

# EN SP-ANALYSE AF BILISTERS TIDSVÆRDIER, OPLEVET TRÆNGSEL OG ROADPRICING

Otto Anker Nielsen, Forskningsprofessor  
Center for Trafik og Transport (CTT)  
Danmarks Tekniske Universitet (DTU)  
Bygn. 115, st. tv. DK-2800 Lyngby, Danmark  
oan@ctt.dtu.dk, www.ctt.dtu/personal/oan, Tlf: 45 25 15 14, Fax: 45 93 64 12

Goran Jovicic, Civilingeniør, Ph.d.  
Danmarks Transportforskning (DTF), Afdeling for transportøkonomi og modellering  
Knuth-Winterfeldts Allé, Bygning 116 Vest, 2800 Kgs. Lyngby  
gj@dtf.dk, www.dtf.dk, Tlf. 45256500, Fax 45 93 65 33

## 1 INTRODUKTION OG BAGGRUND

I en række sammenhænge er fordele og ulemper ved Stated Preference (SP) og Revealed Preference (RP) interviewteknikker blevet diskuteret (se f.eks. Denstadli & Strand, 2001). Fordelen ved SP er – ud over at kunne klarlægge fremtidige alternativer, der ikke eksisterer i dag – bl.a. at respondenters præferencer hvad angår korrelerede variabler lettere kan estimeres. Dette skyldes, at man i SP-eksperimenter styrer de spørgsmål, der stilles respondenterne, og derfor systematisk kan variere forholdet mellem de forskellige variabler for de alternativer, respondenterne vælger imellem. Er en rute eksempelvis både hurtigst og kortest kan en bilists præferencer for tid versus længde derimod ikke klarlægges ud fra RP-data. Således vil kun nogle af observationerne i et RP-datasæt kunne estimere præferencer. Derudover er det kun muligt at få flere observationer per person i SP-eksperimenter, end i de fleste RP-data. Derimod rummer SP selvsagt det problem, at respondenterne ikke nødvendigvis agerer i virkeligheden, som de påstår under interviewet. Omfanget af dette problem samt SP-teknikkens følsomhed over for forskellige variabeldefinitioner er sjældent klarlagt.

### 1.1 Det empiriske grundlag

I forbindelse med PROGRESS/AKTA roadpricingprojektet<sup>1</sup> i Købehavn (Nielsen & Herslund, 2002) gennemføres et omfattende RP-eksperiment, hvor en række bilister følges over et længere tidsrum v.h.a. GPS, hhv. med og uden roadpricing. AKTA er designet så deltagerne fik/får ud-betalt de penge, som de sparer ved at ændre adfærd under roadpricing i forhold til, hvis de fortsat havde kørt som tidligere. Da de eksakte ruter og turkæder følges over længere tid, er der tale om et usædvanligt stort og detaljeret RP-datasæt. Men dette kan naturligvis aggregeres og sammenlignes med mere traditionelle RP-datasæt.

---

<sup>1</sup> AKTA (<http://www.akta-kbh.dk/>) er den danske del af EU-projektet PROGRESS ([www.progress-project.org](http://www.progress-project.org)), der igen er en del af EU's 5. rammeprogram, "The Growth Programme on Sustainable Mobility and Intermodality", der støtter flere projekter angående roadpricing og relaterede emner (<http://www.transport-pricing.net/>). PROGRESS omfatter 8 Europæiske byer, der på forskellig måde analyserer og afprøver forskellige typer betalingssystemer, nemlig Bristol og Edinburgh (UK), Genua og Rom (I), Helsinki (SF), Trondheim (N), Gøteborg (S) og København. AKTA løber over 3½ år med et samlet budget på ca. 13,5 Mio. Dkr (plus CTT's egenfinansiering, AKTA SP projektet samt tillægsfinansiering af den 3. forsøgsrunde). Alle resultater, evaluering samt anbefalinger er planlagt at foreligge til efteråret 2003.

I forbindelse med et sideløbende forskningsprojekt på CTT i samarbejde med DTF blev der før anden runde af AKTA-eksperimentet gennemført et SP-eksperiment for de samme deltagere. Herved kan SP-teknikken på sigt sammenlignes med RP-teknikken, hvilket i forhold til hidtidig viden om RP/SP kan bidrage med ny empirisk/metodisk sammenligningsgrundlag. Derudover kan den også sammenlignes med baggrundsinterviews, samt med gennemførte fokusgruppe-interviews (se Nielsen & Herslund, 2002).

Imidlertid er SP-eksperimentet også designet, så det i sig selv kan bidrage med ny viden om brug af SP-teknikken. Da eksperimentet blev gennemført i et forskningsprojekt var det muligt at formulere det som et faktorielt design med forskellige variabler (tid versus omkostning hhv. længde), samt forskellige niveauer/typer af roadpricing.

Derudover giver arbejdet også empirisk viden om respondenternes adfærd og holdninger, herunder til road pricing. Men det var ikke hovedformålet med eksperimentet.

## **1.2 Anvendte metoder, analyser og fremgangsmåde**

SP-analysen rummede en række spørgsmål vedr. rejseadfærd, en typisk tur, samt socio-økonomiske variabler. Disse spørgsmål var så vidt muligt konsistente med interviews fra Ørestadsmodellen og Kbh.-Ringstedmodellen, så disse kilder evt. siden kan kombineres.

Det første SP-spil søgte at klarlægge bilisternes tidsværdier. Sædvanligvis spilles tid mod omkostning. I nærværende analyse spillede ca. halvdelen af respondenterne i stedet ”tid mod længde”. Derudover blev deres egen vurdering af omkostning per kilometer klarlagt. Definitionen af trængsel i SP-interviews blev grundigt diskuteret inden SP-spillet blev designet, og en ny definition anvendt i forhold til tidligere analyser i Hovedstadsområdet. Herudover er tidsværdier for forventet trængsel versus uventede ekstra forsinkelser også forsøgt klarlagt.

Andet SP-spil omfattede valg af turtidspunkt. Altså om ændringer i rejseomkostning, fri rejsetid og ekstra rejsetid som følge af trængsel, får respondenterne til at skifte turtidspunkt fra myldretiden til uden for myldretiden eller omvendt (interviewet tog udgangspunkt i en typisk tur for respondenterne, samt tidspunktet herfor, der enten er i eller uden for myldretiden).

Tredje SP-spil omfattede roadpricing. Her blev der taget udgangspunkt i den eksisterende tur, der nu blev pålagt roadpricing. En mulig alternativ tur blev fundet i samarbejde med respondenterne (f.eks. en længere tur, der er billigere fordi den undgår de dyreste takstzoner). Spillet klarlagde da valg mellem varianter af de to ture. Omkostning (benzin og roadpricing separat), fri køretid, og trængsel indgik i spillet.

Spillene blev tilrettelagt efter et takstniveau, som den pågældende respondent udsættes for i RP-eksperimentet, dvs. lav zonetakst (med forskellige niveauer i forskellige zoner i Hovedstadsområdet), høj zonetakst (ditto), eller bompengetakster (forskellige takster ved passage af bompengeringe om forskellige zoner).

## **1.3 Resultater**

Eksperimentet og analysen klarlægger først og fremmest, hvorvidt tidsværdier fra SP-analyser er følsomme over for definitionen af vægtingen af tid i forhold til længde hhv. omkostning. Dette kan også vurderes i relation til den omkostning per km., som respondenterne selv vurderer. Derudover giver artiklen en række anbefalinger til definition af trængsel i SP-analyser og trafik-

modeller, og artiklen peger på en række problemer med traditionelle modeller baseret på stokastisk nytteteori.

## 2 DESIGN AF AKTA HOVED-EKSPERIMENTET

I AKTA blev København inddelt i ”virtuelle” bompengeringe og roadpricingzoner. 2x200 frivillige deltagere fordelt på 2 forsøgsrunder fik installeret en GPS-enhed i bilen, som gjorde det muligt for dem at aflæse det virtuelle betalingssystem på et display. Bilerne bevægelser blev logget og en betaling udregnet per tur. Forskellige betalingssystemer og/eller en kontrolperiode blev gennemført i 2 forskellige perioder. Til sidst blev deltagerne betalt et beløb svarende til en beregnet forskel på adfærd mellem de to perioder. I en tredje runde, der er under opstart, *udbetales* deltagerne et estimeret beløb baseret på en kontrolperiode, før næste periode. Og de skal da *betale* deres forbrug i 2. periode (dog maks. hele det udbetalte beløb).

De udbetalte beløb i de to første runder lå mellem nul (hvis negativt blev betaling udeladt) og 5.000 kr. per deltager. Omkring halvdelen af deltagerne sparede penge, hvoraf indtægten lå mellem 0 og 1.000 kr.

### 2.1 Statistisk design

Deltagerne blev fordelt efter et faktorielt design på indkomstgrupper, pendlingsmønster (lokalisering af bopæl og arbejdsplads) og betalingssystemer. Alle deltagere tilhørte 1-bilsfamilier (men som det fremgår af svarene fik en del 2 biler under forsøget). 2-bilshusholdninger blev fravalgt, fordi eksperimentet ville have været ret kompliceret herfor (der skulle være enheder i begge biler for at undgå snyd, og begge bilers samlede transportmønster skulle have været analyseret). Alle deltagere bor og/eller arbejder inden for betalingsområdet. Og alle har et dagligt behov for transport.

Alle deltagere udfyldte et spørgeskema før eksperimentet, og et andet plus et telefoninterview efter. Bl.a. var formålet at teste, om de havde ændret adfærd, samt om de havde forstået det overordnede design af eksperimentet (jf. Nielsen & Herslund, 2002 havde en del<sup>2</sup> misforstået forsøget mere eller mindre, på trods af, at det meget grundigt var blevet forklaret såvel mundtligt og skriftligt). Det blev tilstræbt, at de 200 deltagere i anden runde skulle gennemføre SP-eksperimentet før det store køreforsøg. P.g.a. besvær med ændrede aftaler, edb-problemer m.v. var det kun muligt at gennemføre 184 af disse med succes.

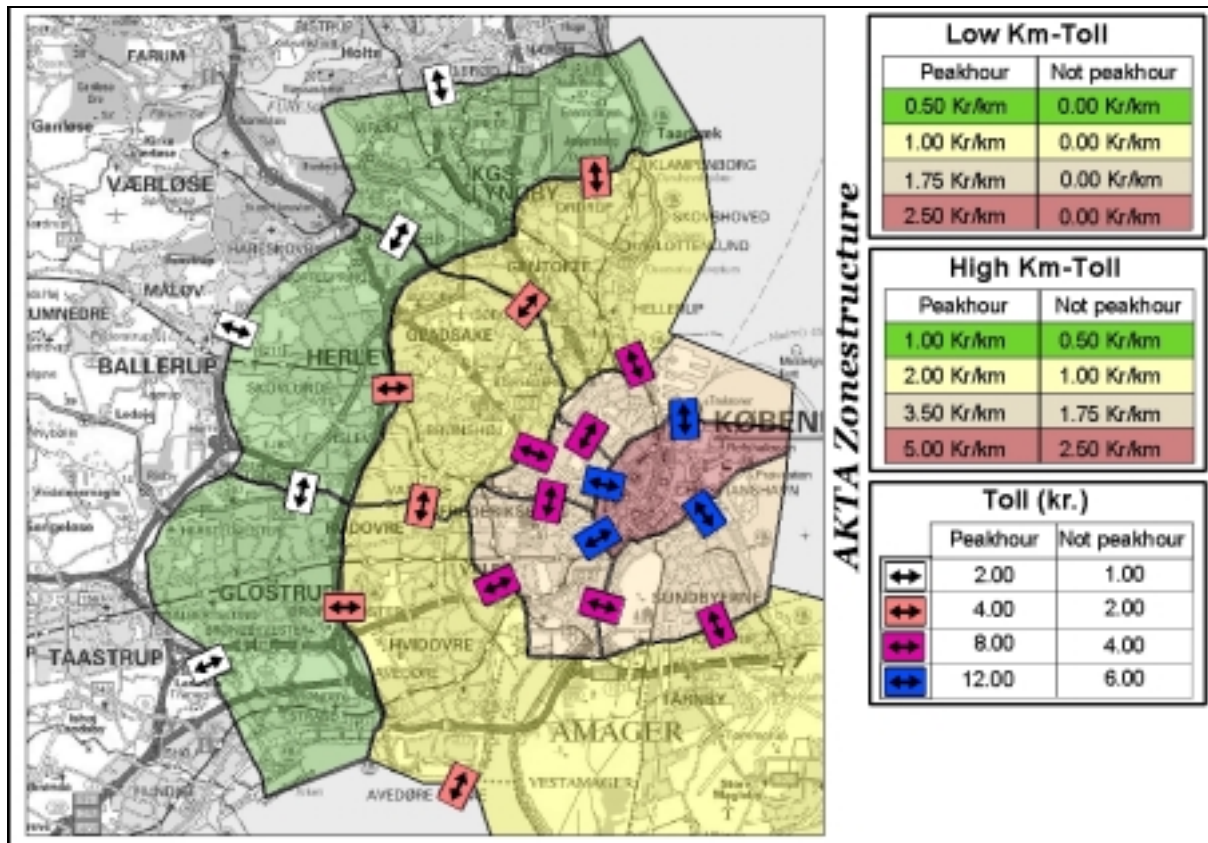
Som et generelt sammenligningsgrundlag (mulig stratificering af stikprøven, og klarlæggelse af mulige skævheder i gruppen, der frivilligt gennemførte hovedeksperimentet) blev der gennemført 1.000 helt uafhængige telefoninterviews i analyseområdet.

### 2.2 Betalingssystemer

To af de testede betalingssystemer var zone-baserede med 4 forskellige niveauer per km., med det dyreste i Kbh. centrum og det billigste i forstæderne. Det tredje system var baseret på bompenge ved passage af zonegrænser. Priserne varierede mellem myldretid og ikke-myldretid i alle scenarier (se figur 1).

---

<sup>2</sup> Mellem 3 og 38% for forskellige designs i runde 1, og mellem 0 og 31% for forskellige designs i runde 2, hvor der belært af erfaringerne i runde 1 blev gjort yderligere anstrengelser for at forklare forsøget tydeligt.



Figur 1. De forskellige roadpricing og betalingsstrategier.

GPS-enheden udregnede dynamisk prisniveauet. Og deltageren kunne for en given tur se prisniveau (zone), orienteres om zonekrydsning (zone), og aflæse den akkumulerede omkostning af turen. Koordinater blev logget hvert sekund, og importeret til et digitalt kort efter at forsøget var afsluttet, og derefter relateret til vejnettet (v.h.a. et C++ program i ArcObjects og ArcGIS).

Efter erfaringer fra forstudier blev målorienterede betalingssystemer ikke testet (Herslund *m.fl.*, 2001; Herslund, 2001), f.eks. systemer hvor prisen afhænger af vejtype eller marginale omkostninger (internalisering af eksternaliteter). Dette blev besluttet fordi deltagerne ikke kunne forstå for komplicerede systemer (en del som nævnt heller ikke de simple), og derfor ikke ville ændre adfærd konsistent med intentionerne. Derudover var der tekniske problemer med dynamisk map-matching af GPS-punkter til nettet med en acceptabel hurtighed, præcision og fejlprocent), der ville have vanskeliggjort implementering af målscenarier inden for projektets rammer.

### 3 SP-INTERVIEWANALYSEN

SP-interviewene blev gennemført på bilværkstederne i forbindelse med installationen af GPS-enhederne i bilerne. Derved blev logistik, spildtid og rejseomkostninger for interviewerne minimeret, samtidig med at deltagerne ikke følte, at de spildte deres tid på værkstederne. Desværre glippede en del aftaler, så omkring 10 interviews efterfølgende blev gennemført i hjemmene. 8 deltagere var så vanskelige at træffe aftale med, at det blev opgivet. Og omkring 8 gennemførte interviews blev forkastet (software/hardware problemer, helt inkonsistente svar, etc.). I alt blev der således gennemført 184 succesfulde interviews ud af de 200 deltagere i selve kørselsforsøget.

### 3.1 Interviewet

Interviewet var PC-baseret, og varede ca. 30 min. i gennemsnit, hvilket fint svarede til GPS-enhedens installationstid på værkstedet. Skemaet og spillene var programmeret i RAND Europes WinMINT2 software. Interviewet indeholdt fem dele:

1. Indledning. Spørgsmål vedrørende respondentens transportadfærd og rejsevaner. Respondentens *typisk* biltur blev klarlagt i denne sektion med følgende informationer: Fra- og til adresser, afgang- og ankomsttid og rejseformål. Med hensyn til afgangtid var der defineret tre tidsintervaller i spørgeskemaet: morgenmyldretid (mellem kl. 7.00 og 9.30), eftermiddagsmyldretid (mellem kl. 15.00 og 17.30) og uden for myldretid (resten).
2. Stated Preference (SP) eksperiment 1 (tidsværdier). Baseret på beskrivelsen af den typiske biltur blev der gennemført et tidsværdi SP eksperiment med følgende variabler: Rejseafstand eller kørselsomkostning (roadpricing er ikke inkluderet i kørselsomkostninger), rejsetid uden kø på vejene (såkaldt *free flow travel time*) og rejsetid spildt på forsinkelser der skyldes anden trafik på turen (såkaldt *congested travel time*). Interviewerne styrede om respondenterne blev involveret i et eksperiment med rejseafstand eller rejseomkostninger, baseret på et foruddefineret faktorielt design.
3. SP eksperiment 2 (rejsetidspunkt). Baseret på beskrivelsen af den typiske biltur blev der gennemført et SP eksperiment til at beskrive respondentens valg af rejsetidspunkt. Hvis der oprindeligt blev rejst i myldretiden (morgen- eller eftermiddagsmyldretid) var alternativet turen uden for myldretiden, og omvendt. Hvis respondenterne mente, at turen ikke kunne gennemføres i den forslåede tidsperiode blev eksperiment 2 sprunget over. Eksperimentet indeholdt følgende variabler: Rejseafstand/rejseomkostning, rejsetid uden kø på vejene og rejsetid spildt på forsinkelser, der skyldes anden trafik på turen. Hvis rejseafstand var valgt i SP1 blev det tilsvarende benyttet i SP2 (det samme gælder visa versa for rejseomkostninger).
4. SP eksperiment 3. Respondenterne valgte her mellem to alternative ruter, hvoraf den ene var lig den eksisterende tur. Begge ruter blev udpeget på et kort i samspil med respondenterne, så der var tale om et realistisk alternativ. Det blev typisk tilstræbt, at den alternative rute til den oprindelige tur var længere, men med lavere roadpricing.
5. Socioøkonomiske informationer om respondenterne blev samlet i den sidste del af interviewet.

### 3.2 SP-eksperiment med henblik på tidsværdier

97 respondenter blev præsenteret for kørselsomkostninger, mens 87 respondenter blev præsenteret med rejseafstand i første SP eksperiment. Eksperimentet var bygget som et fractional factorial design med tre variabler (rejseafstand eller kørselsomkostninger, free flow travel time og congested travel time), hvor hver variable havde tre niveauer:

- den observerede værdi (100%) minus en midlertidig (temporary) værdi,
- den observerede værdi (100%), og
- den observerede værdi (100%) plus en midlertidig (temporary) værdi.

hvorom variationer blev genereret i følgende niveauer:

- kørselsomkostninger: 10%, 20% og 30%,
- rejseafstand: 10%, 20% og 30%,
- free flow driving time: 10%, 20%, og 30%, og

- congested driving time: 20%, 40% og 60%.

### 3.3 SP eksperiment med henblik på rejsetidspunkt

I den oprindelig biltur rejste 138 respondenter i myldretiden, hvoraf 55 også kunne gennemføre turen uden for myldretiden, hvorfor de gennemførte SP eksperiment 2. Ca. 85% af dem, som ikke kunne gennemføre turen uden før myldretiden (som et alternativ til oprindelig tur), begrundede det med, at de havde et fast tidspunkt for aktiviteten (fx arbejdsdagen starter på et bestemt tidspunkt).

Resten af de 184 respondenter, dvs. 46 respondenter, rejste oprindelig uden for myldretiden. 19 af dem kunne gennemføre den samme biltur i myldretiden, og gennemførte således SP eksperiment 2. Næsten alle som ikke kunne påtage turen i myldretiden begrundede det med, at de havde et fast tidspunkt for aktiviteten.

Variablerne i eksperimentet var rejseafstand eller kørselsomkostninger, free flow travel time og congested travel time. Alternativernes navne præsenteredes også som variabler. Eksperimentet var bygget som et fractional factorial design.

Hvis respondenterne havde rejst i myldretiden, blev basisalternativet uden for myldretid bygget så det havde mindre trængsel og var billigere end i myldretiden:

- Free flow time = observeret myldretid free flow time
- Congested time = observeret myldretid congested time minus 50%
- Kørselsomkostninger/afstand = observeret myldretid kørselsomkostninger/afstand minus 5%.

Og hvis respondenterne rejste uden for myldretiden, blev alternativet i myldretiden bygget så tidsforbruget var større i myldretiden:

- Free flow time = observeret uden for myldretid free flow time
- Congested time = observeret uden for myldretid congested time plus 50% (hvis observeret congested time større end 10 min)
- Congested time = observeret uden for myldretid congested time plus 100% (hvis observeret congested time er mindre end 10 min)
- Kørselsomkostninger/afstand = observeret uden for myldretid congested time plus 5%.

Ændringerne for variablerne er de samme som i SP eksperiment 1.

### 3.4 Roadpricing SP eksperiment

Alle 184 respondenter var involveret i roadpricing SP eksperimentet. Den oprindelig biltur blev ændret til et alternativ med roadpricing, som vist i tabel 1<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Det skæve design skyldes, at der i anden runde af hovedeksperimentet i AKTA skulle kompenseres for en skævhed i forsøgsdesignet i første runde. Derudover var der skævhed i det ikke gennemførte interviews (de 16 ud af 200 deltagere i AKTA, som det ikke lykkedes at gennemføre SP-interview på).

Det alternative roadpricing alternativ blev af den samme type som præsenteret i tabel 1 (f.eks. høj Km.-Takst uden for myldretid), men med en alternative rute som resulterer i såvel kørselsomkostninger (der som regel er højere her) og roadpricing (der som regel er lavere). Procentuel forskel mellem den alternative (længere) rute og den oprindelige rute afspejles også i den beregnede free flow rejsetid og congested rejsetid for det alternative roadpricing alternativ.

Type	Frekvens	%
1. Lav Km.-Takst, myldretid	55	30
2. Høj Km.-Takst, i myldretid	52	28
3. Høj Km.-Takst, uden for myldretid	18	10
4. Zone-takst, i myldretid	45	24
5. Zone-takst, uden for myldretid	14	8
Total	184	100

**Tabel 1.** Roadpricing alternativer som erstatning for den oprindelig tur.

Eksperimentet var bygget som et fractional factorial design med fire variabler (kørselsomkostninger, roadpricing, free flow time og congested time), hvor hver variabel har tre niveauer, som følger:

- den observerede værdi (100%) minus en midlertidig (temporary) værdi,
- den observerede værdi (100%), og
- den observerede værdi (100%) plus en midlertidig (temporary) værdi.

der blev varieret som følger:

- kørselsomkostninger: 10%, 20% og 30%,
- roadpricing: 10%, 20% og 30%,
- free flow driving time: 10%, 20%, og 30%, og
- congested driving time: 25%, 50% og 75%.

#### 4 FORELØBIGE RESULTATER

I det følgende gives nogle foreløbige resultater fra AKTA-SP, herunder en grundigere databeskrivelse, samt analyse af bilisters vurderinger af omkostninger og trængsel.

##### 4.1 Socioøkonomiske baggrundsdata

184 trafikkanter blev interviewet i analysen, 123 mænd og 61 kvinder. Hele 60% af respondenterne (109 respondenter) er i aldersgruppen 41 til 65 år. 36% respondenter (66 respondenter) hører til aldersgruppen 26 til 40 år, mens kun 9 respondenter er yngre end 26 år eller ældre end 65 år. Den skæve sample i forhold til normalpopulationen skyldes kravene om, at husstanden skulle have én bil og have et dagligt rejsebehov.

99 respondenter (54%) er ansatte i private virksomheder, mens 72 (39%) er ansatte i offentlig sektor. 5 respondenter er selvstændige mens 8 har beskæftigelse, som er mindre end 20 timer pr. uge (4 deltidsansatte og 4 studerende).

21 respondenter bor alene, 73 med én anden, 36 bor i en husstand bestående af 3 personer, mens 45 bor i husstand bestående af 4 personer. Kun 9 respondenter bor i en husstand med 4 eller flere personer.

91% (167 respondenter) har én bil i husstand (burde i princippet være 100% ud fra udvælgelseskriteriet og interviewske maet før aftalen om deltagelse i eksperimentet blev indgået), 15 har 2 biler, mens 2 respondenter har 3 eller flere biler i husstanden.

Kun 3 respondenter ville ikke svar på spørgsmålet om den samlede personlige brutto indkomst i 2001. 75% af respondenterne havde i 2001 indkomst mellem 200.000 kr. og 500.000 kr. (30% mellem 200.000 kr. og 300.000 kr., 31% mellem 300.000 kr. og 400.000 kr. og 14% mellem 400.000 kr. og 500.000 kr.).

## **4.2 Respondenternes transportadfærd**

85% af respondenterne arbejder 5 dage om ugen, mens yderlige 10% arbejder 4 dage om uge. Ca. 30% (54 respondenter) arbejder nogle gange hjemme, de fleste et par gange om måneden. 13 af de 54 arbejder 2 eller flere dage ugentligt hjemme, 10 gør det 1 gang om ugen, 19 gør det et par dage per måned, 10 gør det 1 gang per måned, 2 gør det mindre end 1 gang per måned.

Hele 70% af respondenterne foretager indkøb med bil én til tre dage om ugen. Yderlige 20% shopper 4 eller 5 dage om ugen. 75% af respondenterne bruger bil til fritidsaktiviteter (sport, kultur eller besøg) én til tre dage om uge. Yderlige 15% har fritidsaktiviteter 4 eller 5 dage om uge.

45% af respondenterne anvender aldrig kollektiv transport. Yderlige 35% benytter kollektiv transport højst et par gange om måned. Ca. 15% benytter kollektiv transport én til to gange om ugen, mens kun 5% af respondenterne rejser 3 til 7 gange om uge med kollektiv transport.

33% af respondenterne cykler aldrig. Yderlige 36% benytter cykel højst et par gange per måned. Ca. 20% cykler én til to gange om ugen, mens kun 11% af respondenterne cykler 3 til 7 gange om ugen.

50% af respondenterne kører i bilen hver dag, 20% seks dage om ugen og 13% fem dage om ugen. Der er ikke respondenter i gruppen, som ikke kører i bilen mindre end én gang om uge (f.eks. et par gange om måned).

86% af respondenterne kører normalt i bilen på arbejde. 45% af dem skal mødes på arbejde til tiden hver gang. Kun 7% af de respondenter, som normalt kører i bilen på arbejde, mente at kollektiv transport slet ikke kan benyttes til deres pendling, mest på grund af at bilen skulle bruges mere den dag eller fordi det er praktisk umuligt at anvende kollektiv transport på turen.

I 98% af tilfældene anvender respondenterne bilen også til andre aktiviteter end pendling. Der benyttes bil mest for indkøb (46%), fritidsaktiviteter (27%) og besøg (20%).

## **4.3 Holdninger**

Der blev også stillet en række mere generelle spørgsmål i AKTA SP. Overbevisende 76% af respondenterne er helt enige i, at der er store køproblemer på indfaldsvejene til København i myldretiderne. 16% er overvejende enige, mens kun en respondent mener, at der ikke er problemer.



Holdninger til, om der er store køproblemer i det indre København i myldretiderne, er lidt mere spredte. Det er 60% af respondenterne helt enige i, mens 17% er overvejende enige. Lidt over 2% mener ikke, at der er køproblemer i det indre København.

66% af respondenterne hader at køre i kø, mens 10% kan tåle at sidde i køen som bilist.

72% af respondenterne (132 respondenter) er enige i, at trafikken i det indre København bør reduceres, mens 12% er uenige. Tabel 2 viser hvordan de 132 respondenter mener, at trafikken kan reduceres.

Muligheder	Frekvens	%
1. At gøre det mere besværligt at køre i bil	9	7
2. At forøge benzinprisen	2	2
3. At forøge P-afgifterne	7	5
4. At bilister skal betale for at køre ind til Kbh.	28	21
5. At udbygge ringvejsforbindelser udenom København	21	16
6. At gøre den kollektiv trafik mere attraktiv	58	44
7. Andet	7	5
Total	132	100

**Tabel 2.** Mulighederne for at reducere trafikken i det indre København.

40% af respondenterne synes, at det er en god ide at opkræve afgift ved brug af veje i Hovedstadsområdet, mens 45% er uenige. Resten (15%) er hverken enige eller uenige i det ovennævnte.

55% af respondenterne, der synes det er en god idé med kørselsafgifter, mener, at indtægten bør benyttes til forbedring af den kollektive trafik i Hovedstadsområdet, 15% mener indtægten bør benyttes til en generel reduktion af afgifter og skatter på bilkørsel, mens 13% mener at pengene skal bruges til forbedring og udbygning af veje i regionen.

De tre vigtigste grunde til *ikke* at opkræve afgift ved brug af veje i Hovedstadsområdet var, at:

- det gør det dyrere at benytte bil, 36%,
- det virker helt urimeligt med afgift, 34%, og
- betalingen forsinkes, 18%.

52% af gruppen accepterede at betale afgifter, hvis det vil reducere deres køretid, mens 32% er ikke villige til at betale for at køre i bilen uanset tidsreduktionen. Dette synes mere positivt over for roadpricing set i relation til trængsel, end fokusgruppeinterviewet.

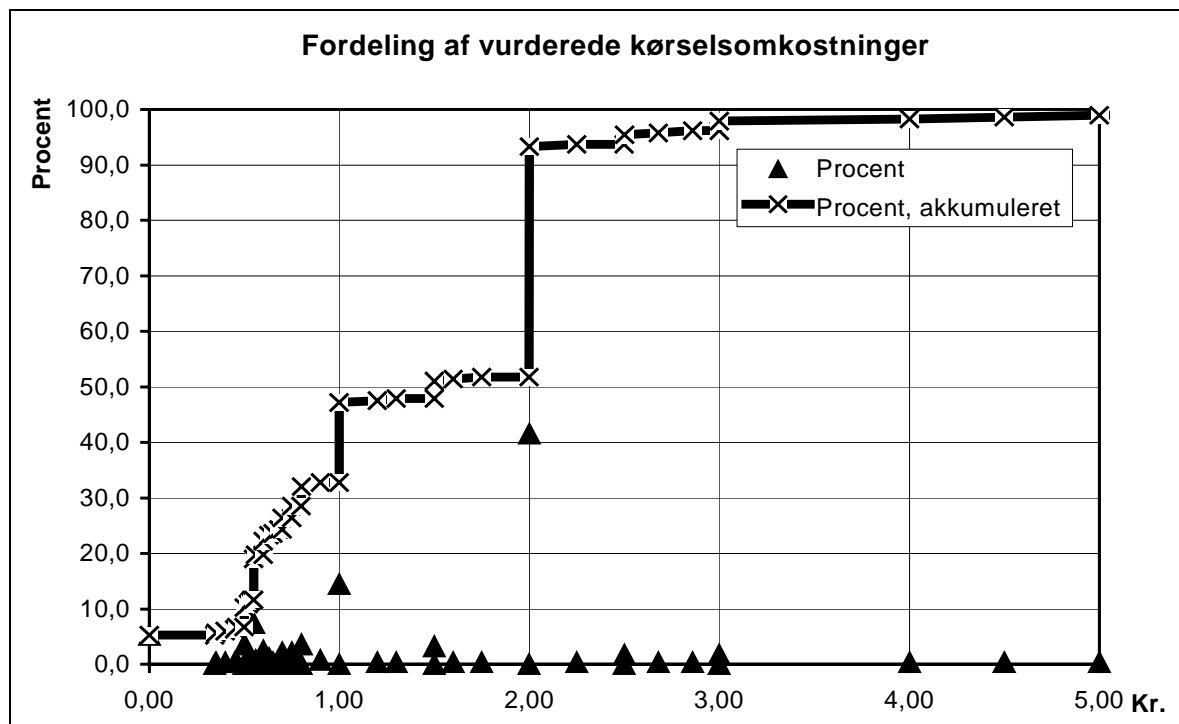
#### 4.4 Definition på omkostning og den deraf følgende implicite tidsværdi

Traditionelle SP-eksperimenter tester typisk vægtning af tid og omkostning. Det har ofte været debatteret, hvorvidt man skal benytte den marginale omkostning eller den gennemsnitlige omkostning. Med de høje registreringsafgifter og afgifter ved bilkøb i Danmark, er denne diskussion særlig relevant. Imidlertid har tidligere erfaringer, bl.a. fra Havnetunnelprojektet (Paag *m.fl.* 2001), vist, at brug af den marginale omkostning (primært benzinformbrug) bedst reproducerer

bilisternes valg (Nielsen *m.fl.* 2000), samt at der ikke er en speciel vægt af direkte omkostninger (Havnetunnelafgift) – altså at en krone vægtes med faktor 1 (Paag *m.fl.* 2001).

En tese kan imidlertid være, at bilisterne i virkeligheden ikke tænker i omkostninger, men i tid og turens længde (der selvsagt er stærkt korreleret med den variable omkostning). Og dette kan være forklaringen på, at der kun tænkes i variable omkostninger.

For at undersøge dette yderligere blev nogle af respondenterne i AKTA SP bedt om at vælge mellem tid og længde. De andre mellem tid og omkostning. På sigt vil de estimerede nyttefunktioner kunne belyse, hvorvidt det leder til forskellige adfærdsmodeller. Herunder om variationen er størst for omkostningsspørgsmålene (á priori kan man antage, at deltagerne har mere



**Figur 2.** Fordeling af respondenternes vurderede kørselsomkostning per km.

præcis viden om turens længder). Ydermere vil det kunne sammenlignes med deltagerens faktiske adfærd.

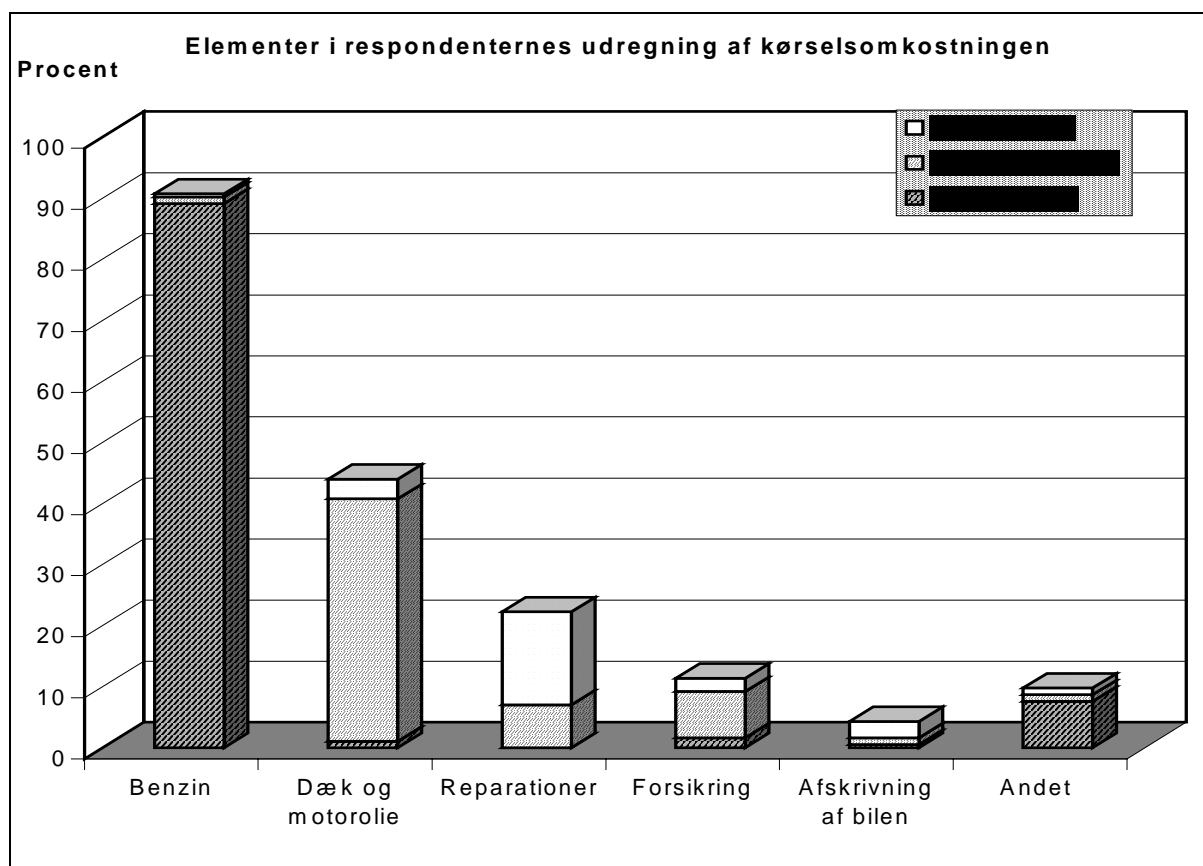
I spillene blev der benyttet en standardomkostning for variable omkostninger (0,55 kr. defineret på basis af vurderinger af benzin- og oliepriser og typisk benzinförbrug, ultimo 2001). Men deltagerne blev derefter bedt om at be- eller afkræfte et estimat for den samlede omkostning af turen udregnet v.h.a. MINT-programmet, hvorefter de tillige blev spurgt om, hvilken omkostning per km., de tog i betragtning, når de valgte tur.

Variationen af respondenternes egne vurderinger af omkostninger per km. fordelte sig som i figur 2. Der er en ganske betydelig variation, fra 0,35 øre per km. til 10 kr. per km. (dog kun få observationer over 3 kr./km). Vurderingerne fordeler sig selvsagt mest på nogle runde tal – især ½ kr. (10 deltagere), 55 øre (21 respondenter gentog de 55 øre fra spørgsmålet før), 80 øre (uvist af hvilken årsag svarede 10 dette), 1 kr. (41 svar), 1,5 kr. (9 svar), samt 2 kr. (118 svar).

Groft sagt ligger omkring 40% af deltagerne i et interval, der svarer til marginale (variable) omkostninger (ved en literpris på 8 kr., er ca. 1 kr. et højt estimat af literforbruget, nemlig 8 km./liter). Og omkring 40% ligger i et interval, der synes at inddrage faste omkostninger.

Eksempelvis er statens høje km. takst, 2,84 kr./km., der inddrager afskrivning mv. for en standardbil. Ca. 5% synes at ligge uden for et normalt interval for hhv. variable og faste omkostninger. De sidste 5% har anført 0 kr. per km. Dette antages at skyldes, at de ikke selv betaler for deres kørsel.

For at uddybe spørgsmålet, blev deltagerne tillige spurgt om, hvordan de udregnede deres km.-omkostninger. Resultatet fremgår af figur 3, hvor rækkefølgen svarer til de omkostninger de først, dernæst og sidst nævnte. 14 personer har i første spørgsmål nævnt "andet", hvilket ca.



**Figur 3.** Elementer, der indgår i respondenternes vurdering af kørselsomkostninger per km.

svarer til de 15 personer, der havde nævnt 0 kr. per km. Dette svarer igen nogenlunde til de 13, der efterfølgende nævnte, at de ikke alene selv betalte turen, nemlig 5, der delte med andre i bilen, 1 der fik betalt det hele af en anden i bilen, 2, der fik betalt af arbejdsgiveren og 5 der fik betalt på anden vis. 171 betalte selv. Det er bemærkelsesværdigt, at kun 4% nævner afskrivning af bilen, 11% forsikringer, og 22% reparationer (kan godt være samme person, der vælger hver kategori), selvom omkring 40% har nævnt km. omkostninger, der synes at inddrage faste omkostninger (med 2 kr. per km. skulle bilen ved 8 kr. per liter ellers kun køre 4 km./l). Der er altså tale om en betydelig usikkerhed og inkonsistens i bilisternes vurdering af transportomkostning.

Til sammenligning blev fokusgruppen også spurgt om deres vurderede omkostninger (Nielsen & Herslund, 2002). Her valgte nogen udelukkende at minimere tid (altså et såkaldt lexiografisk valgkriterium), mens de fleste andre vægtede længde og tid. Adspurgt om, hvad de mente omkostningerne var per km. svarede nogle den marginale omkostning (dividerede literpris med km./liter + typisk lidt mere), andre indregnede nogle faste omkostninger, mens en enkelt endda

indregnede afskrivning. Det bemærkes, at det eksplicit blev diskuteret, hvordan de enkelte deltagere udregnede deres omkostning per km. Og at resultaterne givet princip, biltype og alder af bilen forekom meget rimelige (ingen regnefejl, men selvfølgelig en vis usikkerhed på beregningen). Men at de typisk grundet forskellige principper og biltyper havde ret forskellige omkostninger.

En foreløbig konklusion må være, at det rent adfærdsmæssigt er lettere og mere dækkende at benytte længde frem for omkostning, idet bilisterne hyppigere vælger efter denne og har en bedre fornemmelse for en turs længde end omkostning.

#### 4.5 Måling og definition af trængsel

Det andet spørgsmål var, hvordan trængsel og forsinkelser skulle måles. Definitionen af trængsel fulgte Nielsen *m.fl.* (2000), dvs. at *tid i trængsel er det ekstra tidsforbrug, som der forårsages af trængsel*. Respondenterne blev spurgt, hvor lang tid deres sædvanlige tur tog, samt hvor lang tid den ville have taget i en situation helt uden trængsel. Differencen var da den ekstra tid forårsaget af trængsel. SP-softwaren var kodet til at udregne denne, og respondenterne blev efterfølgende bedt om at bekræfte den udregnede ekstra tid p.g.a. trængsel.

Det bemærkes, at mange interviews og SP-eksperimenter definerer trængsel som *hvor lang tid respondenterne har kørt i trængsel*<sup>4</sup>. Denne definition er imidlertid vag og upræcis, idet det trafikniveau, der opfattes som trængsel antages implicit af den enkelte respondent (nogen synes måske marginale hastighedsreduktioner er trængsel – andre først totalt sammenbrud). Således burde der med denne definition opereres med serviceniveauer samt tidsforbrug under forskellige trængselsniveauer. Altså en kompleksitet, der er urealistisk at indarbejde i et SP-eksperiment.

AKTA-SP definerer således den gennemsnitlige trængsel entydigt i forhold til situationen uden trængsel. Men spørgsmålet er imidlertid, om ekstraordinære forsinkelser, eller sandsynlighedsfordelinger af forsinkelser tillige skal indarbejdes i en model (Brems *m.fl.* 2002). Det antages ofte, at trængsel for biltrafik på et givet tidspunkt (f.eks. morgenmyldretiden mandag) er nogenlunde konstant i forhold til f.eks. banetrafik, hvor forsinkelserne følger ret brede fordelinger (Nielsen *m.fl.* 2001). For at undersøge, om en sådan simplificering er rimelig blev respondenterne i AKTA SP imidlertid også stillet en række spørgsmål om forsinkelser, nemlig;

1. Hvor tit de oplever, at det tager længere tid end normalt på det pågældende tidspunkt at køre bil for deres *typiske* tur (se afsnit 3.1) af en bestemt type.
2. Når denne tur tager længere tid at køre end normalt på det pågældende tidspunkt, hvor meget længere tid den så plejer at tage (i normalt føre, og når der ses bort fra færdselsuheld. o.l.).
3. De maksimale forsinkelser der opleves for denne type tur.

Det skal understreges, at disse spørgsmål alene klarlægger respondenternes *oplevede* forsinkelser. Da den typiske tur defineres i interviewet, kan oplysningerne sammenlignes med den opgivne længde, tid og omkostning for turen. Og disse oplysninger kan tillige verificeres via et digitalt kort, da start- og slutpunkt for turen også oplyses. Efter at kørselsforsøget afsluttes, kan det tillige detektere, om de *faktiske* forsinkelser svarer til de opgivne / *oplevede*.

---

<sup>4</sup> I visse eksperimenter har definitionen været tvetydig, f.eks. i tidligere modeller i Hovedstadsområdet (Ørestadsmodellen, København-Ringstedmodellen, Havnetunnelmodellen), hvilket blev klarlagt i forbindelse med arbejdet med AKTA-SP.

En yderligere kompleksitet af en trafikmodel kunne være skelnen mellem tidsværdier for forventet (gennemsnitlig) trængsel og uforventet trængsel (sandsynlighedsfordelt forsinkelse ud over middelværdien). Sandsynlighedsfordelingerne kan observeres, og forskellen mellem målt og oplevet fordeling klarlægges via SP-eksperimenter. Dertil kommer da den særskilte tidsværdi for forsinkelser, der kan være konstant eller afhænge af størrelsen af forsinkelsen.

Sidstnævnte vanskeligt at estimere i en SP-analyse. Derudover er det vanskeligt at opbygge vejvalgsmodeller, der tager højde for forskellige værdisætninger af forskellige trængselsniveauer med forskellige sandsynligheder. Det skyldes, at effektive løsningsalgoritmer udnytter, at nytteberegningen af den enkelte kant i netværket alene kan påvirkes af trafik på tilstødende kanter, men ikke af rutens samlede nytte. Eller med andre ord: hvis koefficienterne i nyttefunktionen først kan fastlægges, når den samlede rute er fundet, da skal alle ruter eksplicit findes, før der kan vælges mellem disse. Dette vil i større trafiknet medføre en stor regnetid (uger stedet for dage). Især i situationer, hvor ruterne er overlappende (korrelerede), hvilket i særlig grad er tilfældet for vejnet i byområder.

I forbindelse med fokusgruppeinterviewet blev det klarlagt, at deltagerne kun havde vage fornemmelser for forskellige trængselsniveauer – det var den samlede tid, der betød noget. Kun få anså muligheden for reduktion af trængsel som en væsentlig begrundelse for at indføre roadpricing (hvilket er noget modstridende med resultatet af SP-eksperimentet, jf. afsnit 5.3). Man kan sige, at dette begrundes en simpel og klar trængselsdefinition, der er let at forstå, mulig at indarbejde i SP-eksperimenter, og let at effektuere i efterfølgende løsningsalgoritmer.

Jævnfør ovenstående er den mest oplagte trængselsdefinition, at arbejde med den ekstra tid, der gennemsnitligt forårsages af trængsel, og tillægge denne en tidsværdi. At trængslen har sin egen (større) tidsværdi, kan dække over den diskomfort og irritation, der føles ved at køre i trængsel – og måske også implicit dækker over den usikkerhed der er vedr. størrelsen af forsinkelsen (selvom dette ikke indgår i SP-analysen, indarbejder respondenterne måske sådanne overvejelser i sine svar alligevel).

## **5 FORHOLD VEDR. TRANSPORTMODELLER KLARLAGT GENNEM FOKUSGRUPPEINTERVIEWENE**

Mange deltagere i fokusgruppen hævdede, at de kun kunne følge én rimelig rute (hvilket i øvrigt er i modstrid med den relative andel, der i AKTA SP var i stand til at udpege en alternativ rute i samspil med interviewerens, ligesom der i langt de fleste tilfælde faktisk er alternative ruter). Nogle deltagere havde således en ret begrænset viden om trafiknettet, hvilket ikke svarer til antagelser i den stokastiske nytteteori, nemlig at alle relevante alternativer tages i betragtning, individet agerer nyttemaksimerende på deterministiske nyttefunktioner, der typisk er lineære i variabler og koefficienter, og variation mellem alternativer håndteres ved at tilføje et uafhængigt identisk fordelt fejldelt (error-term).

Andre deltagere var ikke helt klar over mulige/eksisterende alternative transportmidler (f.eks. hævdede de, at parker og rejse ikke var muligt, selvom der faktisk var sådanne faciliteter tæt på bopælen). Og mange deltagere var ikke klar over alle relevante alternativer, eller de definerede nogle af dem som irrelevante (lexiografisk adfærd).

Nogle deltagere var klar over den "sande" omkostning ved at rejse, mens andre ikke tog dette i betragtning. Og nogle af dem, som estimerede omkostningerne korrekt, betragtede kun den marginale omkostning i deres daglige valg. Andre indregnede alle omkostninger.

Det kan således konkluderes, at deltagerne benyttede en række forskellige valgstrategier, hvilket kan beskrives ved et diskret antal forskellige nyttefunktioner, hver med en vis sandsynlighed og med et bestemt fejld og variation (fordeling) af koefficienterne.

Empirisk forskning på MIT har vist tilsvarende vanskeligheder ved at benytte stokastisk nytte-teori til at beskrive vejvalg i USA (Bekhor *m.fl.*, 2001, såvel som ph.d.-afhandlingen af Scott Ramming).

Den seneste forskning har ledt til en del forbedringer af den stokastiske nytte-teori. Det mest lo-vende er brug af fordelte koefficienter (Error Components, EC) i nyttefunktionerne, hvorved for-skelle af præferencer (koefficienter) mellem respondenter inden for et segment med en hvis ho-mogenitet kan modelleres. Dette er specielt relevant i forbindelse med rutevalg (Nielsen, 1996, Nielsen *m.fl.*, 2000, og Nielsen *m.fl.*, 2001).

I de videre faser af AKTA forsøges vejvalgsmodeller forbedret ved segmentering i adfærdstyper, brug af fordelte koefficienter, samt ved at teste og indarbejde forskellige typer lexiografiske reg-ler. Disse sammenholdes med observationer i AKTA – såvel RP som SP, og det undersøges, om det er muligt at forbedre modellernes reproduktion af observeret adfærd.

## 6 KONKLUSIONER

AKTA har klarlagt en række problemer med trafikmodeller baseret på stokastisk nytte-teori. Som et eksempel var alle deltagere ikke klar over alle alternativer, agerede lexiografisk, betragtede forskellige variabler eller definerede dem forskelligt, og havde forskellige præferencer (forskelle-koefficienter i nyttefunktionerne, snarere end et adderet fejld).

På sigt vil analyserne af AKTA SP sammenlignet med det komplette AKTA-eksperiment klar-lægge omfanget af disse problemer mere specifikt. Men trods det, at den samlede analyse af AKTA og AKTA SP ikke er afsluttet, kan følgende konklusioner imidlertid allerede drages:

1) Bilister fokuserer oftere på længde og tid (eller tiden vurderes alene) end på tid og omkostning. Samtidig vurderes kørselsomkostningen – hvis den overhovedet overvejes særskilt fra længde - som enten marginal, delvist gennemsnitlig eller fuld gennemsnitlig (inkl. af-skrivning af bil). Der er altså tale om diskrete "spring" i omkostningsvurderingen, samt en betydelig usikkerhed og inkonsistens i bilisternes viden om kørselsomkostninger. Implikatio-nerne af de forskellige definitioner på den implicite tidsværdi mangler at blive analyseret i AKTA SP. Men tydeligvis er sædvanlige SP eksperimenter mellem tid og gennemsnitlig om-kostning problematiske.

2) Bilister opfatter primært trængsel som det ekstra samlede tidsforbrug for en tur. De typisk hø-jere tidsværdier herfor kan være en implicit vurdering af irritation over kørsel i kø, eller et gene-relt udtryk for en stigende tidsværdi for stigende turlængder<sup>5</sup>. Det er vores vurdering, at det er særdeles kompliceret at indarbejde mere komplekse trængselsdefinitioner på en forståelig og entydig måde i SP-eksperimenter, ligesom det kan diskuteres hvorvidt trafikanterne benytter så-danne i deres reelle valgssituation. En simpel trængselsdefinition muliggør derudover effektive løsningsalgoritmer ved implementering af vejvalgsmodeller.

---

<sup>5</sup> Dette begrundes ofte i den mikroøkonomiske teori via tidsrestriktioner for den direkte nyttefunktion, hvori værdien af forbrug sammenvægtes med værdien af fritid, jf. Jara-Díaz (1998).

3) I de fleste SP-analyser tvinges respondenterne til at vælge mellem prædefinerede (kodede) alternativer. Hvilket de så gør. Men i virkeligheden overvejer de måske ikke primært denne valg-situation. Og derved opnår man måske en overfølsomhed over for det pågældende trade-off i modellen: De relevante alternativer og trade-off defineres á priori af modelbyggeren, frem for at blive klarlagt gennem interviewet (se også Denstadli & Strand, 2001). AKTA fokusgruppe interviewene samt indledende analyser af AKTA SP tyder på, at valgfunktioner, overvejede trade-off samt betragtede variabler kan variere mellem forskellige respondenter.

## 7 TAK TIL

Mai-Britt Herslund og Majken Vildrik Sørensen takkes for omfattende praktisk arbejde og organisation i forbindelse med afviklingen af AKTA SP, samt for metodiske diskussioner i forbindelse med designet af interviewet. Mai-Britt Herslund takkes også for samarbejdet om fokusgrupperne, hvis resultater beskrives grundigere i Nielsen & Herslund (2002), samt for kommentarer til artiklen. Og Majken Vildrik Sørensen takkes for gennemtestning og kommentar af MINT-koden, samt for samling og KS af data. Transportrådet takkes for medfinansiering af selve SP-eksperimentet, Danmarks Transportforskning for at lade Goran Jovicic arbejde på projektet, og CTT for egenfinansiere færdiggørelsen efter at Transportrådet blev nedlagt. TetraPlan takkes for at stille software og bærbare PC'er til rådighed, og Christian Overgaard Hansen for faglige diskussioner. Det samlede AKTA projekt er primært finansieret af EU's 5. rammeprogram og Kbh.'s Kommune, med medfinansiering fra CTT/DTU. Poul Sulkjær fra Kbh. takkes for projektledelse, mens PLS RAMBØLL Management (Jens Peder Kristensen) også takkes for bidrag til AKTA.

## 8 REFERENCER

- Bekhor, Shlomo, Ben-Akiva, Moshe. & Ramming, M. Scott (2002). Route Choice: Choice Set Generation and probabilistic Choice Models. **Proceedings of the Triennial Symposium on Transportation Analysis (TRISTAN IV)**, June 13-19, Azores. Preprints, Vol. 3, pp. 459-464.
- Brems, Camilla; Buus, Niels & Sloth, Birgitte (2002). Congestion costs. *European Transport Conference (PTRC)*. Seminar on Investment in Roads. CDROM with **proceedings**, PTRC. Cambridge, September.
- Denstadli, J.M. & Strand, S. Egenkompetanse – og dens betydning for anvendbarheten av stated preference-teknikker. Transportøkonomisk Institut (TØI), Oslo, 2001.
- Jara-Díaz, S.R. (1998) Time and Income in Travel Demand - Towards a microeconomic activity framework. Kapitel 3, pp. 51-74, i *Theoretical Foundations of Travel Choice Modelling*, Editors Gärling, T., Laitila, T. & Westin, K. Pergamon.
- Jovicic, Goran & Christian Overgaard Hansen (2002). 'A passenger travel demand model for Copenhagen'. Accepteret til *Transportation Research, Part A*.
- Herslund, Mai-Britt. (2001) A Distance Dependant Road pricing Scheme. Concept and User Reactions, **Proceedings of the 8<sup>th</sup> World Congress on Intelligent Transport Systems: ITS Based Travel Demand Management**, Sydney, Australia, 30 September – 04 October.
- Herslund, Mai-Britt; Ildensborg-Hansen, Jane; Jørgensen, Lars, og Kildebogaard, Jan. (2001) *The FOR-TRIN Programme. A Distance dependent Road pricing System – main report*, Centre for Traffic and Transport, Technical University of Denmark, Lyngby.
- Nielsen, Otto Anker (1996). Do Stochastic Traffic Assignment Models Consider Differences in Road Users' Utility Functions? **Proceedings of the 24th European Transport Forum (PTRC Annual Meeting): Seminar D & E – Part 2, Transportation Planning Methods**. Uxbridge, UK. 2-6 September.
- Nielsen, Otto Anker & Jovicic, Goran (1999). A large-scale stochastic Timetable-based transit assignment model for route and sub-mode choices. *27<sup>th</sup> European Transport Forum (PTRC Annual meeting)*. **Pro-**

**ceedings** of Seminar F, Transportation Planning Methods, Vol. P 434. pp. 169-184. Cambridge, September.

Nielsen, Otto Anke; Daly, Andrew. & Frederiksen, Rasmus Dyhr (2000). A stochastic multi-class road assignment model with distributed time and cost coefficients. *9<sup>th</sup> International Conference on Travel Behaviour Research. Proceedings*, Vol. 12, Application Workshop 4: Large scale model systems. Gold Coast, Queensland, Australia, July<sup>6</sup>.

Nielsen, Otto Anker; Hansen, Christian Overgaard & Daly, Andrew (2001). A Large-scale model system for the Copenhagen-Ringsted railway project. Paper i *Travel behaviour Research: The Leading Edge*. Edt. David Hensher. Pergamon press. Chapter 35, pp 603-626.

Nielsen, Otto Anker & Herslund, Mai-Britt (2002). The AKTA Road Pricing Experiment in Copenhagen. *European Transport Conference (PTRC). Proceedings* of Seminar on Investment in Roads. CDROM with proceedings, PTRC. Cambridge, September.

Paag, Henrik; Daly, Andrew og Rohr, Charlene. Predicting Use of the Copenhagen Harbour Tunnel. Paper i *Travel behaviour Research: The Leading Edge*. Book edited by David Hensher. Pergamon press, 2002, Chapter 36, pp 597-616.

---

<sup>6</sup> Artiklen er accepteret til publicering i en revideret version i tidsskriftet *Networks and spatial economics*. Kluwer, Academic press, 2002.