

Fremtidens mobilitet



Af Søren Underlien Jensen,
Trafitec
suj@trafitec.dk

Artiklen præsenterer forfatterens prognoser for fremtidens mobilitet i Danmark. Biltrafikken vil knap blive fordoblet, før den når et mætningspunkt om nogle årtier. Der efterlyses debat.

Introduktion

Mobilitet er i denne artikel et begreb for det antal km, som mennesker rejser i et givet tidsrum. Tre centrale forhold om transport gør det muligt at opstille langtidsprognoser for mobilitet.

For det første bruger et menneske godt en time pr. dag til transport i gennemsnit. Det samlede tidsforbrug er uafhængigt af rejselængder og brugen af forskellige transportmidler. Undersøgelser fra hele verden og pålidelige tidsserier dokumenterer dette. Selv studier af oldtidens bysamfund peger i samme retning.

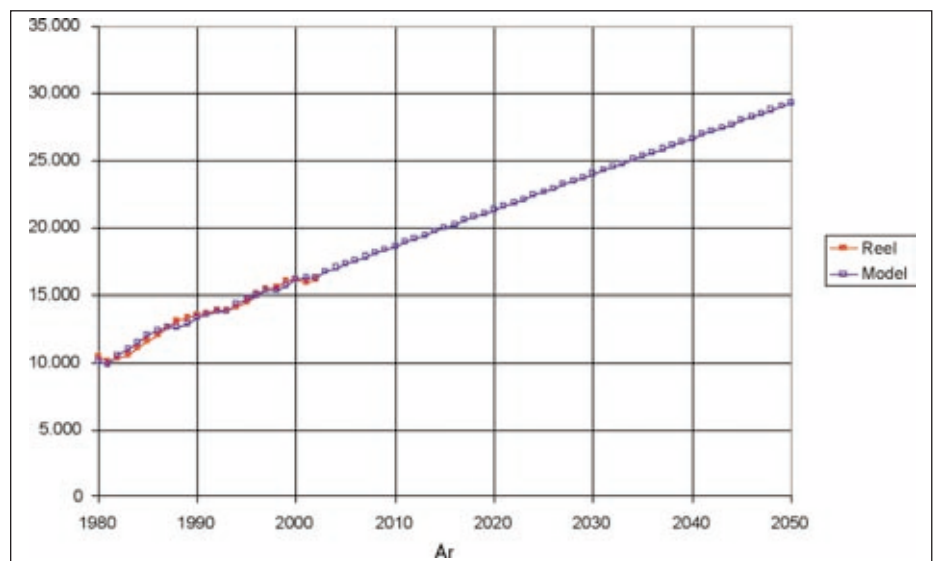
For det andet er andelen af bruttonationalproduktet (BNP), der anvendes til transport, også rimeligt konstant, når bilejerskabet er over ca. 200 biler pr. 1.000 indbyggere. For det tredje følger forbrugerprisen på transport i hovedtræk inflationen til trods for store udsving i olieprisen. Det dokumenteres ligeledes af mange tidsserier.

Disse tre forhold har åbenlyse konsekvenser. Når BNP stiger mere end inflationen, bliver vi rigere, og en vis andel af den øgede købekraft anvendes på transport. Her viser det sig, at det forøgede køb af transport resulterer i øget mobilitet. Faktisk eksisterer der en meget tæt sammenhæng mellem vækst i mobilitet og økonomisk vækst.

Følgen af et konstant tidsforbrug til transport er, at stigende mobilitet pr. person kun er muligt, hvis rejsehastigheden øges. Da rejsehastigheden for de enkelte transportmidler øges langsommere end den økonomiske vækst, medfører udviklingen, at befolkningen fravælger langsomme transportformer til fordel for hurtige. Dette er baggrunden for, at vi i dag eksempelvis går færre ture og flyver flere ture end tidligere.

Model for mobilitet

Schafer (1998) samt Schafer og Victor (2000) angiver en simpel og pålidelig metode til at prognosticere mobiliteten. Ved at foretage en regressionsanalyse mellem økonomisk vækst og samlet mobilitet med



Figur 1. Reel mobilitet pr. indbygger i Danmark 1980-2002 og modelleret 1980-2050, eksklusiv gang-, cykel- og knallertrafik samt søtransport.

motoriserede transportmidler på historiske data samt antage fremtidige økonomiske vækstrater er det muligt at lave en prognose for, hvor langt vi rejser i fremtiden. Metoden er i det følgende anvendt på danske data.

Danskernes mobilitet for 1980-2002 er opgjort på baggrund af data fra Vejdirektoratet, Danmarks Statistik, Statens Luftfartsvæsen og International Civil Aviation Organization (ICAO). For at kunne opgjøre mobiliteten er det nødvendigt at foretage to antagelser: 1) Antallet af personer pr. lastbil er sat til 1,25 i alle år. 2) Danskernes rejste km i udenrigsluftfarten er baseret på (terminerede) afrejsende passagerer fra danske lufthavne (altså eksklusiv internationale transfer og transit passagerer i danske lufthavne) med gennemsnitlige rejselængder opgjort af ICAO, hvilket harmonerer med den danske destinationsstatistik. Denne antagelse undervurderer formentligt svagt danskernes trafik i udenrigsluftfarten, da en del af danskernes flyveture mellem udenlandske lufthavne der ved ikke medtages.

Forfatteren har foretaget mange re-

gressionsanalyser mellem mobilitet pr. indbygger (eksklusiv gang-, cykel- og knallertrafik samt søtransport) og inflationsreguleret BNP, bruttonationalindkomst (BNI) og bruttonationalindkomst (BFI) pr. indbygger. Analyserne viser, at mobiliteten bedst kan beskrives ved BFI. Sammenhængen mellem økonomisk vækst og mobilitet er ekstrem stærk, fordi Pearson's korrelationskoefficient, R^2 , er tæt på 1. Sammenhængen mellem mobilitet pr. indbygger (antal personkm pr. år – pkm) og inflationsreguleret BFI pr. indbygger (1980-priser) er:

$$\text{pkm} = 16,032 \times \ln(\text{BFI}) - 167,308 \\ (R^2 = 0,98)$$

Efterfølgende har forfatteren foretaget regressionsanalyser på den inflationsregulerede vækst i BFI for perioden 1980-2002 for at erfare, hvad det er rimeligt at antage med hensyn til den økonomiske vækst fremover. På den baggrund er det antaget, at den inflationsregulerede vækst i BFI er 1,70 procent i 2004 og svagt faldende til 1,66 procent i 2050. Figur 1 viser den re-

elle og modellerede udvikling for mobilitet pr. indbygger i Danmark.

I 2002 rejste en gennemsnitlig indbygger i Danmark 16.000 km. Modellen indikerer, at mobiliteten stiger til 21.000 km pr. person i 2020 og 29.000 km i 2050. Benyttes Danmarks Statistiks nyeste hovedforløb for befolkningsprognoser fra 2004, vil danskerne samlet set rejse 118 mia. km i 2020 og 160 mia. km i 2050, hvilket kan sammenlignes med de 87 mia. km, danskerne rejste i 2002. Befolkningsprognosen viser, at befolkningstallet i Danmark topper i 2031, hvor der er omkring 150.000 flere indbyggere set i forhold til de 5,4 mio. i dag.

Mobilitetens fordeling på transportmidler

Schafer og Victor (2000) angiver metoder til at opstille en række ligninger, der samlet set danner et modelkompleks, hvorved mobiliteten kan fordeles på transportmidler. Modelkomplekset opererer kun med fem transportmidler: Bil, bus, tog, fly og ikke-motoriseret transport, der dækker over gang-, cykel- og knallertrafik samt søtransport.

I det følgende præsenteres de ligninger, som forfatteren har fundet ved at foretage regressionsanalyser på danske data.

Tiden, vi bruger til motoriseret transport (TTBMOT), er beskrevet ved følgende ligning:

$$TTB_{MOT} = 1,1 + \frac{-9,0311E + 104}{(pkm - 176083)^{20}}$$

TTBMOT opgøres i timer pr. person pr. dag. Rejsevaneundersøgelser verden over viser, at mennesker i gennemsnit anvender ca. 1,1 timer pr. person pr. dag på transport, og derved er tidsforbruget i ikke-motoriseret transport lig med 1,1 - TTBMOT. Herved kan det beregnes, at danskerne samlet set rejste 3,3 mia. personkm i 2002 med ikke-motoriseret transport, idet rejsehastigheden for ikke-motoriseret transport i Danmark er ca. 11 km/t. Faktisk passer det beregnede persontransportarbejde for ikke-motoriseret transport på baggrund af denne simple metode godt overens med tal fra Vejdirektoratet samt diverse transportvaneundersøgelser, der faktisk viser, at danskerne rejste 3,3 mia. personkm med ikke-motoriseret transport.

Bustrafikkens andel (SB) af den samlede mobilitet med motoriseret transport findes ved regression af den reelle udvikling i perioden 1980-2002 til følgende ligning:

$$S_B = 14,06 \times \left(\frac{1}{(pkm + 6395)^{0,2097}} + 0,0006861 \right)$$

Togtrafikkens andel (SR) af den samlede mobilitet med motoriseret transport findes ved regression af den reelle udvikling i perioden 1980-2002 til følgende ligning:

$$S_R = 9,668 \times \left(\frac{1}{(pkm - 2154)^{0,5002}} - 0,002004 \right)$$

Flytrafikkens andel af den samlede mobilitet med motoriseret transport i år 2050 (SHST,2050) findes ved formlen:

$$S_{SHST,2050} = \frac{1 - S_B \times (1 - V_C / V_R)}{(1 - V_C / V_{SHST})} - \frac{S_R \times (1 - V_C / V_R) - V_C \times TTB_{MOT} \times 365 / pkm}{(1 - V_C / V_{SHST})}$$

hvor VC, VB, VR og VHST er henholdsvis rejsehastigheden i bil, bus, tog og fly i 2050. Ved at sætte VC til 60 km/t, VB og VR til 45 km/t samt VHST til 600 km/t kan flytrafikkens andel af den samlede mobilitet med motoriseret transport i 2050 beregnes til 27,8 procent. Hvis rejsehastigheden i bil, bus, tog eller fly er lavere end antaget i 2050, vil flytrafikkens andel af mobiliteten være højere.

I dag er rejsehastigheden i bil i gennemsnit ca. 55 km/t, mens den er ca. 41 km/t i både bus og tog. Baggrunden for at sætte rejsehastigheden til at være højere i 2050 er, at den historiske danske udvikling i rejsehastigheder klart peger i denne retning. Gate-to-gate hastigheden på en gennemsnitsflyrejse er i dag ca. 600 km/t, men rejsehastigheden i fly er reelt lavere, fordi dele af tidsforbruget med check-in, bagageudlevering m.v. nødvendigvis må indgå i opgørelsen af rejsehastigheden. Men gate-to-gate hastigheden er historisk set øget kraftigt, fordi flyrejserne bliver stadig længere og flyenes cruising-speed er steget.

Flytrafikkens andel (SHST) af den samlede mobilitet med motoriseret transport findes ved regression på den reelle udvikling i perioden 1980-2002 samt punktet for år 2050 til følgende ligning:

$$S_{SHST} = 0,99 \times \exp(0,9299^{-0,0000613} \times (pkm - 24186)) - 2,487$$

Biltrafikkens andel af den samlede mobilitet med motoriseret transport kan herefter beregnes til 1 - SB - SR - SHST. I figur 2 er resultaterne af den samlede model for fordeling af mobiliteten på transportmidler vist sammen med den reelle fordeling. I tabel 1 er tallene for fordelingen af mobiliteten opgjort i tal.

Af figur 2 og tabel 1 ses, at persontransportarbejdet i bil og fly ifølge prognosen vil stige markant i fremtiden, mens ikke-motoriseret transport vil falde relativt voldsomt. Danskerne vil altså formentligt gå og cykle mindre og i stedet sidde på bil- og flysædet.

Biltrafikarbejde og bilejerskab

Ved at bruge sammenhænge mellem biltrafikarbejde, bilejerskab og personkm i bil fra perioden 1980-2002 kan det prog-

nosticerede forløb for mobilitet i bil om sættes til prognoser for biltrafikarbejde (vognkm) og bilejerskab. Forfatteren har ved regression fundet følgende brugbare ligninger:

$$Biltrafikarbejde = \frac{pkm_{BIL}}{1,0636 \times Eksp(-0,00001739 \times pkm_{BIL}) + 1} \quad (R^2 = 0,89)$$

$$Bilejerskab = 874788 \times Eksp(0,0000151 \times pkm_{BIL}) \quad (R^2 = 0,96)$$

På den baggrund kan vi beregne biltrafikarbejde og bilejerskab, idet der benyttes tal for personkm i bil fra figur 2. Resultaterne af beregningerne for årene 1980-2050 er vist i figur 3 sammen med reelle tal for biltrafikarbejde og bilejerskab 1980-2002 for hele Danmark – altså hele den danske befolkning. En note er, at bustrafikarbejdet i Danmark formentligt vil ligge mellem 0,6 og 1,0 mia. vognkm om året i perioden frem mod 2050.

Af figur 3 ses, at biltrafikarbejdet og bilejerskabet ifølge prognosen vil stige markant i fremtiden. Foretages prognosen frem til år 2100 erfares, at det årlige biltrafikarbejde ikke kan forventes at overstige 85 mia. vognkm nævneværdigt, mens bilejerskabet kun lige vil overstige 4 mio. biler i Danmark. Baggrunden herfor er, at befolkningstallet begynder at falde efter ca. år 2030 og stigningen i persontransportarbejdet udelukkende vil foregå i transportmidler, der er hurtigere end nutidens bil efter ca. år 2070. Herefter vil biltrafikken falde.

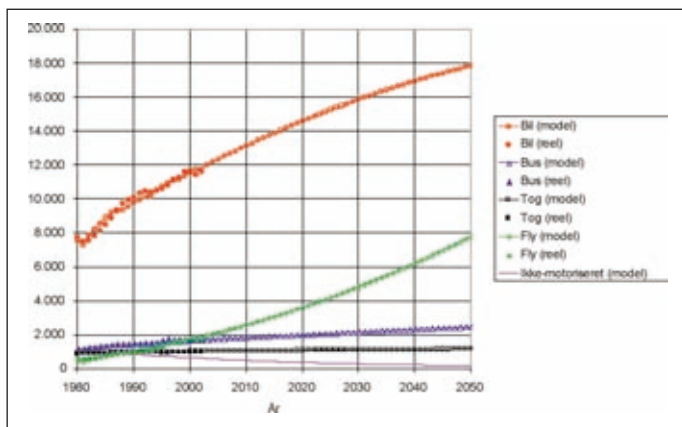
Usikkerheder

Langtidsprognoser for transport er altid forbundet med usikkerheder. I det følgende er det forsøgt at gennemgå nogle af de mest betydningsfulde usikkerheder.

Den årlige økonomiske vækstrate har direkte betydning for væksten i mobiliteten. Hvis den økonomiske vækstrate bliver højere, vil vi hurtigere nå mætningspunkterne for biltrafikarbejdet og bilejerskabet, mens lavere vækstrater vil føre til mætningspunkter længere ude i fremtiden.

Forbrugspriser på transport og de enkelte transportmidler kan udvikle sig anderledes end hidtil, hvilket vil føre til en anderledes vækst i mobiliteten og dennes fordeling på transportmidler. Derfor kan eksempelvis afgifter få en indflydelse.

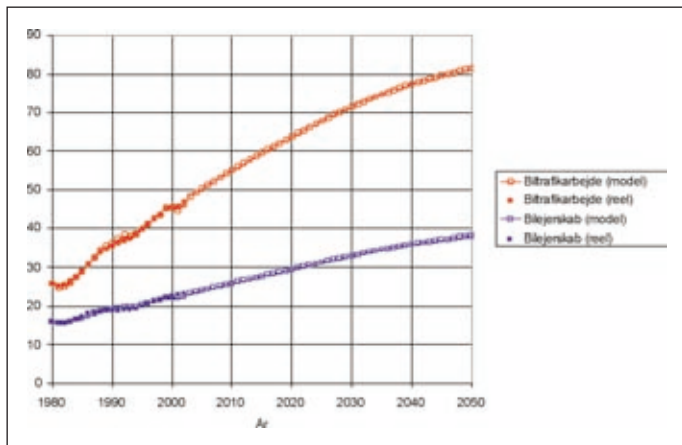
Befolkningstallet kan udvikle sig anderledes end det hovedforløb, Danmarks Statistik har beskrevet, f.eks. ved at fertiliteten, indvandringen eller middeleveliteten ikke er prognosticeret korrekt. Til eksempel for denne usikkerhed viste Danmarks Statistiks prognose fra 2003, at befolkningstallet toppede i 2026, mens pro-



Figur 2. Reel mobilitet pr. indbygger i Danmark 1980-2002 fordelt på bil, bus, tog og fly samt modelleret 1980-2050 fordelt på bil, bus, tog, fly og ikke-motoriseret transport.

	År 1980	År 2000	År 2020	År 2050
Bil (model)	7.500	11.700	14.600	17.900
Bil (reel)	7.800	11.500		
Bus (model)	1.200	1.700	2.000	2.500
Bus (reel)	1.200	1.700		
Tog (model)	900	1.000	1.100	1.100
Tog (reel)	900	1.000		
Fly (model)	500	1.800	3.600	7.800
Fly (reel)	600	1.800		
Ikke-motoriseret (model)	1.200	600	400	200

Tabel 1. Reel mobilitet pr. indbygger i Danmark år 1980 og 2000 fordelt på bil, bus, tog og fly samt modelleret år 1980, 2000, 2020 og 2050 fordelt på bil, bus, tog, fly og ikke-motoriseret transport.



Figur 3. Reelt biltrafikarbejde og bilejerskab i Danmark 1980-2002 samt modelleret biltrafikarbejde og bilejerskab i Danmark 1980-2050, alle tal er eksklusiv busser.

gnosen fra 2004 peger på en top i 2031.

Rejsehastigheder for de enkelte transportmidler har direkte indflydelse på fordelingen af mobiliteten på transportmidler. Forestiller man sig f.eks., at det øgede biltrafikarbejde vil føre til lavere rejsehastigheder i bil på grund af manglende udbygning af vejene, så vil væksten i biltrafikken blive mindre.

"Nye transportformer" kan opstå, hvilket måske er den største usikkerhed. Eksempler på nye transportformer kunne være flyvende biler og højhastighedstog. Et stort potentiale for at erobre markedsandele i fremtidens mobilitet – de kommende 50 år – har nye transportformer med høj tilgængelighed og rejsehastigheder på ca. 150-400 km/t. Dette skyldes, at markeds-

segmentet med ture af 100-600 km længde vil vokse kolossalt, hvis sådanne transportformer opstår. Tænk hvis en tur mellem et hvilket som helst sted i Storkøbenhavn og Århus kunne gøres på én time.

Diskussion

Mobilitet har betydning for store dele af samfundets indretning. Den viste prognose tyder på, at globaliseringen tager til. Vi vil langt oftere rejse til udlandet og andre kontinenter om 50 år, end vi gør i dag. Flytrafikken vil eksplodere. Dette vil formentligt have stor betydning for skatter, afgifter, udflytning af arbejdspladser, mv. Begrebet "den globale landsby" vil have langt større relevans om 50 år, end det har nu til dags. Men mere præcist, hvad det vil betyde, fortæller prognosen intet om.

Prognosen må give anledning til tre centrale spørgsmål: 1. Kan prognosen overhovedet realiseres? 2. Hvad vil det være fornuftigt at investere i? 3. Skal vi påvirke udviklingen i en anden retning?

Ad 1. Den økonomiske vækst kan formentligt realiseres. Men økonomien kommer under pres, fordi den stærkt stigende globale mobilitet er særdeles energikrævende. Det er ikke sikkert, at forsyningen af olie, brint, el, mv. kan følge med. Et andet punkt er kapacitetsproblemer i luftrummet og lufthavne. Problemerne i luftrummet ser ud til at blive løst med elektronik, mens det kan blive svært at få plads til flyene på jorden i tæt befolkede områder.

Ad 2. Realiseres prognosen vil det uden tvivl være fornuftigt at investere i lufthavne, nye veje, vejudvidelser og parkering. Eksempelvis vil en fordobling af bilejerskabet i Københavns Kommune formentligt kun kunne forekomme "behageligt", hvis der foretages investeringer i parkering for et tocifret milliardbeløb. Og hvem kan forestille, at Køge Bugt Motorvejen kan afvikle 200.000 biler pr. døgn i sin nuværende udformning.

For vejtrafikken bør man dog have i mente, at der højest sandsynligt vil indtræffe mætningspunkter. Selvfølgelig kan "nye, hurtige biltyper" opstå, f.eks. førerløse lastbiler og biler med autopilot, hvilket vil udskyde mætningspunkterne, men også kræve betydelige og anderledes investeringer i veje og køretøjer.

Ad 3. Men er den udvikling, som prognosen foreskriver, også den udvikling vi ønsker? Eksempelvis tyder prognosen på, at gang- og cykeltrafikken vil falde kraftigt. Det vil formentligt have indflydelse på danskernes taljemål og fysiske form. Ønsker vi, at boligerne bliver mere støjbelastet? Vil vi imødekomme udviklingen med tekniske løsninger såsom støjsvage vejbelægninger og biler, der kører længere på en liter benzin?

Tanken om at kunne afkoble sammenhængen mellem økonomisk vækst og vækst i mobilitet er desværre formentligt ren utopi. Derfor er debat om, hvilke transportmidler, som vi gerne vil transportere os med i fremtiden, vigtig. Eksempelvis vil afgifter på international flytrafik føre til øget biltrafik, hvilket leder til spørgsmålet: Er mere biltrafik bedre end mere flytrafik?

Litteratur

Schafer, A. (1998): The global demand for motorized mobility. Transportation Research Part A: Policy and Practice, vol. 32, side 455-477.

Schafer, A. og Victor, D. G. (2000): The future mobility of the world population. Transportation Research Part A: Policy and Practice, vol. 34, side 171-205.