

## HAVNETUNNEL I KØBENHAVN

Henrik Paag, Havnetunnelgruppen / TetraPlan A/S  
Henrik Nejst Jensen, Vejdirektoratet, Plan- og telematikafdelingen

### 1. Baggrund og indledning

Vejdirektoratet foretager i øjeblikket i samarbejde med Trafikministeriet, Københavns Kommune m.fl. en række undersøgelser for en tunnel under havnen øst om Indre By i København. I den forbindelse gennemføres en trafikundersøgelse for havnetunnelen.

En havnetunnel i København tænkes etableret i sammenhæng med en trafikal fredeliggørelse af de indre bydele i København, og tunnelen vil enten kunne indgå som en del af Cityfordelingsring, der kan lede trafikken rundt om city eller som en Cityfordelingsring i kombination med regionale forbindelser til Helsingørmotorvejen i nord og Amagermotorvejen/Øresundsmotorvejen i syd.

Trafikundersøgelsen har primært haft til formål at belyse de trafikale og miljømæssige konsekvenser af disse to hovedmuligheder samt en række varianter heraf med hensyn til de tilsluttede veje på både Sjælland og Amager, samt konsekvenserne af en eventuel brugerbetaling for benyttelsen af tunnelen.

Trafikundersøgelsen har omfattet gennemførelse af en større dataindsamling i form af trafikanalyser til brug for opstilling af en trafikmodel for Hovedstadsområdet, benævnt Havnetunneltrafikmodellen, til beregning af såvel person- som vare- og lastbilture.

Havnetunneltrafikmodellen er blevet udviklet til bl.a. at kunne belyse de trafikale konsekvenser af brugerbetaling og køproblemer på vejnettet, hvilket er nyt i forhold til tidligere trafikmodeller for Hovedstadsområdet. Desuden omfatter denne for første gang en egentlig vare/lastbiltursmodel for Hovedstadsområdet.

Trafikundersøgelsen omfattende modelarbejdet og de efterfølgende prognoseberegninger er gennemført af Havnetunnelgruppen, bestående af TetraPlan A/S og Hague Consulting Group, Holland, med Institut for Planlægning -Trafikstudier, DTU som underrådgiver.

Artiklen indeholder en beskrivelse af den opstillede trafikmodel og de gennemførte analyser.

Det har ikke været muligt i artiklen at medtage en egentlig præsentation af resultaterne af beregningerne, der er opnået med modellen, da det udvalgsarbejde der pågår i forbindelse med trafikundersøgelsen endnu ikke er afsluttet. Der vil i muligt omfang ved fremlæggelsen på trafikdagene blive gennemgået foreløbige resultater af beregningerne.

## 2. Modellens opbygning

Havnetunneltrafikmodellen omfatter modeller til beregning af både person- og vare/lastbilture. Modelkomplekset er, for så vidt angår persontursmodellen, en videreudvikling af OTM (ØrestadsTrafikModellen). I forbindelse med Havnetunnelprojektet er der dog foretaget en væsentlig videreudvikling af denne model, idet tilgængelighed (trafikspring) og bilejerskab er blevet indbygget i modellen baseret på analyse af TU-data.

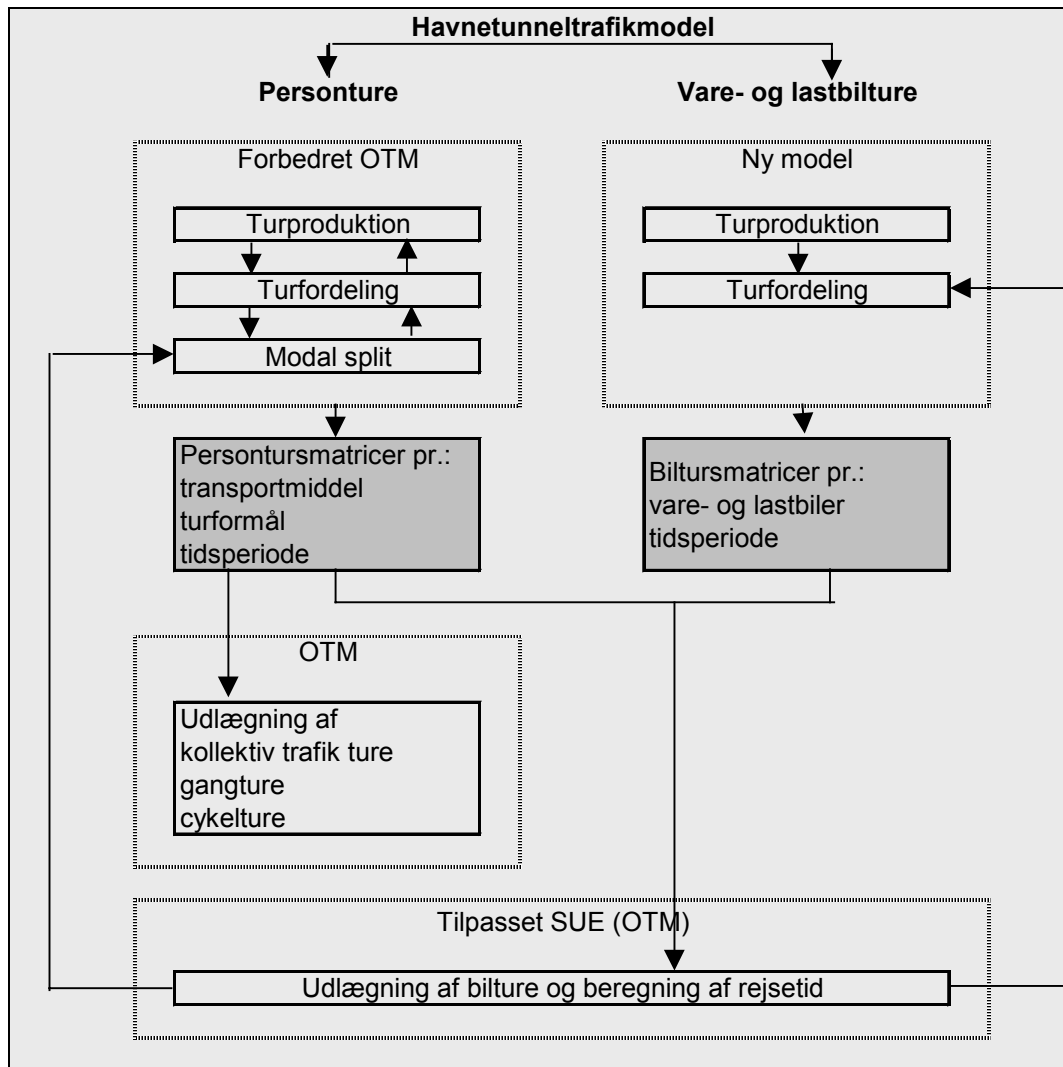
Desuden er der opstillet en ny model til beregning af vare- og lastbilture, bestående af en turproduktions- og en turfordelingsmodel. Beregningen af benyttelsen af havnetunnelen med brugerbetaling er i modelkomplekset integreret i en stokastisk rutevalgsmode, hvilket sikrer et mere konsistent modelkompleks i forhold til en traditionel hierarkisk logitmodel. Samtidig muliggør denne metode, at modellen ikke blot kan benyttes til vurdering af brugerbetaling for havnetunnelen, men tillige til belysning af konsekvenserne af mere omfattende betalingssystemer som eksempelvis bompeng- og road-pricingsystemer.

Havnetunneltrafikmodellen omfatter således

- en persontursmodel, der udgøres af en forbedret version af Ørestadstrafikmodellen (OTM),
- en ny vare- og lastbilmodel til beregning af vare- og lastbilture samt
- en forbedret og tilpasset version af den vejvalgsmodel, der indgår i OTM, til udlægning af biltrafik på vejnettet (denne model er beskrevet i artiklen "En stokastisk flerklasse vejvalgsmodel med fordelte koefficienter for tider og omkostninger", Otto Anker Nielsen og Rasmus Dyhr Frederiksen, Trafikdage 1999).

Figur 1 viser den overordnede modelstruktur. Persontursmodellen beregner persontursmatricer opdelt efter turformål, tidsrum og transportmiddel, og vare- og lastbilmodel beregner biltursmatricer opdelt på vare- og lastbiler og tidsrum. Kollektive trafik-, cykel- og gangture udlægges i nettene ved hjælp af de eksisterende turudlægningsmodeller i OTM. Biltursmatricerne fra personturs- og vare- og lastbiltursmodellen lægges derimod samlet ud i vejnettet ved hjælp af vejvalgsmodellen, hvorefter der beregnes rejsetider og omkostninger, som føres tilbage til disse modeller. Denne feedback sikrer, at der tages højde for forsinkelser i vejnettet.

Modellen er implementeret som en pc-model.



Figur 1 Oversigt over Havnetunneltrafikmodellens struktur

### 3. Dataindsamling

Til brug for opstilling og estimation af trafikmodellen er der gennemført en betydelig dataindsamling.

Dataindsamlingen omfattede en postkortanalyse for trafik over havnebroerne med 12.500 uddelede postkort og 2 større SP-interviewanalyser for henholdsvis persontrafikken og vare- og lastbiltrafikken med tilsammen 340 interviews.

En af årsagerne til, at det blev valgt at gennemføre SP-analyser, var, at det er af stor betydning at kende tidsværdiens fordeling blandt trafikanterne i forbindelse med havnetunnelen, da en høj betalingsvillighed blandt trafikanter betyder, at selv små tidsgevinster nyttiggøres til benyttelse af havnetunnelen.

SP-analyserne omfattede henholdsvis interviews vedrørende personture med bil, bus eller cykel og med transportører i tilknytning til vare- og lastbilture over havnesnittet.

Det primære formål med SP-analyserne var

- at bestemme gennemsnitlige tidsværdier,
- at bestemme fordeling af tidsværdier,
- at undersøge køproblemers betydning for tidsværdi og valg af brugerbetalt havnetunnel samt
- at undersøge transportmiddelvalg ved etablering af en brugerbetalt havnetunnel samt
- at bestemme en eventuel tilstedeværelse af en psykologisk tunnelskræk.

Der blev gennemført i alt 288 SP-interviews for personture, heraf 188 vedrørende personbilture. Interviewene blev gennemført som husstandsinterviews med personer udvalgt på grundlag af postkortanalysen. For vare- og lastbilture blev der gennemført i alt 50 interviews. Disse interviews blev gennemført med enten chaufføren eller det firma, vognmand eller speditører, der var ansvarlig for tilrettelæggelsen af den registrerede tur.

Resultaterne af interviewene er sammen med postkortanalysen og tidligere indsamlede SP-data fra OTM benyttet til estimation af trafikmodelkomplekset. De indsamlede SP data blev analyseret med anvendelse af en 'error component' logit model, der tillod en forbedret inddragelse af de forskellige aspekter af trafikanternes adfærd i forhold til traditionelle logitmodeller.

De i analysen fundne gennemsnitlige tidsværdier med hensyn til biltrafikkens rutevalg udgør for bolig-arbejdssteds/uddannelsesstedsture 29 kr./time, for erhvervsmæssige ture 44 kr./time og for fritidsture 19 kr./time for kørsel uden forsinkelser som følge af kø. For vare- og lastbiltrafikken blev den tilsvarende gennemsnitlige tidsværdi bestemt til 172 kr./time.

SP-analysen viste bl.a., at tunnelskræk ikke kan forventes at udgøre et problem for benyttelsen af havnetunnelen, samt at trafikanterne ikke opfatter brugerbetaling anderledes end øvrige kørselsomkostninger, hvilket har haft betydning for opstillingen af vejvalgsmodellen for biltrafik.

#### **4. Persontursmodellen**

Det blev valgt at anvende OTM som basis for persontrafikmodellen, idet det blev vurderet, at denne model udgjorde det bedste udgangspunkt for inddragelse af de væsentligste forklaringsvariable, der beskrives af prognostisering af trafikken i Hovedstadsområdet, særligt med henblik på vurdering af en havnetunnel og trafikale fredeliggørelse af det indre København.

I forbindelse med opstillingen af Havnetunneltrafikmodellen er der dog foretaget en række tilpasninger og forbedringer af OTM. Der er for det første foretaget en detaljering af zonesystemet på Amager og for det centrale København med henblik på at opnå en mere nøjagtig beskrivelse af trafikmønsteret i disse områder. Det reviderede zonesystem indeholder i alt 357 zoner, hvoraf centalkommunerne udgøres af 170 zoner.

For det andet er beskrivelsen af persontursmodellens 4 turformål, bolig-arbejdsstedsture, bolig-uddannelsessture, erhvervsmæssige ture og øvrige ture, blevet væsentligt forbedret.

For det tredje er bilejerskab og tilgængelighed (trafiksprung) blevet indarbejdet i turproduktionsmodellen på grundlag af TU-data fra 1997 for rejser i Hovedstadsområdet.

Sammenhængen mellem tilgængelighed og antal ture blev undersøgt og indarbejdet i modellen, da både etableringen af en havnetunnel og trafiksanering af Indre by udgør så væsentlige ændringer af vejnettet, at det kan medføre henholdsvis forøget og mindsket trafikgenerering.

Modelestimationen på grundlag af TU-data viste, at tilgængeligheden kun havde betydning for turformålet for segmentet fritidsture (øvrige ture). Dette svarer til erfaringerne fra andre modelarbejder.

Endelig er modellerne blevet udvidet med separate tidsværdier for henholdsvis kørsel i og uden kø (fri trafikafvikling) for at tage højde for det forhold, at køretid i kø opleves mere belastende end øvrig køretid. Således viser den foretagne SP-interviewanalyse, at trafikanterne, afhængigt af turformål, værdisætter deres køretid forbrugt i kø 30-120 procent højere end øvrig køretid.

## 5. Vare- og lastbiltursmodellen

Den opstillede vare- og lastbiltursmodel består af en turproduktions- og en turfordelingsmodel.

I turproduktionsmodellen beregnes antallet af vare- og lastbilture til og fra zoner ud fra oplysninger om vækst i produktivitet og antal arbejdspladser. I turfordelingsmodellen fordeles turene mellem zoner på basis af bl.a. zonernes attraktivitet og tilgængeligheden mellem zonerne.

Modellen omfatter ture med varebiler (2-3½ tons totalvægt) og lastbiler (over 3½ tons totalvægt) inden for Hovedstadsområdet og ture med et turendepunkt uden for Hovedstadsområdet samt transitture (eksterne ture).

Som basis for modellen er etableret nye turmatricer for basisåret 1992 for henholdsvis vare- og lastbilture. De nye turmatricer er estimeret på basis af foreliggende turmatricer for køretøjer over 2 tons ved brug af MPME-metoden ("Multiple Path Matrix Estimation"), der er en metode til justering af elementerne i en turmatrix, så matrixen bedst muligt beskriver den trafik, som kan registreres ud fra foreliggende trafiktællinger.

Med brug af MPME-metoden i sammenhæng med den opstillede rutevalgsmodel blev nye turmatricer for vare- og lastbilture estimeret på grundlag af ovennævnte turmatrix og alle foreliggende trafiktællinger for vejstrækninger i Hovedstadsområdet.

### 5.1 Turproduktionsmodel

Turproduktionsmodellen fremskriver antallet af vare- og lastbilture pr. hverdagsdøgn til og fra de enkelte zoner.

Antallet af ture i et prognoseår beregnes på grundlag af antallet af arbejdspladser, fordelt på brancher, for hver zone. Sammenhængen mellem antallet af henholdsvis vare- og lastbilture i hver zone og antallet af branchefordelte arbejdspladser er i forbindelse med modellens opstilling bestemt ud fra regressionsanalyser.

Desuden multipliceres turantallene med generel produktivitetsfaktor, der udtrykker den forventede stigning i den enkelte arbejdsplads' produktivitet frem til prognoseåret, idet dette vil medføre

en yderligere vækst i turtallet, end ændringen i antal arbejdspladser tilsiger. Denne faktor er bestemt ud fra den forventede vækst i de private byerhvervs produktivitet.

For lastbiltures vedkommende justeres det beregnede turantal for den enkelte zone desuden med en faktor for en bedre kapacitetsudnyttelse af lastbiler. En sådan er medtaget i modellen, da der fremover kan forventes en generel forbedring af lastbilernes kapacitetsudnyttelse, som vil påvirke antallet af lastbilture. Faktoren er fastlagt på grundlag af vurderinger foretaget i forbindelse med udarbejdelsen af Vejdirektoratets vejgodsprognoser.

## **5.2 Turfordelingsmodel**

Turfordelingsmodellen fordeler de af turproduktionsmodellen beregnede ture mellem zoner internt i Hovedstadsområdet, og mellem Hovedstadsområdet og de omgivende regioner (eksterne ture).

I turfordelingen af vare- og lastbilture tages der, ligesom i persontursmodellen, hensyn til "attraktivitet" og tilgængelighed mellem zoner. Det vil sige, når rejsetiden mellem to zoner reduceres som følge af eksempelvis en havnetunnel, vil antallet af ture mellem de to zoner alt andet lige forøges på bekostning af andre zonerelationer.

Turfordelingsmodellen er estimeret baseret på svarene fra postkortanalysen og SP-analysen af vare- og lastbilture, idet der i modellen anvendes et forenklet turbegreb, hvor hver vare- og lastbiltur modelmæssigt betragtes som enkeltstående.