

Validering av modellberegninger av bompengesystemet i Trondheim

Presentasjon på Trafikdage på Aalborg Universitet 2005

Forskningssjef Eirik Skjetne, SINTEF Avd. Veg- og transportplanlegging

Bakgrunn

Målet med transportmodellering er ofte å kunne forutsi effekter av endringer i transportsystemet. Ved modellutvikling er som regel valideringen gjort mot de samme reisevanedata som er brukt i estimeringsarbeidet. Det gjøres imidlertid få uavhengige etterprøvinger av om modellene virkelig har lyktes med å forutsi effekter av tiltak. I denne presentasjonen vil vi vise resultater fra to uavhengige modellvalideringer som er gjort i Trondheim.

I den ene testen er modellresultatene kontrollert mot de virkelige endringer som fant sted da Trondheim gjennomførte en større endring av bompengesystemet i 2003.

Den andre testen er en sammenligning av modellresultatene mot resultater fra en Stated Preference undersøkelse (SP-undersøkelse) som ble gjennomført for å kartlegge biltrafikanteres reaksjoner på en foreslått gjennomkjøringsavgift for Trondheim sentrum. Undersøkelsene var en del av EU-prosjektet PROGRESS hvor Trondheim var partner.

Denne presentasjonen er bygd opp i tre deler:

1. Beskrivelse av transportmodellen for Trondheim ("TASS")
2. Modellresultater og faktisk trafikk ved endring av bompengesystemet
3. Sammenligning av modellresultater og SP-undersøkelse av gjennomkjøringsprising

Presentasjonen er kun fokusert om biltrafikken. Endringene for kollektivtrafikken og gang/sykkeltrafikken er også beregnet, men er ikke kommentert i denne presentasjonen

Den lokale transportmodellen i Trondheim

Den lokale transportmodellen for Trondheim er kalt TASS. Utviklingen av denne har pågått kontinuerlig siden 1990. Modellen er implementert på en TRIPS-plattform. Gjeldende versjon er versjon 5 av modellen. Vi vil nedenfor gi en kort beskrivelse av modellen. Detaljert informasjon om modellens logit modeller er gitt i vedlegg 1.

TASS er en klassisk firetrinns transportmodell, men den har en særegenhet ved at modellen er bygd opp fire ulike tidsperioder. Det er:

- Kveld+natt, kl. 1800-0600
- Morgen, kl. 0600-0900
- Dagtid, kl. 0900-1500
- Ettermiddag, kl 1500-1800

Denne oppdelingen er en direkte følge av den tidsdifferensiering vi har i bompengesystemet. Samtidig har vi erfart at denne inndelingen også fordeler ellers for eksempel ved nettfordelingen og ved beskrivelse av kollektivsystemet.

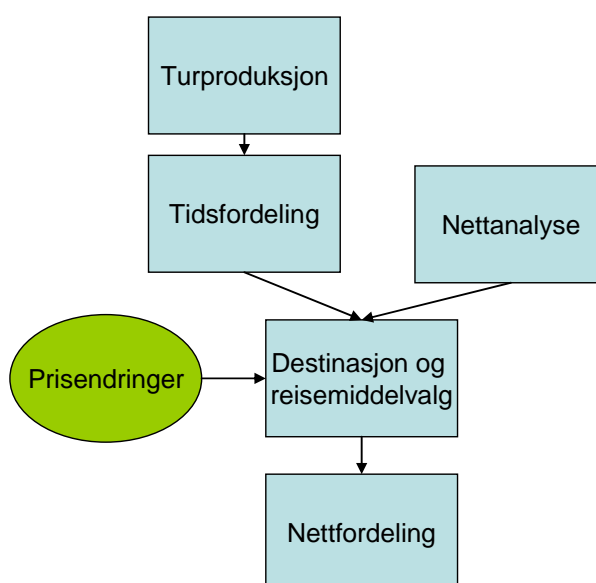
Etterspørselmodellene er bygd opp med utgangspunkt i åtte reisehensikter:

1. Bo-arbeid
2. Bo-grunnskole
3. Bo-videregående skole/studenter
4. Bo-service
5. Bo-annet (fritid, besøk etc)
6. Ikke bostedsbundne turer
7. Næringstrafikk
8. Eksterntrafikk

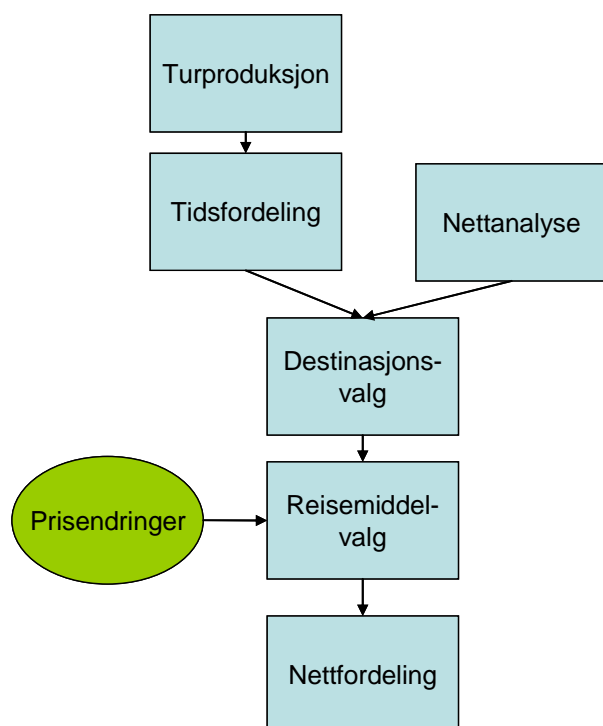
Turproduksjonen er beregnet med en kategorimodell hvor befolkningen er inndelt i markedssegmenter etter alder, kjønn og husstandens bilhold (B0, B1 og B2+).

I destinasjonsmodellene er det skilt mellom dynamiske og statiske reisehensikter. Om valg av destinasjon kan bli påvirket av endringer i transporttilbudet, er reisehensikten dynamisk. Typisk eksempel på denne typen reisehensikt er innkjøpsreiser. Her vil tilgang til parkering og muligheten for bruk av bilen sterkt påvirke valg av reisemål og reisemiddel. Det motsatte er tilfelle for arbeidsreiser. Normalt vil ikke personer endre arbeidsplass eller yrke som følge av endringer i transporttilbudet. Slike reisehensikter er derfor definert som statiske reisehensikter.

Om reisehensikten er statisk eller dynamisk har direkte innflytelse på valg av metode for etterspørselmodellen. Dynamiske reisehensikter modelleres med strukturerte logitmodeller som tar hensyn til endringer i transporttilbudet ved fastleggelse av destinasjonsvalg og reisemiddelvalg.



Figur 1. Bergningsgangen for dynamiske reisehensikter. Prisendringer virker inn på destinasjonsvalg og reisemiddelvalg.



Destinasjonsvalget for statiske reisehensikter modelleres vha av en klassisk gravitasjonsmodell hvor avstandsmålet er den fysiske avstanden i tid og distanse. Parkeringsavgifter, bomavgifter o.l. innvirker ikke på destinasjonsvalget. Reisemiddelvalget gjøres som neste steg i modellen, på et definert destinasjonsvalg med hjelp av en vanlig logitmodell. Her inngår selvsagt alle kostnadskomponenter og andre forhold som har betydning for reisemiddelvalget.

Figur 2. Bergningsgangen for statiske reisehensikter. Pris virker ikke inn på destinasjonsvalg, men virker på reisemiddelvalg.

I tabell 1 er satt opp en oversikt over hvordan de ulike reisehensikter er modellert.

Tabell 1. Modelltyper i TASS for destinasjonsvalg og reisemiddelvalg.

Modelltype	Reisehensikt	Kommentar
Strukturert logitmodell	Bo-service Bo-annet Ikke bostedsbunnet	Dynamisk, samtidig valg av destinasjon og reisemiddel
Gravitasjon + logit i reisemiddelvalget	Bo-arbeid Bo-grunnskole Bo-videregående skole/studenter	Statisk fastleggelse av destinasjon, dvs. ikke påvirket av transporttilbudet.
Gravitasjon	Næringstrafikk Ekstertrafikk	Bare biltrafikk.

Samtlige avgiftssystemer for trafikken i Trondheim er forsøkt modellert. Avgiftsnivået i bomsystemet i Trondheim er tidsdifferensiert med en noe høyere avgift i morgenrush enn ellers på dagen. Det er ingen avgift fra kl. 1800 til kl.0600 om morgenen.

For å kunne modellere tidsdifferensieringen i avgiftssystemet blir transportetterspørselen modellert eksplisitt i fire ulike tidsperioder; kveld+natt, morgen, dagtid og ettermiddag.

Brukeravgiftene for biltrafikken i Trondheim består av parkeringsavgifter, en klassisk lenkebasert bomavgift for E6 nord for byen og et sonebasert bomsystemet for Trondheim. For

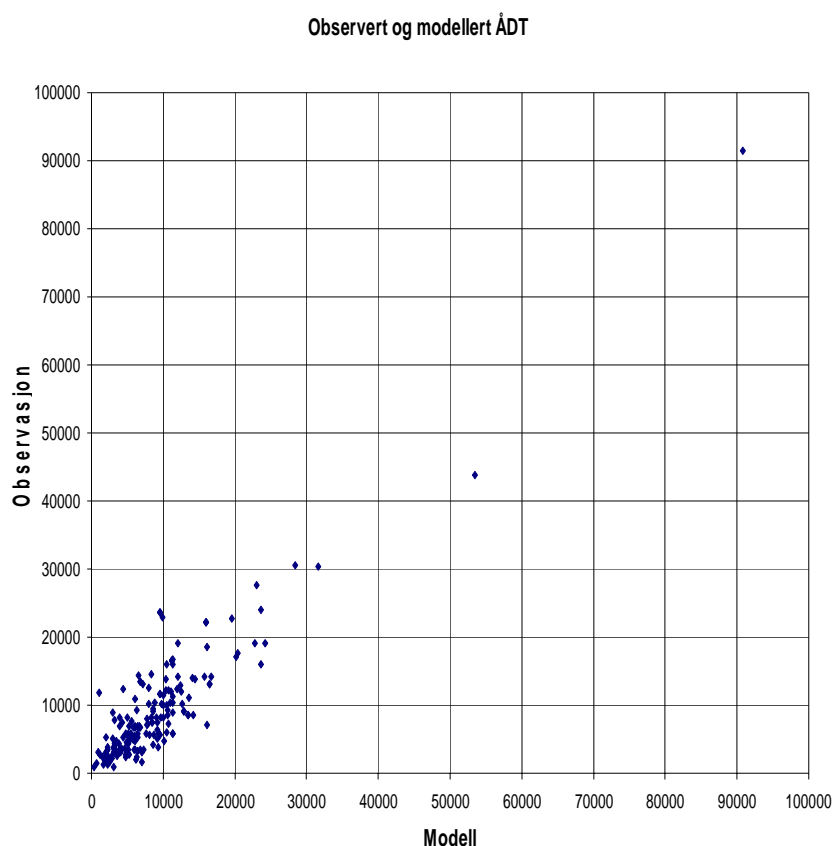
parkeringsavgifter og klassiske bomavgifter beregnes avgiftene som en kostnad i vegnettet. Men det sonebaserte bomsystemet kan ikke modelleres på denne måten fordi en trafikant ikke betaler mer enn en gang hver time. Dette har vi i modellsammenheng tolket som betaling bare en gang pr. biltur. Selv om turen innebærer at mange bomstasjoner passerers, blir turen bare avgiftsbelagt en gang. Dette er modellert ved at en har beregnet en egen betalingsmatrise for alle destinasjoner med riktig avgiftsbeløp. Destinasjoner innen samme bomzone er avgiftsfrie, mens alle andre destinasjoner får tillagt engangsavgiften.

Takstsystemet for kollektivtrafikken er sonebasert og er felles for fylkene Sør- og Nord-Trøndelag. Slik systemet er definert, er det tilnærmet enhetstakst i hele Trondheim.

Trafikketerspørselen i de fire beregningsperiodene legges ut på transportnettet hver for seg. Rushperiodene splittes opp i timesmatriser før utlegging. Dette er gjort for å kunne gjøre en realistisk kapasitetsavhengig nettfordeling hvor trafikkavviklingen i de sentrale kryssene også er modellert.

Nettfordelingsalgoritmen bruker generalisert kostnad til fastlegging av rutevalget.

Figur 3 viser en sammenstilling av observert ÅDT og beregnet ÅDT med transportmodellen for sentrale lenker i Trondheim etter at kalibreringsarbeidet var ferdig.



Figur 3. Sammenligning av observert og modellert ÅDT på veglenker i Trondheim

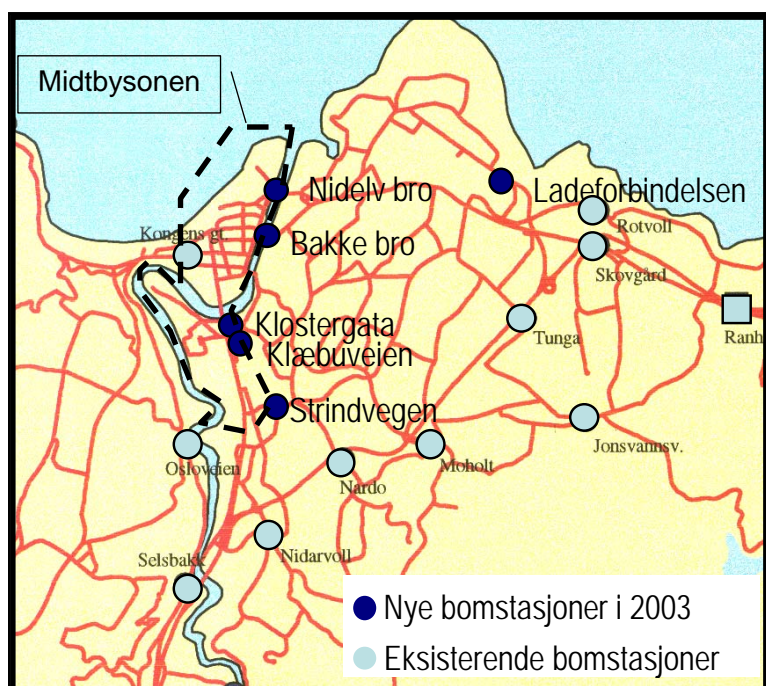
Etterprøving av endringen i bompengesystemet

I Trondheim, som i flere av de andre større byene i Norge, ble det omkring 1990 politisk enighet om en større satsing på utvikling av et bærekraftig transportsystem. Denne planen heter Trondheimpakken. I tillegg til en omfattende investeringsplan for hovedvegnettet inneholder Trondheimpakken også tiltak for bedring av miljø, kollektivtrafikk og trafikksikkerhet. Pakken er finansiert med 40 % statlige midler og resten er finansiert lokalt gjennom bompenger.

I 1991 åpnet bomringen i Trondheim. Den var fullt automatisert med manuell innkreving bare på E6 gjennom byen for å betjene gjennomgangstrafikken og turisttrafikken. I 1998 ble bomringen på grunn av manglende inntekter, utvidet til et sonebasert system som dekker hele byområdet. Totalt ble byen delt opp i 7 soner. Ved kjøring ut av egen sone ble bilturen belagt med en bomavgift.

I avtalen om Trondheimpakken var det bestemt at bomsystemet skulle vare fram til og med 2005. Økte utgifter gjorde at det i 2002 var klart at inntektene måtte økes ytterligere om en skulle kunne fullføre Trondheimpakken. Det ble da besluttet å legg inn en ekstra betalingszone for sentrumsområdet. Denne utvidelsen ble iverksatt fra 1. november 2003.

Prisnivået i bomringen har siden åpningen i 1991 økt fra 10 kr pr passering til 15 kr. Innkrevingsperioden var hverdager fra kl. 0600 til 1700 ved starten i 1991, men ble økt med en time til kl. 1800 ved utvidelsen i 1998. 95 % av biltrafikken gjennom bomstasjonene betaler med elektroniske brikker. Dette har vært situasjonen helt fra åpningen i 1991. Ved bruk av brikke kan det oppnås en rabatt i engangsavgiften på opptil 40 % avhengig av graden av forhåndsbetaling.

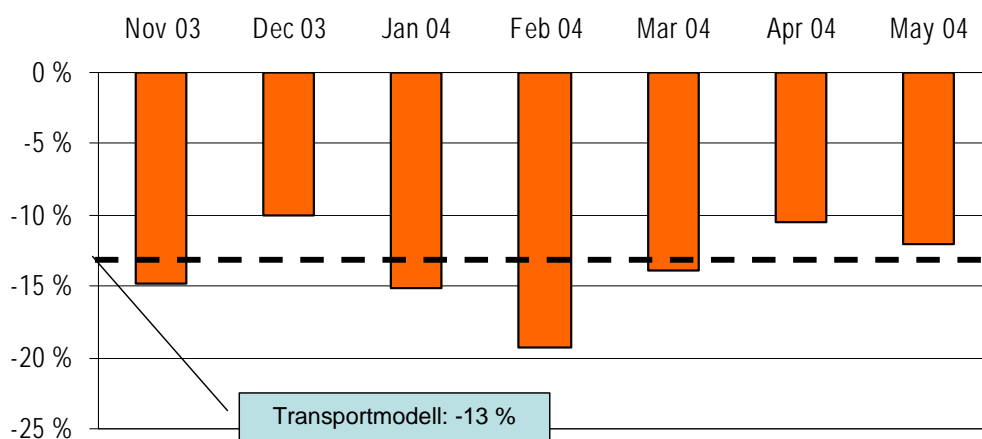


Figur 4. Det sonebaserte bomsystemet i Trondheim.

I 2003 ble det eksisterende sonebaserte bompengesystemet i Trondheim utvidet med en ny sentrumssone. Figur 3 viser den nye sentrumssonen. Sentrumssonens avgiftssystem fungerer på samme måte som de øvrige bomsonene. Trafikantene må betale om sonegrensen passeres, men de blir ikke avgiftsbelagt mer enn en gang per time. I praksis betyr dette at

det bare er betaling for en sonepassering selv om flere sonegrenser passeres på turen. Dette betyr også at det bare er et begrenset antall nye betalere som fanges opp av den nye sentrumssonen. Alle som kommer fra ytre bydeler, har allerede betalt bomavgift en gang. De slipper å betale ved passering inn i sentrumssonen.

Det nye systemet ble introdusert 1. november 2003. De trafikale effektene i de nye bomstasjonene ble kontinuerlig overvåket.



Figur 5. Sammenligning av modellresultater og registrert trafikk inn den nye sentrumssonen i bomsystemet

På figur 5 er vist den relative nedgangen i trafikkbelastningen i bompengesnittene etter åpningen av sentrumssonen. Nedgangen er målt i forhold til trafikken i oktober måned 2003, dvs. før åpning av sentrumssonen, og varierer fra – 10 % til 19 % i månedene november til mai. Trafikken i Trondheim i oktober er svært nær ÅDT.

Transportmodellens resultater er uttrykt i ÅDT og viser en forventet nedgang på 13 %. Dette er svært nær middelverdien for månedene november til mai.

Studie av gjennomkjøringsprising

Som et ledd i utvikling av eventuell ny anvendelse av betalingsinfrastrukturen etter Trondheimpakken, ble det i regi av PROGRESS-prosjektet gjennomført en studie av gjennomkjøringsprising i Trondheim sentrum. Gjennomgangstrafikken i sentrum et erkjent problem i transportplanen. Dette er trafikk som forårsaker store miljø og avviklingsproblemer uten at den kan sies å ha noen nytte for sentrum. Å få redusert og eventuelt fjernet denne trafikken har lenge vært et prioritert transportpolitisk mål. For å løse dette problemet ble det skissert en plan med en egen avgift for biltrafikanter som bare bruker sentrumsgatenettet til

gjennomkjøring. Gjennomkjøringsavgiften var tenkt som et lokalt tiltak i etterkant av bompengerperioden i Trondheim som vil avsluttes i 2005.

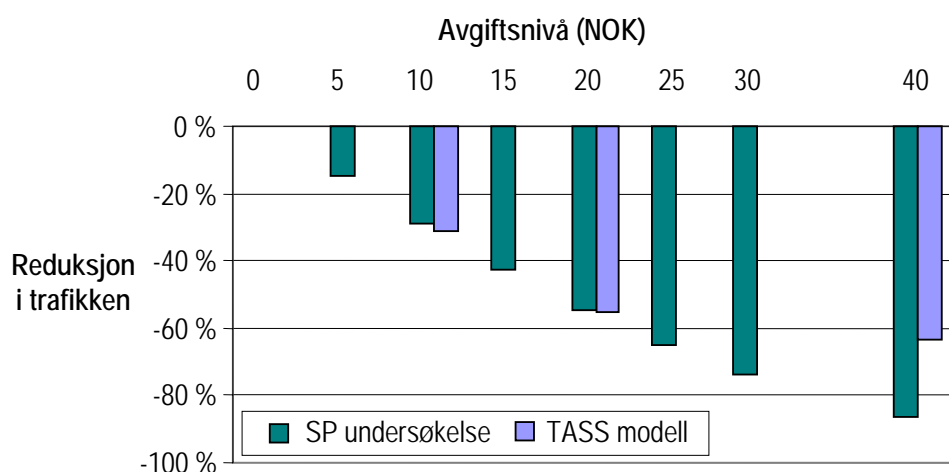
Det var ikke mulig å gjennomføre noen reell demonstrator av tiltaket, i stedet ble det designet en egen SP-undersøkelse for å studere effekten av tiltaket. Undersøkelsen var rettet mot større bedrifter med beliggenhet nært til, men utenfor sentrum. Dette for å fange opp potensielle ”gjennomkjørere”. Ved hjelp av Internet ble spørreformular gjort tilgjengelig for alle ansatt i de utvalgte bedriftene. I alt ble 690 intervju ble returnert. Av disse hadde 166 personer reiser hvor gjennomkjøring av sentrum var et naturlig rutevalg. På grunn av ulike andre forhold ble ytterligere 46 intervju underkjent slik at de endelige analysene ble gjort på i alt 120 intervju.

Deltakerne ble forklart hensikten og måten gjennomkjøringsprising skulle fungere på. Deretter ble de presentert for spill med ulike nivå på gjennomkjøringsavgiften og kunne krysse av for følgende tilpasning av egen atferd:

- Ingen endring
- Endre reisemål
- Endre reiserute
- Gå over til kollektivtrafikk
- Gå over til sykkel

Av svarene i spillene var det 48.1 % som ville endre reiserute for å unngå gjennomkjøringsprisingen. En annen stor gruppe stor gruppe var de som fortsatt vil betale og kjøre som før; 38,4 %. Det var noe overraskende at ikke flere ønsker å endre destinasjon eller endre reismåte.

Med utgangspunkt i datasettet fra SP-undersøkelsen, ble det også estimert en logitmodell for ”avvisningen” for vegnettet i sentrum. Denne modellen ble anvendt til å beregne reduksjonen i gjennomgangstrafikken ved ulike avgiftsnivå. Resultatene er vist i figur 6.



Figur 6. Sammenligning av avvisningsberegning fra SP-studien og transportmodellen.

Denne siste analysen er også kopiert i transportmodellen for å teste modellens prisfølsomhet i forhold til SP-resultatene. Modellresultatene er også tatt med i figur 6. Vi ser at resultatene fra modellen og SP-undersøkelsen er nesten identiske avgiftsnivåer under 20 kr. For høyere avgifter viser SP-resultatene større utslag.

I valideringssammenheng er disse resultatene svært interessante fordi SP-undersøkelsen representerer en helt uavhengig undersøkelse i forhold til transportmodellen. Når to ulike analyser gir så like resultater, er det med på å bekrefte at transportmodellen gjenspeiler følsomheten for denne typen prisendring godt.

Konklusjon

Vi har i denne presentasjonen vist resultater fra to valideringer som er gjort av transportmodellen i Trondheim. Modellen er testet ut mot to situasjoner:

- en virkelig avgiftsendring i bompengesystemet i Trondheim
- mot resultater fra en SP-tudie av en gjennomkjøringsavgift for sentrum

Resultatene fra begge studiene er svært positive. Modellen har fanget opp endringen i bompengesystemet tilnærmet riktig. Det er også stor overensstemmelse mellom transportmodellen og resultatene fra SP-studien av gjennomkjøringsprisingen for ”normale” avgiftsnivå. Bli avgiftsnivåene høye ligger modellens resultater under det som SP-analysen viser.

Alt i alt har disse valideringene vært svært positive og viser at transportmodellen er et robust verktøy for analyse av økonomiske virkemidler rettet mot etterspørselskontroll.

Litteratur

Meland, Skjetne, Tørset: *TASS5 for Trondheim*. SINTEF STF50 A05100. Mai 2005.

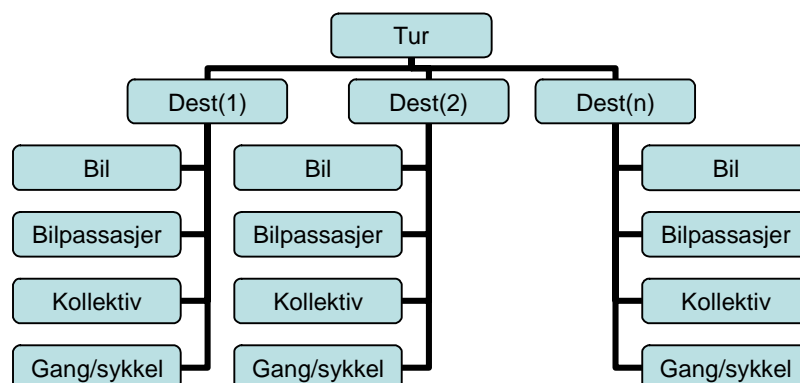
The PROGRESS-project: *Main Project Report*. June 2004

Meland, Skjetne m. fl.: *The Trondheim PROGRESS Activities*. SINTEF STF22 A03342., Juni 2004.

Citilabs: *Bruker manual TRIPS og CUBE*.
<http://www.citilabs.com/>

Vedlegg 1.

Dynamiske reisehensikter



Prinsippskisse for valgalternativer i de strukturerte logitmodellene for dynamiske reisehensikter

Parametere som benyttes i de kombinerte destinasjons- og reisemiddelvalgmodellene i TASS

Parameter	Bo-service	Bo-annet	Annet--annet
<i>Reisemiddelvalg</i>			
Konstant, bilfører	2,5000	1,0000	1,2000
Konstant, bilpassasjer	-1,0000	-1,6000	-2,3800
Konstant, kollektivtransport	-1,0000	1,0700	-2,5000
Konstant, gange/sykkel	2,5000	1,3800	0,0000
Kostnad	-0,1350	-0,1380	-0,0815
Tid, bilfører	-0,8350	-0,8120	-0,6270
Tid, bilpassasjer	-0,9300	-0,9160	-0,6980
Ombordtid, kollektivtransport	-0,5890	-0,5730	-0,4190
Gangtid, kollektivtransport	-0,0497	-0,1150	-0,0590
Ventetid, kollektivtransport	-0,0497	-0,1150	-0,0590
Km, gange/sykkel	-2,3400	-1,8700	-1,7200
Kvinne, bilpassasjer	1,9300	1,2500	1,3200
Kvinne, kollektivtransport	2,0500	0,8490	0,7990
Kvinne, gange/sykkel	0,8070	0,3000	0,3780
Bilhold (0,1,2+), bilfører	2,1000	0,6330	0,8640
Bilhold (0,1,2+), bilpassasjer	2,0400	0,7100	0,4110
<i>Destinasjonsvalg</i>			
Logsum	0,3000	0,2500	0,2500
Befolkning			1,0000
Arbeidsplasser			7,3300
Kjøpesenter	15,5000	13,1000	19,4000
Nk 4 Varehandel	1,0000	1,0000	
Nk 5 Hotell, restaurant	1,0000	1,0000	
Nk 6 Finans forr eiend inter	1,0000	1,0000	
Nk 9 Helse	1,0000	1,0000	

Statistiske reisehensikter

Parametere som benyttes i reisemiddelvalgmodellene i TASS

Parameter	Bo-arbeid	Bo-gr.skole	Bo-vidr.skole/univ.
Konstant, bilfører	0,9000		1,5000
Konstant, bilpassasjer	- 1,4000		0,5000
Konstant, kollektivtransport	0,4000	4,0200	- 2,0000
Konstant, gange/sykkel	0,8000	3,3000	2,0000
Kostnad	- 0,0894		- 0,0363
Tid, bilfører	- 0,0525		
Tid, bilpassasjer	- 0,1820	- 0,2970	
Ombordtid, kollektivtransport	- 0,1470	- 0,1130	
Gangtid, kollektivtransport		- 0,0042	
Ventetid, kollektivtransport	- 0,1320	- 0,2460	
Km, gange/sykkel	- 0,7260	- 1,0400	- 0,8260
Kvinne, bilfører	- 0,7960		
Bilhold (0,1,2+), bilfører	1,1800		1,6300
Bilhold (0,1,2+), bilpassasjer	0,6870	1,8300	1,0100