

- • • • • • • • • • • • • • • •
- • • • • • • • • • • • • • • •
- • • • • • • • • • • • • • • •
- • • • • • • • • • • • • • • •

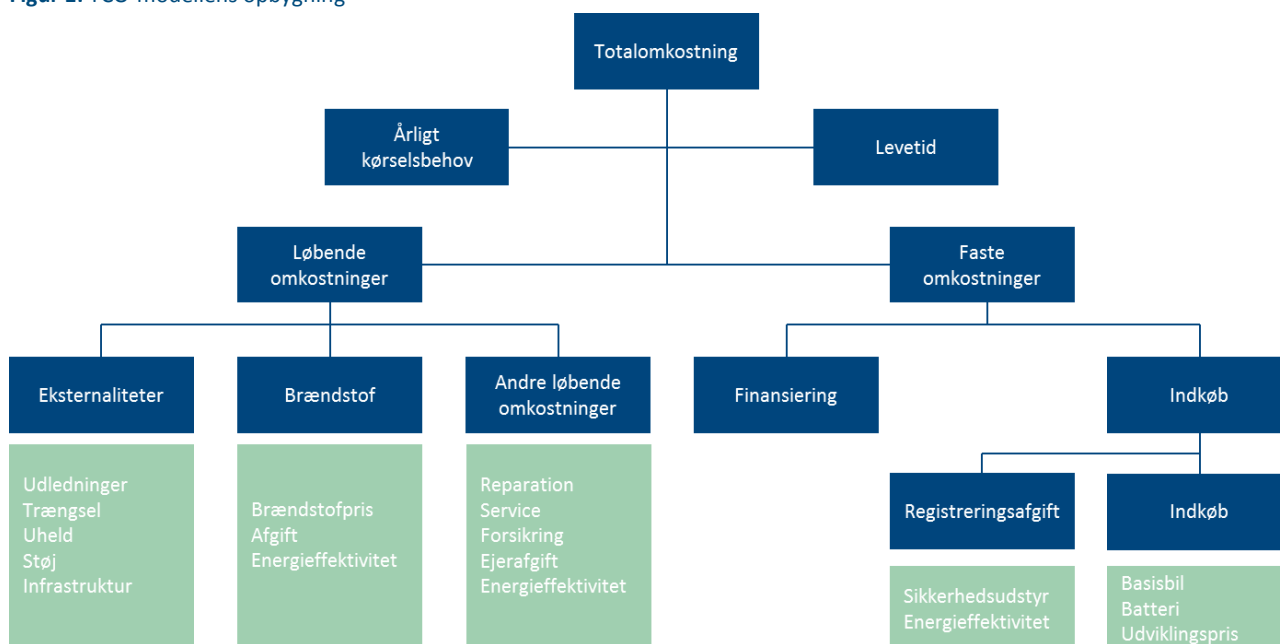
Metodenotat til Klimarådets kapitel om elbiler og afgifter

I Klimarådets rapport fra 2016, *Afgifter der forandrer – forslag til klimavenlige afgiftsomlægninger*, omhandler kapitel 4 elbiler og afgifter. Kapitlet gør brug af to modeller, som Klimarådet selv har udviklet. Det er dels en totalomkostningsmodel for bilejerskab og dels en bilvalgsmodel. Dette notat beskriver de to modeller. Sidst i notatet er vist, hvordan modellernes resultater afhænger af ændrede antagelser. Yderligere information om modellerne kan fås ved henvendelse til Klimarådets sekretariat.

1. Totalomkostningsmodel for bilejerskab (TCO-model)

TCO-modellen udregner de samlede omkostninger ved at købe, eje og bruge en given bil i dens fulde levetid – både privatøkonomisk og samfundsøkonomisk. Den privatøkonomiske beregning medtager afgifter, mens den samfundsøkonomiske beregning medtager eksternaliteter. I rapporten er modellen anvendt på bilerne VW Up!, VW eUp!, VW Golf og VW eGolf, og totalomkostninger er udregnet for biler købt hvert år fra 2015 til 2030. Omkostningerne i de enkelte år tilbagediskonteres til købsåret med en rente på 4 pct. Up'en benævnes i det følgende *mikro*bil, mens Golf'en benævnes *familie*bil. Figur 1 illustrerer TCO-modellens opbygning og hvilke faktorer, der indgår i modellen. Nedenfor beskrives antagelserne bag de forskellige faktorer.

Figur 1: TCO-modellens opbygning



Kørselsbehov og levetid

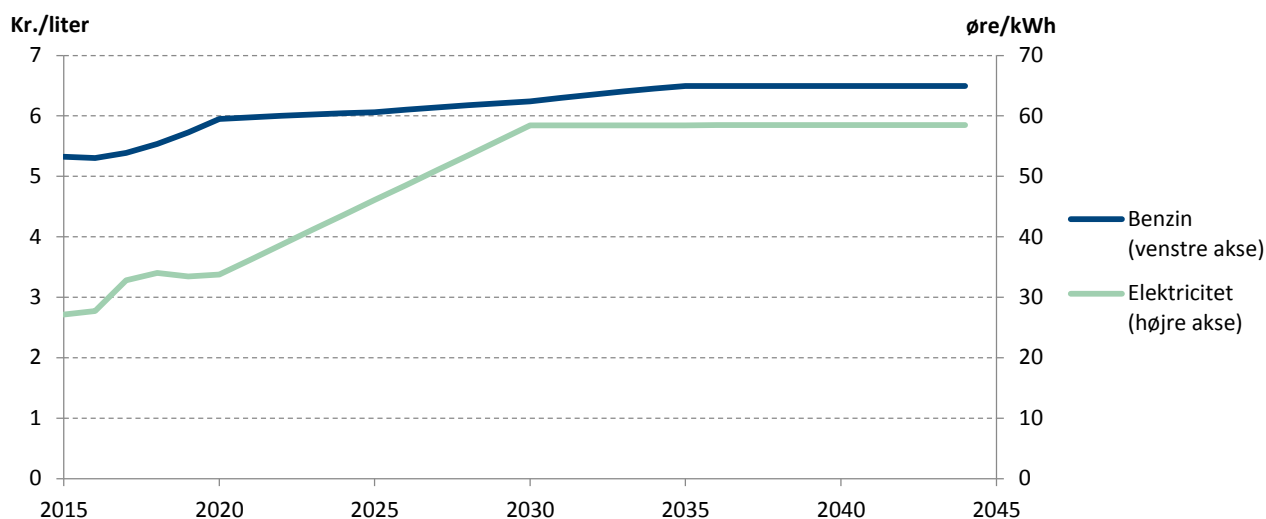
For alle de fire analyserede biler er antaget et årligt kørselsbehov på 16.400 km og en levetid på 15 år. Begge størrelser svarer omtrentligt til gennemsnittet for en bil i dag. Men der er naturligvis store forskelle på tværs af individuelle biler, og det vil også give sig udslag i totalomkostningerne. Større årligt kørselsbehov og længere levetid betyder lavere totalomkostninger målt pr. kørt kilometer.

Det er værd at overveje, om elbiler og benzinbiler vil køre lige langt om året. Man kan fx forestille sig, at elbiler på grund af den kortere rækkevidde vil have en mindre årlig kørsel end tilsvarende benzinbiler. Klimarådet har dog valgt at benytte samme antagelse på tværs af biltyper og bilstørrelser for at lette sammenligningen. Det samme er tilfældet med de små mikrobiler og de lidt større familiebiler, hvor der benyttes samme kørselsbehov og levetid.

Benzin- og elpriser

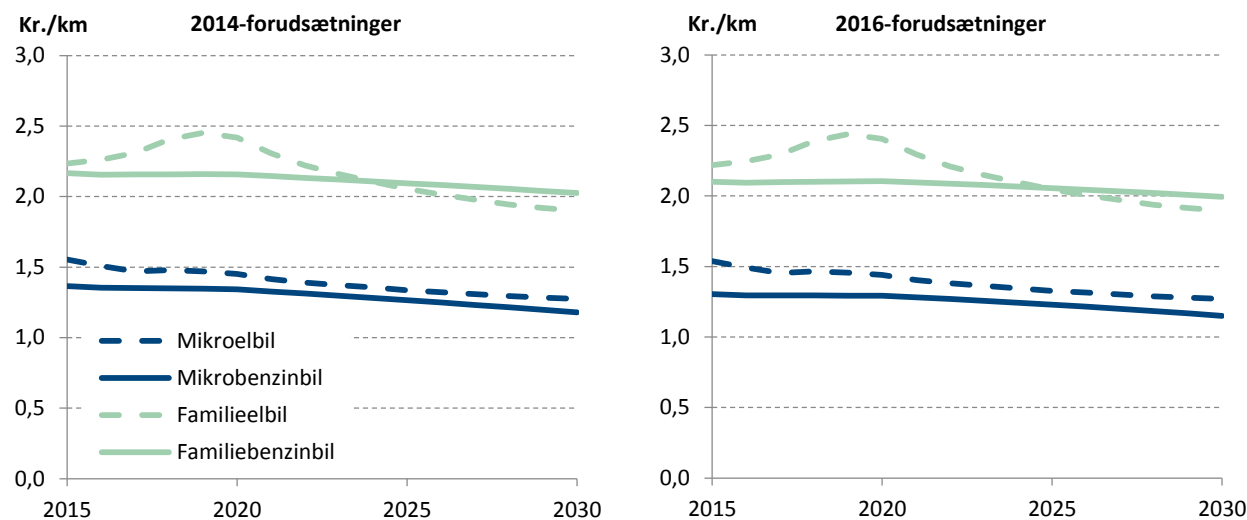
Antagelserne for benzin- og elpriser følger Energistyrelsens samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger for 2014. Priserne før afgifter er vist i figur 2. Til benzinprisen lægges 4,14 kr./liter i energiafgift og 0,39 kr./liter i CO₂-afgift. Til elprisen lægges 12 øre/kWh i nettarif, 0,89 øre/kWh i energiafgift og 0,26 øre/kWh i PSO-tarif. Alle satser holdes konstant i 2015-priser.

Figur 2: Antagelser for benzin- og elpriser før afgifter og tariffer i 2015-priser



Energistyrelsen har opdateret sine beregningsforudsætninger i foråret 2016 efter redaktionens slutning for kapitlet om elbiler. Derfor benytter kapitlet forudsætningerne fra 2014. Opdateringen i 2016 har betydet, at forventningerne til både elprisen og benzinprisen er faldet – især i de første år efter 2015. Figur 3 viser, hvilken betydning det har for TCO-modellens resultater, hvis man benytter beregningsforudsætningerne fra 2016 frem for fra 2014. Figuren til venstre er identisk med figur 4.12 i selve kapitlet. Det ses, at de nye beregningsforudsætninger ikke påvirker modellens resultater særligt. Elbilerne bliver en anelse dyrere end de tilsvarende benzinbiler, men ændringen er marginal. De kvalitative konklusioner, der kan drages på baggrund af figuren, er uændrede. Den begrænsede konsekvens skyldes dels, at både el- og benzinpris falder, og dels at udgifter til drivmiddel generelt er en mindre del af en bils samlede totaløkonomi.

Figur 3: Totale privatøkonomiske omkostninger pr. kilometer ved forskellige forudsætninger for el- og benzinpris



Energieffektivitet og rækkevidde

Energieffektiviteten for bilerne i 2015 fremgår af tabel 1 og svarer til de officielle tal for Volkswagen. Frem mod 2030 er antaget en lineær reduktion i den inverse effektivitet målt i MJ/km. Denne reduktion svarer til den tilsvarende antagelse i *Grønt Roadmap 2030*.¹

Realitetsfaktoren angiver, hvor meget en bils faktiske energiforbrug overstiger de officielle testtal. Denne faktor er for benziner sat til 1,25 i 2016 stigende til 1,35 i 2020, hvorefter den holdes konstant. Det er i overensstemmelse for antagelserne i Energistyrelsens basisfremskrivning. Der er stor usikkerhed om realitetsfaktoren for elbiler, og den er derfor holdt konstant på de 1,25.

Elbilens rækkevidde har indirekte betydning for totalomkostningerne. Det skyldes, at større rækkevidde for givne batteripriser målt pr. kWh betyder højere indkøbspris. Rækkevidden i 2015 er sat til Volkswagens officielle tal, som er 172 km for VW eUp! og 206 km for VW eGolf. Disse tal øges løbende til henholdsvis 300 km og 350 km i 2030. Rækkevidden i 2030 er Klimarådets egen vurdering af udviklingen baseret på en bred vifte af kilder.

Tabel 1: Antagelser for benzin- og elpriser før afgifter og tariffer i 2015-priser

	Mikrobenzinbil		Mikroelbil		Familiebenzinbil		Familieelbil	
	2015	2030	2015	2030	2015	2030	2015	2030
Energieffektivitet (km per liter)	24,3	34,6	78,2	94,0	23,2	31,2	71,4	82,5
Realitetsfaktor	1,25	1,35	1,25	1,25	1,25	1,35	1,25	1,25
Rækkevidde (km)	750	750	160	300	900	900	190	350

Indkøbspris på biler og batterier

Indkøbsprisen for en benzinbil før moms og afgifter er sat til 112.000 kr. for familieudgaven og 60.000 kr. for mikroudgaven. Det svarer til Volkswagens nuværende listepreiser. Disse priser er antaget konstante i alle modellens år. Da

¹ EA Energianalyse, *Grønt Roadmap 2030*, 2015.

Klimarådets analyse har fokus på forskellen i pris mellem elbiler og konventionelle priser, fungerer benzinbilens pris således som anker. Dermed tager analysen ikke stilling til, om benzinbiler generelt vil falde eller stige i pris.

Elbilens pris udregnes som prisen på den tilsvarende benzinbils pris plus prisen på batteriet og plus en merpris, der afspejler, at elbiler i dag produceres i langt mindre antal end benzinbiler. Merprisen i 2015 beregnes som et residual givet dagens listepriis på elbiler og antagelsen om batteriprisen, som er vist i tabel 2. Denne merpris er i 2015 65 pct. af prisen på den tilsvarende benzinbil. Merprisen nedtrappes løbende, så den når 4 pct. i 2030. Dermed vil elbiler og benzinbiler stort set have samme produktionsomkostninger i 2030, når der ses bort fra batteriet. Denne antagelse bygger på en vurdering fra Klimarådet til den fremtidige produktionsmængde af elbiler. På den ene side kan elbilens elmotor på sigt påregnes at være billigere end forbrændingsmotoren på grund af færre bevægelige dele og manglen på gearkasse. På den anden side kræver en elbil mere avancerede elektriske systemer, som vil medføre en merpris. Analyser peger på, at den endelige forskel i basispris kan forventes at blive beskeden.²

Prisen på batterilagring er et væsentligt element i elbilens samlede økonomi. Der er lavet mange tidligere analyser på dette område. Kapitlets antagelser lægger sig op af disse større analyser. Prisen for batterilagring forventes at følge udviklingen angivet i tabel 2, hvor udviklingen er konstrueret som "best fit" på baggrund forskellige producenters udmeldinger og en række analysers forventninger til fremtiden (se figur 4.9 i kapitlet). Batteriprisen antages at inkludere battericeller, batteripakke, BMS og øvrige balance-of-plant-komponenter.

Tabel 2: Antagelser for benzinpriser og batteriers levetid fra 2015 til 2030

	2015	2020	2030
Batteripris (kr./kWh)	2.250	1.600	885
Levetid	8,0	9,3	12,5

Batteriets levetid antages ligesom prisen at udvikle sig i positiv retning i takt med, at produktionen af batterierne bliver mere ensrettet og kemien mere forfinet.³ I dag tilbyder bilproducenterne op til 8 års (160.000 km) garanti på elbilernes batteri.⁴ Batterierne må derfor påregnes at skulle skiftes i løbet af bilens levetid. Dette er medtaget som en yderligere udgift i bilens levetid. Der er ikke indregnet eventuel gensalgsværdi for et ikke udtjent batteri ved udløb af bilens levetid. Der antages en 3 pct. årlig stigning i batteripakkers energidensitet og levetid fra 2015 til 2030.

For at levere størst mulig effektivitet og længst mulig levetid opereres batterier kun i et vist spænd af deres kapacitet. Det vil sige, at de kun aflades til fx 15 pct., inden opladning er nødvendig. Derfor er der typisk installeret større batterikapacitet, end der reelt er til rådighed. Dette forøger udgiften til batteriet. Der er i analysen antaget, at kun 85 pct. af batterikapaciteten udnyttes.

Til indkøbsprisen lægges moms og registreringsafgift udregnet efter gældende regler. Regeringens indfasning af afgifter for elbilerne er medtaget i beregningen, ligesom afgiftens størrelse udregnes efter bilens energieffektivitet efter gældende lovgivning. Alle biler er antaget at have ens niveau af sikkerhedsudstyr. Dette giver et fradrag i beskatningsværdien på 13.970 Kr. for sikkerhedsudstyr og yderligere 600 kr. i bundfradrag for selealarmer. Desuden får alle elbiler det vedtagne bundfradrag på 10.000 kr. i 2016 og 2017. Alle satser antages fastholdt i nominelle priser med undtagelse af knæpunktet i registreringsafgiften, hvor satsen stiger fra 105 pct. til 150 pct. i registreringsafgiften, som fastholdes i reale priser.

Indkøbet af bilen er antaget finansieret med 20 pct. kontakt betaling og 80 pct. låntagning med et 8-årigt billån til 8 pct. i nominal rente.

² Element Energy, *Influence on the Low Carbon Car Market from 2020-2030*, 2011.

³ Jf. møde med Søren Dahl, projektleder hos Haldor Topsøe.

⁴ <http://www.nissanusa.com/electric-cars/leaf/charging-range/battery/>

Øvrige løbende omkostninger

Klimarådet antager omkostninger til løbende reparation og vedligeholdelse på 0,2 kr./km for alle biler. Man kan argumentere for, at elbiler har mindre udgifter til vedligeholdelse på grund af færre bevægelige dele. På den anden side er det muligt, at elbilen – som ny teknologi – vil være lidt dyrere at reparere. Da der er argumenter i begge retninger og for at sikre sammenlignelighed, er disse omkostninger derfor holdt ens for el- og benzinbiler.

Baseret på oplysning fra hjemmesiden forsikringscheck.dk er den årlige forsikringspræmie ved en årskørsel på 16.400 km sat til 3.920 kr. Dette beløb er også antaget identisk på tværs af biltyper.

Der tillægges årlig grøn ejerafgift efter gældende regler. Ejerafgiften er for alle benzin- og elbiler i analysen 610 kr. årligt.

Eksternaliteter og udledning

Eksternaliteter for uheld, trængsel og infrastruktur værdisættes med basisforudsætninger i den transportøkonomiske model TERESA.⁵ Disse antages i denne analyse ikke at variere med bilstørrelse og drivmiddel. Støj værdisættes ligeledes efter TERESA's basisforudsætninger. Der skelnes her mellem forskellige drivmidler, idet elbiler støjer mindre end benzinbiler, og der benyttes vægtede værdier for land/by.

CO₂ værdisættes i analysen til 1.000 kr./ton. Samme værdi blev benyttet af EA Energianalyse i *Grønt Roadmap 2030*. Størrelsen diskuteres i kapitlet. Udledningen af CO₂ fra elproduktion antages at følge den gennemsnitlige elproduktion som givet i Energistyrelsens beregningsforudsætninger for samfundsøkonomiske beregninger 2014. CO₂-indholdet for benzin er sat til 73 g/MJ for benzin.

Iblandning af biobrændstoffer opjusteres løbende, og biobrændstof forudsættes at være CO₂-neutralt. Iblandning af bioethanol i benzin for eksisterende biler antages øget til 10 vol.pct. i 2020 (E10), mens nye biler antages at benytte 20 vol.pct iblanding af bioethanol. Dette resulterer i gennemsnitligt 16 vol.pct. iblanding af bioethanol i 2030. Den gennemsnitlige iblanding øges, i takt med at bilparken udskiftes.

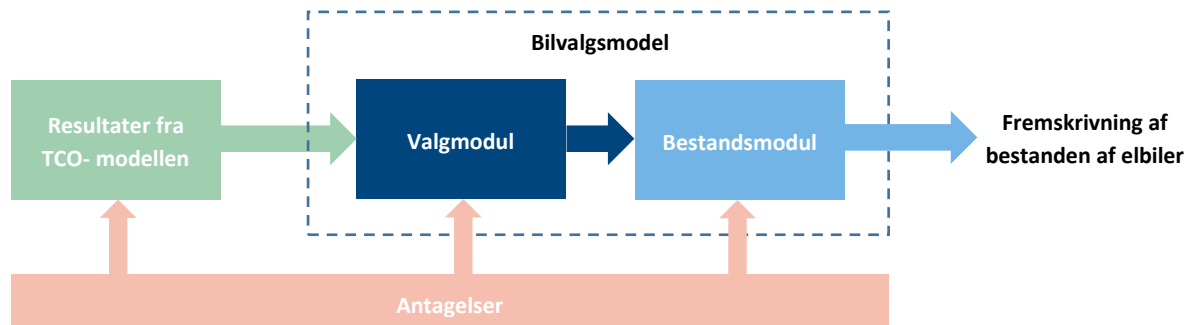
Eksternaliteterne ved øvrige udledninger for benzin og diesel (NO_x, SO_x, partikler og CO) er værdisat pr. km ud fra tal i TERESA's beregningsforudsætninger. Iblandning af biobrændstoffer antages ikke at påvirke øvrige udledninger. For elbiler er bidraget til luftforurening angivet ud fra enhedspriser for centrale anlæg i Energistyrelsens basisforudsætninger for samfundsøkonomiske beregninger, og udledningsprofilen følger gennemsnitlig elproduktion. Dette giver en væsentligt lavere omkostning end ved at benytte TERESA's enhedspris per kørt km. Luftforureningens bidrag til den samlede økonomi er imidlertid lille, hvorfor det har minimal effekt på den samfundsøkonomiske totaløkonomi.

⁵ <http://www.modelcenter.transport.dtu.dk/Noegletal/TERESA>.

2. Bilvalgsmode

Klimarådet har konstrueret en bilvalgsmode, der kan fremskrive bilbestanden fordelt på elbiler og konventionelle biler. Modellen gør brug af brug af resultaterne fra TCO-modellen og består af to moduler; et valgmodul og et bestandsmodul, som figur 4 viser. De to moduler beskrives nedenfor.

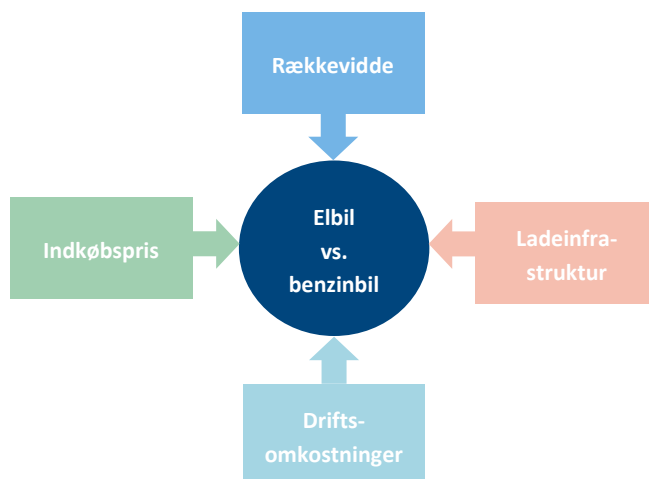
Figur 4: Illustration af bilvalgsmode og sammenhæng med TCO-modellen



Valgmodul

I valgmodul udregnes sandsynligheden for, at en tilfældig bilkøber i et fremtidigt år vælger en elbil frem for en benzinbil, som i modulet repræsenterer de konventionelle biler. Sandsynligheden baserer sig på fremskrivninger af bilernes indkøbspris inkl. afgifter, løbende driftsomkostninger herunder udgifterne til drivmiddel, rækkevidde på en opladning/optankning samt for elbilernes vedkommende offentlig ladeinfrastruktur. Det er illustreret i figur 5.

Figur 5: Illustration af valgmodulet i bilvalgsmode



Nytten af biltype i er

$$U_i = A_i + \alpha_i X_i + v_i, \quad i = el, benzin,$$

hvor X er en vektor af de karakteristika, der er vist i figur 5, α er den tilknyttede koefficientvektor, A angiver nytteniveauet for hver bil uafhængigt af karakteristika, mens v er et stokastisk led, der varierer på tværs af forskellige bilkøbere. Leddet afspejler, at bilkøberne har forskellige præferencer for elbiler i forhold til konventionelle biler. En bilkøber vælger en elbil, når $U_{el} > U_{benzin}$, hvilket sker, når

$$v_{el} > \alpha_{benzin} X_{benzin} - \alpha_{el} X_{el} - A_{el},$$

idet man uden tab af generalitet kan sætte $A_{benzin} = v_{benzin} = 0$. Der benyttes en såkaldt logit-model, hvilket betyder, at v antages logistisk fordelt, således at sandsynligheden for, at en given bilkøber vælger en elbil givet bilernes karakteristika, er

$$Prob(U_{el} > U_{benzin}) = \frac{1}{1 + \exp(\alpha_{benzin} X_{benzin} - \alpha_{el} X_{el} - A_{el})}$$

Parameteren A_{el} kalibreres således, at sandsynligheden for at vælge en elbil i basisåret svarer til den observerede andel af elbiler i nysalget. Som basisår er valgt 2014, idet salget i 2015 har været ekstraordinært stort på grund af afgiftsindfasningen fra 2016. I salgstallet for 2014 er fratrukket elbiler købt med offentlig støtte. Ca. 50 pct. af elbilerne i 2014 var købt gennem støttede ordninger under den betingelse, at de ikke ville være købt uden støtte.

Parametervektoren α kommer fra et studie fra DTU.⁶ Studiet har spurgt til bilisters vurdering af forskellige karakteristika ved elbiler både før og efter, bilisterne prøvede at besidde og køre en elbil i en længere periode. I Klimarådets model benyttes efter-værdierne ud for en betragtning om, at i fremtiden med en langt større andel af elbiler end i dag vil mange flere potentielle elbilkøbere kunne indhente erfaringer fra personer i deres omgangskreds, der allerede har købt en elbil. Koefficienterne er vist i tabel 3.

Tabel 3: Koefficienter i valgmodulet.

		Elbil	Benzinbil
Købspris	<i>Kr.</i>	-0,0000176	-0,0000176
Driftsomkostninger	<i>Kr./km</i>	-5,2	-1,21
Rækkevidde	<i>Km</i>	0,023	0,001
Ladeinfrastruktur	<i>Indeks</i>	0,6	0

I tabel 3 er rækkevidde-koefficienten for elbiler reduceret fra 0,027 i DTU-studiet til 0,023. Begrundelsen herfor er, at DTU-studiet benyttede elbiler med en noget kortere rækkevidde end de modeller, man kan forvente på markedet de kommende år. Når rækkevidden er kort, må det forventes, at én ekstra km har større værdi, end når rækkevidden i udgangspunktet er længere. Derfor har Klimarådet valgt at nedjustere den konkrete parameter.

Offentlig ladeinfrastruktur indgår som et indeks fra 0 til 1, hvor et højere indeks betyder lettere tilgængelig og hurtigere opladning i det offentlige rum. Indekset er sat til 0,3 i 2015 stigende til 0,75 i 2030. Klimarådet har således vurderet, at nytteværdien af den offentlige ladeinfrastruktur vil blive mere end fordoblet de næste 15 år.

⁶ Anders Fjendbo Jensen, *Assessing the Impact of Direct Experience on Individual Preferences and Attitudes for Electric Vehicles*, DTU, 2015.

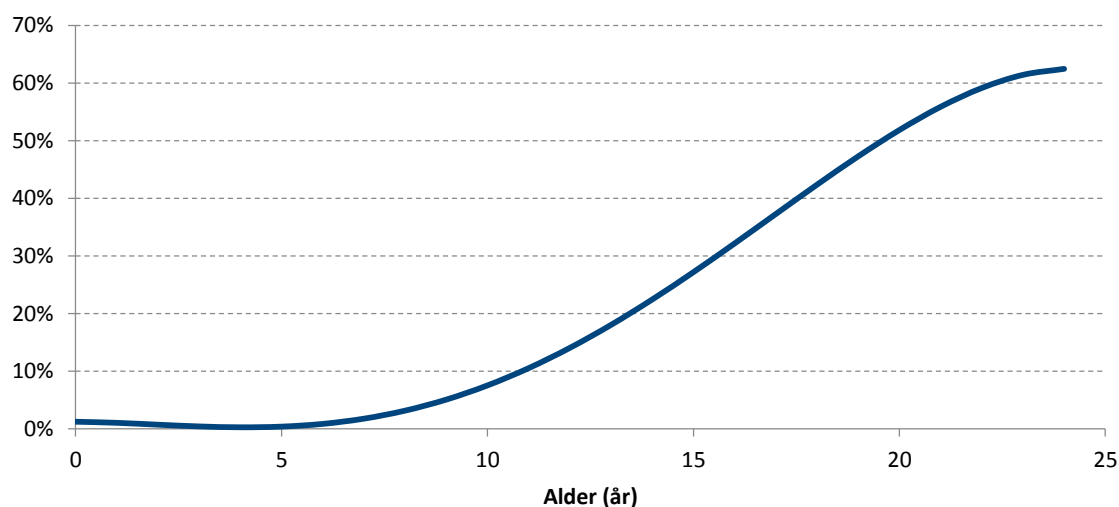
De øvrige karakteristika – købspris, driftsomkostninger og rækkevidde – leveres af TCO-modellen. Der benyttes et vægtet gennemsnit af de to bilklasser, således at familiebilen tæller 75 pct. og mikrobilen tæller 25 pct. Denne fordeling svarer i store træk til, hvordan fordelingen på klasser er i den nuværende danske bilpark.

Bestandsmodul

Dette modul fremskriver udviklingen i bilbestanden fordelt på alder og biltyperne elbil og konventionel bil. Modulets fundament er Landstrafikmodellens fremskrivning af det totale antal køretøjskilometer. Der antages en årlig vækst på 1,9 pct. indtil 2020 og 0,6 pct. herefter. Ved at benytte det gennemsnitlige kørselsomfang pr. bil kan antallet af køretøjskilometer omregnes til en nødvendig bilbestand. I bestandsmodulet antages for nemheds skyld, at den gennemsnitlige bil kører samme antal kilometer årligt i alle år. Dermed svarer væksten i det totale antal køretøjskilometer til væksten i bilbestanden.

Hvert år skal der tilføres nye biler til bestanden for at dels dække det øgede kørselsomfang og dels kompensere for de biler, som skrottes og dermed forlader bestanden. Bilparkens aldersfordeling bestemmer, hvor mange biler der skrottes i et givet år, idet ældre biler har større sandsynlighed for at blive skrottet end en yngre. Derfor er det nødvendigt i bestandsmodulet at have styr på størrelsen af de forskellige årgange. Klimarådet har på baggrund af data fra Danmarks Statistik estimeret, hvor stor sandsynligheden er for at en bil fra en given årgang skrottes i det respektive år. Estimationen er vist i figur 6. Skrotningssandsynligheden falder faktisk en smule de første år, men stiger derefter med alderen. Der antages samme skrottningsprofil for elbiler og konventionelle biler.

Figur 6: Andel af bilbestanden i hver aldersgruppe, der skrottes i et givent år



Når man har styr på de årlige skrotninger og den samlede vækst i bilbestanden, kan det årlige nybilsalg beregnes. Det er det salg, som givet skrottningsomfanget giver den forudsatte vækst i bilbestanden. Fordelingen af salget på elbiler og konventionelle biler i hvert år stammer fra valgmodulet. På den måde kan bestanden af elbiler løbende fremskrives, idet bestanden udgøres af det akkumulerede nysalg af elbiler fratrukket den akkumulerede skrotning af elbiler.

3. Følsomhedsanalyse

Resultaterne fra TCO-modellen og bilvalgsmodellen afhænger af de benyttede antagelser. Fremskrivninger af fx benzinpris og prisen på batterier påvirker elbilernes økonomi relativt til konventionelle biler og dermed, hvor mange elbiler man kan forvente i fremtiden.

Tabel 4 viser, hvordan bilvalgsmodellens bud på antallet af elbiler i 2030 påvirkes af forskellige ændringer i antagelserne. Tabellen indeholder både deciderede følsomhedsberegninger og effekterne af kapitlets anbefalinger til ændringer i registreringsafgiften.

Tabel 4: Følsomhedsanalyse – effekt på bestand af elbiler og elandel i nysalget i 2030 af ændrede antagelser.

	Antal elbiler i 2030	Elbilernes andel af nysalget i 2030
Basisantagelser	260.000	28 pct.
Registreringsafgift:		
Fradrag i afgiftsgrundlag lig batteriets pris	402.000	37 pct.
Fjernelse af minimumsafgift på 20.000 kr.	274.000	29 pct.
Batteripris:		
Batteri 500 kr./kWh dyrere i 2030	173.000	17 pct.
Batteri 500 kr./kWh billigere i 2030	377.000	42 pct.
Benzinpris:		
Benzin 3 kr./l dyrere ekskl. moms i 2030	296.000	32 pct.
Benzin 3 kr./l billigere ekskl. moms i 2030	228.000	25 pct.
Elpris:		
El 30 øre/kWh dyrere ekskl. moms i 2030	218.000	23 pct.
El 30 øre/kWh billigere ekskl. moms i 2030	308.000	34 pct.
Rækkevidde:		
Rækkevidde op med 50 km i 2030	410.000	49 pct.
Rækkevidde ned med 50 km i 2030	157.000	14 pct.
Øvrige:		
Fjernelse af PSO-tariffen fra elregningen	312.000	33 pct.
100 pct. udnyttelse af elbilens batterikapacitet	283.000	30 pct.

Udover antagelserne i tabel 4 er resultaterne også afhængige af de valgte koefficienter i bilvalgsmodellen. Der hersker betydelig usikkerhed om disse, og koefficienter estimeret i dag er ikke nødvendigvis retvisende hele vejen til 2030. Resultaterne skal derfor ses i dette lys og opfattes som et bedste bud på, hvor mange elbiler der vil køre på de danske veje i 2030.