



Hvor klimavenlige er elbiler sammenlignet med benzin- og dieslbiler?

Baggrundsnotat til Klimarådets analyse *Flere elbiler på de danske veje*

Indhold

1	Formål og konklusioner	2
2	Elbiler reducerer CO ₂ -udledningen i Danmark	4
3	Livscyklusanalyser kan belyse bilers globale CO ₂ -udledning	5
4	CO ₂ -belastning fra elbiler i dag	9
5	Elbilers CO ₂ -udledning i et fremtidsperspektiv	13
	Appendiks: Beskrivelse af de væsentligste beregningsforudsætninger.....	17

1 Formål og konklusioner

Formålet med dette notat er primært at svare på spørgsmålet om, hvor klimavenlige elbiler, der kører rundt på de danske veje, er i dag og i fremtiden sammenlignet med traditionelle benzin- og dieslbiler. I notatet undersøges desuden CO₂-udledningen fra plug-in-hybridbiler, da denne biltype fremadrettet forventes at erstatte et betydeligt antal benzin- og dieslbiler.

I dette notat bruges ordet *elbiler* om biltyper, hvor elektricitet fra et opladeligt batteri med ekstern forsyning er det eneste drivmiddel, mens biler, der både drives af benzin eller diesel samt elektricitet fra et opladeligt batteri med ekstern forsyning, kaldes *plug-in-hybridbiler*.

Notatet beskriver ikke andre miljøeffekter end CO₂. Biler påvirker ikke kun klimaet, men i høj grad også miljøet blandt andet gennem udledninger af luftforurenende stoffer og sundhedsskadelige partikler. Disse miljøpåvirkninger behandles ikke i dette notat, men er ikke desto mindre vigtige parametre at medtage i beslutningen om, hvilken retning den danske transportsektor skal udvikle sig i.

Notatet viser, at elbiler i dag er et effektivt virkemiddel til at reducere Danmarks CO₂-udledning i de ikke-kvotebelagte sektorer. I takt med at transportsektoren bliver elektrificeret, vil brugen af benzin og diesel blive erstattet af el, som i stigende grad vil blive baseret på vedvarende energi. Elbiler vil således være et vigtigt element i opfyldelsen af Danmarks drivhusgasreduktionsmål for de ikke-kvotebelagte sektorer i 2030. Tilsvarende vil elbiler kunne bidrage til at opfylde EU's krav om mere vedvarende energi i transporten.

På længere sigt vil elbiler endvidere være en afgørende brik for indfrielse af Klimalovens politiske 2050-mål om at omstille Danmark til et lavemissionssamfund baseret på vedvarende energi fremfor fossile brændsler som fx benzin og diesel.

Elbiler udleder ikke CO₂, når de kører. Der udledes dog stadig CO₂ ved brugen af elbiler, hvis den anvendte el produceres ved brug af fossile brændsler. Derudover udledes CO₂ i produktionen af elbiler, men da elbilerne ikke produceres i Danmark, tæller disse udledninger ikke med i Danmarks CO₂-udledning, men derimod i andre landes CO₂-udledning, da landene i deres rapportering til FN under Parisaftalen skal rapportere territoriale udledninger.

Til tider diskuteres det i medierne¹ såvel som i akademiske analyser², hvor klimavenlige elbiler er sammenlignet med benzin- og dieslbiler. Dette spørgsmål kan belyses med såkaldte livscyklusanalyser, også kaldet LCA-analyser, der kan kortlægge klimapåvirkninger fra produktion, forbrug og genanvendelse eller bortskaffelse af bilerne i et globalt perspektiv.

Klimarådet har gennemgået en række studier om elbilers CO₂-udledning set i et livscyklusperspektiv for at undersøge, hvor meget CO₂ der udledes fra produktion og brug af elbiler, samt hvilke faktorer der har størst betydning for den globale CO₂-udledning.

Hovedkonklusionerne i baggrundsnotatet er:

1. Elbiler kan bidrage betydeligt til at reducere Danmarks CO₂-udledning i de ikke-kvotebelagte sektorer og dermed bidrage til opfyldelse af Danmarks klimamål for disse sektorer. Når elbiler erstatter benzin- og dieslbiler, reduceres CO₂-udledningen fra

¹ Se fx kilde 1-4.

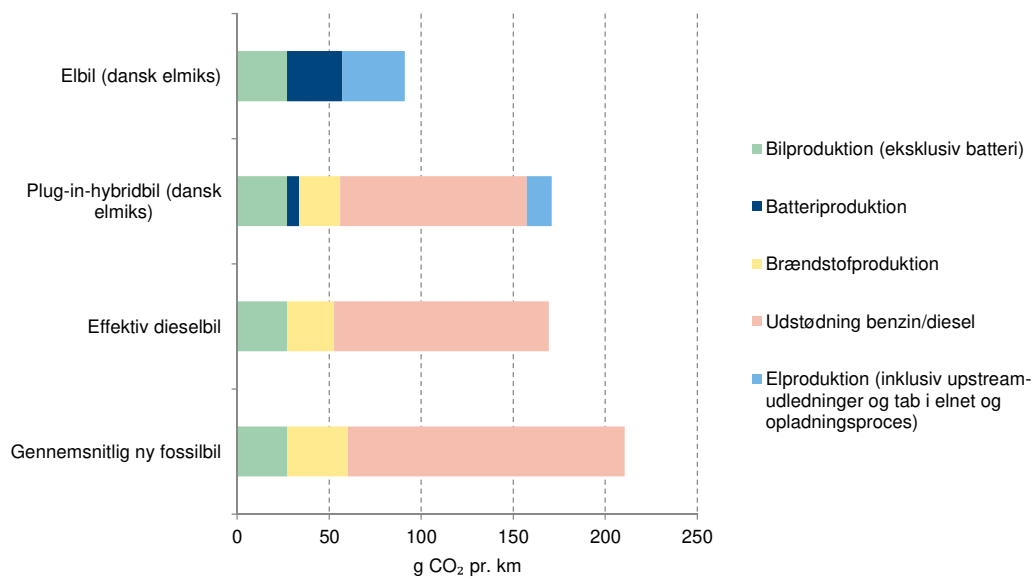
² Se fx kilde 5-17.

Klimarådet.

brugen af benzin og diesel i Danmark. Da Danmark er på vej mod anvendelse af 100 pct. vedvarende energi i elproduktionen, vil elbilernes forøgelse af det danske elforbrug fra omkring år 2030 og fremefter ikke medføre CO₂-udledninger fra dansk grund.

2. Brug af elbiler i Danmark i dag medfører en betydeligt lavere global CO₂-udledning, end det er tilfældet for benzin- og dieslbiler af tilsvarende størrelse, også selvom CO₂-udledningen fra bilproduktionen i udlandet medregnes. Det skyldes, at den gennemsnitlige CO₂-udledning fra dansk elproduktion allerede i dag er forholdsvis lav, hvorfor udledningen fra elproduktion i Danmark plus udledningen fra batteri- og bilproduktionen i udlandet samlet set er mindre end diesebilens udledning fra bilproduktion samt anvendelsen af diesel.
3. CO₂-udledningen fra plug-in-hybridbiler er meget afhængig af blandt andet batteristørrelse, kørselsmønster og opladningspraksis, og i nogle tilfælde vil udledningen over bilens levetid svare omtrent til udledningen fra tilsvarende effektive dieslbiler. Plug-in-hybridbiler kan dog også udlede mindre CO₂ end effektive dieslbiler over bilernes levetid, såfremt blandt andet batteristørrelse og brugsmønster af bilen tillader stor andel eldrift frem for benzin- eller dieseldrift.
4. Der er ofte en relativt høj CO₂-udledning forbundet med at producere batterier til elbiler. Udledningen er proportional med batteriets størrelse, og batteristørrelse er derfor afgørende for den samlede CO₂-udledning, der udledes i produktionen af elbiler.
5. Der er potentiale for at reducere CO₂-udledningerne relateret til produktion og brug af elbiler betydeligt, såfremt både elsektoren samt batteri- og bilproduktionen omstilles fra fossil til vedvarende energi.

Figur 1 illustrerer nogle af baggrundsnotatets hovedkonklusioner. Figuren viser, at elbiler, der bruger dansk produceret elektricitet, som i høj grad er baseret på vedvarende energi, udleder betydeligt mindre CO₂ end dieslbiler. Figuren viser tillige, at CO₂-udledningen fra plug-in-hybridbiler er nogenlunde på linje med effektive dieslbiler. De nærmere forudsætninger for disse konklusioner uddybes i afsnit 4 og i appendiks. Blandt de væsentligste forudsætninger kan nævnes, at bilerne sammenlignes ved et kørselsomfang på 200.000 kilometer over bilernes levetid, at den anvendte elbiltype har et batteri med en kapacitet på 40 kWh, og at plug-in-hybridbilerne i gennemsnit anvender 40 pct. el og 60 pct. benzin til fremdrift.



Figur 1: Global CO₂-udledning pr. km over bilens levetid

Anm.: Præcise antagelser og forudsætninger bag figuren beskrives i afsnit 4 samt i appendiks.

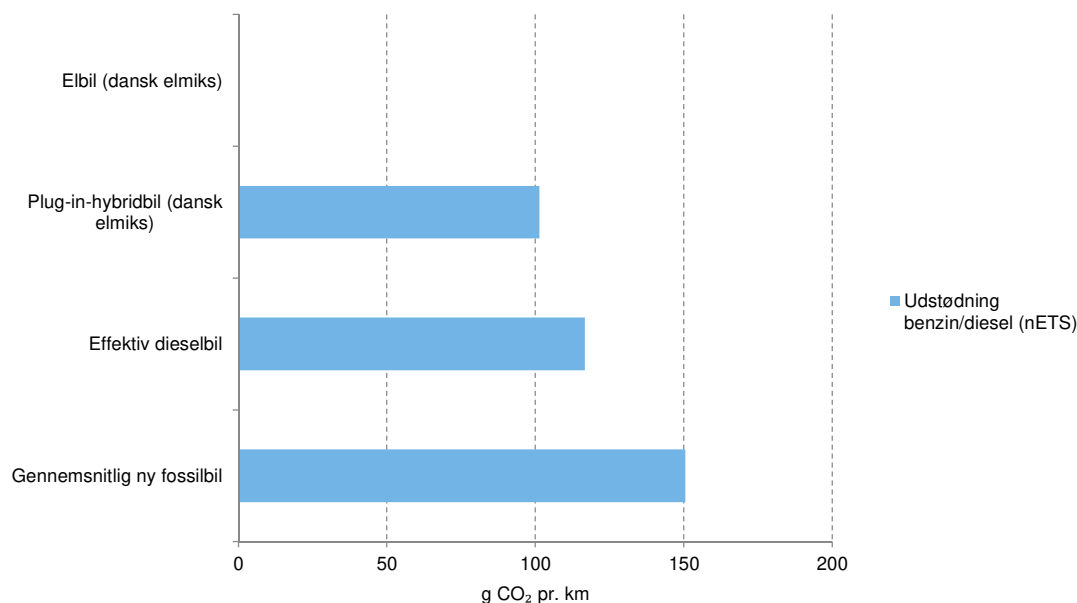
Kilde: Klimarådet.

Dette baggrundsnotats gennemgang af livscyklusanalyser understreger, at det er væsentligt at sikre, at en fremtidig storskalasatsning på elbiler i Danmark suppleres med en udbygning med vedvarende energi i elsektoren. Derved sikres, at det ekstra elforbrug, som elbilerne medfører, dækkes af vedvarende energi. Det er da også intentionen i Folketingets Energiaftale fra juni 2018, at Danmark inden for få år skal producere mere elektricitet fra vedvarende energi, end Danmark selv forbruger.

Herudover er det væsentligt, at der tillige sker en fortsat udbygning med vedvarende energi i elsektoren i resten af EU-landene, hvorfra Danmark importerer elektricitet, samt at elbilproducenterne i stigende grad formår at reducere CO₂-udledningen fra batteri- og bilproduktionen, fx ved brug af vedvarende energikilder.

2 Elbiler reducerer CO₂-udledningen i Danmark

Transportsektoren står for omkring 25 pct. af Danmarks samlede drivhusgasudledning og ca. 41 pct. af Danmarks ikke-kvotebelagte udledning. Figur 2 viser, at introduktion af elbiler i høj grad bidrager til at reducere Danmarks nationale udledning. Introduktion af elbiler i Danmark reducerer den nationale ikke-kvotebelagte udledning, som Danmark er forpligtet til at reducere med 39 pct. i 2030 set i forhold til udledningen i 2005.



Figur 2: Bidrag til Danmarks ikke-kvotebelagte CO₂-udledning pr. km over bilens levetid

Anm. 1: Præcise antagelser og forudsætninger bag figuren beskrives i afsnit 4 og i appendiks.

Anm. 2: Der ses bort fra iblanding af biobrændsler i benzin og diesel, hvorfor udledningen i Danmark fra benzin-, diesel- og plug-in-hybridbiler vil være lidt mindre, end det fremgår af figuren. Iblandingsandelen af biobrændsler er dog så lille, at dette har minimal betydning.

Kilde: Klimarådet.

Samtidig med, at CO₂-udledningen fra brugen af benzin- og dieslbiler reduceres som følge af introduktionen af elbiler, øger brugen af elbiler elforbruget i Danmark, ligesom der sker en udledning i udlandet ved produktion af biler og batterier. Det øgede elforbrug i Danmark kan på kort sigt medføre en forøgelse af elsektorens kvotebelagte CO₂-udledning i Danmark eller i andre lande, hvis elektriciteten, der benyttes i elbilerne, importeres til Danmark. Dette skyldes, at et øget elforbrug kan blive leveret af anlæg, der anvender fossile brændsler som kul og naturgas. Men hvis CO₂-udledningen fra elproduktion i Danmark fx reduceres til nul fra omkring år 2030 som følge af udbygning med vedvarende energi og udfasning af kul fra elproduktionen, som planlagt i Folketingets Energiaftale fra 2018, vil brugen af elbiler derefter ikke medføre udledning af CO₂ i Danmark. Dermed vil elbilerne i betydelig grad kunne bidrage til, at Danmark kan efterleve målsætningen om at reducere Danmarks samlede nationale drivhusgasudledninger til netto-nul i 2050.

3 Livscyklusanalyser kan belyse bilers globale CO₂-udledning

Livscyklusanalyser har ofte som formål at besvare spørgsmålet om, hvilke sammenlignelige produkter der har den laveste globale miljø- og klimabelastning i dag og/eller i fremtiden, men analyserne kan også anvendes til at kvantificere globale miljø- og klimaeffekter, som er forårsaget af politiske tiltag.

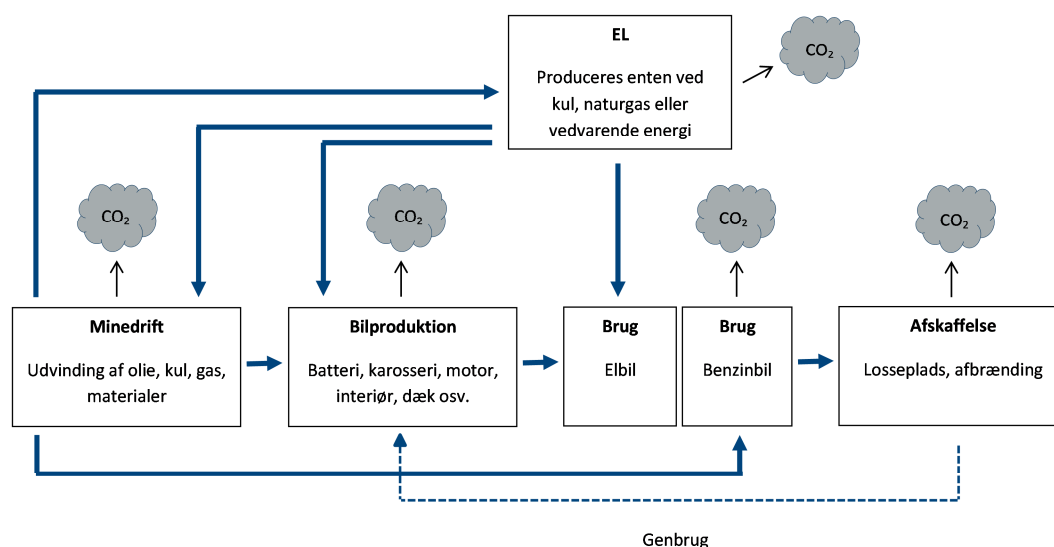
Analyse af bilernes CO₂-udledning i dag

I afsnit 4 beskrives udvalgte livscyklusanalyser, der fokuserer på, hvor meget CO₂ en elbil i dag udleder fra produktions- og brugsfasen sammenlignet med en tilsvarende benzin-, diesel- eller plug-in-hybridbil. Studierne har fokus på udledningen af CO₂, og derfor fokuseres der i dette baggrundsnotat også kun på CO₂, mens andre miljø- og klimapåvirkninger ikke behandles.

Klimarådet.

En sammenligning af CO₂-udledningen fra elbiler og benzin-, diesel- og plug-in-hybridbiler kan foretages ved brug af en såkaldt *attributiv livscyklusanalyse*. Her anvendes der gennemsnitlige værdier for CO₂-udledningen fra minedrift, olieudvinding/raffinering, elproduktion, batteriproduktion, bilproduktion osv.³

Figur 3 viser et diagram med centrale faser, der ofte indgår i sammenligninger af udledningerne fra køretøjer.



Figur 3: Skematisk diagram, der viser centrale faser i livscyklusstudierne

Kilde: Klimarådet.

Livscyklusanalyser er ofte både komplekse, datatunge og i høj grad afhængige af adgang til fx batteri- og bilproducenternes produktionsdata, ligesom resultaterne kan afhænge af, hvor mange processer analyserne inkluderer.

Klimarådet har ikke selv udarbejdet en fuld livscyklusanalyse, men har screenet litteraturen og fundet frem til en række relevante attributive livscyklusanalyser⁴. Denne screening har givet et overblik over, hvad forskellige studier kommer frem til af resultater og herunder, hvilke nøgleparametre der ifølge disse studier adskiller elbiler fra benzin- og dieslbiler. På den baggrund har Klimarådet foretaget nogle beregninger for at kunne illustrere CO₂-udledningen forbundet med produktion og brug af elbiler, plug-in-hybridbiler samt benzin- og dieslbiler. Resultaterne beskrives i afsnit 4 samt i appendiks.

Analyse af bilernes CO₂-udledning i fremtiden

I afsnit 5 beskrives desuden kvalitativt, hvordan livscyklusanalyseres resultater i princippet vil kunne anvendes til at belyse, hvor meget og hvor hurtigt den globale CO₂-udledning kan reduceres i fremtiden, når der sker en omstilling i stor skala fra benzin- og dieslbiler til elbiler.

³ Kilde 18-19 og 41.

⁴ Kilde 5-16.

Klimarådet.

Dette er et spørgsmål med mange usikkerheder, men det kan principielt belyses ved en såkaldt *konsekvensbaseret livscyklusanalyse*, som anvendes til at belyse konsekvenserne ved politiske tiltag⁵.

I en konsekvensbaseret livscyklusanalyse kan klimapåvirkningerne ved en storskala introduktion af elbiler analyseres, og det sker ofte ved at anvende et perspektiv, hvor CO₂-udledningen beskrives ved en marginalbetragtning. Her analyseres fx de mulige langsigtede fremtidige ændringer i CO₂-udledningen på globalt plan i et systemperspektiv, der blandt andet tager hensyn til, hvordan produktion af batterier og elbiler vil øge energi- og ressourceforbruget i forhold til konventionel bilproduktion samtidig med, at brugen af elbiler vil øge elforbruget og mindske diesel- og benzinforbruget set i forhold til et scenarie, hvor der ikke indføres elbiler⁶.

På kort sigt vil en forøgelse af elforbruget primært medføre udledninger fra eksisterende biomasse-, kul- og gasfyrede kraftværker, idet der ikke sker en ændring i elproduktionskapaciteten. Derfor vil stigningen i efterspørgslen efter el blive dækket af termiske værker, der er i stand til at øge deres produktion. På længere sigt vil et øget forbrug af elektricitet blive leveret af nye anlæg, idet der sker en strukturel tilpasning til forbruget, eller fordi det politisk besluttes fx at udbygge bestanden af produktionsanlæg. Hvis udbygningen er baseret på vedvarende energikilder, hvor CO₂-udledningen pr. kWh elektricitet er tæt på nul, vil den langsigtede marginale CO₂-udledning forbundet med at dække det stigende elforbrug, som elbiler medfører, være meget lav⁷. En kvalitativ beskrivelse heraf gives i afsnit 5.

Antagelser og usikkerheder

Livscyklusanalyser kan komme frem til forskellige resultater alt efter, hvilke beregningsantagelser og data der anvendes. Derfor er det også vigtigt at forstå de anvendte antagelser, så resultaterne tolkes korrekt. Resultatet af livscyklusanalyser afhænger i høj grad af:

- Hvorvidt man fokuserer på elbiler i lande med høj eller lav CO₂-udledning fra elproduktionen.
- Hvilke data, fx i form af oplysninger fra bil- og batteriproducenterne, der anvendes for CO₂-udledningen fra produktion af forskellige biltyper og batterier.
- Hvilke biltyper der sammenlignes, fx om det er store eller små biler, og om batterierne i elbilerne og plug-in-hybridbilerne er store eller små.
- I hvilken grad der korrigeres for, at benzin- og diesebilernes samt plug-in-hybridbilernes reelle benzin- og dieselforbrug og CO₂-udledning pr. kilometer ofte afviger betydeligt fra bilfabrikanternes oplysninger, og herunder i hvor høj grad plug-in-hybridbilerne kører på henholdsvis el eller benzin.
- Hvorvidt upstream-udledninger fra udvinding, transport og raffinering af fossile brændsler inkluderes.
- Hvor mange kilometer bilerne antages at køre over bilernes fulde levetid.

Klimarådet har derfor – for at skabe et overblik – foretaget en række beregninger for at vurdere effekten af analyseforudsætninger for de ovennævnte væsentlige parametre. Sådanne beregninger

⁵ Kilde 18-19.

⁶ Kilde 18-19 og 34.

⁷ Kilde 18, 24, 25, 28 og 41.

Klimarådet.

vil i alle tilfælde nødvendigvis være behæftet med usikkerhed og afhænger af beregningernes antagelser og inputdata.

Der er betydelig usikkerhed forbundet med at estimere CO₂-udledningen fra produktionen af elbiler og batterier i dag og i endnu højere grad forbedringspotentialerne fremadrettet. Det skyldes blandt andet, at overgangen til masseproduktion af elbilbatterier først for nylig er igangsat i primært Kina, Sydkorea og Japan samt senest i USA. Den globale produktion af elbiler forventes først for alvor at tage fart i de kommende årtier. Elbilernes markedsandel ventes at stige, og der forventes at blive etableret ny produktionskapacitet for batterier til elbiler i fx EU og USA, hvilket kan ændre CO₂-udledningen forbundet med batteri- og elbilproduktion. Dette forhold uddybes i appendiks.

Afgrænsning

Baggrundsnotatet sammenligner elbiler og plug-in-hybridbiler med traditionelle benzin- og dieselmotorbiler, og der er således ikke set på fx brint- og gasbiler eller biler med iblanding af biobrændstoffer eller syntetiske brændstoffer. Dette skyldes især, at bilproducenterne p.t. investerer i batteri- og elbilproduktionskapacitet, og at elbiler i mange scenarier antages at være den væsentligste fremtidige teknologi, når energi- og transportsystemet skal omlægges fra fossile brændsler til vedvarende energikilder. Hertil kommer, at plug-in-hybridbilerne i nogle scenarier anses for at være en overgangsteknologi til elbiler.

4 CO₂-belastning fra elbiler i dag

Som beskrevet i afsnit 3 kan man belyse spørgsmålet om, hvor meget CO₂ en elbil i dag udleder fra produktions- og brugsfasen sammenlignet med en tilsvarende benzin- eller diesebil ved en såkaldt *attributiv livscyklusanalyse*, hvori der anvendes gennemsnitlige værdier for CO₂-udledningen fra minedrift, olieudvinding/raffinering, elproduktion, batteriproduktion, bilproduktion m.v.⁸

Der er gennem årene lavet mange livscyklusstudier af elbiler⁹ og elbilbatterier¹⁰, hvor der anvendes en attributiv tilgang. Overordnet set peger mange af disse studier på, at elbiler generelt er mere klimavenlige end benzin- og diesebiler set over hele levetiden fra produktion, brug og skrotning.

Der findes dog også enkelte studier med den modsatte konklusion, nemlig at elbiler samlet set udleder mere CO₂ end benzin- og diesebiler. Nogle af disse studier omhandler elbiler med store batterier, der kører i lande med højere CO₂-udledning fra elproduktionen end i Danmark¹¹, og nogle gange sammenlignes disse store elbiler med en mindre gennemsnitsbenzinbil¹². Det er derfor væsentligt at holde sig for øje, hvilke biltyper der sammenlignes, samt hvilke energikilder der antages at levere strøm til elbilerne.

Elbiler udleder ganske vist ikke CO₂ direkte under kørslen, men der udledes mere CO₂ ved produktionen af en elbil end det er tilfældet ved produktion af benzin- og diesebiler. Dette skyldes ifølge nogle nye livscyklusstudier, at der udledes relativt meget CO₂ ved produktion af bilbatterier¹³. Dertil kommer, at der udledes CO₂ fra den andel af elektriciteten, der benyttes til at oplade elbilerne, der produceres ved fossile brændsler¹⁴, ligesom der også udledes CO₂ ved frembringelsen af brændsler som kul og naturgas, der anvendes i elproduktionen¹⁵.

Elbiler udleder i dag som oftest mindre CO₂ i brugsfasen, end der udledes fra benzin- og diesebiler. Når denne sammenligning foretages, er det vigtigt blandt andet at indregne tab i elnet, ladere og batterier i elbilerne og udledning af CO₂ ved udvinding, raffinering og transport af olieprodukter samt at tage højde for, at benzin- og diesebiler kører kortere på literen, end de er opgivet til ifølge producentoplysningerne. Det betyder, at jo længere elbiler kører i deres levetid, des mere reduceres den globale CO₂-udledning set i forhold til kørsel i en benzin- eller diesebil.

Elbilernes CO₂-aftryk i både produktions- og brugsfasen afhænger dog i høj grad af CO₂-udledningen fra elproduktionen i de lande, hvor bilerne og batterierne produceres, samt i de lande, hvor bilernes batterier oplades. I lande, hvor CO₂-udledningen fra elproduktionen er meget høj, fx i lande som Kina og Polen, hvor der anvendes kul på ineffektive kraftværker i elproduktionen, er elbiler ikke nødvendigvis mere klimavenlige end benzin- og diesebiler. Specielt ikke, hvis bilerne anvender store batterier, da der som nævnt kan være en høj CO₂-udledning forbundet med batteriproduktionen.

Figur 4 viser, at elbiler, der oplades i Danmark, allerede i dag har en lavere global CO₂-udledning set i et attributivt og gennemsnitligt livscyklusperspektiv end de mest effektive diesebiler af tilsvarende størrelse og type. Det skyldes primært, at CO₂-udledningen fra elproduktion i Danmark er lav på grund af en høj indfasning af vedvarende energikilder, primært vindmøller, og at den reduktion

⁸ Kilde 18-19.

⁹ Kilde 11-17.

¹⁰ Kilde 5-10.

¹¹ Se fx kilde 2.

¹² Se fx kilde 3.

¹³ Kilde 5, 6 og 8-10.

¹⁴ Kilde 33.

¹⁵ Kilde 31-32.

af CO₂-udledningen, der foregår ved kørsel, derfor kan opveje merudledningen af CO₂ i bilproduktionen relateret til produktion af elbilens batterier. Plug-in-hybridbilernes udledning er på niveau med de bedste sammenlignelige dieselmotorer.

Beregningen vist i figur 4 forudsætter blandt andet, at:

- Bilerne kører 200.000 kilometer over levetiden, hvilket er lavere end en dansk gennemsnits benzin- og dieselmotor og samtidig lidt højere end visse bilproducenters garantiperiode for elbatteriets funktionalitet.
- Elbilen og plug-in-hybridbilen har batterier med en kapacitet på henholdsvis 40 kWh og 9 kWh, at der ved batteriproduktionen udledes 150 kg CO₂ per kWh batteri, og at batterierne ikke skal udskiftes i bilens levetid. Disse batteristørrelser svarer til nogle af de nyligt introducerede elbiler og plug-in-hybridbiler i miniklassen og den lille mellemklasse¹⁶.
- Plug-in-hybridbilerne kører 40 pct. på el og 60 pct. på benzin¹⁷, hvilket er en lavere andel på el end antaget i NEDC-normen¹⁸. Andelen af eldrift kan variere meget afhængigt af blandt andet batteristørrelse, kørselsmønster og opladningspraksisser. Hvis flere af disse parametre optimeres, kan andelen af eldrift være højere end 40 pct. Tilsvarende kan andelen også være lavere, hvis bilen eksempelvis ikke oplades ofte, eller oftest bruges til lange ture.
- Benzin- og dieselmotorernes brændstoføkonomi afviger 42 pct. fra NEDC-normen¹⁹, og der ses bort fra iblanding af biobrændsler i benzin og diesel, da der i mange tilfælde kan være høje CO₂-udledninger fra produktionen af biobrændsler, herunder fra indirekte arealanvendelsesændringer.
- Elbilerne benytter dansk produceret elektricitet med en CO₂-udledning på 213 g CO₂ pr. kWh i 2017, og udledningen antages, som et groft overslag, at falde lineært til 0 g CO₂ i 2030.
- Der tillægges upstream-CO₂-udledninger fra udvinding, raffinering og transport af både benzin og diesel, samt fossile brændsler der anvendes i elproduktionen, ligesom der medregnes en vis CO₂-udledning fra fx produktionen af vindmøller²⁰.

Derudover er der forudsat en række øvrige antagelser, som beskrives nærmere i appendiks. Hvis man varierer nogle af disse antagelser, vil resultatet se anderledes ud, hvilket illustreres i figur 5-6.

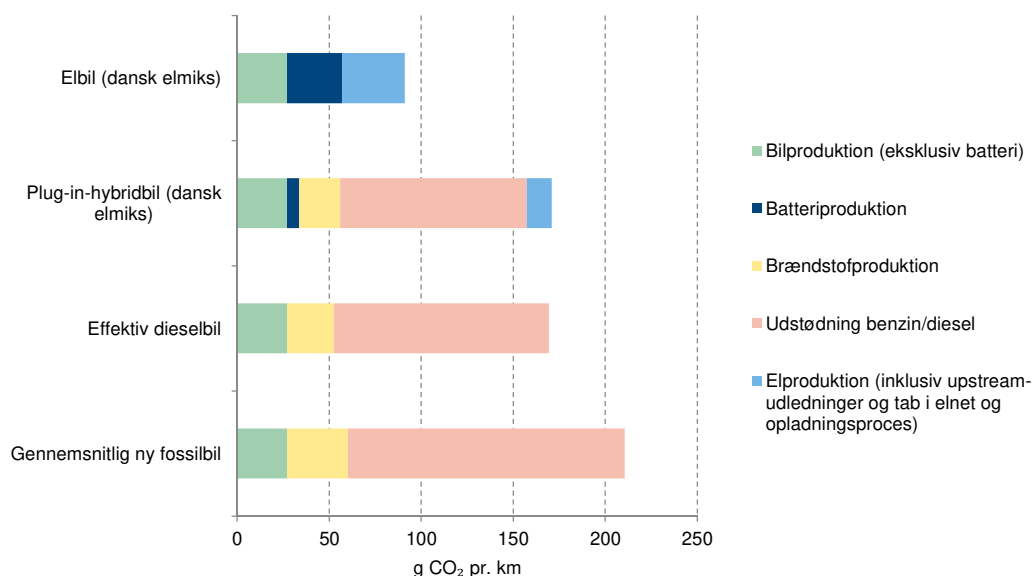
¹⁶ I dag ses også større elbiler med batterier på op til 100 kWh og plug-in-hybridbiler med batterier på over 20 kWh.

¹⁷ Ifølge kilde 39, som er en hollandsk undersøgelse, kører plug-in hybridbiler med små batterier typisk relativt lidt på el, mens plug-in hybridbiler med større batterier kører en del mere på el. Der er nogle brugere, som slet ikke oplader plug-in hybridbilerne, hvorfor de kører på benzin hele tiden, mens andre brugere ofte oplader plug-in hybridbilerne og kører meget på el. Jo længere plug-in hybridbilen kører på el, des lavere bliver CO₂-udledningen pr. kilometer.

¹⁸ NEDC-normen (New European Driving Cycle) er en opgørelsesmetode for, hvor meget benzin- og dieselmotorer antages at køre på literen. NEDC-normen er for nylig blevet afløst af en ny norm, kaldet WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure). Ifølge kilde 39 kører plug-in hybridbiler mindre på el end antaget i NEDC-normen.

¹⁹ Kilde 20. Ifølge kilde 20 anvender den gennemsnitligt solgte benzin- og dieselmotor 42 pct. mere brændstof, når de kører på vejene, end det forbrugstal der fremgår af fabrikantoplysningerne, jf. NEDC-normen.

²⁰ Dette er en meget forenklet tilgang, idet 1) der er forskellige bud i litteraturen på LCA-udledningen fra vindkraft og 2) der vil være andre VE-teknologier på markedet som fx solceller, biomassekraftværker og måske også naturgasfyrede anlæg.



Figur 4: Global CO₂-udledning pr. km over bilens levetid

Anm.: Nærmere antagelser og forudsætninger bag figuren beskrives i appendiks.

Kilde: Klimarådet.

Med den seneste energiaftale fra sommeren 2018 ser Danmark ud til at være på vej mod at producere mere elektricitet med vedvarende energi end Danmarks eget elforbrug på årsbasis fra omkring 2030. Dermed vil CO₂-udledningen fra dansk elproduktion med tiden nærme sig nul.

Dette vil være tilfældet, såfremt man ser bort fra, at Danmark forventes at eksportere en del af den elektricitet, der er baseret på vedvarende energi, til udlandet og samtidig importere elektricitet fra udlandet, der er baseret på fossile brændsler. Hvis man fx forestiller sig en gennemsnitlig CO₂-udledning, der er tæt på nul fra dansk elproduktion fra omkring 2030, vil elbilens bidrag til den globale udledning gennemsnitligt set i årene derefter udgøre ca. den halve mængde CO₂ pr. kilometer i forhold til, hvad dieselbilen udleder i dag i et globalt livscyklusperspektiv.

Figur 5 viser, at der i udgangspunktet udledes mere CO₂ ved produktionen af en elbil end ved produktionen af en dieselbil med tilsvarende størrelse på grund af den relativt store CO₂-udledning fra batteriproduktionen²¹. Derfor skal elbilen køre relativt langt, før den udleder mindre CO₂ end en energieffektiv og størrelsesmæssigt sammenlignelig dieselbil. Jo længere elbilen kører, des bedre bliver den i forhold til dieselbilen, forudsat at batteriet ikke skal udskiftes. I figur 5 anvendes, ligesom i figur 4, den antagelse, at elbilerne benytter dansk produceret elektricitet med en CO₂-udledning på 213 g CO₂ pr. kWh i 2017, og udledningen antages, som et groft overslag, at falde lineært til 0 g CO₂ i 2030.

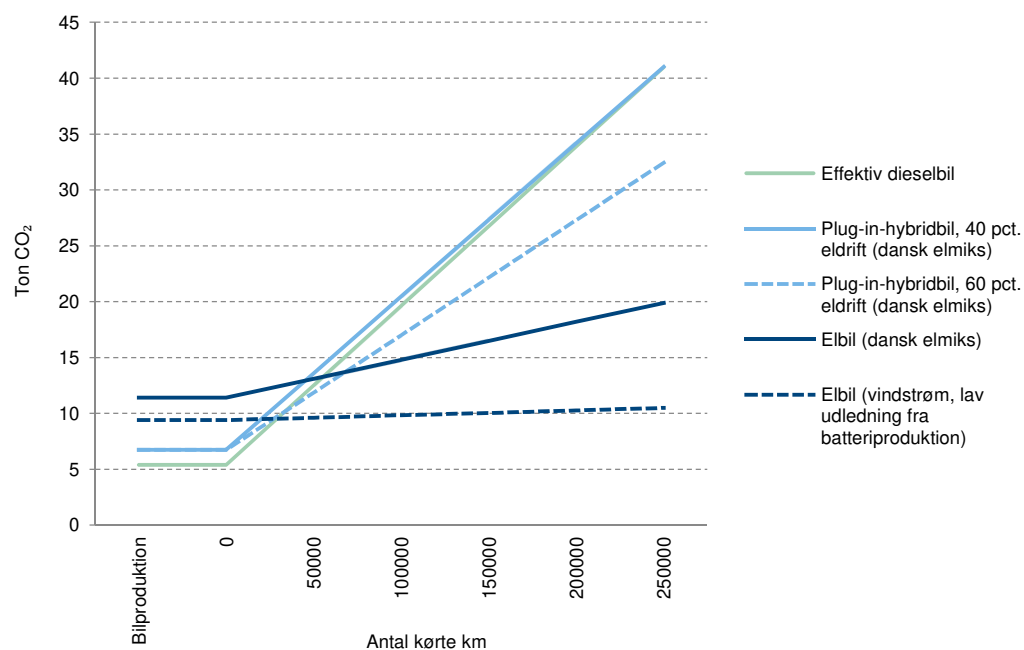
Figur 5 viser også, at plug-in-hybridbiler, som har mindre batterier end de rene elbiler, kan have en højere CO₂-udledning end elbiler og en udledning nogenlunde tilsvarende energieffektive dieselbiler, hvis de kører 40 pct. på elektricitet. Hvis en større andel eldrift opnås, kan plug-in-hybridbiler omvendt have en lavere CO₂-udledning end effektive dieselbiler. Det kræver blandt andet, at bil-ejerne oplader batterierne ofte, og afhænger desuden af, om en stor del af bilisternes kørselsomfang kan dækkes af plug-in-hybridbilernes relativt begrænsede rækkevidde på eldrift. Det vises i figur 5

²¹ Kilde 8 og 16.

Klimarådet.

ved den stiplede lyseblå linje, at hvis plug-in-hybridbilen fx kører 60 pct. på eldrift og 40 pct. på benzin, da vil plug-in-hybridbilen udlede mindre CO₂ end den effektive dieselbil.

Figur 5 viser også en variant, hvori det antages, at CO₂-udledningen fra elproduktionen i Danmark reduceres til en tiendedel, og hvor CO₂-udledningen fra batteriproduktionen også reduceres. I det tilfælde vil elbilen efter relativt kort kørsel udlede mindre CO₂ end både dieselbilen og plug-in-hybridbilen.



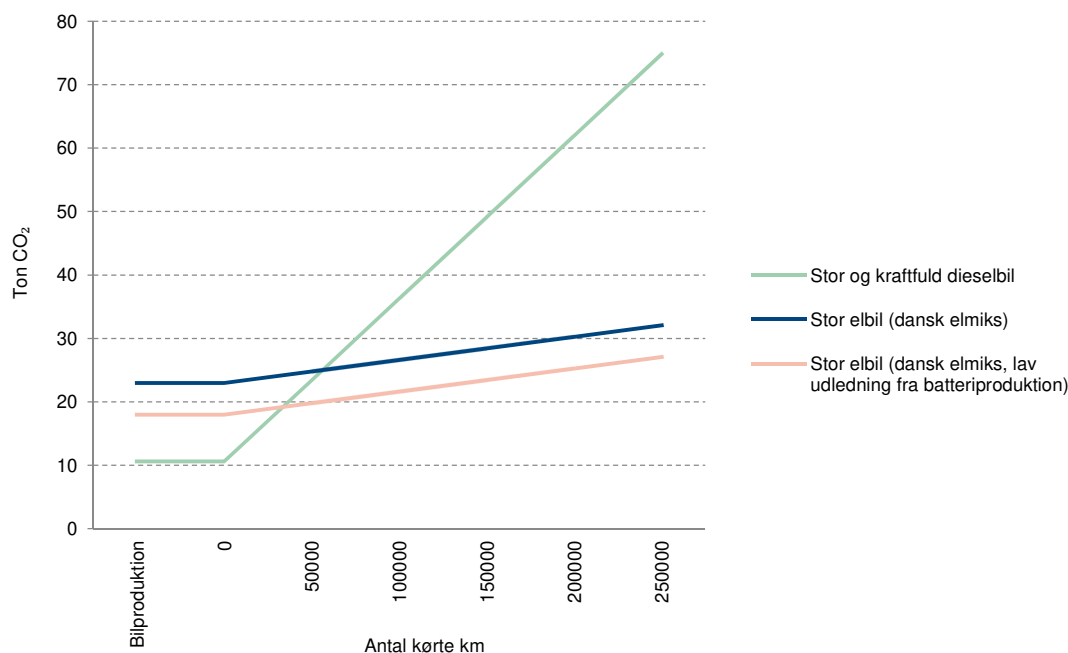
Figur 5: Grafisk illustration af den samlede globale CO₂-udledning afhængigt af kørselsomfang over bilens levetid

Anm. 1: Figuren viser biler i mellemklasse-størrelsen.

Anm. 2: Nærmere antagelser og forudsætninger bag figuren beskrives i appendiks.

Kilde: Klimarådet.

De største elbiler i dag har batterier med en størrelse på op til 100 kWh, og der er enkelte nye modeller på tegnebrættet med batterier på op til 200 kWh. Sådanne batterier giver elbilerne en meget lang rækkevidde på en opladning. Men på grund af den store CO₂-udledning fra produktionen af batteriet, kan produktionen af en sådan elbil udlede betydeligt mere CO₂, end det er tilfældet for en tilsvarende stor og kraftfuld dieselbil. Dette illustreres i figur 6. Hvis udledningen fra batteriproduktionen reduceres, og der benyttes dansk produceret elektricitet med en relativt lav CO₂-udledning, vil elbiler med meget store batterier dog efter forholdsvis kort kørsel udlede mindre CO₂ end en sammenlignelig dieselbil.



Figur 6: Grafisk illustration af den samlede globale CO₂-udledning afhængigt af kørselsomfang over bilens levetid

Anm. 1: Figuren viser store biler i luksusklassen.

Anm. 2: Nærmere antagelser og forudsætninger bag figuren beskrives i appendiks.

Kilde: Klimarådet.

5 Elbilers CO₂-udledning i et fremtidsperspektiv

Klimarådet pegede i sin hovedrapport fra 2017 på 500.000 elbiler som et realistisk og samtidig ambitiøst potentiale for 2030, og Klimarådet anbefaler i sin elbilanalyse fra september 2018 en indfasning af mindst 500.000 nuludslipbiler i Danmark frem mod 2030 for at reducere Danmarks ikke-kvotebelagte CO₂-udledning. På længere sigt fordrer den politiske målsætning om at udfase fossile brændsler og opnå en netto-nuldrivhusgasudledning senest i 2050 en fuldstændig omstilling til biler, der fremdrives af vedvarende energi. Som nævnt i afsnit 3 indebærer en vurdering af stor-skalaindfasning af elbiler i fremtiden anvendelse af en konsekvensbaseret tilgang.

En kortsigtet marginalbetragtning viser, at elbiler kan øge den globale CO₂-udledning

Hvis man anskuer problemstillingen ud fra en kortsigtet marginalbetragtning, dvs. de næste få år frem, kan et øget antal elbiler i Danmark, og deraf øget elforbrug, føre til en midlertidigt øget CO₂-udledning på globalt plan. Dette skyldes, at den ekstra elektricitet, der anvendes af elbilerne, ofte vil blive leveret fra et termisk kraftværk, der anvender kul som brændsel.

Det kan ske, såfremt Danmark selv anvender en ekstra kWh elektricitet fra danske vindmøller, hvorved eleksporten til udlandet kan falde. Men det kan også ske, hvis det øgede elforbrug medfører øget import af elektricitet til Danmark fra udlandet. I begge tilfælde kan det være et kul- eller naturgasbaseret kraftværk i udlandet, der producerer den ekstra kWh, som forbruges i Danmark til elbiler. Det er dog også sandsynligt, at den ekstra kWh i perioder vil komme fra et kul-, gas- eller biomassefyret anlæg i Danmark.

En langsigtet marginalbetragtning

Som beskrevet i afsnit 3, kan en vurdering af effekterne for CO₂-udledningen ved en storskala-introduktion af elbiler i Danmark analyseres ud fra en mere langsigtet marginalbetragtning. Det indebærer en vurdering af den forventede CO₂-udledning fra de elproducerende anlæg, der i fremtiden vil skulle opføres for at levere elektricitet, der dækker et stigende elforbrug.²²

Der er ikke en fuldkommen kausal sammenhæng mellem øget forbrug af elektricitet og en øget udbygning med ny elproduktionskapacitet, idet man fx i Danmark træffer politiske beslutninger om henholdsvis udbygning med vedvarende energi og elektrificering mere eller mindre uafhængigt af hinanden. Hvis Danmark, ligesom Sverige, havde et mål for vedvarende energi i elsystemet og et certifikatmarked for vedvarende energi, ville der være en mere direkte kobling mellem øget elforbrug og udbygning med elkapacitet baseret på vedvarende energi.

I konsekvensbaserede livscyklusanalyser baseres en langsigtet marginalbetragtning derfor ofte på, hvilken markedsudvikling der er mest sandsynlig, når der skal ske en strukturel tilpasning af elproduktionskapaciteten som følge af en større ændring i forbruget, der sker over en længere periode. Denne tilpasning vil dog i praksis ofte være bestemt af andet end øget efterspørgsel på elektricitet, da det i høj grad er de politiske rammevilkår, der er styrende for udbygningen med nye energianlæg. Da vindmøller og solceller både i dag og i de kommende årtier må forventes at være de billigste elproduktionsteknologier, vil det være rimeligt at antage, at et øget elforbrug på lang sigt vil blive fulgt op af investeringer i flere vindmøller og solceller i Danmark. Dette kan desuden forventes at være tilfældet i andre omkringliggende lande, som Danmark er direkte forbundet med via det nordiske elmarked.

Af de ovennævnte grunde vil man derfor formentlig skulle anvende en noget lavere værdi for CO₂-udledningen fra elproduktion end den ovennævnte kortsigtede marginal, når man skal vurdere, hvor meget CO₂ der på langt sigt vil blive udledt som følge af et øget elforbrug.

Der kan være forskellige tilgange til at fastsætte en værdi for den langsigtede marginale CO₂-udledning som følge af et øget elforbrug. Der findes ikke én rigtig måde at fastsætte en langsigtet marginal, og derfor kan der være flere tilgange, som afhængigt af konteksten kan være korrekte. Nedenfor nævnes nogle af disse tilgange.

Energi-, forsynings- og klimaminister Lars Christian Lilleholt har i et svar til Folketinget fra september 2018 argumenteret for, at et øget dansk elforbrug, der vil følge af en nedsættelse af elafgiften, ikke vil medføre en øget CO₂-udledning efter 2030. Det fremgår af ministerens svar, at dette skyldes, at Folketinget med Energiaftalen fra 2018 har besluttet initiativer, som samtidig vil øge produktionen af elektricitet i Danmark baseret på vedvarende energi til mere end 100 pct. af det danske elforbrug.²³ Denne betragtning synes at forudsætte, at omfanget af den politisk besluttede udbygning med vedvarende elproduktion er afpasset efter den stigning i elforbruget, som nedsættelsen af elafgiften må ventes at medføre.

Det Miljøøkonomiske Råd har tidligere argumenteret for, at et øget elforbrug slet ikke vil medføre en øget CO₂-udledning på EU-niveau, fordi EU's CO₂-kvotesystem fastsætter et loft for den fremtidige maksimale CO₂-udledning fra elsektoren og dele af industrien. Men da der er indført en markedsstabiliseringsreserve og en kvoteannulleringsmekanisme, vil en øget udledning øge kvotemængden, idet brug af en ekstra kvote vil reducere mængden af kvoter, der annulleres. Dette gælder, indtil kvoteoverskuddet i cirkulation på markedet når ned under en vis tærskel.

²² Kilde 18, 34 og 41.

²³ Kilde 43.

Klimarådet.

Dansk Energi har udgivet en rapport, der beskriver, at et øget elforbrug på kort sigt vil blive leveret af fossil elproduktion, eventuelt på kraftværker i udlandet. På længere sigt vil et øget elforbrug dog løbende blive modsvaret af investeringer i ny produktionskapacitet baseret på vedvarende energi. Dansk Energi har på den baggrund foreslået at anvende en værdi for en langsigtet CO₂-udledning som følge af et øget elforbrug på 126 g CO₂ pr. kWh i 2030.²⁴

En lignende tilgang til at fastsætte den langsigtede marginal følger af de metodiske retningslinjer, der anvendes i livscyklusstudier²⁵. Argumentationen bag disse retningslinjer er, at den langsigtede marginale CO₂-udledning bestemmes af, hvilken produktionsteknologi der billigst vil kunne levere elektricitet i fremtiden. Hvis fx vind- og solkraft som forventet fortsætter med at være de billigste teknologier ved investeringer i ny elproduktionskapacitet i de kommende år, vil den langsigtede marginale CO₂-udledning derfor være meget lav eller endda tæt på nul, såfremt der anvendes vedvarende energi ved produktionen af vindmøller og solceller. Dette gælder, hvis der er tale om, at nye elproduktionsteknologier introduceres på markedsvilkår, eller hvis de introduceres i en politisk styret proces, der via indretning af støttesystemer og anden regulering fokuserer på at fremme udbygning med de billigste teknologier.

En vurdering af effekten på den globale CO₂-udledning ved introduktion af elbiler vil derfor i høj grad afhænge af, hvilke antagelser der lægges til grund om fastsættelse af den langsigtede marginale CO₂-udledning fra elproduktion.

Med Energifaftalerne fra 2012 og 2018 er det blandt andet aftalt politisk at etablere ca. 3900 MW havvindmøller over en årrække, samt at gennemføre nye udbud for landvind og solceller. Alene de vedtagne havvindmøller vil kunne producere groft skønnet ca. 17 TWh elektricitet i 2030. Herudover er der lagt op til udbud og etablering af yderligere havmølleparker. På baggrund af disse politiske beslutninger kan det være rimeligt at antage, at et øget dansk elforbrug som følge af udbredelsen af elbiler vil blive fulgt op af et ekstra udbud af elektricitet baseret på vedvarende energi, dvs. at en blanding af primært havvind, landvind og solceller vil være en sandsynlig 2030-marginal i det danske elmix. Groft skønnet vil fx 500.000 elbiler i Danmark i 2030 anvende ca. 1,6 TWh elektricitet. Ved brug af elektricitet fra vindmøller har elbiler, som vist i figur 7, potentiale til at udlede betydeligt mindre end effektive dieselmotorer, når udbuddet af vedvarende energi i elsektoren har tilpasset sig det øgede elforbrug. I figuren vises en illustration, hvor elproduktionen er baseret på havmøller, og hvor det blandt andet er antaget, at:

- CO₂-udledningen fra batteriproduktionen reduceres fra 150 til 100 kg pr. kWh batterikapacitet i 2030²⁶.
- Der udledes i 2030 ca. 21 g CO₂ pr. kWh elektricitet produceret fra nyinstallerede vindmøller som følge af, at der udledes CO₂ ved produktionen af vindmøller²⁷.
- CO₂-udledningen fra bilproduktionen er reduceret med 15 pct. i 2030²⁸.

²⁴ Kilde 24 og 25.

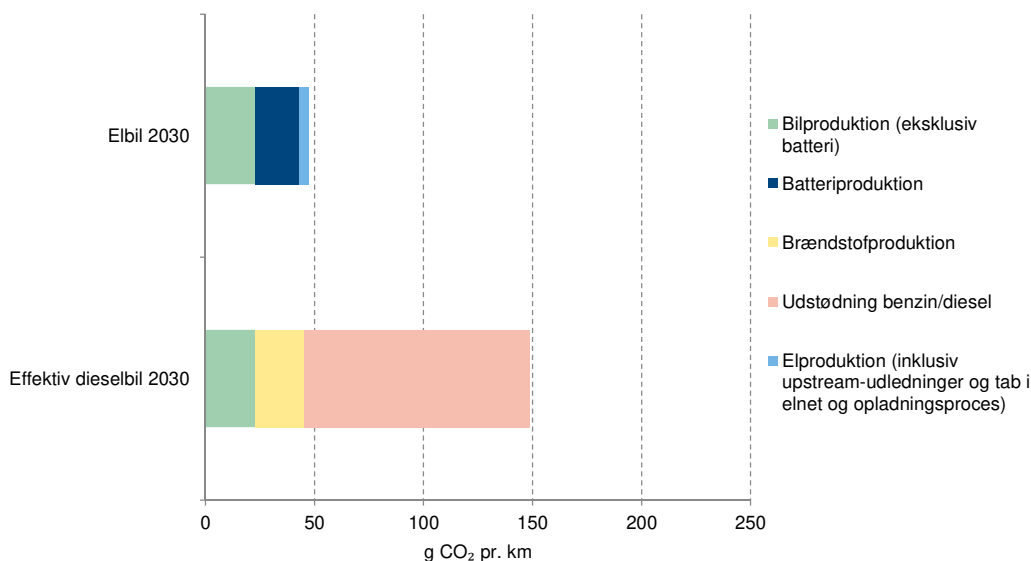
²⁵ Kilde 18 og 41.

²⁶ Der er som beskrevet i appendiks stor usikkerhed forbundet med at vurdere CO₂-udledningen fra batteriproduktionen i fremtiden, idet der p.t. endnu ikke er nævneværdig produktion af bilbatterier i EU og ej heller storskala genbrug eller genanvendelse af batterierne. De 100 kg CO₂ pr. kWh batteri er baseret på, at udledningen formentlig vil være lavere i EU end i fx Sydkorea, hvor et studie peger på en udledning i dag på ca. 140 kg CO₂ pr. kWh.

²⁷ Dette er baseret på kilde 15. Det skal dog bemærkes, at andre studier kommer frem til andre udledningstal end de her anvendte 21 g CO₂ pr. kWh.

²⁸ Det er vanskeligt at vurdere, hvor meget CO₂-udledningen fra bilproduktionen vil kunne reduceres, idet kun en mindre del af udledningen sker på bilfabrikkerne. Dette er derfor blot et regneeksempel, som i øvrigt er ens for de to biltyper og derfor ikke har betydning for sammenligningen i øvrigt.

- Diesebilernes reelle brændstofforbrug pr. km er reduceret med 11 pct. i 2030²⁹.



Figur 7: Illustration af global CO₂-udledning pr. km over bilens levetid ved dansk elproduktion baseret på vedvarende energi samt potentialer for reduceret udledning i produktionsprocesser og effektivitet af dieselmotorer

Anm.: Nærmere antagelser og forudsætninger bag figuren beskrives i appendiks.

Kilde: Klimarådet.

Figur 7 illustrerer, at efterhånden som CO₂-udledningen fra elproduktionen reduceres, bliver elbiler i en langsigtet marginalbetragtning mere attraktive set i forhold til benzin- og dieselmotorer. Da nogle studier vurderer, at op til halvdelen af CO₂-udledningen fra batteriproduktionen kan henføres til batterifabrikkerne, og fordi man formentlig vil genanvende batteriernes råmaterialer, må ekstraudledningen forbundet med elbilproduktion set i forhold til produktionen af benzin- og dieselmotorer formodes at blive reduceret, efterhånden som batterifabrikkerne og genanvendelsesindustrien anvender vedvarende energi.

Hvis der anvendes en marginal betragtning til at belyse danske elbilers globale CO₂-belastning, vil et øget elforbrug på kort sigt medføre en højere CO₂-udledning end ved kørsel med benzin- og dieselmotorer, fordi en del af det ekstra elforbrug formentlig vil blive produceret på fx kulkraftværker i udlandet. På langt sigt vil den marginale elproduktion dog blive leveret af den teknologi, som vil blive taget i brug for at dække en større stigning i efterspørgslen på elektricitet. I denne sammenhæng antages det at være landvind, havvind og sol, idet der er truffet en politisk beslutning om at øge Danmarks produktion af elektricitet baseret på vedvarende energikilder til mere end 100 pct. af elforbruget i 2030.

²⁹ Til sammenligning er energieffektiviteten af nye benzin- og dieselmotorer kun blevet reduceret med ca. 9 pct. siden år 2001, se kilde 20.

Appendiks: Beskrivelse af de væsentligste beregningsforudsætninger

De væsentligste beregningsforudsætninger i livscyklusstudier af elbiler, plug-in-hybridbiler samt benzin- og dieselmotorer omhandler følgende:

- CO₂-udledning fra bilproduktionen, herunder produktionen af batterier
- CO₂-udledning ved elproduktion som følge af øget elforbrug fra elbiler
- Reelt benzin- og dieselforbrug og CO₂-udledning fra benzin- og dieselmotorer samt elbilers reelle elforbrug pr. kilometer
- Plug-in-hybridbilers driftsmønster og fordeling mellem el- og benzindrift
- Kilometer kørt over bilens levetid

Disse centrale forudsætninger, samt generelle beregningsforudsætninger og antagelser, som er benyttet i beregningerne i dette baggrundsnotat, gennemgås i det følgende.

CO₂-udledning fra bilproduktion

Produktionen af elbiler medfører ifølge nogle livscyklusstudier ca. samme CO₂-udledning som traditionelle benzin- og dieselmotorer for sammenlignelige biltyper og -størrelser, hvis man ser bort fra batteriet³⁰. Produktion af store biler antages generelt at udlede mere CO₂ end produktion af små biler³¹. Nogle studier går mere detaljeret til værks og skelner mellem CO₂-aftrykket fra forskellige bilmodeller, hvor der fx ved produktion af store elbiler, eksklusiv batteriproduktionen, antages udledt mindre CO₂ end ved produktion af store benzinbiler³². Dette er blandt andet baseret på oplysninger fra bilproducenterne³³. Når man ser på den samlede CO₂-udledning fra bil- og batteriproduktionen, er der i alle tilfælde en højere CO₂-udledning fra produktionen af elbiler end for benzin- og dieselmotorer. Se beskrivelse af batteriproduktionen i særskilt afsnit nedenfor.

I beregningerne anvendes som en simplificeret beregningsforudsætning en udledning på 5,4 ton CO₂ ved produktion af små/medium bilstørrelser eksklusiv batteri for både el- og plug-in-hybridbiler samt for traditionelle benzin- og dieselmotorer. For store elbiler anvendes en udledning på 8 ton CO₂ eksklusiv batteri, mens der for store benzin- og dieselmotorer anvendes en udledning på 10,6 ton CO₂.³⁴

I virkelighedens verden vil der være store afvigelser i CO₂-udledningen fra produktionen af forskellige biltyper alt efter hvor i verden de produceres og afhængigt af materiale- og energiforbrug.

Reelt benzin- og dieselforbrug og CO₂-udledning fra benzin- og dieselmotorer i brugsfasen

Benzin- og dieselforbrug pr. kørt km varierer meget mellem forskellige bilmodeller og afhænger desuden af den enkelte bilists kørselsmønster og kørestil. Den gennemsnitlige nye solgte benzin- og dieselmotorer udleder ifølge NEDC-opgørelsen (New European Driving Cycle, som for nylig er erstattet af WLTP-opgørelsen) ca. 118 g CO₂/km (svarende til 22,5 km på en liter diesel), mens den mest effektive dieselmotorer udleder ca. 80 g CO₂/km (svarende til ca. 33 km på en liter diesel)³⁵. I figur 1, 2, 4 og 5 anvendes en energieffektiv dieselmotorer af omtrent samme størrelse som den anvendte elbil, og denne dieselmotorer har ifølge NEDC-opgørelsen en brændstoføkonomi på 32,3 km/l. I figur 6 anvendes en stor og kraftfuld dieselmotorer med en NEDC-brændstoføkonomi på 17,9 km/l.

³⁰ Kilde 12.

³¹ Kilde 16.

³² Kilde 11, 14, og 16.

³³ Kilde 26 og 27.

³⁴ Alle disse værdier er baseret på kilde 16.

³⁵ Kilde 20-21.

Klimarådet.

Bilernes reelle benzin- og dieselforbrug pr. km afviger dog betydeligt fra bilproducenternes oplysninger. I beregningerne er anvendt et øget forbrug på 42 pct. ift. NEDC-opgørelsen³⁶. Herudover tillægges en CO₂-udledning på 22 pct. for at tage højde for upstream-CO₂-udledningen fra udvinding, raffinering og transport af benzin og diesel³⁷.

Der ses bort fra, at der iblandes biodiesel og bioetanol i diesel og benzin, da der i mange tilfælde kan være høje CO₂-udledninger fra produktionen af biobrændsler, herunder fra indirekte arealanvendelsesændringer.

Plug-in-hybridbilers CO₂-udledning under kørsel

Batteristørrelsen for plug-in-hybridbiler er sat til ca. 9 kWh og livscyklus-CO₂-udledningen fra bilbatteriet er sat til 150 kg CO₂ pr. kWh (se beskrivelse nedenfor under afsnittet om batterier).³⁸ Plug-in-hybridbilen antages at køre 40 pct. på el og 60 pct. på benzin, hvilket er mindre eldrift, end hvad der fremgår af producentoplysningerne jf. NEDC-normen. Dette er baseret på to rapporter, som beskriver observationer af kørselsmønstret for et større antal plug-in-hybridbiler over en årrække³⁹. I figur 5 illustreres desuden effekten af et anderledes kørselsmønster og/eller en anderledes opladningspraksis, der tillader en større andel eldrift, således plug-in-hybridbilen kører 60 pct. på el og 40 pct. på benzin.

Plug-in-hybridbilens benzindriftsøkonomi er sat til ca. 14 km/l (169 g CO₂/km)⁴⁰ og tillagt 22 pct. for at tage højde for upstream CO₂-udledningen fra udvinding, raffinering og transport af benzin og diesel⁴¹.

Antagelser angående CO₂-udledningen fra plug-in-hybridbilernes elforbrug forklares i afsnit om CO₂-udledningen fra elproduktion.

CO₂-udledning fra elbiler

Mellemklasse (figur 1, 2, 4 og 5) og store elbiler (figur 6) antages at benytte hhv. 0,21 kWh og 0,22 kWh elektricitet pr. km⁴². Det er muligt, at elbiler bruger mere elektricitet under danske forhold på grund af fx batteritab ved frostgrader og øget elforbrug til opvarmning af kabinen i koldt vejr.

Batteristørrelsen for elbilen i figur 6 er sat til 100 kWh. Batteristørrelsen for elbilen i figur 1, 2, 4 og 5 er sat til 40 kWh⁴³. Livscyklus-CO₂-udledningen fra bilbatterierne er sat til 150 kg CO₂ pr. kWh (se beskrivelse nedenfor under afsnittet om batterier). Der er også en variant, hvor livscyklus-CO₂-udledningen fra bilbatteriet reduceres til 100 kg CO₂ pr kWh.

Antagelser angående CO₂-udledningen fra elbilernes elforbrug forklares i afsnit om CO₂-udledningen fra elproduktion.

Særligt om CO₂-udledningen fra bilbatteriproduktionen

Størrelsen af elbilernes batterier er afgørende, da der ifølge de nyeste studier udledes relativt meget CO₂ fra batteriproduktionen, og da udledningen er direkte proportional med batteristørrelsen.

Ligeledes er det afgørende, om batteriet holder hele bilens levetid eller evt. skal udskiftes.

³⁶ Kilde 20.

³⁷ Kilde 22.

³⁸ Ved større batteristørrelser på fx 16 kWh fås nogenlunde samme resultat, da plug-in hybridbiler med større batteri ifølge kilde 39 kører en større del af tiden på el, hvilket opvejer merudledningen fra produktionen af batteriet.

³⁹ Kilde 39 og 42.

⁴⁰ Kilde 39.

⁴¹ Kilde 22.

⁴² Kilde 40 og 23.

⁴³ Svarer fx til Nissan Leaf og Renault Zoe.

Klimarådet.

I beregningerne tages udgangspunkt i, at batteriet holder hele bilens levetid. Dette baseres fx på, at visse bilproducenter garanterer batteriets funktionalitet i mindst 8 år eller 160.000 km kørsel.

Det skal understreges, at der er stor usikkerhed om, hvor stor CO₂-udledning der kan tilskrives batteriproduktionen. Forskellige studier citerer udledningsestimater fra batteriproduktion i intervallet 38-356 kg CO₂/kWh⁴⁴. Det svarer til en CO₂-udledning på mellem 2-14 tons CO₂ for et batteri på 40 kWh. Mange studier er baseret på gamle data og beregningsantagelser, mens enkelte nyere studier er baseret på oplysninger fra batteriproducenter med storskalaproduktion.

Et svensk review-studie, som har sammenlignet forskellige livscyklusvurderinger af batteriproduktion, vurderer, at der i dag udledes i størrelsesordenen 150-200 kg CO₂/kWh batterikapacitet for litium-ion batterier, heraf ca. halvdelen fra selve produktionsprocessen⁴⁵.

Indtil videre produceres de fleste bilbatterier i Sydkorea, Kina og Japan. Et studie baseret på batteriproduktion i Sydkorea antager en udledning på ca. 140 kg CO₂ pr kWh⁴⁶, og et andet studie af batteriproduktion i Kina antager en udledning på ca. 97-109 kg CO₂ pr kWh⁴⁷.

I lyset af studiet fra Sydkorea har forskerne bag en kendt LCA-model, der hyppigt anvendes i USA, valgt at opskalere deres hidtidigt betydeligt lavere estimat for energiforbruget relateret til energiproduktion ved batteriproduktion⁴⁸.

På den baggrund er der i beregningerne (jf. figurer i afsnit 2) anvendt en livscyklus-CO₂-udledningsværdi på 150 kg pr. kWh. Desuden anvendes også en variant, hvor udledningsværdien reduceres til 100 kg CO₂ pr kWh.

Udover usikkerheden om, hvor meget CO₂ der udledes fra batteriproduktionen i dag, er der endnu større usikkerhed om fremtidens batteriproduktion.

Mange studier nævner muligheden for, at storskalaproduktion af batterier samt brug af vedvarende energi i produktionsprocessen vil kunne bidrage til at reducere CO₂-udledningen fra batteriproduktionen.

Bilproducenten Tesla er ved at indvie to store batterifabrikker i USA, som ifølge Tesla skal benytte elektricitet fra vedvarende energikilder, hvilket potentielt kan reducere CO₂-udledningen fra batteriproduktionen⁴⁹.

Der er ligeledes planer om at etablere batterifabrikker i EU, fx i Sverige, hvor der stort set ikke anvendes fossile brændsler i elproduktionen⁵⁰.

Hvis batterier og elbiler produceres i EU, vil CO₂-udledningen fra produktionen formentlig kunne reduceres, fordi elproduktionen i Kina og Sydkorea i høj grad foregår med brug af kul⁵¹, hvorimod elproduktionen i EU leveres af en blanding af fossile brændsler, atomkraft og i stigende grad vedvarende energikilder som vand-, vind- og solkraft. Den langsigtede marginale CO₂-udledning forbun-

⁴⁴ Kilde 13.

⁴⁵ Kilde 6 og 8.

⁴⁶ Kilde 5.

⁴⁷ Kilde 9.

⁴⁸ Kilde 10.

⁴⁹ Kilde 13.

⁵⁰ Kilde 35.

⁵¹ Kilde 9 og 36.

Klimarådet.

det med et stigende elforbrug i EU må derfor forventes at blive relativt lav (jf. diskussionen i afsnit 5).

I dag genanvendes bilbatterier stort set ikke. Spørgsmålet er, om man vil kunne reducere energiforbruget og CO₂-udledningen fra batteriproduktionen ved at genanvende dele af batteriet og de metaller, som indgår heri, fx litium, kobolt, aluminium, kobber, nikkel, osv.

Flere studier nævner også muligheden for – inden genanvendelse af råstofferne i batteriet – at anvende afskaffede bilbatterier til back-up-systemer i elnettet med henblik på at lagre elektricitet fra fluktuerende energikilder som sol og vind.

Endelig er der muligheden for at udvikle andre batterityper end litium-ion-batterier, såsom fx faststofbatterier.

Særligt om CO₂-udledningen fra elproduktionen

CO₂-udledningen fra elproduktionen er afgørende for CO₂-udledningen fra kørsel i elbiler. Livscyklusstudier anvender forskellige værdier for den gennemsnitlige CO₂-udledning fra elproduktion alt efter, hvilket marked og hvilket årstal studiet omhandler.

Som illustreret i figur 8 falder CO₂-udledningen pr. kWh elektricitet løbende, efterhånden som vedvarende energi erstatter kulkraftværker. I nogle lande som fx Polen er CO₂-udledningen fra elproduktionen stadig høj, mens den i fx Sverige er meget lav.

I figur 1, 4 og 5 kaldes den gennemsnitlige CO₂-udledning fra elproduktion i Danmark fra 2017 til 2030, fratrukket udledning forbundet med varmeproduktion på kraftvarmeværker, for ”dansk elmiks” og er sat til 213 g CO₂ pr kWh i 2017⁵² faldende til 0 g CO₂ pr kWh i 2030 og justeret med 2,9 pct. tab i transmissionsnet, 5 pct. tab i distributionsnet⁵³, 5 pct. tab i lader og 4 pct. tab i batteri⁵⁴ og bagefter tillagt 18 pct. for at tage højde for upstream CO₂-udledningen fra udvinding og transport af kul og naturgas⁵⁵. Derudover er der tillagt 21 g CO₂ pr. kWh elektricitet fra vedvarende energikilder baseret på udledningen fra produktion af vindmøller⁵⁶. Dette er en meget forsimplet tilgang, idet 1) der er forskellige bud i litteraturen på livscyklusudledningen fra vindkraft på land og i havet og 2) der vil være andre teknologier på markedet som fx solceller, biomassekraftværker mm.

I figur 5 er en variant, hvor der sammenlignes med elbiler, der kører på vindstrøm. Samme antagelse anvendes i figur 7.

⁵² Kilde 29 og 30.

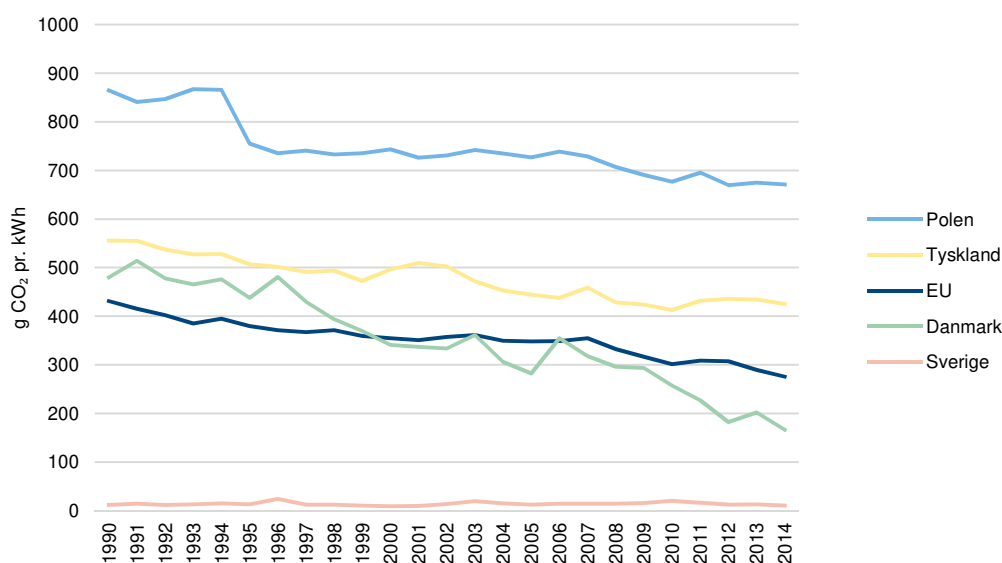
⁵³ Kilde 38.

⁵⁴ Kilde 16.

⁵⁵ Kilde 32.

⁵⁶ Kilde 15.

Klimarådet.



Figur 8: Gennemsnitlig CO₂-udledning fra landenes nationale elproduktion falder løbende

Anm: EEA har fratrukket CO₂-udledningen forbundet med varmeproduktion på kraftvarmeværker. Biomasse regnes som CO₂-neutral.

Kilde: European Environment Agency (EEA), kilde 33.

Antal kørte kilometer over bilens levetid

I figur 1 og 4 vises eksempler, hvor elbilers CO₂-udledning pr. kørt km sammenlignes med benzin- og dieselbiler ved 200.000 km kørsel. Dette baseres fx på, at visse bilproducenter garanterer batteriets funktionalitet i mindst 8 år eller 160.000 km.

Livscyklusstudier anvender meget forskellige antagelser om, hvor langt biler af forskellig type og størrelse kører over deres levetid.

Det er også muligt, at benzin- og dieselbiler vil køre flere km end elbiler – eller omvendt.

Derfor viser figur 5 og 6, hvordan bilernes samlede CO₂-udledning i levetiden afhænger af kørselsomfanget.

Bortskaffelsen af bilerne

Der ses bort fra CO₂-udledningen fra bortskaffelsen af bilerne i beregningerne, da livscyklusstudier peger på, at denne udledning er relativt beskedent⁵⁷.

Som beskrevet i afsnittet om batterier, kan der ligge et potentiale i at genbruge bilbatterier fx til back-up anlæg i elsektoren⁵⁸ samt genbruge batteriernes metaller i nye batterier⁵⁹.

⁵⁷ Kilde 16.

⁵⁸ Kilde 8 og 14.

⁵⁹ Kilde 37.

Litteratur

- [1] Financial times, Electric car's green image blackens beneath the bonnet, 2017.
- [2] ADAC: <https://www.adac.de/der-adac/motorwelt/reportagen-berichte/auto-innovation/studie-oekobilanz-pkw-antriebe-2018/>.
- [3] Engaged tracking, Green on the outside, red in the middle: the untold story of Tesla's carbon emissions.
- [4] Ingeniøren: <https://ing.dk/artikel/plugin-hybridbiler-udleder-mindre-co2-end-baade-benzin-elbiler-211772>.
- [5] Kim et al, Cradle-to-gate emissions from a commercial electric vehicle li-ion battery: A comparative analysis, Environmental Science and Technology, 2016.
- [6] Romare et. al., The life cycle energy consumption and greenhouse gas emissions for lithium-ion batteries, IVL Swedish Environmental Research Institute, 2017.
- [7] Ellingsen et al, Life cycle assessment of a lithium-ion battery pack, Journal of industrial ecology, 2013.
- [8] International Council on Clean Transportation, Effects on battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions, 2018.
- [9] Hao et. al, GHG Emissions from the production of lithium-ion batteries for electric vehicles in China, Sustainability, 2017.
- [10] Dai et al, Update of life cycle analysis of lithium-ion batteries in the GREET model, Argonne National Laboratory, September 2017.
- [11] Miotti et al, Personal Vehicles Evaluated against Climate Change Mitigation Targets, Environmental science and technology, 2016.
- [12] T&E Transport and Environment, Life cycle analysis of the climate impact of electric vehicles, 2017.
- [13] European Parliament, Research for TRAN Committee – Battery-powered electric vehicles: market development and life-cycle emissions, 2018.
- [14] Union of Concerned Scientists, cleaner cars from cradle to grave, 2015.
- [15] Weiss et al, Advances and critical aspects in the life-cycle assessment of battery electric cars, Energy and emission control technologies, 2017.
- [16] Ellingsen et al, The size and range effect: lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles, 2016.
- [17] Frischknecht et al, life cycle assessment of electric mobility: answers and challenges - Zurich, April 6, 2011.
- [18] European Commission Joint Research Center, ILCD Handbook, 2010.
- [19] ELCAR, Guidelines for the LCA of electric vehicles, EU 7th Framework Programme, 2013.
- [20] International Council on Clean Transportation, Real-world fuel consumption and CO₂ emissions of new passenger cars in Europe, 2017.
- [21] EEA, Monitoring CO₂ emissions from new passenger cars and vans in 2016.

- [22] International Council on Clean Transportation, Upstream emissions of fossil fuel feedstocks for transport fuels consumed in the European Union, 2014.
- [23] www.nissan.dk.
- [24] Dansk Energi (a), Effekt af elforbrug på CO₂-udledning, analyse nr. 26, 2017.
- [25] Dansk Energi (b), VE-outlook 2017.
- [26] Mercedes Benz, Life Cycle – Environmental Certificate Mercedes-Benz B-Class Electric Drive, 2014.
- [27] VW, The e-Golf - Environmental Commendation, 2014.
- [28] EA Energianalyse (c), CO₂-emission ved øget elforbrug, 2016.
- [29] Energinet, Miljødeklarationer for el 2004-2017.
- [30] Energinet, Miljødeklarering af 1 kWh el, 2018.
- [31] Moro et. al, Electricity carbon intensity in European member states: Impacts on GHG emissions of electric vehicles, Transportation Research Part D, 2017.
- [32] Hammond et al, The implications of upstream emissions from the power sector, Energy, 2013.
- [33] EEA, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/overview-of-the-electricity-production-2/assessment>.
- [34] Messagie et al, The influence of electricity allocation rules in environmental assessment of electric vehicles, KIN-TEX Korea conference paper, May 3-6, 2015.
- [35] <https://northvolt.com/>.
- [36] https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_in_South_Korea.
- [37] Ellingsen et al, Identifying key assumptions and differences in life cycle assessment studies of lithium-ion traction batteries with focus on greenhouse gas emissions, Transportation Research Part D, 2017.
- [38] Energinet, Retningslinjer for miljødeklarationen for el, 2017.
- [39] TNO, Monitoring van plug-in-hybride voertuigen (PHEVs) april 2012 t/m maart 2016 (på hollandsk), 2016.
- [40] https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla_Model_S.
- [41] Hauschildt et al, life cycle assessment - theory and practice, 2018.
- [42] Plötz et al, Empirical Fuel Consumption and CO₂ Emissions of Plug-In Hybrid Electric Vehicles, Journal of Industrial Ecology, 2017.
- [43] EFK alm del spørgsmål 308, september 2018.