



## Klimastatus og –fremskrivning 2022 (KF22): Bilbestandsmodellen

Forudsætningsnotat nr. 1C-BBM (Bilbestandsmodellen)  
Opdateret april 2022

**Kontor/afdeling**  
Systemanalyse

**Dato**  
28-04-2022

**J nr.** 2021-15863

/MIH/PKHA/JMOE

## Indholdsfortegnelse

1. Modellens rolle i det samlede transportmodelkompleks .....	2
2. Metode og antagelser .....	2
2.1 Nyt metodisk grundlag.....	2
2.2 Implementering.....	3
2.3 Model og metode for fremskrivning.....	4
3. Kvalificering.....	5
3.1 Sammenligning med KF21 .....	5
3.2 Usikkerhed .....	5
4. Kilder .....	6
5. Appendiks .....	7
5.1 Modellen FLEETSIZE.....	7

### Energistyrelsen

Carsten Niebuhrs Gade 43  
1577 København V

T: +45 3392 6700  
E: ens@ens.dk

[www.ens.dk](http://www.ens.dk)

## 1. Modellens rolle i det samlede transportmodelkompleks

Personbilers energiforbrug udgør en betydelig del af energiforbruget i vejtransporten og der er generelt stor efterspørgsel på Energistyrelsens fremskrivning af personbilers energiforbrug og udledninger, herunder ikke mindst forventningerne til salget og udviklingen i bestanden af nul- og lavemissionsbiler.

I Energistyrelsens modelapparat for personbiler ("Personbilsmodellen") indgår en særskilt delmodel, som kvantitativt modellerer og fremskriver det samlede salg og den samlede bestand af personbiler. Delmodellen benævnes Bilbestandsmodellen (Fleetsize). Modellen er integreret med Bilvalgsmodellen, hvor fordelingen af det samlede salg på segmenter og teknologier beregnes, jf. forudsætningsnotater nr. 1C-Bilvalgsmodellen og 4A-Bilvalgsforudsætninger. På baggrund af bilvalgsmodellens salgsfordeling fremskrives sammensætningen af det samlede salg og den samlede bestand i Bilbestandsmodellen, karakteriseret ved 6 størrelsessegmenter, 4 teknologier samt bilernes alder (defineret ved årgangen og fremskrivningsåret).

Modellens fremskrivning af personbilsbestanden og nybilssalget indgår som eksogene input i den samlede transportmodel for vejtransporten, jf. forudsætningsnotat nr. 1C-Vej.

## 2. Metode og antagelser

### 2.1 Nyt metodisk grundlag

Modellen og metoden, som anvendes ved fremskrivning af bilbestanden og bilsalget, er baseret på opdaterede parametre i DTU's model benævnt FLEETSIZE [1]. FLEETSIZE beskriver den historiske udvikling i bilbestanden og er DTU's videreudvikling og gen-estimerede version af en model, som indgik i DTU's oprindelige model ART (Aggregated Road Transport) [2]. FLEETSIZE er en regressionsmodel af typen "Autoregressive Distributed Lag" og er estimeret på tidsrædedata fra 1976 - 2018. De forklarende tidsræder omfatter:

- Omkostning ved køb af bil (CAPEX)
- Årlige omkostninger ved bilejerskab (OPEX)
- Bruttonationalproduktet (BNP)
- Befolkningens størrelse (POP)

Den estimerede model angiver en beregnet efterspurgt "ligevægtsbilbestand". Ligevægtsbestanden øges med faldende priser på erhvervelse af bil og med faldende omkostninger ved bilejerskab. Ligeledes forøges bilbestanden med stigende BNP per indbygger (BNP/POP).



## 2.2 Implementering

For at kunne anvende FLEETSIZEN-modellen til fremskrivninger er det nødvendigt at forudsætte en udvikling i de ovenfor omtalte tidsserier, der indgår i modellen. I det følgende defineres og redegøres for Energistyrelsens metodiske tilgang til dette. Fremskrivningerne af henholdsvis CAPEX og OPEX er integreret med bilvalgsmodellen, mens BNP og POP er eksogene forudsætninger.

### *Omkostning ved køb af bil (CAPEX)*

Trods betegnelsen CAPEX omfatter omkostningen ved køb af bil *ikke* finansieringsomkostninger, hvorved bilerne implicit forudsættes købt kontant. Omkostningen beregnes som en gennemsnitlig salgsvægtet anskaffelsespris for nye biler beregnet med bilvalgsmodellens salgfordeling for nye biler fordelt på segmenter og teknologier:

$$(1) CAPEX_{bil}^y = \sum_{st} P_{st}^y \cdot \Pi_{st}^y$$

hvor  $P_{st}^y$  er salgfordelingen beregnet i bilvalgsmodellen og  $\Pi_{st}^y$  er forudsætningen for bilvalgsmodellens anskaffelsespris for en ny bil i segmentet  $s$  med teknologi  $t$  i fremskrivningsåret  $y$ . Anskaffelsesprisen inkluderer de aktuelle afgiftssatser.

Det bemærkes, at CAPEX i den af DTU estimerede model repræsenterer omkostningen ved anskaffelse af bil, uanset om det er en ny eller en brugt bil. Det er antaget, at prisen på nye og brugte biler er proportionale, dvs. følges ad. Et fald i prisen på nye biler antages således tilnærmelsesvis at give anledning til et tilsvarende procentvis fald i priserne på brugtvoanmarkedet.

### *Årlige omkostninger ved bilejerskab (OPEX)*

Den årlige omkostning ved bilejerskab omfatter anvendelsesrelaterede omkostninger til eksempelvis brændstof og elektricitet samt faste årlige omkostninger, som er uafhængig af, hvor meget bilen anvendes. Bilerne forudsættes implicit købt kontant og eventuelle renter og afdrag forbundet med bilernes finansiering medregnes ikke.

I fremskrivningsmodellen beregnes den årlige omkostning ved bilejerskab som et vægtet gennemsnit af omkostningerne baseret på sammensætningen af den samlede bestand af personbiler,  $B_{sta}^y$ , på størrelse, teknologi og for alle aldre  $a$  i det aktuelle fremskrivningsår:

$$(2) OPEX_{bil}^y = \frac{1}{B_{bil}^y} \cdot \sum_{st} \sum_{av \in (s,t|y=v+a)} B_{sta}^y \cdot (E_{stv}^y \cdot KM_{sta}^y \cdot \pi_t^y + FIX_{stv}^y [E_{stv}^y])$$

hvor

- $E_{stv}^y$  er energiforbrug per km og afhænger af bilens segment, teknologi og årgang



- $KM_{sta}^y$  er kørsel per år og afhænger af bilens segment, teknologi og alder i fremskrivningsåret
- $\pi_t^y$  er prisen på energi relateret til bilens teknologi (drivmiddel) i året
- $B_{bil}^y$  er den samlede bilbestand:  $\sum_{sta} B_{sta}^y$

Variablen betegnet  $FIX_{stv}^y$  omfatter bl.a. den årlige ejer- og udligningsafgift, som afhænger af bilens energieffektivitet – eller den relaterede CO<sub>2</sub>-udledning (der i modellen alene antages at være knyttet til bilens årgang  $\nu$ ). Hertil lægges yderligere et fast beløb for alle biler på ca. 5.000 kr. for at repræsentere en årlig omkostning forbundet med kasko- og motoransvarsforsikring.

Ligeledes tillægges en kilometerafhængig vedligeholdelsesudgift. For BEV'er antages omkostningen at udgøre halvdelen af omkostningen for en konventionel bil (som er ca. 1 kr./km), mens den for PHEV'er antages 10 % højere end konventionelle biler som følge af bilernes dobbelte teknologi.

#### *Bruttonationalproduktet (BNP)*

Bruttonationalproduktet fremskrives eksogent med Finansministeriets forudsætninger, jf. forudsætningsnotat nr. 3D. Økonomiske vækstforudsætninger.

#### *Befolkningens størrelse (POP)*

Befolkningens størrelse er eksogent fremskrevet af Danmarks Statistik [3].

### **2.3 Model og metode for fremskrivning**

I Energistyrelsens implementering af DTU's FLEETSIZE-model foregår fremskrivningen af bilbestanden og bilsalget sekventielt fra år til år. Dette er en konsekvens af den tidsmæssigt "laggede" natur i FLEETSIZE-modellen. Fremskrivningen af bilbestanden afhænger dels af variablernes værdi i fremskrivningsåret, men også af variablernes værdi 1-2 år inden det aktuelle fremskrivningsår. Der er i appendiks 5.1 i nærværende notat redegjort detaljeret for implementeringen. I det følgende gennemgås, hvorledes FLEETSIZE-modellen indgår i den samlede model for fremskrivning af bestanden af personbiler og det hermed forbundne salg af nye biler.

Det samlede salg af biler i år  $y + 1$  (fremskrivningsåret),  $S_{bil}^{y+1}$ , beregnes som forskellen mellem den fremskrevne ligevægtsbestand,  $B_{bil}^{y+1}$ , og den bilbestand fra året før, som stadig er i brug,  $OB_{bil}^{y+1}$ , og dermed fortsat er en del af den samlede ligevægtsbestand:

$$(3) S_{bil}^{y+1} = B_{bil}^{y+1} - OB_{bil}^{y+1}$$

Den samlede ligevægtsbestand beregnes med FLEETSIZE-modellen:

$$(4) B_{bil}^{y+1} = FLEETSIZE[CAPEX_{bil}^{y+1}, OPEX_{bil}^{y+1}, BNP_{bil}^{y+1}, POP_{bil}^{y+1}, CAPEX_{bil}^y, \dots]$$



og den tilbageværende bestand,  $OB_{bil}^{y+1}$ , beregnes med overlevelsesrater,  $O_{sta}$ , som angiver hvor stor en andel af bestanden fra året før, i et givet segment og med en given teknologi, som fortsat er i brug i fremskrivningsåret  $y + 1$  (hvor de så er blevet et år ældre):

$$(5) \quad OB_{bil}^{y+1} = \sum_{sta} O_{sta} \cdot B_{sta}^y$$

Det beregnede samlede salg i året,  $S_{bil}^{y+1}$ , fordeles på segmenter og teknologier med salgsandelene beregnet i bilvalgsmodellen  $P_{st}^{y+1}$ . Herved fremkommer salgstallet af biler fordelt på segmenter  $s$  og teknologier  $t$  - eller tilsvarende, den segment- og teknologidetaljerede bestand af personbiler med alder  $a = 0$ :

$$(6) \quad S_{st}^{y+1} = B_{st0}^{y+1} = S_{bil}^{y+1} \cdot P_{st}^{y+1}$$

Eftersom de årlige omkostninger i fremskrivningsåret, jf. ligning (2), afhænger af sammensætningen af bestanden i fremskrivningsåret:

$$OPEX_{bil}^{y+1} = OPEX_{bil}^{y+1} [B_{sta}^{y+1}]$$

og det samlede salg i fremskrivningsåret, jf. ligning (3), afhænger af den fremskrevne samlede bestand:

$$S_{bil}^{y+1} = S_{bil}^{y+1} [B_{bil}^{y+1}]$$

og bestandens sammensætning, jf. ligning (6), afhænger af det samlede salg (og salgfordelingen fra bilvalgsmodellen):

$$B_{sta}^{y+1} = B_{sta}^{y+1} [S_{sta}^{y+1}]$$

evalueres modellen numerisk i hvert fremskrivningsår ved iteration af ligningerne (1) til (6).

## 3. Kvalificering

### 3.1 Sammenligning med KF21

Modellen er den samme som blev anvendt til KF21.

### 3.2 Usikkerhed

Som enhver anden fremskrivning er modellen til fremskrivning af salget, bestanden og sammensætningen af personbilerne forbundet med usikkerhed. Det bemærkes, at metoden til fastlæggelse af størrelsen af det samlede salg er særdeles følsom med hensyn til overlevelsesraterne. Endvidere fremskrives bilparkens størrelse

alene på baggrund omkostningerne ved at købe og eje bil samt BNP pr. indbygger. Bilejerskab afvejes ikke i forhold til forudsætninger for omkostningerne forbundet med andre relevante transportalternativer, ligesom modellen ikke kan opfange pludselige ændringer i foretrukken transportform, som fx covid-19 har afstedkommet.

Bilbestandsmodellen tager ikke højde for eventuelt opstående trængsel på vejene og tidsomkostninger forbundet med længere rejsetider med heraf potentielle modale skift som konsekvens. Ligeledes er valg af bilejerskab ikke påvirket af ændringer i vilkårene for andre transportformer.

Det bemærkes ligeledes, at DTU's FLEETSIZE-model, som ligger til grund for fremskrivning af bilbestanden, er en makroøkonomisk ligevægtsmodel. Bilbestanden i basisåret, som der i Energistyrelsens fremskrivning kalibreres til, kan udelukkende antages at være tæt på den "ligevægtsbestand", som beregnes med FLEETSIZE-modellen. Metodeteoretisk betragtes bilbestanden i DTU's tidsserieestimering af modellen som en "stokastisk variabel", hvormed de faktisk observerede bilbestande i de givne år anskues som fluktuationer omkring en estimeret gennemsnitlig udvikling i bestanden (ligevægtsbestanden) på baggrund af de forklarende variable.

Angående usikkerheder knyttet til DTU's FLEETSIZE-model for udviklingen i den samlede bestand af personbiler, samt elasticiteter knyttet til de forklarende variable, henvises til DTU's dokumentation [1].

## 4. Kilder

[1]: "Analysis and prediction of private car ownership and use in Denmark", Dereje Fentie Abegaz, Katrine Hjort, Thomas Jensen og Ninette Pilegaard, DTU Management (2020).

[2]: "ART: En aggregeret prognosemodel for dansk vejtrafik", Mogens Fosgerau, Mikal Holmblad og Ninette Pilegaard, Notat nr. 5, Danmarks Transport Forskning (2004).

[3]: Danmarks Statistik, Statistikbanken, tabel FRDK119.

## 5. Appendiks

### 5.1 Modellen FLEETSIZ

Den fuldstændige specifikation og Energistyrelsen implementering af FLEETSIZ-modellen i forbindelse med fremskrivningen har den matematiske form:

$$\ln\left(\frac{B^{y+1}}{POP^{y+1}}\right) = (1 + c_1) \cdot \ln\left(\frac{B^y}{POP^y}\right) + c_2 \cdot \ln\left(\frac{B^{y-1}}{POP^{y-1}}\right) + c_3 \cdot \ln\left(\frac{BNP^{y+1}}{POP^{y+1}}\right) + c_4 \cdot \ln\left(\frac{BNP^y}{POP^y}\right) + c_5 \cdot \ln(CAPEX^{y+1}) + c_6 \cdot \ln(CAPEX^y) + c_7 \cdot \ln(OPEX^{y+1}) + c_8 \cdot \ln(OPEX^y) + c_9 - C_{basis} + C_{ref}$$

I Energistyrelsens model er FLEETSIZ implementeret i den anbefalede "kapitaltilpasnings"-version med restriktioner på parametrene  $c_i$  :

$$c_1 = \left(\frac{c_2 \cdot c_3}{c_4} - \frac{c_4}{c_3} - 1\right), \quad c_6 = \frac{c_5 \cdot c_4}{c_3}, \quad \text{og} \quad c_8 = \frac{c_7 \cdot c_4}{c_3}$$

Værdierne for de nødvendige parametre med kapitaltilpasnings-specifikationen fremgår af nedenstående *Tabel 1*.

*Tabel 1: Koefficienter i FLEETSIZ-modellen [1].*

Parameter	Værdi
$c_2$	-0,513
$c_3$	0,233
$c_4$	-0,166
$c_5$	-0,160
$c_7$	-0,095
$c_8$	-0,004

Konstanten  $C_{basis}$  er en konstant, som indekserer de indgående variable til 1 i basisåret *basis*:

$$C_{basis} = (1 + c_1) \cdot \ln\left(\frac{B^{basis}}{POP^{basis}}\right) + c_2 \cdot \ln\left(\frac{B^{basis-1}}{POP^{basis-1}}\right) + c_3 \cdot \ln\left(\frac{BNP^{basis+1}}{POP^{basis+1}}\right) + c_4 \cdot \ln\left(\frac{BNP^{basis}}{POP^{basis}}\right) + c_5 \cdot \ln(CAPEX^{basis+1}) + c_6 \cdot \ln(CAPEX^{basis}) + c_7 \cdot \ln(OPEX^{basis+1}) + c_8 \cdot \ln(OPEX^{basis})$$

Konstanten  $C_{ref}$  skalerer de basisår-indekserede variable til værdien af indekset i det sidste år ( $ref$ ) med den indeksering for tidserierne, som lå til grund for estimering af FLEETSIZE-modellen:

$$C_{ref} = (1 + c_1) \cdot \ln(I_{B/POP}^{ref}) + c_2 \cdot \ln(I_{B/POP}^{ref}) \\ + c_3 \cdot \ln(I_{BNP/POP}^{ref}) + c_4 \cdot \ln(I_{BNP/POP}^{ref}) \\ + c_5 \cdot \ln(I_{CAPEX}^{ref}) + c_6 \cdot \ln(I_{CAPEX}^{ref}) \\ + c_7 \cdot \ln(I_{OPEX}^{ref}) + c_8 \cdot \ln(I_{OPEX}^{ref})$$