution foreligger der ikke umiddelbart samme detaljerede fordeling. I dette tilfælde anvendes en ad hoc beregning som angivet i Tabel 2-7.

Tabel 2-7 Studerendes attraktion til uddannelsesinstitution. Anvendes kun til studerendes ture til uddannelse.

Studerende	Branche opdeling	Ad hoc branche vægt
Under 19 år	Folkeskoler og sociale institutioner for unge	0,66
	Gymnasier og videregående uddannelser	0,33
19 år eller derover	Gymnasier og videregående uddannelser	0,66
	Hospitaler og sociale institutioner for voksne	0,33

Motivationen for at inddrage hospitaler og sociale institutioner for voksne er, at universitetshospitaler meget ofte rent beliggenhedsmæssigt er tæt knyttet til de højere læreanstalter. Men det er selvfølgelig også et udtryk for at vi på dette punkt mangler gode attraktioner.

I forbindelse med ture, der ikke går til arbejde, indføres en række andre attraktioner som varierer med formål.

Tabel 2-8 Match mellem andre turformål, stillingskategorier og proxier for attraktioner.

Formål	Personer	Attraktions proxier
Hente/bringe	Alle	Totale antal bosiddende i zone
Indkøb	Alle	Detailhandel Supermarkeder og varehuse
Bank og læge m.v.	Alle	Pengeinstitutter, læger m.m.
Besøg, privat møde	Alle	Totale antal bosiddende i zone
Forlystelse og sport	Alle	Hoteller, restauration, forlystelse Folkeskoler
Erhvervsmøde, kunde-besøg, håndværk, erhverv	Alle	Totale antal beskæftigede
Udflugter, sommerhus, gåtur	Alle	Hoteller, restauration, forlystelse

Som man vil kunne se, er en række af de ovenstående koblinger umiddelbart problematiske.

Et problem har været at stillingskategorierne i TU er relativt grove. Eksempelvis er en stillingskategori som funktionær, hvad enten der er tale om lav, mellem eller højere funktionær meget bred.

Det næste problem er, at et formål som fritid og udflugter er vanskeligt at approksimere ud fra kendskabet til antal arbejdspladser og bosiddende indenfor zonerne. Oftest vil man netop på fritidsturene søge ud i rekreative områder, hvor disse tal ligger lavt. Det er tanken, at der på et senere tidspunkt skal udvikles attraktioner for rekreative områder.

I den nærværende udgave anvendes ansatte på folkeskoler m.m. som et alternativt bidrag til attraktionen ud fra den betragtning, at en del rekreative områder som sportspladser, svømmehaller og biblioteker traditionelt er placeret tæt ved skolen.

2.5 Måling af serviceniveau

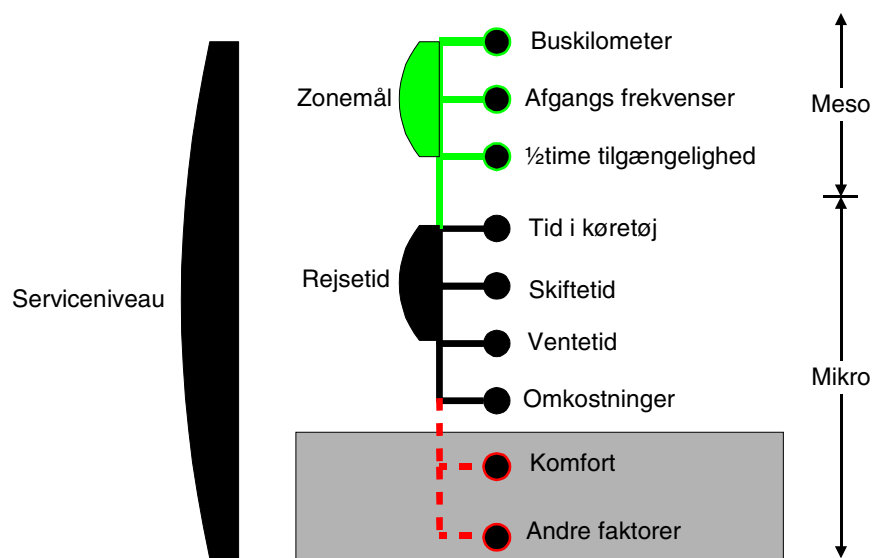
I ALTRANS måles serviceniveauet ud fra tid, omkostninger og tilgængelighed. Med andre ord er dette mål kun en approksimation af det egentlige serviceniveau, idet elementer som eksempelvis komfort og regularitet udelades. Dette er naturligvis en væsentlig svaghed ved kvantitative modeller og det er i den forbindelse vigtigt at forstå på hvilke præmisser og forudsætninger modellen virker.

Når vi estimerer en model, beskriver vi meget kort fortalt det vi observerer. Vi forudsætter i den forbindelse, at modellen er drevet af en data-genererende-process (DGP), som vi kender.

I kvantitative modeller af den ovenstående type negligeres elementer som komfort, hvilket betyder at drivkræfterne i DGP'en for en vis del ikke er de som vi umiddelbart forudsætter. Med andre ord, hvis vi ændrede komfort drastisk i alle kollektive transportmidler ville dette ikke ændre modellen selvom dette oplagt ville påvirke konkurrenceforholdet og dermed adfærden. En væsentlig antagelse er altså, at holdninger, komfort, livsstil osv. ikke ændrer sig kraftigt over tid. Dette betyder i sig selv, at meget lange tidshorisonter ikke er så troværdige.

En anden konsekvens er, at de estimerede parametre for omkostninger og tid vil være forskellige fra de "ægte" parametre. Hvis man havde et troværdigt mål for komfort på tværs af alternativerne vil en del af konkurrenceforholdet fanges her. Når dette ikke er tilfældet fanges det i omkostnings- og tidsparametrene. Samspillet mellem kvantitative og kvalitative faktorerers betydning er blandt andet behandlet i Rich (1998).

Som det ses i Figur 2-9, skelnes der mellem de servicemål der relaterer sig til zone- eller mesoniveauet og de rent mikrorelaterede servicemål som primært er rejsetidskomponenter. Der vil typisk være en meget høj grad af samvariation mellem eksempelvis afgangsfrekvenser og ventetider, men forskellen er dog den, at ventetiden er beregnet på baggrund af det præcise rejsetidspunkt, mens frekvenserne er et totalt snit over døgnet.



Figur 2-9 Forskellige mål for serviceniveauer i ALTRANS.

Elementerne i den grå boks i Figur 2-6 berøres som nævnt ikke i den kvantitative del af ALTRANS, selvom relevansen for nærmere undersøgelser af disse komponenter er oplagt. I COWI (1995) påvises det, at rejsetiderne generelt har væsentlig større betydning i valg af transportmiddel end diverse komfortparametre. Undersøgelsen berører imidlertid ikke togalternativet overfor busalternativet. En svensk undersøgelse, Kottenhof og Lindh (1995) viser, at tog (antagelig af komforthensyn) generelt vægtes væsentlig højere end bus. Regulariteten (referer til hvor godt den kollektive trafik overholder køreplanerne) er en blandt flere andre faktorer, der ligledes ikke er medtaget i ALTRANS. Denne har imidlertid væsentlig betydning for folks transportmiddelvalg, COWI (1995).

Rejsetiden for den kollektive transport er i modsætning til rejsetiden med bil en kompliceret størrelse eftersom der også forekommer vente- og skiftetider. Denne kompleksitet stiger eftersom tidligere forskning viser at disse komponenter værdisættes forskelligt. I ALTRANS er der gjort forsøg på at separere disse effekter og efterfølgende bestemme, hvorledes de enkelte elementer berører adfærden. Dette har imidlertid vist sig vanskeligt, fordi tidskomponenterne oftest er ganske korrelerede.

De typer servicemål, som er i spil, og hvor nogle er illustreret ovenfor i Figur 2-3 er:

- Kædeniveau
 - Gåafstand til nærmeste bus/tog
 - Ventetid
 - Skiftetid
- Zoneniveau
 - Gennemsnitlig skiftetid
 - Gennemsnitlig ventetid
 - Kollektivkilometer

- ½times tilgængeligheder
- Logsummer
- Afgangsfrekvenser

På grund af den omtalte korrelation mellem de forskellige komponenter i rejsetiden har ventetider været forsøgt modelleret som en generel tilgængelighedsparameter. Denne er konstrueret ud fra ventetider på zone-niveauet, der siger noget om den givne zones gennemsnitlige ventetid på et givent tidspunkt. Hvor det har været muligt, har ventetiden dog indgået direkte som en separat tidskomponent.

De gennemsnitlige vente- og skiftetider for de enkelte ture er beregnet som gennemsnittet af ventetiden henholdsvis skiftetider, for alle ture der går ind og ud af den pågældende zone. Disse størrelser rummer selvsagt mindre information end de oprindelige vente- og skiftetider, men anvendes hvis disse ikke er til rådighed.

Gåafstanden til nærmeste bus/tog er en interviewvariabel fra TU. Problemet kan være at bilister ikke kender den præcise gangafstand og typisk overvurderer afstanden. Desuden er en fejlkilde, at det nærmeste stoppested ikke nødvendigvis er det anvendte til den pågældende rejse.

Kollektivkilometer er beregnet som samlet antal døgnkilometer på vejnettet inden for en radius af 10 km.

"½ times tilgængelighed" er et specielt tilgængelighedsmål, der er defineret som den mængde attraktioner der fra den pågældende zone kan nås indenfor et tidsrum på ½ time. Disse variable er endnu ikke implementeret i modellen.

Fordelingen af transportmidler på forskellige kvartiler for buskilometer-variablen ses i Tabel 2-9.

Tabel 2-9 Transportmidlers fordeling på forskellige niveauer for antal buskilometer pr. km

Buskilometer kvartil	Kollektiv	Cykel	Bilfører	Bil passager
0-25%	11,8%	12,09%	30,68%	31,62%
25-50%	18,12%	19,61%	27,60%	27,36%
50-75%	27,46%	29,51%	23,79%	22,79%
75-100%	42,62%	38,80%	17,93%	18,22%

Det er oplagt at variationen i kollektiv andelen hænger tæt sammen med kollektivkilometer antallet. Men også at cykelafstanden varierer tilsvarende.

2.6 Rejsetider og -afstande

Selvom rejseafstande er angivet i TU interview, benyttes i modellen beregnede afstande og tider, fordi disse også er nødvendige for alle alternative rejsemål.

I den geografiske model beregnes køretid, skiftetid og ventetid for den hurtigste rute mellem start- og slutpunkt på det givne starttidspunkt. Da TU-data kun angiver rejsetidspunktet på timeinterval, bliver hurtigste rejse lidt tilfældig valgt. For hver tur beregnes derfor i GIS 4 fiktive ture med et kvarters mellemrum⁴. For hver af disse fiktive ture beregnes nu en køretid $GIS_{i,j,m=kollektiv}^k$ for $k = 1, \dots, 4$. Herefter er der mulighed for enten at vælge en middelværdi eller en mindste værdi. I den aktuelle situation er det valgt at anvende mindsteværdien fordi en række af de fiktive køretider er urimeligt høje og derfor udenfor det realistiske niveau.

$$\min \left\{ GIS_{i,j,m=kollektiv}^1, \dots, GIS_{i,j,m=kollektiv}^4 \right\}$$

Minimum repræsenterer således en bedste rute i den udvalgte time. For hver enkelt tur anvendes køretiden og ventetiden som mål for transporttiden. Dette princip har oplagt konsekvenser for skiftetiden, hvis signifikans som tilgængelighedsmål er kraftigt reduceret.

De interne zonerejser, som udgør op imod 30% af alle rejser, kan ikke behandles af den geografiske model, fordi dette er under modellens mindste opløsningsniveau. Det bedste bud på den interne zoneafstand for zone i benævnes \bar{L}_i . Ved bestemmelsen antages alle zoner at være cirkelformede.

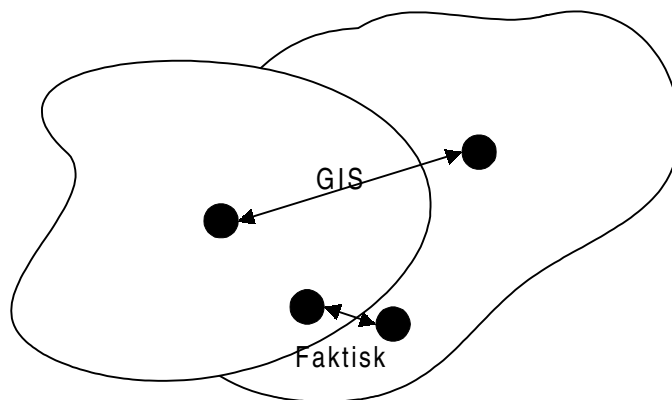
Desuden antages, at middelturlængden er middelværdien for alle vektorer, der er indeholdt i cirklen. Det kan vises, at

$$\bar{L}_i = 0,5209 \sqrt{Areal} \quad (2-1)$$

Hvis det observerede transportarbejde sammenholdes med \bar{L}_i ses betydelige afvigelser, hvorfor det er valgt at skalere alle afstande, samt rejsetider fra GIS med en faktor. Dette er en simpel løsning, som sikrer, at estimaterne er konsistente på et aggregeret niveau med det observerede.

De GIS beregnede rejsetider er konstrueret ud fra zone til zone relationer og kan derfor være relativt upræcise. Dette kan tilskrives unøjagtigheder i detaljeringsgraden, som har en systematisk natur. Dette er illustreret i Figur 2-10 og skyldes at rejserne ikke foregår fra zonecenter til zonecenter, men mellem andre mål i zonerne.

⁴ Der kan vælges mellem forskellige intervaller mellem de beregnede rejser. fire er valgt for at reducere beregningstiden, selv om en mere optimal løsning ville være fem eller flere beregninger, hvorved der indgår sammenfald med kvarter- og halvtimestid



Figur 2-10 Forskel mellem faktisk rejselængde og GIS beregnet længde.

Rutevalget, som foregår i yderområder i zonerne, foregår typisk ad mindre og snørklede veje, og det umiddelbare resultat er, at afstande såvel som rejselængder i GIS-modellen bliver væsentligt kortere end de er i virkeligheden. Ved at sammenholde de beregnede afstande i GIS med de i interviewene angivne afstande er det muligt at få en nogenlunde præcis fornemmelse af størrelsesordenen af denne fejl (Tabel 2-10).

Tabel 2-10 Sammenligning af det oplyste og det beregnede transportarbejde for rejser mellem zoner.

	Observeret	GIS beregnede
Eksternt transportarbejde	1087513	964574

Af tabellen kan det aflæses at afvigelsen mellem observeret og GIS beregnede afstande (aggregeret set) afviger systematisk med $(1087513/964574=) 1.1274$. Med andre ord er beregnede ture omkring 13% kortere end de observerede.

Også for de eksterne ture vælger vi derfor at skalere afstande og tider, således at de på et aggregeret niveau er konsistente med den observerede middelværdi.

For at formalisere er køretiderne for de forskellige transportmidler givet ved

$$tid_m = \begin{cases} GIS_{i-j,m} & i \neq j \\ \bar{L}_i \frac{60}{H_m} & i = j \end{cases} \quad (2-2)$$

Hvor $GIS_{i-j,m}$ angiver den GIS beregnede rejsetid mellem zone i og j for transportmiddel m , hvor $m = \{Kollektiv, bilfører, bilpassager\}$.

H_m angiver hastigheden for transportmiddel m . H_m afhænger af personen og er beregnet som gennemsnit baseret på en stratificering efter urbaniseringsgrad, alder, køn, m.m.

For $m = \{\text{Cykel, gang}\}$ vil rejsetiden altid være givet ved

$$tid_m = \begin{cases} L_{i-j,m} \frac{60}{H_m} & i \neq j \\ \bar{L}_i \frac{60}{H_m} & i = j \end{cases} \quad (2-3)$$

hvor $L_{i-j,m}$ er rejselængden beregnet i GIS.

I relation til bilpassager er det vedtaget, at tiden for en bilpassager altid er større end den alternative tid med bil som fører plus et terminalbidrag. Det vil sige

$$tid_{i-j}^{\text{Bilpassager}} \leq tid_{i-j}^{\text{Bilfører}} + \text{terminalbidrag} \quad (2-4)$$

Terminalbidraget er initialt sat til 5 minutter.

2.7 Monetære omkostninger

De monetære omkostninger varierer på transportmidler og er herudover dekomponeret i faste og variable omkostninger. I forbindelse med indførelsen af penge er det nødvendigt at justere de enkelte år i forhold til inflationstaksten. Af den grund er det vedtaget, at alle priser, indkomster og afgifter, der optræder i modellen, regnes i 1993 priser.

2.7.1 Rejseomkostninger for bilister

For bilister skelnes mellem bilfører og bilpassagerer. Her er som nævnt et væsentligt problem fordelingen på passagerer og fører. Oftest vil føreren af bilen få tilordnet omkostningerne, men i nogle tilfælde vil der være tale om fælles kørselsordninger, hvor passagerer enten betaler kontant for at sidde i bilen, eller hvor man skiftes til at køre.

Variable omkostninger

For bilfører regnes en standard omkostning som gennemgås nedenfor. For passagerer beregnes omkostningen som den samme omkostning pr. person, men passageromkostningen fastsættes ud fra et gennemsnitligt antal passagerer i bil.

For passagerer er der en række problemer, der er vanskelige at løse. For det første er mange passagerer i selskab med bilføreren, og udgør derfor ikke en marginal meromkostning. Snarere deler fører og passager omkostningen. For det andet ved vi ikke noget om omkostningen ved at medtage en passager, der har sit eget formål med turen. Således kender vi ikke den omvej bilføreren må køre eller størrelsen af den eventuelle pris der afregnes. Endelig er det alternativ, at blive transporteret som bilpassager noget, der ofte er forbundet med praktiske problemer med koordinering af rejsetidspunkt og -mål.

Beregningen af de variable omkostninger tager udgangspunkt i 3 forskellige omkostningskomponenter:

- Benzinpris
- Befordringsfradrag
- Vedligeholdelsesomkostninger

Oprindeligt var det tanken at anvende bilens alder til at beskrive omkostningerne. Herved får man i et vist omfang fat på den betydelige variation, der er mellem de forskellige bilmærker og deres respektive ejere. Fremgangsmåden er dog ikke hensigtsmæssig i en prognose situation, fordi der ikke er nogen let måde at fremskrive bilens alder for den enkelte familie og dermed omkostningerne.

I ALTRANS anvendes derfor, som i PETRA, et simpelt omkostningsmål for biler, som ikke indeholder nogen variation på bilkarakteristika. Fra og med 1998 vil det være muligt at forbedre dette svage punkt i modellerne eftersom betydeligt mere information om bilens karakteristika vil indgå i TU.

Benzinprisen er en vigtig faktor.

Tabel 2-11 Gennemsnitlige benzinpriser for blyfri benzin i den danske detailhandel. Priser er ikke inflations-korrigerede. (Kilde: Danmarks Statistik).

År	Benzinpris
1995	5,86002
1996	6,35018
1997	6,58194

Andre variable og driftsafhængige omkostninger, som reparationer og dæk, er beregnet af FDM.

Tabel 2-12 Andre trafikafhængige variable omkostninger (Kilde: FDM)

	Dæk	Reparationer
Kroner pr. km	0,11	0,34

I forbindelse med udregningen af de variable omkostninger inddrages værdien af et eventuelt skattefradrag på bolig-arbejdssteds-rejser. Eftersom dette fradrag kun træder i kraft, hvis der er længere end 24 kilometer mellem bolig og arbejde vil det kun vedrøre en lille del af rejserne. Tabel 2-13 viser skattefradraget pr. km over en årrække:

Tabel 2-13 Skattefradrag pr. km. (Kilde: Told og Skat)

År	0-24 km	24-100 km	mere end 100 km
1995	0	1,24	0,26
1996	0	1,26	0,28
1997	0	1,31	0,29

Med hensyn til indregningen af fradraget benyttes den i TU adspurgte afstand mellem bolig og arbejde, selv om det burde være den beregnede afstand. Da modellen opererer på kædeniveau er det ved denne fremgangsmåde umiddelbart ukompliceret at indregne transportfradraget. Skatteværdien af fradraget fratrækkes simpelthen den samlede kædeomkostning. Hvis den beregnede afstand skulle benyttes på de komplekse kæder, hvori der indgår arbejde, ville dette blive kompliceret.

Faste omkostninger

De faste omkostninger er vigtige i forhold til bilejerskabet. De faste omkostninger er opdelt som følger:

- Forsikring
- Vægtafgift
- Medlemskab (Falck og FDM)
- Diverse, bilvask, parkeringsudgifter etc.
- Renter
- Afskrivninger

Eftersom der ikke er nogen udspecificering af biltyperne i TU-undersøgelsen er det ikke muligt at fastsætte de faste omkostninger for den enkelte biltype. For de fire første punkter er tal fra FDM benyttet.

Renter og afskrivninger baseres på en gennemsnitsværdi for en bil samt det pågældende renteniveau. Der er tale om en tilnærmet gennemsnitlig årlig omkostning for bilejerskabet.

Tabel 2-14 Faste bilomkostninger i 1996. (Kilde: FDM)

	Forsikring	Vægtafgift	Medlemskab	Diverse
Gennemsnitlig udgift pr. år	9448 kr	2763 kr	1082 kr	1739 kr

Tabel 2-15 Gennemsnitlig salgspris i 1997 på biler fra forskellige årgange. (Kilde: FDM)

Indregistreret første gang	1997	1995	1990	1985
Gennemsnitlig salgspris	188.500	163.500	101.000	38.000

Tabel 2-16 Den finansielle omkostning for en bil fordelt efter årgang. Rentniveauet sat til 5,5%. (Kilde: FDM)

Årgang	Gennemsnitlig pris	Afskrivning	Renter	Total finansiell omkostning
94	151.010	12.490	8.306	20.796
95	163.500	12.490	8.993	21.483
96	176.010	12.490	9.681	22.171
97	188.500	12.490	10.368	22.858

2.7.2 Rejseomkostninger for offentlig transport

Den offentlige transport i Danmark varetages af forskellige trafikskaber i de enkelte amter og kommuner. Dette betyder, at priserne varierer mellem amterne og i nogle tilfælde endog mellem kommunerne.

For at kunne beregne en pris for offentlig transport bliver man nødt til at stratificere på disse forskellige områder. Nøglen til at beregne kørselsomkostningerne vil være kr. pr. km for hver af disse områder. Det er derfor nødvendigt at kende den gennemsnitlige udbredelse af disse takstzoner. Gennemsnits kilometer bredden er fundet ved at tage forholdet mellem areal og antal zoner og derefter forudsætte kvadratiske zoner. For Fyns Amt har det dog været nødvendigt at anvende en fastsat måleenhed på 8. I Storkøbenhavns området er der blevet brugt data fra HT.

For at beregne en pris pr. km er rejsens længde af stor betydning - jo længere rejse, jo billigere pr. km. Der er flere grunde til dette; for det første antages det, at rejsen udgår fra et zone centrum og også ender i et. En rejse over 2 zoner har derfor kun en længde på 1 zone og en rejse på 4 zoner har kun en længde på 3 zoner osv. Denne skævhed vil være af mindre betydning, jo længere rejsen er. Desuden er det ikke muligt at købe en 1-zone billet. Som regel er 2 zoner det mindste antal og 7 zoner maksimum. Den marginale udgift for en tur på over 7 zoner bliver således på 0 kr. En anden årsag kan være, at nogle trafikskaber faktisk giver "tilskud" til de lange ture på bekostning af de kortere ture.

Tabel 2-17 viser hvordan prisen pr. km ændrer sig på tværs af amter og rejselængde.

Tabel 2-17 Gennemsnitlig kilometerpris for offentlig transport i 1995 segmenteret på forskellige trafikskaber og rejselængder. (Kilde: egne beregninger baseret på oplysninger fra diverse trafikskaber).

Trafikskab	5 km	10 km	20 km	30 km	40 km
HT	1,3	0,9	0,7	0,65	0,5
BAT	1,8	1,6	1,2	1,06	0,81
VT	1,7	1	0,8	0,71	0,67
STS	2,1	1,3	0,95	0,85	0,8
Fyns Amt	1.4*	0.94	0.70	0.60	0.54
Odense Kommune	1.4	0.94	0.70	0.60	0.54
VAT	1,5	0,86	0,65	0,6	0,57
SYDBUS	1,25	1,15	0,85	0,75	0,6
RAT	1,75	1,2	0,85	0,75	0,7
Ringkjøbing	1,44	1,18	0,8	0,65	0,6
Århus amt	1,8	1,08	0,77	0,65	0,58
Århus Sporveje	1,55	1	0,53	0,32	0,26
VAFT	1,3	0,8	0,6	0,55	0,52
NT	1,7	0,85	0,72	0,63	0,61
AOS	1,55	1,15	0,98	0,92	0,86

De ovenstående priser er beregnet med udgangspunkt i prisen på et 10-turs kort. Da der typisk mangler information om fordelingen på de forskellige rejsehjemmelstyper i de enkelte busselskaber har det ikke været muligt at fastsætte den aktuelle pris for de forskellige billettyper. I Tabel 2-18 ses fordelingen på forskellige typer rejsehjemmel.

Tabel 2-18 Fordeling af forskellige typer af rejsehjemmel. (Kilde: diverse trafikskaber)

	Almindelig billet	10-tures kort	Månedskort
Hyppeghed	22%	43%	35%

I Tabel 2-19 ses minimum og maksimum priser samt rabattens størrelse ved at anvende forskellig type rejsehjemmel i de forskellige selskabers regi.

Tabel 2-19 Minimum og maksimum priser ved køb af 10-tures kort i forskellige trafikskaber. A kolonnen angiver den % rabat der opnås ved at købe 10-tures kort i stedet for almindelig billet. B kolonnen angiver % rabatten der opnås ved at købe månedskort i stedet for 10-turs kort. (Kilde: diverse trafikskaber)

Trafikskab	Minimum pris	Maksimum pris	A % rabat	B % rabat
HT	7	22	33	35
BAT	6	26,2	25	37
VT	8,5	29,75	43	43
STS	4,68	74,8	22	13
FYN	7*	36*	25	27
SYDBUS	7,3	31,5	35	42
VAT	6,5	39	48	20
RAT	7,4	54,5	35	38
Ringkøbing	7	50	31	25
ÅRHUS amt	9	37	28	41
Århus Sporveje	7,2	10,5		
VAFT	6,8	39	35	20
NT	7,4	44,4	33	32
Aalborg	7,4	44,4		

*Gennemsnit i mangel af bedre.

De to ovenstående tabeller anvendes for beregningen af de monetære omkostninger ved interne amtslige rejser. Først og fremmest tilordnes en minimumsomkostning fra Tabel 2-19 og derefter beregnes ud fra Tabel 2-17 en forventet kilometer-pris for den pågældende turlængde (via regressionsmodel) som endeligt multipliceres med den kørte antal kilometer. Dette regnestykke foretages separat for hvert amt og alle priser.

Disse priser gælder dog kun indenfor det samme trafikskab, så priserne kan ikke anvendes ved amtsoverskridende rejser, da der er en tendens til at længere rejser over flere amter medfører en højere pris. For at simplificere har vi brugt et aggregeret tal på 0,8 kr. pr. km i 1995. Dette tal er tilnærmelsesvis foreneligt med DSB's priser. Tillige er minimumsprisen fastsat til 10 kr, og der er ikke fastsat nogen maksimumspris.

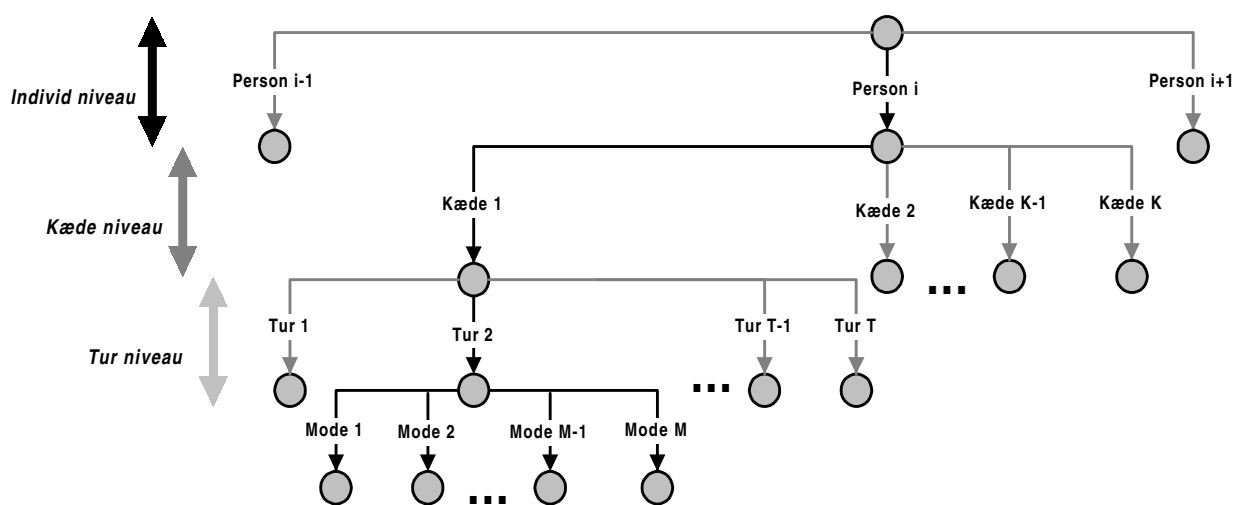
Det bør bemærkes, at det indtil nu kun er bustransport, der er blevet taget i betragtning. Da definitionen af offentlig transport i ALTRANS modellen er baseret på bus- og togtransport, skal togtransporten opgøres på samme måde. Dette er dog ikke et problem; først og fremmest fordi der ikke er nogen nævneværdig prisforskel på rejser mellem amter, som udgør langt den største del af togrejserne, der typisk er længere end busrejserne. For det andet fordi DSB og HT i Storkøbenhavnens området - som er det største område for tog- og S-togstrafik - har et 100% samarbejde om billetpriserne. For det tredje fordi vi som sagt på mellem-amtslige veje anvender et foreneligt mål på de 80 øre pr kilometer.

3 Datahåndtering

Forud for modelopstilling- og estimering samles rejser i kæder, data grupperes i segmenter, og hver enkelt rejse opskrives for at blive repræsentativ. Dette beskrives nærmere i dette afsnit.

3.1 Datastruktur og turkæder

Datastrukturen i TU-data er naturligt kategoriseret i en række niveauer. I Figur 3-1 er alle mulige niveauer listet op.



Figur 3-1 Illustration af niveauer og dynamik i TU-data

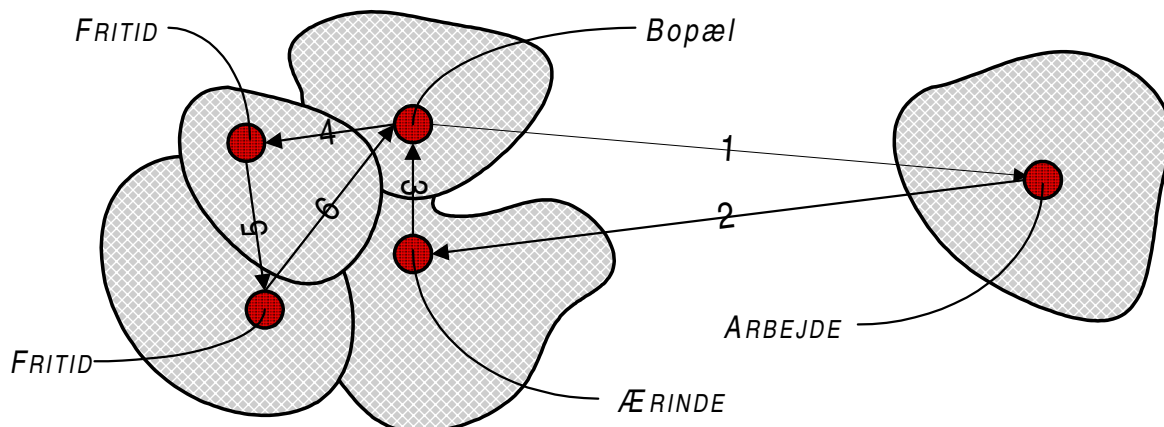
Strukturen er dynamisk i den forstand, at alle ting i princippet varierer over individer, kæder og ture. Antallet af kæder skifter over individer, antal ture skifter over kæder og antal mulige transportmidler skifter over turene.

IPLOBE	AAR MAANED	TURNR	UGEDAG	TURL'NGDE	Startzone	Slutzone	Adresse zone	TUR FORMAAL	HOVEDTRANSPOR	
21112	3545	9503	1	6	50	4118501	4122301	4118501	12	5
21113	3545	9503	2	6	50	4122301	4110114	4118501	23	5
21114	3545	9503	3	6	3	4110114	4118501	4118501	13	5
21115	3545	9503	4	6	10	4118501	4116702	4118501	14	5
21116	3545	9503	5	6	12	4116702	4110105	4118501	34	5
21117	3545	9503	6	6	12	4110105	4118501	4118501	13	5
21118	3553	9503	.	7	.	.	.	4118501	.	.
21119	3561	9503	1	2	1	4118501	4118501	4118502	13	5
21120	3561	9503	2	2	1	4118501	4118501	4118502	33	5
21121	3561	9503	3	2	1	4118501	4118501	4118502	13	5
21122	3561	9503	4	2	10	4118501	4110101	4118502	12	5
21123	3561	9503	5	2	10	4110101	4118501	4118502	12	5

Figur 3-2 Struktur i TU data. Personen, angivet med record 21112 til 21117 har den pågældende dag gennemført 6 ture fordelt på 2 kæder: Tur 1-3 og tur 4-6, idet tur 3 og 6 slutter i en zone, hvor tur 1 hhv. tur 4 starter.

I databaseform er strukturen styret af en række indeksvariable, som det ses i Figur 3-2.

Figur 3-3 viser eksempler på turkæder, hvor der på den første turkæde er et blandet formål, mens den anden turkæde er en ren fritidskæde.



Figur 3-3 Illustration af kombinerede turkæder. Første kæde består af tur 1-3 med blandet formål med ærinde og arbejde. Anden kæde (tur 4-6) er en ren fritidskæde.

I den endelige version af ALTRANS modelleres der ikke på enkeltture, men på samlede turkæder. Dette har både fordele og ulemper. De umiddelbare fordele er at man undgår at skulle tage stilling til de meget kraftige afhængigheder, der eksisterer indenfor de enkelte kæder. Hvis den første tur er med bil er transportmidlet for de resterende ture typisk givet på forhånd. Med hensyn til kollektiv trafik er problemstillingen en anelse mere kompliceret eftersom kæder kan være sammensat af cykel, gang, kollektiv samt bilpassager. En umiddelbar ulempe ved at se på kæder er altså, at der med hensyn til den kollektive trafik mistes noget af detaljeringsgraden i transportmiddelvalget.

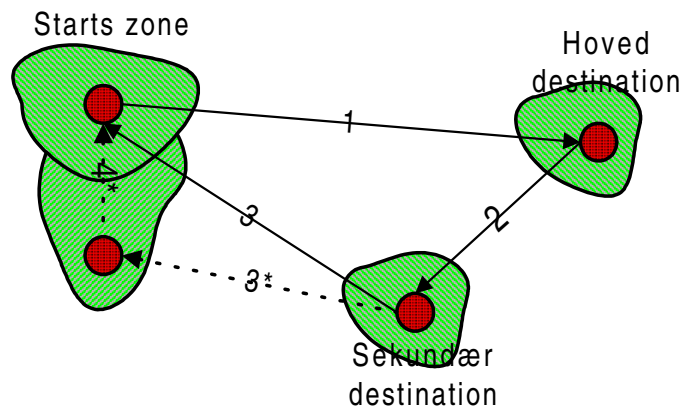
En kædes hovedtransportmiddel er defineret som det transportmiddel, hvormed der køres flest kilometer i kæden. Med andre ord forsvinder en del ture med den lette trafik, se herom i Christensen (2000). Dette betyder, at en estimeret overflytning til kollektiv trafik i gennemsnit vil syne af mere end den i virkeligheden er, da en del af transportarbejdet vil være "access" ture til stationen eller bussen.

Det er nødvendigt at lægge begrænsninger på, hvor store og indviklede kæderne må være af hensyn til størrelsen af de efterfølgende valgsæt. Hvis alle typer af kæder og alle destinationer skal modelleres bliver de underliggende valgsæt alt for komplekse til at de kan håndteres i praksis. Af den grund konverteres alle kæder, der består af mere end 3 ture til triangulære kæder. Hvis kæden i forvejen kun indeholder 2 ture, hvilket er det oftest forekommende, anvendes denne tur direkte. For de mere komplekse kæder skelnes mellem en række tilfælde.

Normale kæder, som starter og ender samme sted

Princippet i konverteringen af en kæde, der starter og slutter i samme zone, der oftest er hjemmet, er følgende: Først findes den zone der ligger længst væk fra udgangspunktet. Denne zone kalder vi kædens hoved destination. Dernæst findes den sekundære destination, som

den zone der bidrager mest til kædens transportarbejde i øvrigt. Det vil sige den zone, som billedligt talt ligger længst væk fra linien mellem hoveddestinationen og endezonen.

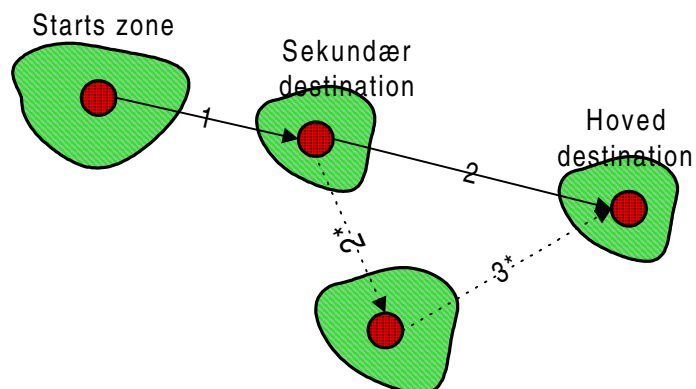


Figur 3-4 Illustration af hvorledes normale kæder, der starter og slutter samme sted reduceres til en triangulær kæde.

På et punkt fraviges dette princip. Hvis der i kæden indgår en arbejdstur får denne altid første prioritet. Det vil sige at denne destination altid vælges som den primære uanset længden på turen.

Kæder, der ikke starter og slutter samme sted, udgør omkring 20% af alle kæder og dermed en betragtelig del af transportarbejdet. Der opdeles umiddelbart i 3 tilfælde.

Starter hjemme og slutter ude



Figur 3-5 Illustration af hvordan kæder der starte hjemme, men slutter ude konverteres til en kæde med kun 3 destinationer. Tur 2* og 3* fjernes, mens tur 1 bibeholdes og 2 konstrueres.

I tilfælde, hvor der startes hjemme og sluttes ude, er slutdestinationen, som illustreret i Figur 3-5, per definition altid hovedzonen. Af hensyn til kompleksiteten defineres den sekundære destination altid som den første zone efter startzonen. Det skal bemærkes at såvel en hoveddestination som en sekundær destination udmærket kan være

en intern tur. I princippet kan man altså godt have en triangulær kæde indenfor samme zone.

Starter ude og slutter hjemme

En kæde, der starter ude og slutter hjemme, er i struktur en spejling af kæden ovenfor og behandles som sådan. Det vil sige, at vi initialt konverterer endezonen til startzonen og omvendt. Herefter gennemføres fuldstændig samme princip som ovenfor.

Starter ude og slutter ude - endezone forskellig fra startzonen

Kæder, der starter og slutter ude behandles som de ovenstående, ved at definere endezonen som kædens hoveddestination, samt at definere den sekundære destination ved første zone destination regnet fra kædens udgangspunkt.

Ved konverteringen af de forskellige typer af kæder forsvinder en del af det observerede transportarbejde. I Figur 3-5 ovenfor reduceres kædens transportarbejde eksempelvis med summen af længderne af linie 3* og 4* minus længden af linie 3. I Tabel 3-1 er andelen af modelleret transportarbejde vist.

Tabel 3-1 Andelen af transportarbejdet i model i forhold til totale observerede transportarbejde efter bortfald.

Transportarbejde	Km	% andel
Observeret, efter bortfald	1185079	100%
Modelleret, konverterede kæder	1092643	91,54%

Som det ses er langt det meste transportarbejde indeholdt i modellen. En mere detaljeret gennemgang af hvilket transportarbejde, der er indeholdt henholdsvis ekskluderet, er at finde i kapitel 9.1.1

Modelleringen på kæder betyder også, at man må se på kædeformål. Som vist ovenfor kan der i kæderne maksimalt være 2 destinationer. Dette afleder naturligt to formål. Som før omtalt går arbejde altid forud for andre formål uanset længden af denne tur. De forskellige formålskategoriens match med attraktioner er der gjort rede for i kapitel 2.5.

3.2 Segmenteringer

Segmenteringer af data er nødvendige fordi individers marginale nytte varierer systematisk med eksempelvis urbaniseringsgrad og bilejerskab. Dette kan ses blot ved at betragte parameterværdier for forskellige segmenter - er disse statistisk forskellige er der forskel på hvordan gruppen af individer som gennemsnit opfatter den marginale nytte/disnytte ved en attribut. I den forbindelse er det oplagt at se på variationen i tidsværdier. Det kan yderligere være således at en gruppe af individer i et segment reagerer på et sæt af attributter, mens gruppen hørende til et andet segment har andre nye attributter. Som oftest vil de fleste attributter dog gå igen i alle segmenter, hvilket man som modelbygger også vil tilstræbe. Hvis strukturen er vidt forskellig for hver segment ville det være en kraftig indikation på at den data-genererende proces var ude af kontrol.

En anden konsekvens af kraftige segmenteringer er, at de udtynder forklaringsgraden af visse variable. Et eksempel er segmenteringen på bilejerskab som oplagt udtynder eksempelvis indkomstens forklaring. Har man således allerede i segmenteringen taget højde for bilejerskabet, da vil en del af indkomstens forklaringsgrad på transportmiddelvalget forsvinde. En anden teknisk konsekvens af kraftige segmenteringer kan være at transportmiddelvalget bliver relativt deterministisk, hvilket giver sig udslag i ekstreme logsumsparametre.

For at modellere transportmiddelvalg må et vist minimum af de enkelte transportmidler være repræsenteret i hvert segment.

I vores tilfælde, hvor lokaliseringen er antaget eksogen, er det oplagt at anvende en geografisk segmentering. I alle modeller har en gennemgående urbaniseringskode "bosted" været anvendt. Opdelingen er valgt ud fra erfaringer med de væsentligste adfærdsforskelle, bl.a. hvad angår daglig transportarbejde og transportmiddelvalg (jf. bl.a. Jensen et. al. 1998). Hovedstadsregionen (HT-området) er delt i 4 områder:

- Københavns indre by og brokvarterer
- Resten af København og Frederiksberg kommune, samt forstæderne
- Ydre forstadsområder og byer > 10.000 indbyggere
- Småbyer og landdistrikter

Ideelt set skulle Hovedstaden være delt i 5 områder, idet de store byer ikke skulle være blandet sammen med de ydre forstæder, men så detaljeret en inddeling tillader datamængderne ikke.

Resten af landet er inddelt i 3 bystørrelser:

- 11 største provinsbyer
- Øvrige byer > 10.000 indbyggere
- Småbyer og landdistrikter

Den endelige definitionen af "bosted" er vist nedenfor i Tabel 3-2

Tabel 3-2 Samlet definition af "bosted"

Bosted	Beskrivelse	Hovedstadsområde/Provins
1	Københavns og Frederiksberg kommune: bykerne og brokvarter.	Hovedstadsområde
2	Resten af Centalkommunerne samt indre forstæder.	Hovedstadsområde
3	Ydre forstæder + byer > 10.000 indb.	Hovedstadsområde
4	Hovedstadens småbyer og landområder.	Hovedstadsområde
5	11 største provinsbyer.	Provins
6	Øvrige byer > 10.000 indb.	Provins
7	Småbyer og landområder.	Provins

Antallet af observationer i segment 7 er meget stort. Der er derfor valgt yderligere en underdeling efter antallet af kørekort i familien for dette segment.

3.3 Opskrivning af data

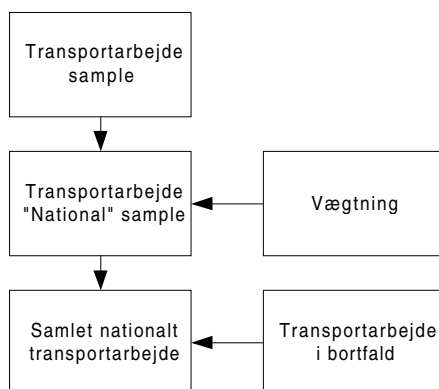
Der skal ske en opregning til nationalt niveau for at opvægte efterspørgslen i samplet til nationalt niveau. Da modellen er en national efterspørgselsmodel, er dette aggregeringsniveau givet, selvom aggregeringsteknikken er mindre oplagt.

Vægtning anvendes til at vægte de enkelte sandsynligheder i likelihoodfunktionen. For en MNL model optimerer man på en vægтет udgave af likelihood funktionen

$$L = \prod_n w_n \prod_{i \in C_n} P_n(i)^{y_{in}} \quad (3-1)$$

Hvor n angiver individer og i valg tilhørende et valgsæt C_n . y_{in} er som sædvanlig en indikatorfunktion, som er 1 hvis individ n vælger alternativ i og 0 ellers. Vægtningssparameteren sikrer, at der i estimationen lægges præcis så meget vægt på de enkelte observationer som vores sample tillader. For store sampler som TUdata er effekten af denne vægtning imidlertid ikke stor.

Nok så vigtig er vægtningsfunktionen som instrument til at opskalere samplets estimerede såvel som observerede transportarbejde til nationalt niveau. Fremgangsmåden er illustreret i Figur 3-6.



Figur 3-6 Vægtning til nationalt niveau.

Man kunne alternativt lave vægtningen før udtagelsen af bortfaldet. Dette ville for nogle typer bortfald, som turene > 100 km, være korrekt, men for andre mere problematisk. Eksempelvis kan man jo ikke vægte ture hvis længde man ikke kender. I den nuværende form har vi valgt, konsekvent, at behandle transportarbejde for bortfaldet helt for sig.

3.3.1 Vægtningss metode

COWI (1998e) har beregnet to sæt af vægte: Et for personer og et for familier. Beregningen af disse vægte er baseret på en række kendte

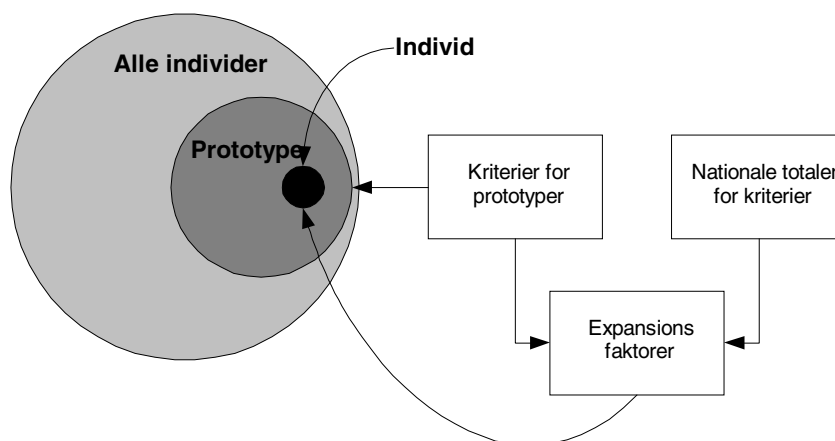
nationale totaler for antallet af personer i aldersklasser, indkomster, stillingsbetegnelse, køn og urbanisering.

Et væsentligt problem er, at en række af de nationale totaler ikke er umiddelbart kompatible med fordelingen i TU, hvilket gør specielt indkomstopregningen usikker. I ALTRANS er der indhentet nye og betydeligt mere detaljerede totaler. Helt præcist er de nye totaler dannet som kryds mellem køn, alder, stilling og indkomst. I alt giver dette $2 \cdot 7 \cdot 8 \cdot 5 = 560$ totaler. Herudover benyttes en separat total for urbaniseringen med 7 kategorier.

Selve opregningsproceduren bygger på den logtransformerede vægtede OLS regression som opstilles i PETRA. For en teoretisk gennemgang og en uddybende diskussion af forskellige vægtningsmetoder under en række simulerings eksperimenter, se Rich og Kveiborg (1998).

Scenarieberegning gennemføres oftest ved at re-estimere de vægte, der sikrer modellens repræsentativitet, således at de forskellige socioklasser eller prototypiske husholdninger i fremskrivningsåret tildeles en ny vægt, der tager højde for en ny potentiel befolknings sammensætning.

Den nye befolknings sammensætning styres teknisk set af en række nye aggregerede totaler. Scenarier indeholder naturligvis udover vægte også scenarievariable i form af ændrede rejsetider eller omkostninger. Metoden er udover PETRA og ALTRANS anvendt i en række andre nationale modeller, se Daly (1998) og Ramjardi og Rand (1990). Metoden er illustreret i nedenstående Figur 3-7.



Figur 3-7 Konstruktion af vægte.

Konstruktionen af vægtene foretages forud for model-estimationen og disse vægte anvendes efterfølgende til at vægte likelihoodfunktionen og de efterfølgende output således at man kan få aggregerede nationale tal for efterspørgslen.

I PETRA og ALTRANS anvendes en modificeret udgave af det sædvanlige vægtningsprogram. Den anvendte vægtningsprocedure er en logtransformeret WLS. Vægtene fremkommer ved at minimere følgende matematiske udtryk:

$$\text{Min}_{\{N_i\}} Z = \sum_{j=1}^J w_j \ln \left(\frac{\sum_{i=1}^I N_i c_{ij}}{P_j} \right)^2 + \lambda \sum_{i=1}^I (\ln(N_i) - \ln(N))^2 \quad (3-2)$$

hvor

J = Antal af nationale totaler

I = Antal socioøkonomiske klasser

c_{ij} = Antal observationer der opfylder betingelser for den j 'te total i socioklasse i .

N_i = vægt for socioklasse i .

N = Naive vægt defineret som hele befolkningen divideret med størrelsen af samplet.

P_j = Værdi af total j .

w_j = vægt relateret til targets for at rangordne vigtigheden af disse.

Ved at logtransformere problemstillingen undgås negative vægte. Det sidste led er en slags penalty-funktion som sikrer at vægte holdes nogenlunde tæt på den naive vægt. Udelades dette led er der tendens til at modellen finder nonsensløsninger. Se COWI (1997, no. 7) eller Rich og Kveiborg (1998) for mere detaljerede gennemgange.

3.3.2 Bortfald i data

Det samlede bortfald i TU-data over de 3 år er på 25.194 observationer. Bortfald kan henføres til 8 forskellige kilder, som det ses i Tabel 3-3.

Tabel 3-3 Bortfald i TU - alle år 1995-97 slået sammen.

Udvalgs kriterium	Obs	Akkumuleret Obs, der fjernes	Rest obs
TU ture	0	0	134378
Frazones ukendt	530	530	133848
Tilzones ukendt	2	532	133846
Kørekort ukendt	7	539	133839
Bilfører men ikke kørekort	80	619	133759
Bil status ukendt	3	622	133756
Afstand uoplyst	1385	2007	132371
Ingen tur	6643	8650	125728
Tur under 300 m.	13311	21961	112417
Afstand > 100 kilometer	2111	24072	110306
Irrelevant transportmiddel	2584	26656	107722

Som det ses kommer det væsentligste bidrag fra ture under 300 meter. Da vi ikke har oplyst transportmiddelvalget for disse ture før end et stykke ind i 1997, må de nødvendigvis bortfalde. Problemet er mindre, når vi ser på emissions konsekvenser, idet disse ture selvsagt kun i meget ringe omfang bidrager til transportarbejdet. Dels selvfølgelig fordi de er meget korte, og dels fordi de overvejende transportmidler må formodes at være cykel og gang.

Tabel 3-4 Andel af transportarbejde med eller udenfor bortfald.

Bortfald	Kollektiv	Lette	Bilfører	Bilpassager
Før	172595	128941	970178	285413
Før, men < 100 km	129203	107753	773538	204027
Rest andel	0,75	0,84	0,80	0,71

Det vi umiddelbart kan se er, at 100 kilometers begrænsningen er meget restriktiv, hvad angår transportarbejdet. Ganske vist er andelen af ture ikke så stor, men modsvares af de lange rejselængder.

Det ovennævnte bortfald er et slags mindste bortfald, dvs. de records, der ikke kan reddes. I selve databearbejdningen ligger en del korrektioner af data som substituerer manglende data med et estimat.

For familieindkomstens vedkommende er der et bortfald på op til 25%, hvilket dels skyldes manglende vilje til at oplyse indkomst, og dels må tilskrives, at den interviewede person ikke kender de øvrige indkomster i familien. Bortfaldet erstattes med beregnede gennemsnitsindkomster for segmenter opdelt på køn, alder, ugentlig arbejdstid og stillingskategori. Denne beregning foretages for alle personer i familien, hvor indkomsten er manglende. Familieindkomsten findes derefter som summen af individernes indkomster. For variable, som ikke er kontinuerte køres simple logit-modeller. Der kan være tale om at simulere antallet af børn i familier eller personer i forskellige stillingskategorier på baggrund af generelle socioøkonomiske data.

Som tidligere nævnt skulle 3 af de største byer udgå, men ved en fejl er de alligevel medtaget.

4 Frekvens model

En frekvensmodel er ønskelig, fordi ændringer i styringsmidler for transportadfærd direkte påvirker den enkelte rejses nytteværdi. For nogle rejser vil en markant ændring i transportomkostninger betyde, at rejsen ikke gennemføres hvilket fører til en afledt effekt på transportarbejdet. Effekten af ændrede rejsefrekvenser har været negligeret i mange modeller, og med rimlighed fordi variabelen traditionelt har været fastlåst af bl.a. arbejdsmarkedsstrukturen. I de senere år er der imidlertid tegn på, at disse strukturer er under opblødning med indførelse af hjemmearbejdspladser og den elektroniske informationsudvikling i øvrigt.

På sigt er der derfor absolut grund til at være opmærksom på den kombinerede udvikling i aktivitet, rejselængde og lokalisering. Spørgsmålet er, om man i fremtiden benytter den større frihed informationsteknologien giver til at lokalisere sig mindre tilgængeligt og om det alt i alt betyder et voksende eller faldende trafikarbejde.

Da problemstillingen har vist sig vanskelig i den her valgte udformning af ALTRANS, er det valgt ikke at inddrage en frekvensmodel i modelkomplekset.

I det følgende afsnit skal vi opridse en del af de problemstillinger, der er forbundet med frekvensmodellen, samt skitsere hvorledes frekvensmodellen vil kunne inddrages.

4.1 Indledning

Hvad enten vi modellerer på enkelte ture eller på et kæde-niveau vil fordelingen af aktiviteter på ture eller kæder over en dag ændre sig hvis forudsætningerne fra basis scenariet skifter. Helt generelt vil stigende generaliserede omkostninger, eventuelt i form af stigende benzinpriser, betyde at nytten ved nogle ture/kæder bliver så lille at de ikke gennemføres. En anden mulighed er, at man skifter fra en kædetype til en anden, der indeholder færre ture.

Hvis et scenario udelukkende går på en stigning i generaliserede omkostninger vil nytten ved flere rejser være faldende. Hvis scenariet derimod indeholder en eller flere komponenter som forbedret transport service, eventuelt via hyppigere busfrekvenser, er det muligt, at nytten ved flere rejser stiger. Indeholder scenariet begge komponenter, vil nogle individer opleve en opgang i rejsefrekvenserne, mens andre vil opleve en nedgang.

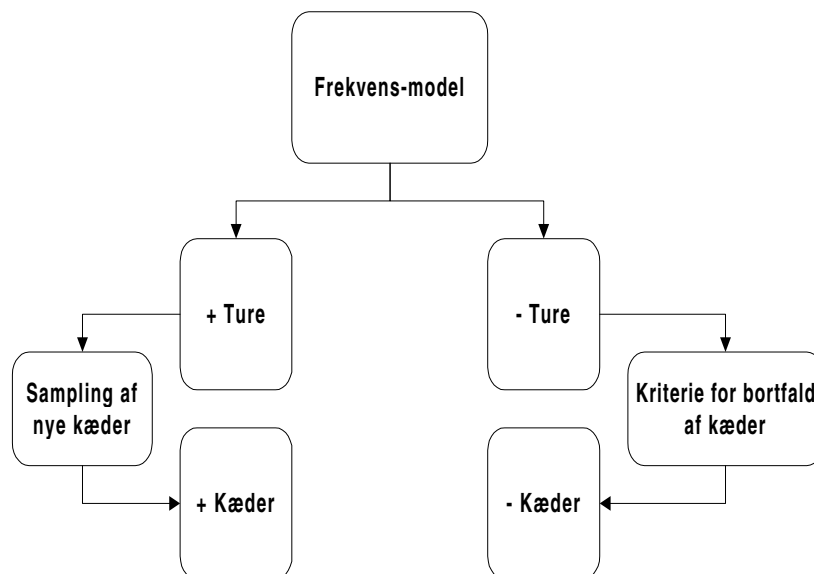
4.2 En sekventiel modelformulering

I den nuværende version af ALTRANS antages, det at

- Formål er eksogent
- Kædestrukturen for de eksisterende kæder ligger fast

- Der modelleres maksimalt på to af kædens formål, henholdsvis hovedformålet og et sekundært formål.

Med disse antagelser må man formulere frekvensmodellen løsrevet fra de resterende beslutninger - altså sekventielt. En mulig struktur er forsøgt illustreret nedenfor i Figur 4-1.



Figur 4-1 Model for turfrekvenser.

Ideen er, at der i forbindelse med frekvensmodellen først køres en reel turfrekvensmodel, der for hver respondent i datasættet estimerer et sæt af sandsynligheder for de alternative rejsefrekvenser. Parametervektoren fra denne model benyttes derefter til at simulere situationen i et scenarie. De nye sandsynligheder i modellen bruges først og fremmest til at opdele samplet i 2 dele: En del hvor alle personer får flere rejser, samt en del hvor alle personer får færre. Begge dele er jo muligt hvis scenariet er sammensat af "stokke"- og "gulerods-metoder". Herefter anvendes de simulerede sandsynligheder yderligere til to formål.

1. For begge sampler beregnes et totalt bortfald henholdsvis tilgang.
2. Disse ændringer fordeles ud efter størrelsen af de relative ændringer i sandsynlighederne i forhold til basissandsynlighederne.

Når vi har fundet rejsefrekvenserne på individniveauet i et givent scenarie mangles kun ny-samplingen for "plus-samplet". Dette er mere komplekst end man umiddelbart forestiller sig eftersom vores destinationsmodel er formuleret på kædeniveau. Der er 2 tilfælde.

1. Man sampler en simpel kæde - ialt 2 ture.
2. Man sampler en tillægstur på en eksisterende 2-turs kæde således at kæden indeholder 2 destinationer.

Hvis vi vælger 2 lægger vi kun én tur til, hvilket er det mest oplagte. Dette er også mest i tråd med fremgangsmåden i PETRA.

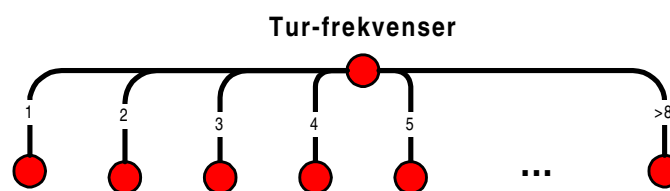
Det næste problem er imidlertid, hvilken destination der skal samples. De destinationer der ryger ud er typisk meget korte ture og derfor kan man ikke sample 100% tilfældigt når man vælger de nye ture. Med andre ord er man nødt til at sample "marginale" ture, således at man ikke eksempelvis samler en tur på 99 kilometer ved en marginal ændringer i det kollektive serviceniveau.

Modeltypen for tur-frekvensmodellen er som alle andre modeller baseret på stokastisk nytteteori. Dog er modellen på en led mere simpel, fordi der ingen variation er mellem de forskellige alternativer. Denne type model kaldes en ordnet logit eller probit model.

De indgående variable til rejsevalgsmodellen er givet ved

- Person specifikke: Køn, alder, stilling, indkomst, arbejdsdage
- Familievariable: Børn, familie type, bil
- Tilgængelighed: Busfrekvenser, attraktioner, gennemsnitlige vente- og skiftetider, buskilometer, urbanisering

Modellen er en ordnet responsmodel, fordi den endogene variabel, angivet ved antal ture per dag, er organiseret som ordnede udfald: 2 ture er mere end 1 tur, 5 ture er mere end fire, osv.



Figur 4-2 Ordnet response model for Tur-frekvenser.

Ovenstående modeltype er i virkeligheden en simplificeret logit model der af hensyn til den specielle ordnede struktur ikke indeholder alternative specifikke variable.

Valgsættet er begrænset således at kæder over 8 ture slås sammen. Denne andel er forsvindende lille og uden praktisk betydning.

Et andet problem udover ny-samlingen som beskrevet ovenfor er, at forklaringsgraden for denne type af modeller er meget ringe. Man kan forestille sig dette ved at se på de forklarende variable - umiddelbart vil man forvente en meget høj varians på de fleste variable og i de modeller vi har test-estimeret har vores R^2 ligget omkring 0.06, hvilket er betænkeligt lavt.

4.3 En simultan tilgang

En anden og teoretisk mere tillokkende tilgang er at indlejre frekvensvalget i den samlede valgprocess. Dette kan gøres som i PETRA ved at behandle det sammensatte valg af turkæde-typer, destinationsvalg, transportmiddelvalg og formål.

4.4 Sammenfatning

Umiddelbart er frekvensmodellen problematisk, fordi det er meget vanskeligt at estimere rejsefrekvensen på baggrund af generelle socioøkonomiske karakteristika og bopælens tilgængelighed. Statistisk set er modellernes forklaringsgrad, som ventet, meget ringe. Yderligere er det ikke muligt at modellere effekten på tid og omkostninger fordi dette vil kræve, at man har transportarbejdet som input til modellen, hvilket leder til en cirkelslutning. Ideelt set burde problemet omkring rejsefrekvenser behandles sammen med transportarbejdet, eventuelt ved at lave valg mellem forskellige typer af kæder som det er gjort i PETRA.

5 Transportmiddelvalg og transportarbejde

I dette kapitel dokumenteres det hvorledes kombinationen af transportmiddelvalg og transportarbejde håndteres i ALTRANS. Der indledes med en kort historisk perspektivering som kort beskriver udviklingsarbejdet.

5.1 Indledning

I forprojektet blev en model beskrevet, der behandler transportmiddelvalg og bilejerskab. I første omgang blev der derfor udviklet en simultanmodel for rejselængde og transportmiddelvalg. Modellen, der var kontinuert med hensyn til rejselængden og diskret med hensyn til valg af transportmiddel er nærmere beskrevet i appendiks D.

Selvom modellen gav et estimat på transportarbejdet var den i adfærdsmæssig forstand urealistisk, fordi trafikanter ikke ændrer tur-længden kontinuert, men snarere vælger nye destinationer og derved indirekte ændrer transportarbejdet. Yderligere var der fra en række andre projekter ønske om, at ALTRANS kunne allokere trafik ud på vejnettet, hvilket forudsætter et to-dimensionalt destinationsvalg. Dels ønskes det, at koble trafikprognoser sammen med eksponerings- og spredningsmodeller for herved at kunne håndtere human eksponering af mennesker og de heraf følgende eksternaliteter, der stammer fra sygdom og forringelse af bymiljø. Dels forudsætter projekter, omhandler road-pricing også en allokering på vejnettet. Endeligt har det været diskuteret, om man i en senere model skulle indlejre et dynamisk rutevalg.

Da det viste sig, at den udviklede model havde svære konvergensproblemer, blev det besluttet, i stedet at opbygge en model, der estimerer alternative destinationsvalg sammen med transportmiddelvalg.

5.2 Destinationsvalg

Vi skal bestemme et valgsæt for kædedestinationer. Som beskrevet i kapitel 3.1 skelnes der mellem to situationer:

1. Der er kun én hoveddestination med et tilhørende hovedformål.
2. Der er et hovedformål samt en sekundær destination med tilhørende sekundært formål.

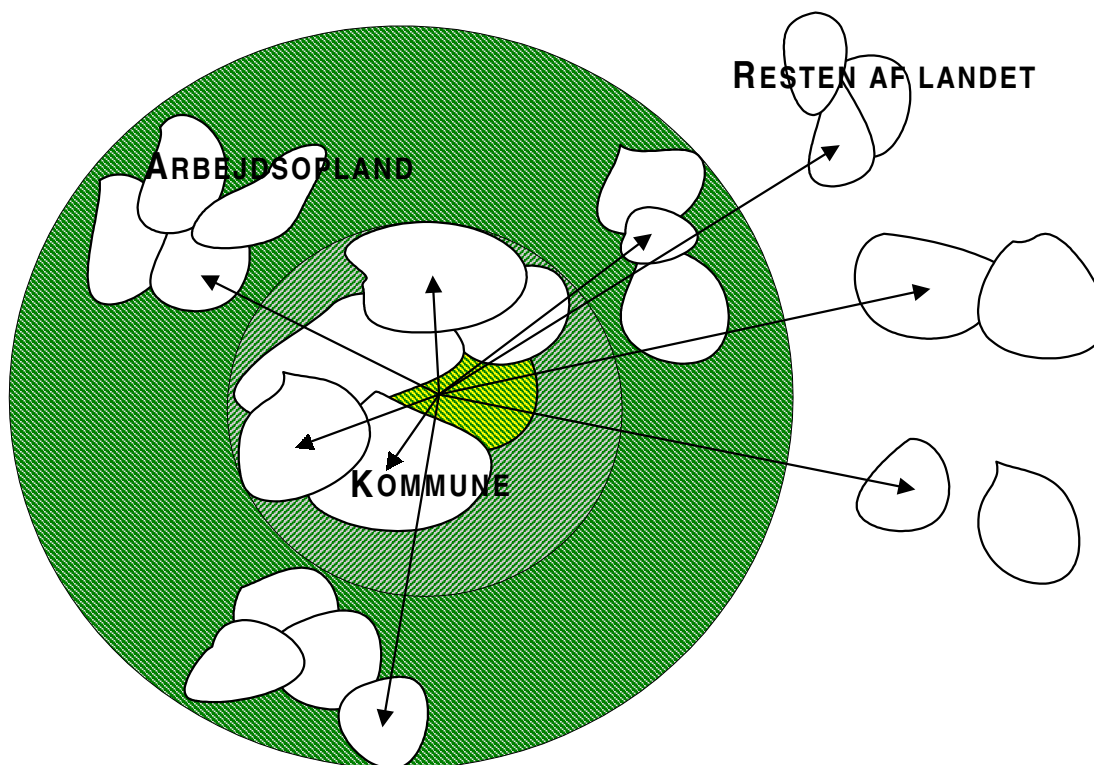
I tilfælde af, at personens turkæde består af flere mål reduceres turkæden til en af disse typer.

Ved bestemmelse af valgsættet er det nødvendigt at skelne mellem de to kædetyper. Da det ikke er estimeringsmæssigt muligt at vælge mellem alle zoner som mål, skal der gennemføres en sampling af destinationer, som valgsættet skal bestå af.

5.2.1 Destinationsamplinger

Ved destinationsamplingen skal der dels tages højde for de to kædetyper, og dels for forskellige destinationsmuligheder for turene i kæden.

I den første kædetype med kun ét hovedformål er situationen følgende: For det pågældende hovedformål i kæden samples der et sæt af 9 alternativer. Samplingen sker ved at der indenfor 3 prædefinerede områdetyper samples 3 tilfældige destinationer. Destinationerne er ikke vægtet med hensyn til attraktioner. De samlede destinationer er illustreret nedenfor i Figur 5-1.



Figur 5-1 Sampling af destinationsvalg i tre områdetyper.

Der vælges inden for

- Kommunen
- "Arbejdskraftoplandet"
- Resten af landet (dog maksimalt 100 kilometer væk).

Arbejdskraftoplandet er et område omkring de større provinsbyer. Data til grupperne er modtaget fra COWI, jf. COWI (1998e).

Længden af rejser kan ikke overskride 100 km. Denne restriktion er indført for dels at "beskytte" det samlede valgsæt for helt urealistiske destinationer flere 100 kilometer væk og dels fordi rejser over en

vis længde oftest er motiveret af helt andre grunde end korte ture. Det kan være ferieture, sommerhusture, osv.

I tilfælde med både en hoved- og en sekundær destination er situationen en anden eftersom vi i princippet har to formål og muligheden for to transportmidler. Som i det første tilfælde ovenfor antages det, at der findes ét hovedtransportmiddel. Med andre ord er der altså ikke mulighed for at vælge et transportmiddel på hovedturen og et andet på delturen. Samplingen af alternativer sker ved udvidet sampling af triangulære kæder bestående af hoved- og sekundær tur. Der forudsættes intet kendskab om rækkefølgen af de to ture. Der samples i alt 9×2 forskellige triangulære kæder. Samplingen sker igen på baggrund af opdelingen i de anvendte områdetyper ovenfor. De forskellige kombinationer er vist i Tabel 5-1.

Tabel 5-1 Strategi for Samplinger af kæder med to formål

Kommune	Arbejdsopland	Resten af land	Samplede alternativer
x			3
	x		3
		x	3
x	x		3
x		x	3
	x	x	3

Ideen er at sample destinationer så de så vidt muligt dækker de potentielle kombinationer kæden kan sammensættes på over de 3 områder.

Når denne strategi anvendes betyder det, at vi for hver af de 18 alternative triangulære kæder kan beregne hele kædens omkostninger i penge og tid samt de modsvarende attraktioner.

I den aktuelle version af ALTRANS er samplingen baseret på en sampling på zoneniveauet. Det vil sige at hver zone får samplet, dels et sæt af 9 simple alternativer og dels et sæt af 18 zonepar til behandling af de komplekse kæder. Samplingen er lidt sårbar og vil i en fremtidig version blive baseret på individniveauet, således at alle personer har et individuelt sample.

5.2.2 Udfyldningsgrad for destinationssamplingen

Destinationssamplingen er en måde til at kunne behandle meget store valgsæt. Eftersom samplingerne kun udfylder en brøkdel af det mulige valgsæt, kan der være grund til at se nærmere på den reelle "udfyldningsgrad". For de simple kæder er den gennemsnitlige udfyldningsgrad fordelt på samplings-områder som vist i Tabel 5-2.

Tabel 5-2 Summering af samplers dækningsgrad for simple kæder, i forhold til reelle antal alternative destinationer indenfor forskellige områder.

Samplings område	i	Gennemsnitslig antal destinationer	Samplede destinationer	Dækningsgrad
Kommunen	1	7	3	0,43
Arbejdskraft oplandet	2	50	3	0,06
Resten af landet	3	406	3	0,01

Det skal påpeges, at interne ture samples på lige fod med eksterne ture. I forbindelse med samplers indenfor kommunen vil lidt under halvdelen af turene være interne i tilfældet med 3 samplede destinationer.

For de komplekse kæder er udfyldningsgraden selvsagt væsentligt lavere, som det ses i nedenstående Tabel 5-3.

Tabel 5-3 Summering af samplers dækningsgrad for komplekse kæder, i forhold til reelle antal alternative destinationer indenfor forskellige områder.

Samplings område	i	Gennemsnitslig antal destinationer	Samplede destinationer	Dækningsgrad
Kommune - kommune	1	329	3	0,11
Kommune - opland	2	2.821	3	0,01
Kommune - land	3	1.250	3	0,0
Opland - opland	4	19.050	3	0,0
Opland - land	5	82.418	3	0,0
Land - land	6	82.418	3	0,0

Den ringe dækningsgrad hænger sammen med det meget store antal kombinationer. Det skal i den forbindelse bemærkes, at der kun er medtaget destinationer, der ligger under 100 kilometer fra udgangspunktet.

I forbindelse med estimationer baseret på tilfældig sampling regnes der på en betinget likelihood funktion som påpeget i Rich (1999). Af denne grund fremkommer et justeringsled der afhænger af samplingsstrategien. Lad $r \in R$ angive mængden af de forskellige områder (kommune, opland, resten af land), J_r antallet af alternativer i hvert område og r og \tilde{J}_r antallet af samplede alternativer i strata r .

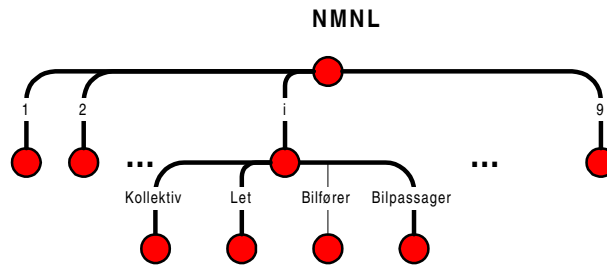
I tilfældet med *Stratified importance sampling* som er den samplingsstrategi, der benyttes i ALTRANS (se Ben-Akiva (1985, s.266-267)) bliver justeringen hørende til hver nyttefunktion for destinationsvalget:

$$\begin{aligned} \log(P_n(C_n|i)) &= \log\left(\frac{J_{r(i)}}{\tilde{J}_{r(i)}} \prod_{r \in R} \left(\frac{J_r}{\tilde{J}_r}\right)^{-1}\right) \\ &= \log(J_{r(i)}) - \log(\tilde{J}_{r(i)}) - \sum_{r \in R} \log\left(\frac{J_r}{\tilde{J}_r}\right) \end{aligned} \quad (5-1)$$

Hvor yderligere C_n angiver det tilfældigt samlede valgsæt og $r(i)$ den faktiske observation. Justeringen er af tidsmangel ikke medtaget i den nuværende version, men er klar til implementering ved en ny estimering.

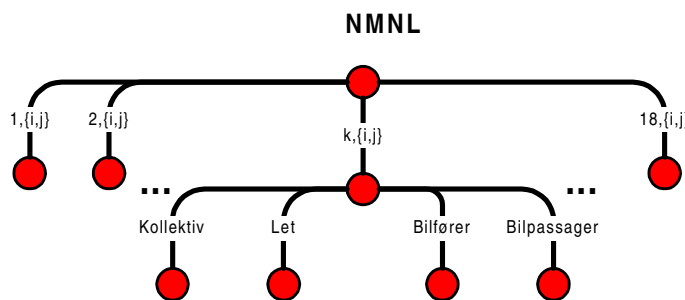
5.3 Valgmodellen

Valgmodellens struktur følger en nested logit struktur. I tilfældet med en hovedtur er valgmodellen som illustreret i Figur 5-2.



Figur 5-2 Nested logit struktur for kæder med enkelt hovedformål

Variationen over alternativene er henholdsvis monetære omkostninger og tidsforbrug. I tilfældet hvor der er to alternative ture indenfor kæden er beslutningstræet som i Figur 5-3.



Figur 5-3 Nested logit struktur for kæder med to eller flere hovedformål

5.3.1 Nyttefunktion

Nyttefunktionen følger den nedenstående generelle form

$$U_{d,m} = \tilde{V}_d + \tilde{V}_m + \tilde{V}_{d,m} + \varepsilon_d + \varepsilon_m + \varepsilon_{d,m} \quad (5-2)$$

Hvor dekompositionen i de 3 komponenter blandt andet dækker over attraktioner som angivet i (5-3), socio-økonomiske variable som i (5-4) og endeligt tid og omkostninger som i (5-5).

$$\tilde{V}_d = \{\text{attraktioner}\} \quad (5-3)$$

$$\tilde{V}_m = \{\text{køn, alder, stilling}\} \quad (5-4)$$

$$\tilde{V}_{d,m} = \{\text{tid, omkostninger}\} \quad (5-5)$$

Modellen for sandsynlighederne får den velkendte NMNL-form givet ved

$$P_n(d, m) = P_n(m|d)P_n(d) \quad (5-6)$$

hvor de pågældende valgsandsynligheder er givet ved

$$P_n(m|d) = \frac{e^{(\tilde{V}_m + \tilde{V}_{d,m})\mu^m}}{\sum_{m \in M_{n,d}} e^{(\tilde{V}_m + \tilde{V}_{d,m})\mu^m}} \quad (5-7)$$

$$P_n(d) = \frac{e^{(\tilde{V}_d + V'_d)\mu^d}}{\sum_{d' \in D_n} e^{(\tilde{V}_d + V'_d)\mu^d}} \quad (5-8)$$

Consumers surplus eller logsummen er givet ved

$$V'_d = \frac{1}{\mu^m} \log \left(\sum_{m \in M_{n,d}} e^{(\tilde{V}_m + \tilde{V}_{m,d})\mu^m} \right) \quad (5-9)$$

Modellen er ikke identificeret for alle logsums-parametre μ^m, μ^d . De fleste software-pakker inklusiv Limdep, som anvendes til estimeringen af de nestede logitmodeller, normaliserer strukturen nedefra, dvs. at $\mu^m = 1$, mens μ^d i princippet kan variere frit. For de simple kæder defineres nu 3 dummy variable $\delta_1, \dots, \delta_3$ for de forskellige område definitioner; kommune, arbejdsopland og resten af landet. Med andre ord gælder for destinationersvalg i kommunen, at $\delta_1 = 1 \Leftrightarrow d \in \{d_1, d_2, d_3\}$ hvor d_1, d_2, d_3 angiver de 3 destinationer i henhold til destinations-samplingen er valgt indenfor kommunen. For de komplekse kæder defineres på tilsvarende vis 6 dummy variable $\kappa_1, \dots, \kappa_6$ svarende til område kombinationerne; kommune-kommune, kommune-opland, kommune-land, opland-opland, opland-land og land-land.

Et eksempel på et sæt af nyttefunktioner - skrevet helt ud - ses nedenfor:

$$\tilde{V}_d^n = k_0 + \beta_1 \delta_1 \log(\text{Att}_n) + \beta_2 \delta_2 \log(\text{Att}_n) + \beta_3 \delta_3 \log(\text{Att}_n) \quad (5-10)$$

hvor Att er en forkortelse for attraktioner, der er aggregerede tal for de pågældende zoner. Formel (5-10) angiver destinationskomponenten i nyttefunktionen, det vil sige de variable, der er specifikke for d . Attraktioner er normalt bedst beskrevet gennem en log-transformation, Daly (1982). Dette skyldes at den marginale nytte ved aggregerede attraktioner ikke stiger lineært med attraktionerne. I forbindelse med indkøbsmuligheder vil en marginal ændring i attraktionerne fra et lavt niveau typisk give forbrugerne højere nytte end, hvis der i forvejen er meget gode indkøbsmuligheder. I det første tilfælde får man måske en helt ny mulighed for at handle i nærområdet, mens man i det sidste tilfælde blot får endnu en butik ud af mange.

I nyttefunktionen indgår også en række socio-økonomiske variable, der udelukkende relaterer sig til individet eller husstanden og dennes bopæl. Disse variable varierer ikke over valgsættet af alternativer, men vil oftest indgå med forskellige parametre for de forskellige transportmidler. Et eksempel på socio-økonomiske variable, der forklarer transportmiddelvalget ses nedenfor

$$\begin{aligned} \tilde{V}_m^n = & k_{1m} + \theta_{1m} \text{Indkomst}_n + \theta_{2m} \text{KollektivKM}_n + \theta_{3m} \text{Alder}_n + \theta_{4m} \text{Køn}_n \\ & + \theta_{5m} \text{Weekend}_n + \theta_{6m} \text{Ventetider}_n + \theta_{7m} \text{Bilantal}_n \end{aligned} \quad (5-11)$$

hvor KollektivKM er antallet af km kollektiv trafiknet i en radius på 10 km fra zonen, hvori folk bor og Ventetider er den aggregerede gennemsnitlige ventetid for zonen. Disse parametre er altså karakteristika for bopælszonen. Weekend er en dummy for rejsedagen. Indkomst er husstandsindkomsten og Bilantal antal biler i husstanden. Køn og Alder er endelig karakteristika ved personen.

Det bemærkes, at Bilantal også indgår i transportmiddelvalget. Her ved er det muligt at simulere modellen ved et ændret bilejerskab. Helt generelt er det således, at nogle variable vil forklare visse alternativer, mens andre variable vil forklare andre alternativer. Flere af parametrene θ_m antager således værdien 0 ved estimeringen. Det typiske er, at den direkte effekt af en variabel er mere fremtrædende end den indirekte substitutions effekt: Bilantal vil således typisk indgå for transportmidlerne, der har med den direkte bilanvendelse at gøre – bilfører og passager, mens de typisk ikke vil indgå i alternativer der fravælger bil – altså cykel og kollektiv.

Det vigtigste niveau for nyttefunktionen er dog kombinationen af destinationer og modes. Grunden er at tider såvel som omkostninger varierer over både d og m . I (5-12) er dette, det laveste hierarki i valgmodellen opstillet.

$$\begin{aligned} \tilde{V}_{\text{kollektiv},d}^n = & \phi_1 \text{Omk}_n + \phi_2 \delta_1 \text{Køretid}_n + \phi_3 \delta_2 \text{Køretid}_n + \phi_4 \delta_3 \text{Køretid}_n \\ & + \phi_5 \delta_1 \text{Ventetid}_n + \phi_6 \delta_2 \text{Ventetid}_n + \phi_7 \delta_3 \text{Ventetid}_n \\ \tilde{V}_{\text{Bilfører},d}^n = & \phi_1 \text{Omk}_n + \phi_2 \delta_1 \text{Køretid}_n + \phi_3 \delta_2 \text{Køretid}_n + \phi_4 \delta_3 \text{Køretid}_n \\ \tilde{V}_{\text{Bilpass},d}^n = & \phi_1 \text{Omk}_n \\ \tilde{V}_{\text{cykel},d}^n = & \phi_2 \delta_1 \text{Køretid}_n + \phi_3 \delta_2 \text{Køretid}_n + \phi_4 \delta_3 \text{Køretid}_n \end{aligned} \quad (5-12)$$

Omk er monetære omkostninger for det pågældende transportmiddel. Køretid er køretiden med det pågældende transportmiddel til hver af de 3 områder. For bilpassagerer indgår også terminaltidstil læget, jf. afsnit 2.6. For kollektiv trafik indgår middelventetiden for rejsen til hver af de 3 alternative områder. For bilfører og bilpassager indgår endelig antal biler i husstanden.

De 4 nyttefunktioner i (5-12) kan suppleres med (5-10) og (5-11) for at få den fulde nyttefunktion for hvert alternativ (jvf. også (5-2) -(5-5)).

Selvom specifikationen for de komplekse kæder følger samme logik medtages de nedenfor

$$\begin{aligned}\tilde{V}_d^n &= k_0 + \beta_1 \kappa_1 \log(\text{Att}_n) + \beta_2 \kappa_2 \log(\text{Att}_n) + \beta_3 \kappa_3 \log(\text{Att}_n) \\ &+ \beta_4 \kappa_4 \log(\text{Att}_n) + \beta_5 \kappa_5 \log(\text{Att}_n) \\ &+ \beta_6 \kappa_6 \log(\text{Att}_n)\end{aligned}\quad (5-13)$$

$$\begin{aligned}\tilde{V}_{\text{kollektiv},d}^n &= \phi_1 \text{Omk}_n + \phi_2 \kappa_1 \text{Køretid}_n + \phi_3 \kappa_2 \text{Køretid}_n + \phi_4 \kappa_3 \text{Køretid}_n \\ &+ \phi_5 \kappa_4 \text{Køretid}_n + \phi_6 \kappa_5 \text{Køretid}_n + \phi_7 \kappa_6 \text{Køretid}_n \\ &+ \phi_8 \kappa_1 \text{Ventetid}_n + \phi_9 \kappa_2 \text{Ventetid}_n + \phi_{10} \kappa_3 \text{Ventetid}_n \\ &+ \phi_{11} \kappa_4 \text{Ventetid}_n + \phi_{12} \kappa_5 \text{Ventetid}_n + \phi_{13} \kappa_6 \text{Ventetid}_n\end{aligned}\quad (5-14)$$

$$\begin{aligned}\tilde{V}_{\text{bilfører},d}^n &= \phi_1 \text{Omk}_n + \phi_2 \kappa_1 \text{Køretid}_n + \phi_3 \kappa_2 \text{Køretid}_n + \phi_4 \kappa_3 \text{Køretid}_n \\ &+ \phi_5 \kappa_4 \text{Køretid}_n + \phi_6 \kappa_5 \text{Køretid}_n + \phi_7 \kappa_6 \text{Køretid}_n\end{aligned}$$

$$\tilde{V}_{\text{bilpass},d}^n = \phi_1 \text{Omk}_n$$

$$\begin{aligned}\tilde{V}_{\text{cykel},d}^n &= \phi_2 \kappa_1 \text{Køretid}_n + \phi_3 \kappa_2 \text{Køretid}_n + \phi_4 \kappa_3 \text{Køretid}_n \\ &+ \phi_5 \kappa_4 \text{Køretid}_n + \phi_6 \kappa_5 \text{Køretid}_n + \phi_7 \kappa_6 \text{Køretid}_n\end{aligned}$$

\tilde{V}_m^n er den samme for de forskellige kædetyper og gentages derfor ikke.

Det har været forsøgt at dekomponere tiden yderligere, til også at indeholde skiftetider. Dette viste sig problematisk, og der er grund til at stille spørgsmålstegn ved de oprindelige antagelser i GIS modellen. Eksempelvis er skifte-frekvensen meget høj hvilket beror på at 0-skiftetider kan forekomme. Ankommer man derfor til en station på minuttallet 39 så skønnes det at man kan nå en afgang 39, hvilket er tvivlsomt.

På grund af kraftige korrelationer mellem omkostninger og tider for bilføreren og bilpassageren har det været nødvendigt at reducere nyttefunktionen for bilpassagerer til kun at indeholde omkostninger. Problemet er imidlertid ikke så stort eftersom scenarier, der indeholder deciderede ændringer af bil-køretider er mindre oplagte. Andre forhold, som kunne være relevante at inkludere er: parkeringstider, trængsels-effekter afhængigt af turens tidspunkt, samt svingtider. Herved bliver variationen på tider væsentligt større og det bliver lettere at estimere tider og omkostninger for både passager og bilfører. Disse forhold kan inddrages i fremtidige forbedringer af modellen.

Det skal bemærkes at ikke alle nyttefunktioner for de forskellige segmenter er fuldt parametriserede som ovenstående modeller. Disse vil oftest, i statistisk forstand, være nestede i de fuldt parametriserede versioner. Typisk kan der være tale om at parametre ikke varierer over områder eller, som det er tilfældet for visse segmenter, at ventetider ikke har kunnet estimeres direkte som tidselement.

I forbindelse med estimationerne har det været nødvendigt også at fastholde μ^d for at sikre at $\mu^d \in [0,1]^5$. Specielt har der været en tendens til logsums-parametre over 1, hvilket indikerer at variansen for det lavere niveau, transportmiddelvalget, går mod 0. Af den grund har det også i estimationsfasen været oplagt at undersøge hvorvidt hierarkiet i den nestede model fra Figur 5.2 og 5.3 burde vendes om. En omvendt hierarkisk struktur resulterer i 4 logsums-parametre, μ^1, \dots, μ^4 , som alle ligger pænt indenfor enhedsintervallet. Modellen fittede imidlertid data betydeligt dårligere end strukturen ovenfor samtidigt med at tidsværdierne var ganske ekstreme. Af den grund er denne struktur ikke blevet benyttet.

5.3.2 Specifikation af valgsæt

Med hensyn til valget af destination er der ingen variation i valgsættene. Det betyder, at der altid vil være enten 9 eller 18 alternativer at vælge imellem alt efter kædens kompleksitet.

I de tilfælde hvor der indenfor kommunen findes mindre end 3 alternativer sker følgende. Begge alternativer samples og det eller de resterende destinationsalternativer samples fra den næste gruppe - arbejdskraft oplandet. Hvis antallet af destinationer der skal samples igen overskrider det mulige antal i arbejdskraft oplandet samples de sidste ture i resten af landet. Der er tale om helt specielle og sjældne tilfælde.

Med hensyn til transportmiddelvalget varierer valgsættet med hensyn til størrelse. Der er restriktioner på bilfører og kollektiv trafik i henhold til følgende kriterier:

Tabel 5-4 Restriktioner på valgsættene med hensyn til transportmiddelvalget.

Kollektiv	Ventetid < 120 min	Skiftetid < 90 min	Rejsetid < 5*biltiden
Bilfører	Kørekort		

Begrænsningerne på den kollektive trafik gennemføres for at udelukke potentielle ture, der på ingen måde kan anses for at være konkurrencedygtige. I princippet kunne modellen selv håndtere denne manglende service, problemet er at de ekstreme vente-, skifte- og køretider oftest er uhensigtsmæssige. Rejser eksempelvis efter midnat kan give en ventetid på 6 timer, som er reel nok, men uhensigtsmæssig fordi ingen personer vil vente 6 timer.

⁵ Dette krav er nødvendigt for at sikre korrekte krydspris-elasticiteter og ikke, som det hævdes flere steder, fordi det er i modstrid med nyttemaksimeringsteorien.

5.4 Sammenfatning

I dette kapitel er fundamentet for den statistiske modellering opstillet. ALTRANS er i en anden fase blevet omlagt fra at operere med kontinuerte valg af rejselængder til at operere på zone destinationer. Dette har med hensyn til outputtet flere fordele eftersom det nu principielt er muligt at re-allokere trafikken ud på vejnettet. Dette har perspektiver indenfor analyser af road-pricing og hele forskningsområdet omkring human eksponering fra luftforurening fra trafik.

Modelstrukturen er baseret på en modellering af transportmidler på kædeniveau samt destinationsvalg på forsimplede kæde-ækvivalenter af de oprindelige observerede kæder. Destinationsvalget er baseret på random sampling i 3 prædefinerede områdetyper omkring udgangszonen. Selve modelstruktur er baseret på stokastisk nytteteori og formuleret som en nested logitmodel med 2 niveauer. Det første niveau er destinationsvalg og det nederste er transportmiddelvalg.

I modellen indgår alternative specifikke tids- og omkostningsvariable. Herudover indgår i bilalternativerne (fører og passager) antallet af biler i hustanden. Dette sikrer, at man nemt kan resimulere effekten af et ændret bilejerskab, simpelt hen ved at udskifte variabelen.

Ud over de alternativ specifikke variable indgår en række socioøkonomiske variable som alder, køn, indkomst og endelig indgår enkelte tilgængelighedsvariable.

6 Kørekorthold

Antallet af kørekort i befolkningen betinger på direkte vis antal af biler. Hvis en familie ikke har kørekort har den heller ikke bil, og hvis man omvendt har kørekort, så er der en vis sandsynlighed for at have bil. I forbindelse med bestemmelsen af kørekorthold er der flere ting at tage højde for. De væsentligste af disse er

- Estimat af base-kørekortholdet
- Bestemmelse af cohort-effekter
- Bestemmelse af indkomsteffekter
- Fordeling på familiemedlemmer

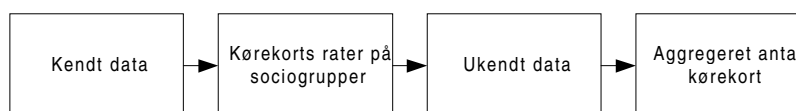
6.1 Base-kørekortholdet

Sædvanligvis kender man i en modelsimulation som et minimum basissituationen, dvs. her kørekort fordelt på basispopulationen. Dette gør vi imidlertid kun delvis, eftersom kørekort status for alle familiemedlemmer kun er kendt ét år, fra jan. 1995 til og med jan. 1996. Hvad der er kendt og ikke kendt fremgår af tabel 6.1. I alt er der kendskab til lidt under 50% af samtlige kørekort, de resterende 50% er ukendte og må derfor estimeres.

Tabel 6-1 Bortfald i data for kørekorthold

	1995	Jan, 1996	Feb - Dec, 1996	1997
Familie data	✓	✓	Mangler	Mangler
Interview person	✓	✓	✓	✓

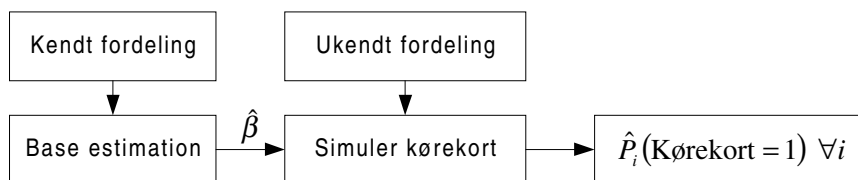
Fremgangsmåden involverer flere trin. Først og fremmest estimeres et basis-antal kørekort. Med andre ord, hvor mange kørekort forventer vi, der er i de to bokse med 'mangler' Tabel 6-1. Løsningen på dette relativt simple problem findes ved på et sociogruppe niveau at beregne kørekortrater for den kendte del af befolkningen. Disse rater anvendes så direkte for de samme sociogrupper på den ukendte del af befolkningen. Denne fremgangsmåde er illustreret i Figur 6-1.



Figur 6-1 Estimat på samlede antal kørekort i base-situationen.

Klassificeringen på sociogrupper udgår fra indkomst, alder, køn, by-gruppe og stillingskategorier. I alt 250 forskellige grupper.

Efter at vi har beregnet det samlede antal kørekort mangler vi nu at fordele kørekortholdet på de enkelte individer i familierne. Vi fordele selvklart kun på de personer, der ikke har oplysning om kørekort. Fordeling sker på baggrund af en kørekortmodel formuleret som en binær-logit model på person niveauet i de enkelte familier. Selve simulationen følger Figur 6-2.



Figur 6-2 Fordeling af kørekort på individer i base situationen. $\hat{\beta}$ er den estimerede parameter-vektor fra base-estimationen som anvendes til at simulere kørekort for den ukendte fordeling af kørekort.

Når vi i basen kender de simulerede sandsynligheder for at have kørekort for rest-gruppen, fordeles kørekortene ud efter størrelsen på sandsynlighederne. Dette er ækvivalent med at fordele ud efter den forventede indirekte nytte for personerne.

Modellen er en binær logit model uden nogen form for segmentering forud for estimationen. De indgående variable er foruden konstantleddet:

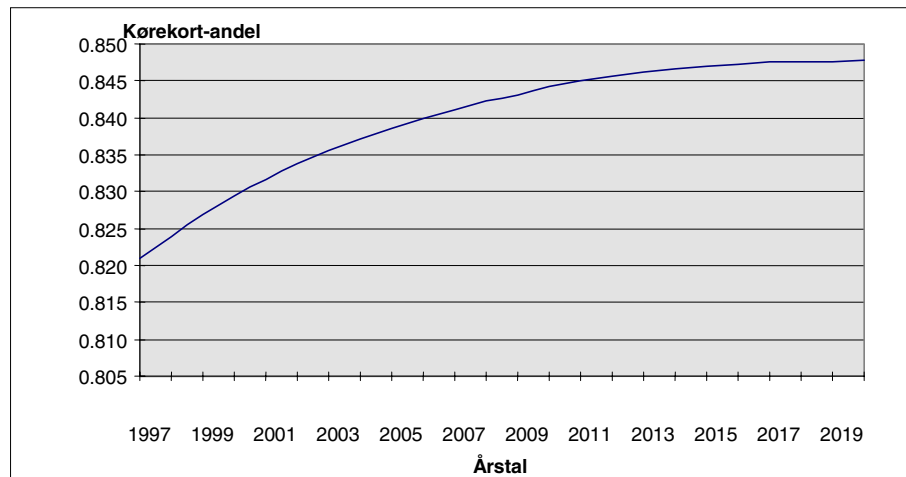
- Køn og alder
- Stillingskategorier
- Urbaniseringsgrad
- Familieindkomst og den personlige indkomsts andel af familieindkomsten.

Vi skal ikke lave nogen tilbundsgående validering af modellen men blot nævne at vi opnår en meget tilfredsstillende $R^2 = 0.53$, hvilket er væsentligt over sædvanlige niveauer.

6.2 Cohort-effekter

Cohort-effekterne opstår, fordi den ældre del af befolkningen - herunder specielt kvinderne - med et relativt lavere kørekorthold efterhånden dør ud. Disse kvinder erstattes som årene går af kvinder, der i dag er yngre og som har en væsentlig højere kørekortsandel. Dette påvirker dermed prognoser for de næste 15-20 år indtil effekten er mættet og befolkningen hvad angår kørekortholdet er stationær. Figur 6-3 ses tilpasningen over tid. Mætningspunktet for kørekortandelen ligger omkring 0.8475.

Når der skal gennemregnes et scenarie for et prognoseår, skal der tages hensyn til cohorteffekten. Foruden aldersforskydningen skal der tages hensyn til indkomstvirkningen på cohorteffekten. Og denne skal reguleres for hvert urbaniseringssegment for sig.

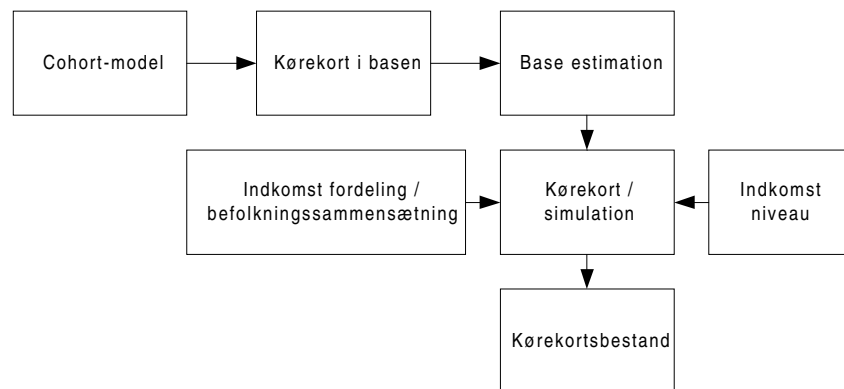


Figur 6-3 Andelen af kørekort fra 1997-2020.

Når man skal fordele kørekortholdet ud efter en given prognose gøres dette derfor ikke blot ved at fordele ovenstående totaler ud på baggrund af basis-sandsynlighederne. For hver prognose køres en simulation af kørekortmodellen med de ændrede indkomster. Hver af disse prognoser giver anledning til en ny kørekortbestand. Tilvæksten i kørekortholdet fordeles nu ud efter størrelsen af de simulerede nyttefunktioner associeret med kørekorts alternativet i kørekortsmodellen. Dette sikrer, at tilvæksten for samlet som helhed er konsistent med de enkelte personers nyttemaksimeringsprincip

Et overblik over dette submodelkompleks ses nedenfor i figur 6.4. Det bemærkes at kørekortsindehavelse justeres før selve base-estimationen.

Et overblik over dette submodel kompleks ses i Figur 6-4.



Figur 6-4 Cohort- og indkomsteffekter på kørekortholdet.

Det er nærliggende at overveje, om cohort-effekter findes andre steder end i kørekortholdet, eventuelt i transportmiddelvalget eller indirekte i destinationsvalget gennem rejselængden. Der kunne eventuelt være tale om at ældre kvinder er passagerer mere hyppigt, at de ikke foretager lange rejser som bilfører. Hvis disse kvinder efterhånden erstattes af mere selvstændige kvinder med en højere hyppighed som bilfører og som gennemsnitligt rejser længere ture, så vil man også her have en cohort-effekt. Umiddelbart er det ikke muligt at

skelne cohort-effekter fra en aldersbetinget ændring i adfærden og derved adskiller disse cohort-effekter sig med den for kørekortholdet som beskriver udviklingen i en permanent tilstand - nemlig kørekort/ikke kørekort. Af den grund er det relativt vanskeligt at fange de latente cohort-effekter der måtte eksistere udover de påpegede kørekorts effekter - dette ville kræve en dynamisk beskrivelse af udviklingen i transportarbejdet.

6.3 Sammenfatning

En central parameter for såvel bilejerskab som destinationsvalg er kørekorthold. Det aggregerede kørekorthold vil stige frem til omkring 2017, hvor cohort effekten vil være formindsket.

Delmodellen for kørekorthold består af 2 dele. I den første del beregnes sandsynligheden for at have kørekort ud fra den kendte kørekortfordeling. Denne anvendes i cohortmodellen til at simulere antallet af kørekort i udgangsåret, samt for hvert år frem til beregningsåret under hensyntagen til ændret alderssammensætning og indkomst.

Dernæst fordeles de ekstra kørekort efter størst nytte til de personer i interviewene, for hvem kørekortstatus ikke er oplyst. Dette sker med en binær logitmodel med variablene køn og alder, indkomst, stilling og urbaniseringsgrad. Tilsvarende fordeles de i fremtidsår til personer uden kørekort.

7 Bilejerskab

I modsætning til rejseaktiviteter, der udføres af en bestemt person i familien, er bilejerskab et anliggende, der vedrører hele familien.

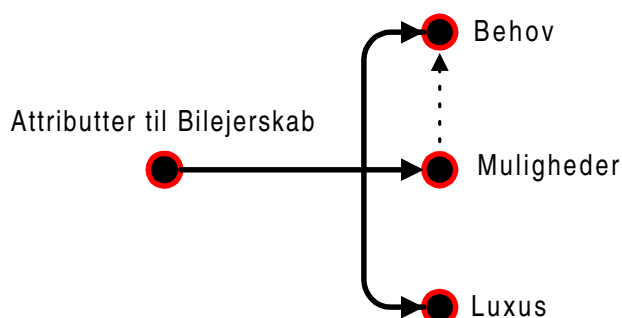
Som TU er organiseret kendes en bils mere præcise tilhørsforhold ikke. Man ved altså ikke, hvilken person i den pågældende familie, der "ejer" familiens bil. Derfor bliver spørgsmålet om bilejerskab snarere et spørgsmål om bilrådighed for de enkelte medlemmer i familien.

7.1 Muligheder og behov

Bilejerskabet er en relativt kompliceret størrelse som i høj grad er præget af individuelle præferencer. Individuelle præferencer vil oftest set ud fra et nyttemaksimeringsprincip være irrationelle, men for at kunne udtrykke folks handlemåde gennem en fiktiv nyttefunktion er det nødvendigt at identificere en række faktorer, som kan siges at være styrende for valget af bil/ikke bil.

Bilrådigheden er meget væsentlig for transportmiddelvalget, og det er langt hen ad vejen således, at man anvender bil, når det er muligt.

Af de mange typer af faktorer, som kan tænkes at have betydning for bilejerskabet skal vi specielt fokusere på mulighederne og behovene, som illustreret i Figur 7-1. Den klasse af variable, der vedrører behovet for at have bil, er selvfølgelig først og fremmest den estimerede husstandsefterspørgsel efter årskilometer. Derudover vil det være variable, der er tæt knyttet til tilgængelighed, urbaniseringsgrad, børn og eventuel erhvervskørsel.



Figur 7-1 Klassifikation af attributter der er afgørende for bilejerskabet.

I det følgende afsnit skal vi ekskludere årskilometerne fra analysen for at koncentrere os om den resterende variation. Den interessante attribut set fra ALTRANS vedrører graden af tilgængelighed eftersom det umiddelbart er den eneste attribut, indenfor denne klasse, som kan påvirkes eksogent. De scenarier, som man typisk vil operere med, kan være på ændrede rejsefrekvenser eller ændrede hastigheder.

I forbindelse med ændrede tilgængeligheder vil årskilometerne ligledes ændre sig og man vil få en indirekte effekt gennem efterspørgslen.

Mulighederne for at holde bil relaterer sig her udelukkende til økonomiske muligheder. Det skal dog bemærkes at der kan være problemer med en helt entydig opsplittning i behov og muligheder eftersom behov i væsentligt omfang styres af mulighederne. Man lokaliserer sig eksempelvis næppe uden skelen til sin økonomiske situation og derfor er udgangshypotesen, at mulighederne vil være den underliggende drivkraft til bilejerskabet. Omvendt er det meget interessant at se hvorledes behovene rangordnes.

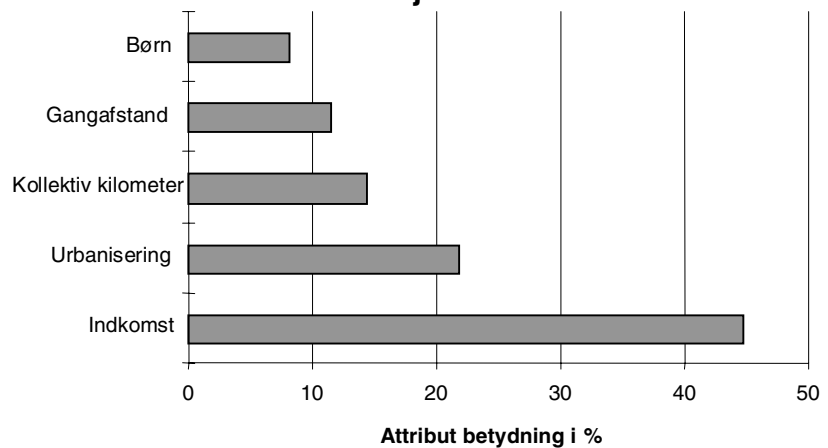
Den sidste klasse i Figur 7-1, luksus klassen, kan betragtes som en residual. Den vil typisk kunne isoleres ved at betragte persongrupper som på den ene side har muligheder, men på den anden side ikke behov. Livsstilsanalyser vil oftest kunne give større indsigt i hvorledes denne gruppe er struktureret.

En bil kan principielt sidestilles med et hvilket som helst andet produkt. I forbindelse med markedsføring er der udviklet en lang række statistiske metoder til analyse af individers præferencer for forskellige goder (bl.a. Watson, 1995 og Kuhfeld, 1992). Man ønsker typisk at finde ud af, hvilke attributter / produktkendetegn der har betydning for folks købspræferencer af det pågældende produkt. Denne problemstilling kan imidlertid også bruges til at analysere de ydre omstændigheder ved valget af et produkt, i dette tilfælde valget af nul, en eller to biler. *Conjoint analyser* er hovedeffekt variansanalyser hvor den endogene variabel tillades at have ordinær skala.

I Figur 7-2 er der gennemført en *conjoint analyse* på bilejerskabet, med følgende variable

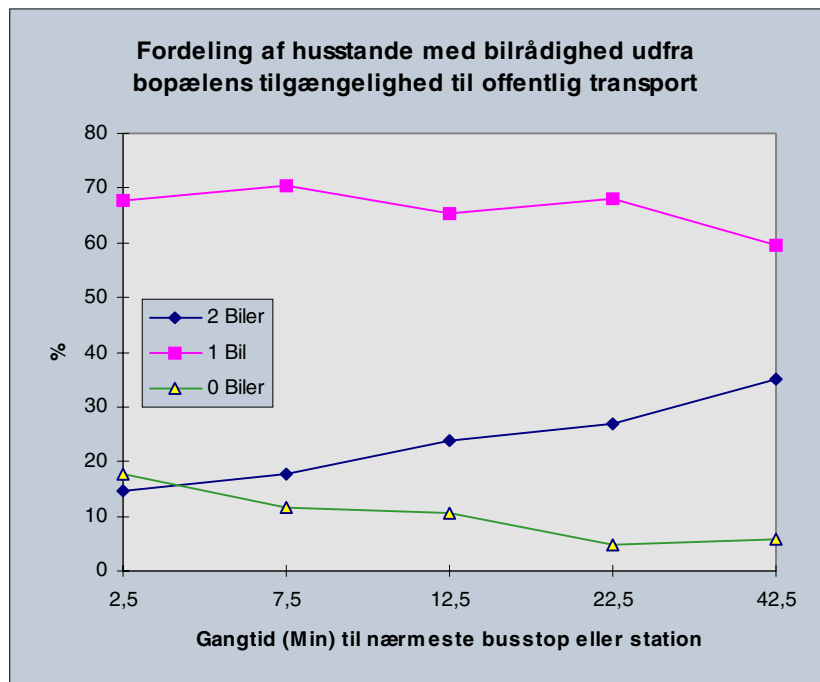
- **Indkomst**, defineret som brutto familieindkomst og segmenteret i 4 indkomst grupper.
- **Urbanisering**, der indeholder urbaniseringsgrad segmenteret efter bykerne og brokvarter, Indre forstæder, ydre forstæder samt landdistrikter og småbyer.
- **Gangafstand**, et tilgængelighedsmål defineret som minimum af gangtid til bus og station. Segmenteret efter minut intervallerne 0-5, 6-10 og >10
- **Buskilometer/Kollektiv frekvens**, et tilgængelighedsmål som angiver et mål for serviceniveauet i den kollektive trafik i bopælszonen. (Segmenteret efter 25%, 50% og 75% fraktil for at passe til Conjoint analyses).
- **Børn**, dummy variabel for om familien har børn.

Rangordning af forskellige faktors bilejerskab



Figur 7-2 Variable rangordnet efter forklaringsgrad på bilejerskab, hvor bilejerskabet kan være på både en eller flere biler.

Det ses tydeligt, at den væsentligste af de undersøgte determinanter for bilejerskab vedrører størrelsen af familieindkomsten, altså mulighederne, mens de variable der afspejler behov rangerer lavere. At urbaniseringsgraden rangerer højere end antal kollektiv kilometer skyldes dels at høj urbaniseringsgrad automatisk medfører relativt god kollektiv trafikforsyning, men også at der i byerne er en anden befolknings sammensætning med en generelt lavere tendens til at have bil. Overrepræsentationen af unge er et eksempel, der dog er korreleret med lav indkomst.



Figur 7-3 Sammenhæng mellem bilejerskab og tilgængelighed til nærmeste bus/tog

Dette betyder også, at effekten af forskellige scenarier for kollektiv trafikforsyning for en stor del vil blive opsamlet i urbaniseringsgraden og dette er en yderligere grund til at segmentere på urbaniseringsgrader i stedet for at indrage urbaniseringsvariable direkte i modellen.

Vi kan i Figur 7-3 se, at afstanden til busstoppestedet specielt er afgørende for fordelingen mellem 0 og 2 biler, mens familier med 1 bil er nogenlunde konstante.

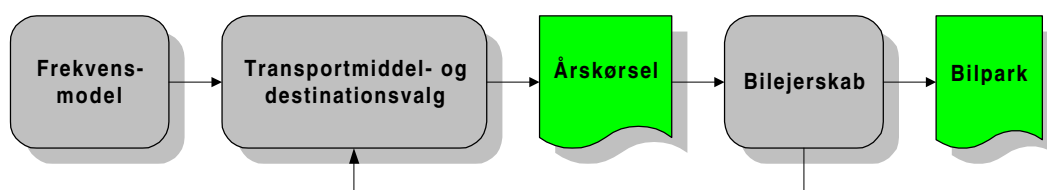
Gangtiden til nærmeste kollektive linie er selvfølgelig et mål for tilgængeligheden, men omvendt er det meget vanskeligt at belyse effekten af ændrede gangafstande, fordi dette kræver en fuldstændig omlægning og nyoprettelse af busruter. Med andre ord er dette et meget vanskeligt scenario. I modellen ser vi udelukkende på tilgængeligheder og servicemål genereret af GIS.

7.2 Variable i bilvalgsmode

De fleste variable overlapper med variablene anvendt i valg af transportmiddel og destinationer. En væsentlig forskel er dog, at vi nu befinder os på et familieniveau hvor flere personer er inde i beslutningsprocessen. De variable skal derfor også afspejle hele familiens efterspørgsel.

7.2.1 Fordelingsmodel for årligt transportarbejde

Det estimerede daglige transportarbejde skal aggregeres til familiens årskørsel, fordi det er familiens samlede kørselsbehov, der har betydning for om man har bil eller ej.



Figur 7-4 Komponenter i adfærdsmodellen

Ud fra modellen for transportmiddel- og destinationsvalg kendes kun individernes adfærd en enkelte dag, nemlig dagen før interviewdagen. Konsekvensen er, at der må gennemføres en opregning af den estimerede efterspørgsel. Opregningen foregår på 2 niveauer:

1. Opregning til familieniveau.
2. Opregning til årskørsel for transportmidler.

Opregningen til familieniveauet gennemføres, fordi beslutningen om at have bil er en familiebeslutning. Med andre ord er det summen af efterspørgslen over alle familiens medlemmer, der er afgørende, ikke kun interviewpersonens efterspørgsel. Det skal præciseres at der er tale om årskørsel "som bilfører" og ikke også som passager.

Opregningen til årskilometer hænger igen delvis sammen med biljerskabet – det er ikke en enkelt dags efterspørgsel, der er afgørende for, om man har bil, men en vedvarende efterspørgsel over hele året. Vi kender ganske vidst ikke efterspørgslen for de resterende 364 dage, men tilnærmer den ud fra kendskab til den gennemsnitlige efterspørgsel over sociogrupper, forventede antal arbejdsdage og den pågældende persons estimerede adfærd. Årskilometerne er derfor, som output, mere korrekte fordi vi udnytter information i samplet til at estimere en efterspørgsel i den ikke observerede tid.

For at få et estimat af det årlige transportarbejde for familier og personer, skal vi på baggrund af en enkelt dags adfærd skyde på den gennemsnitlige adfærd over året. Af denne grund vælger vi at beregne personens transportarbejde i probabilistiske termer og ikke blot udfra alternativet med maximum nytte. Lader vi $\theta_{n,m}$ være estimatet for dagskørslen for person n og transportmiddel m , L_i turlængden for alternativ i , og p_i sandsynligheden, da har vi for det årlige transportarbejde

$$E[\theta_{n,m}] = \theta_{n,m} = \sum_i p_{i,m} L_i \quad \forall m \quad (7-1)$$

I fordelingsmodellen aggregeres den enkeltes dagskørsel $\theta_{n,m}$, som specificeret ovenfor, til et mål for årskørslen. Ydermere beregnes en approximeret årskørsel for andre personer i hustanden.

Udgangspunktet for beregningen er som beskrevet $\theta_{n,m}$. Eftersom vi i koblingen til bilejerskabsmodellen udelukkende er interesseret i den estimerede årlige bilkørsel undertrykkes m indexet. Vi opdeler i arbejdskørsel $\theta_{n,A}$, anden hverdags kørsel $\theta_{n,L}$ og gennemsnitlig fridags kørsel $\theta_{n,W}$. Lad os antage at hver person relaterer til en sociogruppe ρ . Denne sociogruppe er konstrueret på baggrund af uddannelse, indkomst, alder, køn osv. Udfra denne opdeling i sociogrupper beregner vi nu gennemsnitsværdier for årskørslen indenfor sociogruppen $\bar{\theta}_\rho$ for alle tre typer kørsel som

$$\bar{\theta}_{\rho,A} = \frac{\sum_{n \in \rho} \theta_{n,A}}{|\rho|}, \bar{\theta}_{\rho,L} = \frac{\sum_{n \in \rho} \theta_{n,L}}{|\rho|} \quad \text{og} \quad \bar{\theta}_{\rho,W} = \frac{\sum_{n \in \rho} \theta_{n,W}}{|\rho|} \quad (7-2)$$

Lad yderligere A_n og A_ρ angive forventede antal arbejdsdage for henholdsvis personen og sociogruppen. Den samlede årskørsel på sociogruppe niveau bliver nu

$$\Theta_\rho = A_\rho (\bar{\theta}_{\rho,A} + \bar{\theta}_{\rho,L}) + (365 - A_\rho) \bar{\theta}_{\rho,W} \quad (7-3)$$

Årskørslen på personniveauet afhænger af hvilken dag vi observerer personen, men også om person er på arbejde eller har fri. Der er en række tilfælde at tage højde for

Personen observeres en hverdag og er kun på arbejde:

$$\theta_n = A_\rho (\theta_{n,A} + \bar{\theta}_{\rho,L}) + (365 - A_\rho) \bar{\theta}_{\rho,W} \quad (7-4)$$

Personen observeres en hverdag og har udover arbejdet andre ærinder:

$$\theta_n = A_p (\theta_{n,A}) + (365 - A_p) \bar{\theta}_{p,W} \quad (7-5)$$

Personen observeres en hverdag men arbejder ikke og har ikke andre ærinder:

$$\theta_n = A_p (\bar{\theta}_{p,A} + \bar{\theta}_{p,L}) + (365 - A_p) \bar{\theta}_{p,W} \quad (7-6)$$

Personen observeres en hverdag og har andre ærinder men arbejder ikke:

$$\theta_n = A_p (\bar{\theta}_{p,A} + \bar{\theta}_{p,L}) + (365 - A_p) \theta_{n,W} \quad (7-7)$$

Vi kan nu beregne den samlede families årlige biltransport. Eftersom vi kun modellerer en person i familien må den gennemsnitlige årskørsel for sociogruppen bruges for de resterende medlemmer.

Lad os se på et eksempel med to medlemmer hvor vi observerer medlem 1 i situation 1 ovenfor. Benævn årskørslen for medlem 1 med θ_{n_1} visa versa. Den samlede årskørsel for husstanden Θ_h er nu givet ved

$$\Theta_h = A_{p_1} (\theta_{n_1,A} + \bar{\theta}_{p_1,L}) + (365 - A_{p_1}) \bar{\theta}_{p_1,W} + A_{p_2} (\bar{\theta}_{p_2,A} + \bar{\theta}_{p_2,L}) + (365 - A_{p_2}) \bar{\theta}_{p_2,W} \quad (7-8)$$

De andre tilfælde er ligetil.

Som alternativt til årskørslen kunne man anvende logsummer. Disse beregnes automatisk af limdep og kan eksporteres direkte til bilejerskabet. Ovenstående gennemsnitsberegning ville derefter kunne benyttes for logsummer således at "consumers surplus" for de andre personer i familien også medtages.

7.2.2 Anvendelse af årskilometer i modellen

I familien skelnes der mellem

- Familiens hovedperson: Defineret som den person i familien der har højest indkomst
- Samlever/ægtefælle til hovedpersonen
- Resten af personerne i familien

Tabel 7-1 Eksogene variable for bilejerskabet relateret til familie og bil.

Familie	Bil	Hovedperson	Ægtefælle
Samlet årskørsel i bil	Faste omkostninger	Stilling	Stilling
Antal børn		Køn	Køn
Urbaniseringgrad		Alder	Alder
Tilgængelighed		Indkomst	Indkomst
Antal kørekort		Arbejdsdage	Arbejdsdage

I første søjle i Tabel 7-1 findes henholdsvis zone- og familievariable, hvoraf den vigtigste er årskilometerne i bil som fører. Vi har principielt mulighed for at dekomponere årskørslen ned på de enkelte

medlemmer i familien. Umiddelbart er det vanskeligt at argumentere for det rimelige i en sådan konstruktion når bilejerskabet modelleres som en familie-beslutning. Det har derfor i stedet været forsøgt at anvende et mål for forskellene mellem personernes kilometerforbrug. Variablen er konstrueret som følgende

$$\frac{|\dot{A}rskm_{\max} - \dot{A}rskm_{Andre}|}{\dot{A}rskm_{\max}} \quad (7-9)$$

hvor $\dot{A}rskm_{\max}$ angiver antal årskilometer i bil som fører for den person i familien, som kører mest.

Hvis forholdet går mod 1, er det kun max-personen, der kører bil som fører, mens de resterende personer i familien kun har en marginal efterspørgsel. Når forholdet på den anden side falder, vil forbruget fordeles mere ligeligt. Specielt har det været tanken, at denne variation for familien kunne forklare hvorfor nogen med en høj familiindkomst kun har én bil.

Med hensyn til den anvendte årskørsel har vi yderligere mulighed for at dekomponere på bilkørsel som fører og passager. Da kørsel som bilpassager imidlertid også kan hentes uden for familien er denne konstruktion ikke hensigtsmæssig.

Som vi har omtalt tidligere er bilejerskabet svagt funderet i TU-data, fordi oplysninger om model og type ikke eksisterer. Af samme grund udebliver variationen i de faste omkostninger, hvilket gør effekten vanskelig at estimere. For overhovedet at estimere de faste omkostninger tilfredsstillende må de indlejres i indkomsteffekten. Flere forskellige former har været forsøgt. Lader vi F angive faste omkostninger, Y den samlede familieindkomst og d_i være en dummyvariabel således at

$$d_1 = \begin{cases} 0 & \text{Ikke bil} \\ 1 & \text{En bil} \end{cases} \quad (7-10)$$

og

$$d_2 = \begin{cases} 0 & \text{for 0,1 Bil} \\ 1 & \text{for 2 Biler} \end{cases} \quad (7-11)$$

fås følgende formler

$$Y^* = \begin{cases} \log\left(\frac{Y - d_1 F}{Y}\right) & \text{for 1 Bil} \\ \log\left(\frac{Y - d_2 2F}{Y}\right) & \text{for 2 eller flere Biler} \end{cases} \quad (7-12)$$

Med andre ord estimeres effekten af faste omkostninger indirekte i kraft af den relative størrelse i forhold til indkomsten. Denne form er teoretisk appellerende, men i praksis fås alt for små indkomst elasticiteter. Dette hænger sammen med, at der mangler en størrelses-effekt på indkomsten. Alternativt kan man anvende $Y^\circ = \log(Y - F)$ eller $Y^* = \log(F) - \log(Y)$. Begge formuleringer indeholder en stør-

relseeffekt og giver indkomstelasticiteter i de "rigtige" niveauer. Derfor er det valgt at anvende $Y^{\circ} = \log(Y - F)$ som den endelige form.

7.3 Modelspecifikation

Bilejerskab betinges af antal kørekort i familien. Det betyder, at valgsættet varierer over individer efter antallet af kørekort, som det er vist nedenfor i Tabel 7-2.

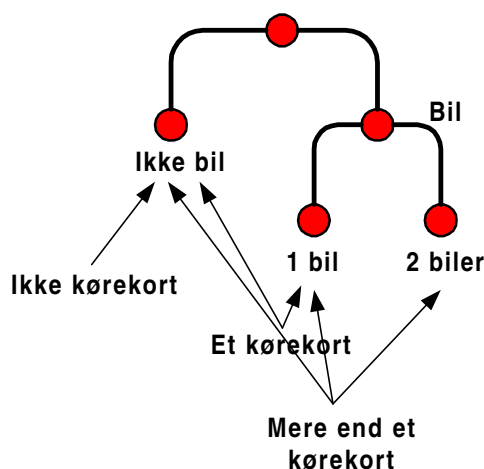
Tabel 7-2 Bilejerskab betinget på familens kørekort status

Kørekort status	Valgsæt
0 kørekort →	0 bil
1 Kørekort →	0 bil 1 bil
2 Kørekort →	0 bil 1 bil 2 eller flere biler

Stiger antallet af kørekort så vil dette først og fremmest øge gennemsnitsstørrelsen af valgsættet. Af tabellen fremgår det også at effekten fra ændringer i kørekortholdet virker i kraft af ændrede valgsæt.

Det har været overvejet, hvorvidt økonomiske restriktioner skulle indlægges. Således at bilejerskabet skulle være betinget af et vist økonomisk "fri rum" på eksempelvis 3 gange de faste omkostninger ved en typebil. Et dilemma er altid, at vi ved at begrænse valgsættene, begrænser forklaringsgraden for den inddragede variabel, i dette tilfælde indkomsten. Derfor har vi som udgangspunkt undladt at lægge andre betingelser på.

Modeltypen i Figur 7-5 er en ordinær NMNL model med 2 varians niveauer. Denne model har været testet overfor en flad multinominal logit og har vist sig signifikant bedre.



Figur 7-5 Træ-struktur for den nestede multinomiale logitmodel for bilejerskab.

På samme måde som i kapitel 5.3.1 kan vi opstille sandsynligheder og logsummer udtrykt ved de indirekte nyttefunktioner. Et eksempel på en struktur af nyttefunktioner ses nedenfor, hvor V_0^n, V_1^n og V_2^n betegner nyttefunktioner for individ n for alternativet ikke bil, en bil og to biler eller mere.

$$\begin{aligned} V_0^n &= \beta_0 + \beta_2 \text{KollektivKM} + \beta_3 \text{Enlig} + \beta_4 \text{ZoneVentetid} & (7-13) \\ V_1^n &= \theta_0 + \beta_1 \log(\text{Indkomst} - \text{FasteOmk}) + \theta_1 \text{ÅrsKM} + \theta_2 \text{Arbejdsdage} + \theta_3 \text{AntalBørn} \\ V_2^n &= \varphi_0 + \beta_1 \log\left(\frac{\text{Indkomst} - 2\text{FasteOmk}}{\text{Indkomst}}\right) + \phi_1 \text{ÅrsKM} + \phi_2 \text{ZoneVentetid} + \phi_3 \text{Enlig} \end{aligned}$$

Den tilhørende likelihood funktion er dernæst (opskrevet generelt)

$$\ell = \prod_n \prod_{i \in C_n} p_n(i | V_i^n(\mathbf{x}\beta))^{y_{i,n}} \quad (7-14)$$

Hvor $y_{i,n}$ er 1 hvis husstanden vælger alternativ i og 0 ellers. Det ses at valgsættet C_n netop er specifikt til den enkelte husstand og herved tages der højde for kørekortsholdets effekt på bilejerskabet. I den ovenstående formel er parametre og eksogene variable samlet i $\mathbf{x}\hat{\mathbf{a}}$.

7.4 Tilbagekobning af bilejerskab i destinationsmodel

Med bilholdsmodellen kan beregnes, hvor mange husstande, der har 0, 1 eller 2 biler. Yderligere beregnes, hvor stor sandsynligheden er for, at de enkelte interviewede familier har bil og i givet fald, hvor mange biler. Disse informationer skal benyttes som input til modellen for destinations- og transportmiddelvalg.

Det er imidlertid nødvendigt at omsætte sandsynligheden for, at en familie har bil til et enten/eller. Dette sker ved at fordele det samlede antal biler mellem familierne således at de, der har størst sandsynlighed for at have bil, får tildelt de biler, der faktisk er at uddele.

7.5 Anvendelse og ejerskab

I dette afsnit skal vi ganske kort berøre en alternativ modelramme udledt fra nytteteori. Det samlede nyttemaksimeringsproblem for en families kørsel i bil benævnes med $U(X, A)$ hvor A er kilometer kørsel, og forbrug af andre goder benævnes med X .

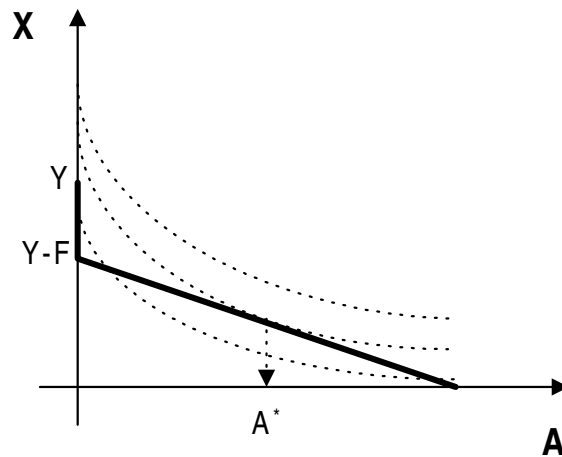
$$\max_{\{X, A\}} U(X, A) \quad (7-15)$$

ubbe .

$$Y \geq X \quad \text{Hvis } A = 0$$

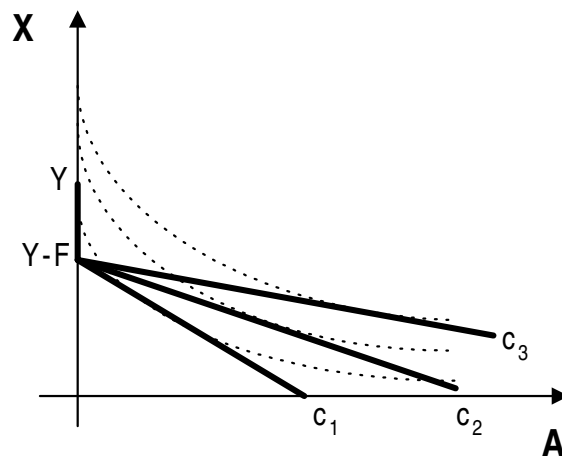
$$Y \geq X + F + cA \quad \text{Hvis } A \geq 0$$

F og c er henholdsvis faste omkostninger og variable omkostninger per kilometer. Indifferenskurven for $U(X, A)$ er vist i Figur 7-6.



Figur 7-6 Nyttmaksimering med hensyn til forbrug af bilkørsel og andre goder. Indtegnede budgetrestriktion tangerer indifferenskurven og generere et optimum ved A^* .

Som det ses er løsningen til U ikke entydig med hensyn til A og X idet agenten har mulighed for enten at bruge hele sin indkomst på X eller alternativt betale den faste omkostning ved at have bil og forbruge en kombination af A og X . Hvis vi i første omgang ser på en ændring i de variable omkostninger får budgetrestriktionen ændret hældning som det er illustreret nedenfor i Figur 7-7.

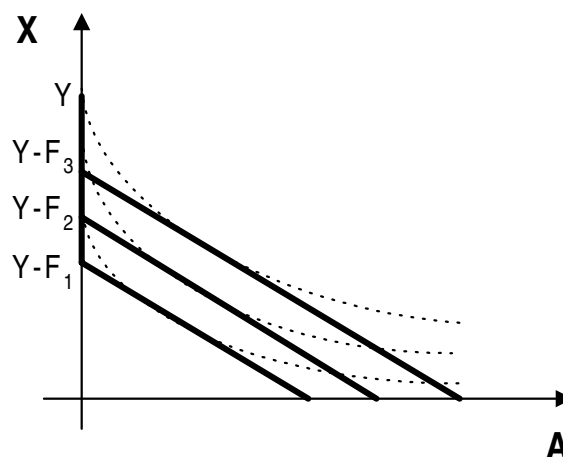


Figur 7-7 Nyttmaksimering med ændrede variable omkostninger.

En stigning i de variable omkostninger resulterer i at agenten flytter nedad til lavere liggende indifferenskurver. Når vi tilsvarende ændrer på de faste omkostninger parallelforskyder vi budgetrestriktionen, som det ses i Figur 7-8.

Med stigende faste omkostninger vil budgetlinien skubbes nedad til lavere indifferenskurver. Resultatet er at stigningen i faste omkostninger ikke udelukkende overvælttes på X men altså også på A . Det er her forudsat at A ikke er et inferiørt gode hvilket empiriske undersøgelser synes at understøtte.

Konklusionen på ovenstående gennemgang er, at størrelsen af de faste omkostninger må formodes at have betydning for transportarbejdet.



Figur 7-8 Nyttmaksimering med ændring i faste omkostninger.

Da det modelmæssige grundlag for at behandle ejerskab og kørsel under samme hat er relativt nyt, er de empiriske erfaringer begrænsede. Nedenstående Tabel 7-3 viser resultater fra 3 undersøgelser foretaget i Europa.

Tabel 7-3 Faste omkostnings elasticiteter på det årlige transportarbejde for udvalgte lande.

Årligt transportarbejde	Danmark	Holland	Norge
Elasticitet ved faste omkostninger (+/- 10%)	-2,48	-0,88	-0,48

For en mere uddybende diskussion af problemstillingen kan man konsultere Bjørner (1997) for de danske undersøgelser, Ramjerdi og Rand (1992) for de norske og De Jong (1996) for de hollandske undersøgelser. Af disse synes primært de norske resultater i overensstemmelse med, hvad der ud fra sund fornuft kan forventes.

I forhold til ALTRANS er der selvfølgelig grund til at være opmærksom på, at vi formentligt underestimerer effekten på transportarbejdet, fordi vi ikke inddrager de faste omkostninger korrekt. På den anden side synes resultaterne i ovennævnte empiriske studier at være så underlige, at niveauerne i hvert fald ikke kan bruges.

7.6 Sammenfatning

I modellen for bilejerskab estimeres antallet af biler i husstanden. Modellen er specificeret som en nested logitmodel med 2 niveauer. På første niveau bestemmes, hvorvidt husstanden har bil eller ej. På andet niveau bestemmes, hvorvidt bilhusstande har 1 eller 2 biler.

Som input til modellen anvendes dels omkostninger og socioøkonomiske data for husstanden og dennes enkelte individer - herunder kørekorthold bestemt i cohortmodellen - og dels husstandes årskørsel i

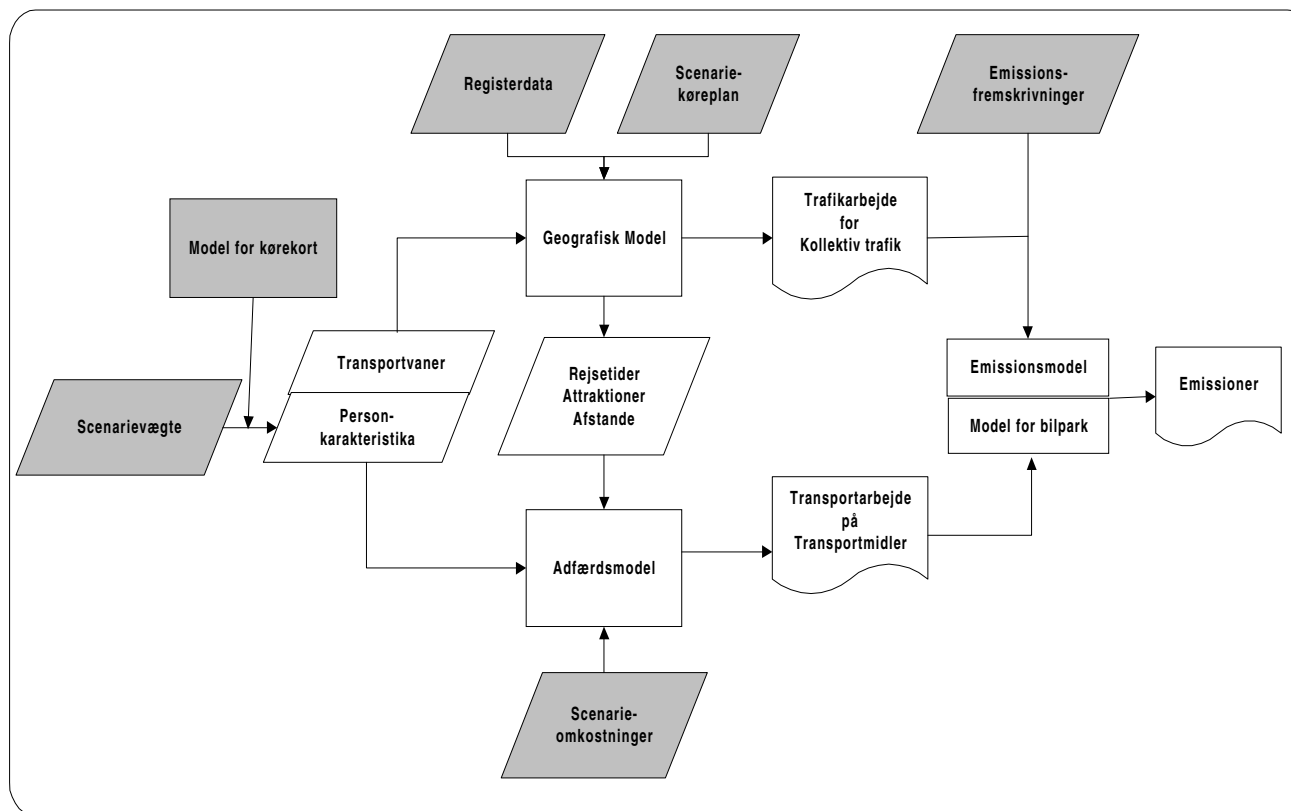
bil, bestemt gennem modellen for destinations- og transportmiddelvalg.

I modellen estimeres husstandes årskørsel ved at summere estimerede årskørsler for husstandens persontyper, hvor der tages hensyn til, om personen er hovedperson, ægefælle eller en anden person i husstanden. Indiviets årskørsel beregnes ved en sammenlægning af gennemsnittet af arbejdskørsel, anden hverdagstransport, samt weekendtransport for individer af det pågældende individs type.

De beregnede sandsynligheder for bilhold benyttes efterfølgende som input til modellen for valg af transportmiddel og destinationer.

8 Udvidelse til scenarie og prognosemodel

I dette afsnit skal det kort omtales, hvorledes selve modelkonstruktionen kan udvides til en prognosemodel, jf. Figur 8-1.



Figur 8-1 Ændring af model ved omdannelse til prognose- eller scenariemodell

Rent teknisk gennemføres en scenarieberegning ved at simulere adfærdsmodellen med ændrede data. Er det pågældende scenarie en generel indkomststigning, ens for alle individer, opskales indkomsten helt simpelt. Er der derimod fordelingsmæssige ændringer, sker dette ved at re-estimere de vægte, der sikrer modellens repræsentativitet, således at de forskellige socioklasser eller prototypiske husholdninger i fremskrivningsåret tildeles en ny vægt, der tager højde for gruppens sammensætning i forhold til en række nye totaler i fremskrivningsåret.

Der skelnes mellem ændringer i indkomstniveauer og indkomstfordelinger. Begge scenarietyper kan have effekt, men behandles vidt forskelligt. Indkomstniveauer er en simpel skalering af indkomster, mens ændringer af indkomstfordelinger sker gennem sample enumeration og nye ekspansionsfaktorer.

8.1 Spillerum for scenarier

Det er i første omgang væsentligt at spørge indenfor hvilke rammer modelsystemet kan operere. Med andre ord, hvilken type scenarier kan vi i sidste ende tænkes at generere, og hvad der er nok så interessant, hvilke scenarier kan vi ikke lave. Med scenario variable menes de variable, som vi kan skrue på. Med andre ord, de politiske styringsmidler, som principielt kan implementeres, og vil virke indenfor en relativt kort tidshorisont. De væsentligste styringsparametre i ALTRANS er angivet nedenfor i Figur 8-2.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Benzinpris} \\ \text{Billetpris} \\ \text{Fradrag} \end{array} \right\} \times \left\{ \begin{array}{l} \text{Afskrivninger} \\ \text{Vægtafgift} \\ \text{Andre afgifter} \end{array} \right\} \times \left\{ \begin{array}{l} \text{Buskilometer} \\ \text{Skiftetider} \\ \text{Ventetider} \\ \text{Hastigheder} \end{array} \right\}$$

Figur 8-2 Muligheder for at kombinere scenarievariable i ALTRANS

Scenarievariablene er opdelt i tre blokke: En der vedrører variable monetære omkostninger, en der vedrører faste monetære omkostninger og endelig en der vedrører serviceniveauet angivet som tider og tilgængeligheder. Man skal være opmærksom på, at selvom der i princippet er et uendeligt antal kombinationer af de ovenstående scenarievariable så vil der set fra modellen oftest ikke være forskel på to scenarier.

Et eksempel på dette er, at kategorien "andre afgifter" typisk vil kunne opdeles i en lang række forskellige afgifter, der relaterer sig til pris, benzinøkonomi, ekstraudstyr osv. Det korte af det lange er imidlertid, at disse forskellige tiltag vil se ens ud, set fra modellen, fordi alle biler i modellen er en og samme standard.

Et eksempel på to variable, der er kraftigt korrelerede, men dog ikke ækvivalente, findes i scenarievariablene for den kollektive trafik. Eksempelvis vil buskilometer og ventetider oftest være to sider af samme sag, forstået på den måde, at en ændring i buskilometer på x% oftest vil betyde en tilsvarende procentvis ændring i ventetider. Dette er dog ikke altid tilfældet, fordi et stort antal buskilometer meget vel kan afstedkommes fra gennemkørende busser, og altså ikke nødvendigvis busser, der stopper i zonen.

Med hensyn til scenarier, der har at gøre med lokalisering kan vi ændre på zoners attraktioner hvilket så indirekte har indflydelse på transportarbejdet, fordi den relative nytte for de alternative destinationer ændrer sig. Problemet er, at ændringen af lokaliseringer og dermed omorganiseringer af infrastrukturen går meget videre end blot til at ændre det kortsigtede transportarbejde. Eksempelvis vil sådanne ændringer have betydning for netværksbelastningen og dermed rejsetider, hvorfor validiteten af de geografiske data bliver tvivlsom.

Det skal også noteres, at vi selvfølgelig har mulighed for at implementere en række mere langsigtede fundamentale scenarier, der ændrer på indkomstsammensætning, demografi, osv.

8.2 Beregning af marginale effekter - elasticiteter

En elasticitet giver et mål for en models følsomhed overfor ændringer i visse variable. Som sådan relaterer en elasticitet sig derfor til en model og en variabel. For diskrete valgmodeller skelnes yderligere mellem direkte og krydselasticiteter. Grunden til denne skelnen er, at valgmodeller på hvert niveau har en række forskellige diskrete udfald som alle berøres forskelligt af en ændret variabel. Eksempelvis vil en ændret benzinpris have en direkte effekt på bilkørsel, men en krydseffekt på den kollektive trafik og cykel.

De fleste softwarepakker til estimation af logitmodeller beregner automatisk en elasticitet baseret på

$$E_{x_{jnk}}^{P_n(i)} = \frac{\partial P_n(i)}{\partial x_{jnk}} \frac{x_{jnk}}{P_n(i)} = \frac{\partial \ln P_n(i)}{\partial \ln x_{jnk}} \quad (8-1)$$

hvor $E_{x_{jnk}}^{P_n(i)}$ angiver den procentvise ændring af sandsynligheden $P_n(i)$ ved en %vis ændring i variabelen x_{jnk} .

Lad β_k og x_{jnk} angive henholdsvis parameter og data for variabel k , alternativ j og individ n . Vi har nu to tilfælde

$$E_{x_{jnk}}^{P_n(i)} = \begin{cases} (1 - P_n(i))x_{jnk} \beta_k & i = j \\ -P_n(i)x_{jnk} \beta_k & i \neq j \end{cases} \quad (8-2)$$

hvor den direkte elasticitet opstår for $i = j$ og kryds-elasticiteten for $i \neq j$. Elasticiteterne ovenfor er individuelle elasticiteter og som sådan ikke så interessante som output. Af hensyn til overblikket omregner man derfor oftest til et simpelt vægtet gennemsnit⁶ hvilket begrænser mængden af output til antallet af valgalternativer.

Fremgangsmåden ovenfor kan imidlertid ikke benyttes i ALTRANS, fordi vores valgsæt på destinations-niveauet er samlede. Selve samplingen, hvor antallet af alternativer reduceres fra omkring 1500 zoner til 9 henholdsvis 18 destinationer, resulterer i ugyldige elasticiteter såvel som likelihoodværdier. I teknisk forstand modellerer vi på en betinget eller begrænset likelihoodfunktion, hvor denne begrænsning angår måden alternativerne er samlede på, men også antallet⁷. At likelihoodfunktionen i virkeligheden er betinget betyder at R^2 værdier defineret som $R^2 = 1 - \frac{\log L_R}{\log L_U}$ systematisk er for høje.

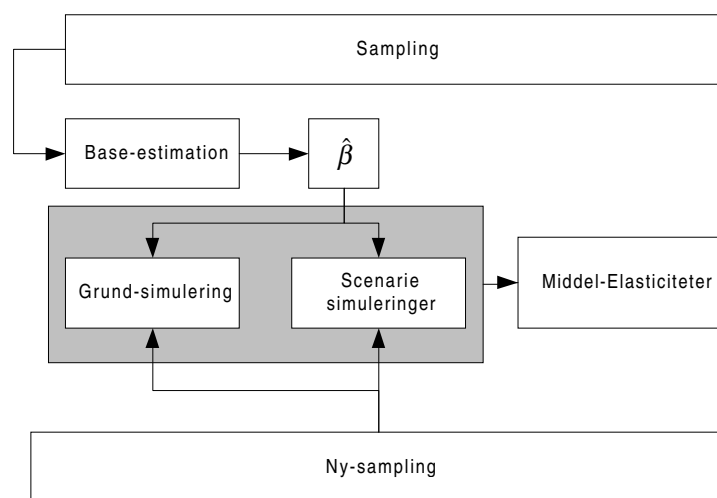
Her angiver L_R og L_U henholdsvis den begrænsede og ubegrænsede likelihood funktion. For at forstå dette kan man forestille sig situationen i grænsen, hvor man holder alt andet konstant, men hele tiden samler færre og færre alternativer. På et tidspunkt har man kun et alternativ og dermed et perfekt fit, eller $R^2 = 1$. Hvis S angiver an-

⁶ Se Ben-Akiva og Lerman (1985, s.112-113) og Limdep Version 7 (1997, s.569)

⁷ Mcfadden (1978) viser at optimering på den betingede likelihoodfunktion leder til konsistente estimater.

tallet af samlede alternativer i modellen gælder således helt generelt $\frac{\partial R^2}{\partial S} < 0$. De beregnede R^2 værdier skal dermed tages med forbehold, selvom de selvfølgelig kan bruges relativt til hinanden og dermed som modelvaliderings-instrumenter. Desuden er det klart, at følsomheden er størst for helt små værdier af S .

Med hensyn til elasticiteterne er situationen på sin måde mere kompleks. Problemet er, at vi ikke kender den sande gradient-vektor for modellen, men kun i bedste fald en betinget gradient-vektor. Da gradient-vektoren indgår i elasticitetsberegningen, som det ses ovenfor, har vi umiddelbart et problem. Elasticitetsberegningerne gennemføres derfor ved en nysampling som illustreret i Figur 8-3.



Figur 8-3 Beregning af marginale effekter.

Figurene forsøger at illustrere flere ting. For det første at scenarier beregnes på baggrund af en ny-sampling af alternativer. I denne ny-sampling, samples alle alternative destinationer tilfældigt og dermed er den faktiske observation kun med i den udstrækning tilfældighedsprincippet tillader det. For basemodellen er den faktiske observation selvfølgelig altid med.

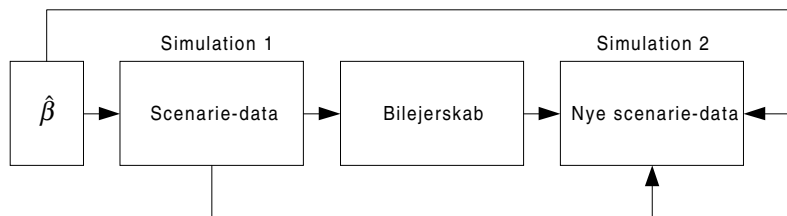
Dernæst viser figuren, at der opereres med et grund-scenarie samt diverse alternative scenarier eller scenarie simuleringer. I princippet er grund-scenariet neutralt og der foretages ingen andre ændringer end ny-samplingen. De andre scenariesimuleringer, baserer sig dels på ny-samplingen og dels på de eventuelle scenarieændringer, man ønsker at simulere effekten af. Der kan her være tale om diverse omkostningsscenarier eller scenarier, hvor den kollektive trafik forbedres. I relation til figur 3.6 kan der også være tale om en re-simulation med et ændret bilejerskab, som vi skal se nedenfor.

Selvom grund-scenariet i princippet er neutralt, er det i realiteten langt fra tilfældet, og dette hænger netop på nysamplingen. Det fundamentale problem er, at den faktiske observation langt fra blot kan substitueres med en samlet ækvivalent. Hvis vi forestiller os, at vi helt ukritisk sammenlignede en model estimeret med den originale

sampling med et scenarie baseret på nysamplingen ville det være som at sammenligne pærer med æbler. Eksempelvis ville det samlede transportarbejde blive væsentligt overestimeret, hvilket beror på, at man ved at fjerne den faktiske observation også fjerner en meget stor del af de samlede attraktioner. Problemet er, at attraktionsparametrene, som i modelmæssig forstand repræsenterer nytten ved attraktioner er estimeret ved et helt forskelligt attraktionsniveau. Når man således markant fjerner attraktioner fra modellen uden at den marginale attraktions-nytte (udtrykt ved attraktionsparametrene) ændrer sig, har man et problem - man er nødsaget til at rejse længere for at opnå samme nytte. Løsning på problemet er at operere med et grund-scenarie og dernæst de alternative scenarier. Elasticiteter kan nu opnås ved at sammenligne aggregerede simulerede sandsynligheder mellem grundscenariet og de alternative scenarier. Med andre ord er de alternative scenarier korrekte i relative forstand til grundscenariet.

De ovenstående elasticiteter er kortsigtselasticiteter, fordi effekten af det ændrede bilejerskab ikke medtages. Når årskørslen importeres i bilvalgsmodellen ændres antallet af personbiler som følge af den ændrede efterspørgsel. Denne ændring i antal personbiler har på samme måde effekt på efterspørgslen og derfor må vi inden elasticitetsberegningen for destinationsmodellen lave en enkelt tilbagekobling fra bilejerskabet.

Dette sker ved at re-simulere destinationsvalget med en ny kørekort-status for respondenterne. Dette er forsøgt illustreret i Figur 8-4.



Figur 8-4 Feedback effekter fra bilejerskab til årskørsel

Vi starter med en parametervektor opnået fra basis-estimationen. Denne vektor bruges nu til at simulere såvel grund scenarie som alternative scenarier og dette leder frem til ændringer i bilejerskabet. Med det ændrede bilejerskab har grundlaget for den første simulation ændret sig og det rådes der bod på ved at tilbageføre det nye bilejerskab.

Det skal slås fast, at der ikke på noget tidspunkt foretages nogen ny estimation - dette er jo ikke muligt uden kendskab til den fremtidige adfærd.

Principielt kunne man lave en dynamisk iteration mellem de to modeller indtil konvergens blev opnået. Konvergens ville således være det punkt, hvor ændringer i det simulerede bilejerskab var så små at de ikke influerede på årskørslen. At vi i denne modelramme kun vælger én tilbagekobling beror på flere ting. Dels er ændringerne langt ude i iterations-historien for det første i kritisk grad hængt op

på beta-parameteren. Det vil sige at vi i princippet antager, at alle andre marginale ændringer er uafhængige af alle ændringerne som scenariet specificerer inklusiv ændringer i bilejerskabet. Med andre ord er der på længere sigt så mange andre fejlkilder, at detaljer som en dynamisk tilpasning får en relativt lille betydning.

9 Estimation af model

I dette kapitel gennemgås dokumentation af adfærdsmodellen, samt af validering og resultater. I kapitel 9.1 gennemgås håndtering af data; hvordan de enkelte data er koblet sammen og hvordan de anvendes. I afsnit 9.2 beskrives estimationen og valideringen af modellen, og i afsnit 10 med gennemregningen af scenarier.

9.1 Data

I dette afsnit skal vi gennemgå en række centrale elementer i data-processeringen.

9.1.1 Bortfald

Bortfald af observationer eller transportkilometer som resultat af model antagelser, regnefejl eller mangelfulde observationer har effekt på det modellerede transportarbejde på to måder. Dels direkte som følge af manglende kilometer, og dels indirekte fordi bortfald typisk vil ændre samplets repræsentativitet og dermed indirekte transportarbejde. Dette har specielt interesse hvis målet er at beregne absolutte tal for efterspørgslen og mindre interesse hvis man kun er interesseret i at kunne sige noget om relative ændringer i efterspørgslen målt ved forventede elasticiteter. Som sådan vil de relative konklusioner være korrekte hvis bortfaldet er repræsentativt, men misspecificerede hvis dette ikke er tilfældet.

Indenfor ALTRANS vil vi primært fokusere på de relative ændringer i efterspørgslen og ikke forsøge at ramme de absolutte niveauer og af den grund er konklusionerne kun berørt i det omfang hvor bortfaldet har associeret et transportarbejde, som systematisk er forskelligt fra det gennemsnitslige. Denne potentielle misspecification kan imidlertid håndteres ved at foretage repræsentativitets-vægtningen efter bortfaldet.

Normalt forbinder man bortfald med observationer, som dropper ud af modellen, fordi visse variable enten ikke er observerede eller upålidelige. Det ordinære bortfald, som er et resultat af manglende variable i TU-data ses i Tabel 9-1, idet der over dobbeltstregen er vist de observationer, der ikke behandles, fordi data er mangelfulde.

Bortfald kan imidlertid også opstå, fordi modelstrukturen lægger visse bånd på output.

Eftersom ALTRANS i den foreliggende version ikke indeholder en frekvensmodel behandles hændelsen "0-rejser" ikke i rejsemodellen. Dermed ikke sagt at "0-rejserne" ikke bør medtages i vægtningen eftersom dette in-aktive sample meget vel kan udvikle sig som følge af demografiske og indkomstmæssige fremskrivninger. Da samplet imidlertid er in-aktivt indgår det ikke i likelihood funktionen og derfor kan vægtningen i denne specielle situation foretages separat.

Tabel 9-1 Opgørelse af observationer, der ikke behandles i modellen.

Udvalgs kriterium	Observationer	Akkumuleret Obs, der fjernes	Rest obs
TU ture	0	0	134378
Frazones ukendt	530	530	133848
Tilzones ukendt	2	532	133846
Korekort ukendt	7	539	133839
Bilfører men ikke kørekort	80	619	133759
Bil status ukendt	3	622	133756
Afstand uoplyst	1385	2007	132371
Ingen Tur	6643	8650	125728
Tur under 300 m.	13311	21961	112417
Afstand > 100 kilometer	2111	24072	110306
Irrelevant transportmiddel	2584	26656	107722

Rejser over 100 kilometer medtages ikke i modellen og dermed reduceres transportarbejdet i modellen betragtelig. Dette vil generelt betyde at model-elasticiteterne bliver for små. Antager vi samme elasticiteter for hele det aktive sample, vil model-elasticiteterne derfor generelt være underestimeret med en størrelsesorden, som svarer til andelen af det udelukkede transportarbejde.

En tredje grund til at det aktive sample formindskes er, at det anvendte transportmiddel ikke falder indenfor de tilladte, f.eks. fly og færge.

Også på anden måde svarer data i det samlede datasæt ikke til det oprindelige. Et eksempel på dette er, at kæder konverteres til simple ækvivalenter, som aggregeret set har færre ture og dermed et mindre transportarbejde. I Tabel 9-2 ses hvorledes transportarbejdet for det aktive sample reduceres i forhold til udvalgte modelbegrænsninger.

Tabel 9-2 Andel af transportarbejde med eller udenfor bortfald. Benævnelserne "simple" og "komplekse" angiver det opgjorte transportarbejde efter konverteringen af kæder til henholdsvis simple og komplekse kæde-ækvivalenter. Detaljerne for denne reduktion er medtaget i appendiks A.

Bortfald	Kæde	Kollektiv	Lette	Bilfører	Bilpassager
TU - data	Alle	172595	128941	970178	285413
Heraf < 100 km m.v.	Alle	129203	107753	773538	204027
Rest andel	Alle	0.75	0.84	0.80	0.71
	Simple	89459	71030	465867	137122
	Komplekse	28517	15841	234573	50232
	Ialt	117976	86871	700440	187354
Efter kæde-reduktion	Rest andel	0,91	0,81	0,91	0,92

Manglen på ture over 100 km m.v. betyder sammen med de kasserede ture, at modellen kun repræsenterer 80% af transportarbejdet for bilførere, mindre for kollektiv trafik og bilpassagerer, og lidt mere for den lette trafik.

Af disse 70-80% af transportarbejdet, som vi modellerer i modellen, repræsenterer data kun 81-92% af transportarbejdet pga. af kædekonstruktionen. Hvis vi følger Tabel 9-2, fås for hvert transportmiddel det reelle transportarbejde under 100 km ved at multiplicere med den reciproke "rest andel". Hvis vi forestiller os at modellen prognosticerede et transportarbejde på 100.000 km for bilførere ville det forventede absolutte transportarbejde på nationalt niveau blive

$$100.000 \cdot \left(\frac{1}{0.91} \right) = 109.890 \text{ km.}$$

I modellen skal vi imidlertid ikke opskrive transportarbejdet som illustreret ovenfor, men i stedet fokusere på transportarbejdet i det aktive sample. Blot er det væsentligt at gøre sig klart, hvad der er medtaget og specielt, hvad der ikke er medtaget i dette sample.

Udover den ovenstående misspecifikation i bortfaldet er der også problemer i selve GIS modellen. For det første opererer GIS modellen på et zone-niveau. Det betyder dels, at vi ikke har kendskab til interne ture, og dels, at rejselængden for rejser mellem zoner kan blive skæve. Det sidste skyldes at GIS opererer ud fra en grundlæggende antagelse om zone-centroider, dvs. at alt trafik går fra/til centrum af zonen. Skal man dermed fra en zone til en anden, skal man altså fra det ene centrum til det andet. Dette betyder, at den beregnede længde har tendens til at være større end den observerede. Hvad der imidlertid trækker i den anden retning er udeladelsen af de små veje. For de interne zoner benyttes et beregningsprincip baseret på zonen cirkel ækvivalent, altså cirklen med samme areal som zonen. Midelværdien af afstanden mellem 2 punkter indenfor cirklen beregnes til $0.5209 \cdot \sqrt{\text{areal}}$, jf afsnit 2.6.

Den geografiske models output justeres, således at det som et minimum er konsistent med det gennemsnitligt observerede transportarbejde.

Tabel 9-3 Forskelle på observerede og beregnede afstande

Rejselængder	Interne rejser	Eksterne rejser
Justerings-faktor	0,82	1,13

For at opnå korrekte estimater divideres med faktorerne i Tabel 9-3 på alle afstande i datasættet. Det er principielt nødvendigt at gøre dette inden estimationen for at sikre, at de korrekte afstande indgår i nyttefunktionen under estimationen.

9.1.2 Repræsentativitet

Den individuelle repræsentativitet er der ganske gode muligheder for at eliminere ved brug af vægte/ekspansionsfaktorer, som beskrevet i del 1.

Tabel 9-4 Targetets for vægte. Kilde: Danmarks Statistik, specialkørsel af husstande med 16-74 årige medlemmer.

Target	Køn	Alder	Indkomst	1995	2005	2010	2020
1	Mand	16-19		72756	77788	90192	89285
3	Mand	20-24		159986	145512	158081	185014
4	Mand	25-34		327613	370112	324425	348965
5	Mand	35-49		612830	606295	612210	523197
6	Mand	50-64		540516	534065	542218	566324
7	Mand	65-		92915	199412	236590	288539
8	Kvinde	16-19		68979	73802	85672	84801
10	Kvinde	20-24		153288	141485	152054	177383
11	Kvinde	25-34		319571	361259	317752	338440
12	Kvinde	35-49		596915	584147	594477	518774
13	Kvinde	50-64		539473	532065	539910	559180
14	Kvinde	65-		109777	225728	259057	311001
15			-74.000	635496	651503	665375	677823
16			75-174.000	1495023	1532680	1565315	1594599
17			175-224.000	709984	727867	743366	757272
18			225-299.000	623287	638986	652592	664801
19			300.000-	441113	452224	461853	470493

Som beskrevet i afsnit 3.3 beregnes vægtene ud fra en WLS procedure. Som det ses ovenfor beregnes der i første omgang kun 57 vægte - nemlig kombinationer af alder, køn og indkomst. En summarisk beskrivelse ses i Tabel 9-5.

Tabel 9-5 Summarisk beskrivelse af vægte.

	1995	2005	2010	2020
Middelværdi	131,37	133,43	136,33	138,92
Standard afvigelse	41,28	24,41	27,99	32,96

9.1.3 Segmentering af data

En segmentering af data har som beskrevet i kapitel 3.2 det formål at opdele det samlede dataset i mindre delset hvortil der tilordnes delmodeller. Ønsket med segmenteringen er at sprede modellen over forskellige urbaniseringsgrader for at tage hensyn til de latente effekter, som geografien har en tendens til at indlejre i variabler og dermed også parameterestimer. I forbindelse med segmenteringen er et væsentligt hensyn udtyndingen af data.

For at modellere transportmiddelvalg må et vist minimum af observationer af de enkelte transportmidler være repræsenteret i hvert segment. Fordelingen af observationer over de enkelte segmenter og dermed også den kritiske udtyndingsgrad for de enkelte modeller kan ses af Tabel 9-6 og Tabel 9-7.

Tabel 9-6 Segmentering af destinations- og transportmiddelvalg. Antal observationer i hver kategori

Model Nøgle	Bosted	Antal kørekort	Kæder	Kollektiv	Let	Bilfører	Bilpassager	Observationer
11	Centale Købehavn	Alle	Simpel	340	946	367	138	1791
12	Øvrig Kbh + indre forstæder	Alle	Simpel	628	1453	1714	462	4257
13	Kbh. ydre forstæder + købstæder	Alle	Simpel	132	400	506	136	1174
14	HT småbyer og land	Alle	Simpel	331	728	1815	366	3240
15	11 største provinsbyer.	Alle	Simpel	373	1976	2183	673	5205
16	Øvrige byer > 10.000 indb.	Alle	Simpel	174	1627	1948	511	4260
17	Småbyer og land	1	Simpel	413	2189	6334	1474	10410
18	Småbyer og land	2	Simpel	107	550	2171	415	3243
19	Småbyer og land	>2	Simpel	49	140	439	97	725
21	Centale Købehavn	Alle	Triangulær	134	225	191	60	610
22	Øvrig Kbh + indre forstæder	Alle	Triangulær	209	242	764	150	1365
23	Kbh ydre forstæder + købstæder	Alle	Triangulær	35	47	186	46	314
24	HT småbyer og land	Alle	Triangulær	105	60	669	118	952
25	11 største provinsbyer.	Alle	Triangulær	88	291	797	173	1349
26	Øvrige byer > 10.000 indb.	Alle	Triangulær	35	199	464	117	815
27	Småbyer og land	Alle	Triangulær	112	201	2269	438	3020

Tabel 9-7 Segmentering af bilejerskab.

Model nøgle	Urbaniseringsgrad	Ikke bil	En bil	To biler	Obs
1	Centale Kbh.	1177	754	63	1995
2	Øvrig Kbh + indre forstæder	1332	2500	521	4355
3	Kbh Ydre forstæder + købstæder	279	755	141	1178
4	HT småbyer og land	384	2077	805	3270
5	11 største provinsbyer.	1562	3171	592	5330
6	Øvrige byer > 10.000 indb.	854	2602	427	3889
7	Småbyer og land	985	9558	3338	13888

For enkelte destinationsmodeller, henholdsvis 19, 23 og 26 er antallet af observationer for den kollektive trafik nede på 49, 35 og 35 observationer hvilket må betegnes som et minimum for at kunne estimere potentielle ændringer i den kollektive trafik. At segmenterne 17-19 er blevet opdelt på kørekortshold er sket for at begrænse det ellers meget store datasæt, som er summen af disse tre. I Limdep var det vanskeligt (læs umuligt) at estimere på et ekspanderet datasæt på mere end 350.000 observationer, hvilket fås med en sammenlægning af segment 17-19⁸.

⁸ De 14.378 observationer ekspanderes på destinationsalternativer til

9.2 Estimation

9.2.1 Destinationsmodellen

Estimation af alle valgmodeller er foretaget i estimeringsprogrammet Limdep. I Tabel 9-8 er resultaterne for destinationsmodellen for hvert segment opsummeret. Søjlen R^2 viser hvor godt modellen forklarer data. Traditionelt er forklaringsgrader på mellem 0.2 og 0.4 ganske tilfredsstillende for modeller af denne type.

At de viste modeller generelt ligger noget over dette niveau, og dermed synes at passe data bedre end hvad man kunne forvente, skyldes random samplingen. Samplingen resulterer i forkerte likelihood værdier og eftersom $R^2 = 1 - \frac{\log L_R}{\log L_U}$ vil dette mål være systematisk

biased opad til⁹. Dette forstås ganske intuitivt fordi den ekstreme situation med kun et muligt valg - nemlig det observerede - vil give et perfekt fit eller $R^2 = 1$. Hvis nummeret af alternativer i valgsættet betegnes med S vil vi have, at $\frac{\partial R^2}{\partial S} < 0$. Selvom R^2 er skævt kan det

imidlertid stadig bruges som et valideringsmål, fordi det er gyldigt i relative termer, f.eks. for sammenligning mellem 2 forskellige formuleringer af en given nyttefunktion.

Kolonnen yderst til højre (i Tabel 9-8) 'frihedsgrader' angiver antallet af parametre, der er anvendt i den nastede logit model, se (9-1) og (9-2). I nederste række er det vægtede gennemsnit for R^2 over alle segmenter vist. Som nævnt ovenfor kan værdier af R^2 bruges relativt.

Ved at sammenholde R^2 værdier for henholdsvis NMNL og MNL modellerne fås et intuitivt og nemt test for hvorvidt den multinomiale model er upassende i forhold til den nastede formulering.

Ifølge Ben-Akiva og Lerman (1985) kan det vises at forskellen mellem R^2 for to modeller er normal fordelt. En hovedregel siger at for to modeller baseret på flere end 250 observationer, med 2 eller flere alternativer og det samme antal parametre da må forskellen på R^2 målet for de to modeller højst være 0.01 for at hypotesen om ens modeller kan bekræftes. Når denne tommelfingerregel anvendes på nedenstående Tabel 9-9 over R^2 værdier for henholdsvis de nastede og ikke nastede modeller kan det umiddelbart konkluderes, at alle segmenter forkaster den multinomiale model til fordel for den nastede model. I denne forbindelse bør det huskes at eftersom alle logsumsparametre er pre-specificerede, er antallet af estimerede parametre det samme for de to strukturer.

⁹ $9 \cdot 14.378 = 129.402$ og derefter på alternative transportmidler ca. $3 \cdot 129.402 = 388.206$. At ekspansionen med hensyn til transportmidlerne ikke er en faktor 4 skyldes at en del af alternativerne ikke er tilladt.

Tabel 9-8 Validering af segmenter for destination model.

Segment		Observationer	Alternativer	Restricted Likelihood L_R	Likelihood (FIML) L_U	R^2	Frihedsgrader
11	Centale Kbh.	1791	55253	-878944	-543068	0.38214	24
12	Øvrig Kbh + indre forstæder	4257	130740	-2025280	-1304317	0.35598	24
13	Kbh Ydre forstæder + købstæder	1174	34044	-553316	-289364	0.47704	21
14	HT småbyer og land	3240	97865	-1500750	-917246	0.38881	23
15	11 største provinsbyer.	5205	135398	-2531634	-1125732	0.55533	23
16	Øvrige byer > 10.000 indb.	4660	113030	-1998362	-848189	0.57556	13
17	Småbyer og land, 0 kørekort	10410	275962	-4855500	-2486962	0.48781	24
18	Småbyer og land, 1 kørekort	3243	86997	-1478643	-741972	0.49821	23
19	Småbyer og land, 2 kørekort	725	19414	-327401	-174243	0.46780	23
21	Centale Kbh.	610	35161	-353430	-178504	0.49494	33
22	Øvrig Kbh + indre forstæder	1365	79311	-768940	-399800	0.48006	31
23	Kbh Ydre forstæder + købstæder	314	17708	-173277	-92043	0.46881	30
24	HT småbyer og land	952	54990	-517136	-294116	0.43126	30
25	11 største provinsbyer.	1349	61129	-772201	-324897	0.57926	30
26	Øvrige byer > 10.000 indb.	815	37568	-445994	-171404	0.61568	31
27	Småbyer og land	3020	144756	-1630255	-748514	0.54086	30
Total		42752	42752		Vægtet gennemsnit	0.488215	23.7

Som det fremgår af Tabel 9-9 har det ikke været muligt at estimere alle modeller med en simpel MNL struktur hvilket beror på afhængigheder i fejlløddet også refereret til som problemer med IIA-egenskaben (jf. herom i afsnit 1.3.2). Det er ikke overraskende at det netop er i de komplekse modeller at disse problemer viser sig med størst styrke eftersom man har 18 og ikke 9 alternative kæder i valgsættet.

Parameterværdierne for destinationsmodellen varierer over segmenterne, og da der i gennemsnit er cirka 24 parametre per model og der er 16 segmenter, estimeres der alene for destinationsmodellen $24 \cdot 16 = 384$ forskellige parametre.

I Tabel 9-10 er nyttefunktionen for segment 11 vist. Den viste estimation svarer nøjagtigt til det sæt af nyttefunktioner, der er gengivet i formel (9-1) - (9-2). Parameternavne og variabelnavne matcher således i tabel og formel.

$$\tilde{V}_d^n = K0 + \beta_1 ATT1 + \beta_2 ATT2 + \beta_3 ATT3 \quad (9-1)$$

⁹ L_R og L_U angiver likelihood værdien for den begrænsede henholdsvis ubegrænsede model.

$$\begin{aligned}\tilde{V}_{\text{kollektiv},d}^n &= K1 + \phi_1 \text{Ktid1x} + \phi_2 \text{Ktid2x} + \phi_3 \text{Ktid3x} \\ &+ \phi_4 \text{Vtid1x} + \phi_5 \text{Vtid2x} + \phi_6 \text{Vtid3x} + \phi_7 \text{Omrad1} + \phi_8 \text{Omrad2} \\ &+ \phi_9 \text{Omk} + \phi_{10} \text{IN1} \\ \tilde{V}_{\text{cykel},d}^n &= K2 + \phi_{11} \text{ST2} + \phi_1 \text{Ktid1x} + \phi_2 \text{Ktid2x} + \phi_3 \text{Ktid3x} \\ \tilde{V}_{\text{Bilfører},d}^n &= K3 + \phi_{12} \text{AD3} + \phi_{13} \text{IN3} + \phi_{14} \text{Bil3} + \phi_9 \text{Omk} + \phi_1 \text{Ktid1x} \\ &+ \phi_2 \text{Ktid2x} + \phi_3 \text{Ktid3x} \\ \tilde{V}_{\text{Bilpass},d}^n &= \phi_{15} \text{KN4} + \phi_{16} \text{IN4} + \phi_9 \text{Omk} + \phi_{17} \text{Bil4}\end{aligned}\tag{9-2}$$

Sammenholdes med (5-10) - (5-12) bemærkes det, at nyttefunktionen (5-11) for person- og husstandsvariable er indarbejdet i (9-2). Samtidig bemærkes det, at yderligere personvariable ud over køn og alder har vist sig signifikante ved estimeringen.

Table 9-9 Validering af segmenter for destination model.

Segment	Urbaniseringsgrad	Antal kørekort	R ² - NMNL	R ² - MNL	Df
11	Centale Kbh.	Alle	0,38214	0,30763	24
12	Øvrig Kbh + indre forstæder	Alle	0,35598	0,26264	24
13	Kbh. ydre forstæder + købstæder	Alle	0,47704	0,32030	21
14	HT småbyer og land	Alle	0,38881	0,27469	23
15	11 største provinsbyer.	Alle	0,55533	0,44822	23
16	Øvrige byer > 10.000 indb.	Alle	0,57556	0,4273	13
17	Småbyer og land	1	0,48781	0,3244	24
18	Småbyer og land	2	0,49821	0,38425	23
19	Småbyer og land	>2	0,46780	0,34855	23
21	Centale Kbh.	Alle	0,49494	0,38718	33
22	Øvrig Kbh + indre forstæder	Alle	0,48006	0,34186	31
23	Kbh ydre forstæder + købstæder	Alle	0,46881	-	30
24	HT småbyer og land	Alle	0,43126	-	30
25	11 største provinsbyer.	Alle	0,57926	-	30
26	Øvrige byer > 10.000 indb.	Alle	0,61568	-	31
27	Småbyer og land	Alle	0,54086	-	30
Vægtet middelværdi			0,488215	0,349997	23.7

Tabel 9-10 Parameter estimater for destinationsmodel for segment 11.

	Variabel navn	Parameter	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]
Attributter for nyttefunktionen for destinations- og transportmiddelvalg						
Konstant	K1		2,32878384	0,02227530	104,546	0
Køretid, kommunen	KTID1X	φ_1	-0,03234446	0,00020947	-154,409	0
Køretid, arbejdskraftopland	KTID2X	φ_2	-0,034463	0,00014973	-230,165	0
Køretid, resten af land	KTID3X	φ_3	-0,03362957	0,00018394	-182,825	0
Middelventetid, kommunen	VTID1X	φ_4	-0,05558888	0,00111479	-49,865	0
Middelventetid, arbejdskraft-opland	VTID2X	φ_5	-0,00542201	0,00085720	-6,325	0
Middelventetid, resten af land	VTID3X	φ_6	-0,05409304	0,00145657	-37,137	0
Kommune dummy	OMRAD1	φ_7	0,26065782	0,02011367	12,959	0
Arbejdskraftopland dummy	OMRAD2	φ_8	-0,33234726	0,02007069	-16,559	0
Omkostninger	OMK	φ_9	-0,02456668	0,00024059	-102,111	0
Indkomst (kollektiv nyttefunktion)	IN1	φ_{10}	-0,00000052	0,00000003	-17,211	0
Konstant	K2		3,38571283	0,01562801	216,644	0
Studerende	ST2	φ_{11}	0,13984626	0,01052700	13,285	0
Konstant	K3		0,75403647	0,01979375	38,095	0
Antal Arbejdsdage	AD3	φ_{12}	0,04214472	0,00290634	14,501	0
Indkomst (bilfører nyttefunktion)	IN3	φ_{13}	-0,00000168	0,00000004	-46,847	0
Antal biler i husholdning (bilfører nyttefunktion)	BIL3	φ_{14}	2,24806411	0,01292698	173,905	0
Køn	KN4	φ_{15}	-1,22295236	0,01681014	-72,751	0
Indkomst (passager nyttefunktion)	IN4	φ_{16}	-0,00000186	0,00000005	-38,253	0
Antal biler i husholdning (passager nyttefunktion)	BIL4	φ_{17}	0,86141628	0,01637762	52,597	0
Attributter for nyttefunktionen for destinationsvalg						
Destinations konstant	K0	K0	-3,16417074	0,03664743	-86,341	0
Attraktioner kommunen	ATT1	β_1	0,61333566	0,00314236	195,183	0
Attraktioner arbejdskraftopland	ATT2	β_2	0,45820681	0,00322584	142,043	0
Attraktioner resten af land	ATT3	β_3	0,77095790	0,00357375	215,728	0

I appendiks B findes en oversigt over estimerede koefficienter og estimations resultater for de øvrige segmenter. I Tabel 9-11 er alle de variable opstillet, som beskriver transportmiddelvalget, og som derfor kan optræde i appendiks B.

Tabel 9-11 Variabel og parameternøgle for destinationsmodellerne.

Beskrivelse	Variabelnavn
Monetære omkostninger	Omk
Køretid for hver af de 3 områder	KTID1X, KTID2X, KTID3X
Middelventetid for hver af de 3 områder	VTID1X, VTID2X, VTID3X
Dummy for område	OMRAD1, OMRAD2, OMRAD3
Konstanter transportmiddelvalg	K1, K2, K3, K4
Indkomster	IN1, IN2, IN3, IN4
Studerende dummy	ST1, ST2, ST3, ST4
Antal arbejdsdage	AD1, AD2, AD3, AD4
Antal biler	BIL1, BIL2, BIL3, BIL4
Køn	KN1, KN2, KN3, KN4
Alder	ALD1, ALD2, ALD3, ALD4
Enlig	EN1, EN2, EN3, EN4
Selvstændig	S1, S2, S3, S4
Højere funktionær	HF1, HF2, HF3, HF4
Årskilometer med bil	BF1, BF2, BF3, BF4
Kollektiv kilometer	KM1, KM2, KM3, KM4

Omkostningerne OMK estimeres kun gennem 1 parameter af hensyn til afhængigheder mellem tid og omkostninger. At der kun estimeres 1 parameter for omkostningerne vil sige, at alle nyttefunktioner (over alle modes og destinationer) har samme parameter, men selvfølgelig vil selve omkostningen variere over modes.

For køre- og ventetider estimeres kun 1 parameter for hvert område. Parameteren er dermed ens i nyttefunktionerne for hver af de 4 modes.

For de øvrige variable estimeres derimod en parameter for hvert transportmiddel. Eksempelvis betyder IN1, ..., IN4, at der er 4 transportmidler og at hver transportmiddel principielt kan have separate variable med separate parametre. Mange parametre er dog 0.

En ting som bør noteres er, at variable der ikke varierer over alternativer (bl.a. indkomsten, antal biler og kollektiv kilometer) ikke kan dømmes på fortegnet fordi krydspriselasticiteten kan have omvendt fortegn af parametrene. Dette er ikke tilfældet for variable, der varierer over alternativerne (tider og omkostninger).

9.2.2 Bilejerskabesmodellen

Parameterestimaterne for bilejerskabsmodellen ses nedenfor i Tabel 9-12 for segment 1, det centrale København og Frederiksberg kommune.

Tabel 9-12 Bilejerskab segment 1.

	Variable				Coefficient	Standard Error	b/St.Er.
	Bil	Ikke bil	1 bil	2 el flere biler			
Attributter: Bil / Ikke bil							
Kontant	KONST1				-22,710284	0,421463	-53,884
Enlig	E0				0,334102	0,015029	22,23
Stuerende	ST0				0,495659	0,015847	31,277
Alder	ALD				-0,028692	0,000356	-80,512
Attributter: En / To biler							
Konstant	K1				14,417291	0,418158	34,478
Højere funktionær	HJ1				0,265331	0,013942	19,031
Indkomst	I1				0,553988	0,010352	53,516
Årlige Bilfører-kilometer	BF1				0,000026	0,000001	39,01
Selvstændig	S2				1,318377	0,035742	36,886
Kollektiv kilometer busnet	KM2				0,000211	0,000030	6,97
Zone ventetid	ZV2				0,033744	0,001342	25,154
Indkomst	I2				1,501329	0,033681	44,575
Årlige Bilfører-kilometer	BF2				0,000014	0,000001	9,393

Parametre til samtlige nyttefunktioner ses i sidste del af appendiks C. I Tabel 9-13 vises en oversigt over de mulige variable og parameter navne, der kan indgå i nyttefunktionerne. I Tabel 9-12 og Tabel 9-13 kan man direkte aflæse den nastede struktur, hvor man først vælger mellem bil / ikke bil og dernæst mellem 1 eller 2 biler. Hver kolonne kan derfor associeres med en nyttefunktion. Nyttefunktionerne fremgår i øvrigt af formel (7-13).

Tabel 9-13 Variabel og parameternøgle for bilejerskabsmodellerne.

	Bil	Ikke bil	1 bil	2 eller flere
Attributter: Bil / Ikke bil				
Konstant	Konst1			
Indkomst				
Enlig		E0		
Studerende		ST0		
Alder		ALD		
Attributter: En / To biler				
Konstant			K1	
Højere funktionær			HJ1	
Indkomst			I1	I2
Selvstændig			S1	S2
Kollektiv kilometer busnet			KM1	KM2
Zone ventetid			ZV1	ZV2
Årlige Bilfører-kilometer			BF1	BF2

For bilejerskabsmodellen vises i tabel Tabel 9-14 resultater fra modelvalideringen, som er pendanten til tabel 11. Det bemærkes, at også her er R^2 værdierne relativt høje, og data er derfor forklaret relativt godt.

Tabel 9-14 Validering af segmenter - bilejerskabsmodel

Segment	Observationer	Alternativer	Restricted Likelihood L_R	Likelihood (FIML) L_U	R^2	Frihedsgrader
1	1994	3819	-264032	-282878	0,44973	13
2	4353	9378	-674261	-377391	0,44007	13
3	1175	2624	-185983	-97964	0,47407	10
4	3266	7764	-544800	-284012	0,47923	9
5	5325	11602	-838614	-457425	0,45474	11
6	3883	8604	-620023	-298204	0,51959	11
7	13881	33380	-2391827	-1103215	0,53876	10
Total	33877	77171				

Tabel 9-15 viser, at en nested logitmodel for alle segmenter er bedre end en multinominal model, idet forskellen mellem R^2 værdierne i alle tilfælde er større end 0,01.

Tabel 9-15 Validering af segmenter for bilejerskabsmodel

Segment	R^2 - NMNL	R^2 - MNL	Forskel	Frihedsgrader
1	0,44973	42247	0,02726	13
2	0,44007	0,4244	0,01567	13
3	0,47407	0,4446	0,02947	10
4	0,47923	0,4533	0,02593	9
5	0,45474	0,4133	0,04144	11
6	0,51959	0,4842	0,03539	11
7	0,53876	0,5227	0,01606	10
Vægtet middelværdi	0,628726	0,5903	0,038426	10.7

Der er for logit-modeller visse naturlige begrænsninger på model valideringen. Det er indres, at nyttefunktionerne ikke observeres. Det eneste, der observeres, er individernes diskrete valg. Dette betyder blandt andet, at det ikke er muligt at teste fordelingen af fejleddene i modellen, hvilket ellers er normal praksis indenfor en økonometrisk kontekst.

Krydstabuleringer af de forskellige modellers evne til at beskrive data er det nærmeste man kommer en residual analyse, altså en analyse af fejleddene. I en krydstabulering afbildes observerede mod estimerede valg som i Tabel 9-16, hvor krydstabuleringen for segment 1 i bilejerskabsmodellen er vist.

Tabel 9-16 Limdep krydstabulering for bilejerskab - segment 1.

	0 BIL	1 BIL	2 BILer	Observationer
0 BIL	860	304	13	1177
1 BIL	295	420	39	754
2 bilerBIL	15	36	12	63
Estimat	1170	760	64	1994

Gode modeller har den overvejende del af observationerne liggende på diagonalen, mens en asymmetrisk struktur er tegn på misspecifikation. I nærværende modeller er der ikke tegn på misspecifikationer, hvilket også fremgår af de høje R^2 -værdier.

Fordi modellerne indeholder alternativ-specifikke konstanter vil summen af observerede og estimerede udfald være ens. Dette er et umiddelbart resultat af førsteordensbetingelserne for likelihood funktionen. At dette ikke nøjagtigt er tilfældet i tabel 9-16 skyldes regneunøjagtigheder i Limdep. Resten af krydstabuleringerne for bilejerskabet ses i appendiks D.

9.2.3 Kørekortsmodellen

Udover de to mere grundlæggende modeller, hvis resultater er beskrevet i afsnit 9.2.1 og 9.2.2, indeholder systemet også en valgmodel for kørekortholdet. Denne model er nødvendig, fordi også køre-

kortholdet berøres af indkomststigninger og ændringer i befolkningen - begge ting som potentielt kan omfattes af scenariekørslerne og derfor bør medtages.

Selve kørekortsholdet estimeres i flere trin. Først estimeres en binær logit model på det kendte sample, hvilket i alt udgøres af 54.000 observationer. Resultaterne for denne estimation ses i Tabel 9-17 og Tabel 9-18.

Tabel 9-17 Kørekortsmodel

Observationer	Alternativer	R^2	Frihedsgrader
54000	99662	0,52996	10

Grunden til at antallet af alternativer i samplet ikke er det dobbelte af antallet af observationer skyldes, at ikke alle har mulighed for at erhverve kørekort. Med andre ord er der igen variable valgsæt, som frasorterer unge under 18 år fra kørekortsalternativet.

Tabel 9-18 Kørekortsmodel - parametre.

	Ikke kørekort	Kørekort
Konstant	5,81318	
Køn	-0,8993	
Alder	0,01050	
Urbanisering	-0,1768	
Studerende	1,1946	
Log(Indkomst)		0,5625
Relative indkomst for hovedperson		0,4180
Selvstændig		1,0577
Faglært		0,6854
Højere funktionær		1,3111

De tilsvarende nyttefunktioner kan skrives $V_j = bX$ hvor $j = 0$ betegner alternativet "ikke-kørekort" og $j = 1$ omvendt alternativet "kørekort". De tilhørende variable og aktive parametre (de der ikke er tomme) ses af henholdsvis kolonne 1 og 2 i Tabel 9-18.

Krydstabuleringen ses nedenfor i Tabel 9-19, hvor der i overensstemmelse med den relativt høje R^2 værdi på 0.53 er en god fordeling af observationer på diagonalen.

Tabel 9-19 Krydstabulering for kørekortsmodel

	0 Kørekort	1 Kørekort	Observation
0 Kørekort	10057	5145	15202
1 Kørekort	53320	33466	38798
Estimat	15389	38611	54000

Efter selve estimationen af kørekortsmodellen mangler 36.610 kørekort at blive fordelt, idet de ikke kendes i basis-samplet. Disse manglende kørekort fremkommer ved, at der i en årrække ikke er indhentet oplysninger om kørekortstatus for andre personer i familien end interviewpersonen. Disse simuleres, jf. afsnit 6.1. Fordelingen af den simulerede kørekortsandel ses nedenfor i Tabel 9-20.

Tabel 9-20 Simulerede kørekort.

	Ikke kørekort	Kørekort
Antal kørekort	17464	19146
% andel	0,4770	0,5229

Den opmærksomme læser vil notere, at kørekortholdet for det simulerede sample er lav. Dette skyldes, at der estimeres kørekort for de familiemedlemmer, der ikke er interviewpersoner, og en del af disse er børn og unge.

10 Scenario beregninger

I dette afsnit præsenteres en række resultater for forskellige modelkørsler. Først præsenteres cohort- og kørekortsmodellerne, der efter bilejerskabsmodellen og endelig destinationsmodellen.

10.1 Cohort effekt

Cohortmodellen anvendes til ud fra base-datasættet at beregne kørekortholdet i fremtidige scenarieår, når de nuværende aldersgrupper med højere kørekorthold er blevet ældre.

Udover aldersrelaterede effekter er der på kørekortholdet også indkomst effekter, som det er nødvendigt at tage højde for i et scenarie. Med andre ord vil et øget indkomstniveau betyde, at flere erhverver sig kørekort. Der er en øvre grænse for hvor meget cohorteffekten påvirker kørekortholdet, men denne øvre grænse forskydes lidt opad med øget indkomst.

Tabel 10-1 Cohorteffekt kombineret med indkomsteffekt på kørekortholdet

Scenario	Base	2005	2010	2020
Indkomst + 0%	58406	+2,096%	+2,760%	+3,112%
Indkomst + 10%	+0,425%	+2,266%	+3,145%	+3,449%
Indkomst + 50%	+4,016%	+5,323%	+5,709%	+5,855%
Indkomst + 100%	+6,755%	+7,402%	+7,531%	+7,506%

Tabel 10-1 viser, hvordan cohort-effekten får antallet af kørekort til at stige i udvalgte prognoseår. Tallene angiver relative procentmæssige ændringer i forhold til antallet af kørekort i basen, der er 58406. Samtidig vises, hvordan kørekortniveauet bliver højere, hvis indkomsten stiger (målt i faste priser)

10.2 Bilejerskab

I analysen af bilejerskabet behandles indkomststigningens effekt på bilejerskabet udtrykt ved indkomstelasticiteten. Dernæst årskørselens effekt på bilejerskabet, altså hvordan husstandens efterspørgsel efter at kunne køre i bil som fører påvirker selve bilejerskabet.

Imidlertid er det forinden analysen af diverse scenarier væsentligt at beregne et "business-as-usual" eller neutralt scenarie, som forklarer den neutrale vækst i bilejerskabet som følge alene af cohort-effekten og udvikling i demografien. I Tabel 10-2 ses i 1. linie væksten i bilbestanden som resultat af denne neutrale fremskrivning.

Tabel 10-2 Væksten i bilbestanden ved et neutralt scenarie, hvor alene cohorteffekt og demografisk udvikling er inddraget (1. linie). Desuden væksten i bilbestanden ved forskellig indkomststigning og inkluderet cohorteffekt.

Scenario	2005	2010	2020
Neutralt	0,0216	0,0489	0,0661
+ 10% indkomst	0,0385	0,0655	0,0822
+ 25% indkomst	0,0638	0,0904	0,1066
+ 50% indkomst	0,1061	0,1319	0,1470
+ 100% indkomst	0,2122	0,2638	0,2940

I de øvrige linier i Tabel 10-2 fremgår, hvor meget bilejerskabet vil vokse, hvis man oven i denne neutrale udvikling lægger en indkomststigning.

Indkomst

Indkomstelasticiteten for bilejerskabet er udtrykt ved linien med 100% indkomststigning. Den er således 0,21 i 2005 og 0,29 i 2020, når man trækker den demografiske udvikling ind i elasticiteten. Ser man bort fra den demografiske effekt er elasticiteten kun 0,19, 0,22 og 0,23.

Denne indkomstelasticitet er meget lav sammenholdt med litteraturen. Bjørner (1994) finder ved en regressionsanalyse af en tidsserie over den danske bilpark, hvor der inddrages indkomst, formue og driftsomkostninger, at indkomstelasticiteten på helt kort sigt er 0,21 men på længere sigt er den 0,56. Ved længere sigt forstås ikke demografiske forhold og omlokalisering, men kun kapitaltilpasning. Kortsigtselasticiteten svarer således til nærværende models, men forskellen på længere sigt viser, at det er vanskeligt at modellere en korrekt bilparkmodel alene gennem adfærdsmodellering. Mere komplekse forhold som formue og rente bør også kunne inddrages, hvilket sker bedre gennem tidsserieanalyser.

Faste omkostninger

De faste omkostninger er en anden parameter, det kan være interessant at se på. Måden den estimeres på i denne model gør imidlertid, at elasticiteten bliver underestimeret. Indkomstudtrykket i nyttefunktionen er nemlig $\log(\text{indkomst} - \text{faste omk})$. Herved bliver faste omkostninger og indkomst reelt to sider af samme sag. En stigning i de faste omkostninger på 15.000 i forhold til de 33.380, der regnes med i modellen, vil således få samme effekt som et indkomst fald på 15.000. Med gennemsnitsindkomster på over 200.000 resulterer dette i elasticiteter (med omvendt fortegn) på i størrelsesordenen $(15.000 / 200.000) * 0.21 = 0,015$, hvilket er på et helt forkert niveau.

Bjørner (1994) finder, at den samlede elasticitet for driftsomkostninger $-0,63$ på længere sigt ($-0,23$ på kort sigt). Heraf bidrager de faste omkostninger med $-0,43$. COWI (1995) har lavet en europæisk tværnsnitsanalyse af bilprisens betydning for bilparkens størrelse for en Opel Astra og når her frem til $-0,4$.

Det fundamentale problem i nærværende model er, at vi kun ser på en prototype bil og derfor må alle biler tilordnes de samme faste omkostninger. Herved fanges effekten i konstant-leddet og man må indlejre omkostningen som gjort ovenfor. Løsningen på problemet er

at få variation ind i bilvalget, således at en separat omkostningsligning vil kunne estimeres, eventuelt med flere parametre som forsikring, afskrivninger, værditab osv.

Årskørsel

Tabel 10-3 viser bilejerskabets elasticitet overfor ændringer i årskilometer for familien. Den viste elasticitet er inklusiv væksten på grund af cohort-effekt og demografisk udvikling. Ønskes de isolerede elasticiteter kan det neutrale scenario fratrækkes, dvs. at elasticiteten er 0,123-0,127

Tabel 10-3 Væksten i bilbestanden ved en vækst i familiens årskørsel. I første linie ses som i Tabel 10-2 væksten som følge af den neutrale fremskrivning. Årskørselelasticiteten omfatter således cohort-effekt og demografiske ændringer. Men ikke inklusiv feed-back effekter fra effekter på bilbestanden.

Elasticiteter / Scenario	2005	2010	2020
Neutralt	0,0216	0,0489	0,0661
Årskørselelasticitet	0,1441	0,1741	0,1929

Effekten af efterspørgslen efter transport i form af årskørslen inddrages ikke i den internationale litteratur. Derimod forudsættes eller beregnes, at årskørslen vokser propotionalt med bilparken. Således også hos Bjørner (1994), der antager en elasticitet på 1 på trafikarbejdet fra ændringer i bilparken.

Det er derfor vanskeligt at sammenligne de enkelte elasticiteter separat fra forskellige modeller. Hvad der her er en årskørselseffekt vil i tidsserierne måske være indkomsteffekter. Yderligere er den demografisk bestemte cohort-effekt også en effekt, der er indlejret i tidsserierne uden at blive udskilt i analyserne, hvorfor den giver sig udslag som indkomsteffekt. Derved overvurderes indkomsteffekten i tidsseriemodellerne, ikke mindst fordi cohort effekten fremover er langt mindre end tidligere, hvor også mændenes kørekorthold var lavere og derfor voksede.

10.3 Transportmiddel- og destinationsmodel

I det følgende beskrives elasticiteter for destinationsmodellen. Elasticiteterne vises for de forskellige transportmidler. Desuden vises effekten på det samlede transportarbejde.

Tabel 10-4 Kortsigtselasticiteter for transportarbejdet mht. variabelen monetære omkostninger på bilkørsel.

	Kollektiv	Lette	Bilfører	Bilpassager	Samlet
Omkostnings elasticitet	0,65	0,4169	-0,3822	-0,4285	-0,2453

Bilomkostninger

I Tabel 10-4 vises omkostningselasticiteten for bilkørsel for de 4 typer transportmidler. At elasticiteten er -0.38 for bilfører betyder, at en stigning på 10% på årlige bilomkostninger isoleret set vil reducere transportarbejdet for bilfører med 3.8%. Da ingen individer i nytte-

mæssige termer stilles bedre, men kun værre som følge af omkostningsstigningen for biltrafik, er der et fald i det samlede transportarbejde på -2.45%. Som følge af en krydsprisindeffekt stiger transportarbejdet i den kollektive trafik 6,5%. Også cykeltrafikken stiger markant. At den kollektive trafik stiger forholdsmæssigt mere end cykler beror på, at den kollektive trafik er mere konkurrencedygtig på længere ture, der udgør en større del af transportarbejdet.

En kommentar skal knyttes til den relativt høje elasticitet for bilpassagerer. Umiddelbart kan det synes forkert at bilpassagerne rammes hårdere end bilførerne. En god forklaringen på fænomenet er den, at en meget stor del af rejserne som bilpassager er hente-bringe samt fritidsrejser og at disse rejser altså glider over i den kollektive trafik med noget større intensitet end den gennemsnitlige rejse for bilførerne. Dette mønster vil også blive understøttet af elasticiteterne for servicemål og reisetider, hvor der oplagt er en større konkurrenceflade mellem bilpassagerer og den kollektive trafik end tilfældet er for bilførerne.

Størrelsesordenen af de marginale effekter på bilkørslen er ganske fint i tråd med internationale undersøgelser. I Goodwin (1992) foretages en komparativ analyse af elasticiteter fra mange lande og studier baseret primært på tidsserie- eller tværnsnitanalyser. Den gennemsnitlige elasticitet på trafikarbejdet med bil er -0,16 på kort sigt og -0,33 på længere sigt. Bjørner (1994) finder samstemmende med andre danske undersøgelser en priselasticitet på trafikmængden på -0,41. Vedrørende krydspriselasticiteten på kollektiv trafik refererer Goodwin 3 undersøgelser, der belyser dette spørgsmål. De repræsenterer et spænd fra 0,08 til 0,8.

Takstændring

Der er herefter gennemført en analyse af effekten af en 25% ændring af prisen på kollektiv trafik, jf. Tabel 10-5. Effekten heraf svarer til en priselasticitet for kollektiv trafik på -0,3 og en krydspriselasticitet for bilførere på 0,02. Effekten er lidt større ved takstsænkning end ved takststigning. I sammenligning med prisændring på biltrafikken er der tale om mindre end den halve effekt på kollektiv trafik, og en næsten forsvindende effekt på biltrafikken.

Tabel 10-5 Kortsigtselasticiteter for transportarbejdet mht. variabelen kollektiv trafik takster.

Elasticitet ved	Kollektiv	Lette	Bilfører	Bilpassager	Samlet
25% takststigning	-0,291	0,050	0,017	0,033	-0,007
25% takstsænkning	-0,319	0,050	0,021	0,034	-0,006

Goodwin (1992) når frem til en elasticitet for bustransport ved takstændringer på -0,21-0,28 på ganske kort sigt og -0,55-0,65 på lang sigt. Der er således god overensstemmelse mellem analyserne, idet herværende model dog genererer et resultat, der ligger i overkanten af Goodwins eksempler. Bjørner (1994) ser kun på krydspriselasticiteten for bilbrug, der noget usikkert beregnes til mindre end 0,1. Effekten er større på tog end på bus. Goodwin refererer en enkelt analyse fra London, der påviser en lille elasticitet i myldretiden og en større elasticitet i den resterende tid. Herværende models resultater omfatter både tog og bus. Der er derfor god mening i, at elasticiteten

ligger i overkanten af Goodwins eksempler, der kun omfatter bustrafik.

Indkomst

Indkomstens betydning for trafikarbejdet er også søgt belyst, men elasticiteten for biltrafik er tæt på 0. Med andre ord er der ikke i så høj grad indkomsten, der bestemmer transportmiddelvalget og destinationsvalget, mens indkomsten derimod har mere at sige med hensyn til bilejerskabet. Som logisk konsekvens vil der dermed også være en indirekte indkomsteffekt på årskørslen udtrykt gennem bilejerskabet. Resultatet er i overensstemmelse med Bjørner (1994), der ligeledes finder en indkomstelasticitet på 0 for transportarbejdet.

Tabel 10-6 Kortsigtselasticiteter for transportarbejdet mht. kollektive køretider.

	Kollektiv	Lette	Bilfører	Bilpassager	Samlet
Kollektiv - køretidselasticitet	-2,760	0,204	0,105	0,208	-0,0766

Kollektive serviceændringer

Vi skal herefter gå over til at se på betydningen af serviceændringer. Tabel 10-6 viser elasticiteten af forbedret rejsetid med kollektiv trafik for de 4 typer transportmidler. Den direkte elasticitet for kollektive rejsetider på kollektivandelen af transportarbejdet er meget høj (2,76). En teknisk forklaring på den høje elasticitet er, at rejsetiden også måler på andre elementer end blot rejsetiden. Således kan den høje elasticitet generelt ses som et tegn på at det er vanskeligt at adskille forskellige tidseffekter som køretid, skiftetid og (skjult) ventetid.

Et andet interessant resultat fra Tabel 10-5 er, at krydstidselasticiteterne¹⁰ er relativt små. Med andre ord vil forbedringer i den kollektive transport kun i ringe omfang reducere omfanget af trafik med andre transportmidler. Eksempelvis reduceres bilfører kun med 1% ved en 10% forbedring af kollektive køretider. Bilpassagererne reduceres med det dobbelte. Den generelle vækst i transportarbejdet er ganske beskeden, under 1%.

Tabel 10-7 viser elasticiteterne ved ændringer i den gennemsnitlige ventetid for rejsen. Elasticiteten er meget lav, specielt i forhold til de høje elasticiteter i Tabel 10-5.

Tabel 10-7 Kortsigtselasticiteter for transportarbejdet mht. kollektive ventetider.

	Kollektiv	Lette	Bilfører	Bilpassager	Samlet
Kollektiv ventetids-elasticitet	-0,1388	0157	0,0070	0,0462	0,00026

Helt aktuelt kan der synes at være et modsætningsforhold mellem den høje elasticitet i Tabel 10-6 og den tilsvarende lave elasticitet i Tabel 10-7, når vi fra internationale og nationale studier ved, at tids-

¹⁰ En forbedring af den kollektive trafik vil generelt ændre konkurrenceforholdet mellem kollektiv og alle andre transportmidler. Andelen af personer der vælger bil vil derfor ændre sig (på en indirekte måde) selvom man ikke gør dette alternativ hverken værre eller bedre. Denne effekt kaldes krydspriselasticiteten.

værdien for ventetid generelt er højere. Dette kan imidlertid skyldes, at der i elasticiteten for køretider også er gemt skiftetids-effekter som traditionelt set er endnu højere end effekten af ventetider og skjulte ventetider. Det virker også mærkeligt, at reduceret ventetid fører til reduceret samlet transportarbejde.

Endelig ses i Tabel 10-8 elasticiteterne ved forøgelse af kollektiv kilometer inden for en radius på 10 km. Når kollektiv-kilometerne stiger er det enten fordi rejsefrekvensen stiger, altså hvor ofte bussen kører, eller fordi nettet bliver mere finmasket og der kommer flere ruter til. Også disse elasticiteter er små i forhold til køretiderne.

Tabel 10-8 Kortsigtselasticiteter for transportarbejdet med hensyn til kollektiv-kilometer.

	Kollektiv	Lette	Bilfører	Bilpassager	Samlet
Kollektiv-kilometer elasticitet	0,572	-0,0138	-0,0136	-0,0646	0,00098

Som det ses har kollektiv-kilometer en højere direkte elasticitet på den kollektive trafiks andel af transportarbejdet end ved ventetidsændringer. Dette hænger formentligt igen sammen med, at ventetids-elasticiteten er for lille som følge af korrelationer med rejsetids-elasticiteten.

Generelt betyder de lave krydstidselasticiteter, at der ved forbedringer i den kollektive trafik kun fås forsvindende reduktioner af andre transportmidlers transportarbejde. Derfor vil eventuelle tiltag, vurderet ud fra en miljømæssig synsvinkel alene, være neutrale eller negative.

I Christensen (2000) er elasticiteter fra en ændring af den samlede rejsetid med kollektiv trafik inkl. køretid, skiftetid og ventetid beregnet, og vurderet i forhold til rejsetiden med bil, ud fra en fordobling af frekvensen på alle kollektiv ruter. Beregningen er gennemført alene på rejser mellem zoner, dvs. interne rejser er ikke medtaget. Analysen er gennemført på rådata uden at anvende ALTRANS modellen. Der er således ikke taget hensyn til eventuelle ændringer af destinationsvalg og rejselængde.

Tabel 10-9 Kortsigtselasticiteter for ændringer i samlet rejsetid i henhold til Christensen (2000) sammenlignet med summen af køretids- og skiftetidselasticiteter.

	Kollektiv	Lette	Bilfører	Bilpassager
Samlet rejsetids elasticitet, simpel beregning	-0,92	0,05	0,14	0,40
Sum af køre- og ventetidselasticitet	-2,90	0,22	0,11	0,25

Tabel 10-9 viser, at der er ganske god overensstemmelse mellem de 2 beregningsmetoder af effekten på bilfører. Elasticiteten på bilpassagerer er større i Christensen (2000), mens den er mindre for let trafik. Elasticiteten på kollektiv trafik er langt lavere i Christensen (2000), og forekommer umiddelbart mere realistisk end resultatet for destinationsmodellen.

10.4 Langsigteffekter

I det følgende analyseres langsigtede elasticiteter, hvor såvel bilejerskab og destinationsvalg/transportmiddelvalg ændrer sig. Termen "lang sigt" bestemmes af den eksogent givne lokalisering, som er modellens tidshorizont.

10.4.1 Feedback effekter

Som beskrevet er modellen opbygget i en ring, hvor data og resultater fra bilejerskabsmodellen føres videre i en re-simulation af destinationsmodellen. Grunden hertil er, at man i de langsigtede elasticiteter også må tage højde for, hvorledes det ændrede bilejerskab influerer på transportarbejdet.

Er vi kun interesserede i aggregerede elasticiteter kan disse beregnes på en langt nemmere måde - ved blot at multiplicere elasticiteterne fra de to modeller. Med andre ord, hvis omkostningselasticiteten på årskørsel i destinationsmodellen er -0,38 og elasticiteten for bilhold er kendt i destinationsmodellen til 0.3 (jf. nedenstående afsnit) og vi samtidigt kender bilejerskabsmodellens årskørselselasticitet (0.13), da vil en aggregeret langsigtselasticitet for transportarbejdet mht. omkostningerne kunne beregnes til: $(-0.382 - 0.3 \cdot 0.13 \cdot 0.38) = -0.395$.

I praksis er vi dog ofte interesseret i resultater, der går videre end til blot at se på aggregerede størrelser, f.eks. fordelingsmæssige konsekvenser, hvad angår sociogrupper eller geografiske områder. Af den grund er vi i princippet nødt til også at kunne følge ændringer på person- og husstandsniveau.

10.4.2 Langsigts elasticiteter

Her analyseres i første omgang elasticiteter for transportarbejdet og ved den helt neutrale udvikling som følge af den anvendte udvikling i befolknings sammensætning.

Tabel 10-10 Udvikling i transportarbejdet som følge af befolkningsudviklingen og indirekte cohort-effekter.

	Kollektiv	Lette	Bilfører	Bilpassager	Samlet
2005	0,0071	0,0062	0,0212	0,0123	0,0157
2010	-0,0042	-0,0061	0,0290	0,0086	0,0190
2020	-0,0124	-0,0151	0,0323	0,0051	0,0145

Tallene viser, at den rene befolkningsudvikling ikke i nævneværdig grad vil påvirke transportarbejdet. Befolkningsvæksten modsvares tilsyneladende af, at der bliver flere ældre, der har et lavere transportbehov.

Ændret bilejerskab

I Tabel 10-11 ses transportarbejdets følsomhed over for bilejerskab. Beregningen af en elasticitet for bilejerskabets effekt på transportefterspørgslen er i denne situation en anelse vanskelig, hvilket beror på bilejerskabets binære natur. Man kan godt tale om en 100% stigning, hvis familien har en eller 2 biler, men det er problematisk, hvis familien har 0 biler. Af den grund beregnes elasticiteten som følgende: Først tilordnes alle husstande +1 bil. Dette giver en tilvækst i bilparken på x% samt en elasticitet på efterspørgslen. Elasticiteten fås nu som $(1/x)$ *elasticiteten.

Tabel 10-11 Aggregerede elasticiteter for transportarbejdet mht. bilejerskabet. Indeholder også effekter fra cohort og kørekorthold.

	Kollektiv	Lette	Bilfører	Bilpassager	Samlet
2005	-0,377	-0,418	0,297	-0,127	0,082
2010	-0,363	-0,402	0,313	-0,101	0,100
2020	-0,350	-0,391	0,328	-0,085	0,115

Det ses, at transportarbejdet i bil som fører stiger med en elasticitet på 0,30 ved øget bilejerskab. Faldet i de øvrige transportmidler er mindre, hvilket fører til en vækst i det samlede transportarbejde på 0,1. Stigningen i transportarbejdet i bil som fører synes meget lille, i Bjørner (1994) regnes med en elasticitet på 1. COWI (1995) angiver, at der til Trafik 2005 i 1993 er estimeret en elasticitet på 0,6. En mulig medvirkende årsag til de lave elasticiteter i nærværende model er, at denne ikke omfatter ture over 100 km. Disse udgør 20% af det samlede transportarbejde.

Indkomst

Som nævnt er der ingen indkomstelasticitet på transportarbejdet direkte. Transportarbejdet i bil stiger dermed kun gennem effekten fra bilejerskabet ved en indkomststigning. Da elasticiteten på bilejerskabet er 0,21 i 2005 og 0,29 i 2020 slår indkomsteffekten kun igennem med 0,06-0,1 på transportarbejdet i bil. Denne stigning tilbageføres yderligere til bilejerskabet, som dermed stiger i alt 0,22 i 2005 og 0,31 i 2020.

Bilomkostninger

De langsigtede elasticiteter for monetære omkostninger ses nedenfor i Tabel 10-12. Beregningsfremgangsmåden er beskrevet ovenfor i afsnit 10.4.1. Tabel 10-12 indeholder også effekten af den demografiske udvikling. Herved bemærker vi, at den langsigtede elasticitet for bilførerandelen i gennemsnit er 0.016 procentpoint mindre end kortsigts elasticiteten, hvilket primært skyldes, at cohorteffekten modvirker effekten fra de stigende omkostninger. Cohorteffekten ophæver den aggregerede effekt på transportarbejdet fra en reduceret bilpark på grund af stigende driftsomkostninger for bil.

Tabel 10-12 Langsigts elasticiteter for transportarbejdet ved ændringer i monetære omkostninger. Indeholder også effekten fra business-as-usual scenariet.

	Kollektiv	Lette	Bilfører	Bilpassager	Samlet
2005	0,622	0,398	-0,377	-0,408	-0,233
2010	0,605	0,382	-0,374	-0,412	-0,231
2020	0,594	0,370	-0,374	-0,416	-0,236

Kollektivt serviceniveau

Generelt er der ikke stor forskelle mellem langsigtede og kortsigtede elasticiteter. Dette gælder også ændringer i serviceniveauet, se - Tabel - 10-15 sammenlignet med Tabel 10-6- Tabel 10-8. Ligeledes gælder at elasticiteterne er relativt stabile over tid. Det bemærkes, at i Tabel 10-13 er fortegnet for elasticiteten mht. holdninger til kollektiv ventetid for bilfører negativ. Dette skyldes, at cohorteffekten får større indflydelse end den meget beskedne effekt af ændringer i ventid.

Tabel 10-13 Langsigtede elasticiteter for transportarbejdet ved ændring i køretider.

	Kollektiv	Lette	Bilfører	Bilpassager	Samlet
2005	-2,617	0,185	0,088	0,191	-0,093
2010	-2,582	0,196	0,082	0,195	-0,097
2020	-2,562	0,204	0,079	0,199	-0,093

Tabel 10-14 Langsigtede elasticiteter for transportarbejdet mht. ventetider.

	Kollektiv	Lette	Bilfører	Bilpassager	Samlet
2005	-0,138	0,009	-0,014	0,033	-0,015
2010	-0,126	0,021	-0,022	0,037	-0,019
2020	-0,117	0,030	-0,025	0,040	-0,014

Tabel 10-15 Langsigtede elasticiteter for transportarbejdet mht. kollektiv kilometer.

	Kollektiv	Lette	Bilfører	Bilpassager	Samlet
2005	0,250	-0,007	0,007	-0,051	0,017
2010	0,237	-0,0189	0,015	-0,055	0,020
2020	0,227	-0,028	0,018	-0,058	0,015

11 Konklusion

Konklusionen har tre dele. Først præsenteres en samlet vurdering af modellens overordnede resultater i sammenligning med tidsserie-modeller, herunder dens kvalitet som prognosemodel. Dernæst diskuteres dens resultater i relation til at vurdere effekten af forskellige scenarier i et givet år. Endelig diskuteres fejl og mangler i selve modellens opbygning.

11.1 Vurdering af modellens prognosekvalitet

Umiddelbart synes priselasticiteterne på transportarbejdet i modellen at være realistiske. Ligeledes synes tidselasticiteterne at være realistiske, idet der dog bør ske en forbedring af modellen, hvad angår den måde, hvorpå køretid og ventetid indgår. Indkomstelasticiteterne er derimod for lave i bilejerskabsmodellen, og bilejerskabet slår ikke tilstrækkelig igennem på trafikarbejdet.

Som omtalt tidligere er det imidlertid vanskeligt at vurdere en kompleks model alene ved sammenligning af elasticiteter. Alternativt vurderes en egentlig prognose med modellen sammenholdt med en prognose baseret på tidsserier.

Vejdirektoratets fremskrivning af vejtrafikken 1997-2016 er baseret på en forventet indkomststigning på 43% i bruttofaktorindkomsten. Den forventede stigning i bilbestanden vil ifølge prognosen være 28% i 2016, hvilket svarer til en elasticitet på 0.65.

Benyttes de samme tal på nærværende model, vil den samlede indkomsteffekt og demografiske effekt føre til en vækst i bilparken i 2016 på ca. 13% eller mindre end det halve af den effekt Vejdirektoratet har beregnet.

Vejdirektoratet skønner, at trafikarbejdet pr bil vil stige 5% mere end bilejerskabet frem til 2010. Herefter vil det falde 5% frem til 2030. Alt i alt vil det føre til en vækst i biltrafikarbejdet på 32% i perioden 1996-2016.

I nærværende model vil de samme forudsætninger kun føre til en vækst i trafikarbejdet på 4,3%, hvilket er urealistisk, al den stund trafikarbejdet generelt er steget ca. 2% gennem mange år.

Når ALTRANS giver så beskeden en vækst skyldes det, at der ikke forudsættes andre ændringer end en indkomststigning, der fører til flere biler, der igen medfører lidt mere trafik. Der er ikke andre ændringer, der genererer mere transportarbejde i modellen, da indkomstelasticiteten på transportarbejdet er 0.

Hvis man tager Vejdirektoratets vækst i trafikken som forudsætning, og lader denne forøgede efterspørgsel efter årskørsel i bil påvirke bilejerskabsmodellen i ALTRANS, vil det øge væksten i bilejerskab med 6%, så bilejerskabet alt i alt vil stige med 19%. Også dette er væsentlig under Vejdirektoratets prognose.

Forskellen mellem resultaterne beror på, at der bagved tallene ligger forskellige modeltyper. Vejdirektoratet anvender en tidsserieanalyse, som generelt vil fange niveauer bedre end mikro-modeller baseret på tværsnitsdata som i ALTRANS. Omvendt er fordelene ved ALTRANS, at en given vækst vil kunne fordeles tilbage på mikroniveauet og vejnettet.

Vejdirektoratets prognose bygger på en tidsserie. Herved afspejler den den aggregerede effekt af ændringer i lokaliseringmønstre og valg af rejsemål, af den demografiske udvikling og udvikling i kørekorthold, af ændringer i benzinprisen og i pris- og servicereationer mellem bil og kollektiv trafik osv. De fleste af disse effekter vil antagelig fortsætte i en vis trend. Men den kan også overvurdere væksten lidt, fordi den ikke tager hensyn til, at en del af væksten indtil nu skyldes cohorteffekten på kørekorthold, som er ved at uddø og derfor giver mindre effekt i fremtiden end hidtil. Den tager som den er af rapporteret heller ikke hensyn til det faldende omkostningsniveau på bilejerskab og bilkørsel, som vi har set det i perioden 1980-99.

ALTRANS beregner derimod udviklingen lavt, dvs. bilejerskabet temmelig lavt og biltrafikarbejdet meget for lavt. Dette skyldes, at modellen bygger på den aktuelle adfærd og tilsyneladende ikke i tilstrækkelig grad indeholder mekanismer, der driver trafikken i vejret. Dette kan skyldes manglen på lange ture over 100 km. Ændringer i bystruktur og lokalisering af rejsemål, f.eks. valg af arbejdsplads, indgår heller ikke i modellen som drivende kraft.

Noget tyder imidlertid også på, at der findes en form for cohort effekt i transportefterspørgslen. Eksempelvis kan man forestille sig, at de yngre aldersgrupper tillægger sig nogle trafik- og rejsevaner, som den ældre generation ikke havde - både hvad angår rejsemål og afstand som transportmiddelvalg. Når de yngre bliver ældre fastholder de deres hidtidige adfærdsmønstre, hvorfor trafikarbejdet vokser. En sådan cohorteffekt er påvist i Birkeland et. al. (2000).

Det bør i fremtiden overvejes, om der med fordel kan beskrives en "arbejdsdeling" mellem de forskellige modeltyper således at niveauet forklares af dynamiske modeller, mens de mikrobaserede modeller efterfølgende sættes til at operere indenfor disse præ-estimerede niveauer.

11.2 Modellens kvalitet som scenarieværktøj

Når ALTRANS alligevel har sin mission, er det fordi den bedre end modeller baseret på tidsserier kan belyse effekten af ændringer i forskellige politikvariable. I ALTRANS har formålet først og fremmest været at modellere effekten på transportmiddelvalg af ændringer i rejsetider med kollektiv trafik.

Analysen i forrige kapitel viser en sådan effektberegning med modellen. Modellen viser her sin styrke med realistiske elasticiteter for ændringer i omkostninger. Derimod lever modellen i sin nuværende udformning ikke helt op til forventningerne, hvad angår resultater af ændrede rejsetider. Der synes således at blive for stor effekt af forbedringer i køretiden og for lille effekt af forbedringer af ventetiden.

Dette er et problem, som vil være muligt at ændre på, hvis zonerne gøres mindre. så der kan beregnes korrekte rejsetider på et større andel af rejserne.

Modellen tegner to klare og utvetydige konklusioner i relation til de forskellige virkemidlers effekt på transportarbejdet og de deraf afledte miljøeffekter.

Den første konklusion er, at elasticiteten associeret med de monetære variable omkostninger ligger pænt i niveau med internationale og andre nationale undersøgelser. Den direkte elasticitet for transportarbejdet som bilfører ligger således på kort sigt på -0.38. Med andre ord er den forventede nedgang i transportarbejdet udført med bil, som følge af en stigning i de variable omkostninger på 25%, på $(0.25 \cdot 0.38 =) 0.094$. På det lange sigt kompliceres tingene af at cohort-effekter og den generelle befolkningsudvikling vil resultere i en vækst i transportarbejdet med bil, hvis alt andet er lige. Disse effekter er større end feed-back effekten, som er et resultat af det ændrede transportarbejdes effekt på bilbestanden. Derfor er den langsigtede elasticitet en smule lavere, omkring -0.37. Som det ses slår cohort-effekten kun i ringe grad igennem på transportarbejdet.

Elasticiteten for det samlede forventede transportarbejde er på 0.24 og når man dertil lægger at overflytninger på den kollektive samt cykel og gang trafik er så store som 0.60 og 0.37 (på det lange sigt) må det isolerede omkostningsscenario siges at have væsentlige effekter på transportarbejde og dermed miljøbelastning.

Den anden konklusion er, at forbedringer i den kollektive trafik udtrykt ved rejsetidsforbedringer eller stigning i antal kollektiv kilometer har en ganske betydelig positiv effekt på mængden af den efterspurgte kollektive trafik, men omvendt en meget forsvindende effekt på andelen af andre transportmidlers transportarbejde. Sagt med andre ord vil en forbedring af den kollektive trafik få flere mennesker over i den kollektive trafik, men ikke i særligt stort omfang de personer, som i forvejen anvender bil. En stigning i den kollektive service må derfor, isoleret set, anses som værende et relativt dårligt instrument for reduktioner af miljøbelastningen, men naturligvis en social gevinst.

Resultaterne af modellen synes - ud fra andre modelanalyser - rimelige korrekte, når det gælder effekten på biltrafikken. Derimod overvurderes effekten på den kollektive trafik. Modellens fejl ved vurdering af den kollektive trafik skyldes antagelig beregning af rejsetider, som disse genereres fra den geografiske model. Først og fremmest er rejsetiderne for de mange interne ture ikke tilfredsstillende beregnet i modellen.

11.3 Modellen

Generelt har modelstrukturen, med den sekventielle opdeling af biljerskab og valg af transportmiddel og destinationer fungeret tilfredsstillende. Erfaringerne med de random-samplede destinationer i destinationsmodellen har ligledes været positive.

11.3.1 Umiddelbare forbedringer

ALTRANS modellen kan umiddelbart forbedres på 6 punkter:

- a) Bedre datagrundlag for bilejerskabet.
- b) Frekvensmodel
- c) Aktivitetsbaseret destinationsvalg.
- d) Lange rejser og erhvervsture
- e) Forbedret random sampling.
- f) Bedre datagrundlag

Datagrundlag for bilejerskab

I relation til datagrundlaget for bilejerskabet er det påkrævet med mere detaljeret information om biltyper, bilårgange og bilpriser for at kunne fastlægge en reel fast omkostning ved at have bil. Dette vil være nødvendigt for at kunne estimere en realistisk elasticitet for de faste omkostninger. For internationale undersøgelser ligger denne elasticitet mellem 0.1 og 0.3 for bilholdet og vil således udtrykt ved langsigtede elasticiteter for transportarbejdet ligge i omegnen af 0.04-0.09. Selvom denne elasticitet kan synes relativt begrænset skal man her huske på, at der specielt for de faste omkostningers vedkommende må forventes at være relativt store lokale forskelle. Således vil vi umiddelbart forvente, at områder med høj kollektiv tilgængelighed vil ligge i den høje ende, mens landområderne hvor der oftest ikke er reelle alternativer til bilen vil ligge lavt eller uændret. Det betyder formentligt at den faktiske "miljø-besparelse" ved faste omkostninger kan vise sig at være betydelig, fordi den netop slår igennem i tætbefolkede områder.

Frekvensmodel

Det andet punkt vedrører frekvensmodellen, som er beskrevet i kapitel 4, og som i den nuværende version af ALTRANS ikke er implementeret. Det er oplagt, at der ved ikke at medtage effekten på rejsefrekvenser gøres en antagelse, som medfører en fejl.

Aktivitetsbaseret tilgang

Den aktivitetsbaserede tilgang, som er anvendt i PETRA, er en anden måde at overkomme frekvens-problemet på, idet man i sin valgmodel for destinationer også indlejrer formålsvalg og valg mellem kædetyper. Herved fanger man den effekt, der opstår når personer vælger alternative kædesammensætninger. Ikke alene fanger man derfor personer, der ikke rejser, men også personer som omlægger deres rejseaktiviteter mere hensigtsmæssigt.

Ændring af modellen, så disse to elementer kommer med, vil gøre modellen mere vidtfavnende som scenarieværktøj, dvs. at den vil kunne reflektere flere ændringer i adfærd end den nuværende model.

Lange rejser og erhvervsture

Modellen medtager ikke rejser over 100 km, som udgør ca. 20% af transportarbejdet. Det vil være ønskeligt at inddrage disse rejser enten ved en selvstændig modellering af fjernture eller ved blot at medtage dem i dagturene. I Christensen (2000) påvises det, at der mangler en del både udture før lange rejser og hjemture om morgenen efter fritidsrejser om natten. Disse rejser bør medtages i modellen f.eks. ved at 'lukke' turkæder med en fiktiv hjemrejse.

Alle kæder med erhvervsrejser mangler også i modellen. Egne analyser af udviklingen i de senere års rejser ifølge TU tyder på, at den største vækst ligger netop på erhvervsrejser. Det ville derfor være interessant at få sådanne rejser inddraget i modellen. Hertil kræves imidlertid egentlig ny modeludvikling og evt. supplerende data, idet mange erhvervsture i TU ikke har oplyst destinationen.

Random sampling

Anvendelserne af modeller baseret på random-sampling er relativt begrænsede og alene af den grund er det ønskeligt med en mere detaljeret analyse af resultaternes følsomhed overfor alternative samplingser. En undersøgelse af Forthingham (1997) synes dog at understøtte hypotesen om parameterstabilitet for selv små samplers. Konkret er der i den aktuelle version af modellen også sket den forenkling, at der ikke er samlet mål for hver rejse, men kun for hver zone. En resampling, hvor hver rejse får tildelt samlede mål, vil muligvis forbedre destinationsvalget.

Dataforbedring

Modellens datagrundlag er ikke altid lige præcist. På nogle punkter vil en forbedring give bedre resultater. Forbedring af bilvalgsmodellen er allerede omtalt. Omkostningsparametrene kan imidlertid også forbedres ved at arbejde med månedlig variation over benzinpriserne.

De største forbedringer kan imidlertid opnås på rejsetiderne. Den geografiske model opererer på zoner, der er meget store, idet provinsbyer under 40.000 indbyggere udgør én zone. Alle interne rejser i zonerne får derfor ikke tillagt realistiske ventetider. Og generelt indgår skiftetid slet ikke i tidsberegningen for den kollektive trafik. Hertil kommer at i den aktuelle version af modellen er der ikke indlagt køreplaner for bybusserne i Århus og Aalborg, og at der i Esbjerg var strejke. Med en underdeling af byerne i zoner, og en forbedring af den geografiske model, vil datagrundlaget for tidsangivelserne kunne forbedres væsentligt. Biltrafikkens tidsangivelser vil ligeledes kunne forbedres, bl.a. ved at tilføje oplysninger om parkeringstider.

Transportfradraget er i modellen blevet knyttet til personen ud fra dennes arbejdsplads, og indgår derfor ikke i destinationsvalget for arbejdspladsen. Dette er naturligvis realistisk på kort sigt, men ønsker man at bedømme den langsigtede effekt af ændringer i transportfradraget, burde det dog indgå i selve tidsberegningen. En mere optimal løsning findes dog ved en selvstændig model for lokalisering, jf. nedenfor.

11.3.2 Fremtidig forskning

De oventående punkter refererer alle til ændringer, der kan gennemføres indenfor en forholdsvis kort tidshorison og uden at ændre nævneværdigt på modelstrukturen (bortset fra nye delmodeller til fjernture og erhvervsrejser). En ændring med mere vidtgående konsekvenser for modelstrukturen vedrører den måde hvorpå kort- og langsigtede elasticiteter, men udfra den antagelse, at alle forudsætninger ligger fast. Dette er kritisk, fordi lokaliseringer samt valg af arbejdspladser og den deraf afledte efterspørgsel efter transport vekselvirker på lang sigt. Specielt vekselvirker disse beslutninger med de

mere kortsigtede beslutninger, som bilejerskab og destinationsvalg som igen vekselvirker med transportmiddelvalget. Det er derfor oplagt, at de langsigtede ændringer, som er meget sammensatte og komplekse, i fremtidigt arbejde med modelstrukturen bør endogeniseres i modellen.

Litteratur

Algers, S., Widlert, S. (1983), Application and Stability of Logit Models in Sweden - Some Recent Findings with Policy Implications, Stockholm County Council.

Algers S., Daly A. and Widlert S. (1997) Modelling Travel Behaviour to Support Policy Making in Stockholm, In Stopher P. and Lee-Gosselin M. eds. *Understanding travel behaviour in an era of change*, Pergamo 1997.

Ben-Akiva, M. og Lerman M. (1985), Discrete Choice Analysis, MIT-press, London 1985.

Ben-Akiva, M., Watanatada, T. (1981), *Application of a Continuous Spatial Choice Logit Model*, In Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications, ed. Manski, C.F., Mcfadden, D. (1981), The MIT Press, Cambridge Massachusetts.

Birkeland, Mikkel Egede, Brems, Camilla Riff og Kabelmann, Thomas (2000): *Analyse af personers transportarbejde, 1975-199*. <http://www.i4.auc.dk/trg/td/>

Bjørner, T. B. (1994): Persontransport med bil. AKF memo. AKF forlaget

Bjørner, T. B. (1997), Bilejerskab og bilkørsel - mikroøkonometriske analyser, SØM publikation nr.21, AKF forlaget.

Christensen, L. (2000): *ALTRANS. Transportvaner og kollektiv trafikforsyning*. Afdeling for Systemanalyse. Faglig Rapport fra DMU nr. 320.

COWIconsult (1994), PETRA - Modelling concept, COWIconsult October 1994.

COWIconsult (1995a) Faktorer i bilisters valg af transportmiddel. – En Stated Preference undersøgelse. Cowiconsult, august 1995.

COWIconsult (1995b). Analyse af "bilafgifter 2005". Transportrådet notat nr. 95.05

Cowi (1998a). *PETRA. The Forecast Model. – Synthesis Report*. Cowi september 1998. Lyngby.

Cowi (1998b). *PETRA. Weights*. PETRA Working Paper no.3. Cowi september 1998. Lyngby.

Cowi (1998c). *PETRA. The Licence Holding Model*. PETRA Working Paper no.4. Cowi september 1998. Lyngby.

Cowi (1998d). *PETRA. The Cohort Model*. PETRA Working Paper no.5. Cowi september 1998. Lyngby.

Cowi (1998e). *PETRA. The Travel Demand Module*. PETRA Working Paper no.7. Cowi september 1998. Lyngby.

- Cowi (1998f). *PETRA. Data*. PETRA Working Paper no.8. Cowi september 1998. Lyngby.
- Dalgaard, T.Z. (1997), *Diskrete Valgmodeller*, Speciale Aarhus Universitet, Matematisk Institut.
- Daly A. (1982) Estimating Choice Models Containing Attraction Variables, *Transportation Research B16*, 5-15.
- Daly (1998) Prototypical Sample Enumeration As a Basis For Forecasting with Disaggregated Models, *ETC Proceedings of Seminar D, Transport Planning Methods, Vol. I*.
- Davidson, R., MacKinnon, J.G. (1993), *Estimation and Inference in Econometrics*, Oxford University Press - New York.
- De Jong, G. C. (1996), A Microeconomic Model of The Joint Decision of Car Ownership and Car Use, In: *Understanding Travel Behaviour in an Era of Change*, Editors Stopher P. and Lee-Gosselin M., Pergamo, Elsevier Science Ltd, pp.482-503, 1996.
- Pellegrini P.A., Fotheringham A.S. and Lin G. (1997), An Empirical Evaluation of Parameter Sensitivity to Choice Set Definitions in Shopping Destination Models, *RSIA 76, 2*, pp.257-284.
- Golob, T.F., Kim, S. og Ren, W. (1995), How Households Use Different Types of vehicle: A structural Driver Allocation and Usage Model, *Transpn. Res.-A Vol. 30*, Elsevier Science Ltd.
- Goodwin, P. B. (1992): A review of new demand elasticities with special reference to short and long run effects of price changes. *Journal of transport economics and policy*. May 1992.
- Green W. (1997), *LIMDEP*, Version 7.0, Software, Econometric Software.
- Green W. (1997 / 2000), *Econometric Analysis*, Prentice Hall, 3rd Ed., 1997, 4th edition, 2000.
- Harata, N. (1994), How Can We Make Car-Dependent Adults Manage Their Car Usage?, *IATSS Research Vol.18 No.2.*,
- Harvey, A. C. (1989), *The Econometric Analysis of Time Series*, BPC Wheaton Ltd. Exeter.
- Henderson, M. H., Quandt, R. E. (1980) *Microeconomic Theory - A Mathematical Approach*, McGraw-Hill International Editions.
- Jensen, M. (1997). *Benzin i blodet. Kvalitativ del*. ALTRANS. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU, nr. 191.
- Jensen, M. (1997). *Benzin i blodet. Kvantitativ del*. ALTRANS. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU, nr. 200.
- Jensen, M., Gudmundsson, H., Fenger, J. & Christensen, L. (1998): *Bilisme og miljø - en svær balance*. Afdeling for Systemanalyse og Af-

deling for Atmosfærisk Miljø. 48 s.- TEMA-rapport fra DMU 18/1998.

Kopplemann, F.S, Wen, C. (1997), The Paired Combinatorial Logit Model: Properties, Estimation, and Application, Transportation Research Board 76th Annual Meeting Washington D.C.

Kottenhof, K. and Lindh, C. (1995): The value and effects of introducing high standard train and bus concepts in Blekinge, Sweden. In Transport Policy, Vol 2, No 4.

Kuhfeld, W.F. (1992), Marketing Analysis with SAS, SAS institute inc., Cary, NC, USA.

Kveiborg, O. (1999), ALTRANS Bilparkmodel. Beregning af udvikling og emissioner, Faglig rapport fra DMU nr 294

Maura, E. S., Charles, S. D. og Gary, G. K. (1995), Categorical Data Analysis using the SAS System, SAS institute inc., Cary, NC, USA.

McFadden D. (1978), Modelling the Choice of Residential Location. In *Spatial Interaction Theory and Planning Models*, eds. A. Karlqvist, L.Lundqvist, F.Snickars, J.Weibull. North Holland Publishing Co., Amsterdam.

Ortúzar, J. D., Willumsen, L.G. (1994), Modelling Transport, Wiley, Chichester.

Ramjerdi, F., Rand, L. (1992), The National Model System for Private Transport, TØI-rapport 150/1992.

Rich, J. H. (1995), Rumlige økonometriske modeller - Anvendt på danske migrationsdata, Speciale Århus Universitet, Matematisk Institut.

Rich, J. H. (1996), *Modelling modal-split and trip length in a simultaneously discrete-continuous setting - With an application for the city of Aarhus*, Trafikdage på Aalborg Universitet - supplementsrapport, Transportrådet.

Rich, J. H. (1997), *Misspecifikationer i Modal-split modeller*, Trafikdage på Aalborg Universitet - Supplementsrapport, Transportrådet.

Rich, J. H. (1998), Behavioural Statistical Analysis of Transport Surveys - Using Marketing Research Methods. Presented at second NORFA meeting Parnu, Estonia september 1998.

Rich, J.H. (1999): A Micro-based spatial equilibrium framework for households. Presented at 46th RSAI Conference Montreal Nov. 1999.

Rich, J.H. (2000): Modelling Two-worker households – A PCL approach using exogenous spatial weight matrices. Presented at IATBR 2000 Conference, Queensland, Australia June 2000.

Rich, J. H. og Kveiborg, O. (1998), Prototypical Sample Enumeration using log-transformed QUAD optimisation – Simulation Experiments

and Evidence from a Danish National Transport Survey. Presented at second NORFA meeting Parnu, Estonia september 1998.

SAS Guide to Macro processing (1987), SAS institute inc., Cary, NC, USA.

SAS Language (1990), SAS institute inc., Cary, NC, USA.

SAS Macro Language - Course Notes (1996), SAS institute inc., Cary, NC, USA.

SAS/IML Software - Changes and Enhancements (1995), SAS institute inc., Cary, NC, USA.

SAS/IML User's Guide (1988), SAS institute inc., Cary, NC, USA.

So, Y., Kuhfeld, W.F. (1995), Multinomial Logit Models, SUGI paper 1995.

Thorlacius, P. (1998). *Beregning af rejsetider for rejser med bil og kollektiv trafik. ALTRANS. Danmarks Miljøundersøgelser.*– Faglig rapport fra DMU, nr. 240.

Vejdirektoratet (1998). Fremskrivning af vejtrafikken 1997-2016. Rapport nr. 164.

Frank S. Koppelman, Chieh-Hua Wen, The paired combinatorial logit model: properties, estimation and application, *Transportation Research Part B: Methodological* (34)2 (2000) pp. 75-89
(i stedet for Vovsha)

Watson, W.E. (1995), *Marketing Analysis with SAS*, SAS institute inc., Cary, NC, USA.

Wegener, M. (1994), Operational Urban Models, *Journal of the American Planning Association* 60, 17-29

Appendiks A Kædetyper

Tabel A1: Fordeling af kædetyper i TU data fra 1995-1997.

Kæde typer	Procent andel	Antal kæder
Slutter og ender samme sted - 2 ture	72%	39590
Slutter og ender samme sted – Over 2 ture	21%	11770
Starter hjemme, slutter ude	2,7%	1502
Starter ude, ender hjemme	2,9%	1619
Starter ude, ender ude - start og endezoner forskellige	0,9%	468

Som det ses er langt de fleste kæder i den oprindelige form direkte anvendelige og derfor skal disse kæder ikke omformes. Det skal noteres at omformningen af kæderne oftest resulterer i helt nye ture som ikke før har eksisteret i data.

Tabel A2: Andel af konverterede ture

	Basis data	Ture der ikke modificeres	Ture der modificeres	
			før	efter
Antal ture	98.823	85.923	19.442	12.900

Effekten af de forskellige bortfalds effekt på det samlede transportarbejdet ses nedenfor i tabel 3.

Tabel A3: Aggregeret bortfald af transportarbejdet

Kilde	Transportarbejde	Akkumuleret reduktion
Originale Tudata	1550024	0
Fravalg af >100 km	1277444	0,824
Andet fravalg	1185079	0,765
Kædekonverteringer	1093114	0,705

Den ovenstående tabel kan dekomponeres yderligere og specielt er det interessant at se fordelingen af bortfaldet på transportmidler.

Hvad angår rejsetidspunkter tilordnes altid afgangstidspunkter fra zoner. Konverteringen af kæderne medfører et naturligt tab i modeleret transportarbejde fordi en række ture i komplekse kæder simpelthen bortfalder. Antallet af ture der bortfaldt var i henhold til tabel 2 givet ved $19.442 - 12.900 = 6.542$. I henhold til modellerne er det væsentligt at kende størrelsen af dette bortfald hvad angår transportarbejdet.

Tabel A4: Observeret transportarbejde i forhold til modelleret fordelt på transportmidler regnet i kilometer.

Transport-middel	Transportarbejde i model (Km)	Transportarbejde observeret (Km)	Andel i model
Kollektiv	117976		98,1%
Lette	86871		97,8%
Bilfører	700440		94,1%
Bilpassager	187354		95,2%
I alt	1092641		95,2%

Appendiks B

Estimerede nyttefunktioner for destinationsmodellen

Tabel B1: Destinationsmodel segment 11

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
K1	2.328783841	.22275304E-01	104.546	.0000	
KTID1X	-.3234446186E-01	.20947297E-03	-154.409	.0000	
KTID2X	-.3446343175E-01	.14973361E-03	-230.165	.0000	
KTID3X	-.3362956988E-01	.18394403E-03	-182.825	.0000	
VTID1X	-.5558887854E-01	.11147941E-02	-49.865	.0000	
VTID2X	-.5422010287E-02	.85719605E-03	-6.325	.0000	
VTID3X	-.5409304353E-01	.14565679E-02	-37.137	.0000	
OMRAD1	.2606578182	.20113670E-01	12.959	.0000	
OMRAD2	-.3323472626	.20070689E-01	-16.559	.0000	
OMK	-.2456667759E-01	.24058756E-03	-102.111	.0000	
IN1	-.5243395913E-06	.30464679E-07	-17.211	.0000	
K2	3.385712826	.15628006E-01	216.644	.0000	
ST2	.1398462624	.10527000E-01	13.285	.0000	
K3	.7540364668	.19793750E-01	38.095	.0000	
AD3	.4214471863E-01	.29063372E-02	14.501	.0000	
IN3	-.1675204993E-05	.35759136E-07	-46.847	.0000	
BIL3	2.248064114	.12926984E-01	173.905	.0000	
KN4	-1.222952360	.16810140E-01	-72.751	.0000	
IN4	-.1857074777E-05	.48546538E-07	-38.253	.0000	
BIL4	.8614162842	.16377624E-01	52.597	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
K0	-3.164170742	.36647425E-01	-86.341	.0000	
ATT1	.6133356576	.31423581E-02	195.183	.0000	
ATT2	.4582068059	.32258388E-02	142.043	.0000	
ATT3	.7709578997	.35737523E-02	215.728	.0000	

Tabel B2: Destinationsmodel segment 12.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Model for Choice Among Alternatives					
K1	2.197884294	.19233381E-01	114.274	.0000	
KTID1X	-.3034872152E-01	.11723203E-03	-258.877	.0000	
KTID2X	-.3155696038E-01	.86469176E-04	-364.950	.0000	
KTID3X	-.1997466224E-01	.87710798E-04	-227.733	.0000	
VTID1X	-.5894827777E-01	.48709898E-03	-121.019	.0000	
OMRAD1	-2.009150675	.10191033E-01	-197.149	.0000	
OMRAD2	-1.262660326	.10432325E-01	-121.033	.0000	
OMK	-.7810546462E-02	.11668189E-03	-66.939	.0000	
KN1	-.1077890786	.85193936E-02	-12.652	.0000	
KM1	.2941281977E-03	.33018522E-05	89.080	.0000	
IN1	-.8545924700E-07	.22933869E-07	-3.726	.0002	
K2	2.395340562	.13645251E-01	175.544	.0000	
ST2	.1617717341	.89790460E-02	18.017	.0000	
K3	-.7872871511	.16736223E-01	-47.041	.0000	
AD3	.5746278829E-01	.16230870E-02	35.403	.0000	
BIL3	2.400266920	.87961864E-02	272.876	.0000	
KN3	.6930363959	.79009532E-02	87.716	.0000	
KN4	-.9675905179	.10592474E-01	-91.347	.0000	
KM4	.4513434790E-05	.35316916E-05	1.278	.2013	
BIL4	1.005633348	.85445497E-02	117.693	.0000	
Model for Choice Among Branches					
K0	-1.967165222	.21489767E-01	-91.540	.0000	
ATT1	.9146052795	.16191962E-02	564.851	.0000	
ATT2	.8272683925	.16222820E-02	509.941	.0000	
ATT3	1.036416432	.18843976E-02	549.999	.0000	

Tabel B3: Destinationsmodel segment 13.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
K1	-.1791884912	.28519824E-01	-6.283	.0000	
KTID1X	-.3581390019E-01	.33812397E-03	-105.919	.0000	
KTID2X	-.3570290450E-01	.22425249E-03	-159.209	.0000	
KTID3X	-.4280246043E-01	.32212415E-03	-132.876	.0000	
VTID1X	-.1669644155E-01	.74665127E-03	-22.362	.0000	
OMRAD1	-.1780041562	.24002349E-01	-7.416	.0000	
OMRAD2	.5897507200	.22730311E-01	25.946	.0000	
OMK	-.1636492031E-01	.29664663E-03	-55.166	.0000	
KN1	-.1380805016	.17824333E-01	-7.747	.0000	
KM1	.1350154562E-02	.11693677E-04	115.460	.0000	
K2	2.492605429	.14007705E-01	177.945	.0000	
ST2	.5213842678	.20583849E-01	25.330	.0000	
AD3	.8529479860E-01	.23597171E-02	36.146	.0000	
BIL3	1.459419962	.10686264E-01	136.570	.0000	
KN3	.3029807799	.11728362E-01	25.833	.0000	
KN4	-1.122278284	.19234605E-01	-58.347	.0000	
BIL4	.7832845294	.12537210E-01	62.477	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
K0	-2.293014238	.25759857E-01	-89.015	.0000	
ATT1	.8807956373	.32320443E-02	272.520	.0000	
ATT2	.7394248306	.34076074E-02	216.992	.0000	
ATT3	.9522190526	.40055044E-02	237.728	.0000	

Tabel B4: Destinationsmodel segment 14.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
K1	-.2695861722	.20659945E-01	-13.049	.0000	
KTID1X	-.1275542063E-01	.98640708E-04	-129.312	.0000	
KTID2X	-.2757365583E-01	.12703262E-03	-217.060	.0000	
KTID3X	-.3683441898E-01	.18217601E-03	-202.191	.0000	
VTID1X	-.1087635203E-02	.31165599E-03	-3.490	.0005	
OMRAD1	-.7528642333	.14262927E-01	-52.785	.0000	
OMRAD2	.2941393351	.14883073E-01	19.763	.0000	
OMK	-.8137840690E-02	.15914213E-03	-51.136	.0000	
KN1	-.2922129031	.11300533E-01	-25.858	.0000	
KM1	.1000405599E-02	.64356724E-05	155.447	.0000	
IN1	-.1514219917E-06	.28700523E-07	-5.276	.0000	
K2	1.489744291	.98684952E-02	150.960	.0000	
K3	.1965635368	.12263777E-01	16.028	.0000	
AD3	.1769764850E-01	.14976127E-02	11.817	.0000	
BIL3	1.094564770	.62626463E-02	174.777	.0000	
KN3	.3378101953	.68240254E-02	49.503	.0000	
KN4	-1.110596364	.11335093E-01	-97.979	.0000	
KM4	.3243581380E-03	.64548307E-05	50.250	.0000	
BIL4	.1001080047	.75322652E-02	13.291	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
K0	-2.569905461	.13685429E-01	-187.784	.0000	
ATT1	.8721123887	.18807155E-02	463.713	.0000	
ATT2	.6687726260	.19300832E-02	346.499	.0000	
ATT3	.9121560795	.22601659E-02	403.579	.0000	

Tabel B5: Destinationsmodel segment 15.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
K1	1.598893463	.15238828E-01	104.922	.0000	
KTID1X	-.3609528493E-01	.16890678E-03	-213.699	.0000	
KTID2X	-.3487035928E-01	.10568671E-03	-329.941	.0000	
KTID3X	-.2397916509E-01	.10437447E-03	-229.742	.0000	
VTID1X	-.1264707439E-01	.35663245E-03	-35.462	.0000	
OMRAD1	-.8408459413E-01	.12034276E-01	-6.987	.0000	
OMRAD2	.1171822796	.11706671E-01	10.010	.0000	
OMK	-.3256620416E-01	.13443644E-03	-242.242	.0000	
KN1	-.2102051710	.97089262E-02	-21.651	.0000	
KM1	.5890195592E-03	.23826391E-04	24.721	.0000	
IN1	-.2061791510E-05	.31516468E-07	-65.419	.0000	
K2	2.442970060	.66382614E-02	368.014	.0000	
ST2	.6901110211	.75524268E-02	91.376	.0000	
AD3	.2533428996E-01	.11744230E-02	21.572	.0000	
BIL3	1.958101236	.55036627E-02	355.781	.0000	
KN3	.6020836431	.57816165E-02	104.138	.0000	
KN4	-.7428972344	.85099578E-02	-87.297	.0000	
KM4	.4746447741E-03	.23500249E-04	20.197	.0000	
BIL4	1.069268347	.61889672E-02	172.770	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
K0	-3.169471075	.11769161E-01	-269.303	.0000	
ATT1	.7956215247	.18298055E-02	434.812	.0000	
ATT2	.9002897852	.21074674E-02	427.190	.0000	
ATT3	1.022035571	.23928036E-02	427.129	.0000	

Table B6: Destinationsmodel segment 16.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
K1	-.3099648078	.15224102E-01	-20.360	.0000	
KTID1X	-.1831508891E-01	.98804675E-04	-185.367	.0000	
KTID2X	-.2410910526E-01	.98544844E-04	-244.651	.0000	
KTID3X	-.1763199288E-01	.83942360E-04	-210.049	.0000	
KM1	.1184044150E-02	.11794927E-04	100.386	.0000	
IN1	-.1746797450E-05	.46435323E-07	-37.618	.0000	
K2	2.412341811	.66313100E-02	363.781	.0000	
K3	.7846941771	.85534022E-02	91.741	.0000	
OMK	-.2443433074E-01	.11373133E-03	-214.843	.0000	
BIL3	1.600037796	.68600829E-02	233.239	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
ATT1	.9308470237	.16229546E-02	573.551	.0000	
ATT2	.7574804180	.18598890E-02	407.272	.0000	
ATT3	.8216114945	.19166387E-02	428.673	.0000	

Table B7: Destinationsmodel segment 17.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
K1	-.3588660481	.15093007E-01	-23.777	.0000	
KTID1X	-.4102230087E-01	.13488409E-03	-304.130	.0000	
KTID2X	-.3289198588E-01	.76762712E-04	-428.489	.0000	
KTID3X	-.2545384732E-01	.77006396E-04	-330.542	.0000	
VTID1X	-.2049980660E-02	.15663672E-03	-13.087	.0000	
OMRAD1	-.7008814032	.11729292E-01	-59.755	.0000	
OMRAD2	.2687587815	.11776343E-01	22.822	.0000	
OMK	-.2200379633E-01	.84953384E-04	-259.010	.0000	
KN1	-.1256663542	.93639779E-02	-13.420	.0000	
KM1	.1056907785E-02	.12094948E-04	87.384	.0000	
IN1	.2091146425E-06	.29128115E-07	7.179	.0000	
K2	1.556313295	.49521200E-02	314.272	.0000	
ST2	-.8904126024E-01	.82357550E-02	-10.812	.0000	
K3	.4327999433	.64836372E-02	66.753	.0000	
AD3	.3072077132E-01	.79415261E-03	38.684	.0000	
BIL3	.9579081905	.38715393E-02	247.423	.0000	
KN3	.5046799114	.39738265E-02	127.001	.0000	
KN4	-.9202259388	.60629966E-02	-151.777	.0000	
KM4	-.2857178308E-04	.17021767E-04	-1.679	.0932	
BIL4	.4492271289	.39620312E-02	113.383	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
K0	-2.223260140	.61853055E-02	-359.442	.0000	
ATT1	.7486452024	.10653221E-02	702.741	.0000	
ATT2	.6824153226	.11092864E-02	615.184	.0000	
ATT3	.8618105718	.13458425E-02	640.350	.0000	

Tabel B8: Destinationsmodel segment 18.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
K1	-1.223800152	.35383579E-01	-34.587	.0000	
KTID1X	-.3972204580E-01	.26697934E-03	-148.783	.0000	
KTID2X	-.3412737645E-01	.15692516E-03	-217.475	.0000	
KTID3X	-.2885967502E-01	.16483944E-03	-175.077	.0000	
OMRAD1	-.3550836008	.24103893E-01	-14.731	.0000	
OMRAD2	.4903609193	.24470626E-01	20.039	.0000	
OMK	-.1816764493E-01	.15969642E-03	-113.764	.0000	
KN1	-.6140172101E-01	.18453479E-01	-3.327	.0009	
KM1	.1576832488E-02	.27536838E-04	57.263	.0000	
IN1	.1557986979E-05	.66263077E-07	23.512	.0000	
K2	1.519219138	.10195739E-01	149.005	.0000	
ST2	.1626009609	.15008699E-01	10.834	.0000	
K3	.3627484676	.12882037E-01	28.159	.0000	
AD3	.2458976281E-01	.14554973E-02	16.894	.0000	
BIL3	1.098519083	.78376782E-02	140.159	.0000	
KN3	.5829851472	.70485153E-02	82.710	.0000	
KN4	-1.079497089	.12085316E-01	-89.323	.0000	
KM4	.4077459863E-03	.26975362E-04	15.115	.0000	
BIL4	.4870065735	.80848160E-02	60.237	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
K0	-2.719106626	.11794587E-01	-230.539	.0000	
ATT1	.8220643933	.20403559E-02	402.902	.0000	
ATT2	.7173941209	.20828266E-02	344.433	.0000	
ATT3	.9376458186	.25428098E-02	368.744	.0000	

Tabel B9: Destinationsmodel segment 19.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
K1	.6812832418	.64062187E-01	10.635	.0000	
KTID1X	-.4152733832E-01	.53547711E-03	-77.552	.0000	
KTID2X	-.2889542959E-01	.26090734E-03	-110.750	.0000	
KTID3X	-.2227285958E-01	.24938253E-03	-89.312	.0000	
VTID1X	-.2718623091E-02	.49551622E-03	-5.486	.0000	
OMRAD1	-1.009262994	.35991258E-01	-28.042	.0000	
OMRAD2	.6714532522E-01	.35873498E-01	1.872	.0612	
OMK	-.2577477658E-01	.30817354E-03	-83.637	.0000	
KN1	-.6375971130	.30766534E-01	-20.724	.0000	
KM1	.8515763547E-03	.84548103E-04	10.072	.0000	
IN1	.3780852160E-06	.10236792E-06	3.693	.0002	
K2	1.650234898	.21416209E-01	77.055	.0000	
ST2	-.2275207059	.21808857E-01	-10.432	.0000	
K3	.4274378814	.26495090E-01	16.133	.0000	
BIL3	.7049248324	.13799745E-01	51.082	.0000	
KN3	.9547214688	.15538548E-01	61.442	.0000	
KN4	-.2128882482	.22432130E-01	-9.490	.0000	
KM4	.4097520175E-03	.72672325E-04	5.638	.0000	
BIL4	.1964634535	.14358904E-01	13.682	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
K0	-2.567473744	.23960606E-01	-107.154	.0000	
ATT1	.7992552036	.42416287E-02	188.431	.0000	
ATT2	.6696755625	.42416873E-02	157.880	.0000	
ATT3	.8684231260	.52041467E-02	166.871	.0000	

Table B10: Destinationsmodel segment 21.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
KONST1	3.309597747	.53243062E-01	62.160	.0000	
KTID1X	-.3118431561E-01	.39744844E-03	-78.461	.0000	
KTID2X	-.2789341797E-01	.33338219E-03	-83.668	.0000	
KTID3X	-.3280610164E-01	.38283657E-03	-85.692	.0000	
KTID4X	-.3644488700E-01	.35965341E-03	-101.333	.0000	
KTID5X	-.3631864544E-01	.35910379E-03	-101.137	.0000	
KTID6X	-.3329795748E-01	.38003053E-03	-87.619	.0000	
OMRAD3	-.1555211324	.25362070E-01	-6.132	.0000	
OMRAD4	.2151406772	.23749320E-01	9.059	.0000	
OMK	-.5792390284E-01	.51823558E-03	-111.771	.0000	
KM1	.9126681361E-03	.11408588E-04	79.998	.0000	
IN1	-.5194181632E-06	.52634970E-07	-9.868	.0000	
KONST2	3.081854151	.73417315E-01	41.977	.0000	
AL2	-.2508235758E-01	.69055811E-03	-36.322	.0000	
KM2	.1174148777E-02	.13306399E-04	88.239	.0000	
KONST3	1.981671224	.54193678E-01	36.566	.0000	
KM3	.8074111747E-03	.10965433E-04	73.632	.0000	
SE3	1.879086576	.46740079E-01	40.203	.0000	
ANTB3	.1632621818	.13318674E-01	12.258	.0000	
VTID1	.2181074303E-01	.11214116E-02	19.449	.0000	
BIL3	2.584898223	.21126050E-01	122.356	.0000	
IN4	-.6700793136E-06	.71285560E-07	-9.400	.0000	
KM4	.8801563783E-03	.11133762E-04	79.053	.0000	
VTID1X	.3353838731E-02	.46414112E-03	7.226	.0000	
VTID2X	-.2623034631E-01	.12787834E-02	-20.512	.0000	
BIL4	.9631140989	.26024391E-01	37.008	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
KONST0	-5.557465432	.68606327E-01	-81.005	.0000	
ATT1	.8800806630	.66547281E-02	132.249	.0000	
ATT2	.9446497277	.67874008E-02	139.177	.0000	
ATT3	.6819846824	.86831516E-02	78.541	.0000	
ATT4	1.026675569	.70560389E-02	145.503	.0000	
ATT5	.8566942832	.87989551E-02	97.363	.0000	
ATT6	1.208204045	.10436161E-01	115.771	.0000	

Table B11: Destinationsmodel segment 22.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
KONST1	2.822601548	.36120256E-01	78.145	.0000	
KTID1X	-.2381837630E-01	.22996391E-03	-103.574	.0000	
KTID2X	-.2746029804E-01	.21571673E-03	-127.298	.0000	
KTID3X	-.2977983839E-01	.23114420E-03	-128.837	.0000	
KTID4X	-.2145487920E-01	.18681974E-03	-114.843	.0000	
KTID5X	-.2945112036E-01	.22860277E-03	-128.831	.0000	
KTID6X	-.2502717603E-01	.22731919E-03	-110.097	.0000	
OMRAD3	-.9844685738E-01	.20776176E-01	-4.738	.0000	
OMRAD4	-.1218135892	.20298893E-01	-6.001	.0000	
OMK	-.5292493681E-01	.27333916E-03	-193.624	.0000	
KM1	.1046708348E-02	.77866324E-05	134.424	.0000	
IN1	-.1608618030E-05	.41879995E-07	-38.410	.0000	
KONST2	3.475405536	.40219764E-01	86.410	.0000	
AL2	-.6363004965E-02	.41807850E-03	-15.220	.0000	
KM2	.9001891628E-03	.77488849E-05	116.170	.0000	
KONST3	2.451332216	.30450710E-01	80.502	.0000	
KM3	.8683692803E-03	.66667770E-05	130.253	.0000	
SE3	.9234104221	.24712480E-01	37.366	.0000	
VTID1	-.2162707611E-02	.46859000E-03	-4.615	.0000	
BIL3	2.023328236	.12544997E-01	161.286	.0000	
KM4	.9121983318E-03	.68161921E-05	133.828	.0000	
VTID1X	-.1494457380E-02	.33593218E-03	-4.449	.0000	
VTID2X	-.4446506718E-02	.36514309E-03	-12.177	.0000	
BIL4	.6462548513	.13960806E-01	46.291	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
KONST0	-6.372287125	.41527371E-01	-153.448	.0000	
ATT1	.9874107314	.46421931E-02	212.704	.0000	
ATT2	1.006040731	.46725662E-02	215.308	.0000	
ATT3	.7843442238	.55172073E-02	142.163	.0000	
ATT4	.9737053939	.45997020E-02	211.689	.0000	
ATT5	.7502168340	.54461756E-02	137.751	.0000	
ATT6	1.113991542	.61235997E-02	181.918	.0000	

Table B12: Destinationsmodel segment 23.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
KONST1	2.588087030	.49876269E-01	51.890	.0000	
KTID1X	-.1899944674E-01	.28699777E-03	-66.201	.0000	
KTID2X	-.2239321932E-01	.41964861E-03	-53.362	.0000	
KTID3X	-.2253610928E-01	.36973597E-03	-60.952	.0000	
KTID4X	-.2555791126E-01	.41900503E-03	-60.997	.0000	
KTID5X	-.2207771993E-01	.34358213E-03	-64.257	.0000	
KTID6X	-.2968656652E-01	.56250410E-03	-52.776	.0000	
OMRAD3	.2481492628	.50377211E-01	4.926	.0000	
OMRAD4	.6033459379	.44606389E-01	13.526	.0000	
OMK	-.4600260948E-01	.44459828E-03	-103.470	.0000	
KM1	.3259271792E-03	.15810742E-04	20.614	.0000	
IN1	-.2062830815E-05	.96223073E-07	-21.438	.0000	
KONST2	3.889811509	.57714731E-01	67.397	.0000	
AL2	-.8263155519E-02	.10810522E-02	-7.644	.0000	
KM2	-.2649551885E-03	.33166178E-04	-7.989	.0000	
KONST3	2.641455393	.38476156E-01	68.652	.0000	
KM3	.6812913228E-04	.12187626E-04	5.590	.0000	
VTID1	-.2314522256E-02	.40645343E-03	-5.694	.0000	
BIL3	1.911720398	.25278736E-01	75.626	.0000	
KM4	-.4537700650E-03	.17588155E-04	-25.800	.0000	
VTID1X	.5583278605E-02	.35186537E-03	15.868	.0000	
VTID2X	.8775041639E-02	.34655618E-03	25.321	.0000	
BIL4	.9641997015	.26136061E-01	36.892	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
KONST0	-6.325063629	.57239208E-01	-110.502	.0000	
ATT1	1.163204553	.78899158E-02	147.429	.0000	
ATT2	1.109430793	.77293697E-02	143.534	.0000	
ATT3	1.168203253	.87796308E-02	133.058	.0000	
ATT4	1.217773487	.81055638E-02	150.239	.0000	
ATT5	1.301498390	.91119930E-02	142.834	.0000	
ATT6	1.167979106	.91992272E-02	126.965	.0000	

Table B13: Destinationsmodel segment 24.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
KONST1	2.688112725	.33483608E-01	80.281	.0000	
KTID1X	-.1830739560E-01	.24466171E-03	-74.827	.0000	
KTID2X	-.2208556573E-01	.27135254E-03	-81.391	.0000	
KTID3X	-.3365372784E-01	.29830385E-03	-112.817	.0000	
KTID4X	-.2258969153E-01	.27089842E-03	-83.388	.0000	
KTID5X	-.2333837786E-01	.22067499E-03	-105.759	.0000	
KTID6X	-.2020594874E-01	.24648855E-03	-81.975	.0000	
OMRAD3	.4927653900	.28465057E-01	17.311	.0000	
OMK	-.2826179361E-01	.20783596E-03	-135.981	.0000	
KM1	.1905384592E-03	.76052159E-05	25.054	.0000	
IN1	-.1798687000E-05	.55048191E-07	-32.675	.0000	
KONST2	3.649636999	.40676673E-01	89.723	.0000	
AL2	-.3531639232E-02	.75778721E-03	-4.660	.0000	
KM2	-.7557984182E-03	.21023901E-04	-35.949	.0000	
KONST3	3.394591263	.23995270E-01	141.469	.0000	
KM3	-.1896494271E-03	.53965497E-05	-35.143	.0000	
SE3	.4717137531	.25799792E-01	18.284	.0000	
VTID1	-.1518976784E-02	.25812616E-03	-5.885	.0000	
BIL3	.9128054142	.12255621E-01	74.481	.0000	
KM4	-.1604063515E-03	.79021292E-05	-20.299	.0000	
VTID1X	.2526154619E-02	.24636056E-03	10.254	.0000	
VTID2X	.2197954800E-02	.23851812E-03	9.215	.0000	
BIL4	.1599238240	.14916135E-01	10.722	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
KONST0	-6.093868667	.32912168E-01	-185.155	.0000	
ATT1	1.121313358	.44382413E-02	252.648	.0000	
ATT2	1.111050718	.44078423E-02	252.062	.0000	
ATT3	1.067540762	.48555656E-02	219.859	.0000	
ATT4	1.142865746	.44418061E-02	257.298	.0000	
ATT5	1.141585768	.48359536E-02	236.062	.0000	
ATT6	1.061571133	.49841691E-02	212.989	.0000	

Tabel B14: Destinationsmodel segment 25.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
KONST1	2.966515547	.25024495E-01	118.544	.0000	
KTID1X	-.2678105348E-01	.26436071E-03	-101.305	.0000	
KTID2X	-.2596434561E-01	.25261691E-03	-102.782	.0000	
KTID3X	-.2794852845E-01	.21913963E-03	-127.538	.0000	
KTID4X	-.2533234890E-01	.24011012E-03	-105.503	.0000	
KTID5X	-.2253763444E-01	.21870055E-03	-103.052	.0000	
KTID6X	-.1809257275E-01	.20516231E-03	-88.187	.0000	
OMRAD3	-.2456283859	.27121960E-01	-9.056	.0000	
OMRAD4	-.4173124179	.29101118E-01	-14.340	.0000	
OMK	-.4446909349E-01	.20418436E-03	-217.789	.0000	
KM1	.2057929576E-02	.25940306E-04	79.333	.0000	
IN1	-.1118824689E-05	.64851341E-07	-17.252	.0000	
KONST2	3.579529146	.23822655E-01	150.257	.0000	
AL2	-.7437971885E-02	.44597756E-03	-16.678	.0000	
KM2	.1869000795E-02	.29890288E-04	62.529	.0000	
KONST3	2.247794241	.17595870E-01	127.746	.0000	
KM3	.1473846919E-02	.26196921E-04	56.260	.0000	
SE3	.2791089711	.31536894E-01	8.850	.0000	
VTID1	.7601549078E-03	.15007834E-03	5.065	.0000	
BIL3	2.387679241	.13096222E-01	182.318	.0000	
KM4	.1398307548E-02	.24126142E-04	57.958	.0000	
VTID2X	.2863779147E-02	.13454438E-03	21.285	.0000	
BIL4	1.039674646	.13041098E-01	79.723	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
KONST0	-5.743248819	.29752450E-01	-193.034	.0000	
ATT1	.9359468213	.40896565E-02	228.857	.0000	
ATT2	1.014760998	.41780170E-02	242.881	.0000	
ATT3	1.025410294	.47247196E-02	217.031	.0000	
ATT4	1.101275013	.44633255E-02	246.739	.0000	
ATT5	1.153574379	.54048261E-02	213.434	.0000	
ATT6	1.101552894	.51873725E-02	212.353	.0000	

Table B15: Destinationsmodel segment 26.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
KONST1	1.632834263	.39697317E-01	41.132	.0000	
KTID1X	-.1745994695E-01	.21847856E-03	-79.916	.0000	
KTID2X	-.1530748716E-01	.20282670E-03	-75.471	.0000	
KTID3X	-.1795506941E-01	.22821020E-03	-78.678	.0000	
KTID4X	-.1938675122E-01	.24806532E-03	-78.152	.0000	
KTID5X	-.1301617488E-01	.17736228E-03	-73.388	.0000	
KTID6X	-.1667074079E-01	.24161857E-03	-68.996	.0000	
OMRAD3	.5740374734	.40148592E-01	14.298	.0000	
OMRAD4	-1.018486341	.61368408E-01	-16.596	.0000	
OMK	-.3088143244E-01	.21856833E-03	-141.290	.0000	
KM1	.1151781743E-02	.32095720E-04	35.886	.0000	
IN1	-.2504721118E-05	.12013993E-06	-20.848	.0000	
KONST2	3.629412688	.31494910E-01	115.238	.0000	
AL2	-.1438211659E-01	.47448332E-03	-30.311	.0000	
KM2	-.9488985527E-03	.16950474E-03	-5.598	.0000	
KONST3	1.666701911	.23031111E-01	72.367	.0000	
KM3	.8697608229E-03	.28439552E-04	30.583	.0000	
SE3	1.713275199	.46388218E-01	36.933	.0000	
VTID1	-.1538435828E-02	.25329885E-03	-6.074	.0000	
BIL3	2.037403616	.17302265E-01	117.754	.0000	
KM4	.8136301019E-04	.39170658E-04	2.077	.0378	
VTID1X	-.1556715464E-02	.26817559E-03	-5.805	.0000	
VTID2X	.1959437846E-02	.20894910E-03	9.378	.0000	
BIL4	.8390816038	.16522160E-01	50.785	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
KONST0	-7.189022802	.42997199E-01	-167.197	.0000	
ATT1	1.408957620	.58407766E-02	241.228	.0000	
ATT2	1.316100608	.58754481E-02	224.000	.0000	
ATT3	1.312803787	.64440703E-02	203.723	.0000	
ATT4	1.372168429	.61287525E-02	223.890	.0000	
ATT5	1.470117864	.71749614E-02	204.896	.0000	
ATT6	1.373763681	.69478878E-02	197.724	.0000	

Tabel B16: Destinationsmodel segment 27.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
KONST1	1.711658583	.24255418E-01	70.568	.0000	
KTID1X	-.1931585044E-01	.14709048E-03	-131.320	.0000	
KTID2X	-.1649350197E-01	.12630337E-03	-130.586	.0000	
KTID3X	-.2118371872E-01	.13229569E-03	-160.124	.0000	
KTID4X	-.1583917949E-01	.12076264E-03	-131.160	.0000	
KTID5X	-.1794848693E-01	.12552571E-03	-142.987	.0000	
KTID6X	-.1598204702E-01	.13141207E-03	-121.618	.0000	
OMRAD3	.1904293840	.25245135E-01	7.543	.0000	
OMRAD4	-.2006093205	.26487414E-01	-7.574	.0000	
OMK	-.4012078883E-01	.11678378E-03	-343.548	.0000	
KM1	.7448227275E-03	.11904449E-04	62.567	.0000	
IN1	.1142666176E-05	.54619632E-07	20.920	.0000	
KONST2	3.095724794	.22194928E-01	139.479	.0000	
AL2	-.6974743436E-02	.43050633E-03	-16.201	.0000	
KM2	-.1123203713E-02	.93081473E-04	-12.067	.0000	
KONST3	3.324666307	.12941516E-01	256.899	.0000	
KM3	.3696572175E-03	.10380895E-04	35.609	.0000	
SE3	.6138003014	.20597769E-01	29.799	.0000	
BIL3	1.432430006	.89668203E-02	159.748	.0000	
KM4	.1349164345E-03	.13130096E-04	10.275	.0000	
VTID1X	.3289179914E-02	.85496256E-04	38.472	.0000	
VTID2X	.4287273243E-02	.87154772E-04	49.191	.0000	
BIL4	.9668478527	.82302280E-02	117.475	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
KONST0	-4.422162814	.15836972E-01	-279.230	.0000	
ATT1	.9409571509	.24171759E-02	389.280	.0000	
ATT2	.9480204702	.24080250E-02	393.692	.0000	
ATT3	.9353190920	.27554391E-02	339.445	.0000	
ATT4	.9648877721	.23910698E-02	403.538	.0000	
ATT5	.9741141184	.27924597E-02	348.837	.0000	
ATT6	.9051857722	.28509370E-02	317.505	.0000	

Appendiks C

Estimerede resultater fra bilejerskabsmodel

Nyttefunktioner for bilejerskabsmodellen

Tabel C1: Bilejerskab segment 1.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
K1	14.41729105	.41815771	34.478	.0000	
HJ1	.2653314707	.13942038E-01	19.031	.0000	
I1	.5539883062	.10351829E-01	53.516	.0000	
BF1	.2638671980E-04	.67641248E-06	39.010	.0000	
S2	1.318377118	.35742339E-01	36.886	.0000	
KM2	.2109099313E-03	.30257610E-04	6.970	.0000	
ZV2	.3374411577E-01	.13415035E-02	25.154	.0000	
I2	1.501328730	.33680768E-01	44.575	.0000	
BF2	.1387111463E-04	.14766971E-05	9.393	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
KONST1	-22.71028409	.42146286	-53.884	.0000	
E0	.3341022548	.15029449E-01	22.230	.0000	
ST0	.4956589050	.15847196E-01	31.277	.0000	
ALD	-.2869168054E-01	.35636495E-03	-80.512	.0000	

Tabel C2: Bilejerskab segment 2.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
K1	16.08729028	.17976105	89.493	.0000	
HJ1	.3523646207E-01	.97037843E-02	3.631	.0003	
BF1	.3118993878E-04	.42233619E-06	73.851	.0000	
I1	.2276279467	.55564700E-02	40.966	.0000	
S2	.9523419957	.17174486E-01	55.451	.0000	
KM2	-.4626073085E-03	.85623867E-05	-54.028	.0000	
ZV2	.1769119082E-01	.49188786E-03	35.966	.0000	
BF2	.2902064009E-04	.60824632E-06	47.712	.0000	
I2	1.439479082	.14858175E-01	96.881	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
KONST1	-18.36959522	.18476634	-99.421	.0000	
E0	.4267912079	.10289913E-01	41.477	.0000	
ST0	1.047187644	.12759140E-01	82.074	.0000	

Tabel C3: Bilejerskab segment 3.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
K1	13.56216881	.33772348	40.158	.0000	
HJ1	.2053350813	.19766849E-01	10.388	.0000	
BF1	.2315072405E-04	.94650267E-06	24.459	.0000	
I1	.8074829306	.18334108E-01	44.043	.0000	
S2	.5507902356	.34217528E-01	16.097	.0000	
BF2	.4608485067E-04	.12373710E-05	37.244	.0000	
I2	1.708604558	.30253616E-01	56.476	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
KONST1	-24.15444562	.37258630	-64.829	.0000	
E0	.4741145898	.23061190E-01	20.559	.0000	
ALD	-.3310813672E-01	.48663627E-03	-68.035	.0000	

Tabel C4: Bilejerskab segment 4.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
K1	18.92340304	.16712342	113.230	.0000	
HJ1	-.7230478637E-01	.10844820E-01	-6.667	.0000	
BF1	.2370708077E-04	.64519047E-06	36.744	.0000	
I1	.8642766330	.12832557E-01	67.350	.0000	
S2	1.018737810	.16503933E-01	61.727	.0000	
BF2	.2774533441E-04	.73329509E-06	37.837	.0000	
I2	2.274696312	.17027690E-01	133.588	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
KONST1	-29.61448782	.20648361	-143.423	.0000	
ALD	-.2939311852E-01	.37545045E-03	-78.288	.0000	

Tabel C5: Bilejerskab segment 5.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
HJ1	-.2855947858	.98135044E-02	-29.102	.0000	
BF1	.5615076594E-04	.43324409E-06	129.605	.0000	
I1	.2752517418	.44264130E-02	62.184	.0000	
S2	1.256412797	.15098673E-01	83.213	.0000	
KM2	.7002659726E-04	.31685987E-04	2.210	.0271	
ZV2	-.1915331880E-03	.56411154E-05	-33.953	.0000	
I2	.1693762018	.44770426E-02	37.832	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
KONST1	-4.617118822	.53474704E-01	-86.342	.0000	
E0	.3188145459	.96726837E-02	32.960	.0000	
ST0	.7844439217	.10080515E-01	77.818	.0000	
ALD	-.3600823344E-01	.23916615E-03	-150.557	.0000	

Tabel C6: Bilejerskab segment 6.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
K2	22.94934605	.20105095	114.147	.0000	
BF1	.5456073031E-04	.62087165E-06	87.878	.0000	
I1	.4381058297	.90932345E-02	48.179	.0000	
S2	1.040575247	.18647224E-01	55.803	.0000	
BF2	.6906415570E-04	.79042587E-06	87.376	.0000	
KM2	.3198630613E-03	.27528410E-04	11.619	.0000	
I2	2.088019310	.18007524E-01	115.953	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
KONST1	-29.15020410	.22001843	-132.490	.0000	
E0	.3746988951	.12644409E-01	29.634	.0000	
ST0	.4836308147	.15319763E-01	31.569	.0000	
ALD	-.3266850619E-01	.28907755E-03	-113.009	.0000	

Tabel C7: Bilejerskab segment 7.

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Attributes in the Utility Functions (beta)					
K1	14.97576103	.72603903E-01	206.267	.0000	
HJ1	.6079707035E-02	.72739275E-02	.836	.4033	
BF1	.6040367416E-04	.44528706E-06	135.651	.0000	
I1	.6062051271E-01	.33856686E-02	17.905	.0000	
S2	.7316209839	.83393566E-02	87.731	.0000	
BF2	.7526019261E-04	.48025129E-06	156.710	.0000	
I2	1.138621919	.66197225E-02	172.004	.0000	
Attributes of Branch Choice Equations (alpha)					
KONST1	-15.55620208	.80113108E-01	-194.178	.0000	
E0	.3998511008	.10218095E-01	39.132	.0000	
ALD	-.2940148404E-01	.22332652E-03	-131.652	.0000	

Krydstabuleringer af bilejerskabsmodellen

Tabel C8: Krydstabulering for segment 1.

	BIL0	BIL1	BIL2	Obs.
BIL0	.8600000D+03	.3040000D+03	.1300000D+02	.1177000D+04
BIL1	.2950000D+03	.4200000D+03	.3900000D+02	.7540000D+03
BIL2	.1500000D+02	.3600000D+02	.1200000D+02	.6300000D+02
Est.	.1170000D+04	.7600000D+03	.6400000D+02	.1994000D+04

Tabel C9: Krydstabulering for segment 2.

	BIL0	BIL1	BIL2	Obs.
BIL0	.7290000D+03	.5700000D+03	.3300000D+02	.1332000D+04
BIL1	.5290000D+03	.1647000D+04	.3240000D+03	.2500000D+04
BIL2	.5600000D+02	.2980000D+03	.1680000D+03	.5210000D+03
Est.	.1314000D+04	.2514000D+04	.5250000D+03	.4353000D+04

Tabel C10: Krydstabulering for segment 3.

	BIL0	BIL1	BIL2	Obs .
BIL0	.1430000D+03	.1270000D+03	.8000000D+01	.2790000D+03
BIL1	.1230000D+03	.5330000D+03	.9800000D+02	.7550000D+03
BIL2	.1300000D+02	.9500000D+02	.3300000D+02	.1410000D+03
Est .	.2790000D+03	.7550000D+03	.1400000D+03	.1175000D+04

Tabel C11: Krydstabulering for segment 4.

	BIL0	BIL1	BIL2	Obs .
BIL0	.1540000D+03	.2030000D+03	.2700000D+02	.3840000D+03
BIL1	.1970000D+03	.1416000D+04	.4650000D+03	.2077000D+04
BIL2	.3700000D+02	.4510000D+03	.3160000D+03	.8050000D+03
Est .	.3890000D+03	.2069000D+04	.8080000D+03	.3266000D+04

Tabel C12: Krydstabulering for segment 5.

	BIL0	BIL1	BIL2	Obs .
BIL0	.9490000D+03	.5630000D+03	.5000000D+02	.1562000D+04
BIL1	.5690000D+03	.2171000D+04	.4310000D+03	.3171000D+04
BIL2	.5200000D+02	.4130000D+03	.1280000D+03	.5920000D+03
Est .	.1569000D+04	.3147000D+04	.6090000D+03	.5325000D+04

Tabel C13: Krydstabulering for segment 6.

	BIL0	BIL1	BIL2	Obs .
BIL0	.4650000D+03	.3720000D+03	.1700000D+02	.8540000D+03
BIL1	.3610000D+03	.1928000D+04	.3130000D+03	.2602000D+04
BIL2	.2700000D+02	.2880000D+03	.1120000D+03	.4270000D+03
Est .	.8530000D+03	.2587000D+04	.4430000D+03	.3883000D+04

Tabel C14: Krydstabulering for segment 7.

	BIL0	BIL1	BIL2	Obs .
BIL0	.4130000D+03	.5190000D+03	.5300000D+02	.9850000D+03
BIL1	.4980000D+03	.6920000D+04	.2140000D+04	.9558000D+04
BIL2	.8800000D+02	.2079000D+04	.1171000D+04	.3338000D+04
Est .	.9990000D+03	.9518000D+04	.3364000D+04	.1388100D+05

Appendiks D

Teori for kontinuert logit model

I dette appendiks beskrives meget grundigt opbygningen af den kontinuerte logit model, der blev omtalt i afsnit 5.8.

Begrundelsen for at præsentere denne model på så grundigt et niveau, mens den i ALTRANS anvendte logit model er, at den kontinuerte model er en ny måde at kombinere modal-split og destination. Desuden kan den ordinære logitmodel vises at være et specialtilfælde af den kontinuerte logit model. Udregningerne i dette appendiks kan derfor ved hjælp af få omskrivninger også anvendes på de i ALTRANS anvendte modeller.

Indledning

For at forstå teorien og idegrundlaget for den kontinuerte logit model er det i første omgang oplagt at se på den diskrete pendant. Den velkendte MNL model for valg af modal-split og destination har følgende form

$$P_t(m, d) = \frac{e^{V_{t,md}}}{\sum_{m \in M_t} \sum_{d \in D_t} e^{V_{t,md}}} \quad m \in M_t \wedge d \in D_t \quad (\text{B } 1)$$

$$\forall t = 1, \dots, T \quad \text{and} \quad \bigcup_t D_t = M^*$$

Hvor den indirekte betingede nyttefunktion er repræsenteret ved $V_{t,md}$. Det noteres, at valgsættene M_t og D_t , der betegner henholdsvis sættet af mulige transportmiddelvalg og destination, varierer helt ned på tur- og personniveau. Herved tages der højde for, at individer kan være afskåret muligheden for en specifik tur, enten fordi personen ikke opfylder visse krav som kørekort, eller fordi turen i det pågældende tidsrum ikke finder sted med det pågældende transportmiddel. M^* repræsenterer den samlede geografi. Lad $A(\cdot)$ være en areal operator. Lad \bar{d} være det gennemsnitlige areal for zonerne, dvs. et mål for den geografiske opløsning. Vi har da, at

for $A(\bar{d}) \rightarrow 0$ *Estimation umulig*

for $A(\bar{d}) \rightarrow M^*$ *Dårlig rumlig beskrivelse \rightarrow Dårlig efterspørgselsmodel*

Det første punkt er relateret til numerisk overvejelser, men i høj grad også til problemet med at opsamle data. Ben-Akiva og Watanatada (1981) skriver

“ The discrete summation form cannot be used in actual applications when the number of spatial alternatives and individuals are large...”

Det andet problem er et fundamentalt spørgsmål om korrespondance mellem mikro- og mesoniveauet, som også illustreret i figur 1.4.

Rumlige valg repræsenteret ved kontinuerte funktioner

Motiveret af den ovenstående diskussion ser vi nu på en 2-dimensional kontinuert pendant til den diskrete logit model. Dette gøres ved at placere den faktiske geografi i et koordinatsystem, hvor x- og y-aksen repræsenterer henholdsvis Øst-Vest og Nord-Syd retningerne. Skalaen er i kilometer. Det diskrete valg kan nu opfattes som et punkt $\{p, q\}$ i planen. Først defineres en rumlig valgfunktion

$G_t(m, \{p, q\} | \{x, y\})$: Sandsynligheden for at respondent t som er lokaliseret i punktet $\{x, y\}$ vælger det rumlige alternativ $\{p, q\}$ under anvendelse af transportmode m .

Sandsynligheden er oplagt berørt af en lang række faktorer, hvoraf de vigtigste er

- Attraktions tæthed i destinationen
- Rejsegeneration i udgangszonen
- Service niveau mellem punkterne og med forskellige transportmidler
- Monetære omkostninger
- Socioøkonomiske karakteristika

Vi definerer derfor nu

$G_t(m, \{p, q\} | \{x, y\})$: Tætheden af attraktioner i punktet $\{p, q\}$.

S_t : Socioøkonomisk karakteristika for person t .

Sandsynligheden for at respondent t vælger et rumligt alternativ i zone j er så givet ved

$$P_t(m, j | \{x, y\}) = \iint_{\text{zone } j} G_k(m, \{p, q\} | \{x, y\}) M(\{p, q\}) dpdq \quad (\text{B } 2)$$

Ved at antage IIA-egenskaber for valgprocessen og samtidigt lade $A(j) \rightarrow 0$ så fremkommer den kontinuerte logit som den infinitesimale grænse af den ordinære logit model med valgsandsynlighed

$$P_t(m, dpdq | M^*) = \frac{K_t(m, \{p, q\}) M(\{p, q\}) dpdq}{\sum_{m' \in M^*} \iint K_t(m', \{p, q\}) M(\{p, q\}) dpdq} \quad (\text{B } 3)$$

Her er $dpdq$ et infinitesimalt område og den rumlige valgfunktion $K_t(\cdot, \cdot)$ antages at være en funktion af transportmiddelvalg og desti-

nation alene. Med andre ord negligerer vi effekten af generationer i de enkelte zoner. I traditionelle rumlige modeller ville denne antagelse være fejlagtig, men eftersom lokaliseringer antages for givet giver det mening i denne modelramme¹¹.

Praktisk anvendelse af kontinuert logit

Den funktionelle form af den indirekte nyttefunktion antages at være lineær i parametrene. Hvis vi i første omgang ser bort fra afhængigheden mellem ture og kæder, som blev diskuteret først i dette appendiks, ser vores nyttefunktion ud som:

$$V_{t,md} = \mathbf{a}_m \mathbf{S}_{tm} + \mathbf{b}_m \mathbf{C}_{tmd} + \log(\gamma_d) \quad (\text{B } 4)$$

\mathbf{S}_{tm} : Socioøkonomiske variable, som indkomst og alder.

\mathbf{C}_{tm} : Omkostninger/indkomst og rejsetid.

γ_d : Attraktionstæthed.

Hvis dette substitutteres ind i den multinomiale form fås

$$P_t(m, d) = \frac{e^{\mathbf{a}_m \mathbf{S}_{tm}} \gamma_d e^{\mathbf{b}_m \mathbf{C}_{tmd}}}{\sum_{m'} e^{\mathbf{a}_m \mathbf{S}_{m'}} \sum_{d'} \gamma_{d'} e^{\mathbf{b}_m \mathbf{C}_{m'd'}}} \quad (\text{B } 5)$$

Nu er den resterende opgave at formulere den kontinuerte pendant for sandsynligheden $P_t(m, d)$. Dette gøres ved at transformere det ordinære rektangulære koordinatsystem til et polært system. Med andre ord lad $d = \{x, y\} \rightarrow \{L, \theta\}$. Herfra fås at:

$$C_{t,md} \rightarrow C_{t,m}(L, \theta) \text{ og } \gamma_d \rightarrow \gamma(L, \theta) \quad (\text{B } 6)$$

Fordelen ved dette er, at vi kan opfatte L som den (endogene) rejseafstand. Dette gøres ved at skifte koordinatsystemets centrum efter hver nye rejse, således at det nye centrum præcist er udgangspunktet for respondentens rejse.

Den nye valgsandsynlighed bliver herved givet ved

$$\begin{aligned} P_t(m, dLd\theta) &= G_t(m, \{L, \theta\}) dLd\theta \\ &= \frac{e^{\mathbf{a}_m \mathbf{S}_{tm}} \gamma(L, \theta) e^{\mathbf{b}_m \mathbf{C}_{tm}(L, \theta)} dLd\theta}{\sum_m e^{\mathbf{a}_m \mathbf{S}_{m'}} \int_0^B \int_0^{2\pi} \gamma(L, \theta) e^{\mathbf{b}_m \mathbf{C}_{m'}(L, \theta)} \left| \frac{\partial(x, y)}{\partial(L, \theta)} \right| dLd\theta} \end{aligned} \quad (\text{B } 7)$$

¹¹ Vores mission her er ikke en egentligt rumlig model. Vi er ikke interesserede i at udlægge det estimerede transportarbejde på netværket som man traditionelt gør i 4-trinsmodeller, se Ortuzar og Willumsen (1994). Vores eneste mission er at estimere individets transportarbejde givet personens lokalisering ligger fast.

Noter at når $dLd\theta$ går mod 0 vil gå mod $P_i(m, \{L, \theta\})$.

Specifikation af Attraktioner

Et væsentligt element i modellen angår specifikationen af attraktionsfunktionen $\gamma(L, \theta)$.

En svaghed ved den kontinuerte model er, at attraktioner kun kan indgå i meget simple former. I Rich (1996) overvejes en eksponentiel faldende afstandsafhængig funktion, men afvises på grund af numeriske overvejelser. En mulighed, som er beregningsmæssigt overkommeligt og samtidig sikrer en vis variation mellem attraktioner og afstand, er at lade attraktioner følge afstandsbånd fra centrum og ud. Hermed bliver formen af vores attraktionsfunktion givet ved

$$\gamma(L, \theta) = \gamma(L) = A_i^I 1_{L \in [L_i, L_{i+1}]} \quad (\text{B } 8)$$

Hvor A_i^I betegner attraktionen hørende til afstandsinterval i og relateret til individ type I . Type betegnelsen afspejler variationer i personens uddannelse kombineret med de enkelte tures formål.

Vi har i første omgang benyttet en opsplitning i 4 intervaller. Der er dog intet i vejen for at opløse i meget mindre intervaller. På længere ture vil attraktionsmålet dog være noget usikkert, da vi ikke bekymrer os om retningen.

Det er problematisk at arbejde med et attraktioner, der ikke er retnings bestemte. Derfor kan modellen ændres i en senere version således, at den kontinuerte variabel ikke er rejseafstand men rejsetid. Selv om ideen kan synes tilløkkende har den nogle ubehagelige konsekvenser rent beregningsmæssigt. Dels bliver det vanskeligere at beregne transportarbejdet, fordi de estimerede rejsetider efterfølgende skal behandles i GIS, og dels bliver hele behandlingen af attraktioner væsentlig mere kompleks. Rent matematisk er der imidlertid ikke de store problemer ved at gå fra et rum i kilometer til et rum i tid.

Udledning af Maksimum likelihood estimerer

Selve submodellen for rejselængde og transportmiddelvalg kan udtrykkes statistisk konsistent og yderst kompakt gennem den statistiske models tilhørende likelihood funktion. Modellens estimerer er defineret som de argumenter, der hører til funktionens toppunktet. Maksimum likelihood teorien er behagelig at arbejde med af flere grunde. De to væsentligste gevinster er den enorme fleksibilitet i modelformuleringsfasen, samt den meget kompakte skriveform modellerne kan udtrykkes i. Ulemperne er strenge krav til den underliggende sandsynlighedsfordelingen og en relativ kompleks optimerings proces.

Med notationen fra de ovenstående afsnit har vi, at:

$$V_I(m, L) = \mathbf{a}\mathbf{S}_{m,I} + \gamma(A^I(L) - \mathbf{b}\mathbf{C}_{I,m}(L)) \quad (\text{B } 9)$$

Sættet af parametre er dekomponeret i tre delsæt $\Theta = \{\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma\}$. Dimensionen og forklaringen er som følger

$\mathbf{a} = \{a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1M}, a_{21}, \dots, a_{SM}\}$: Model variationen mellem individer og S er antallet af individ specifikke variable og M er antallet af alternative transportmidler. Typiske variable er indkomst, stilling, uddannelse og alder.

$\mathbf{b} = \{b_{11}, b_{12}, \dots, b_{1M}, b_{21}, \dots, b_{CM}\}$: Beskriver variationen mellem transportmåder, hvor C er antallet af alternativ specifikke variable. Typiske variable indeholder tid og omkostninger.

γ : Parameter der beskriver variationen i den enkelte rejses "netto benefit". Hvis $A^I(L) < \mathbf{b}\mathbf{C}_{I,m}(L)$ er attraktionen for den pågældende rejse mindre end rejsemodstanden. At rejsen alligevel gennemføres, er et resultat af, at en rejses såkaldte "benefit" ikke er konstant over forskellige individer. Nogle personer vil gerne eller er simpelthen nødt til at foretage en rejse med et negativt benefit. Den grundlæggende tese er imidlertid, at attraktioner trækker, mens de generaliserede rejseomkostninger i en vis udstrækning begrænser.

Likelihood funktionen kan helt generelt skrives som

$$\begin{aligned} L(\Theta) &= L(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma) \\ &= \prod_I \prod_{m'} P_I(m, L)^{Y_{I,m}} \end{aligned} \quad (\text{B } 10)$$

Hvor $y_{I,m} = 1 \Leftrightarrow$ alternativ m er valgt og $y_{I,m} = 0$ ellers. I den ovenstående form er det ikke ganske oplagt hvorledes opdelingen i kæder og ture sker. Det er derfor mere hensigtsmæssigt at udvide notationen. Ved yderligere at logtransformere (A 10) fås en mere beregningsvenlig form

$$\begin{aligned} \log L(\Theta) &= \ell(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma) \\ &= \sum_I \sum_{m'} Y_{I,m'} \log(P_I(m, L)) \end{aligned} \quad (\text{B } 11)$$

Med den fulde valgsandsynlighed givet ved

$$P_I(m, L) = \frac{e^{\mathbf{S}_I \mathbf{a} + \gamma(A^I(L) - (\mathbf{E}_{I,m} L) \mathbf{b})}}{\sum_{m \in M_I} e^{\mathbf{S}_I \mathbf{a}} \int_0^{2\pi B} \int_0^0 e^{\gamma(A^I(L) - (\mathbf{E}_{I,m} L) \mathbf{b})} \frac{\partial(x, y)}{\partial(L, \theta)} dL d\theta} \quad (\text{B } 12)$$

Her angiver L_t rejselængden for ethvert individ t . Indekseringen af \mathbf{a} og \mathbf{b} håndteres indirekte gennem datamatricerne \mathbf{S}_t og \mathbf{E}_t . \mathbf{S}_t betegner de eksogene variable relateret til \mathbf{a} , mens \mathbf{E}_t relaterer sig til \mathbf{b} . Formen af matricerne under antagelse af fire mulige valg er specificeret nedenfor.

$$\mathbf{S}_t = \begin{bmatrix} s_{t1} & 0 & 0 & s_{t2} & 0 & 0 \\ 0 & s_{t1} & 0 & 0 & s_{t2} & 0 \\ 0 & 0 & s_{t1} & 0 & 0 & s_{t2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ og} \quad (\text{B } 13)$$

$$\mathbf{E}_t = \begin{bmatrix} E_{t,11} & 0 & 0 & 0 & E_{t,21} & 0 \\ 0 & E_{t,12} & 0 & 0 & 0 & E_{t,22} \\ 0 & 0 & E_{t,13} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & E_{t,14} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Med andre ord er $\mathbf{S}_{t,m'}$ en rækkevektor med dimension $1 \times p$ og tællende fra respondent t , præcis række nummer m' . Noter, at det kun er muligt at identificere 3 rækker i \mathbf{S}_t . Dette skyldes, at vi modellerer en sandsynlighed, der som bekendt summer til 1 over alle m' , og derfor vil den sidste parameter indirekte være bestemt af de andre.

$\mathbf{E}_{t,m'}$ er tilsvarende en rækkevektor af dimension $1 \times q$ og igen række nummer m' fra t . $\mathbf{E}_{t,m'}$ er et marginals mål for rejsemotstanden og vil typisk relatere sig til rejsetid og omkostninger. Den væsentligste ting er, at vi ud fra matricen i princippet kan parametricere rejsemotstandsvariablene fuldstændigt.

Det skal noteres, at M_t varierer over individer. Dette for at tage højde for, at individer generelt har forskellige muligheder. Hvis eksempelvis transportmiddel 2 ikke er muligt for respondent t vil række 2 fra de ovenstående matricer udgå.

Den fulde log-transformerede likelihood funktion fås ved at substituere valgsandsynligheden i (A 11).

$$\ell(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma) = \sum_{t=1}^T \sum_{m \in M_t} Y_{t,m} \left(\mathbf{S}_t \mathbf{a} + \gamma (A^t(L) - (\mathbf{E}_{t,m} L) \mathbf{b}) - \log \left(\sum_{r \in M_t} e^{S_{t,r} \mathbf{a}} I_{t,r}(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma) \right) \right) \quad (\text{B } 14)$$

Det kan let vises, at jacobianten hørende til koordinatskiftet fra rektangulære til polære koordinater er givet ved $\frac{\partial(x, y)}{\partial(L, v)} = L$. Vælges nu en attraktionsfunktion af indikator typen, som specificeret i forrige afsnit kan integralet i nævneren i (A 12) opstilles som:

$$I_{t,r}(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma) = \sum_{i=0}^{N_A-1} e^{\gamma A_{i+1}^t} \int_0^{2\pi} \int_{L_i}^{L_{i+1}} e^{-\gamma (\mathbf{E}_{t,m} L) \mathbf{b}} L dL dv \quad (\text{B } 15)$$

Hvor vi bemærker at $L_0 = 0$. Hvis vi lader $F(\cdot)$ betegne stamfunktionen hørende til ovenstående integral, har vi at:

$$\int_0^{L_{i+1}} \int_{L_i}^{2\pi L_{i+1}} e^{-\gamma(\mathbf{E}_{i,m}L)\mathbf{b}} LdLdv = [F(L_{i+1}) - F(L_i)] \quad (\text{B } 16)$$

$$= F_{i+1} - F_i$$

Hvor vi ved at udnytte regler for partiel integration finder, at:

$$F_x = -2\pi \frac{(\xi x + 1)e^{-\xi x}}{\xi^2}, \text{ hvor } \xi = \gamma(\mathbf{E}_{i,m}\mathbf{b}) \quad (\text{B } 17)$$

og dermed

$$F_0 = \frac{-2\pi}{\xi^2} \quad (\text{B } 18)$$

Det samlede integral er nu givet ved en sum af stamfunktioner, der kan forkortes parvist, som det fremgår nedenfor

$$I_{i,r}(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma) = \sum_{i=0}^{N_A-1} e^{\mathcal{A}_i^I} (F_{i+1} - F_i) \quad (\text{B } 19)$$

$$= e^{\mathcal{A}_1^I} (F_1 - F_0) + e^{\mathcal{A}_2^I} (F_2 - F_1) + \dots + e^{\mathcal{A}_{N_A}^I} (F_{N_A} - F_{N_A-1})$$

$$= -e^{\mathcal{A}_1^I} F_0 + (e^{\mathcal{A}_1^I} - e^{\mathcal{A}_2^I}) F_1 + \dots + (e^{\mathcal{A}_{N_A-1}^I} - e^{\mathcal{A}_{N_A}^I}) F_{N_A-1} + e^{\mathcal{A}_{N_A}^I} F_{N_A}$$

$$= e^{\mathcal{A}_{N_A}^I} F_{N_A} - e^{\mathcal{A}_1^I} F_0 + \left(\sum_{i=2}^{N_A} \Delta \mathcal{A}_i^I F_{i-1} \right)$$

Hvor $\Delta \mathcal{A}_i^I = e^{\mathcal{A}_{i-1}^I} - e^{\mathcal{A}_i^I}$.

Optimerings proces

Modellen skitseret i forrige afsnit optimeres ved at bruge Quasi-Newton teknikker. Fordelen er, at vi kun behøver at specificere førsteordens afledede til likelihood funktionen. I praksis er det i optimeringen muligt at benytte en intern approksimeret gradient, som SAS/IML selv genererer. Regnemæssigt er denne procedure imidlertid meget lidt efficient, og der kan opnås en hastighedsforbedring på henvend 100 gange ved at specificere en separat gradient beregning.

Hvis vi lader

$$\Psi(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma) = \log \left(\sum_{r \in M_i} e^{\mathcal{S}_i^{\mathbf{a}}} I_{i,m}(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma) \right) \quad (\text{B } 20)$$

Fra den generelle likelihood funktion i forrige afsnit kan vi se, at gradienten oplagt kan decomponeres i 3 dele

$$\frac{\partial \ell}{\partial a_j} = \sum_{t=1}^T \sum_{m \in M_t} Y_{t,m} \left(S_{t,j} - \frac{\partial \Psi(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma)}{\partial a_j} \right) \quad (\text{B 21})$$

$$\frac{\partial \ell}{\partial b_j} = \sum_{t=1}^T \sum_{m \in M_t} Y_{t,m} \left(-\gamma E_{t,j} L - \frac{\partial \Psi(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma)}{\partial b_j} \right) \quad (\text{B 22})$$

$$\frac{\partial \ell}{\partial \gamma} = \sum_{t=1}^T \sum_{m \in M_t} Y_{t,m} \left(A^t(L) - (\mathbf{E}_t L) \mathbf{b} - \frac{\partial \Psi(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma)}{\partial \gamma} \right) \quad (\text{B 23})$$

Fra denne relative generelle form går vi nu videre til at specificere den afledte af $\Psi(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma)$ med hensyn til de indgående parametre. Vi har helt generelt, at:

$$\frac{\partial \Psi(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma)}{\partial a_j} = \frac{\sum_{r \in M_t} e^{S_r, \mathbf{a}} S_j I_{t,m}(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma)}{\sum_{r \in M_t} e^{S_r, \mathbf{a}} I_{t,m}(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma)} \quad (\text{A 24})$$

$$\frac{\partial \Psi(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma)}{\partial b_j} = \frac{\sum_{r \in M_t} e^{S_r, \mathbf{a}} \frac{\partial I_{t,m}(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma)}{\partial b_j}}{\sum_{r \in M_t} e^{S_r, \mathbf{a}} I_{t,m}(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma)} \quad (\text{B 25})$$

$$\frac{\partial \Psi(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma)}{\partial \gamma} = \frac{\sum_{r \in M_t} e^{S_r, \mathbf{a}} \frac{\partial I_{t,m}(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma)}{\partial \gamma}}{\sum_{r \in M_t} e^{S_r, \mathbf{a}} I_{t,m}(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma)} \quad (\text{B 26})$$

Fra den additive form af $I_{t,m}(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma)$ kan vi opskrive den afledte med hensyn til b_j som

$$\frac{\partial I_{t,m}(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma)}{\partial b_j} = e^{\gamma A_{N_A}^t} \left(\frac{\partial F_{N_A}}{\partial b_j} \right) - e^{\gamma A_i^t} \left(\frac{\partial F_0}{\partial b_j} \right) + \sum_{i=2}^{N_A} \Delta A_i^t \left(\frac{\partial F_{i-1}}{\partial b_j} \right) \quad (\text{B 27})$$

Hvor vi ved at bruge regler for differentiation af sammensatte funktioner på F_x finder at

$$\frac{\partial F_i}{\partial b_j} = 2\pi E_{t,j} \left(\frac{\kappa^2 + 2\kappa + 2}{\gamma^2 (\mathbf{E}_t \mathbf{b})^3} \right) e^{-\kappa} \quad (\text{B 28})$$

og

$$\frac{\partial F_0}{\partial b_j} = \frac{-4\pi E_{t,j}}{\gamma^2(\mathbf{E}_t \mathbf{b})^3} \quad (\text{B } 29)$$

Den afledte af $I_{t,m}(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma)$ med hensyn til γ er helt generelt givet ved

$$\frac{\partial I_{t,m}(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma)}{\partial \gamma} = \frac{\partial Z_1}{\partial \gamma} + \sum_{i=2}^{N_A} \frac{\partial Z_i}{\partial \gamma} \quad (\text{B } 30)$$

Hvor

$$Z_1 = e^{A_{N_A}^I \gamma} F_{N_A} - e^{A_1^I \gamma} F_0 \quad (\text{B } 31)$$

og

$$Z_i = -\Delta A_i^I F_{i-1} \quad (\text{B } 32)$$

Ved at bruge regler for differentiation af produkter af funktioner findes nu

$$\begin{aligned} \frac{\partial Z_1}{\partial \gamma} &= \frac{\partial(e^{A_{N_A}^I \gamma} F_{N_A})}{\partial \gamma} - \frac{\partial(e^{A_1^I \gamma} F_0)}{\partial \gamma} \quad (\text{B } 33) \\ &= \left(e^{A_{N_A}^I \gamma} \frac{\partial F_{N_A}}{\partial \gamma} + A_{N_A}^I e^{A_{N_A}^I \gamma} F_{N_A} \right) - \left(e^{A_1^I \gamma} \frac{\partial F_0}{\partial \gamma} + A_1^I e^{A_1^I \gamma} F_0 \right) \end{aligned}$$

og

$$\begin{aligned} \frac{\partial Z_i}{\partial \gamma} &= \frac{\partial(\Delta A_i^I F_{i-1})}{\partial \gamma} \quad (\text{B } 34) \\ &= \Delta A_i^I \frac{\partial(F_{i-1})}{\partial \gamma} + \frac{\partial(\Delta A_i^I)}{\partial \gamma} F_{i-1} \\ &= \left(e^{A_{i-1}^I \gamma} - e^{A_i^I \gamma} \right) \frac{\partial(F_{i-1})}{\partial \gamma} + \left(A_{i-1}^I e^{A_{i-1}^I \gamma} - A_i^I e^{A_i^I \gamma} \right) F_{i-1} \end{aligned}$$

Ved at benytte regneregler for differentiation af sammensatte funktioner findes $\frac{\partial F_i}{\partial \gamma}$ som

$$\frac{\partial F_i}{\partial \gamma} = 2\pi \left(\frac{\kappa^2 + 2\kappa + 2}{\gamma^3(\mathbf{E}_t \mathbf{b})^2} \right) e^{-\kappa}$$

Hvor $\kappa = L_i \gamma(\mathbf{E}_t \mathbf{b})$.

Fortolkning af output

Da vi har at gøre med en sammensat sandsynlighedsfordeling er de marginale sandsynlighedsfordelinger umiddelbart tilstede. Den marginale sandsynlighed for valg af transportmiddel er givet ved

$$P_t(m) = \int_0^{2\pi B_{\max}} \int_0 P_t(m, L) dL d\theta \quad (\text{B 35})$$

$$= \frac{e^{S_t \mathbf{a}} I_{t,r}(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma)}{\sum_{r \in M_t} e^{S_t \mathbf{a}} I_{t,r}(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma)}$$

Sandsynligheden af $\{L, \theta\}$ betinget på m er givet ved

$$P_t(\{L, \theta\} | m) = \frac{P_t(m, \{L, \theta\})}{P_t(m)} \quad (\text{B 36})$$

Hvor de sædvanlige regneregler for betingede sandsynligheder er anvendt direkte.

Den marginale rejselængde fordeling kan nu udledes som

$$P_t(L|m) = \int_0^{2\pi} P_t(\{L, \theta\} | m) L d\theta \quad (\text{B 37})$$

Dette giver

$$P_t(L|m) = \frac{e^{\gamma(A^t(L) - \mathbf{E}_{t,m} L) \mathbf{b}}}{I_{t,r}(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma)} \quad (\text{B 38})$$

Et interessant mål er den forventede rejselængde for individ t betinget af transportmåde m , som kan beregnes ved at substituere for $I_{t,m}(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma)$ og tage grænsen $B_{\max} \rightarrow \infty$.

[Tom side]

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser
Frederiksborgvej 399
Postboks 358
4000 Roskilde
Tlf.: 46 30 12 00
Fax: 46 30 11 14

Direktion og Sekretariat
Forsknings- og Udviklingssektion
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Havmiljø
Afd. for Mikrobiel Økologi og Bioteknologi
Afd. for Miljøkemi
Afd. for Systemanalyse
Afd. for Arktisk Miljø

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejsøvej 25
Postboks 314
8600 Silkeborg
Tlf.: 89 20 14 00
Fax: 89 20 14 14

Overvågningssektionen
Afd. for Sø- og Fjordøkologi
Afd. for Terrestrisk Økologi
Afd. for Vandløbsøkologi

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 12-14, Kalø
8410 Rønde
Tlf.: 89 20 17 00
Fax: 89 20 15 15

Afd. for Landskabsøkologi
Afd. for Kystzoneøkologi

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, temarapporter, samt årsberetninger. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Report

2000

- Nr. 326: Integrering af landbrugsdata og pesticidmiljømodeller. Integrerede MiljøinformationsSystemer (IMIS). Af Schou, J.S., Andersen, J.M. & Sørensen, P.B. 61 s., 75,00 kr.
- Nr. 327: Konsekvenser af ny beregningsmetode for skorstenshøjder ved lugtemission. Af Løfstrøm, L. (Findes kun i elektronisk udgave)
- Nr. 328: Control of Pesticides 1999. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krongaard, T., Petersen, K.K. & Christoffersen, C. 28 pp., 50,00 DKK.
- Nr. 329: Interkalibrering af metode til undersøgelser af bundvegetation i marine områder. Krause-Jensen, D., Laursen, J.S. & Larsen, S.E. - (online) <http://faglige-rapporter.dmu.dk>
- Nr. 330: Digitale kort og administrative registre. Integration mellem administrative registre og miljø-/naturdata. Energi- og Miljøministeriets Areal Informations System. Af Hansen, H.S. & Skov-Petersen, H. (i trykken)
- Nr. 331: Tungmetalledfald i Danmark 1999. Af Hovmand, M.F. Kemp, K. (i trykken)
- Nr. 332: Atmosfærisk deposition 1999. NOVA 2003. Af Ellermann, T., Hertel, O. & Skjødt, C.A. 125 s., 125,00 kr.
- Nr. 333: Marine områder – Status over miljøtilstanden i 1999. NOVA 2003. Hansen, J.L.S. et al. 230 s., 240,00 kr.
- Nr. 334: Landovervågningsoplande 1999. NOVA 2003. Af Grant, R. et al. 150 s., 150,00 kr.
- Nr. 335: Søer 1999. NOVA 2003. Af Jensen, J.P. et al. 108 s., 125,00 kr.
- Nr. 336: Vandløb og kilder 1999. NOVA 2003. Af Bøgestrand J. (red.) 126 s., 150,00 kr.
- Nr. 337: Vandmiljø 2000. Tilstand og udvikling. Faglig sammenfatning. Af Svendsen, L.M. et al. 64 s., 75,00 kr.
- Nr. 338: NEXT I 1998-2003 Halogenerede Hydrocarboner. Samlet rapport over 3 præstationsprøvningsrunder. Af Nyeland, B. & Kvamm, B.L. (i trykken)
- Nr. 339: Phthalates and Nonylphenols in Roskilde Fjord. A Field Study and Mathematical Modelling of Transport and Fate in Water and Sediment. The Aquatic Environment. By Vikelsøe, J., Fauser, P., Sørensen, P.B. & Carlsen, L. (in press)
- Nr. 440: Afstrømningsforhold i danske vandløb. Af Ovesen, N.B. et al. 238 s., 225,00 kr.
- Nr. 341: The Background Air Quality in Denmark 1978-1997. By Heidam, N.Z. (in press)
- Nr. 342: Methyl t-Buthylether (MTBE) i spildevand. Metodeafprøvning. Af Nyeland, B. & Kvamm, B.L. (i trykken)
- Nr. 343: Vildtudbyttet i Danmark i jagtsæsonen 1999/2000. Af Asferg, T. (i trykken)

2001

- Nr. 344: En model for godstransportens udvikling. Af Kveiborg, O. 246 s., 130,00 kr.
- Nr. 345: Important summer concentrations of seaducks in West Greenland. An input to oil spill sensitivity mapping. By Boertmann, D. & Mosbech, A. (in press)
- Nr. 346: The Greenland Ramsar sites. A status report. By Egevang, C. & Boertmann, D. (in press)
- Nr. 347: Nationale og internationale miljøindikatorssystemer. Metodeovervejelser. Af Christensen, N. & Møller, F. 161 s., 150,00 kr.
- Nr. 348: Adfærdsmodel for persontrafik. Modelkoncept. ALTRANS. Af Rich, J.H. & Christensen, L. (i trykken)
- Nr. 349: Flora and fauna in Roundup tolerant fodder beet fields. By Elmegaard, N. & Bruus Pedersen, M. (in press)
- Nr. 350: Overvågning af fugle, sæler og planter 1999-2000 med resultater fra feltstationerne. Af Larusen, K. (red.) (i trykken)
- Nr. 351: PSSD – Planning System for Sustainable Development. A Methodical Report. By Hansen, H.S. (ed.) (in press)

[Tom side]

Denne rapport er en del af dokumentationen til forskningsprojektet ALTRANS - Mobilitets- og Miljøkrav til ALternative TRANSPORTsystemer. ALTRANS projektets hovedformål er at belyse i hvor høj grad serviceniveauet i den kollektive trafik er bestemmende for folks daglige transportmiddelvalg. Rapporten beskriver en model, der belyser udviklingen i transportmiddelvalg og bilejerskab på baggrund af Transportvaneundersøgelsens transportadværd og amtskommunale køreplan.

Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser

ISBN 87-7772-598-0
ISSN (trykt) 0905-815x
ISSN (elektronisk) 1600-0048